



Projet CRISSIS

<http://crissis2015.free.fr/>



- **CRISSIS : Caractérisation du Risque Submersion marine sur des Sites Sensibles**
 - Equipe pluridisciplinaire associant modélisateurs, ingénieurs océanographes, géographes et spécialistes du risque industriel.
 - Développement d'une approche intégrée et opérationnelle du risque de submersion marine (aléa, vulnérabilité individuelle et structurelle, culture du risque, dispositifs et pratiques de gestion de crise en cas d'évènement majeur)

 - **Tâche 1 : Analyse de l'aléa submersion par débordement**
 - Modélisation haute résolution des processus marins à l'origine de la surélévation des niveaux d'eau moyens à la côte
- ⇒ **Représentation spatiale des surélévations liées aux vagues (*wave setup*) lors des tempêtes**

Site d'étude

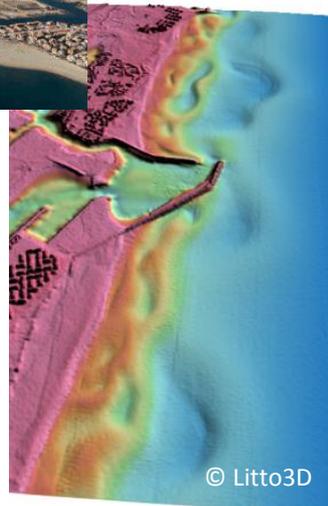
Echelle régionale

- Vastes systèmes lagunaires
- Modification du fonctionnement des lagunes (plan RACINE 1963)

Echelle locale

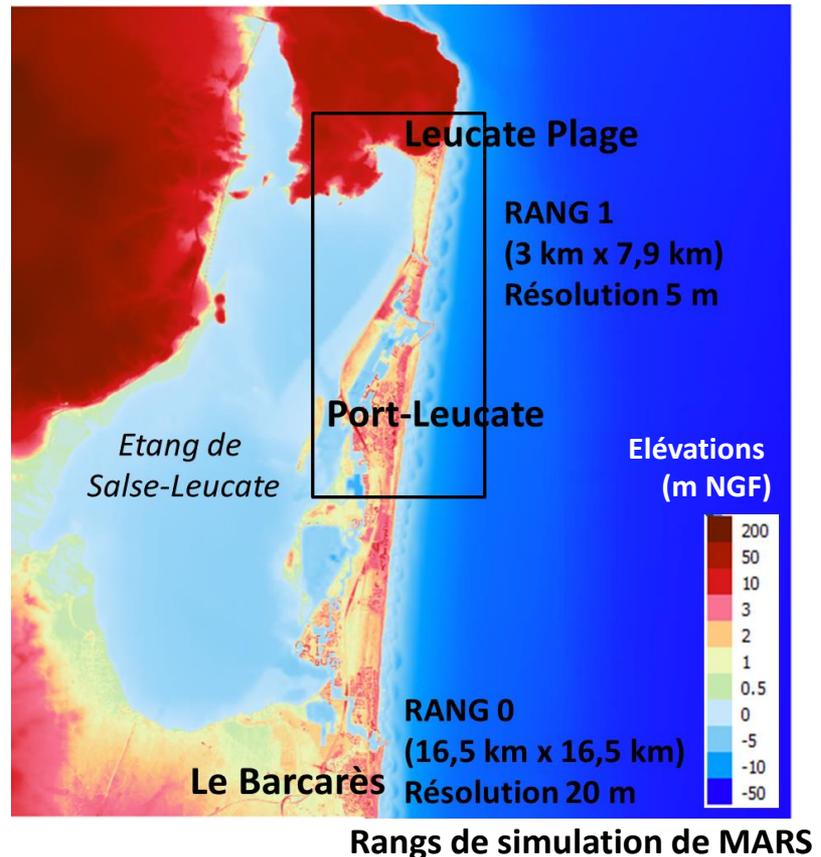
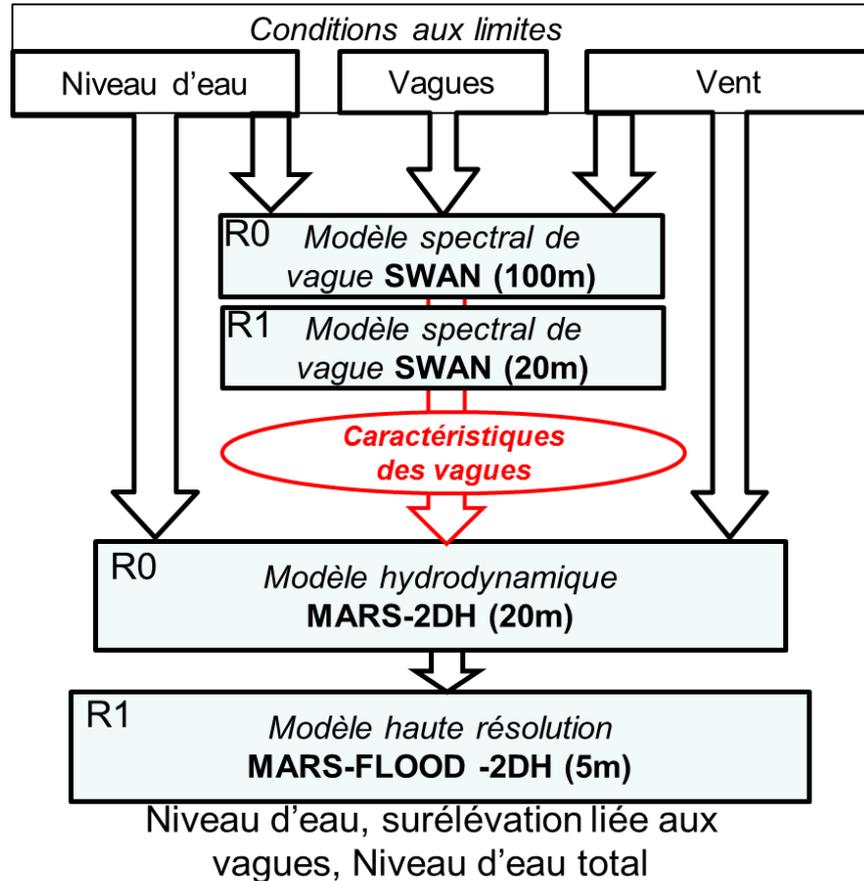
- Etang de Salses-Leucate
- Plage à système de barres
- 3 graus aménagés, dont le principal est celui de Port Leucate.

=> Influence des aménagements et de la morphologie pré littorale sur les variations spatiales des niveaux d'eau moyens



Méthode : Modélisation numérique chaînée

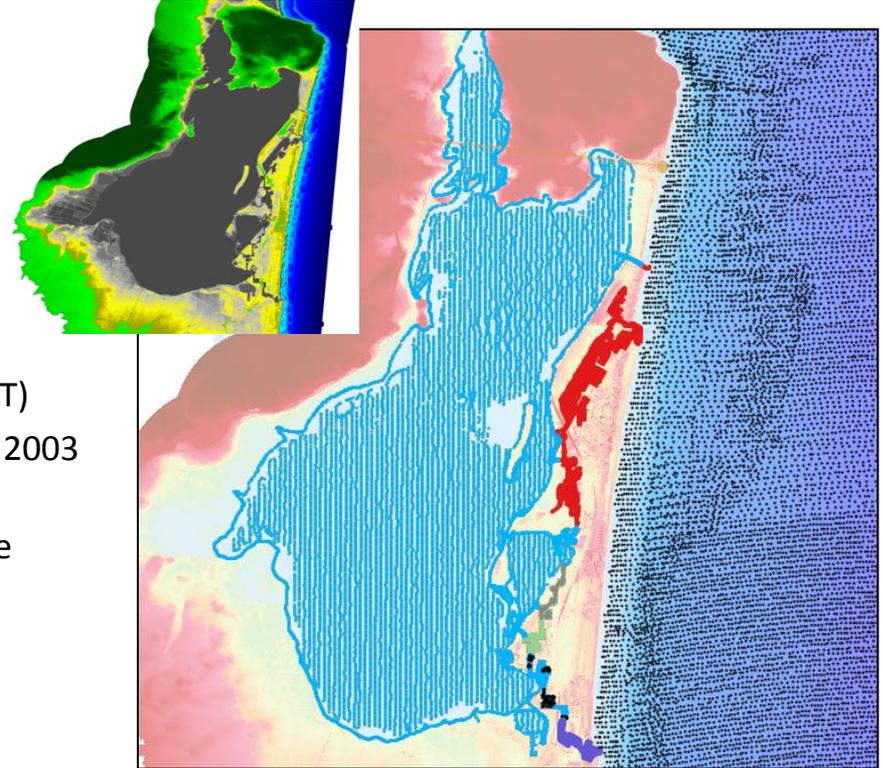
- Objectif : Simulation des niveaux d'eau moyens à la côte
- Mise en place d'une chaîne de modèles MARS-SWAN intégrant les interactions vagues-niveaux-courants



Méthode : Modèle topo-bathymétrique

MNT Topo-bathymétrique

- Bathymétrie externe
 - Litto 3D (SHOM-IGN): bathymétrie 2009 et LiDAR 2011 (Projet ALDES BRGM-DREAL LRO)
 - Dalles bathymétriques (SHOM)
- Bathymétrie portuaire
 - Levés bathymétriques de Port-Leucate de 2012 : multifaisceau (MESURIS) et monofaisceau (ASCONIT)
 - Levés bathymétriques de Port-Barcarès de 2001 et 2003 (DREAL LRO)
 - Levés papiers anciens récupérés à la capitainerie de Port-Leucate
- Bathymétrie de l'étang
 - Bathymétrie de l'étang de Salses-Leucate de 2001 (SMNLR, sextant IFREMER)
- Intégration et vérification des connections hydrauliques des trois graus



Campagne terrain juin 2015

Tempêtes en Languedoc-Roussillon (2007-2015)

Analyses des données tempêtes

- Réseau Tempête, BRGM LRO, et observatoire des Pays Catalan
- Bases de donnée existantes (valeur, période de retour,...)

	LEUCATE-PLN					SETE					BANUYLS-PORT VENDRES				
	HOULE				PLN (IGN69) NM	HOULE				S (IGN69) NM	HOULE				PV (IGN69) NM
	Hs	T (Hs)	Hs max	P		Hs	T (Hs)	Hs max	P		Hs	T (Hs)	Hs max	P	
16-18 Déc. 1997						6,78	10	11,42	10-15 ans	1,06					
12-13 Nov. 1999						5,17	8,7	9,99	2-3 ans	0,75					
04 Déc. 2003						4,87	10,2	8,14	3-4 ans	0,85	8,33	11,7	13,78	10 ans	0,87
19-22 Nov. 2007	4,30	8,60	7,58	1-2 ans		4,44	8,4	8,57	1-2 ans	0,714					
02-04 Janv. 2008	4,64	8,70	8,07	1-2 ans		4,96	8,8	9,08	3-4 ans	0,833	4,17	8,4	8,42	1-2 ans	0,592
26-27 Déc. 2008	4,80	9,70	8,01	2-3 ans		3,99	9,6	6,96	<1an	0,447	7,22	12,6	14	>30 ans	0,476
20-22 Oct. 2009	3,41	7,20	6,22	<1an		4,65	7,8	8,47	1-2 ans	0,809	2,16	7,4	3,74	<1an	0,569
14-15 Janv. 2010	4,13	8,40	6,90	1 an		4,62	8,2	7,85	1-2 ans	0,752	3,01	9	4,85	<1an	0,566
08-15 Oct. 2010	4,80	9,40	9,12	2-3 ans		3,71	8,4	5,93	<1an	0,767	3,69	9,6	5,09		0,782
11-16 Mars 2011	4,90	9,30	9,27	3 ans		5,14	9,2	12,46	4 ans	0,619	4,33	8,4	8,34	1-2 ans	0,552
23 Oct.-06 Nov. 2011	4,01	8,50	8,13	1 an		3,79	8,1	6,97	<1an	0,785	3,70	8,7	6,75	<1an	0,598
05-06 Mars 2013	6,19	10,20	11,49	10 ans		4,73	9	8,56	3 ans	0,728	4,76	9,1	8,5		0,736
28-30 Nov. 2014	4,39	8,10	7,61	1-2 ans	0,995	4,78	8,3	7,59	3-4 ans	1,105	4,19	8,4	7,35	1-2 ans	0,9

Valeurs instantanées maximum

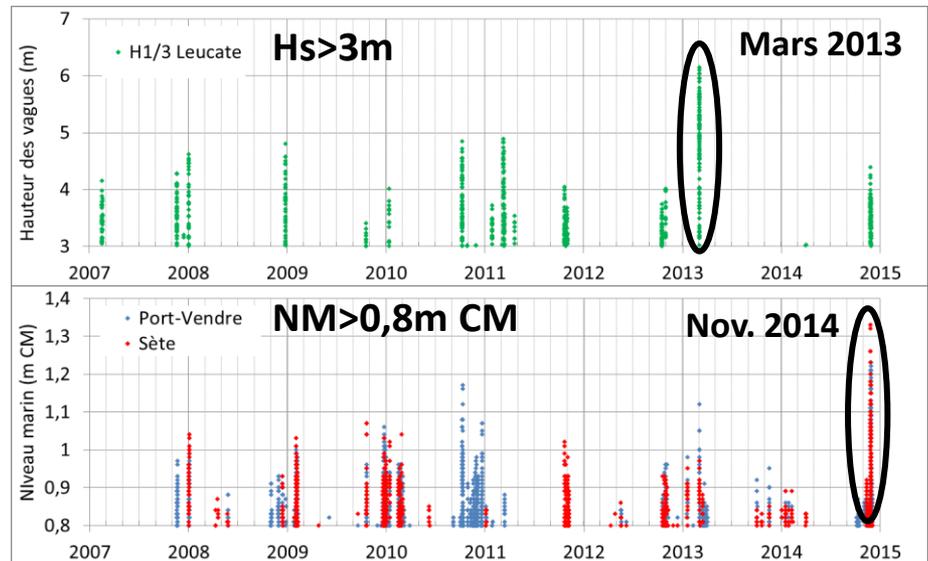
Source : DREAL

Sélection des tempêtes

- Sélection et hiérarchisation des évènements par seuils (houle (Hs), niveau d'eau (NM))
- 2 tempêtes retenues

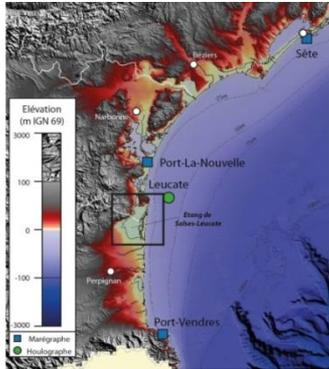
Analyse statistique

- Mars 2013 : Fortes houles
Pr > 10 ans à Leucate (obs. CANDHIS 7,7 ans);
Pr ≈ 50 ans (Mod. ANEMOC)
- Novembre 2014 : Haut niveau marin
Pr surcote ≈ 100 ans à Sète (obs. 31,3 ans) et
Port-Vendres (obs. 18,3 ans) (cetmef)



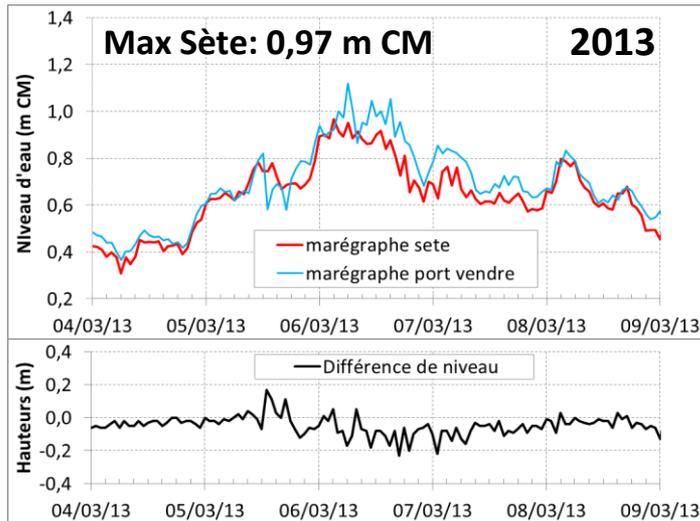
60 cm de surcote à Sète

Données des tempêtes de 2013 et 2014

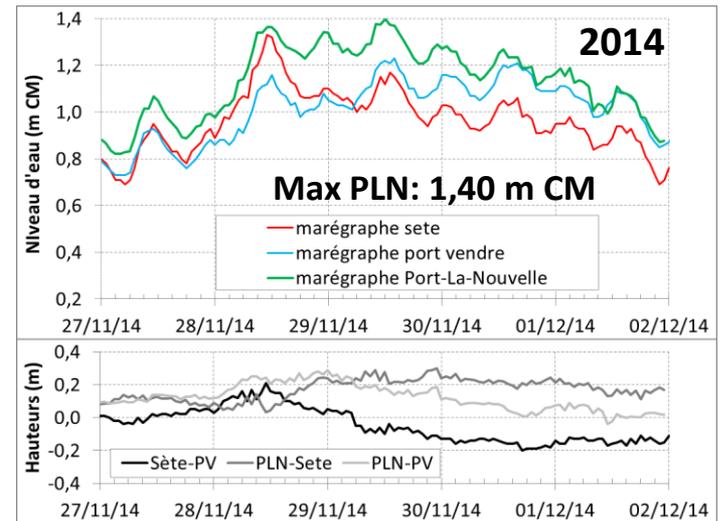


- 3 marégraphes : Sète (SHOM, CR LRO), Port-Vendres (SHOM, CR LRO, CG66), et Port-La-Nouvelle (SHOM, CR LRO)
- 3 houlographes : Sète, Banyuls et Leucate (BD Candhis, CETMEF)
- Sémaphore de Leucate (MétéoFrance)

Différence de niveau d'eau (2007-2015)



Utilisation du niveau de Sète pour 2013



Utilisation du niveau de PLN pour 2014

- Différentiel régional des niveaux d'eau observés de +/- 5 cm en moyenne entre Sète et Port-Vendres (± 25 cm au pic)



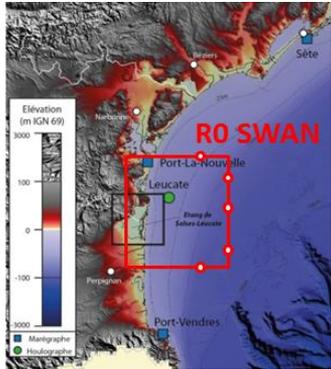
2013

Pas d'enregistrement local
=> Validation qualitative des niveaux d'eau à partir d'observations lors des tempêtes



2014

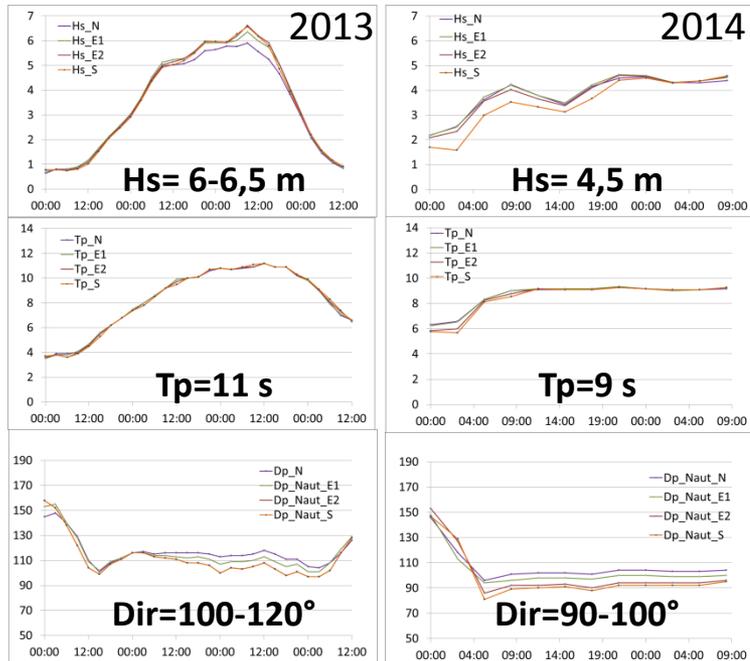
Données des tempêtes de 2013 et 2014



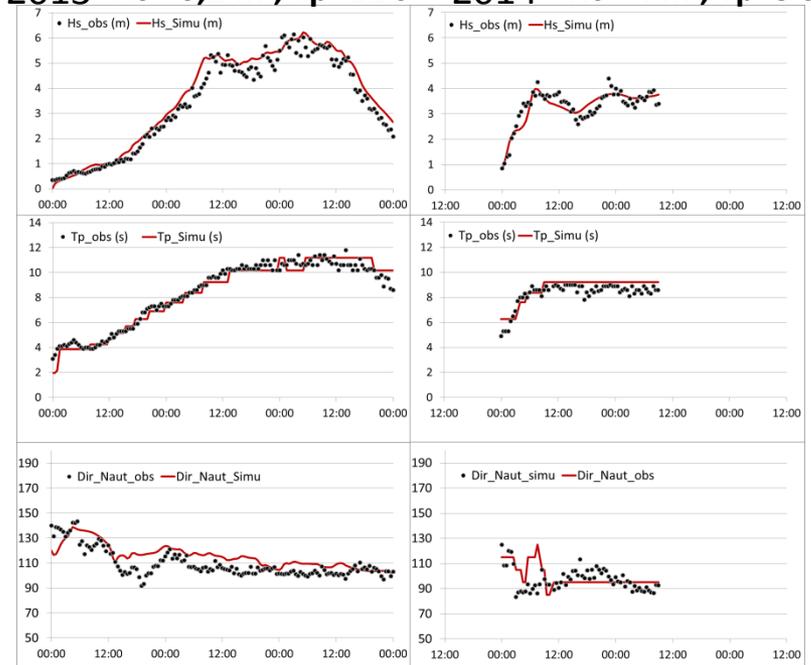
- 3 houlographes : Sète, Banyuls et Leucate (BD Candhis, CETMEF)
- Sémaphore de Leucate (MétéoFrance)

Vagues

Validation des caractéristiques de vagues



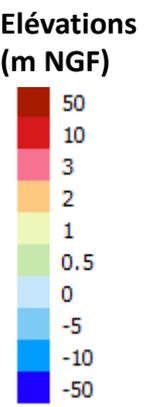
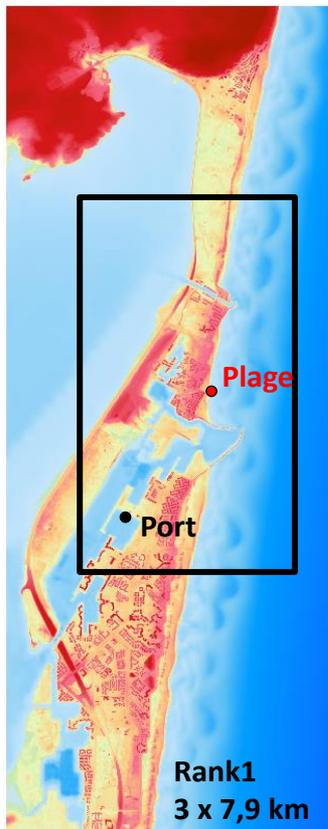
2013 Hs= 6,2 m ; Tp=11 s 2014 Hs= 4 m ; Tp=9 s



=> Bonne reproduction des conditions de vagues au large du site (Houlographe de Leucate)

- SWAN : Conditions de vagues (Hs, Tp, Dp, Etal) issues du modèle IFREMER MEDNORD, code WWIII, résolution 0.5°x0.5°
- Vents homogènes sur l'étendue du domaine à partir des vents moyens obtenus à la station météorologique de Leucate

Contributions au niveau d'eau relatif



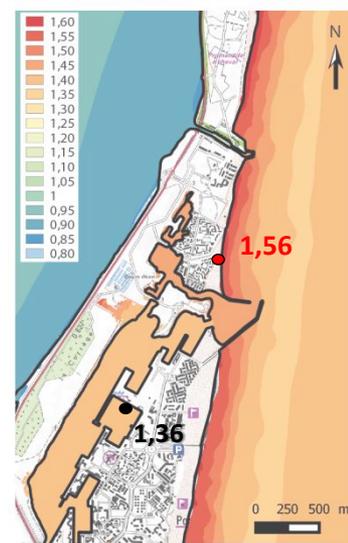
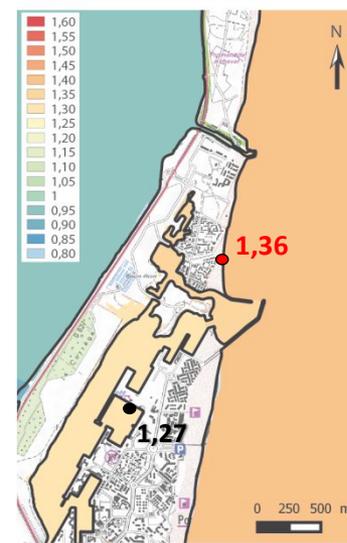
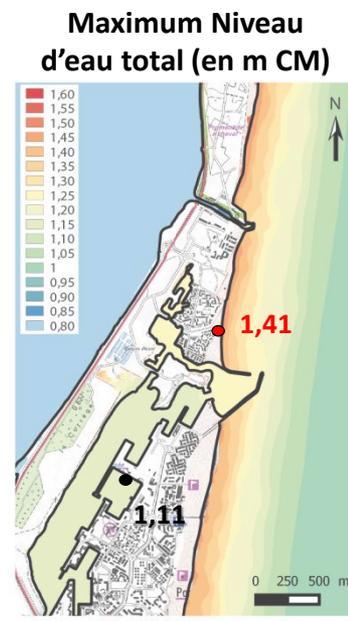
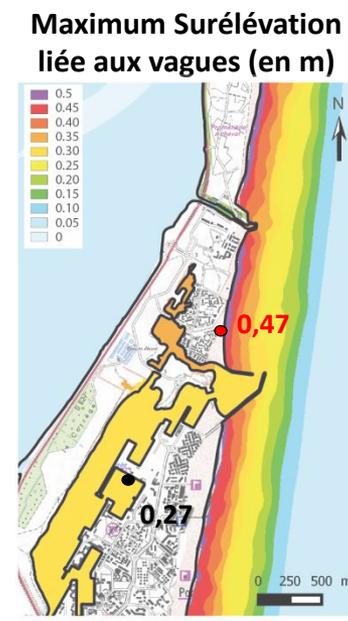
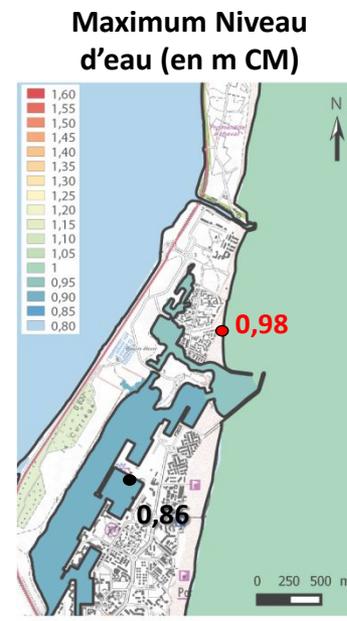
2013

Max Sète :
0,97 m CM

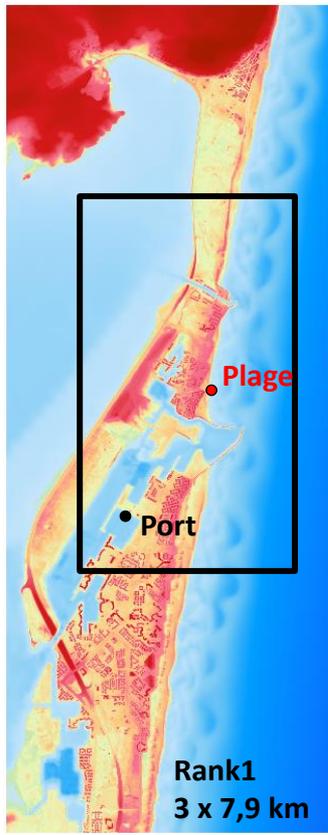
0 m IGN = 0,297 m CM

Max PLN :
1,40 m CM

0 m IGN = 0,427 m CM

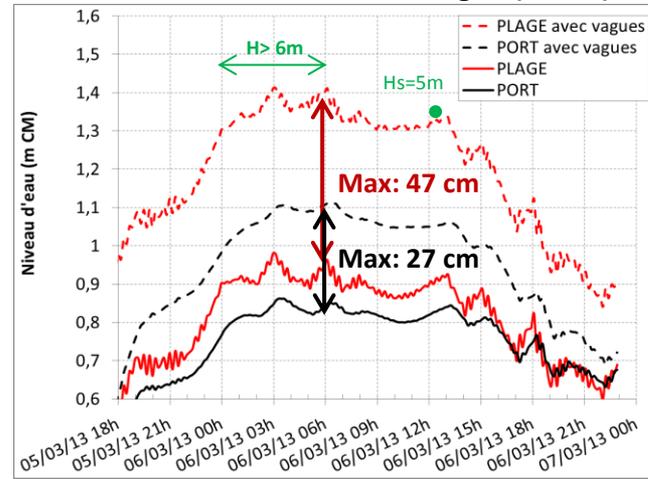


Contributions au niveau d'eau relatif

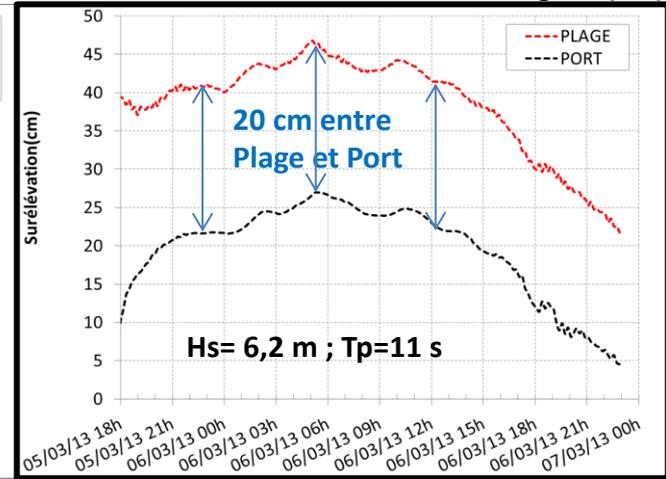


2013

Niveau à la côte : avec et sans vague (m CM)

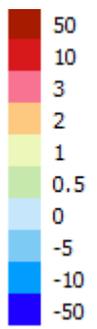


Surélévation liée au déferlement des vagues (cm)



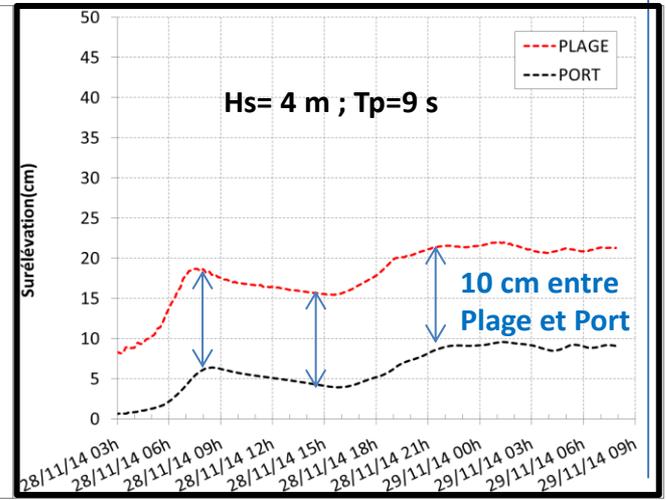
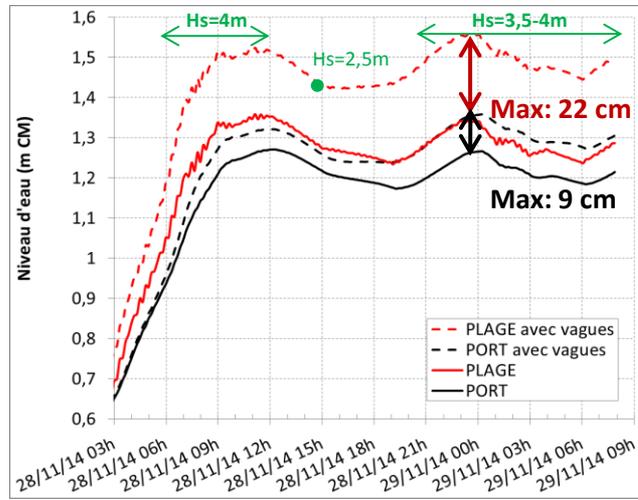
Par rapport au niveau moyen, cette contribution est de 1/2 du niveau total sur les plages et de 1/3 dans le port

Elévations (m NGF)



2014

Rank1
3 x 7,9 km



Par rapport au niveau moyen, cette contribution est de 1/4 de niveau total sur les plages et 1/8 dans le port

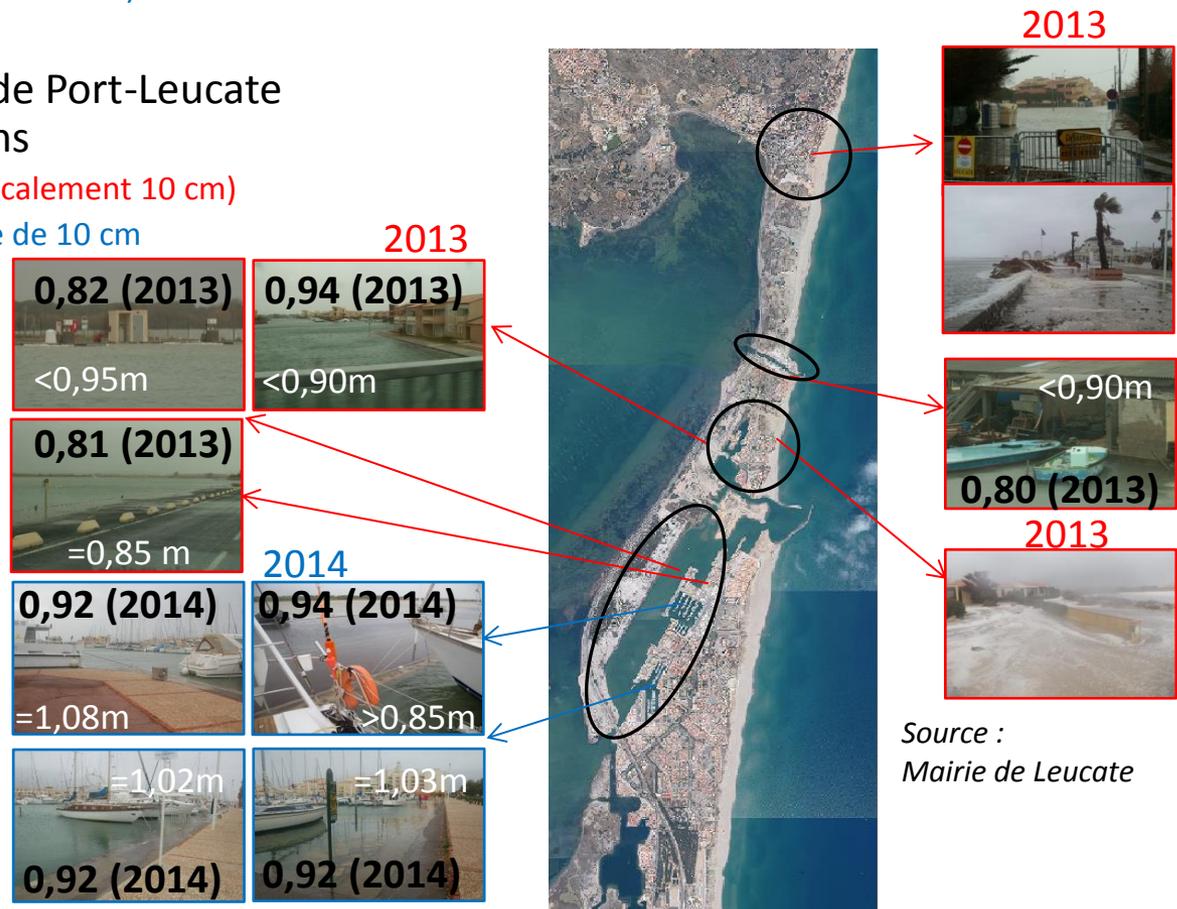
Comparaison modélisation/observations

- Validation qualitative → Validation quantitative
 - Photographies, Détection de niveaux seuils inondés ou non (routes, quais, murets,...), Croisement avec LidAR + vérification terrain DGPS
 - 2013 : $\approx 0,85$ m IGN +/- 5 cm (1,15 m CM)
 - 2014 : $\approx 1,05$ m IGN +/- 5 cm (1,48 m CM)

- Niveaux d'eau dans le port de Port-Leucate modélisation Vs observations

- 2013 : différences < 5 cm (très localement 10 cm)
- 2014 : sous-estimation de l'ordre de 10 cm

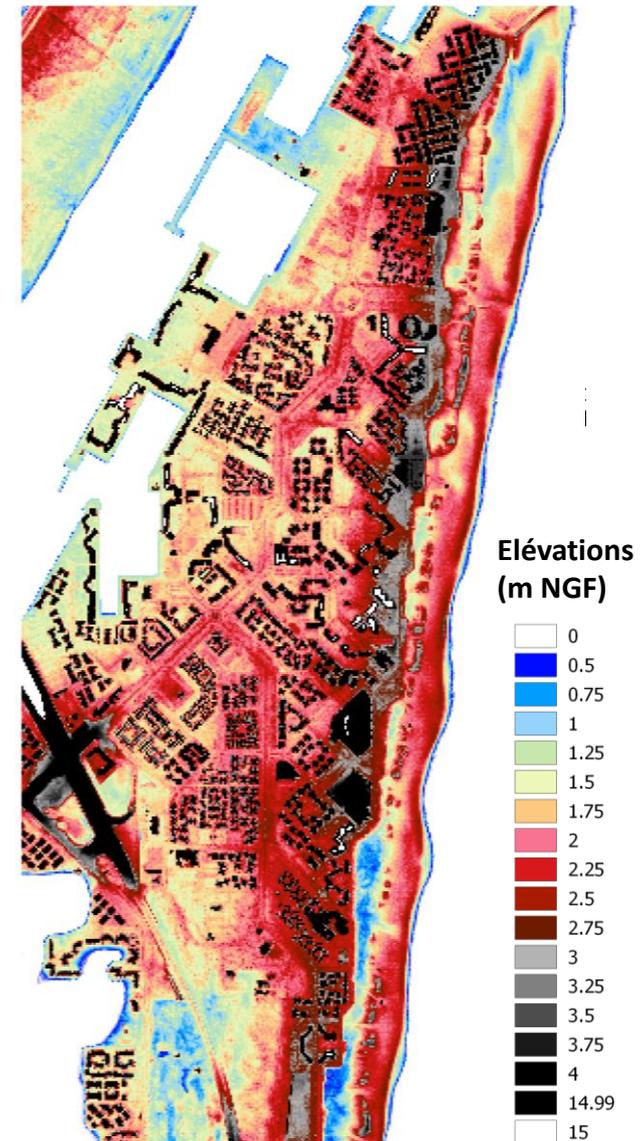
- Bonne représentation des niveaux dans le port
- Importance du *wave setup* sur les niveaux d'eau observés
- Limites
 - Forçages différents
 - Bathymétrie fixe
 - Effet résonance dans le port



Perspectives

		Max <i>Wave setup</i>	Max niveau d'eau total (m IGN)
2013	Port	27 cm	0,81
	Plage	47 cm	1,11
2014	Port	9 cm	0,93
	Plage	22 cm	1,13

- Prise en compte nécessaire du *wave setup* pour l'étude de l'aléa submersion marine par débordement
- Submersion marine par débordement
 - Plages : Lido (2-3 m IGN) bien protégé des débordements
 - Port : Débordement dans le port à partir de 0,90 m IGN
- Combinaison plausible d'un évènement couplant un niveau haut (2014) et des houles importantes (2013)
 - Débordement au niveau du port notamment du à la contribution liée au déferlement des vagues



Conclusion

Apports de la modélisation couplée niveaux-courants-vagues :

- la prise en compte du *wave setup* et de son hétérogénéité spatiale est indispensable pour:
 - Etude des niveaux à la côte
 - Une représentation réaliste de l'aléa de submersion par débordement
- les niveaux obtenus sur les plages ne peuvent être extrapolés au port et réciproquement sous peine d'une évaluation imprécise de l'aléa
- la contribution apportée par le *wave setup* peut provoquer le dépassement de niveau topographique « seuil », susceptible d'entraîner des submersions importantes dans le centre ville

Importance de la représentation spatiale du *wave setup* lors des tempêtes en contexte microtidal

S. Elineau, A. Nicolae Lerma, F. Paris, R. Pedreros

