



Analyse de la tempête marine sur le littoral Languedoc-Roussillon du 04 au 08 mars 2013




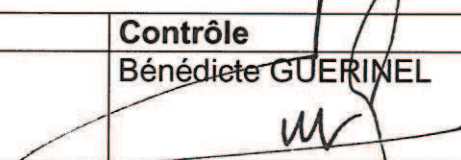
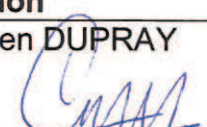
PALAVAS –plage côté Grau du Prévost (camping) (DREAL LR)

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

Contacts

Bénédicte GUERINEL – DREAL Languedoc-Roussillon
Service Risques
Division Risques Naturels et Littoral
tél. 04-34-46-67-03 fax 04-34-46-67-36
mél. benedicte.guerinel@developpement-durable.gouv.fr

Catherine GARCIA - DREAL Languedoc-Roussillon
Service Risques
Division Risques Naturels et Littoral
tél. 04-34-46-67-29 fax 04-34-46-67-36
mél. catherine.garcia@developpement-durable.gouv.fr

Rédaction	Contrôle	Validation
Catherine GARCIA 	Bénédicte GUERINEL 	Sébastien DUPRAY 

Destinataires

Tout public, services des préfetures, CETMEF, BRGM, DDTM
Ce rapport est accessible gratuitement sur le site internet de la DREAL Languedoc-Roussillon.

Sommaire

I) INTRODUCTION	4
II) DESCRIPTION GÉNÉRALE	4
III) LES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES.....	5
III.1) LE VENT.....	5
III.2) LA PRESSION BAROMÉTRIQUE.....	7
IV) LES DONNÉES MARINES.....	8
IV.1) LA HOULE.....	8
IV.1.1) Analyse à partir des données de houle de la bouée Météo France du Golfe du Lion	8
IV.1.2) Analyse à partir des données des houlographes de la DREAL Languedoc-Roussillon.....	9
IV.1.3) Tableaux des valeurs extrêmes de houle des dernières tempêtes (données des houlographes de la DREAL Languedoc-Roussillon)- Estimation période de retour.	15
IV.2) LE NIVEAU MARIN.....	20
IV.2.1) Les données de niveau marin.....	20
IV.2.2) Tableaux des niveaux marins maximum des dernières tempêtes.....	22
IV.2.3) Estimation de la période de retour de l'évènement.....	24
IV.3) LA SURCOTE	25
IV.3.1) Analyse à partir des données de surcotes « modèle » de Météo France.....	25
IV.3.2) Analyse à partir des données numériques des marégraphes.....	29
V) CONCLUSION	35

ANNEXES

Annexe 1 : Avancement des PPRL

Annexe 2 : Documents photographiques

Annexe 3 : Extrait du rapport de retour d'expérience du SPC Méditerranée Ouest –
Module 2 « Annexe 3 : Hydrologie »

I) Introduction

Le Languedoc Roussillon a subi du 04 au 08 mars 2013 un épisode météorologique marquant avec une baisse du champ de pression, des vents très forts de flux d' Est à Sud Est, des vagues de secteur Sud Est et des précipitations importantes sur le littoral et l'arrière pays.

Le présent rapport, outre l'analyse de la tempête et la contribution au retour d'expérience, a pour objet l'amélioration des connaissances sur le littoral et l'aide à la gestion des risques littoraux.

Il 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 2008, octobre 2010. On a aussi associé certains événements récents plus modestes pour enrichir la comparaison : novembre 2007, janvier 2008, octobre 2009, janvier 2010, mars et novembre 2011.

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 (DREAL LR)
- le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM)

et les documents photographiques réalisés par :

- les Directions Départementales des Territoires et de la Mer de l'Hérault, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales
- l'EID Méditerranée
- la DREAL Languedoc-Roussillon
- la commune de VALRAS

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

Du 04 au 08 mars 2013, le Languedoc-Roussillon a subi deux chutes successives de la pression atmosphérique ramenée au niveau de la mer. Dès le 04 mars fin de matinée et jusqu'au 06 mars début d'après-midi, on note une première baisse progressive de la pression. On passe de valeurs >1014 hPa à des valeurs entre 991,2 et 997,2 hPa;

Le 04 mars 2013 matin METEO France annonce pour la nuit du 04 au 05 une dépression en mer l'Alboran (partie la plus à l'ouest de la mer Méditerranée) avec un talweg s'étendant vers le Nord ayant pour conséquence un flux d'Est à Sud-Est fort à très fort sur le littoral de la

frontière espagnole à Port-Camargue. Les vents de force 5 à 6 puis 7 à 8 en 2^{ème} partie de nuit sont accompagnés de pluie.

Le 05 mars, les pluies sont durables et soutenues sur le Languedoc-Roussillon (voir module 2 « Hydrologie » du rapport de retour d'expérience du SPC Méditerranée Ouest en annexe 3). Les forts vents d'Est à Sud-est qui continuent à souffler sur le bassin méditerranéen sont à l'origine de fortes vagues qui vont toucher la majeure partie du littoral. METEO France dans son bulletin de vigilance régional de 19h30 classe en vigilance orange « Vagues-submersions » les départements de l'Hérault, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales.

Le 06 mars le temps reste très agité avec toujours un fort vent d'Est et des pluies abondantes sur le relief du Languedoc-Roussillon. Outre la vigilance « Vagues-submersions » le département des Pyrénées-Orientales est classé en vigilance rouge « crues » (bulletin de 15h00) et le département de l'Aude en vigilance orange « crues » (bulletin de 16h00). Dans l'après-midi, la pression remonte progressivement et les vents commencent à faiblir. Dans la nuit la pression atteint des valeurs >1000 hPa et les vents tournent secteur Nord sur le littoral. La fin de la vigilance orange « Vagues-submersions » est confirmée pour les départements de l'Hérault, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales (bulletin de 18h00).

Le 07 mars matin seul le département de l'Aude reste classé en vigilance orange « crues » (bulletin de 07h30) mais elle est levée dans l'après-midi (bulletin de 16h00). En début d'après-midi la pression qui avait atteint des valeurs >1007 hPa baisse à nouveau jusqu'au 08 mars entre 01 et 04h où l'on atteint des valeurs entre 996,4 et 998,3 hPa. Puis la pression remonte progressivement vers des valeurs >1004 hPa

Pendant cet épisode, l'état de la mer s'est aussi renforcé avec une houle d'Est à Sud Est atteignant **3,78 m** à l'Espiguette (mesurée le 06 mars à 07h00), **4,79 m** à Sète (mesurée le 05 mars 11h00), **6,19 m** à Leucate (mesurée le 06 mars à 03h00) et **5,03 m** à Banyuls (mesurée le 05 mars à 11h00) pour s'atténuer progressivement. Cette houle était associée à une surélévation du plan d'eau moyen.

III) Les données météorologiques

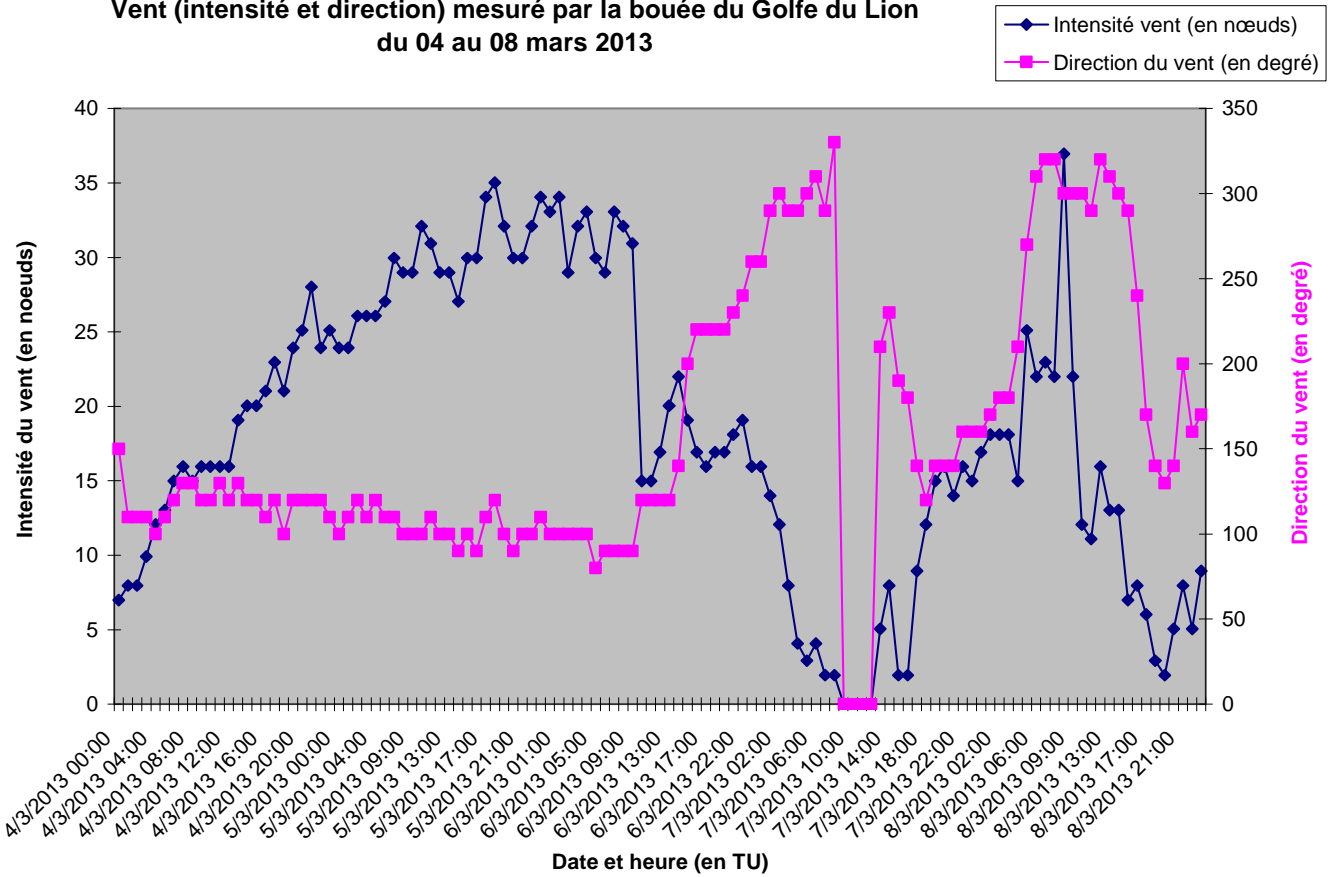
Pour les observations et données réalisées par Météo France, outre les bulletins météo, ont été prises en compte les mesures de vents et de pression transmises pour la période du 04 au 08 mars 2013 par la bouée Météo France du Golfe du Lion ancrée au large, par des fonds de 2 300 m, à la position 42°10'N et 4°70'E .

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

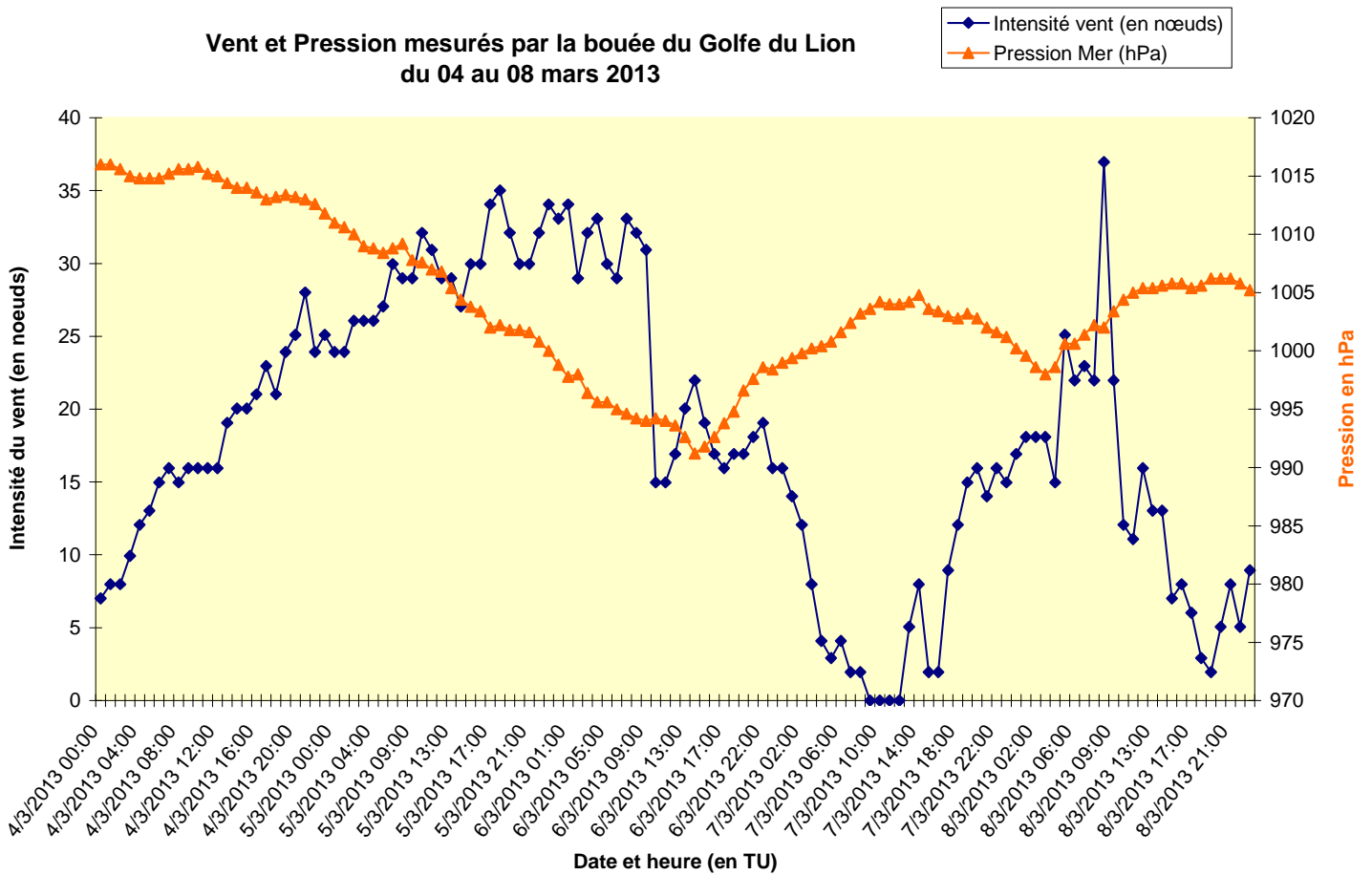
Les graphiques n°1 et 2 ci-dessous présentent les données de vents (intensité, direction) et de pression mesurées au large par la bouée Météo France du Golfe du Lion du 04 au 08 mars 2013.

**Vent (intensité et direction) mesuré par la bouée du Golfe du Lion
du 04 au 08 mars 2013**



GRAPHIQUE n°1

**Vent et Pression mesurés par la bouée du Golfe du Lion
du 04 au 08 mars 2013**



GRAPHIQUE n°2

Conclusion partielle :

Concernant les mesures de vent, outre la donnée ponctuelle du 08 mars à 08h00 (37 nœuds ou 68 km/h), c'est entre le 05 mars à 07h00 et le 06 mars à 09h00 que la bouée a enregistré les vents les plus forts, entre 30 (55 km/h) et 35 nœuds (65 km/h). Le maximum en vent moyen sur 10 minutes a été atteint le 05 mars à 18h00 (35 noeuds ou 65 km/h).

Pendant la période de l'évènement la direction du vent enregistrée par la bouée est essentiellement E à ESE quand les vents enregistrés sont les plus forts.

Concernant les mesures de pression, deux baisses progressives ont été enregistrées :

- la 1^{ère}, du 04 mars fin de matinée au 06 mars 14h00 TU : on passe de 1 015,8 hPa à 991,20 hPa
- la 2^{ème} moins importante du 07 mars début après-midi au 08 mars à 03h00 : on passe de 1 004,8 hPa à 998 hPa

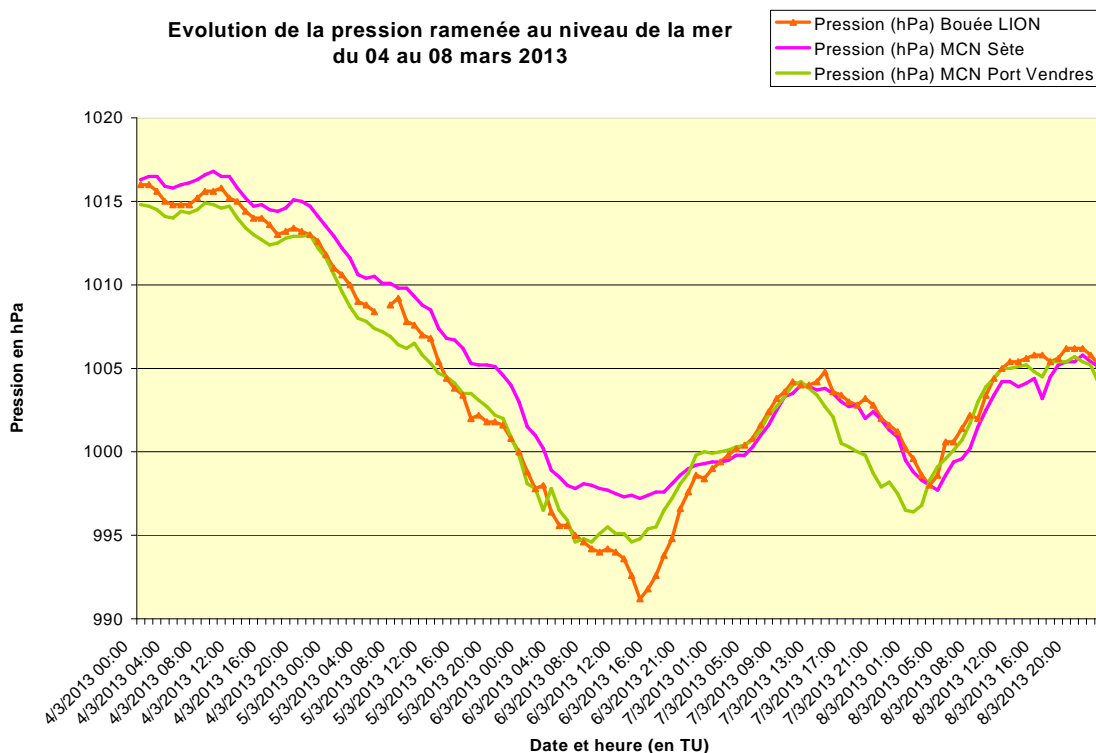
On peut noter ainsi l'augmentation de l'intensité du vent au vu de la baisse de pression.

NB : le 07 mars 2013 entre 09h00 et 12h00 les données de vent enregistrées (intensité et direction) sont égales à 0. Après renseignements pris auprès de Météo France cela correspondrait à une période de transition entre un résidu de vent d'ouest faible et l'établissement d'un vent globalement sud-est l'après-midi du 7, à l'approche d'une dépression venue la veille sur La Corogne, puis le sud du golfe de Gascogne, responsable de la "bascule" lente qui passe donc par un intervalle de vent à peu près nul le 7 mars matin.

III.2) La pression barométrique

Le graphique n°3 ci-dessous présente les données de pression ramenée au niveau de la mer mesurées du 04 au 08 mars 2013 par :

- la bouée Météo France du Golfe du Lion (Bouée LION)
- les marégraphes côtiers numériques (M.C.N.) installés par le SHOM dans les ports de Port-Vendres (département des Pyrénées-Orientales) et de Sète (département de l'Hérault)



GRAPHIQUE n°3

Conclusion partielle :

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 (pression plus importante à Sète qu'à Port-Vendres).

La tendance de l'évolution de la pression a été similaire sur l'ensemble du littoral et on peut noter deux dépressions successives :

- 1^{ère} baisse progressive de la pression le 04 mars fin de matinée jusqu'au 06 mars début après-midi aux environs de 14h00 : on passe de valeurs >1014 hPa à des valeurs entre 991,2 et 997,2 hPa ;
- la pression remonte ensuite progressivement et atteint des valeurs >1004 hPa le 07 mars fin de matinée ;
- 2^{ème} baisse progressive de la pression, mais moins importante, le 07 mars en début après-midi jusqu'au 08 mars entre 01h et 04h où l'on atteint des valeurs entre 996,4 et 998,3 hPa, puis la pression remonte progressivement vers des valeurs >1004 hPa.

IV) Les données marines

IV.1) La houle

Pour l'analyse de la houle ont été prises en compte les données issues :

- 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.
- 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).

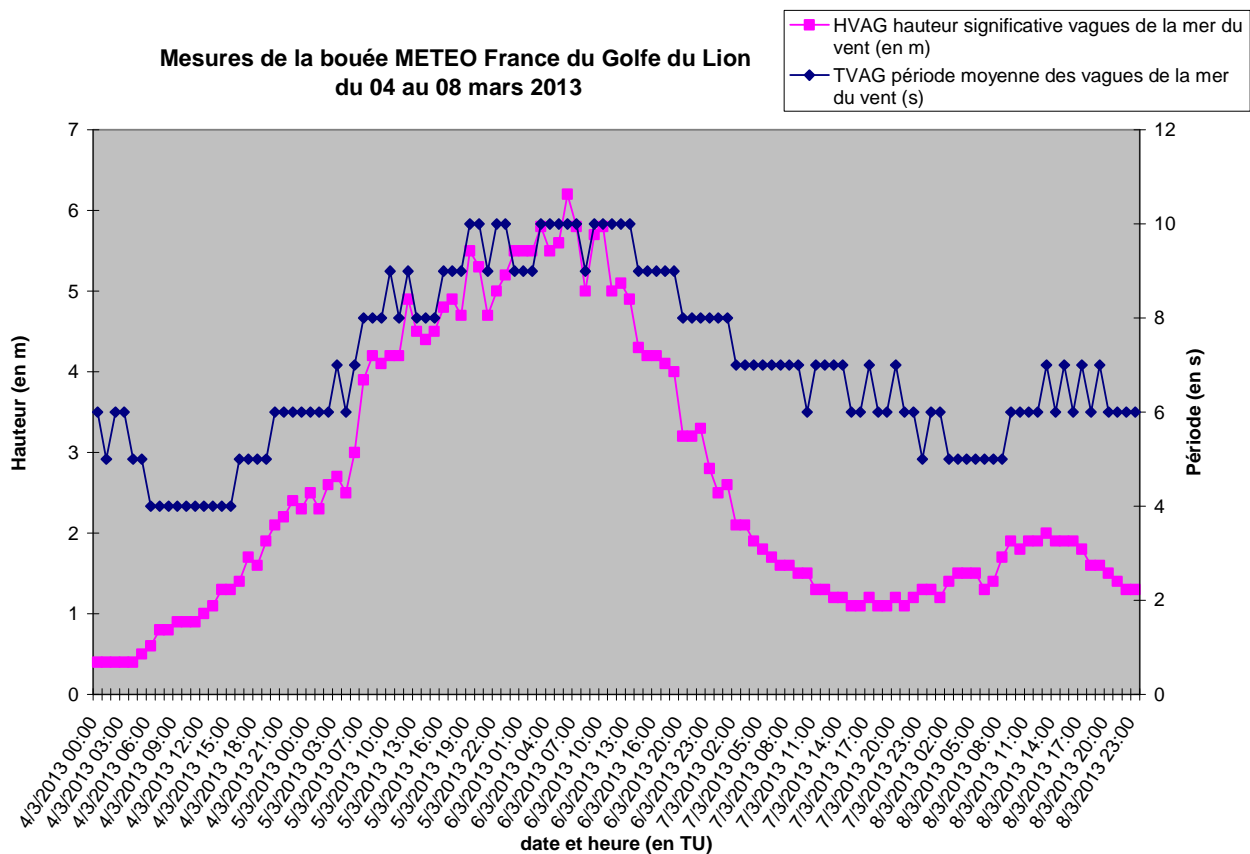
Ces houlographes sont distants de la côte de 2 à 3 milles.

A noter que le houlographe de Banyuls n'a pas enregistré l'intégralité des mesures de houle sur l'ensemble de la période de l'événement suite à un problème technique (données manquantes du 05 mars à 19h30 TU au 07 mars 02h30 TU).

IV.1.1) Analyse à partir des données de houle de la bouée Météo France du Golfe du Lion

Le graphique n°4 ci-dessous présente les données de houle suivantes mesurées par la bouée Météo France du 04 au 08 mars 2013 :

- hauteur de houle significative des vagues de la mer du vent (HVAG)
- période moyenne des vagues de la mer associée (TVAG)



GRAPHIQUE n°4

Conclusion partielle :

La hauteur significative des vagues qui était restée inférieure à 2,00 m avec des périodes de 4 à 6 secondes commence à croître le 04 mars aux environs de 20h00 pour atteindre son maximum le 06 mars à 06h00, avec 6,20 m de HVAG et une période associée de 10 secondes.

Puis elle descend progressivement pour atteindre le 07 mars à compter de 04h00 des valeurs inférieures à 2,00 m avec des périodes de 5 à 7 secondes.

On peut noter que l'évolution de la période suit globalement celle de la houle significative.

IV.1.2) Analyse à partir des données des houlographes de la DREAL Languedoc-Roussillon

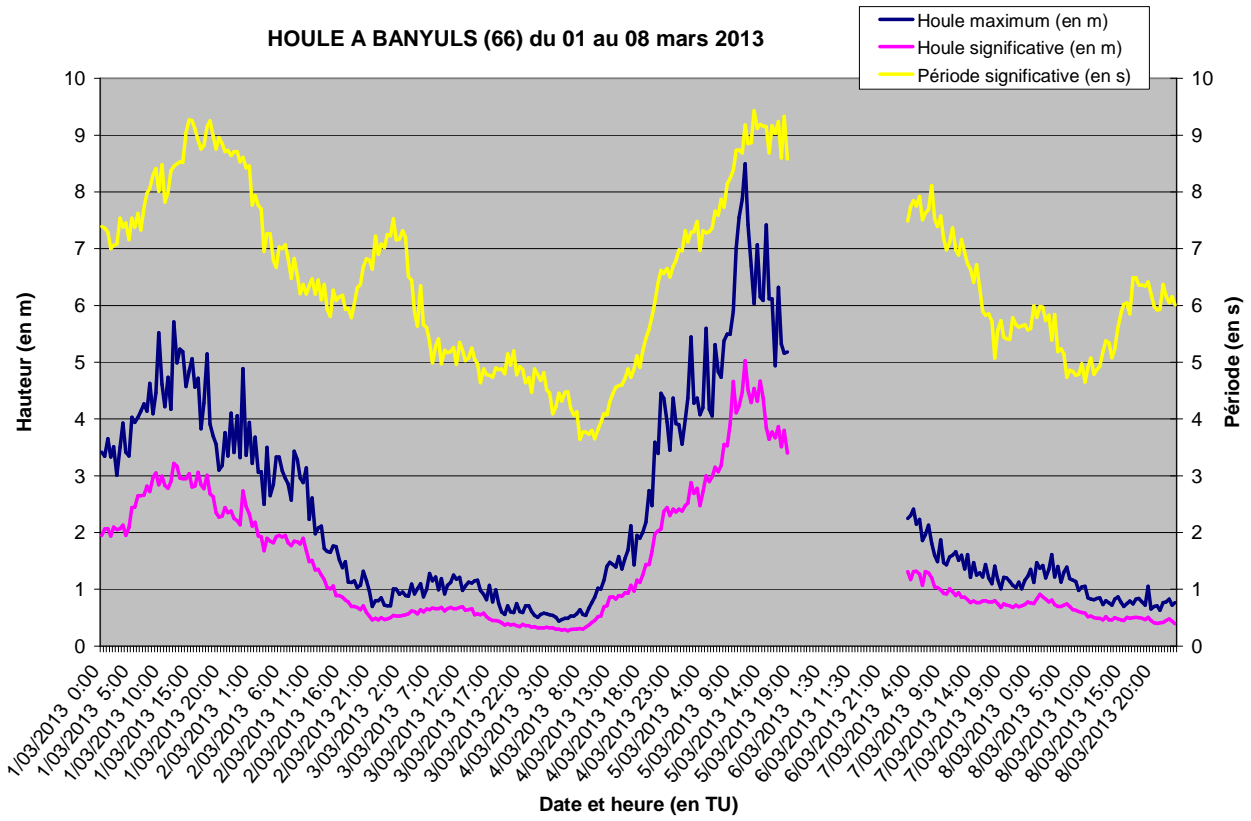
Les graphiques ci-dessous présentent les données de houle mesurées, du 1^{er} au 08 mars 2013, par les houlographes de Banyuls sur mer (*graphes 5 et 6*), de Leucate (*graphes 7 et 8*), de Sète (*graphes 9 et 10*) et du Grau du Roi (au large de l'Espiguette) (*graphes 11 et 12*).

Pour chaque site sont représentées :

- 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

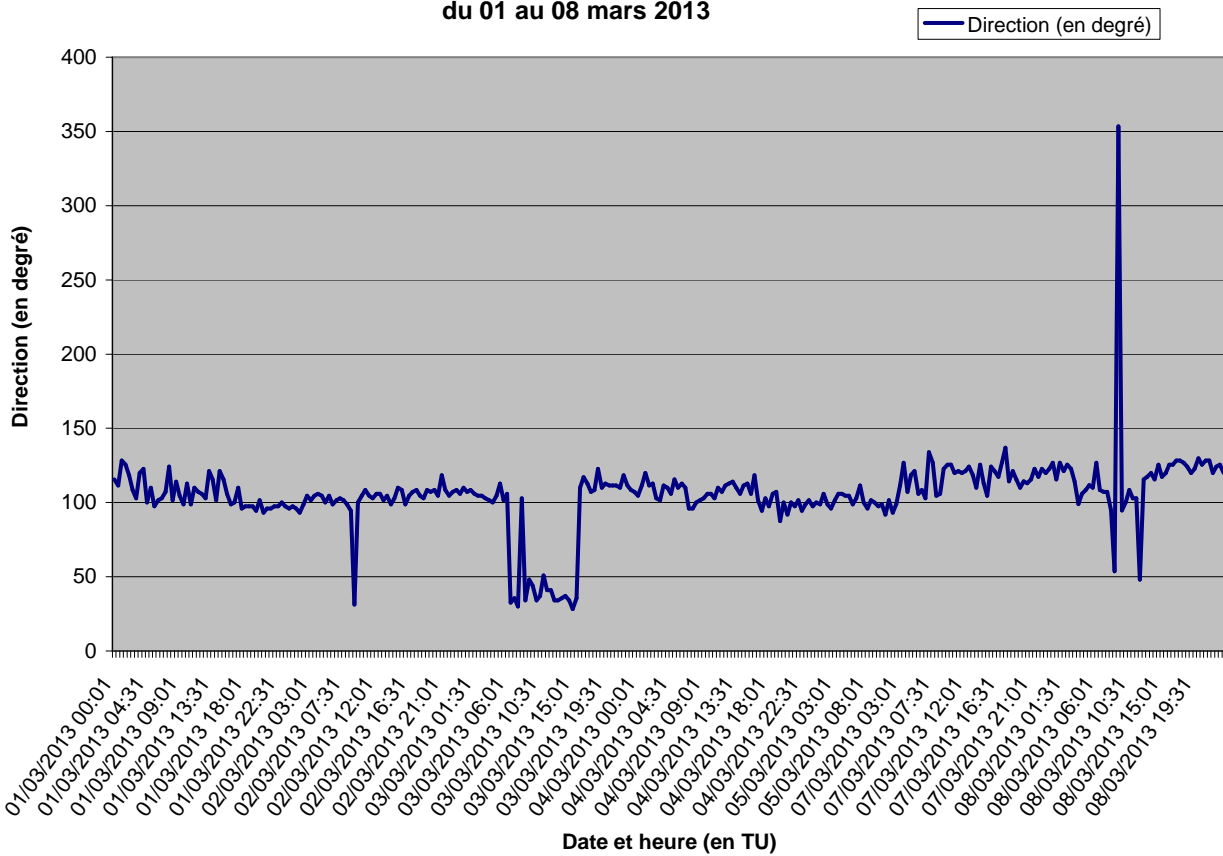
^a Hauteur significative de la houle ($H_{1/3}$) : hauteur moyenne du tiers des vagues les plus hautes.

^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.



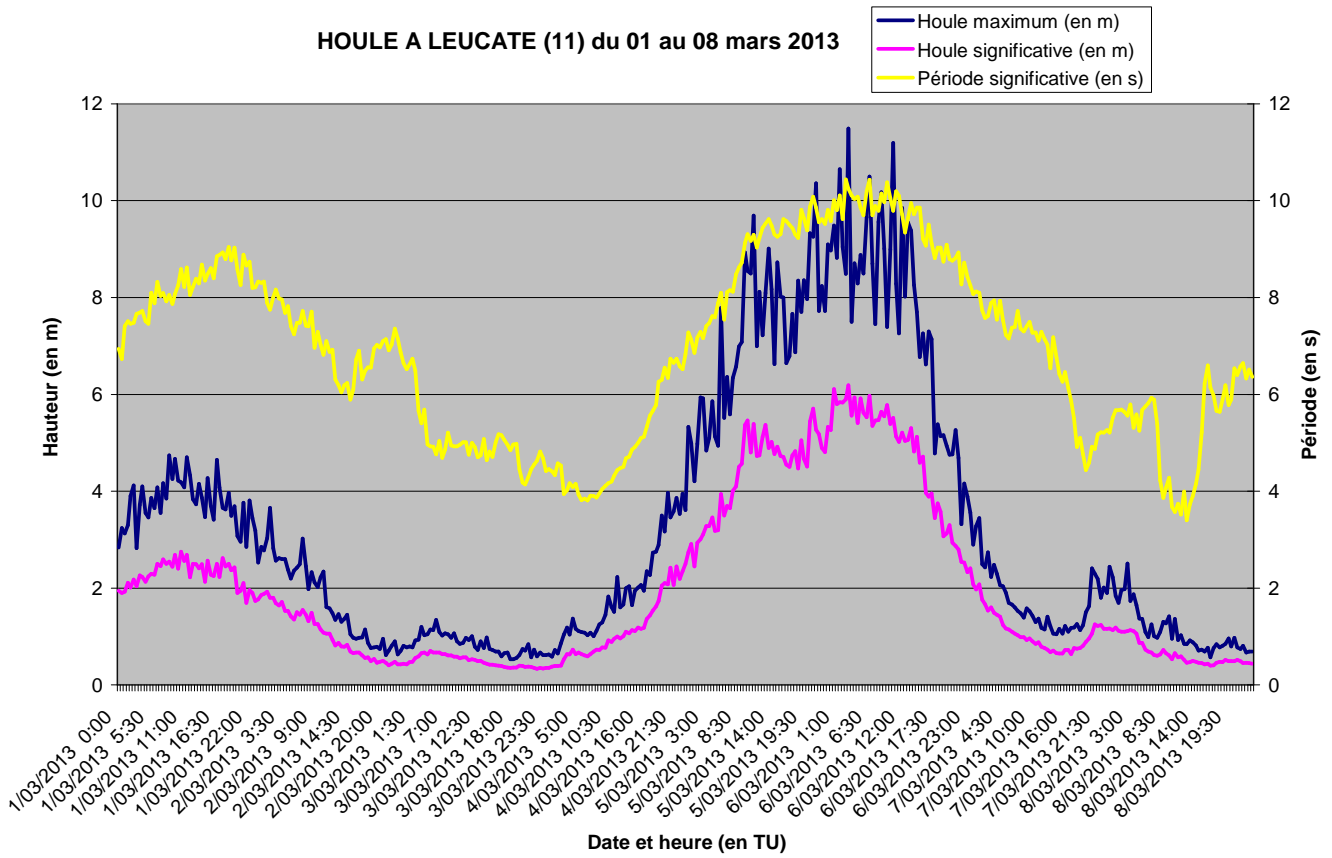
GRAPHIQUE n°5

DIRECTION DE LA HOULE A BANYULS (66) du 01 au 08 mars 2013



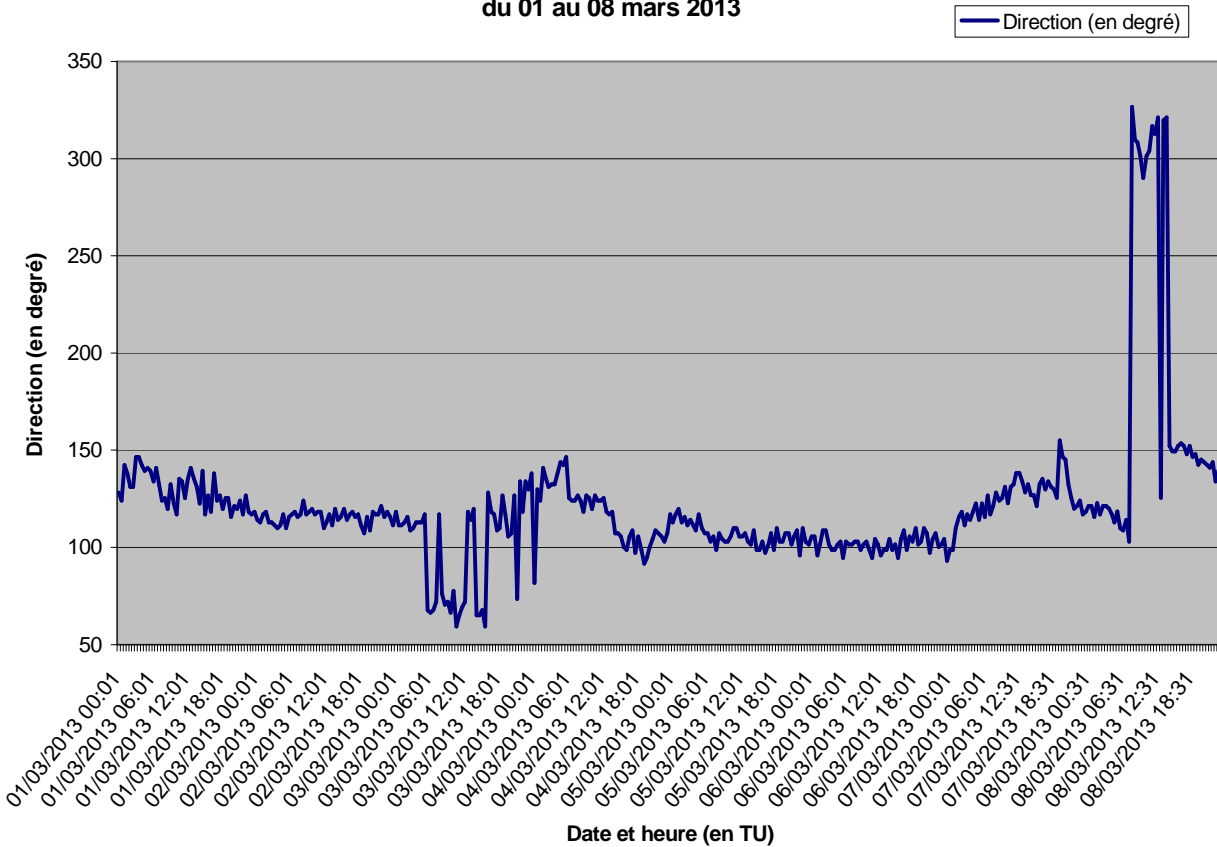
GRAPHIQUE n°6

HOULE A LEUCATE (11) du 01 au 08 mars 2013



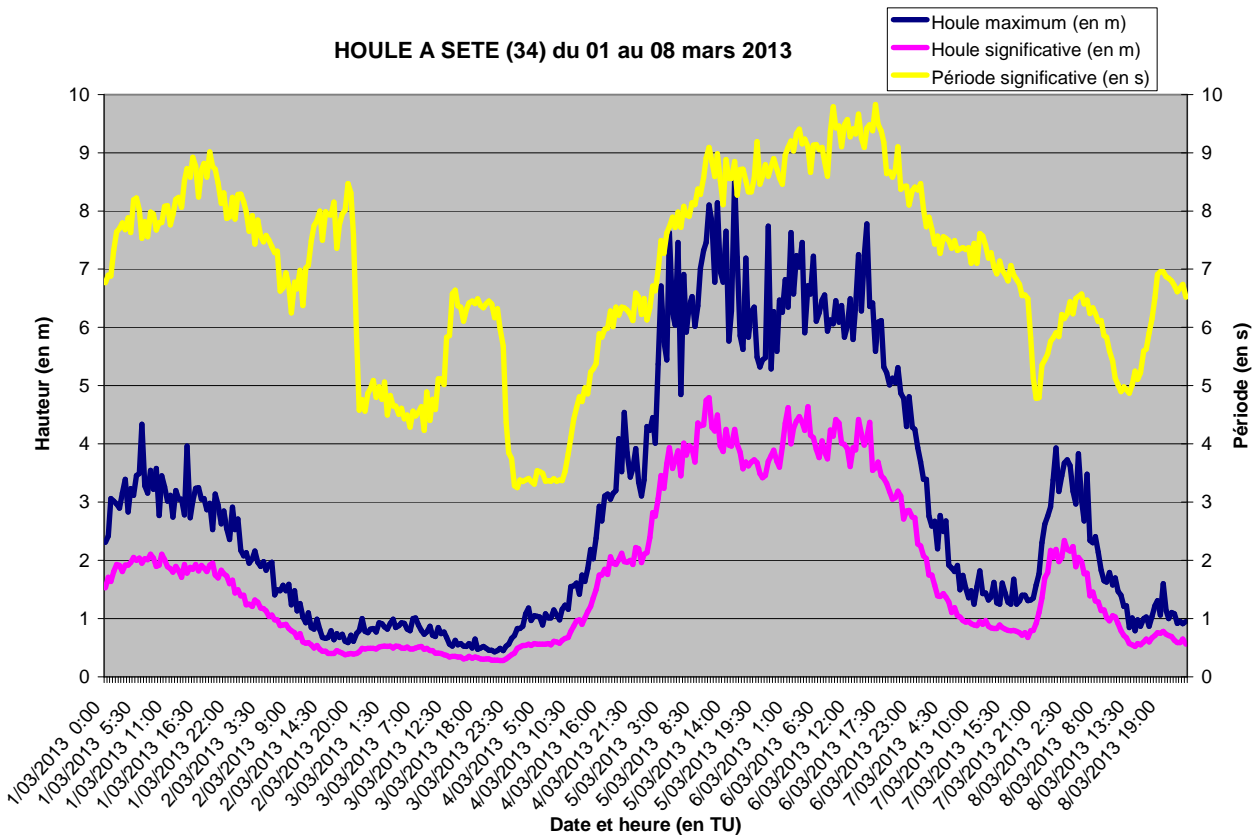
GRAPHIQUE n7

**DIRECTION DE LA HOULE A LEUCATE (11)
du 01 au 08 mars 2013**



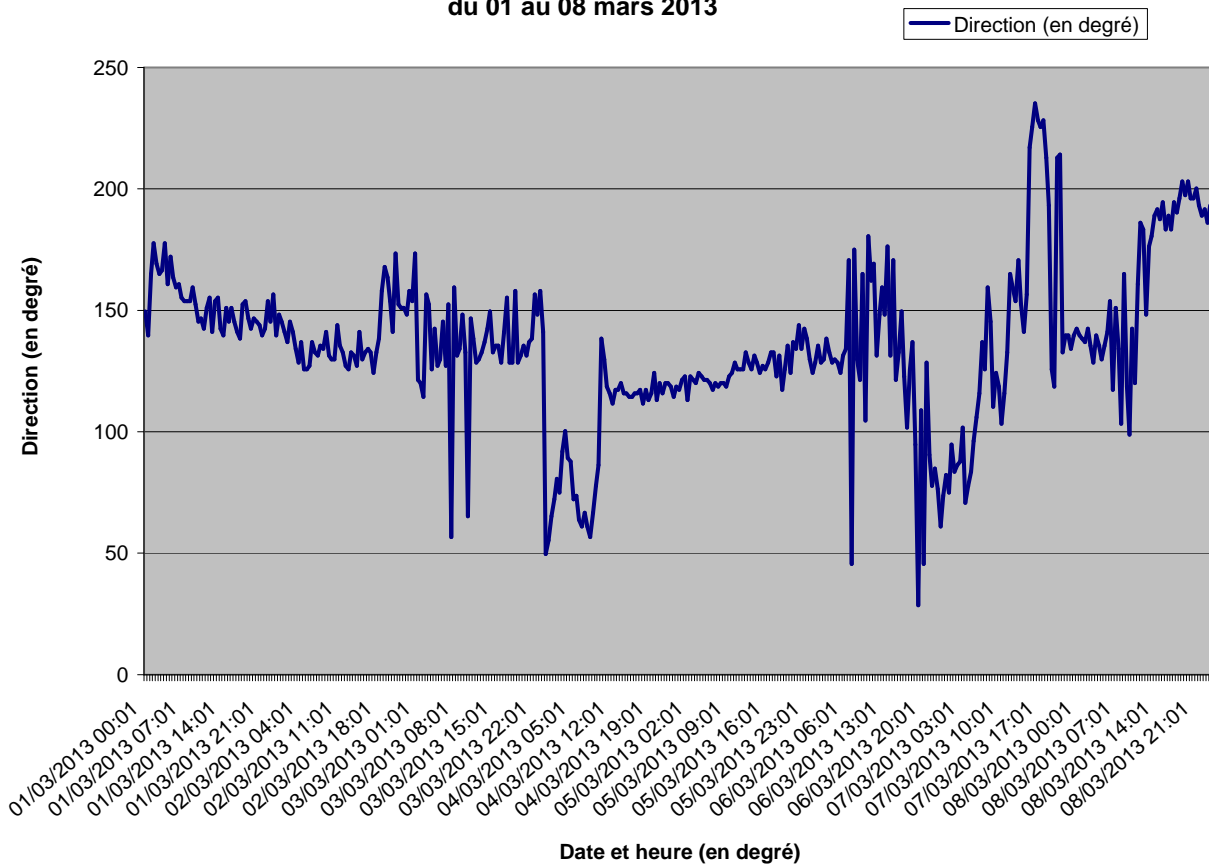
GRAPHIQUE n8

HOULE A SETE (34) du 01 au 08 mars 2013



GRAPHIQUE n°9

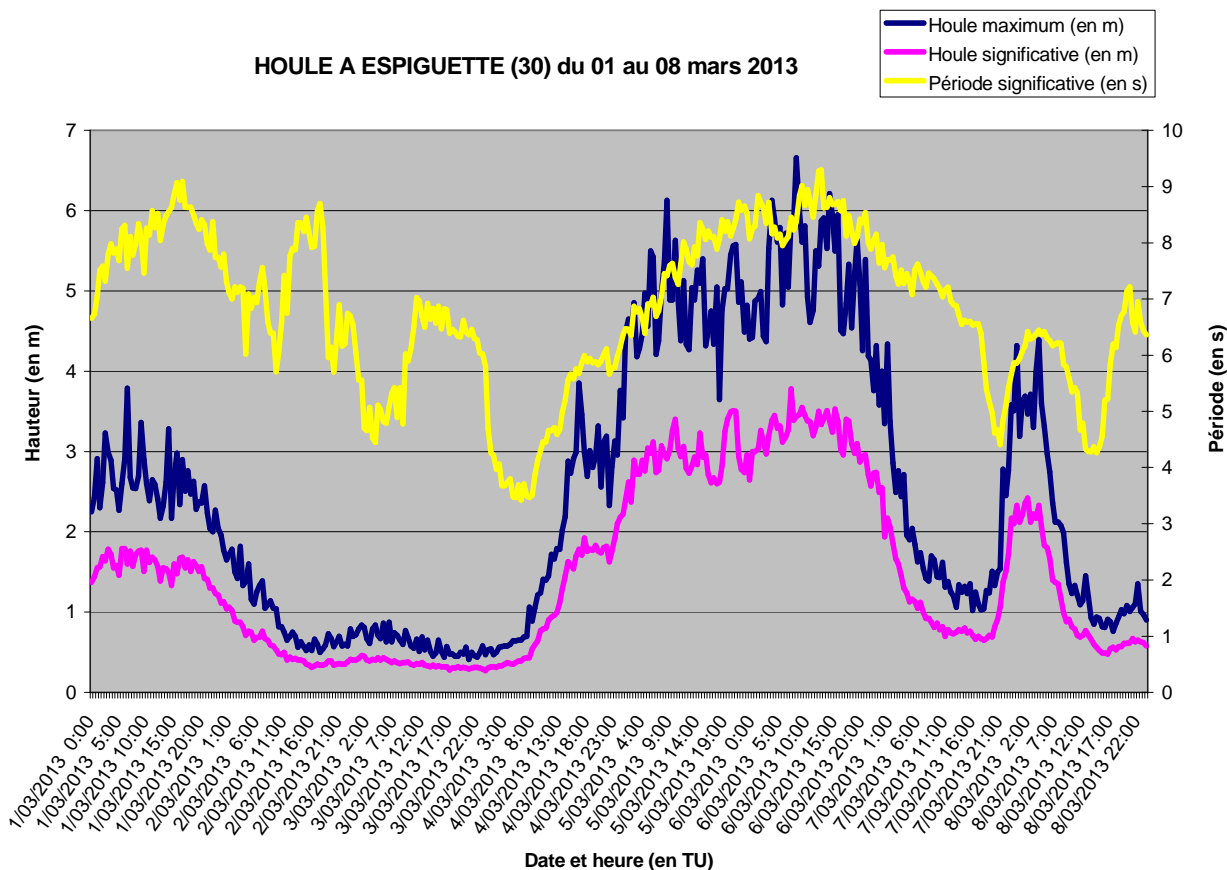
**DIRECTION DE LA HOULE A SETE (34)
du 01 au 08 mars 2013**



Date et heure (en degré)

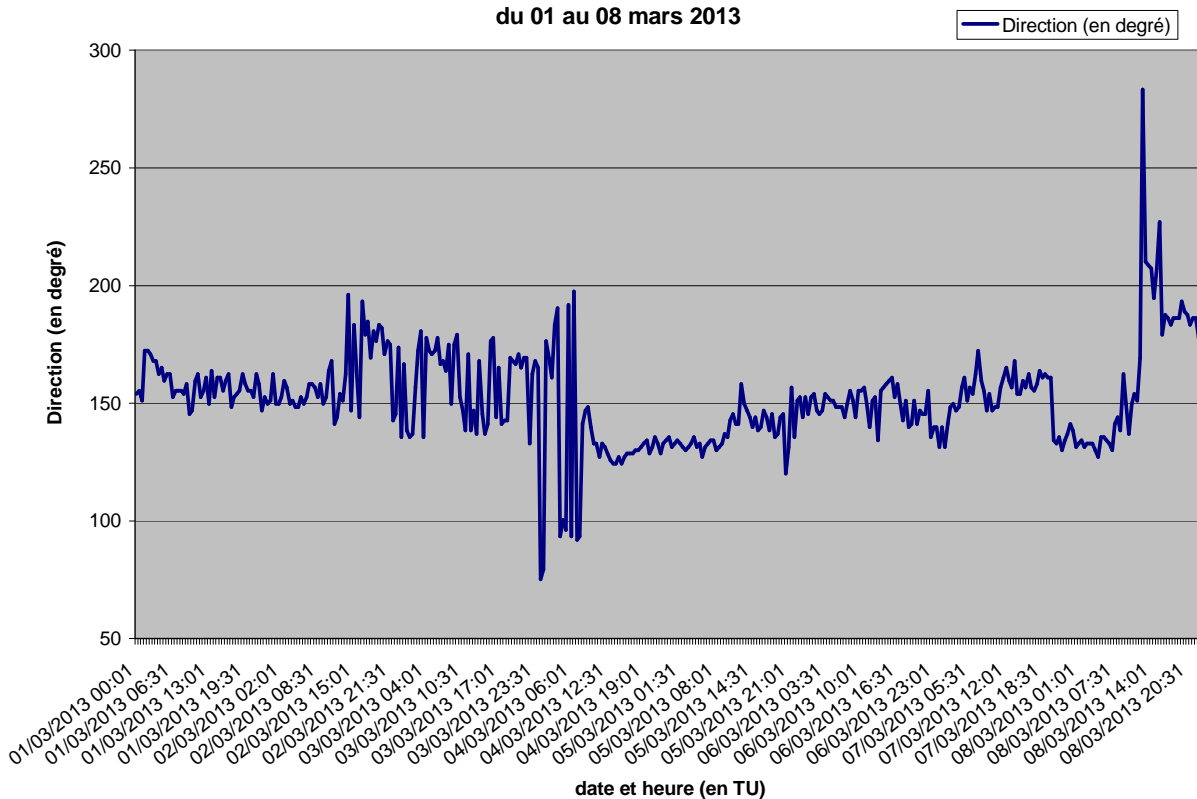
GRAPHIQUE n°10

HOULE A ESPIQUETTE (30) du 01 au 08 mars 2013



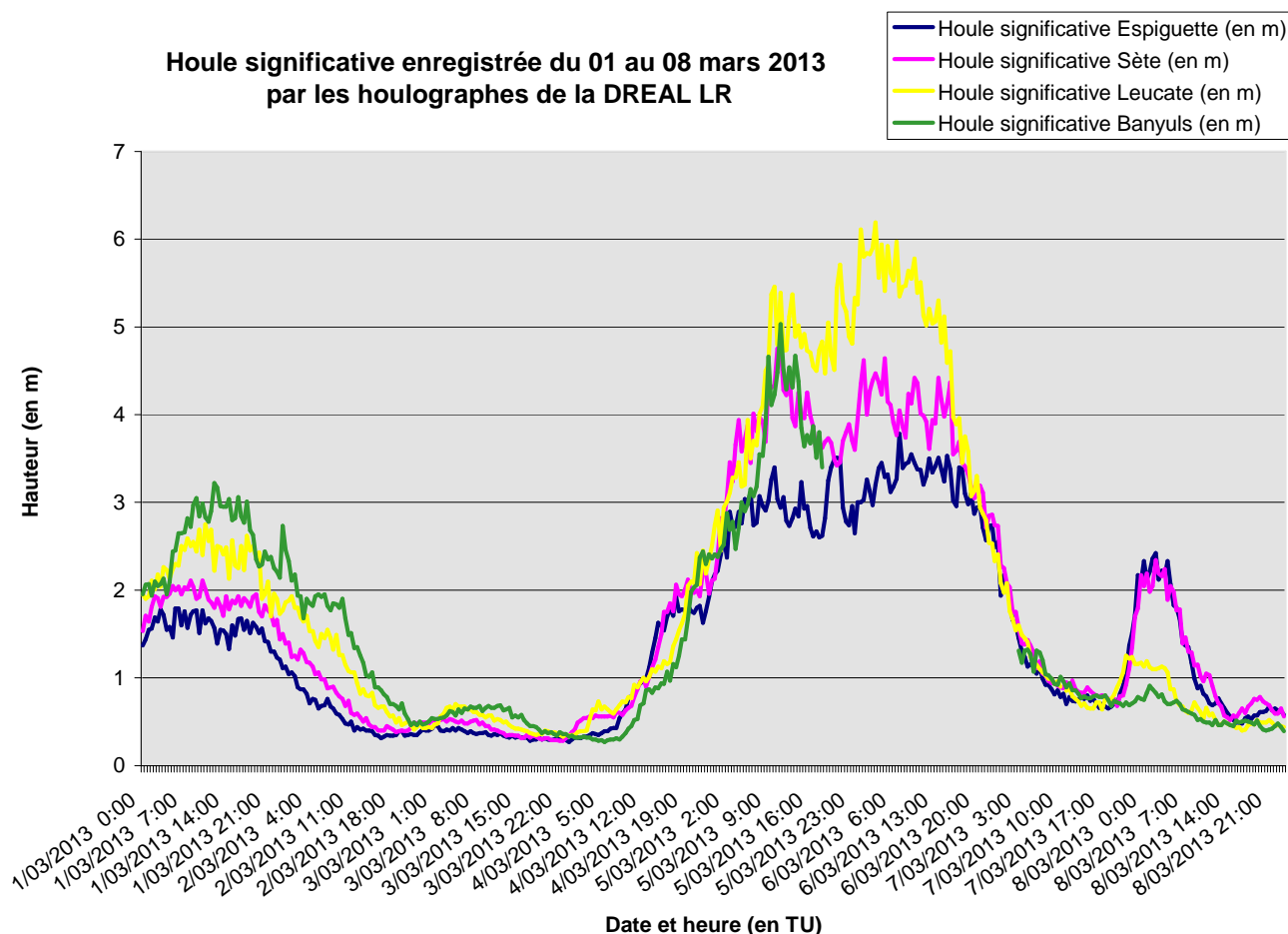
GRAPHIQUE n°1

**DIRECTION DE LA HOULE A L'ESPIQUETTE (30)
du 01 au 08 mars 2013**



GRAPHIQUE n°12

Le graphique n°13 ci-dessous reprend et présente les données de houle significative mesurées, du 1^{er} au 08 mars 2013, par ces 4 houlographes.



GRAPHIQUE n°13

Conclusion partielle :

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

A noter que le houlographe de Banyuls n'a pas enregistré l'intégralité des mesures de houle sur l'ensemble de la période de l'événement suite à un problème technique (données manquantes du 05 mars à 19h30 TU au 07 mars 02h30 TU).

Sur les quatre sites le même phénomène d'évolution de la houle a été enregistré sur la période du 01 au 08 mars. En effet dès le 1^{er} mars on note un premier pic de houle puis un 2^{ème} beaucoup plus important les 05 et 06 mars.

Concernant la hauteur significative ($H_{1/3}$):

Le 1^{er} mars matin est enregistrée une première élévation de la hauteur significative avec un maximum atteint entre 05h30 (à l'Espiguette) et 12h00 (à Banyuls) puis la houle s'atténue progressivement jusqu'au 02 mars entre 16h00 (à l'Espiguette) et 21h00 (à Banyuls).

Puis la houle reprend une nouvelle phase ascendante le 04 mars après-midi qui atteint son paroxysme entre le 05 mars à 11h00 (à Sète) et le 06 mars à 07h00 (à l'Espiguette).

Elle s'atténue ensuite progressivement mais on note un léger pic le 08 mars à 02h00 sur les sites de l'Espiguette et de Sète de l'ordre de 2,40 m.

Les valeurs de houle enregistrées sur l'ensemble de l'événement sont plus importantes dans la partie sud du golfe du Lion. En effet, au cours des 05 et 06 mars les valeurs maximum des hauteurs significatives mesurées à Leucate (6.19 m) et Banyuls (5.03 m) sont plus importantes qu'à Sète (4.79 m) et à l'Espiguette (3.78 m).

Compte tenu des données disponibles, les valeurs maximum en hauteur significative ($H_{1/3}$) ont été atteintes :

- pour le 1er mars, à Banyuls avec $H_{1/3} = 3,22 \text{ m}$ (le 01 mars à 12h00 TU)
- pour les 05 et 06 mars, à Leucate avec $H_{1/3} = 6,19 \text{ m}$ (le 06 mars à 03h00 TU)

Concernant la période associée à la houle significative :

On peut noter que l'évolution des périodes significatives suit globalement celle de la houle significative.

Pour les valeurs, elles sont plus importantes dans la partie sud du golfe du Lion. On note au cours des 05 et 06 mars que la période associée à la houle significative (valeur au pic) mesurée à Leucate (10.25 s) et Banyuls (9.18 s) est plus importante qu'à Sète (9.09 s) et à l'Espiguette (8.45 s).

Concernant la hauteur maximum (H_{max}) :

Compte tenu des données disponibles, les valeurs maximum en hauteur maximum (H_{max}) ont été atteintes :

- pour le 1er mars, à Banyuls avec $H_{max} = 5,71 \text{ m}$ (le 01 mars à 12h00 TU)
- pour les 05 et 06 mars, à Leucate avec $H_{max} = 11,49 \text{ m}$ (le 06 mars à 03h00 TU)

Concernant la direction de la houle :

Les directions enregistrées sont essentiellement de secteur Sud Est les 05 et 06 mars :

- E à ESE à Banyuls
- E à ESE à Leucate
- SE à Sète
- SE à SSE à l'Espiguette

Au vu de ces différents éléments d'analyse on constate que le maximum de houle significative mesurée par la bouée Météo France (6.20 m avec une période associée de 10 secondes) est sensiblement le même que celui mesuré par le houlographe de Leucate (6.19 m avec une période associée de 10.25 secondes).

IV.1.3) Tableaux des valeurs extrêmes de houle des dernières tempêtes (données des houlographes de la DREAL Languedoc-Roussillon)- Estimation période de retour

Les tableaux suivants reprennent, à titre de comparaison, les valeurs extrêmes ($H_{1/3}$, période significative associée et H_{max}) enregistrées au cours des 05 et 06 mars 2013 par ces houlographes pour les sites de Banyuls, Leucate, Sète et Espiguette et celles recensées lors de précédents événements, notamment les tempêtes de décembre 1997, novembre 1999, décembre 2003 et 2008, octobre 2010 qui ont fait l'objet de demandes de déclaration CATNAT.

Pour chaque site sont indiquées :

- la date de l'évènement
- les valeurs extrêmes enregistrées : hauteur de houle significative^a ($H_{1/3}$), période significative associée, hauteur de houle maximum (H_{max})
- l'estimation de la période de retour

^a

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

Concernant l'estimation de la période de retour ont été prises en compte les dernières fiches synthétiques de mesure des états de mer réalisées par le CETMEF, au vu des résultats d'exploitation de ces houlographes. Ces fiches sont consultables sur le site CANDHIS du CETMEF. Pour des raisons sécuritaires notre choix s'est porté sur la loi exponentielle pour l'ajustement statistique des extrêmes.

A noter que certains évènements avaient fait l'objet d'une estimation de période de retour au vu des premières séries de mesures. Les dernières fiches étant basées sur des périodes plus longues de données acquises il semblait opportun de procéder à une réévaluation de ces estimations pour ce comparatif. Ainsi, les périodes de retour indiquées dans ces tableaux seront à nouveau modifiées au vu des prochaines mises à jour par le CETMEF des analyses statistiques des hauteurs de houle extrêmes.

SITE DE BANYULS SUR MER

L'estimation de la période de retour a été faite au vu de la fiche synthétique des états de mer établie par le CETMEF correspondant aux résultats d'exploitation du houlographe de la DREAL LR pour la période de mesures du 28/11/2007 au 29/02/2012.

Cette fiche est consultable sur le site CANDHIS du CETMEF à l'adresse internet : http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/publications/06601/astx_06601_2.pdf

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 si on utilise la loi exponentielle :

- houle annuelle : 4.10 m (intervalle de confiance à 70%: 3.73 m à 4.47 m)
- houle décennale : 6.06 m (intervalle de confiance à 70%: 5.26 m à 6.85 m)

HOULE A BANYULS (PYRENEES-ORIENTALES)					
Date évènement	Houle significative	Période significative associée	Houle maximum	Estimation période de retour	Observations
16-18 Décembre 1997	Pas de bouée en service				
12-13 Novembre 1999	6.76 m	9.68 s		Proche des 10 ans (Estimation faite en 1999 par le SMNLR)	Attention en 1999 il s'agissait d'un houlographe appartenant au Laboratoire Arago de Banyuls situé par 27 m de profondeur aux coordonnées suivantes 42°26.357'N et 3°8.645'E (WGS84). Pas de fiche synthétique de mesures des états de mer établie par le CETM
04 Décembre 2003	8.33 m	11.7 s	13.78 m	pas d'estimation	Attention en 2003 il s'agissait d'un houlographe directionnel appartenant au Laboratoire Arago de Banyuls situé par 52 m de profondeur aux coordonnées suivantes 42°29.330'N et 3°10.073'E (WGS84). Pas de fiche synthétique de mesures des états de mer établi
19-22 Novembre 2007	Pas de bouée en service				
02-04 Janvier 2008	4.21 m	8.63 s	8.42 m	Entre 1 et 2 ans	
26-27 Décembre 2008	7.26 m	11.6 s	14.00 m	supérieur à 10 ans	
20-22 Octobre 2009	2.20 m	7.25 s	3.74 m	inférieur à 1 an	
14-15 Janvier 2010	2.95 m	8.94 s	4.74 m	inférieur à 1 an	
08-15 Octobre 2010	3.81 m	9.69 s	5.09 m	Ne peut être déterminée	Problème de dysfonctionnement de la station de mesures lors de l'évènement : les mesures enregistrées ne permettent pas de caractériser l'évènement
11-16 Mars 2011	4.45 m	8.88 s	8.34 m	Entre 1 et 3 ans	
23 Octobre au 06 Novembre 2011	3.58 m	8.33 s	6.75 m	inférieur à 1 an	
05-06 Mars 2013	5.03 m	9.18 s	8.50 m	Ne peut être déterminée	Problème de dysfonctionnement de la station de mesures lors de l'évènement. Les mesures enregistrées ne permettent pas de caractériser l'évènement

SITE DE LEUCATE

L'estimation de la période de retour a été faite au vu de la fiche synthétique des états de mer établie par le CETMEF correspondant aux résultats d'exploitation du houlographe de la DREAL LR pour la période de mesures du 15/12/2006 au 29/02/2012.

Cette fiche est consultable sur le site CANDHIS du CETMEF à l'adresse internet :

http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/publications/01101/astx_01101_2.pdf

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 si on utilise la loi exponentielle :

- houle annuelle : 4.17 m (intervalle de confiance à 70%: 3.81 m à 4.53 m)
- houle décennale : 6.27 m (intervalle de confiance à 70%: 5.58 m à 6.97 m)

HOULE A LEUCATE (AUDE)					
Date évènement	Houle significative	Période significative associée	Houle maximum	Estimation période de retour	Observations
16-18 Décembre 1997	Pas de bouée en service				
12-13 Novembre 1999	Pas de bouée en service				
04 Décembre 2003	Pas de bouée en service				
19-22 Novembre 2007	4.56 m	8.71 s	7.58 m	entre 1 et 3 ans	En décembre 2006 a été mis en place le houlographe de la DREAL LR actuel
02-04 Janvier 2008	4.72 m	8.66 s	8.07 m	entre 1 et 3 ans	
26-27 Décembre 2008	4.71 m	9.55 s	8.01 m	entre 1 et 3 ans	
20-22 Octobre 2009	3.35 m	6.95 s	6.22 m	inférieur à 1 an	
14-15 Janvier 2010	4.22 m	8.72 s	6.99 m	proche des 1 an	
08-15 Octobre 2010	5.00 m	9.55 s	8.82 m	entre 1 et 5 ans	
11-16 Mars 2011	4.99 m	8.76 s	9.27 m	entre 1 et 5 ans	
23 Octobre au 06 Novembre 2011	4.09 m	8.63 s	8.13 m	proche des 1 an	
05-06 Mars 2013	6.19 m	10.25 s	11.49 m	proche des 10 ans	

SITE DE SETE

Pour les évènements de décembre 1997 et novembre 1999, l'estimation de la période de retour a été faite au vu de la fiche synthétique des états de mer établie par le CETMEF correspondant aux résultats d'exploitation du houlographe de Sète du SMNLR situé au large de MARSEILLAN pour la période de mesures du 21/10/1998 au 29/01/2001.

Cette fiche est consultable sur le site CANDHIS du CETMEF à l'adresse internet :

http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/publications/03401/astx_03401_2.pdf

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 si on utilise la loi exponentielle :

- houle annuelle : 4.60 m (intervalle de confiance à 70%: 4.38 m à 4.82 m)
- houle décennale : 6.43 m (intervalle de confiance à 70%: 5.99 m à 6.86 m)

- houle trentennale : 7.30 m (intervalle de confiance à 70%: 6.76 m à 7.84 m)
- houle cinquantennale : 7.71 m (intervalle de confiance à 70% : 7.12 m à 8.29 m)

Pour les autres évènements l'estimation de la période de retour a été faite au vu de la fiche synthétique des états de mer établie par le CETMEF correspondant aux résultats d'exploitation du houlographe de la DREAL LR pour les périodes de mesures suivantes :

- 21/05/2003 au 15/12/2006 (période de mesures du houlographe omnidirectionnel)
- 16/12/2006 au 29/12/2012 (période de mesures du houlographe directionnel actuel)

Cette fiche est consultable sur le site CANDHIS du CETMEF à l'adresse internet :

http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/publications/03403/astx_03403_2.pdf

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 si on utilise la loi exponentielle :

- houle annuelle : 4.31 m (intervalle de confiance à 70%: 4.07 m à 4.58 m)
- houle décennale : 6.04 m (intervalle de confiance à 70%: 5.54 m à 6.55 m)
- houle trentennale : 6.87 m (intervalle de confiance à 70%: 6.23 m à 7.51 m)

HOULE A SETE (HERAULT)					
Date évènement	Houle significative	Période significative associée	Houle maximum	Estimation période de retour	Observations
16-18 Décembre 1997	6.98 m	10.37 s	10.81 m	Entre 12 et 30 ans	Attention en 1997 il s'agissait d'un houlographe omnidirectionnel appartenant au SMNLR situé au droit de Marseillan par 32 m de profondeur aux coordonnées suivantes 43°19.700'N et 3°39.550'E (WGS84). Le CETMEF a établi en décembre 2011 une fiche synthétique
12-13 Novembre 1999	5.26 m	8.85 s	9.94 m	entre 1,5 et 3 ans	Attention en 1997 il s'agissait d'un houlographe omnidirectionnel appartenant au SMNLR situé au droit de Marseillan par 32 m de profondeur aux coordonnées suivantes 43°19.700'N et 3°39.550'E (WGS84). Le CETMEF a établi en décembre 2011 une fiche synthétique
04 Décembre 2003	5.72	10.2 s	8.67 m	entre 3 et 15 ans	En 2003 le houlographe omnidirectionnel du SMNLR a été mis à un nouvel emplacement au large de Sète par 30 m de profondeur aux coordonnées suivantes 43°22.290'N et 3°46.777'E (WGS84).
19-22 Novembre 2007	4.48 m	8.08 s	8.57 m	entre 1 et 2 ans	En février 2006 le houlographe omnidirectionnel a été remplacé par le houlographe directionnel actuel de la DREAL LR
02-04 Janvier 2008	5.08 m	9.01 s	9.08 m	entre 1 et 5 ans	
26-27 Décembre 2008	4.03	9.64 s	6.43 m	inférieur à 1 an	
20-22 Octobre 2009	4.54 m	8.02 s	8.47 m	entre 1 et 2 ans	
14-15 Janvier 2010	4.87 m	8.29 s	7.85 m	entre 1 et 4 ans	
08-15 Octobre 2010	3.64 m	8.36 s	5.93 m	inférieur à 1 an	
11-16 Mars 2011	5.34 m	9.09 s	11.64 m	entre 2 et 8 ans	
23 Octobre au 06 Novembre 2011	3.79 m	8.11 s	6.97 m	inférieur à 1 an	
05-06 Mars 2013	4.79 m	9.09 s	8.56 m	entre 1 et 3 ans	

SITE DE L'ESPIQUETTE

Sur ce site le houlographe n'a été mis en service qu'en août 2008. Compte tenu de la faible période de données acquises, l'estimation des houles extrêmes n'a pas encore été réalisée par le CETMEF. La fiche synthétique des états de mer établie par le CETMEF correspondant aux résultats d'exploitation du houlographe de la DREAL LR pour la période de mesures du 11/08/2008 au 29/02/2012 porte donc plutôt sur la visualisation des tempêtes.

Cette fiche est consultable sur le site CANDHIS du CETMEF à l'adresse internet :

http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/publications/03001/astx_03001_2.pdf

Sur ce site l'estimation de la période de retour des évènements listés n'a donc pas été déterminée.

HOULE A L'ESPIQUETTE (GARD)					
Date évènement	Houle significative	Période significative associée	Houle maximum	Estimation période de retour	Observations
16-18 Décembre 1997	Pas de bouée en service				
12-13 Novembre 1999	Pas de bouée en service				
04 Décembre 2003	Pas de bouée en service				
19-22 Novembre 2007	Pas de bouée en service				
02-04 Janvier 2008	Pas de bouée en service				
26-27 Décembre 2008	2.37 m	7.99 s	3.89 m	Ne peut être déterminée	Compte tenu de la faible période des données acquises pour ce site le CETMEF n'a pas encore réalisé l'estimation des houles extrêmes
20-22 Octobre 2009	3.41 m	7.76 s	6.26 m	Ne peut être déterminée	Compte tenu de la faible période des données acquises pour ce site le CETMEF n'a pas encore réalisé l'estimation des houles extrêmes
14-15 Janvier 2010	Bouée hors service				
08-15 Octobre 2010	Bouée hors service				
11-16 Mars 2011	4.10 m	7.65 s	7.24 m	Ne peut être déterminée	Compte tenu de la faible période des données acquises pour ce site le CETMEF n'a pas encore réalisé l'estimation des houles extrêmes
23 Octobre au 06 Novembre 2011	3.90 m	8.67 s	6.83 m	Ne peut être déterminée	Compte tenu de la faible période des données acquises pour ce site le CETMEF n'a pas encore réalisé l'estimation des houles extrêmes
05-06 Mars 2013	3.78 m	8.45 s	6.66 m	Ne peut être déterminée	Compte tenu de la faible période des données acquises pour ce site le CETMEF n'a pas encore réalisé l'estimation des houles extrêmes

Conclusion partielle :

Au vu des données acquises par les houlographes du 01 au 08 mars 2013 et des éléments précédents on peut noter que les valeurs de houle enregistrées et les périodes de retour de l'évènement sont plus importantes dans la partie sud du Golfe du Lion.

Site de Banyuls : 5.03 m de hauteur significative et 9.18 m de hauteur maximum

La période de retour ne peut être vraiment estimée. Le houlographe de Banyuls n'a pas enregistré l'intégralité des mesures de houle sur l'ensemble de la période de l'évènement suite à un problème technique (données manquantes du 05 mars à 19h30 TU au 07 mars 02h30 TU).

Site de Leucate : 6.19 m de hauteur significative et 11.49 m de hauteur maximum

Période de retour proche des 10 ans. La houle observée à Leucate est la valeur la plus forte enregistrée depuis la mise en place du houlographe.

Site de Sète : 4.79 m de hauteur significative et 8.56m de hauteur maximum

Période de retour entre 1 et 3 ans. La houle observée à Sète est inférieure aux valeurs enregistrées lors des tempêtes remarquables notamment de décembre 1997, novembre 1999 et décembre 2003.

Site de l'Espiguette : 3.78 m de hauteur significative et 6.66 m de hauteur maximum

La période de retour ne peut être déterminée. Compte tenu de la faible période des données acquises le CETMEF n'a pas encore réalisé l'estimation des houles extrêmes. La houle observée est inférieure aux derniers événements de mars 2011 et octobre-novembre 2011.

Concernant la période associée à la houle significative elle est moins importante à l'Espiguette qu'à Sète, Banyuls et Leucate : 8.45 s à l'Espiguette, 9.09 s à Sète, 9.18 s à Banyuls et 10.25 s à Leucate.

IV.2) **Le niveau marin**

Pour l'analyse du niveau marin ont été prises en compte 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) 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 Prévision des Crues Grand Delta (SPC GD). Ce site ne donne qu'une indication du niveau de la mer.

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

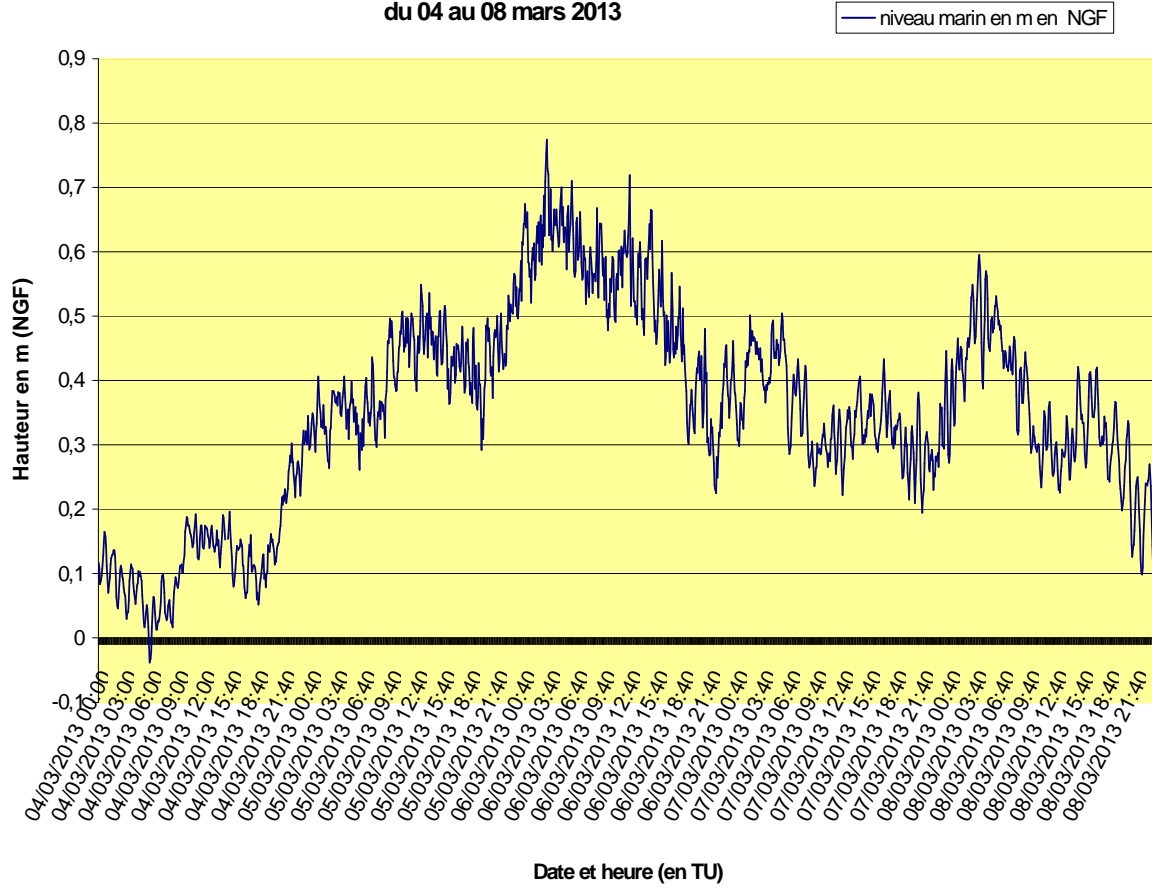
Par ailleurs pour Port-Camargue on suppose que ZH/IGN69 =0,282

IV.2.1) **Les données de niveau marin**

Les graphiques ci-dessous présentent les données du niveau marin mesuré par ces marégraphes, du 04 au 08 mars 2013 à Port-Camargue (*graphe 14*), Sète (*graphe 15*) et Port-Vendres (*graphe 16*).

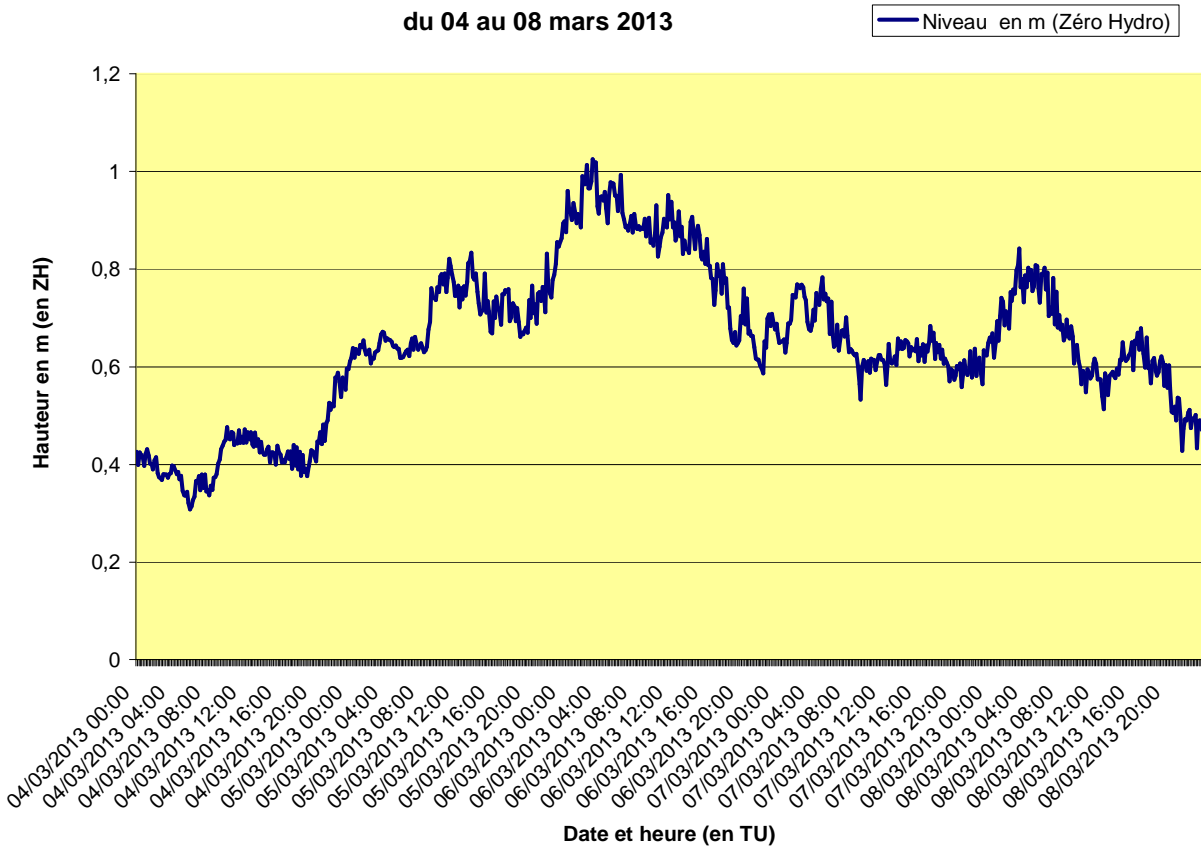
Il est à noter que les données des MCN de Sète et Port-Vendres sont acquises dans des puits de tranquillisation au pas de temps de 10 minutes (les données sont moyennées sur 2 minutes) alors que sur Port-Camargue, les données sont acquises à l'intérieur du bassin du port, au pas de temps de 5 minutes et ne sont pas moyennées.

NIVEAU MARIN A PORT CAMARGUE (30)
du 04 au 08 mars 2013



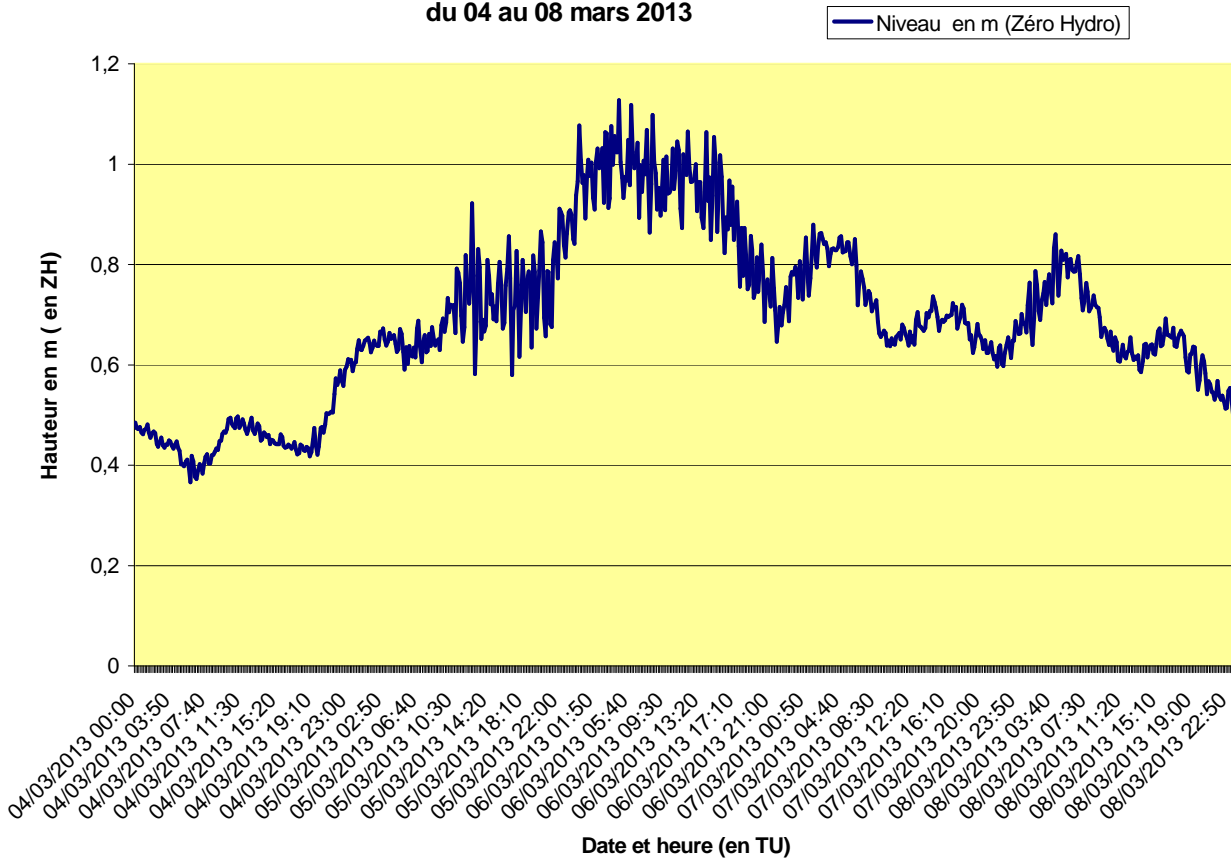
GRAPHIQUE n°14

NIVEAU MARIN A SETE
du 04 au 08 mars 2013



GRAPHIQUE n°15

**NIVEAU MARIN A PORT- VENDRES (66)
du 04 au 08 mars 2013**



Conclusion partielle :

Ces trois marégraphes ont enregistré le même phénomène d'évolution du plan d'eau sur la période du 04 au 08 mars 2013 avec un pic le **06 mars**.

Niveaux maximum de hauteur d'eau enregistrés le 06 mars 2013 par ces marégraphes (valeurs quasi similaires):

- Port Camargue : 0,774 m NGF à 03h10 TU
- Sète : 1,025 m Zéro hydro soit 0,728 m NGF à 03h20 TU
- Port-Vendres : 1,127 m Zéro hydro soit 0,736 m NGF à 04h 40 TU

N.B : Pour le dispositif de Port-Camargue, les données sont acquises à l'intérieur du bassin du port et non moyennées (une donnée seconde toutes les 5 mn) elle intègre donc les variations de niveau des vagues.

IV.2.2) Tableaux des niveaux marins maximum des dernières tempêtes

Les tableaux suivants reprennent, à titre d'information, les valeurs maximum des niveaux marins mesurés au cours de cet événement à Port-Vendres, Sète et Port-Camargue et celles recensées lors de précédents événements, notamment les tempêtes de décembre 1997, novembre 1999, décembre 2003 et 2008, octobre 2010 qui ont fait l'objet de demandes de déclaration CATNAT.

NIVEAU MARIN A PORT- VENDRES (PYRENEES-ORIENTALES)		
Date evènement	Niveau maximum (En m en IGN 69)	Observations
16-18 Décembre 1997		pas de donnée mesurée
12-13 Novembre 1999		pas de donnée mesurée
04 Décembre 2003	0,87	Données du marégraphe numérique du SMNLR
19-22 Novembre 2007	0,592	Données du MCN du SHOM
02-04 Janvier 2008	0,629	Données du MCN du SHOM
26-27 Décembre 2008	0,476	Données du MCN du SHOM
20-22 Octobre 2009	0,569	Données du MCN du SHOM
14-15 Janvier 2010	0,566	Données du MCN du SHOM
08-15 Octobre 2010	0,782	Données du MCN du SHOM
11-16 Mars 2011	0,552	Données du MCN du SHOM
23 Octobre au 06 Novembre 2011	0,598	Données du MCN du SHOM
05-06 Mars 2013	0,736	Données du MCN du SHOM

NIVEAU MARIN A SETE (HERAULT)		
Date evènement	Niveau maximum (En m en IGN 69)	Observations
16-18 Décembre 1997	1,06	Données du marégraphe numérique du SMNLR
12-13 Novembre 1999	0,75	Données du marégraphe numérique du SMNLR
04 Décembre 2003	0,85	Données du marégraphe numérique du SMNLR
19-22 Novembre 2007	0,714	Données du MCN du SHOM
02-04 Janvier 2008	0,833	Données du MCN du SHOM
26-27 Décembre 2008	0,447	Données du MCN du SHOM
20-22 Octobre 2009	0,809	Données du MCN du SHOM
14-15 Janvier 2010	0,752	Données du MCN du SHOM
08-15 Octobre 2010	0,767	Données du MCN du SHOM
11-16 Mars 2011	0,619	Données du MCN du SHOM
23 Octobre au 06 Novembre 2011	0,785	Données du MCN du SHOM
05-06 Mars 2013	0,728	Données du MCN du SHOM

NIVEAU MARIN A PORT-CAMARGUE (GARD)		
Date evènement	Niveau maximum (En m en IGN 69)	Observations
16-18 Décembre 1997	Pas de marégraphe	
12-13 Novembre 1999	Pas de marégraphe	
04 Décembre 2003	Pas de marégraphe	
19-22 Novembre 2007	Pas de marégraphe	
02-04 Janvier 2008	Pas de marégraphe	
26-27 Décembre 2008	Pas de marégraphe	
20-22 Octobre 2009	0,881	Données de la station de mesures DREAL
14-15 Janvier 2010	0,807	Données de la station de mesures DREAL
08-15 Octobre 2010	0,819	Données de la station de mesures DREAL
11-16 Mars 2011	0,670	Données de la station de mesures DREAL
23 Octobre au 06 Novembre 2011	0,871	Données de la station de mesures DREAL
05-06 Mars 2013	0,774	Données de la station de mesures DREAL

IV.2.3) Estimation de la période de retour de l'évènement

En juillet 2010 le CETE Méditerranée a établi, à la demande de la DREAL LR, un rapport intitulé « Traitement des séries marégraphiques du Golfe du Lion – Extraction et étude statistique des évènements de référence ». Il porte sur l'extraction des données extrêmes de niveaux marins et leur analyse statistique en vue de déterminer leurs extrêmes.

L'estimation de la période de retour de l'évènement de mars 2013 a été faite en se basant sur les éléments de ce rapport et plus précisément sur la partie « détermination des extrêmes de niveaux marins instantanés » (faite seulement à partir des marégrammes papiers). Notre choix s'est porté sur la méthode d'échantillonnage par les maximum annuels et la loi de Gumbel pour l'ajustement statistique des extrêmes.

PORT- VENDRES

Le tableau des extrêmes et les éléments pris en compte sont les suivants

Echantillonnage : Maximum annuel calendaire- Nombre d'années = 14 ans

Max mesuré = 74 cm IGN 69 le 10/01/1996 (période de retour théorique : 11 ans)

Période de retour Ts (ans)	1	5	10	20	50	100
Niveau instantané (en cm IGN69°)	58	68	73	78	85	90
Intervalle de confiance à 95%	50-62	62-85	66-96	69-107	74-122	77-133
Intervalle de confiance à 70%	54-58	64-74	69-81	73-88	78-97	82-105

NB : le CETE précise dans son rapport « la série des niveaux instantanés à Port-Vendres est courte(14 ans), les résultats sont à prendre avec une extrême précaution »

Si on se base sur ces éléments, le niveau maximum enregistré à Port-Vendres étant de 0,736 m NGF soit 73,6 cm la période de retour est proche des 10 ans.

SETE

Le tableau des extrêmes et les éléments pris en compte sont les suivants

Echantillonnage : Maximum annuel calendaire- Nombre d'années = 14 ans

Max mesuré = 131 cm IGN 69 le 10/12/1997 (période de retour théorique : 37 ans)

Période de retour Ts (ans)	1	5	10	20	50	100
Niveau instantané (en cm IGN69°)	85	105	114	123	135	144
Intervalle de confiance à 95%	75-96	95-135	101-154	108-174	116-200	122-219
Intervalle de confiance à 70%	80-89	99-116	107-128	114-140	123-157	130-170

NB : le CETE précise dans son rapport « la série des niveaux instantanés à Port-Vendres est courte(14 ans), les résultats sont à prendre avec une extrême précaution »

Le niveau maximum enregistré à Sète étant de 1,025 m Zéro hydro soit 0,728 m la période de retour peut être estimée inférieure à 1 an.

PORT-CAMARGUE

La station de mesure a été installée en juillet 2009 et les données n'ont pas encore fait l'objet d'analyse des extrêmes. **La période de retour ne peut donc être estimée.**

Conclusion partielle :

La période de retour estimée de cet événement sur la base des niveaux marins instantanés est donc plus importante à Port-Vendres (proche des 10 ans) qu'à Sète (1 an).

IV.3) La surcote

L'analyse de la surcote pour la période du 04 au 08 mars 2013 a été faite à partir :

- des données Météo France du modèle de surcotes sur la Méditerranée Occidentale (dont le Golfe du Lion). Ces prévisions de surcote sont effectuées par Météo France au moyen de 3 modèles de prévision atmosphérique : CEP, Arpège et Arome.
- des mesures numériques de niveau marin transmises par les marégraphes de Port Camargue, Sète et Port-Vendres indiqués ci-dessus.

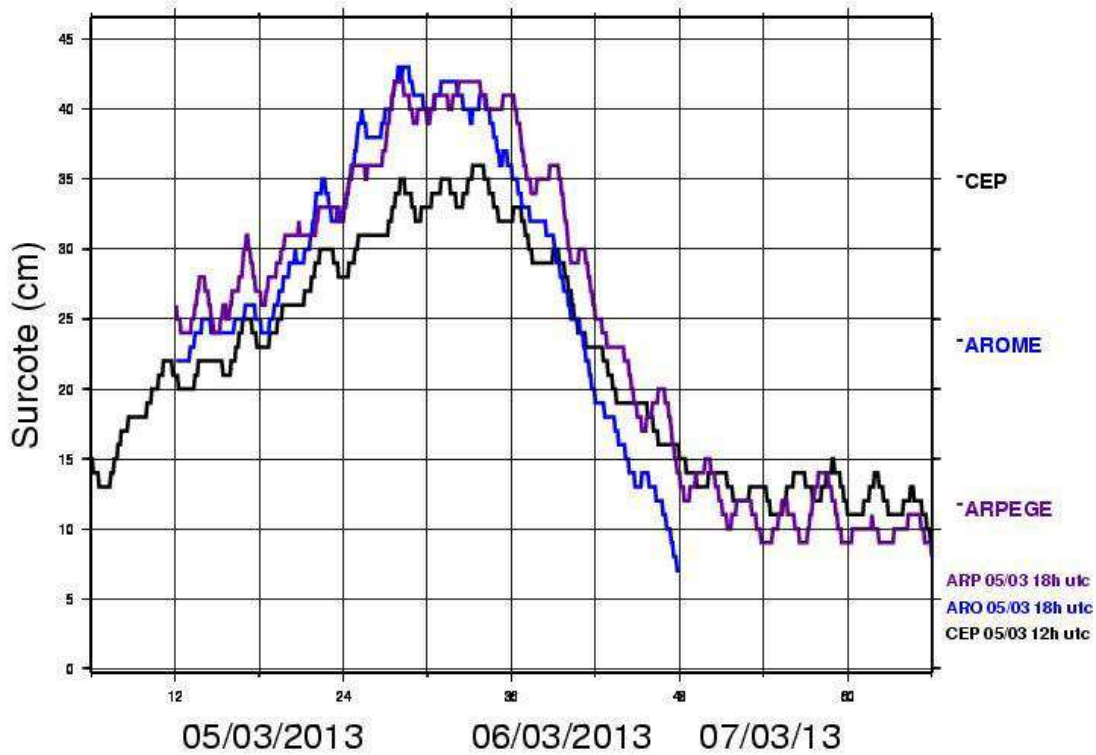
IV.3.1) Analyse à partir des données de surcotes « modèle » de Météo France

Sont seulement présentés ici les graphes de prévisions de surcote « modèle » de Météo France 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) (*Graphiques 17 et 18*)
- à Sète (position 43°20'N et 3°35'E) (*Graphiques 19 et 20*)
- à Port-Vendres (position 43°35'N et 3°05'E) (*Graphiques 21 et 22*)

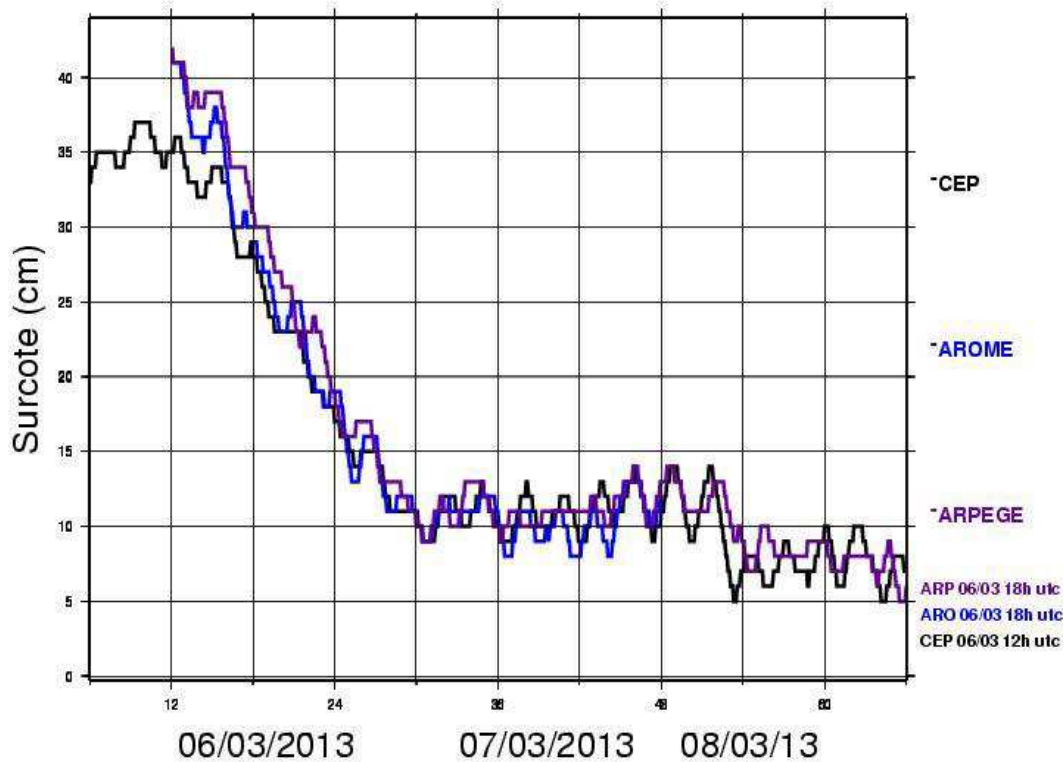
- Prévisions de surcote établies les 05 et 06 mars pour Port-Camargue

Port-Camargue



Graphique 17

Port-Camargue

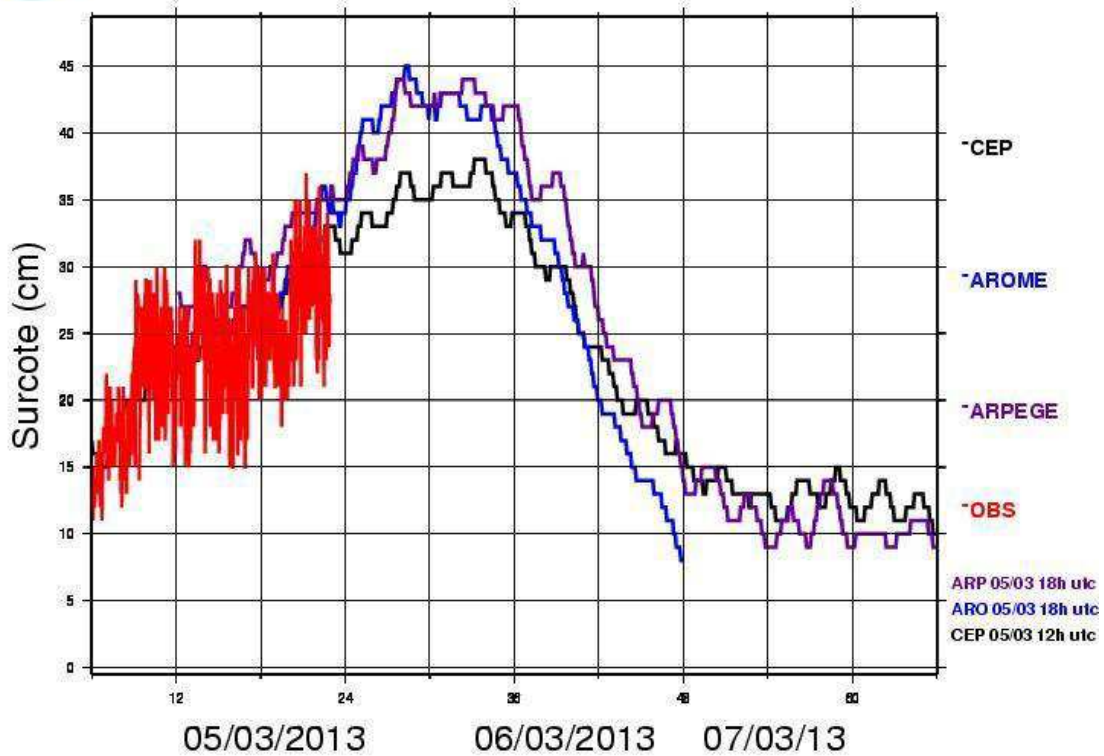


Graphique 18

- Prévisions de surcote établies les 05 et 06 mars pour Sète



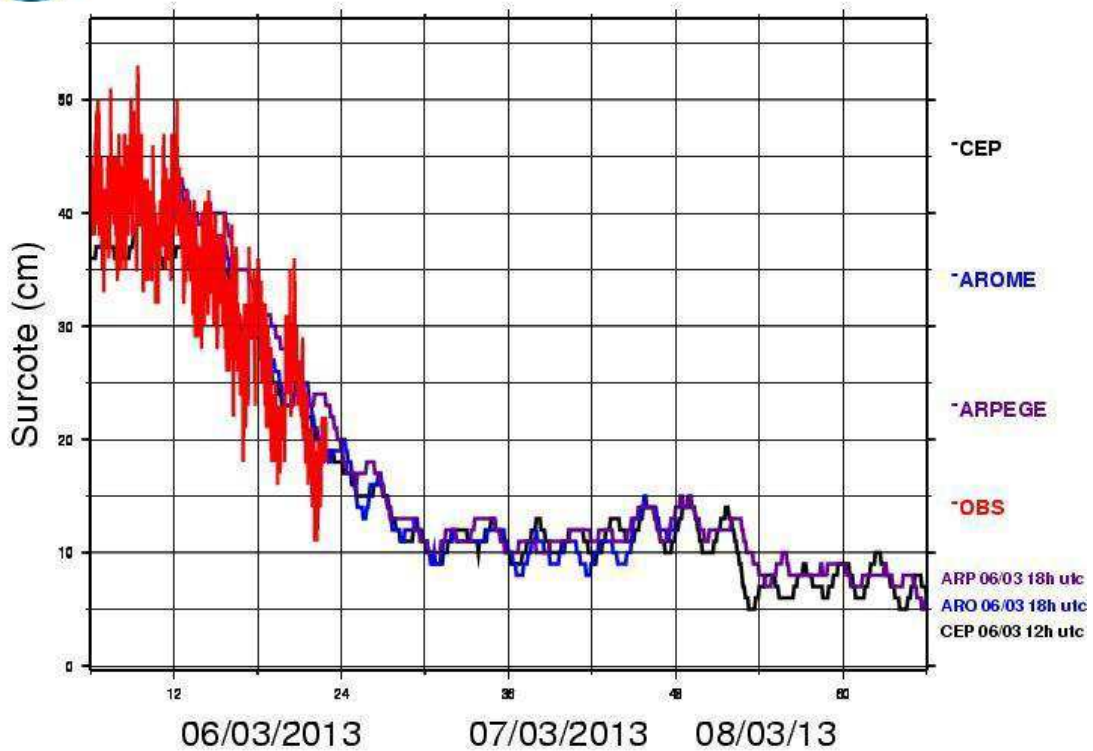
Sète



Graphique 19



Sète

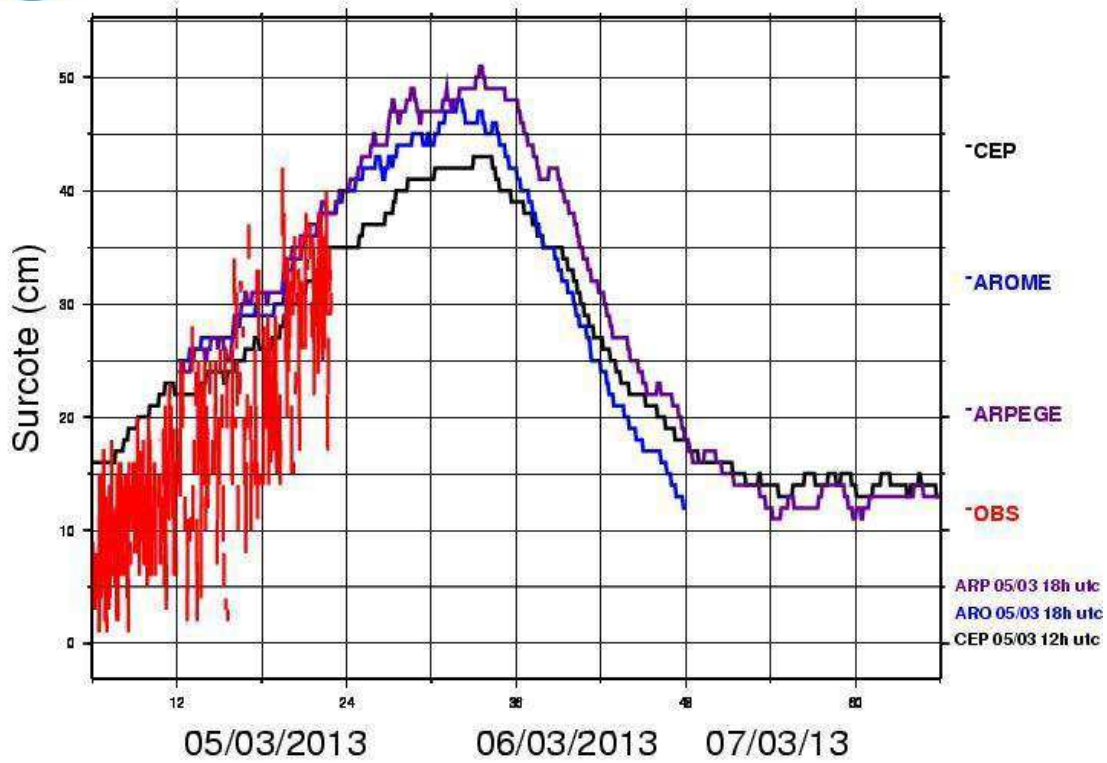


Graphique 20

- Prévisions de surcote établies les 05 et 06 mars pour Port-Vendres



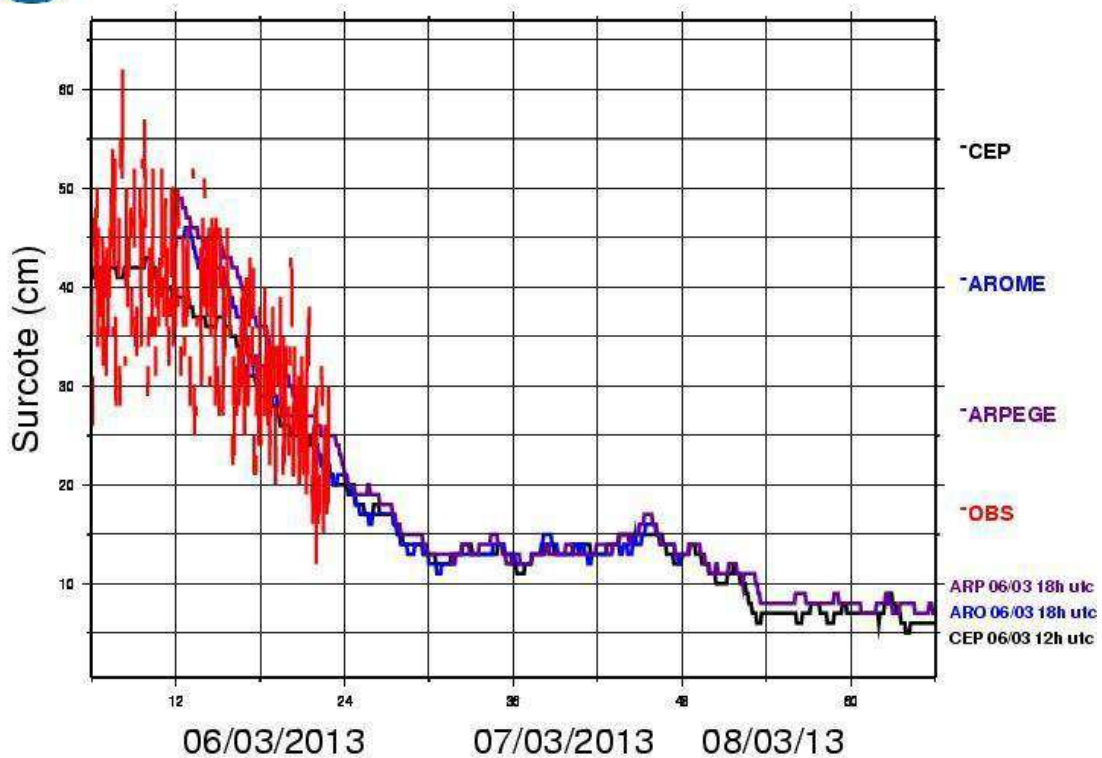
Port-Vendres



Graphique 21



Port-Vendres



Graphique 22

Conclusion partielle :

Les prévisions de surcote sur ces graphes indiquent un pic de surcote maximale le 06 mars 2013 entre 00h00 et 12h00 de l'ordre de :

- 0,40 à 0,55 m à Port-Vendres
- 0,35 à 0,45 m à Sète
- 0,35 à 0,45 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.

IV.3.2) 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 (voir ci-après).

Pour Port-Camargue, les fichiers de prédiction de marée sont issus du modèle de marée, donc beaucoup moins fiables en attendant leur validation. Les graphiques d'évolution de la surcote présentés ci-après sont donc à prendre à titre indicatif seulement.

- Port-Camargue

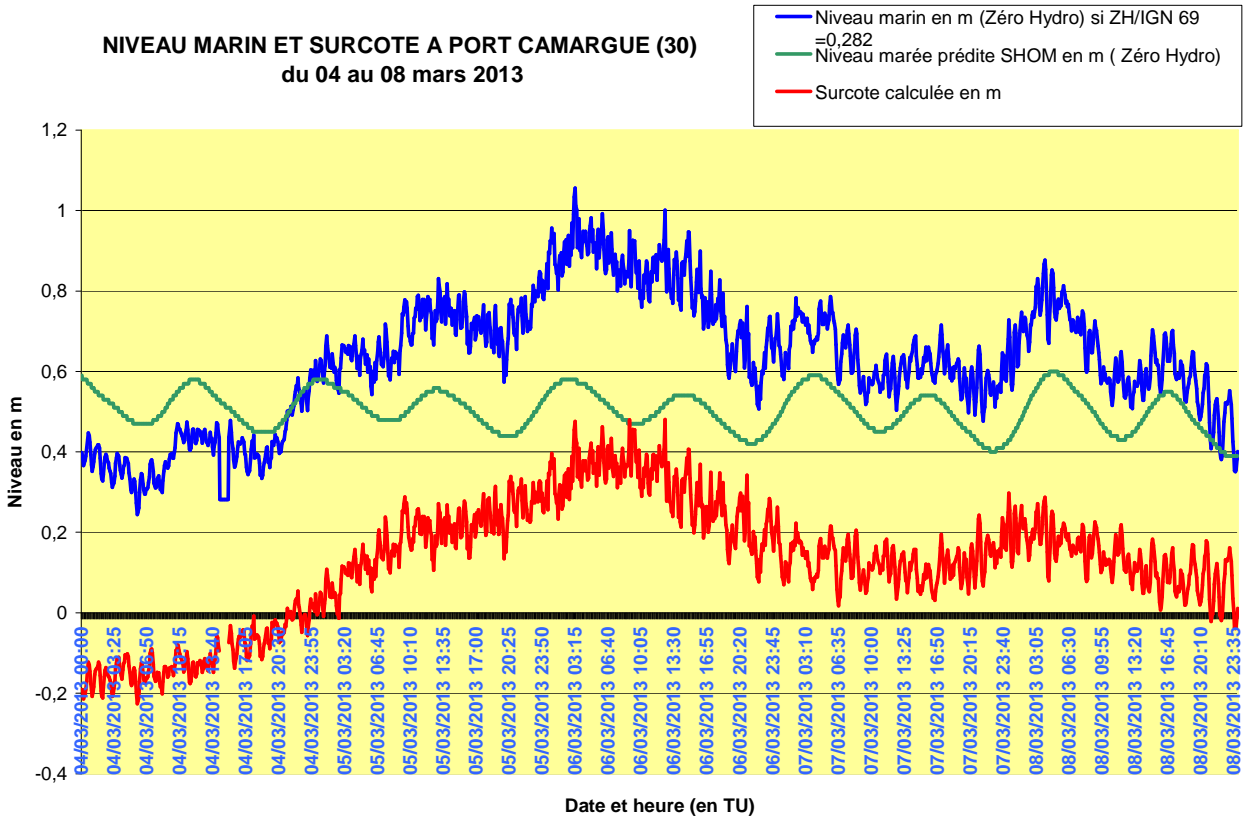
Le graphique n°23 ci-dessous présente les données suivantes du 04 au 08 mars 2013 sur le site de Port-Camargue (données au pas de temps de 5 minutes)

- données du niveau marin mesuré par la station de mesure de Port-Camargue
- données de prédiction de marée transmises par le SHOM et issues de modèle de marée
- surcote calculée

Le graphique n°24 ci-dessous présente les données suivantes du 04 au 08 mars 2013 sur le site de Port-Camargue (données au pas de temps d'une heure)

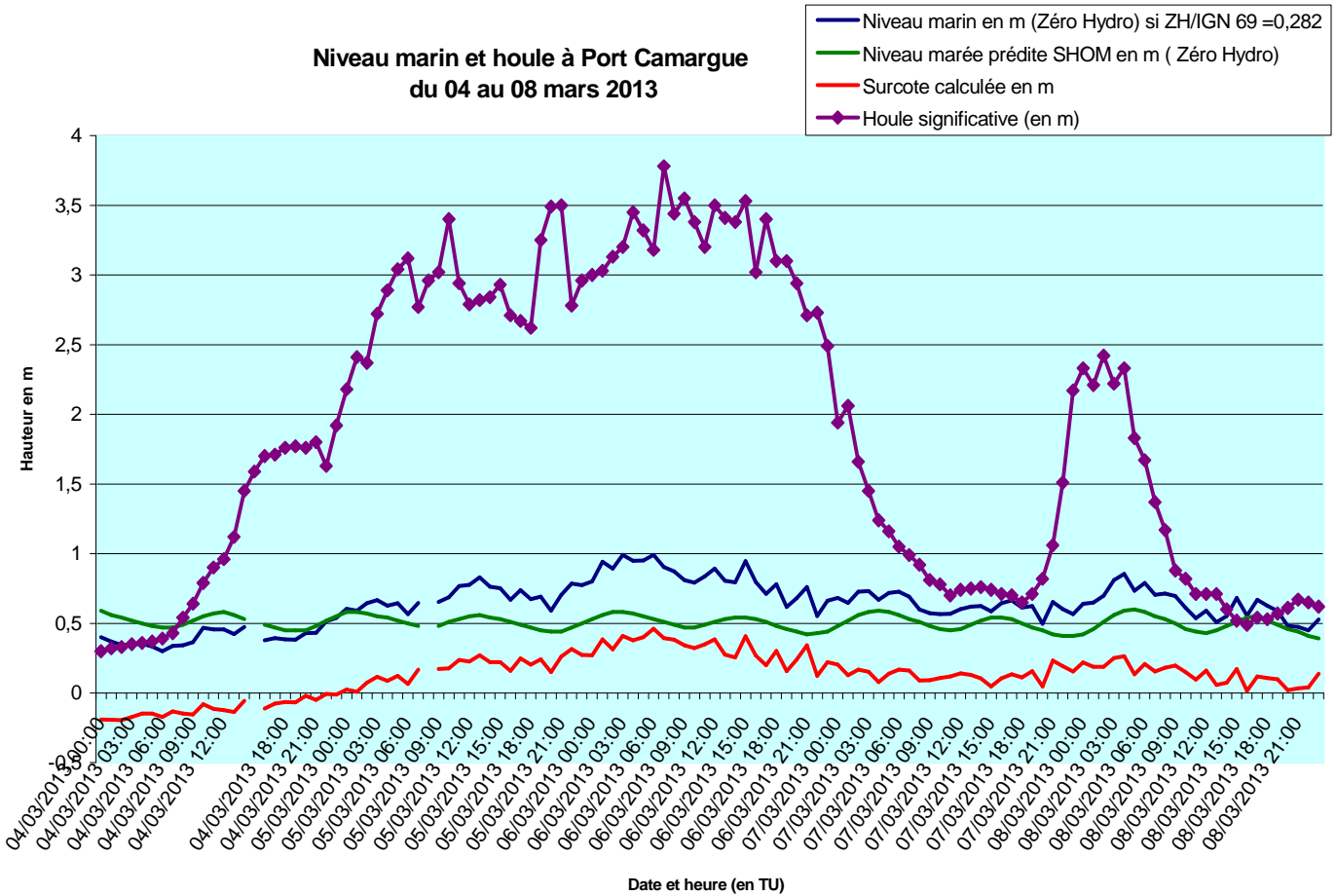
- données du niveau marin mesuré par la station de mesure de Port-Camargue
- données de prédiction de marée transmises par le SHOM
- surcote calculée
- houle significative mesurée par le houlographe de la DREAL LR situé sur le site de l'Espiguette

**NIVEAU MARIN ET SURCOTE A PORT CAMARGUE (30)
du 04 au 08 mars 2013**



GRAPHIQUE 23

**Niveau marin et houle à Port Camargue
du 04 au 08 mars 2013**



GRAPHIQUE n24

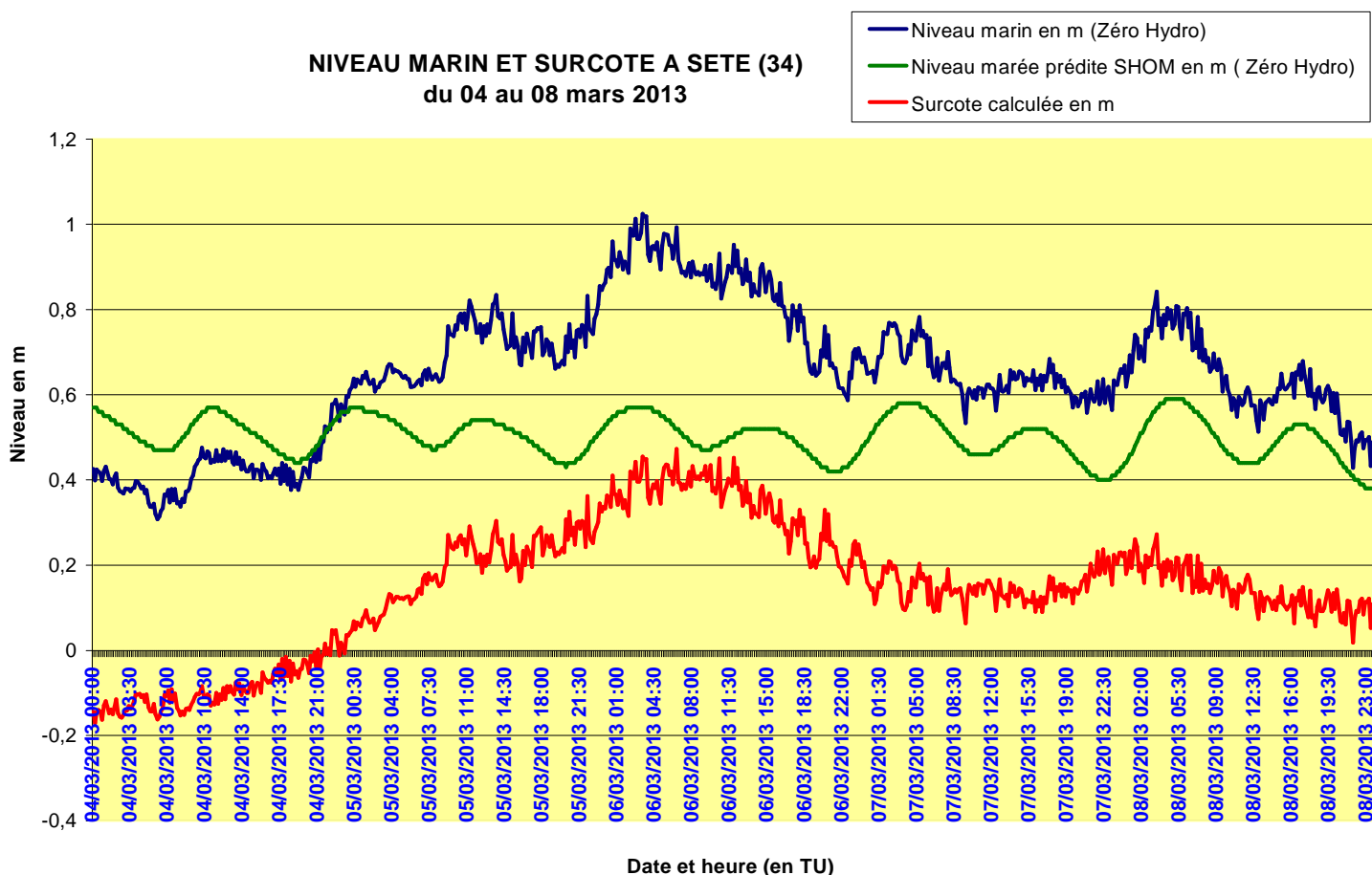
- Sète

Le graphique n°25 ci-dessous présente les données suivantes du 04 au 08 mars 2013 sur le site de Sète (données au pas de temps de 10 minutes)

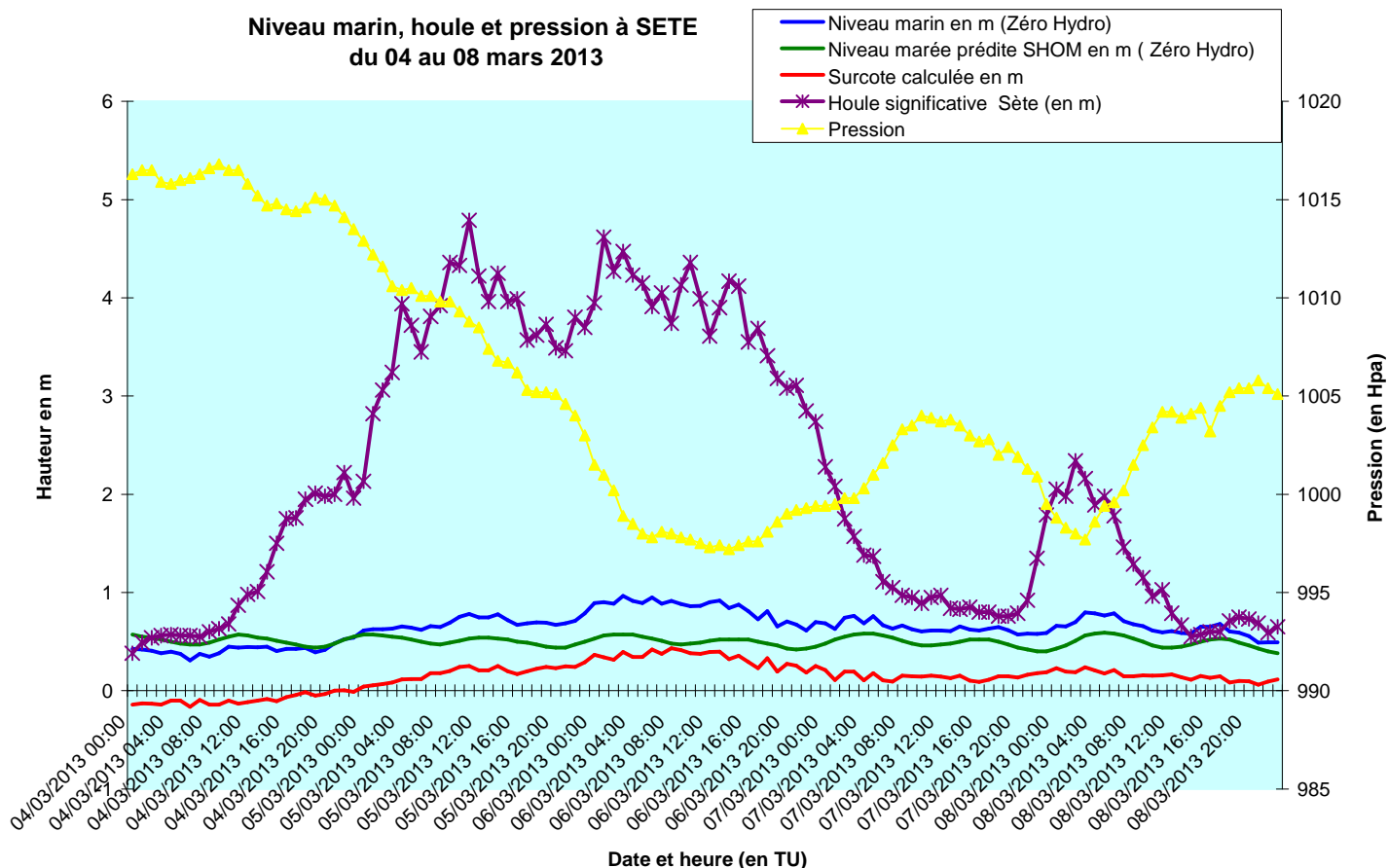
- données du niveau marin mesuré par le marégraphe côtier numérique (MCN) du SHOM implanté à Sète
- données de prédiction de marée transmises par le SHOM
- surcote calculée

Le graphique n°26 ci-dessous présente les données suivantes du 04 au 08 mars 2013 sur le site de Sète (données au pas de temps d'une heure)

- données du niveau marin mesuré par le marégraphe côtier numérique (MCN) du SHOM implanté à Sète
- données de prédiction de marée transmises par le SHOM
- surcote calculée
- données de pression ramenée au niveau de la mer mesuré par le marégraphe côtier numérique (MCN) du SHOM implanté à Sète
- houle significative mesurée par le houlographe de la DREAL LR situé sur le site de Sète



GRAPHIQUE n°25



GRAPHIQUE n°26

- Port -Vendres

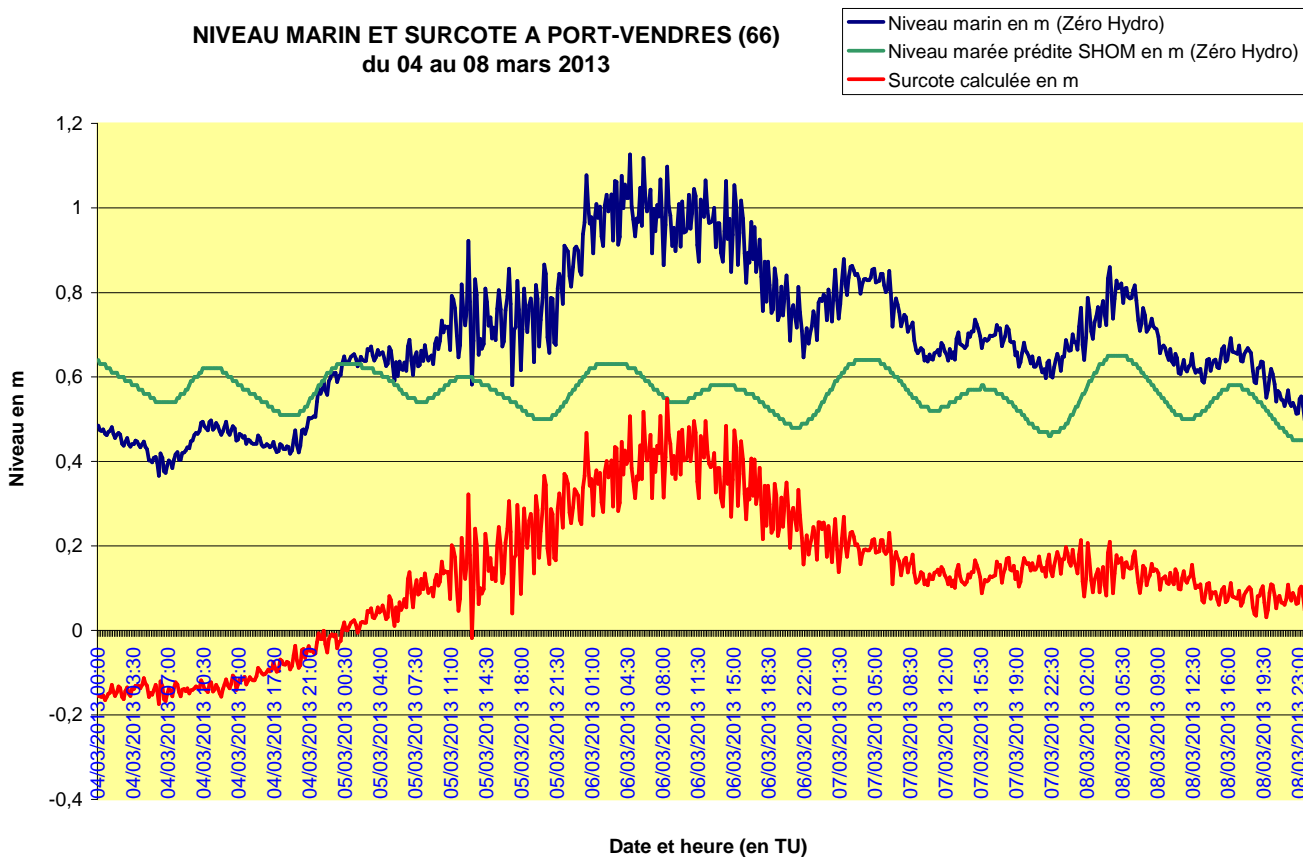
Le graphique n°27 ci-dessous présente les données suivantes du 04 au 08 mars 2013 sur le site de Sète (données au pas de temps de 10 minutes)

- données du niveau marin mesuré par le marégraphe côtier numérique (MCN) du SHOM implanté à Port-Vendres
- données de prédiction de marée transmises par le SHOM
- surcote calculée

Le graphique n°28 ci-dessous présente les données suivantes du 04 au 08 mars 2013 sur le site de Sète (données au pas de temps d'une heure)

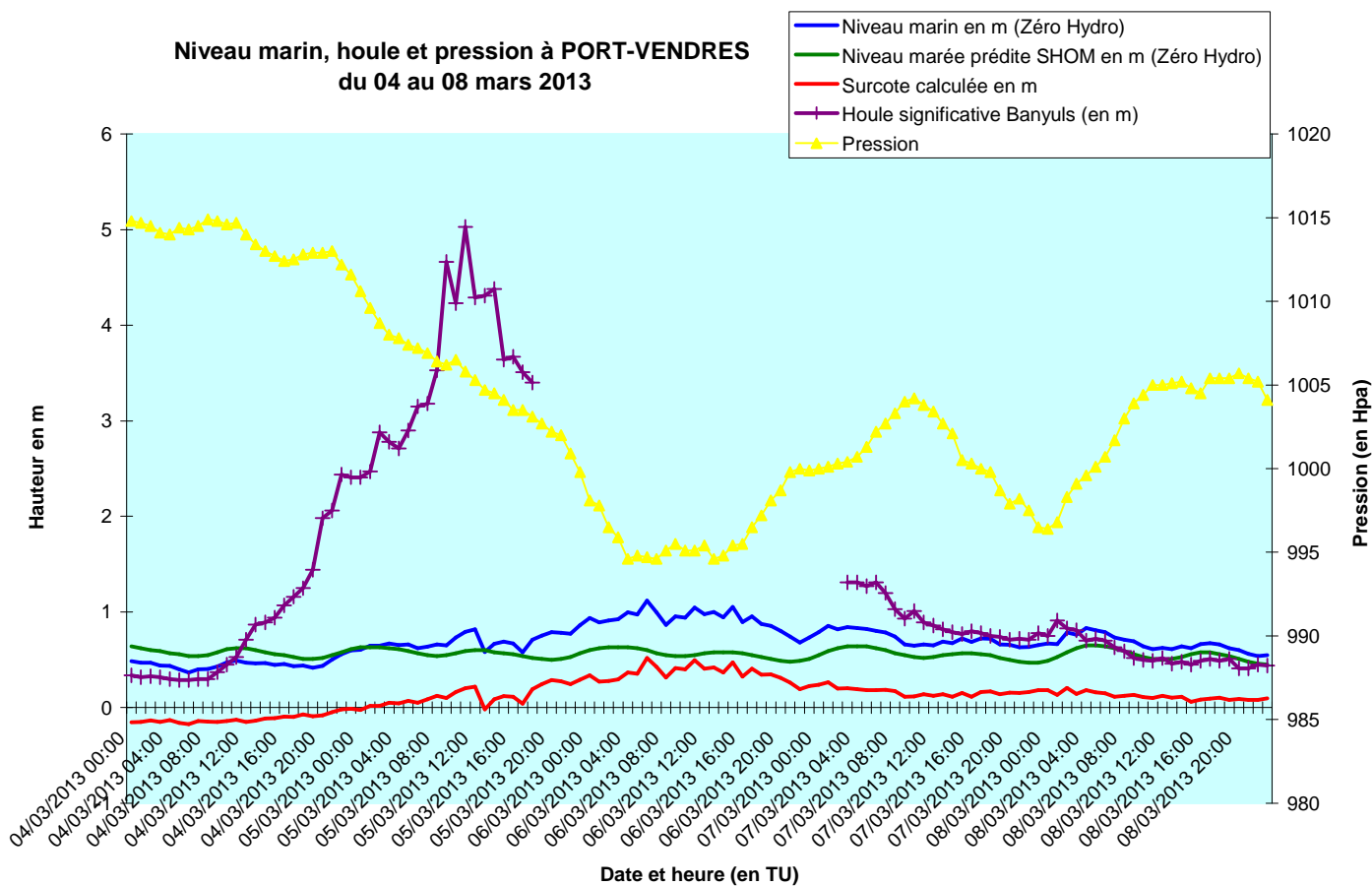
- données du niveau marin mesuré par le marégraphe côtier numérique (MCN) du SHOM implanté à Port-Vendres
- données de prédiction de marée transmises par le SHOM
- surcote calculée
- données de pression ramenée au niveau de la mer mesurée par le marégraphe côtier numérique (MCN) du SHOM implanté à Port-Vendres
- houle significative mesurée par le houlgraphe de la DREAL LR situé sur le site de Banyuls sur Mer

**NIVEAU MARIN ET SURCOTE A PORT- VENDRES (66)
du 04 au 08 mars 2013**



GRAPHIQUE n°27

**Niveau marin, houle et pression à PORT- VENDRES
du 04 au 08 mars 2013**



GRAPHIQUE n°28

Conclusion partielle :

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 les surcotes maximales suivantes le 06 mars :

- 0,548 m à Port-Vendres à 08h20 TU
- 0,473 m à Sète à 06h30 TU
- 0,481 m à Port-Camargue à 12h30 TU (à prendre avec précaution, les données n'étant pas moyennées)

Les valeurs de surcote maximales sont donc plus importantes dans le sud du Golfe du Lion.

On visualise sur les graphiques n°24,26 et 28 l'eff et 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 (*graphique 26*), le maximum des hauteurs significatives (4,79 m) a été enregistré le 05 mars 2013 à 11h00, le maximum de niveau marin le 06 mars à 03h00 (0,966 m en ZH) et la surcote maximum le 06 mars à 08h00, sachant que la pression atmosphérique a chuté progressivement à compter du 04 mars à 20h00 de 1 015 hPa jusqu'à 997,2 hPa le 06 mars à 14h00.

Au vu de ces différents éléments d'analyse on constate que les données de surcote « modèle » de Météo France sont inférieures à celles des surcotes estimées à partir des mesures des marégraphes mais dans les deux cas les surcotes maximales ont été atteintes le 06 mars entre 00h00 12H30

V) Conclusion

Le Languedoc Roussillon a donc subi du 04 au 08 mars 2013 mais plus précisément les 5 et 6 mars un épisode météorologique marquant avec une baisse du champ de pression, des vents très forts de flux d' Est à Sud Est, des vagues de secteur Sud Est et des précipitations importantes sur le littoral et l'arrière pays.

Au vu de l'analyse faite précédemment ses caractéristiques principales sont les suivantes :

Données météorologiques

- des précipitations importantes surtout dans les départements de l'Hérault, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales,
- des pressions ramenées au niveau de la mer qui sont restées élevées (>990 hPa) avec des valeurs plus élevées au Nord du Golfe du Lion qu'au Sud,
- des vents très forts de secteurs Est à Sud Est.

Données marines

Le même phénomène d'évolution a été constaté sur l'ensemble du Golfe du Lion avec des valeurs enregistrées plus importantes dans la partie sud.

- la houle

Au cours des 05 et 06 mars les valeurs maximum des hauteurs significatives mesurées par les houlographes de la DREAL LR à Leucate (6.19 m) et Banyuls (5.03 m) sont plus importantes qu' à Sète (4.79 m) et à l'Espiguette (3.78 m). A noter que le houlographe de Banyuls n'a pas enregistré l'intégralité des mesures de houle sur l'ensemble de la période de l'événement suite à un problème technique.

L'évolution des périodes significatives suit globalement celle de la houle significative. Les valeurs mesurées à Leucate (10.25 s) et Banyuls (9.18 s) sont plus importante qu'à Sète (9.09 s) et à l'Espiguette (8.45 s).

Comme en 1997, 2003, 2008 et 2010 on peut noter que l'évolution des périodes significatives suit celle de la houle significative. Ce n'était pas le cas en 1999 où la période est restée constante, autour de 8 s pendant tout l'événement.

Les directions enregistrées de la houle sont essentiellement de secteur Sud Est.

- Le niveau marin

Les niveaux maximum de hauteur d'eau enregistrés le 06 mars 2013 par les marégraphes sont quasi similaires . 0.774 m NGF à Port Camargue, 0.728 m NGF à Sète, 0.736 m NGF à Port-Vendres.

- La surcote

Pour les valeurs de surcote maximales calculées ont a : 0.548 m à Port-Vendres, 0.473 m à Sète et 0.481 m à Port-Camargue (à prendre avec précaution).

Estimation période de retour

L'estimation de la période de retour de cet événement basé d'une part sur la houle et d'autre part sur le niveau marin diffère selon les sites. Elle est plus importante dans le sud du Golfe du Lion.

Si on prend en compte la houle on aura :

- Espiguette : ne peut être déterminée compte tenu de la faible période des données acquises le CETMEF n'a pas encore réalisé l'estimation des houles extrêmes. La houle observée est inférieure aux derniers événements de mars 2011 et octobre-novembre 2011.
- Sète : 1 à 3 ans
- Leucate : proche des 10 ans
- Banyuls : ne peut être déterminée compte tenu du problème de dysfonctionnement de la station de mesures

Si on prend en compte le niveau marin on aura :

- Port-Camargue : ne peut être déterminée – Pas d'analyse statistique des extrêmes réalisée
- Sète : 1 an
- Port-Vendres : proche des 10 ans

La pression atmosphérique ramenée au niveau de la mer est restée relativement élevée sur l'ensemble du littoral mais l'effet conjugué d'un vent de flux d'Est à Sud Est, d'une houle de secteur Sud Est et un niveau marin plus élevé dans la partie sud du Golfe du Lion, avec des précipitations plus importantes, peut contribuer à un impact plus fort sur le littoral de l'Aude et des Pyrénées-Orientales.

Suite à cet événement les communes de Leucate et Narbonne dans l'Aude ainsi qu' Argelès sur Mer, Le Barcarès, Canet en Roussillon, Collioure, Port-Vendres et Saint Cyprien dans les Pyrénées-Orientales ont sollicité la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (demande CATNAT) pour les dommages causés (action mécanique des vagues et submersion). Le présent rapport contribue ainsi à alimenter ces demandes. A titre d'information, est joint en annexe 1 le tableau listant ces communes avec l'état d'avancement des plans de prévention des risques littoraux (PPRL)

Annexe.1. Avancement des PPRL

Communes ayant sollicité la reconnaissance de catastrophe naturelle (action mécanique des vagues et submersion) pour l'événement de mars 2013		Etat d'avancement du PPRL	
		Prescrit	Approuvé
DEPARTEMENT DE L'AUDE	Leucate	x	
	Narbonne	x	
DEPARTEMENT DES PYRENEES-ORIENTALES	Argelès sur mer		x
	Le Barcarès	x	
	Canet en Roussillon		x
	Collioure		x
	Port-Vendres		x
	Saint Cyprien	x	

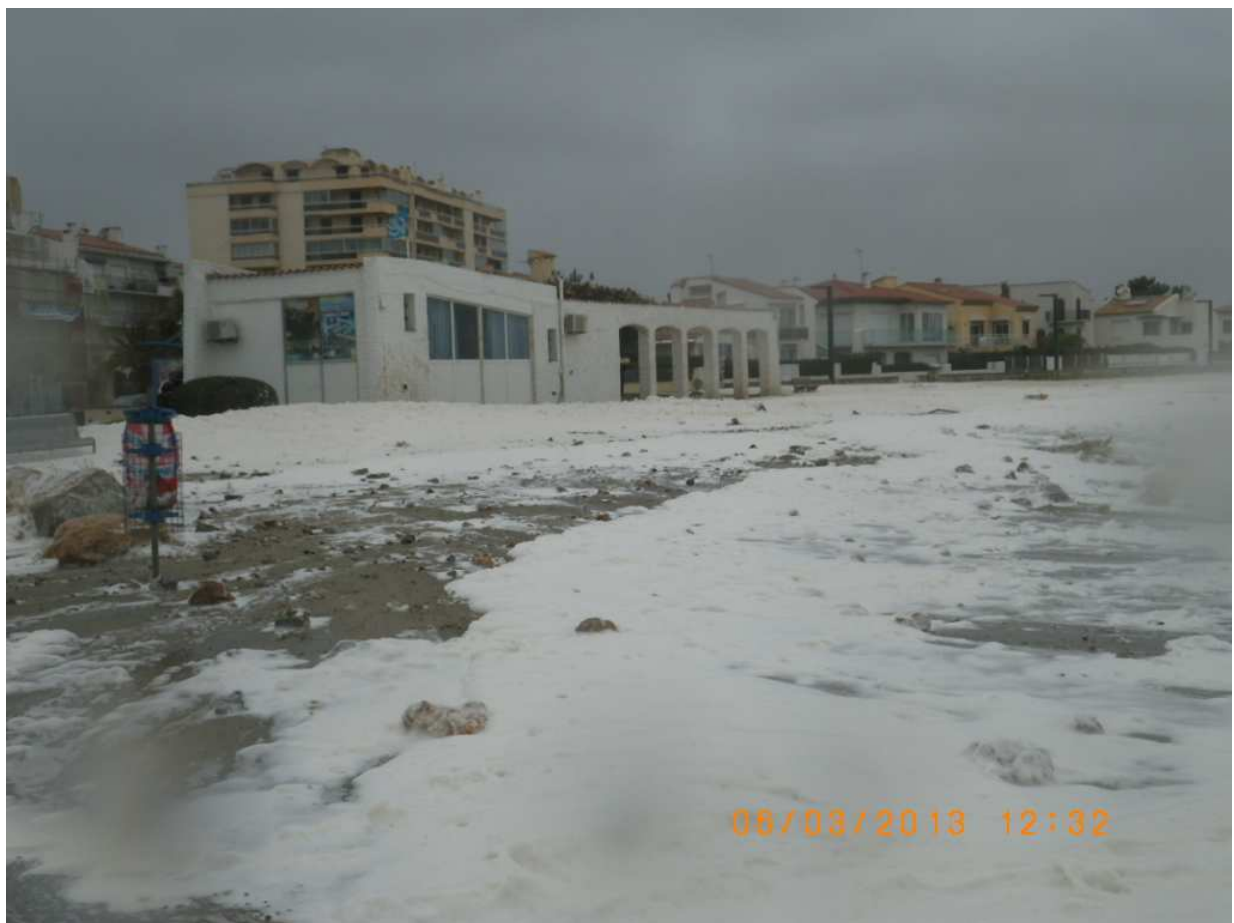
* En rouge apparaissent les PPRL prioritaires, à approuver fin 2014 au plus tard

Annexe.2. Documents photographiques

ARGELES SUR MER – PLAGES DU RACOU



SAINT CYPRIEN le 06 mars 2013



CANET EN ROUSSILLON le 06 mars 2013 (place Méditerranée)



LE BARCARES le 07 mars 2013 (poste de secours n°8)



LEUCATE le 05 mars 2013



Leucate plage





Plage des Mouettes (vue Ouest)



Plage des Mouettes (vue Est)



PALAVAS le 06 mars 2013



Plage côté Grau du Prévost (camping)



LE GRAU DU ROI – Le BOUCANET



**Annexe.3. Extrait du rapport de retour d'expérience du
SPC Méditerranée Ouest – Module 2 « Hydrologie »**




Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Direction régionale
de l'Environnement,
de l'Aménagement
et du Logement

LANGUEDOC
ROUSSILLON

 <p>Liberté • Égalité • Fraternité REPUBLIQUE FRANÇAISE</p> <p>Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement</p>	<p><i>SPCMO</i></p>	<p>Retour d'expérience</p>	<p>Rédacteurs : GUILHALMENC BEAUMEL Date : 12/04/2013 Statut :</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------	---------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

Crue du 05 au 07 mars 2013 sur le bassin de l'Agly

MODULE - 2 « HYDROLOGIE »

Table des matières

1	Présentation générale de l'événement	3
2	Cartographie des territoires concernés	3
3	Genèse de l'épisode de crue	4
3.1	Description de l'épisode pluvieux	4
3.2	État des bassins versants avant la crue	6
4	Description des crues observées	8
4.1	Chronologie et description détaillée de l'événement	8
4.2	Impacts, durées de retour	12
5	Analyse hydrologique de l'événement	13
5.1	Jaugeages et courbes de tarage	13
5.2	Analyse hydrologique	14
6	Fonctionnement hydraulique de la plaine	19
7	Conclusion.....	20

Panorama global de l'événement hydrologique

SPC concernés :
SPCMO

Bilan sommaire

Cours d'eau	Dates et heures de début et de fin	Qualification événement	Départements concernés
<i>Agly</i>	05/03/2013 15h au 07/03/2013 13h	<i>Entre Q20 et Q50*</i> <i>Niveau rouge</i>	66

1 Présentation générale de l'événement

Un épisode méditerranéen durable et significatif pour la saison a concerné la quasi totalité de notre territoire entre le mardi 05 mars et le mercredi 07 mars 2013. D'une durée de trois jours, cet épisode s'illustre par les crues qu'il a générées sur les différents bassins.

Cet événement est remarquable par une pluviométrie de faible intensité et des cumuls peu importants. Sur la totalité de l'évènement, les lames d'eau ont atteint les 200 mm sur le Tech, 170 mm sur les Corbières et des cumuls peu importants sur l'Hérault et le nord de l'Aude.

Une vigilance de niveau rouge a été placée sur le tronçon de l'Agly, l'Orbieu et les BPA en orange, le reste des tronçons ont été couverts par un niveau jaune.

Compte tenu de l'état de saturation des sols, la pluie a fait réagir les cours d'eau à des niveaux exceptionnels.

2 Cartographie des territoires concernés



Pour analyser l'événement, le bassin versant de l'Agly à Rivesaltes sera découpé en 4 sous bassins élémentaires :

- BV du Verdoble à la confluence avec l'Agly : 325 km²
- BV de l'Agly amont jusqu'au barrage de Caramany : 400 km²
- BV intermédiaire du Maury, de l'Agly aval barrage jusqu'à Mas de Jau : 180 km²
- BV amont Rivesaltes entre Mas de Jau et Rivesaltes : 145 km²

Le BV total de l'Agly à Rivesaltes a une surface totale de 1050 km².

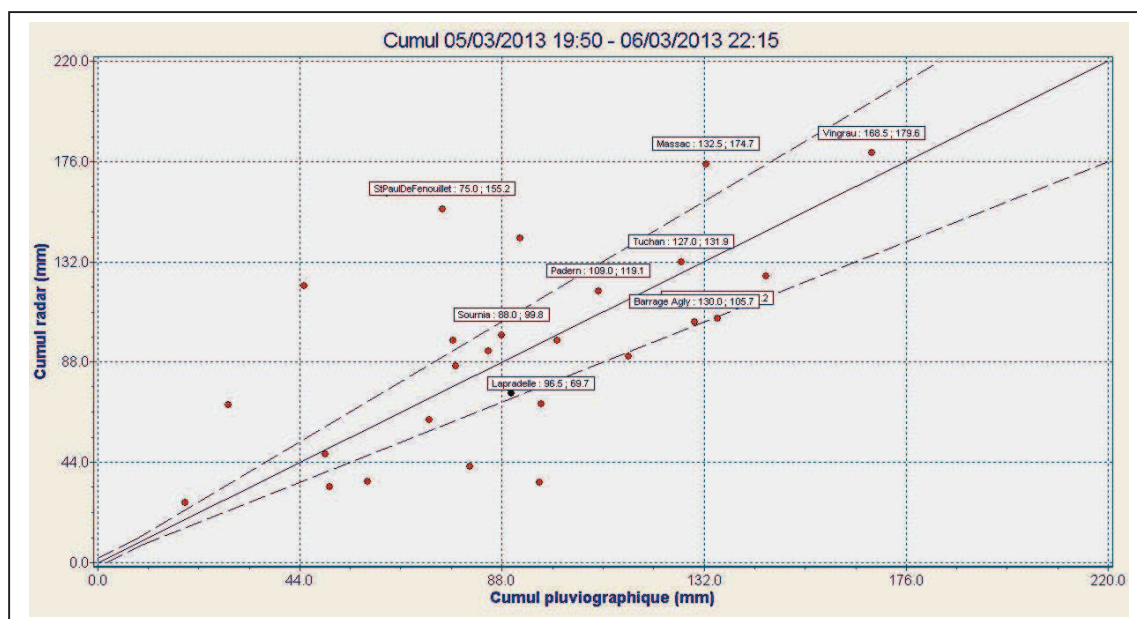
3 Genèse de l'épisode de crue

3.1 Description de l'épisode pluvieux

Outil d'analyse des pluies

Le SPCMO utilise l'imagerie radar Calamar de Rhéa.

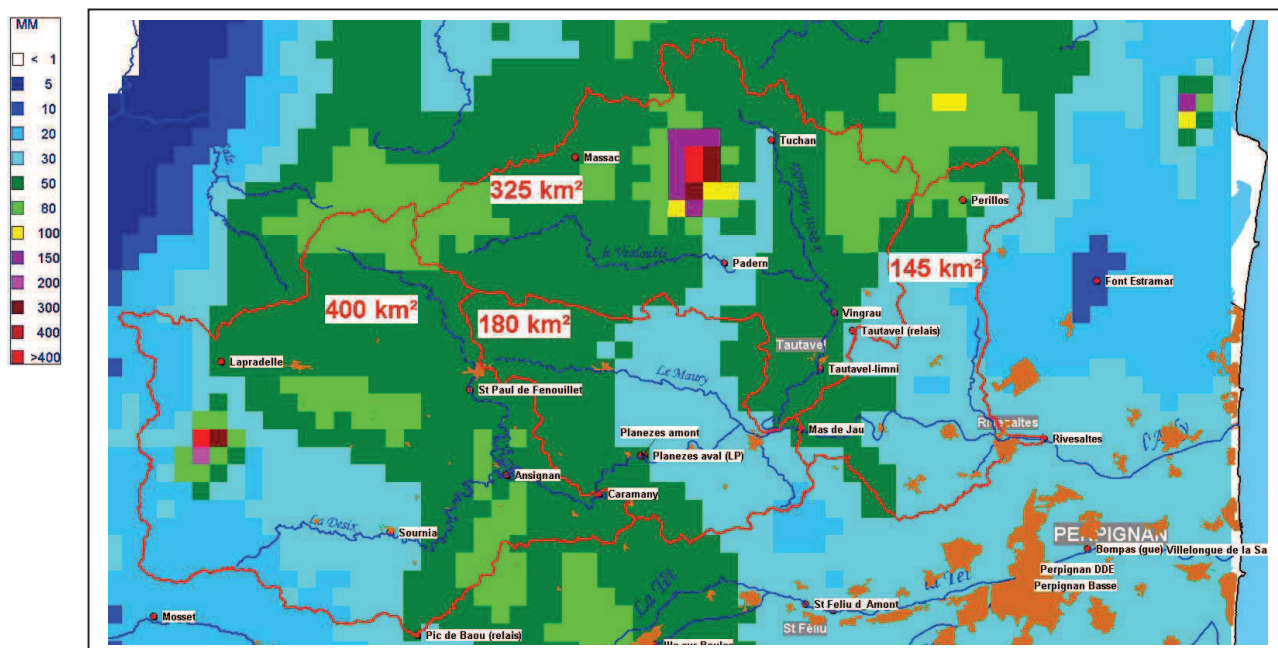
Une rapide analyse du diagramme de comparaison sur le bassin de l'Agly a permis de constater que 7 pluviomètres sur 9 du bassin versant servant à la calibration se situent dans le fuseau d'erreur admis.



Les lames d'eau Calamar seront utilisées pour analyser les pluies de cet événement.

Analyse pluviométrique

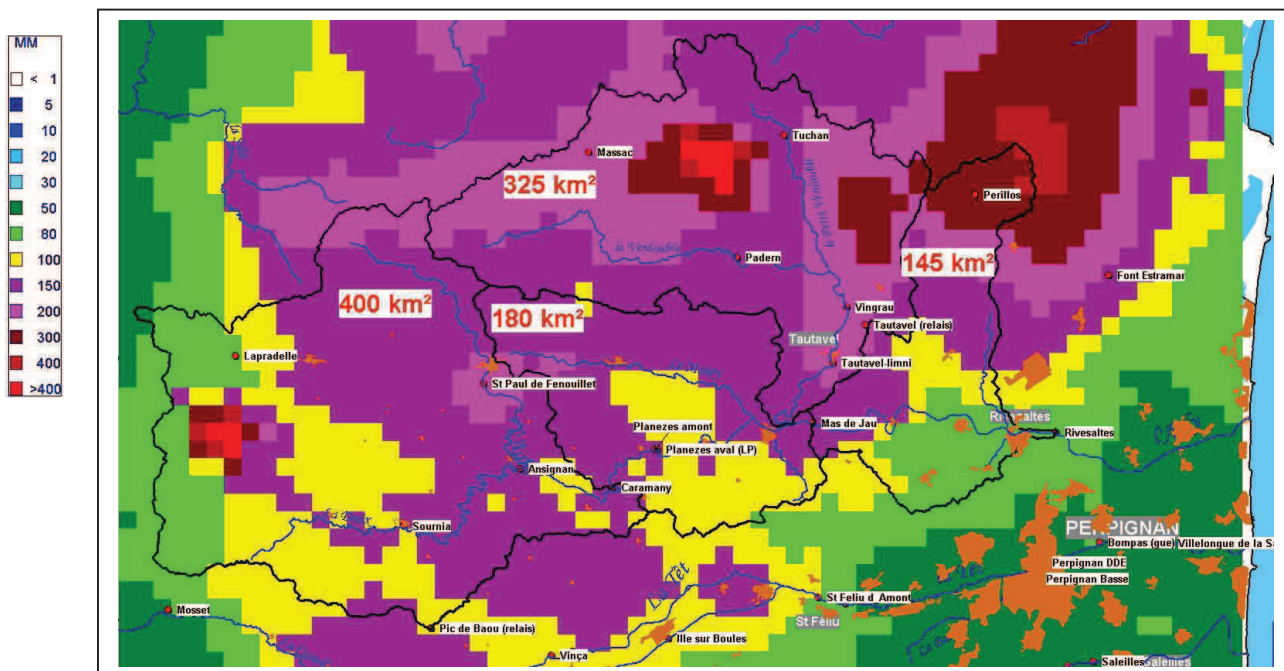
Un épisode pluvieux a démarré dans la nuit du 05 à 2h10 et s'est terminé le même jour à 17h50. On relève les lames d'eau suivantes sur les BV étudiés :



- BV Verdoble : 49 mm
- BV Barrage : 38 mm
- BV intermédiaire : 30 mm
- BV amont Rivesaltes : 27 mm

- BV total : 38 mm

Un deuxième événement pluvieux a débuté le 05 à 19h55 pour se terminer le 06 mars à 22h15. on relève les lames d'eau suivantes sur les BV étudiés :



- BV Verdoube : 168 mm
- BV Barrage : 115 mm
- BV intermédiaire : 109 mm
- BV amont Rivesaltes : 120 mm

- BV total : 131 mm

En conclusion, concernant la pluviométrie de cet événement, on obtient les lames d'eau suivantes :

- BV Verdoube : 217 mm
- BV Barrage : 153 mm
- BV intermédiaire : 139 mm
- BV amont Rivesaltes : 147 mm

- **BV total : 169 mm**

A titre de comparaison, ci dessous les éléments pluviométriques des événements remarquables survenus sur le bassin de l'Agly ces dernières années.

12 & 16 mars 2011 :	59 + 138 mm sur le BV total à Rivesaltes
21 novembre 2011 :	97 mm sur le BV total à Rivesaltes
13 novembre 2005 :	185 mm sur le BV total à Rivesaltes
13 novembre 1999 :	270 mm sur le BV total à Rivesaltes

Il est à noter que l'intensité de pluie est relativement faible et remarquable pour un événement de cette ampleur, de l'ordre de 6 mm/h avec une période de 12 mm/h pendant 6h.

3.2 État des bassins versants avant la crue

Conditions initiales

La première partie de l'analyse a montré que cet événement d'une hauteur exceptionnelle à Rivesaltes (7.67 m) a été généré par une lame d'eau sur le bassin versant global de 169 mm.

Généralement, les crues importantes de l'Agly se produisent à l'automne, mais on peut comparer celle ci avec l'événement de mars 2011.

Pour rappel, cet événement de Mars 2011 s'était déroulé en 2 étapes :

- Un premier événement le 12 mars avec une pluviométrie moyenne de 60 mm sur le bassin de l'Agly avait saturé les sols et fait monter les niveaux des cours d'eau
- Un deuxième événement le 16 mars avec une pluviométrie moyenne sur le bassin de 138 mm avait provoqué une crue

On voit bien que les conditions initiales de printemps favorisent la formation de crue.

Outil d'analyse des conditions initiales

Pour établir la carte de vigilance du tronçon de l'Agly, le SPCMO utilise une grille de vigilance qui prend en compte la pluviométrie annoncée par Météo France et le niveau du cours d'eau. Nous avons accès à d'autres outils tels que les indices SWI, HU2 mais ils ne sont pas encore utilisés en opérationnel.

Recensement des niveaux des cours d'eau avant l'événement et comparaison avec une situation de basses eaux:

Station limnimétrique

4 Mars 2013 13h00

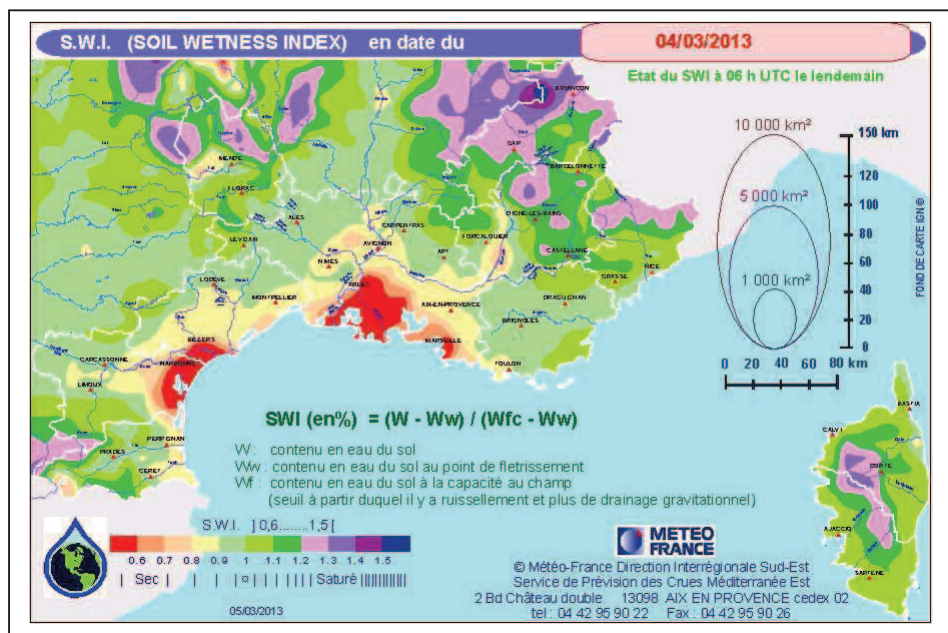
Octobre 2012 (basses eaux)

- Lapradelle :	1.79 m	1.27 m
- Saint Paul de Fenouillet :	1.72 m	1.28 m
- Ansignan (Desix) :	0.81 m	0.50 m
- Barrage sur l'Agly :	5.84 m soit 165.84 m NGF	1.41 m soit 161.41 NGF
- Planèzes amont :	1.87 m	1.41 m
- Paderm :	1.96 m	1.90 m
- Tautavel_limni :	0.27 m	0.05 m
- Mas de Jau :	0.96 m	0.15 m
- Rivesaltes :	1.81 m	1.04 m

On voit clairement que les niveaux avant la crue étaient hauts. Notre grille de vigilance du tronçon Agly prend comme niveau de saturation des bassins la hauteur d'eau à Tautavel_limni avec un seuil à 0.20 m. Le niveau du cours d'eau avec 0.27 m était bien représentatif d'un bassin versant saturé.

Le niveau de la vanne de demi-fond est à 165 m NGF, on remarque donc qu'au début de l'événement le barrage avait une lame déversante d'environ 1m.

Indice SWI :



L'indice SWI montre des niveaux de saturation du sol entre 0.9 et 1.1 sur le bassin de l'Agly.

Indice HU2 :

Récapitulatif des indices HU2 avant et après la crue, en gras la valeur du HU2 initial :

01/03/2013	63
02/03/2013	63
03/03/2013	63
04/03/2013	63
05/03/2013	64
06/03/2013	72
07/03/2013	77
08/03/2013	76

L'étendue des indices HU2 est spécifique sur chaque bassin. Sur le bassin versant de l'Agly, on a une fourchette d'indices HU2 qui peut varier de 45 à 80 environ.

Le tableau suivant renseigne sur les crues passées l'indice HU2 de début de crue :

Crue	Indice Hu2 initial
1999-11	56
2005-11	64
2011-03_1er	63
2011-03_2ème	74

L'indice HU2 initial de cette crue (64) est à comparer avec l'événement de 1999 qui avec un indice de 56 et un sol sec et l'événement de mars 2011 avec un indice de 63 comparable à celui de cet événement.

Le SPCMO est en cours d'analyse sur certains de ces tronçons pour quantifier la saturation du sol avec les indices HU2.

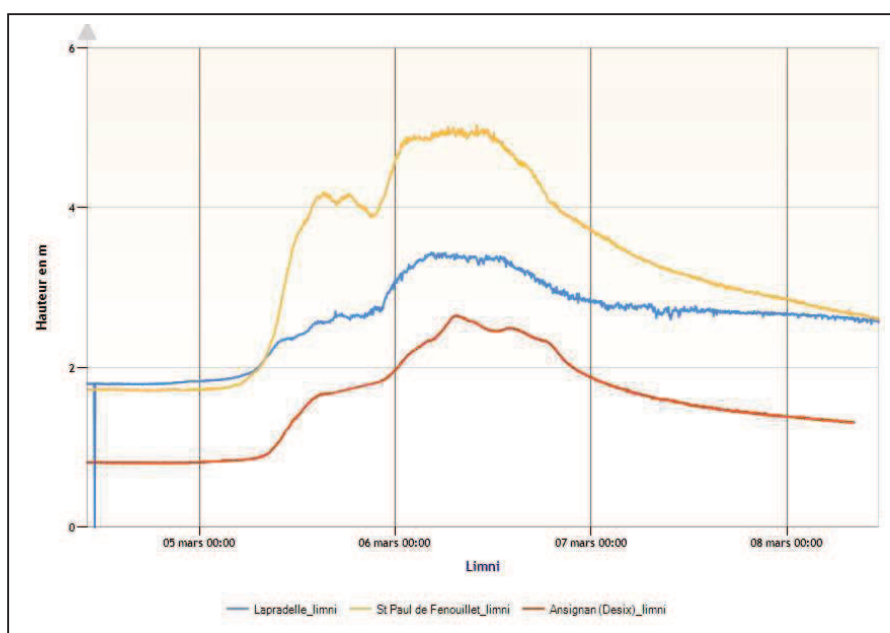
En conclusion, les différents indices montrent que les bassins versants étaient saturés, les niveaux des cours d'eau étaient hauts et qu'ils pouvaient réagir à toute sollicitation pluvieuse.

4 Description des crues observées

4.1 Chronologie et description détaillée de l'événement

L'analyse de la partie hydrologique sera faite en se basant sur les limnigrammes de crue des sous BV de l'Agly.

Limnigrammes du BV amont barrage du 5 au 8 mars :

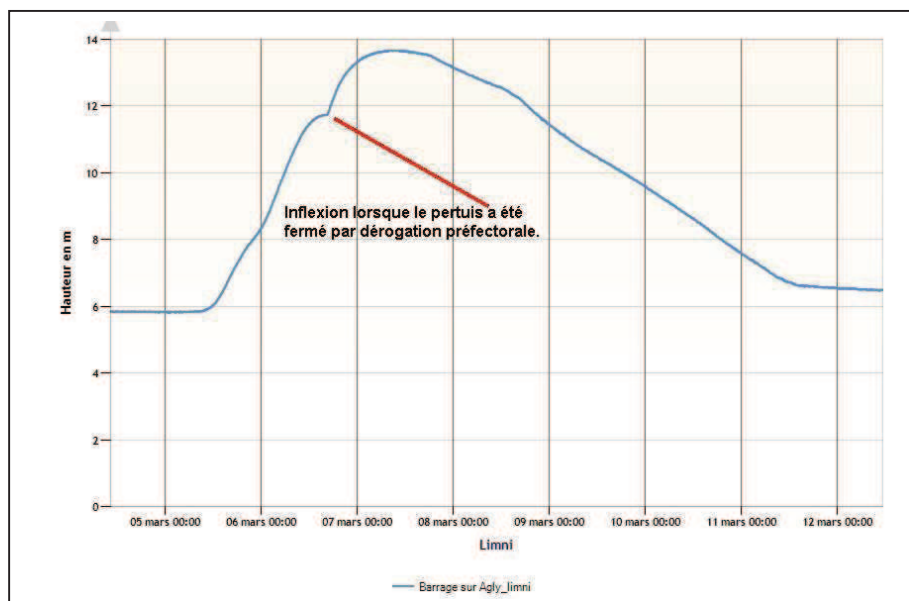


Pour information :

- La station de Lapradelle se situe sur la Boulzane qui a sa confluence avec l'Agly en amont de la station de Saint Paul de Fenouillet.
- La station de Saint Paul de Fenouillet se situe sur l'Agly et permet de renseigner sur une partie du débit entrant dans le barrage de Caramany
- La station d'Ansignan est située sur la Désix qui est un cours d'eau qui alimente le barrage.

Les limnigrammes permettent de constater que la partie amont du barrage a vivement réagi aux pluies et ont alimenté le barrage.

Limnigramme du barrage de Caramany du 5 au 12 mars:



Le barrage de Caramany est un écrêteur passif dont la vanne de demi fond est conçue pour fonctionner en tout ou rien. Il a été très alimenté par l'Agly et la Désix et a atteint un niveau historique. Le barrage était à la date du 6 mars dans sa période d'exploitation exclusivement affectée à la fonction d'écrêtement des crues. La vanne de demi-fond est ouverte.

Par dérogation préfectorale, l'évacuateur de demi-fond inférieur a été fermé le 06 mars à 16h25 à la côte de 11.73 m soit 171.73 m NGF.

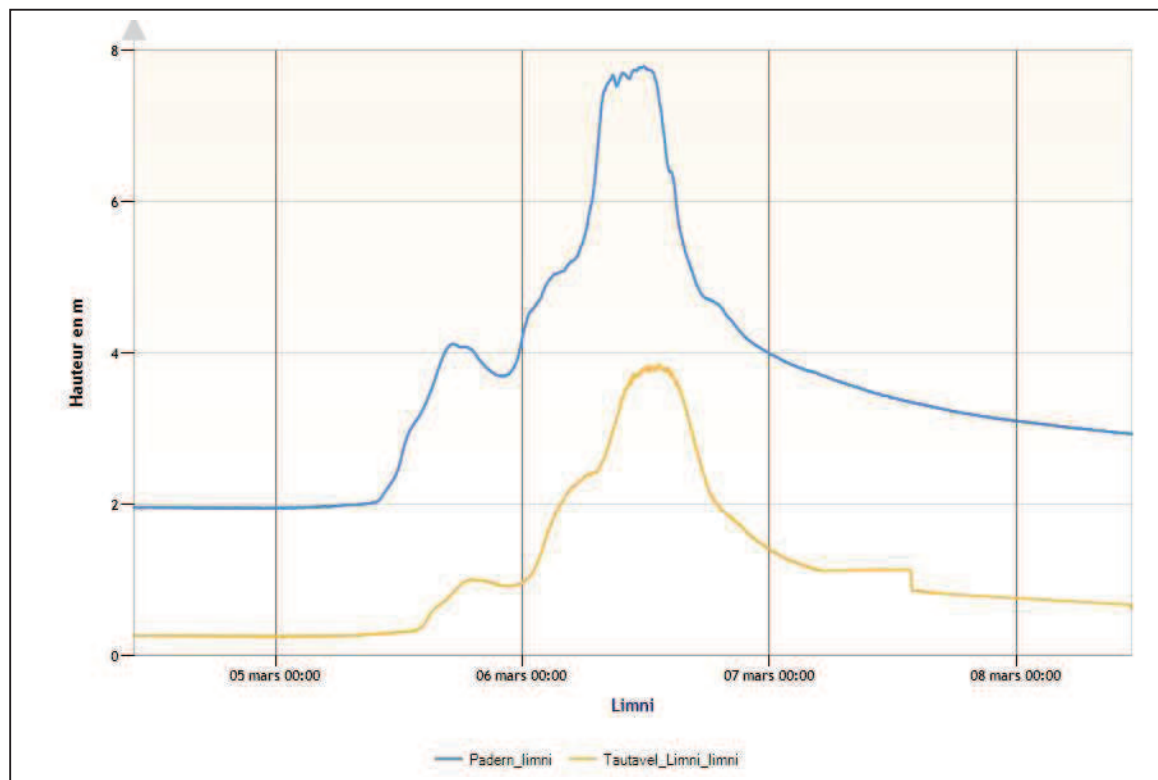
Durant la crue de novembre 1999, une dérogation préfectorale avait aussi été déclenchée pour fermer cette vanne de demi-fond.

La côte maximale du barrage est de 13.66 m soit 173.66 m NGF le 07 mars à 9h20.

A titre de comparaison, ci dessous les éléments de niveau du barrage des événements remarquables survenus sur le bassin de l'Agly ces dernières années.

16 mars 2011 :	172.02 m NGF
15 novembre 2005 :	168.44 m NGF
15 novembre 1999 :	166.60 m NGF

Limnigrammes du BV Verdoble du 5 au 8 mars :



Pour information :

- La station de Padern se situe sur l'amont du Verdoble.
- La station de Tautavel_limni se situe sur l'aval du Verdoble avant la confluence avec l'Agly. Le tronçon réglementaire commence à cette station.

Les limnigrammes de ce BV montrent que la crue n'a pas été exceptionnelle sur ce BV.

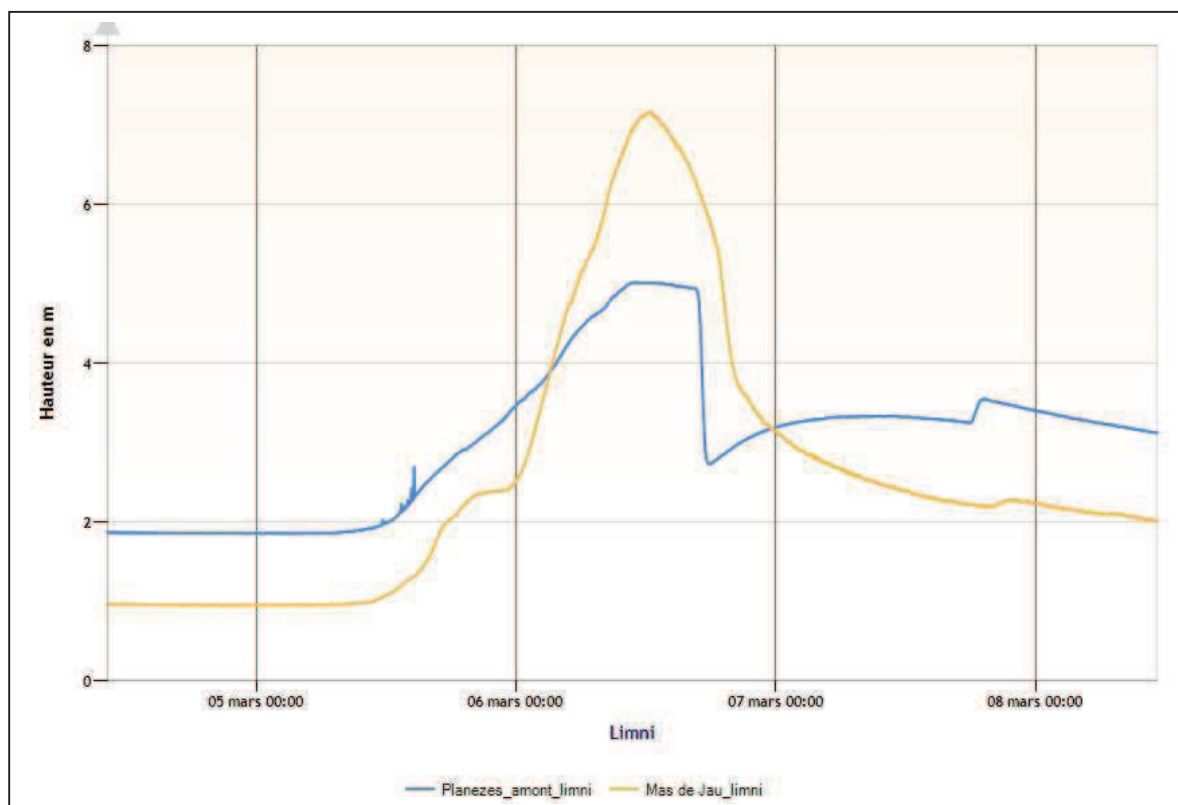
Les côtes atteintes sont les suivantes :

- à la station de Padern : **7.78 m le 06 mars à 11h50**
- à la station de Tautavel_limni : **3.84 m le 06 mars à 13h20**

A titre de comparaison, ci dessous les éléments de niveau de ces stations sur des événements remarquables survenus sur le bassin du Verdoble ces dernières années.

	Station de Padern	Station de Tautavel_limni
16 mars 2011 :	6.72 m	2.67 m
15 novembre 2005 :	9.88 m	4.96 m
15 novembre 1999 :	9.90 m	5.25 m

Limnigrammes du BV intermédiaire du 5 au 8 mars :



Pour information :

- La station de Planèzes amont se situe sur l'Agly à l'aval du barrage de Caramany.
- La station de Mas de Jau se situe sur l'Agly après la confluence du Verdoube.

Le limnigramme de la station de Planèzes permet de voir la dynamique de crue de la sortie du barrage de Caramany avec notamment la chute du limnigramme lorsque la vanne de demi-fond a été fermée.

Le limnigramme de la station de Mas de Jau permet de se rendre compte de la montée rapide de la crue à cette station, de la hauteur exceptionnelle atteinte et la forme « pointue » de la crue.

Il faut aussi souligner la décrue rapide et non soutenue suite à la fermeture de la vanne du barrage de Caramany.

Les côtes atteintes sont les suivantes :

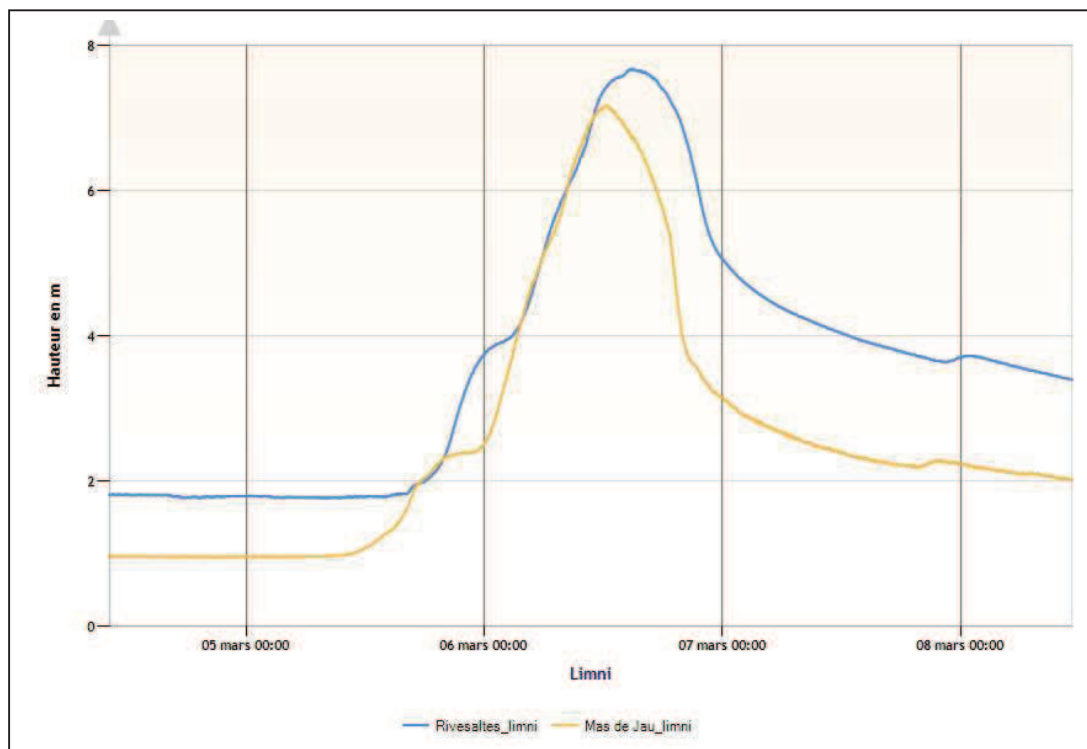
- à la station de Planèzes : **5.02 m le 06 mars à 11h10**
- à la station de Mas de Jau : **7.16 m le 06 mars à 12h25**

A titre de comparaison, ci dessous les éléments de niveau de ces stations sur des événements remarquables survenus sur le bassin de l'Agly ces dernières années.

	Station de Planèzes	Station de Mas de Jau
15 novembre 2005 :	3.52 m	7.77 m (*)
15 novembre 1999 :	2.28 m	7.28 m
16 mars 2011 :	5.22 m	4.84 m

(*) La côte de 7.77m à la station de Mas de Jau n'est pas une erreur, elle correspond à la rupture d'un embâcle qui s'était produit au niveau du pont d'Estagel sur le Verdoube quelques centaines de mètres en amont de la station de Mas de Jau. Cette côte n'est pas représentative de l'importance de la crue.

Limnigramme de la station de Rivesaltes du 5 au 8 mars :



Pour information :

- La station de Mas de Jau a été définie précédemment.
- La station de Rivesaltes se situe sur l'Agly à l'exutoire du bassin versant de 1050 km². Elle est aussi le point d'entrée de l'endiguement de l'Agly de Rivesaltes à la mer.

La cote atteinte à la station de Rivesaltes est de **7.67 m le 06 mars à 14h45**

A titre de comparaison, ci dessous les éléments de niveau de cette station sur des événements remarquables survenus sur le bassin de l'Agly ces dernières années.

15 novembre 1999 :	7.32 m
15 novembre 2005 :	6.63 m
29 janvier 2006 :	5.74 m
12 octobre 2010 :	5.55 m
15 mars 2011 :	5.18 m

Cette crue du 06 mars 2013 est la plus haute relevée à la station de Rivesaltes depuis les années 1990.

Elle ne peut être comparée à des crues exceptionnelles survenues sur ce bassin telles que 1940, 1892, 1876, 1833, 1820. La topographie et la bathymétrie modifiée, l'endiguement, l'urbanisation, la création du barrage, etc... sont des éléments à prendre en compte et qui influent sur la qualification de cette crue.

4.2 Impacts, durées de retour

* la crue de 1999 avait été estimée centennale. Cette crue est certes plus haute que 1999 à la station de Rivesaltes mais plus basse sur d'autres stations.

La crue sera qualifiée avec une période de retour comprise entre 20 et 50 ans.

5 Analyse hydrologique de l'événement

5.1 Jaugeages et courbes de tarage

Le bassin versant de l'Agly comporte 12 stations limnimétriques.

Les anciens jaugeages sur l'Agly et les courbes de tarage associées datent des années 1990. Le SPCMO a repris ces jaugeages sur les stations de l'Agly depuis 5 ans environ avec des moyens et une procédure adaptée. Les premiers jaugeages réalisés ont fait apparaître des incohérences sur les courbes de tarage utilisées. De ce fait, certaines courbes de tarage ne sont pas validées.

Le tableau suivant représente la situation actuelle pour chaque station, si des jaugeages sont effectués, à quelle hauteur, si une courbe de tarage existe et sa validité.

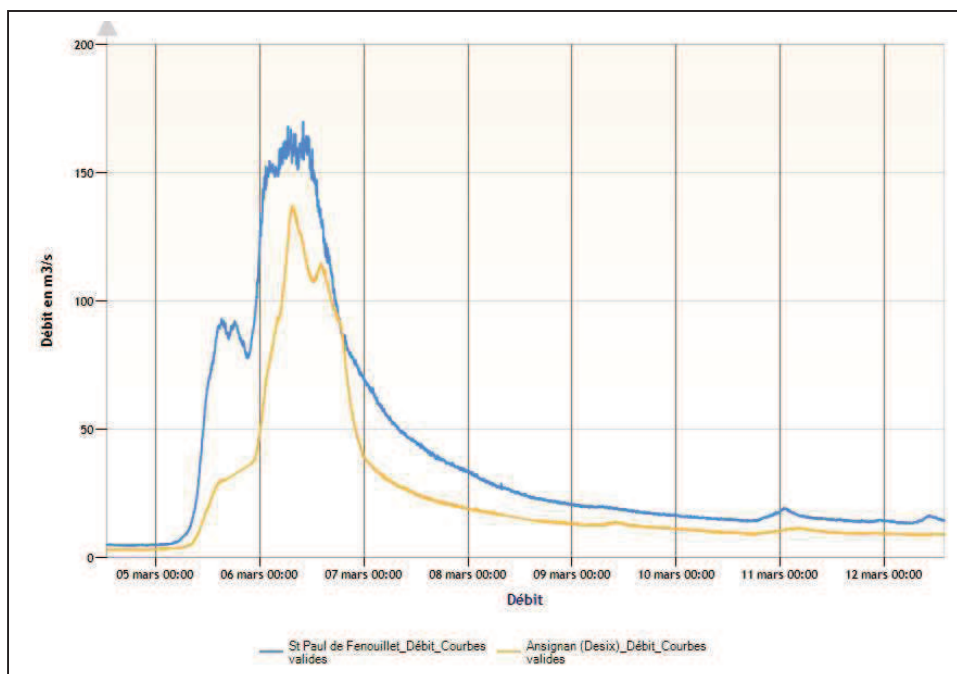
Nom de la station	jaugeages			Courbe de tarage	
	Basses eaux	Moyennes eaux	Hautes eaux	Présence	validée
Lapradelle				non	
St Paul de Fenouillet	X	X		oui	oui en partie
Saint Arnac				non	
Ansignan Desix	X			oui	oui en partie
Barrage sur Agly				oui	loi barrage
Planèzes amont		X	X	oui	oui en partie
Planèzes aval	X			oui	oui en partie
Padern	X	X		oui	oui en partie
Vingrau				oui	non
Tautavel_limni	X	X	X	oui	oui
Mas de Jau				oui	non
Rivesaltes	X	X	X	oui	non

En résumé :

- les débits des stations amont barrage peuvent être considérés comme bons
- le débit sortant du barrage est considéré comme bon
- les débits des stations de Planèzes sont à confirmer par de futurs jaugeages
- les débits du Verdoube à Padern et Tautavel_limni sont bons
- les débits à Mas de Jau et Rivesaltes sont faux

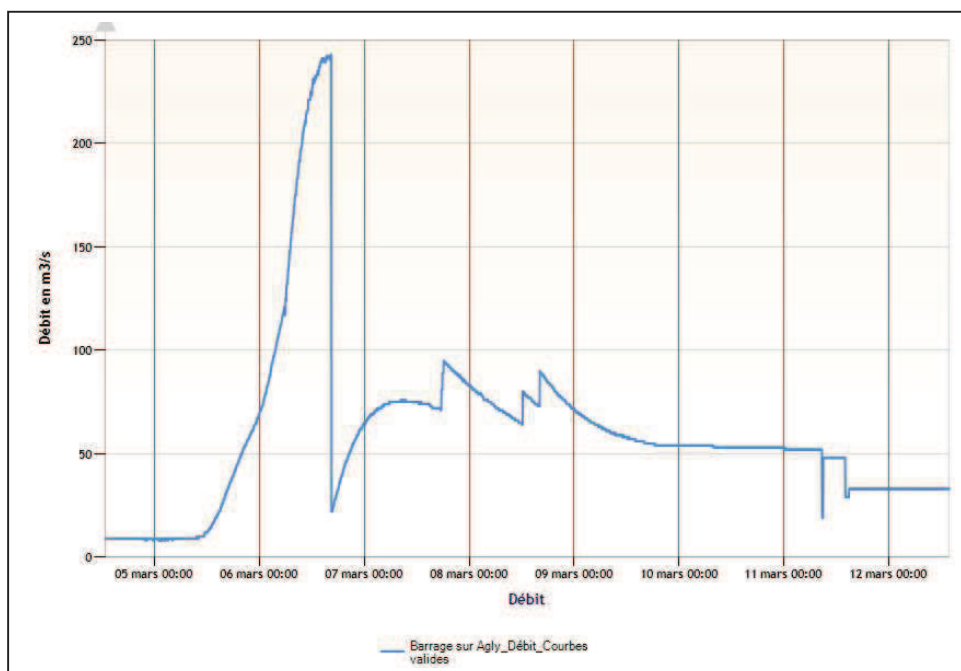
5.2 Analyse hydrologique

5.2.1 Hydrogrammes du BV amont barrage



Les débits entrant dans le barrage ont été conséquents, le maximum atteint a été d'environ 300 m³/s le 06 mars à 7h30.

5.2.2 Hydrogramme sortant du barrage de Caramany



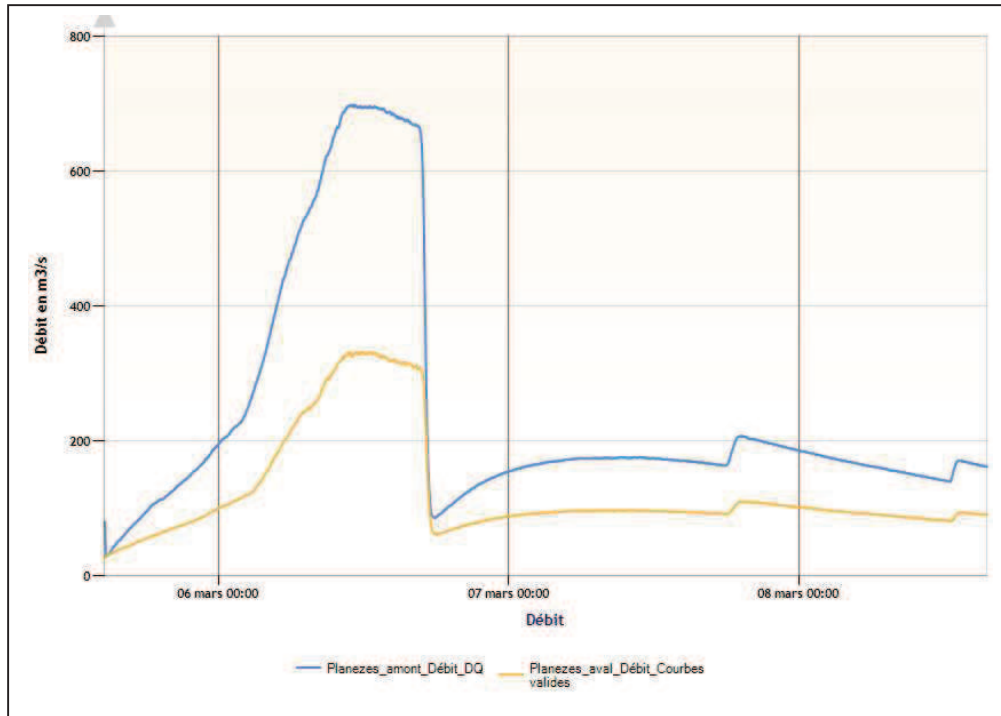
Les débits sortants du barrage de Caramany ont suivi la progression du débit entrant jusqu'à la fermeture de l'évacuateur de demi-fond inférieur fermé le **06 mars à 16h25 au débit sortant de 243 m³/s**. Pour la

suite de l'événement, le débit sortant du barrage a été maintenu inférieur à 100 m³/s pour limiter l'impact à l'aval et permettre quand même une vidange rapide du barrage pour atteindre les niveaux normaux d'exploitation.

Le volume sortant du barrage du début de l'événement jusqu'à la fermeture de la vanne de demi-fond a été de 11.6 Mm³.

Pour la suite de l'analyse hydraulique, on considère que les débits sortants du barrage sont bons.

5.2.3 Hydrogrammes du BV intermédiaire



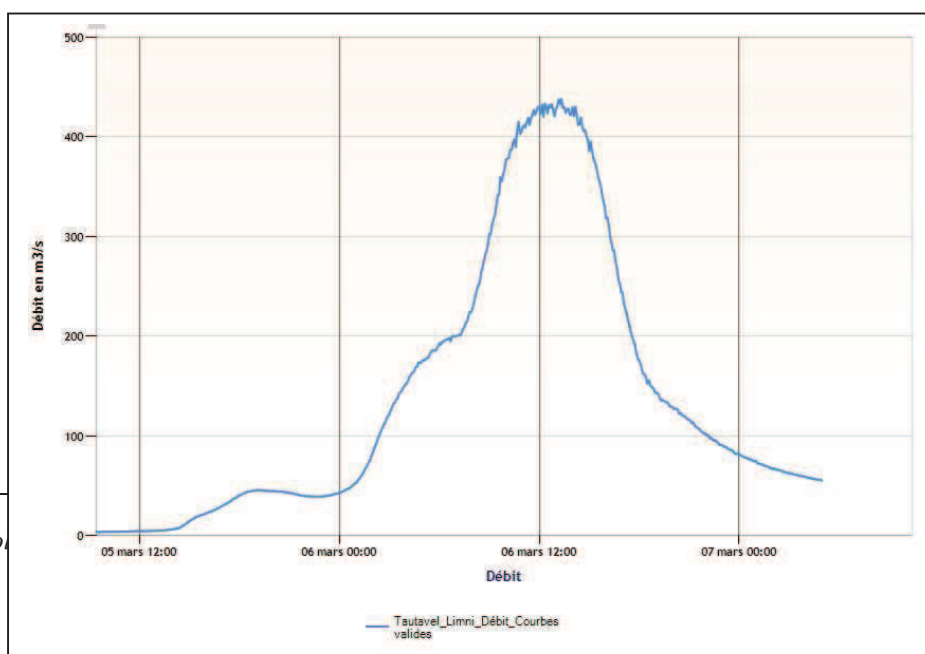
Cet hydrogramme permet de voir l'incohérence des débits sur ces stations sont situées à l'aval du barrage.

La fermeture de la vanne demi-fond est très bien visible sur ces hydrogrammes. Les débits relevés juste avant sont de **660 m³/s pour Planèzes amont et de 310 m³/s pour Planèzes aval** contre 243m³/s en sortie du barrage.

Compte tenu de la différence de surface drainée entre la sortie du barrage et les stations (environ 30km²), un tel écart est peu probable, voire impossible pour le cas de Planèzes aval ; les courbes de tarage de ces 2 stations surestiment les débits en hautes eaux.

Rq : En fin de crue, des jaugeages ont été réalisés dans une gamme de débit inférieure à 100 m³/s qui permettront d'optimiser les courbes de tarage.

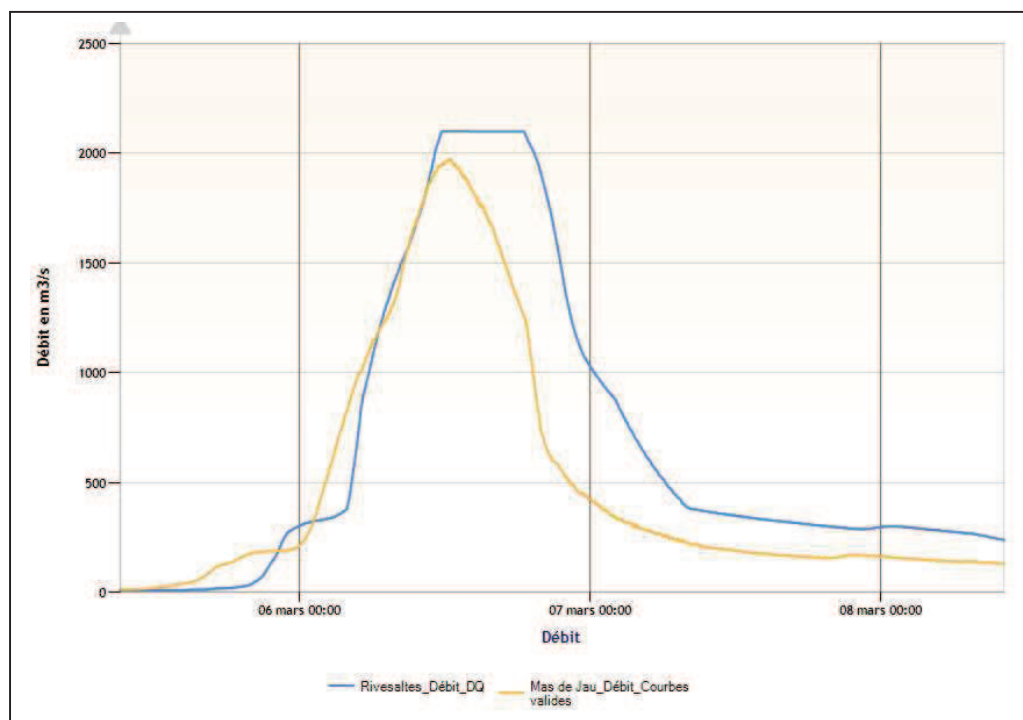
5.2.4 Hydrogrammes du BV Verdoble



Cet hydrogramme à la station de Tautavel_limni est tout à fait cohérent avec le jaugeage effectué lors de cette crue.

Pour la suite de l'analyse hydraulique, on considère les débits du Verdoble à Tautavel bons.

5.2.5 Hydrogrammes du BV amont Rivesaltes



Ces hydrogrammes représentent les débits aux stations de Mas de Jau et de Rivesaltes pendant la crue. Ces données sont issues de courbe de tarage dont la validité est sérieusement mise en doute, notamment par le jaugeage réalisé à Rivesaltes lors de la crue. L'analyse qui suit permet de faire un point sur la cohérence et la validité des débits aux stations de Mas de Jau et Rivesaltes. D'autre part, le « plat » sur l'hydrogramme de Rivesaltes est du à la limite de la courbe de tarage utilisée, pour des cotes supérieures à 7.30m, le débit plafonne à 2100m³/s.

a. Analyse des débits du bassin amont Rivesaltes

Comme vu précédemment, on va utiliser les données de débits du Verdoble et de la sortie barrage pour analyser le débit de Mas de Jau.

On considère les temps de propagation suivant :

- entre Tautavel_limni et Mas de Jau : 1 h
- entre la sortie du barrage et Mas de Jau : 1h

Estimation du débit du bassin intermédiaire qui comprend le Maury, le Verdoble à partir de Tautavel et l'Agly aval barrage jusqu'à Mas de Jau pour une surface de 200 km².

Avec les résultats précédents on peut calculer les débits spécifiques suivants :

- Verdoble : 440 m³/s pour 305 km² soit un débit spécifique de 1.44 m³/s/km²
- Amont barrage : 300 m³/s pour 400 km² soit un débit spécifique de 0.75 m³/s/km²

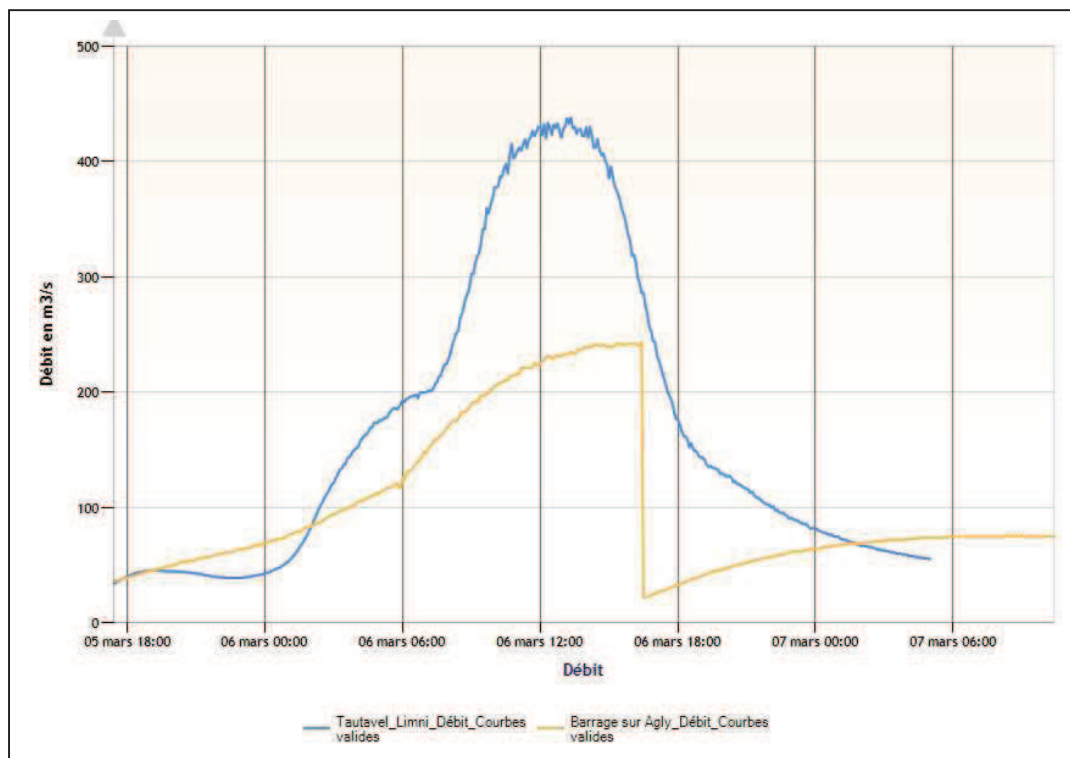
Pour calculer l'apport du bassin versant intermédiaire, on considère qu'une moitié des 200 km² qui comprend la partie aval du Verdoble de Tautavel à Mas de Jau a un débit spécifique comparable au Verdoble à Tautavel soit 1.44 m³/s/km². L'autre moitié (100 km²) comprenant la partie rive droite du

bassin versant est considérée comme se comportant comme la partie amont barrage avec un débit spécifique de 0.75 m³/s/km².

Le débit du bassin versant intermédiaire est estimé à :
 $100 \times 1.44 + 100 \times 0.75 = 219 \text{ m}^3/\text{s}$

Pour la suite de l'analyse, on considère le débit du bassin intermédiaire arrondi à 220 m³/s.

Hydrogrammes débits arrivant à Mas de Jau



La pointe de crue à Mas de Jau est survenue le 06 mars à 12h25.

Compte tenu des temps de propagation des stations amont, on peut en déduire les débits générés 1 heure avant soit à 11h25 sur ces stations :

Pour la station de Tautavel_limni :	débit à 11h25	420 m ³ /s
Pour la station du barrage :	débit à 11h25	220 m ³ /s
Débit bassin intermédiaire :	débit calculé	220 m ³ /s

On peut raisonnablement prendre une fourchette d'incertitude de +/- 10% sur les débits d'apport liée à l'incertitude sur les temps de propagation.

Résultat du calcul du débit à la station de Mas de Jau à la pointe de crue : 860 m³/s.

Incertaince de +/-10 % sur ce débit : **775 – 945 m³/s.**

b. Estimation du débit de crue à Rivesaltes

Le pic de crue à Rivesaltes est survenu le 06 mars à 14h45 à une cote de 7.67m.

Le débit calculé précédemment à la station de Mas de Jau est de 860m³/s.

On peut comme précédemment estimer un débit généré par le bassin amont de Rivesaltes entre cette station et la station de Mas de Jau.

Ce bassin versant amont Rivesaltes à une surface de 145 km², la pluviométrie de sa partie nord a été importante au cours de cet épisode (139mm) et proche de la pluviométrie du bassin versant intermédiaire (144mm).

Si on applique la valeur de débit spécifique moyen du bassin versant intermédiaire $(1.44 + 0.75) / 2 = 1.1$ m³/s/km², on pondère par la pluviométrie $147/139 = 1.06$

Le débit bassin amont Rivesaltes : $1.1 \times 1.06 \times 145 = 169$ m³/s

Le débit généré par le bassin versant amont Rivesaltes est estimé à 170 m³/s.

Débit total calculé en amont de la ville de Rivesaltes :

- débit à la station de Mas de Jau : 860 m³/s
- débit généré par le bassin versant amont : 170 m³/s

Le débit brut total calculé en amont de Rivesaltes est de 1030 m³/s.

Différentes études et des relevés de terrain ont montré que le débit qui arrive en amont du village de Rivesaltes ne passe pas entièrement par la station située à l'entrée de l'endiguement.

Ces pertes sont définies ci après :

- Une zone de débordement en rive gauche d'un débit d'environ 50 m³/s
- Une zone de débordement en rive droite d'un débit plus faible estimé à 30 m³/s.

Ces débits de perte doivent être soustraits au débit calculé arrivant en amont de Rivesaltes soit : $1030 - 80 = 950$ m³/s.

Par le calcul, on estime un débit brut maximal à la station de Rivesaltes à 950 m³/s

Incertitude de +/-10 % sur ce débit : **855 – 1045 m³/s.**

Un jaugeage a été réalisé lors de cette crue. Il a été effectué à la côte de 7.23m pour un débit de 850 m³/s. On estime alors le débit de pointe de crue à la station de Rivesaltes à 970m³/s.

c. Conclusion

Le calcul du débit à Rivesaltes est corroboré par le jaugeage réalisé au cours de cet événement. Ce jaugeage permet de créer une nouvelle courbe de tarage à la station de Rivesaltes d'une très bonne fiabilité car elle s'aligne avec des jaugeages récents précédents.

Cette analyse remet en cause les débits utilisés sur la partie aval de l'Agly aux stations de Mas de Jau et de Rivesaltes.

Des questions se posent quant à la différence de hauteur à la station entre la crue de 1999 (7.32m) et cet événement (7.67), l'impact de la crue de 1999 a été supérieur en amont et en aval de la station.

On peut avancer quelques hypothèses pour expliquer cette surcôte :

- des relevés topographiques entre 2007 et 2013 montrent un relèvement du fond du cours d'eau d'environ 1m et un déplacement des bancs graveleux.
- les aménagements de la voie verte ont réduit la section de passage
- le lit du cours d'eau en aval de la station est très encombré par une végétation très dense et haute

Tous ces changements font que la courbe de tarage réalisée en 2013 ne pourra pas être appliquée aux événements antérieurs à 2010.

6 Fonctionnement hydraulique de la plaine

L'Agly est un cours d'eau à l'hydraulique particulière puisqu'il est endigué de Rivesaltes jusqu'à son embouchure en mer.

Dans Rivesaltes, les digues sont hétérogènes et appartiennent à différents propriétaires.

A l'aval du pont de la RD900, l'entretien des digues est confié au conseil général 66.

Le fonctionnement hydraulique de l'Agly sur ce secteur est complètement dépendant du comportement des digues.

Sur cet événement, il semble assez difficile de retracer une chronologie des événements ; en l'état actuel des connaissances et de l'analyse, voici ce qu'il en ressort :

Il semble que jusqu'à 11h/12h, l'Agly soit resté dans son lit mineur.

Les premiers débordements ont eu lieu dans le centre de Rivesaltes, en rive gauche, entre le Pont Jaquet et le passage à gué, juste à l'aval des terrains de pétanque, dans la direction du centre équestre.

Approximativement au même moment, des débordements surviennent au niveau du secteur des Hourtoulanes, en rive droite, entre les ouvrages de l'A9 et de la RD900. Ces débordements, se propageant, vont venir inonder et couper la RD900 au niveau de son point bas (Renault Trucks). Nous n'avons pas d'information sur l'heure exacte de coupure, probablement entre 13h et 17h.

Il semble que la brèche à l'aval immédiat du pont de la RD900, en rive droite, ait eu lieu avant le pic de crue (qui lui-même a eu lieu à 14h45)

Un des phénomènes les plus importants d'un point de vue hydraulique est la brèche survenue en rive droite à l'aval de la RD900 au niveau de Pia. Il semble que cette rupture ait eu lieu vers 16 ou 17h (c'est à dire après le pic de crue à la station de Rivesaltes). L'inondation s'est ensuite propagée vers l'aval.

Il reste des questions quant à la chronologie des événements suivants : Inondation RD vers la step, différents surverses, en RG notamment, inondation de la Cité du Réart etc ...

Une analyse de la topographie locale, reliée au limnigramme de la station de Rivesaltes nous permettrait d'approfondir la compréhension du phénomène.

D'autre part, plusieurs campagnes de photos aériennes ont été réalisées le lendemain de la crue (soit le jeudi 07 mars). La DREAL LR a réalisé des photos d'hélicoptère sur tout le littoral et en remontant un peu le long de l'Agly, et le SCHAPI a missionné l'IGN pour une campagne d'orthophotos de l'aval de Rivesaltes à la mer.

L'analyse et la comparaison de ces informations sont en cours et devraient nous permettre de déterminer une enveloppe de la zone inondée par cette crue. Il est important de souligner malgré tout que de nombreux phénomènes se recoupent sur cet événement et compliquent fortement l'analyse : inondation par l'Agly mais aussi par ses affluents (voir les canaux), nappe affleurante, ruissellement local, submersion marine etc ...

7 Conclusion

Cet événement fait partie des plus hautes eaux connues à la station de Rivesaltes. Il peut être considéré comme remarquable car il n'a pas été généré par des facteurs exceptionnels. La saturation du sol était évidente : les niveaux des cours d'eau assez hauts mais normaux pour la saison printanière et équivalents à la saison automnale, le niveau du barrage de Caramany reflétait aussi cette saturation. L'intensité et le cumul pluviométrique sont faibles au regard de la crue engendrée.

C'est l'addition de ces facteurs pourtant normaux pour la saison qui sont à l'origine de cette crue tout à fait exceptionnelle.

D'un point de vue hydrologique, la présence du barrage dont la gestion varie en fonction des événements, ainsi que des digues, rend difficile l'analyse et la comparaison avec d'autres crues historiques.

Sur cet événement, le Verdoube a contribué à près de 50% au débit de pointe à Rivesaltes, en novembre 1999, l'apport du Verdoube représentait plus de 75%.

D'un point de vue hydraulique, il est difficile à partir de cette crue de tirer des enseignements et des généralités sur le comportement du cours d'eau ; à partir de Rivesaltes, le fonctionnement de l'Agly est complètement dépendant des surverses ou brèches susceptibles de se produire, ainsi que de l'état du lit mineur (présence de végétation notamment).