

# *Plan de Prévention des Risques Naturels Littoraux*



----

## *Cartographie des aléas littoraux en Loire Atlantique dans le cadre des futurs PPRL*



*Réunion de concertation n°2 – 14 mai 2013*

# *Déroulement de la réunion*

*1 - Présentation des intervenants*

*2 – Objectifs de la mission*

*3 – Méthodologie cartographie des aléas*

*4 - Cartes de submersion*

*5 – Cartographie des aléas*

# *Présentation des intervenants*

*Maître d'ouvrage du PPRL : l'État*

*représenté par la DDTM de Loire-Atlantique*

*Responsable du projet : M. Yves LEGRENZI*

*Pilotage : bureau d'études  
Didier MAZET-BRACHET  
Alp'Géorisques*

*Qualification de l'Aléa : Chef de projet :  
Annelies BOLLE  
IMDC*

# Objectifs de l'étude

La cartographie des aléas concerne les phénomènes suivants :

- Les inondations par submersion marine ;
- L'érosion du trait de côte des côtes basses meubles ;
- Les migrations dunaires.

La zone d'étude couvre en tout 20 communes, réparties en 4 secteurs géographiques du Nord au Sud :

- Secteur 1 : Baie de Pont-Mahé – Traict de Pen-Bé : 4 communes
- Secteur 2 : Presqu'île Guérandaise-Saint-Nazaire : 8 communes
- Secteur 3 : Côte de Jade : 4 communes.
- Secteur 4 : Baie de Bourgneuf Nord : 4 communes

## Phase 2: caractérisation des aléas littoraux

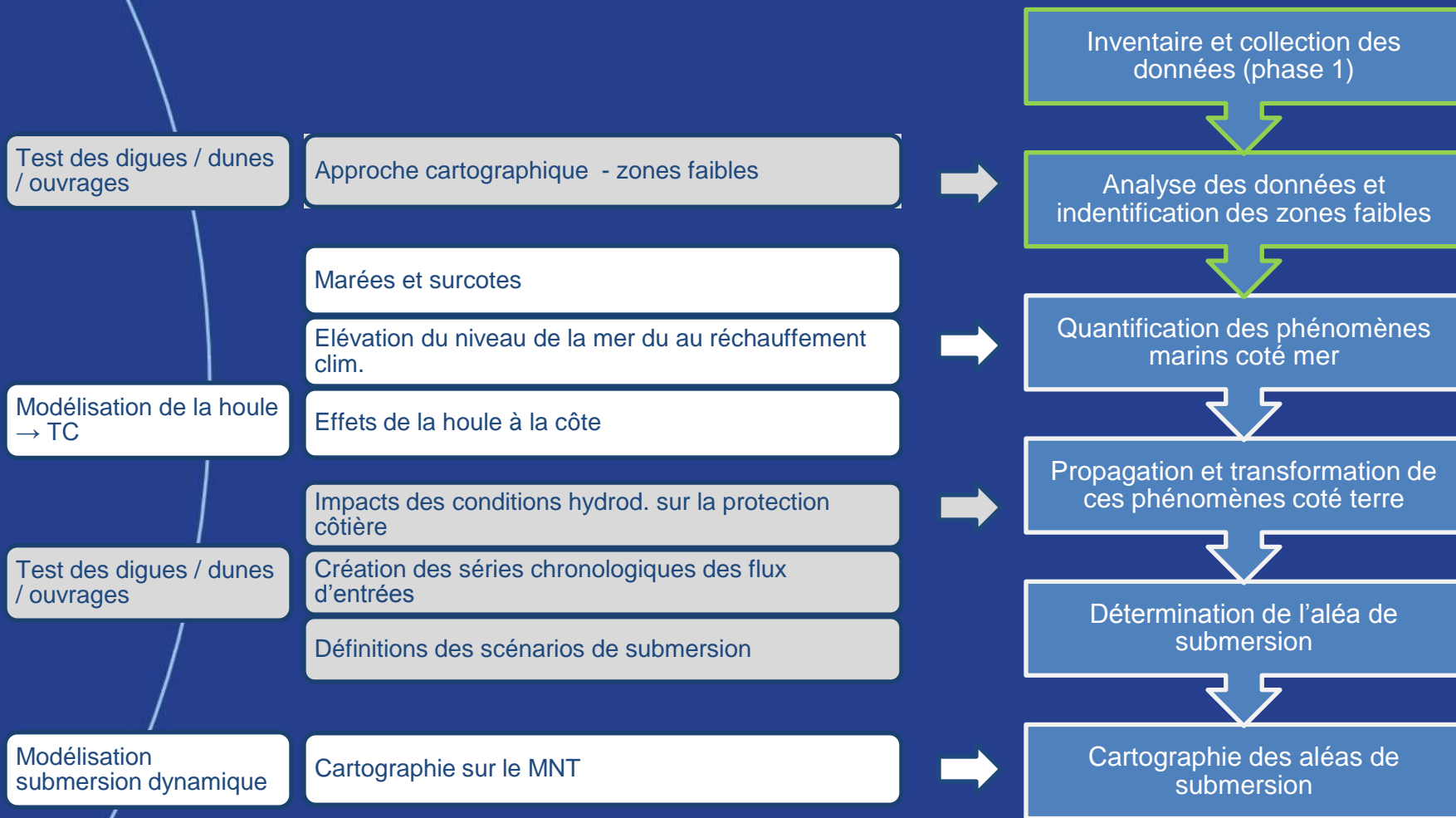
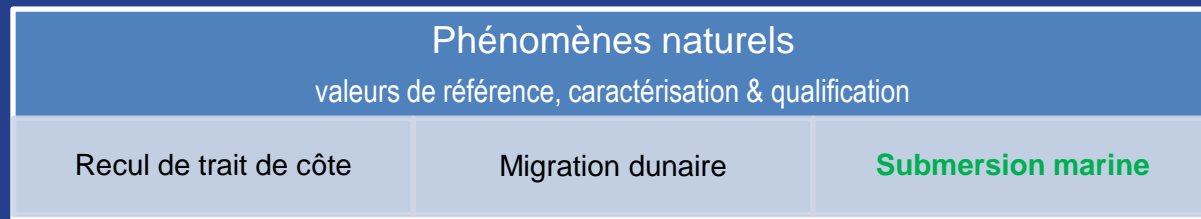
Phénomènes naturels valeurs de référence, caractérisation & qualification

Recul de trait de côte

Migration dunaire

Submersion marine

Cartographie des aléas littoraux

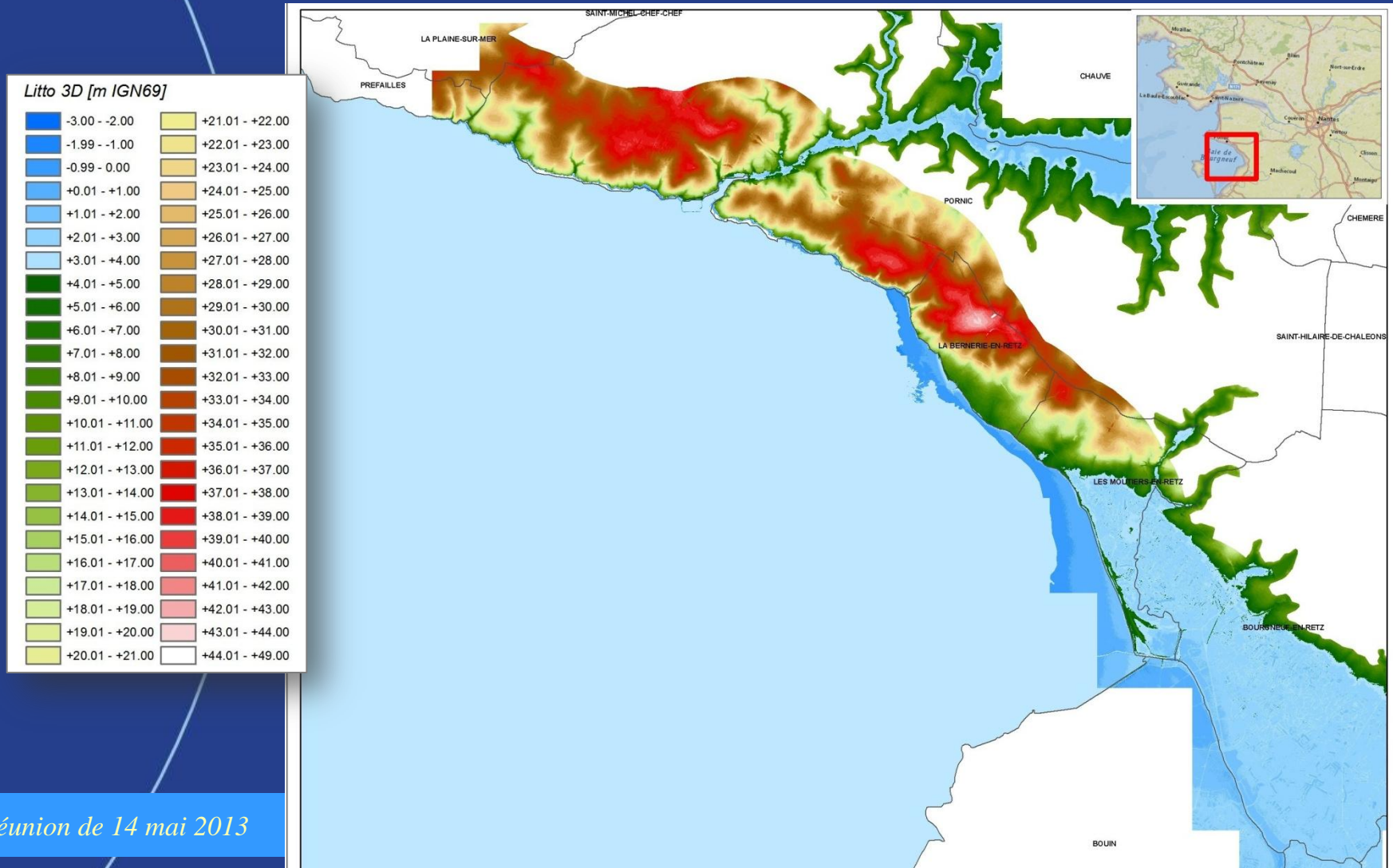


Topographie → identification des zones basses

- vulnérables à la submersion marine
- certaines zones seront seulement inondées si une rupture d'une digue ou d'une dune se produit
- effet de la protection côtière
- comparaison aux zones effectivement submergées et endommagées lors du passage de la tempête Xynthia

# « zones basses »

Pour les zones basses une modélisation numérique de la submersion sera faite, pour la cartographie des aléas





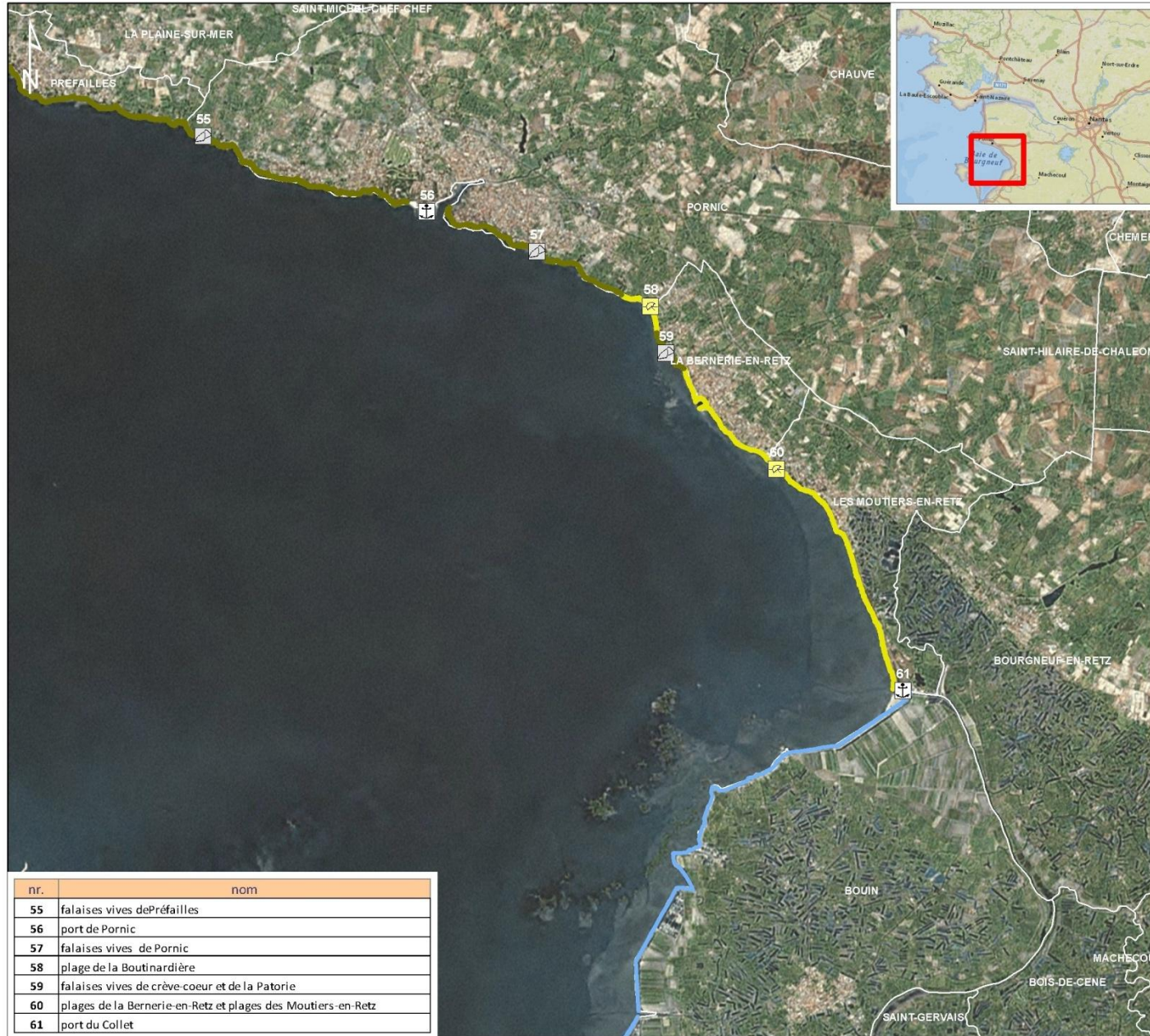
# « zones homogènes »

La région de projet est subdivisée en zones homogènes

- les caractéristiques morpho-sédimentaires
- la protection côtière
- des aspects particuliers ou locaux:
  - les ports
  - un vannage
  - une embouchure d'étier
  - etc.

→ *pour chaque zone homogène, un point faible ou fragile est défini, dont il sera tenu compte pour l'analyse de la zone en seconde phase*

# Secteur 4 : Baie de Bourgneuf Nord



nr.	nom
55	falaises vives de Préfailles
56	port de Pornic
57	falaises vives de Pornic
58	plage de la Boutinardière
59	falaises vives de crève-coeur et de la Patorie
60	plages de la Bernerie-en-Retz et plages des Moutiers-en-Retz
61	port du Collet



PRÉFET DE LA  
LOIRE-ATLANTIQUE

## Cartographie des aléas littoraux en Loire Atlantique dans le cadre des futurs PPRL

Baie de Bourgneuf Nord

### Zones homogènes

12086\_004\_120605\_zones\_4

Rapport nr.

Date: 11/06/2012

Carte 04



Cavellersstraat 16  
2800 Anwerpen  
Tel +32 3 270 92 20  
Fax +32 3 235 97 11  
E-mail: info@imdc.be

### Légende

- baie
- falaise
- plage
- pointe
- port
- traict
- falaises vives
- plages
- digues

0 1 2 3 4 5 km

# Secteur 4 : Baie de Bourgneuf Nord

Zone nr.	60 – Plages de la BERNERIE EN RETZ et de MOUTIERS EN RETZ
Communes	BERNERIE EN RETZ - MOUTIERS EN RETZ
Nature du tronçon	dunes / plage – perré / plage – digue / plage
Longueur [m]	7800 m
Topographie	



**Profil critique**  
 la digue du Marais  
 Brèche dans la digue du Marais : la forme zigzagante de la brèche a été enregistrée par un profil droit, tel que ci-dessous.  
 La crête digue peut atteindre le niveau de 6 m IGN, mais elle n'est pas représentée sur ce profil.  
 L'isobathe de 4 m IGN délimitant les marais, suit assez bien l'alignement de la digue.

**Zone protégée**  
 La Bernerie-en-Retz, La Sennetière, Les Moutiers-en-Retz, Le Marais breton et les zones urbanisées avoisinantes (La Croix, Bourgneuf-en-Retz, Les Sables, La Boutique, Les Maisons Neuves), le port du Collet.  
 Les terrains en arrière de la digue descendent très rapidement vers la route du Collet, puis vers les marais qui constitue le point bas.  
 La voie est établie entre les cotes + 2,60 et 3,00m IGN (sous le niveau des PHMA), la station d'épuration est établie au milieu du marais à 800 m derrière le cordon dunaire, les digues et les ouvrages de traitement sont légèrement au dessus des PHMA mais très en dessous du niveau atteint par Xynthia.  
 L'ensemble du marais constitue un bassin tampon susceptible d'absorber une très grande partie du volume franchissant la dune dans ce secteur. Les habitations en arrière du marais sont à plus de 1,5km.

**Risque potentiel**  
 Inondations du marais et des habitations.  
 Risque de rupture de la digue : les épis protègent le pied de la digue. Une tempête pourrait entraîner une rupture localisée.

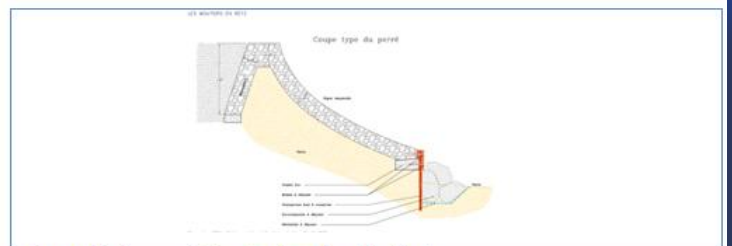
**Incidents connus**  
 (Bernerie) Chocs mécaniques Jumelles et rue des Carrés, ainsi que la rue de la Mer, route du Collet, rue du Marais.  
 (Moutiers) Chocs mécaniques liés à la Mer, route du Collet, rue du Marais du Sauvetaige : habitations inondées.  
 Idem : Xynthia février 2010.

La dune a subi une très forte érosion lors de la tempête Xynthia, faisant réapparaître une partie de la plage. Elle a été recouverte pas plus de 10 jours.

**Caractéristiques sédimentaires**  
 Sable fin  $D_{50} = 0.200\text{mm}$   
 vase

**Processus hydrodynamiques**  
 Débordement / surverse / déferler

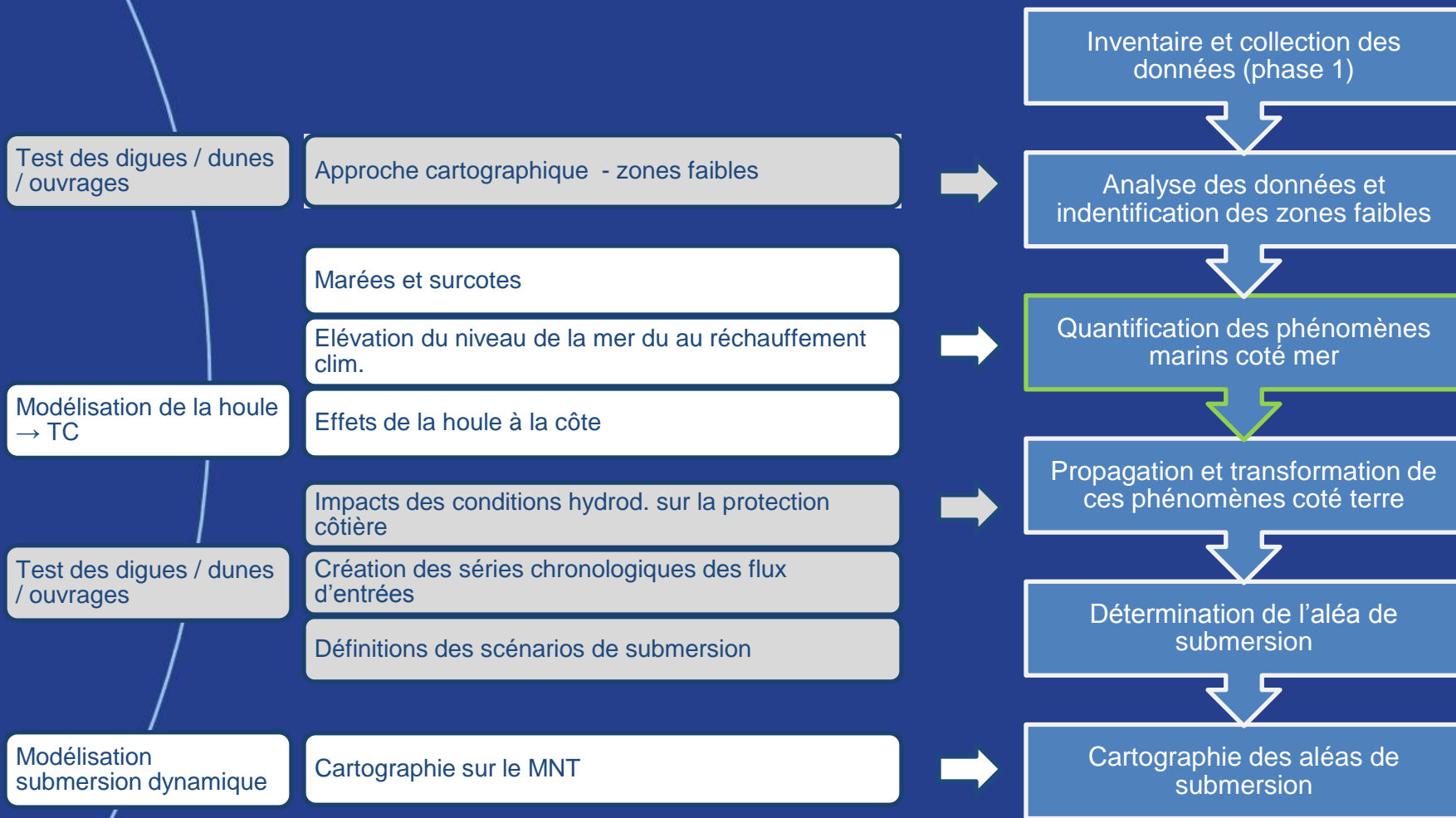
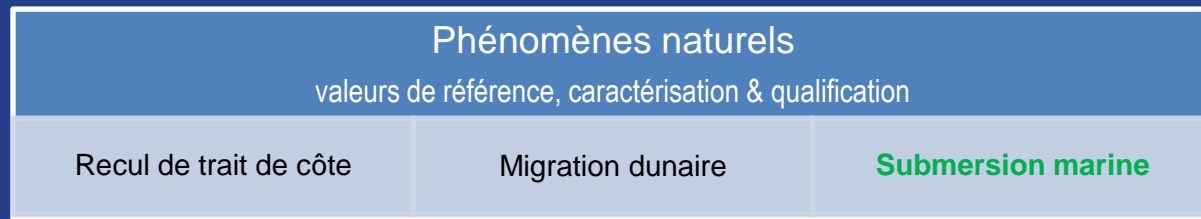
**Présence des structures & fonction actuel**  
 Ancienne digue maçonnée en mauvais état des épis qui n'assurent plus leur fonction.  
 Des épis maintiennent le niveau du marais.  
 L'ouvrage maçonné et les épis sont en mauvais état.  
 Coupe type d'un perré le long du cordon dunaire.



niveau minimal [m IGN]	+3.90 m (au niveau du profil critique)
Végétation	Végétation dunaire en haut de plage/dune
Maitrise d'ouvrages	Commune des Moutiers
Taux annuel d'érosion [m / an]	Trait de côte stable (0m/an)
Remarques	Le taux d'érosion dépend apparemment de l'état des épis, qui sont entretenus par la commune ces jours.
Vue typique	Av. du Docteur Dinet



Fiches zones homogènes  
 → toutes les informations pour l'évaluation de la protection côtière

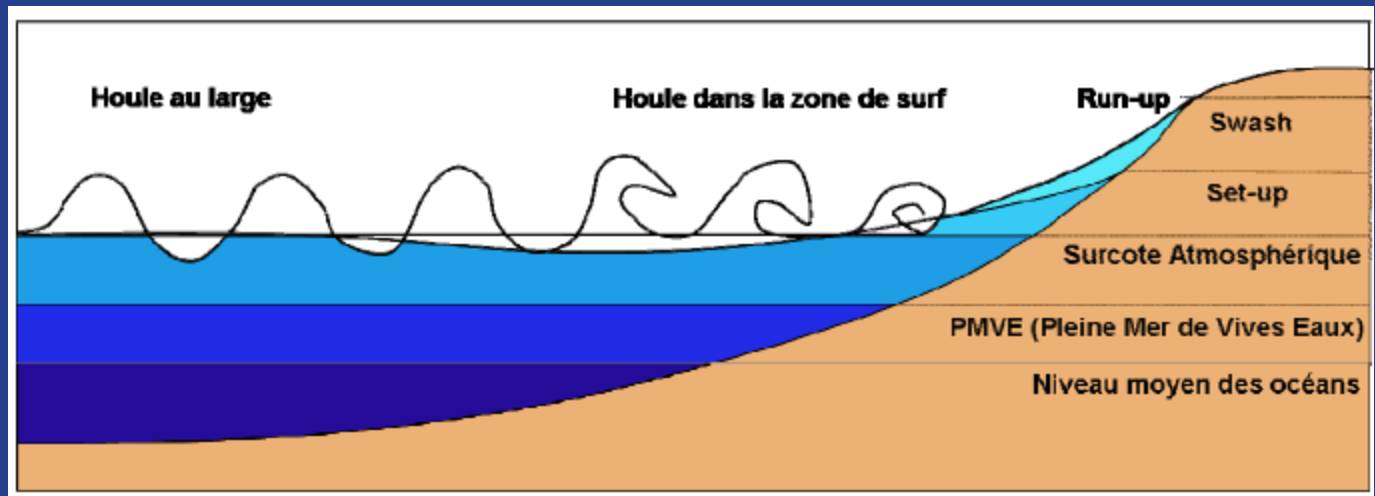


# l'événement de référence pour le PPRL

« un événement centennal ou un événement historique si celui-ci est supérieur »

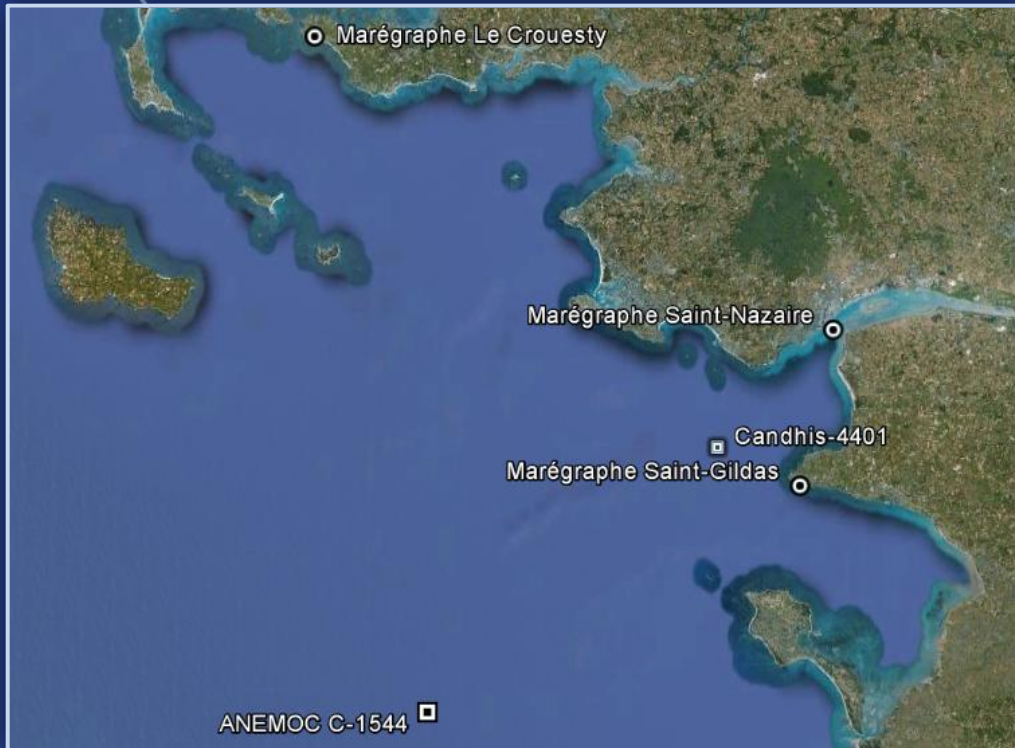
deux composantes:

- le niveau d'eau
- la houle



les principaux mécanismes à l'origine de l'élévation du niveau marin dans le cas d'une tempête (Pedreros et al., 2010)

# l'événement de référence pour le PPRL



## deux composantes :

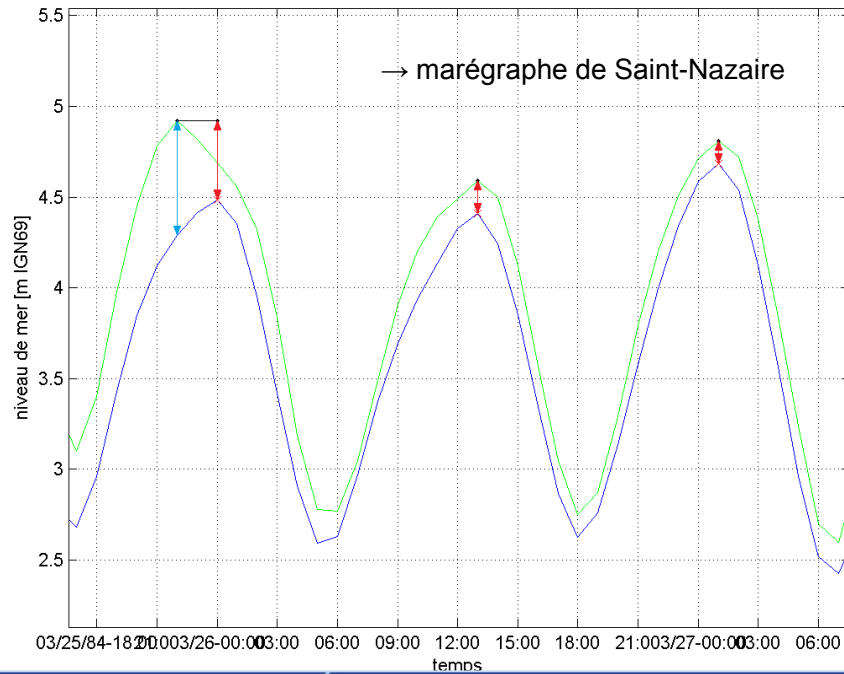
- le niveau d'eau ( $Z_0$ )  
→ marégraphie de Saint-Nazaire
- la houle ( $H_{m0}$ )  
→ données Anemoc  
(+ CANDHIS) au large

## 2 possibilités pour l'événement de référence :

- Tempête historique  
→ p.e. les observations de Xynthia
- couples ( $Z_0$ ,  $H_{m0}$ ) avec période de retour de 100 ans (T100)  
→ analyse statistique

# le niveau d'eau ( $Z_0$ )

Détermination des surcotes de pleine mer



Au large, dans les ports :

Le niveau d'eau ( $Z_0$ )

= La surcote (atmosphérique) de PM

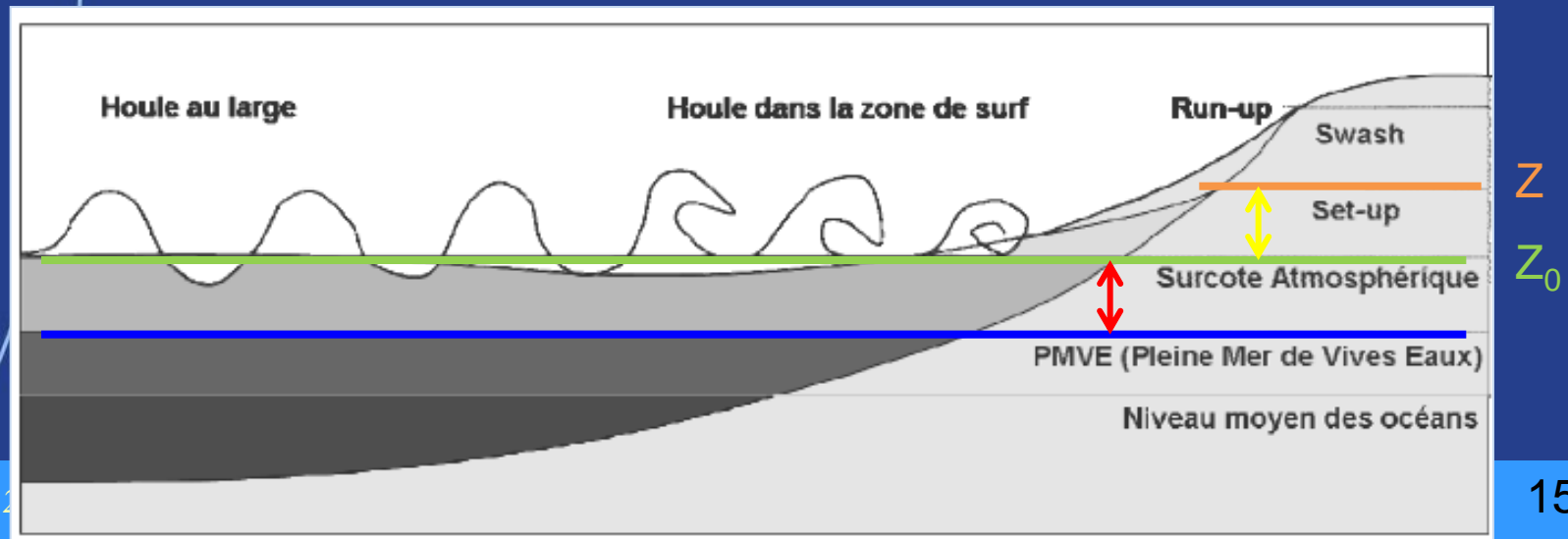
+ La marée (astronomique)

À la côte :

Le niveau marin à la côte ( $Z$ )

= la surcote liée aux vagues (wave set-up)

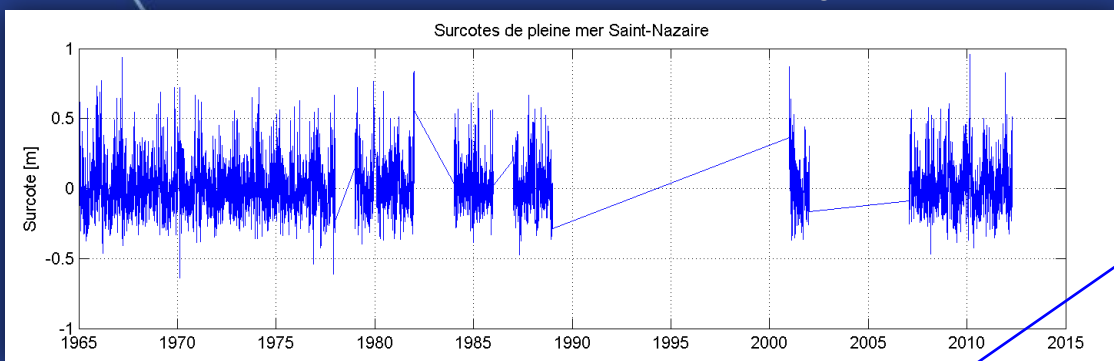
+ Le niveau d'eau ( $Z_0$ )



# Marégraphe de Saint-Nazaire

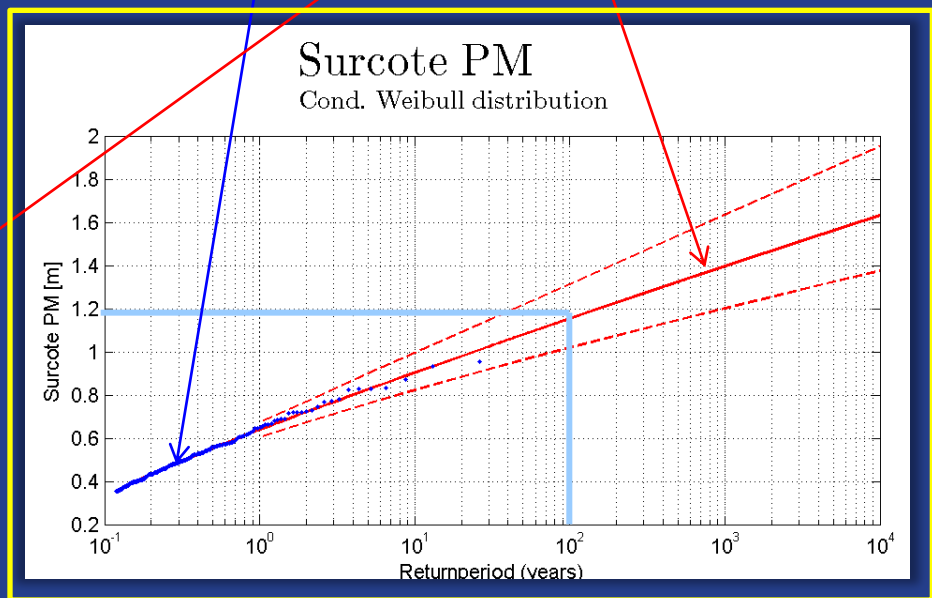
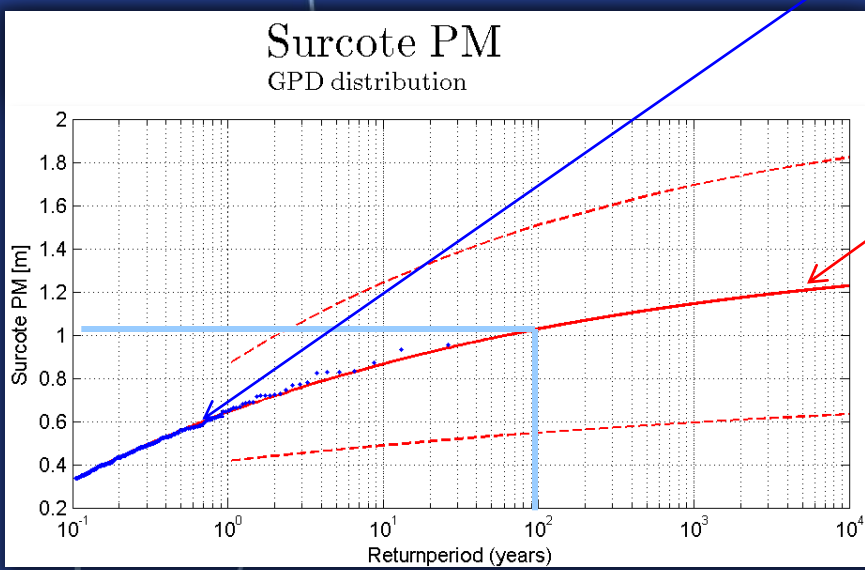
→ Série temporelle du niveau d'eau  $Z_0$  → surcote de PM

## le niveau d'eau ( $Z_0$ )



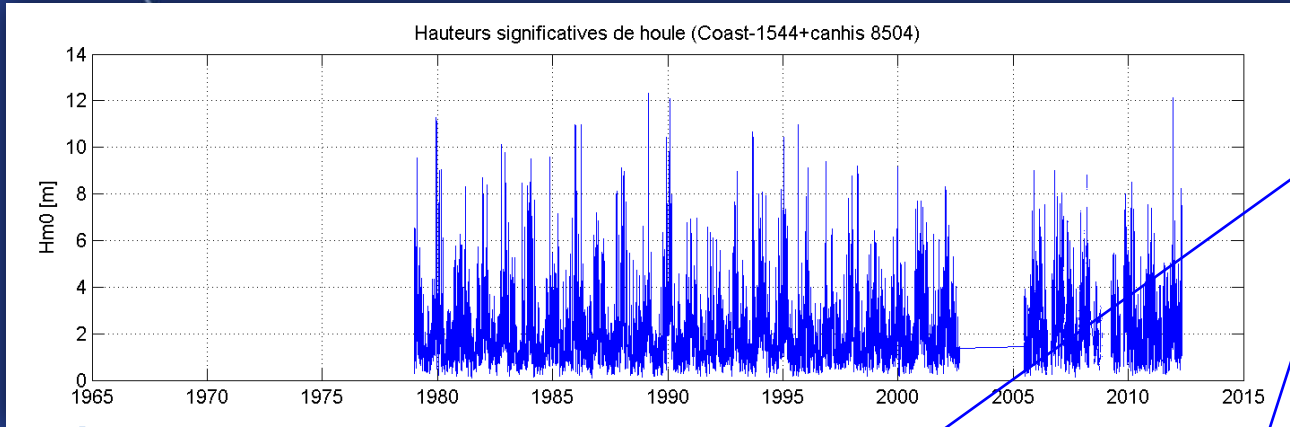
- les valeurs extrêmes
  - distribution (+ extrapolation)
  - limites
- $Z_0$  T100  
→ 1.03 - 1.16m

Analyse statistique



Hauteur de houle ( $H_{m0}$ ) vs période de retour (T)

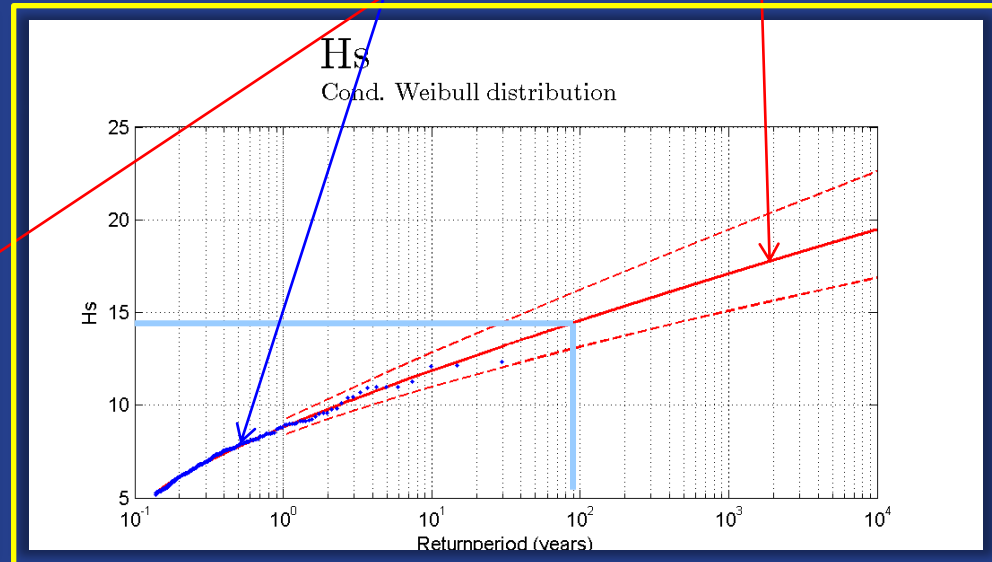
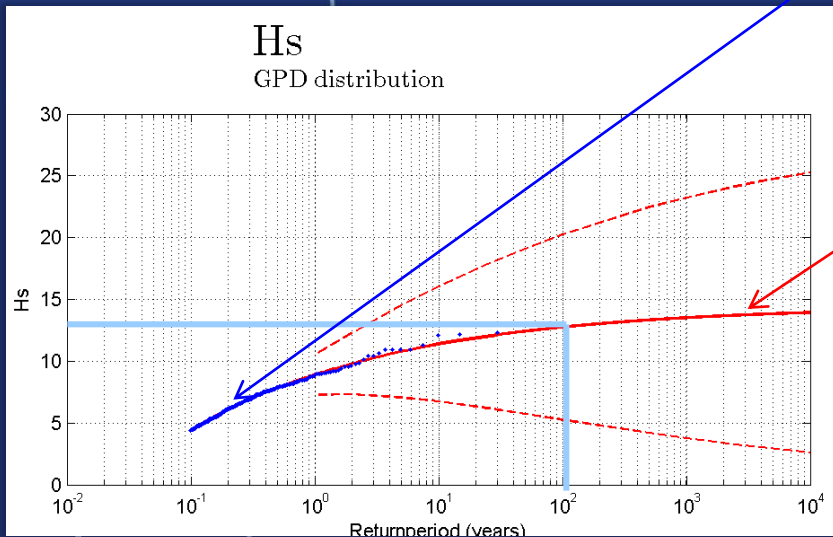




- les valeurs extrêmes
- distribution (+ extrapolation)
- limites

$H_{m0}$  T100  
 → 12.8 - 14.6m

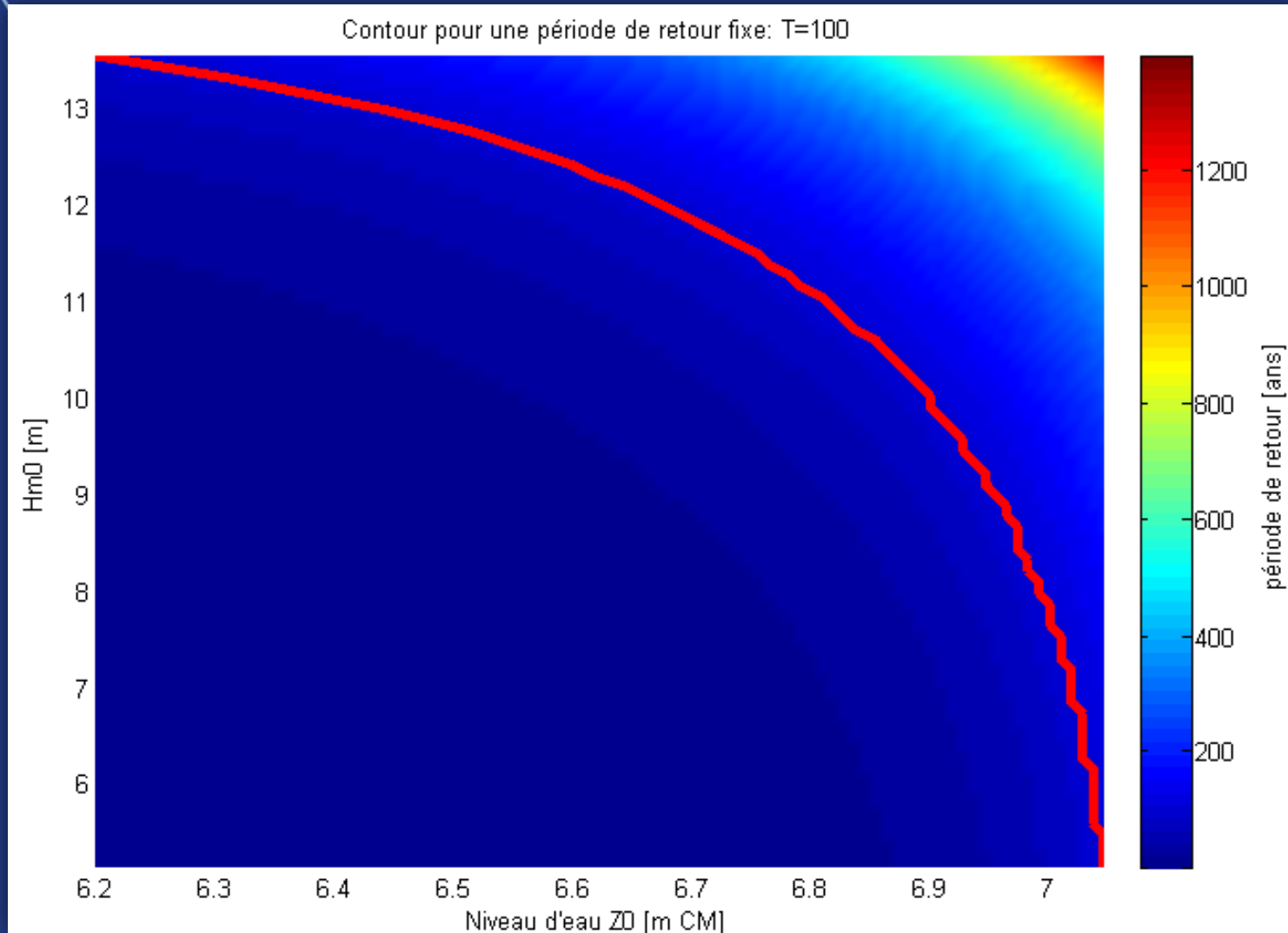
Analyse statistique



Hauteur de houle ( $H_{m0}$ ) vs période de retour (T)

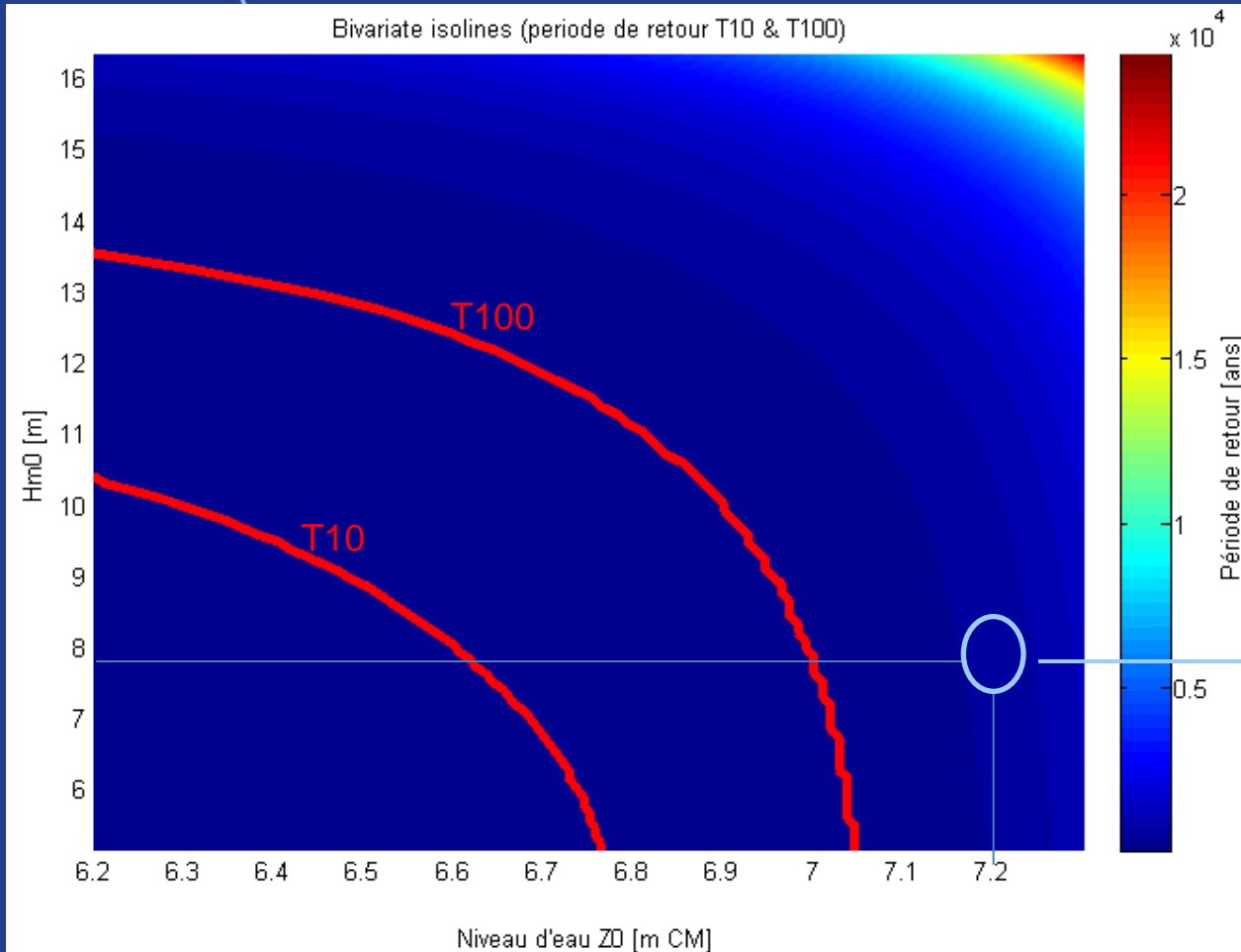
Analyse statistique: copula & convolution  
→ plusieurs combinaisons ( $Z_0$ ,  $H_{m0}$ ) pour  $T=100$

Couples ( $Z_0$ ,  $H_{m0}$ )



# l'événement de référence pour le PPRL

Sélection de l'événement de référence: T100 ou Xynthia?



$Z_0$  Xynthia  $\gg$  T100  
 $H_{m0}$  Xynthia modérée

Couple  $(Z_0, H_{m0})$  Xynthia  
 $>$  Couples  $(Z_0, H_{m0})$  T100

→ Xynthia retenu pour  
les scénarios de PPRL

Xynthia

$H_{m0} = 7.5 - 8.5$  m

$Z_0 = 7.22$  m CM

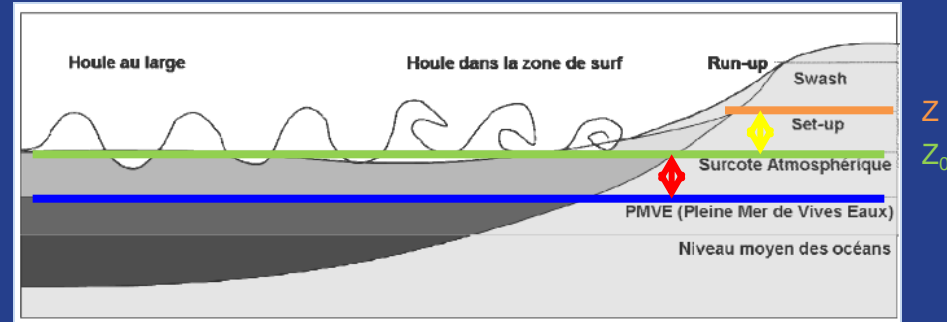
# l'événement de référence pour le PPRL

Les conditions hydrodynamiques :

## Le niveau d'eau :

### Marée + surcote atmosphérique ( $Z_0$ ) :

niveau mesuré pendant Xynthia  
cette surcote est superposée aux  
pleines mers de coefficient 102  
locales



### Le set-up (effet dynamique de la houle) :

évalué par zone → modèle de houle numérique (p.e. test de digues)

## Les incertitudes :

les effets du vent :

set-up additionnel ou basculement du plan d'eau: +10 à +35cm

une marge de sécurité de 10cm :

les incertitudes au niveau des mesures du niveau d'eau

les clapots et les effets locaux dans les ports

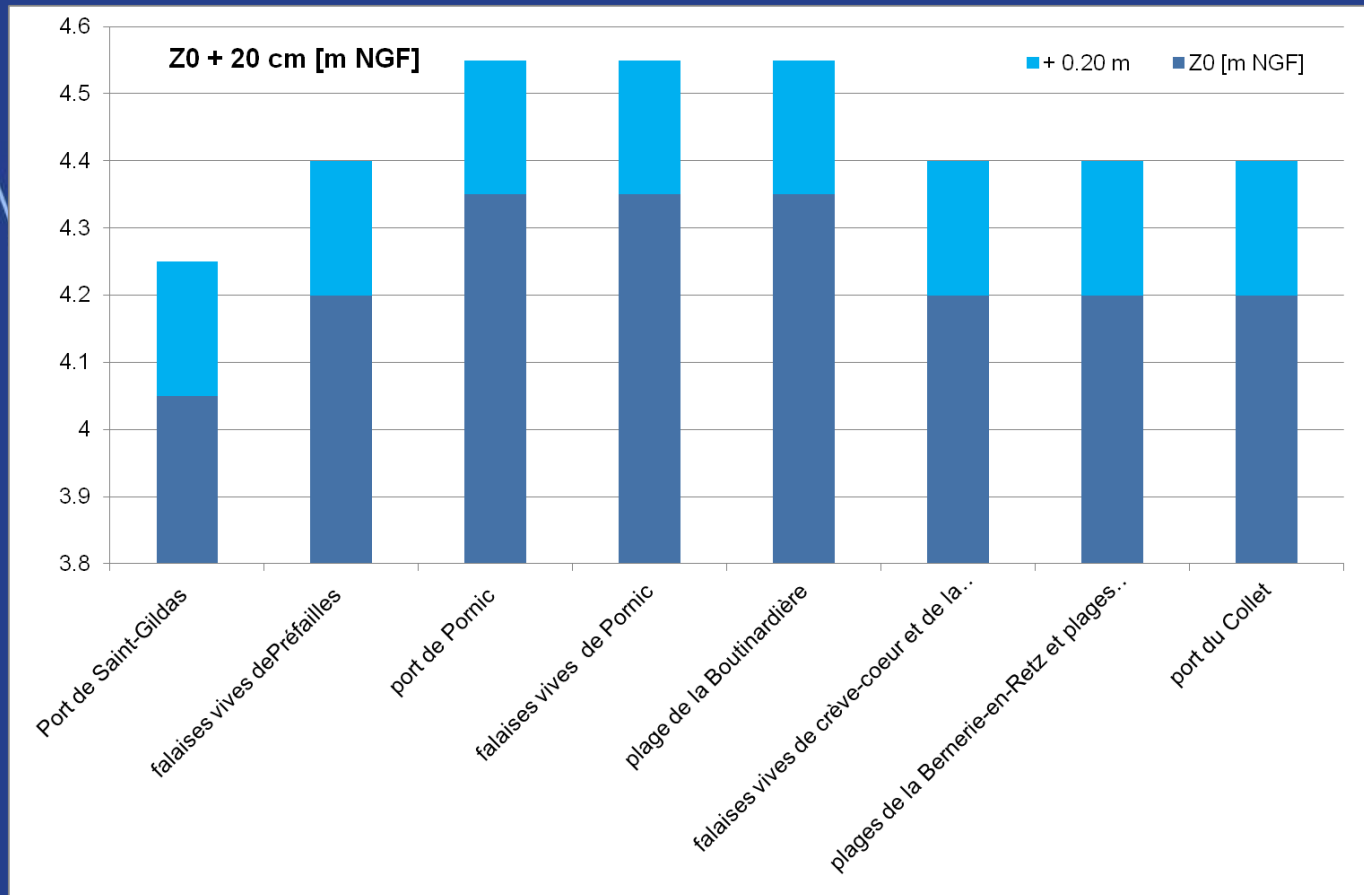
L'élévation du niveau de la mer liée au réchauffement climatique : +20cm

( = prescription issue de la circulaire PPRL)

# l'événement de référence pour le PPRL

tempête	H <sub>m0</sub> [m]	Tréhiguier	Le Croisic	Le Pouliguen	Pornichet	Saint Nazaire	Pornic	Fromentine
<b>Observation</b>								
Xynthia	7.5 à 8.5					4.06		
<b>Transformation du niveau d'eau (Z0) vers les autres port de référence</b>								
surcote St. Nazaire (Refmar) [m]		1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Marée (coefficient 102) [m NGF]		2.98	2.88	2.86	2.88	3.02	2.91	2.78
niveau d'eau (marée + surcote) [m NGF]		4.02	3.92	3.9	3.92	4.06	3.95	3.82
<b>Autres éléments pour le niveau d'eau total</b>								
effet du vent [m]		0.15	0.20	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30
incertitude à la côte + effets dans les ports		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
<b>Niveau d'eau total</b> (avant effets du set-up de la houle dans les eau peu profonds)		4.27	4.22	4.00	4.02	4.16	4.35	4.22
<b>Niveau d'eau total PPRL (+0.20cm)</b>		<b>4.47</b>	<b>4.42</b>	<b>4.20</b>	<b>4.22</b>	<b>4.36</b>	<b>4.55</b>	<b>4.42</b>
Set-up de la houle		Sera prise en compte avec les modèles numériques dans le test des digues et le test des dunes						

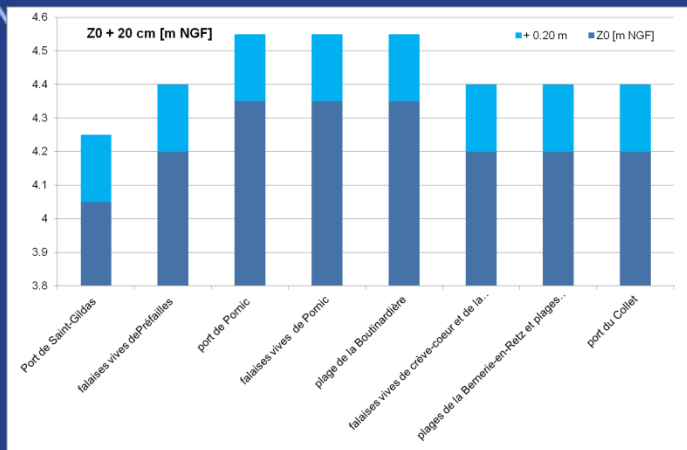
# l'événement de référence pour le PPRL



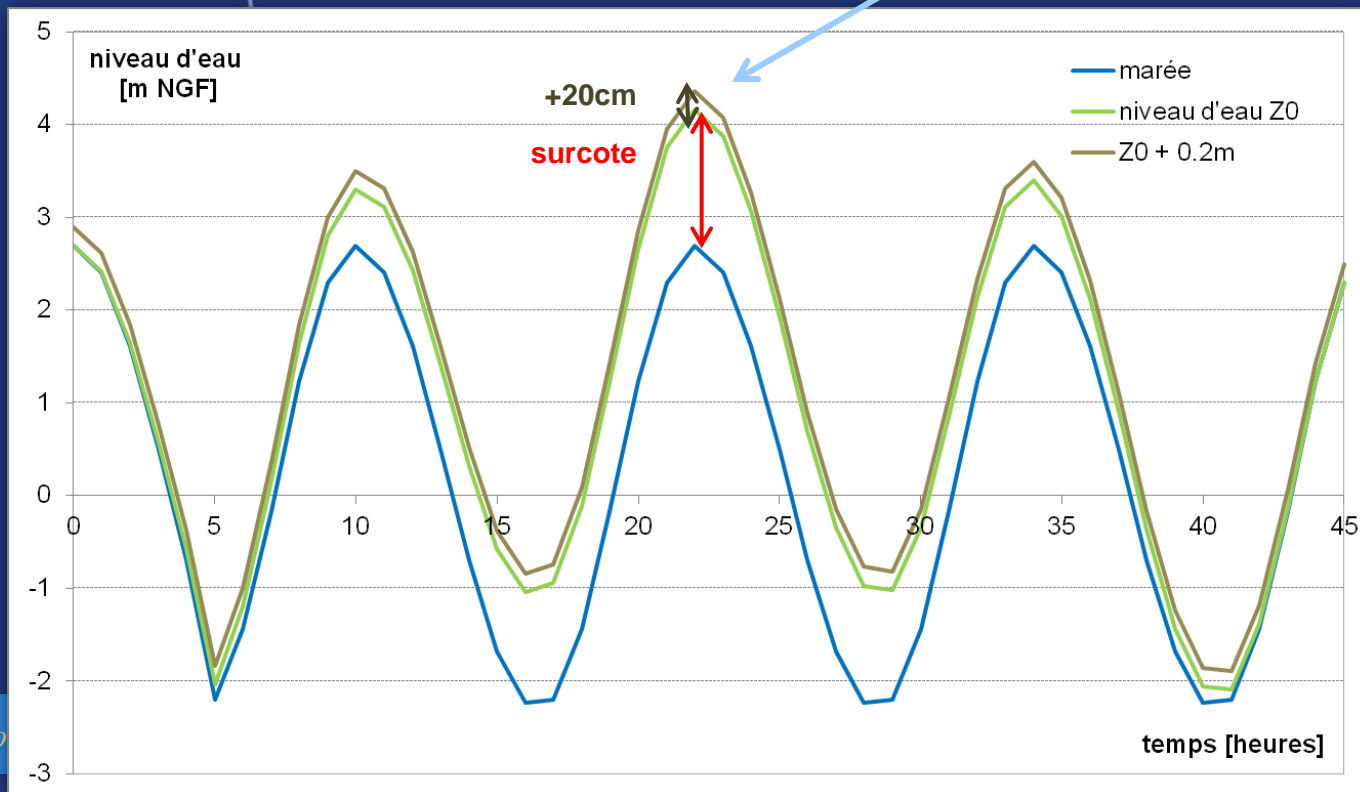
Niveau d'eau  $Z_0$  = marée astronomique (coef 102 + surcote atmosphérique + effet du vent dans les baies + incertitude 10cm

Scénario PPRL →  $Z_0 + 20\text{cm}$  → plus haut que les observations de Xynthia

# l'événement de référence pour le PPRL



Z0 + 20 cm  
= le niveau d'eau maximal  
(pic de la tempête)



→ 3 marées  
hautes seront  
modélisées

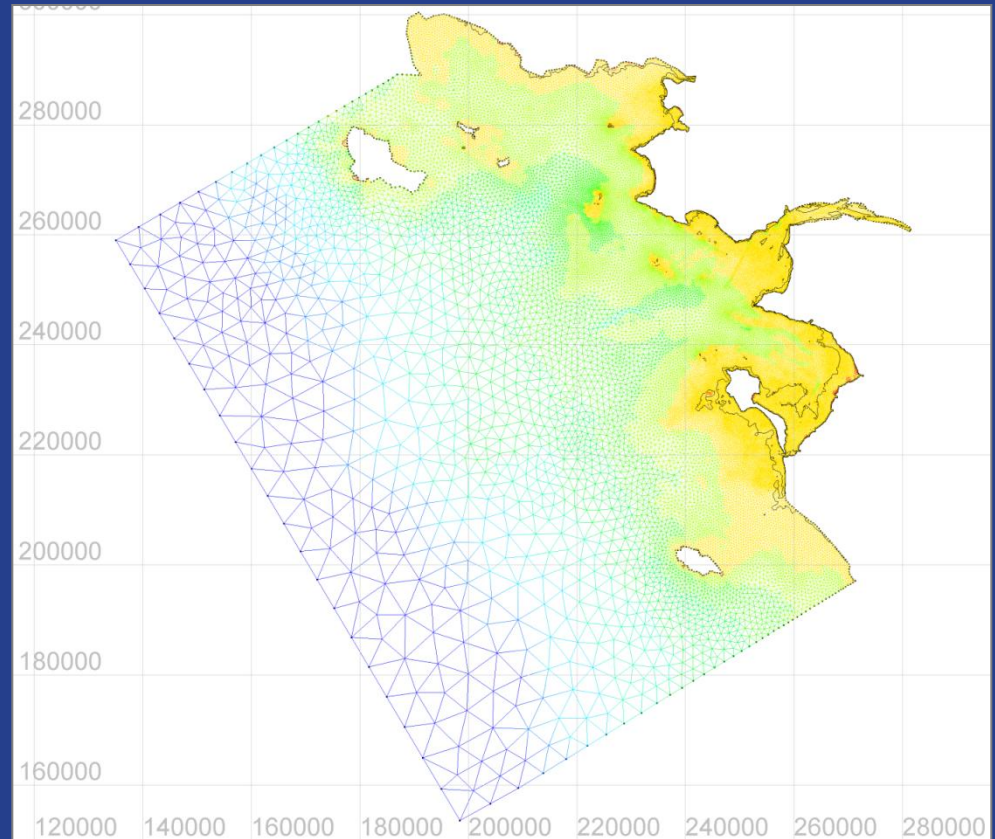
→ durée  
typique de la  
tempête

# l'événement de référence pour le PPRL

Les conditions hydrodynamiques

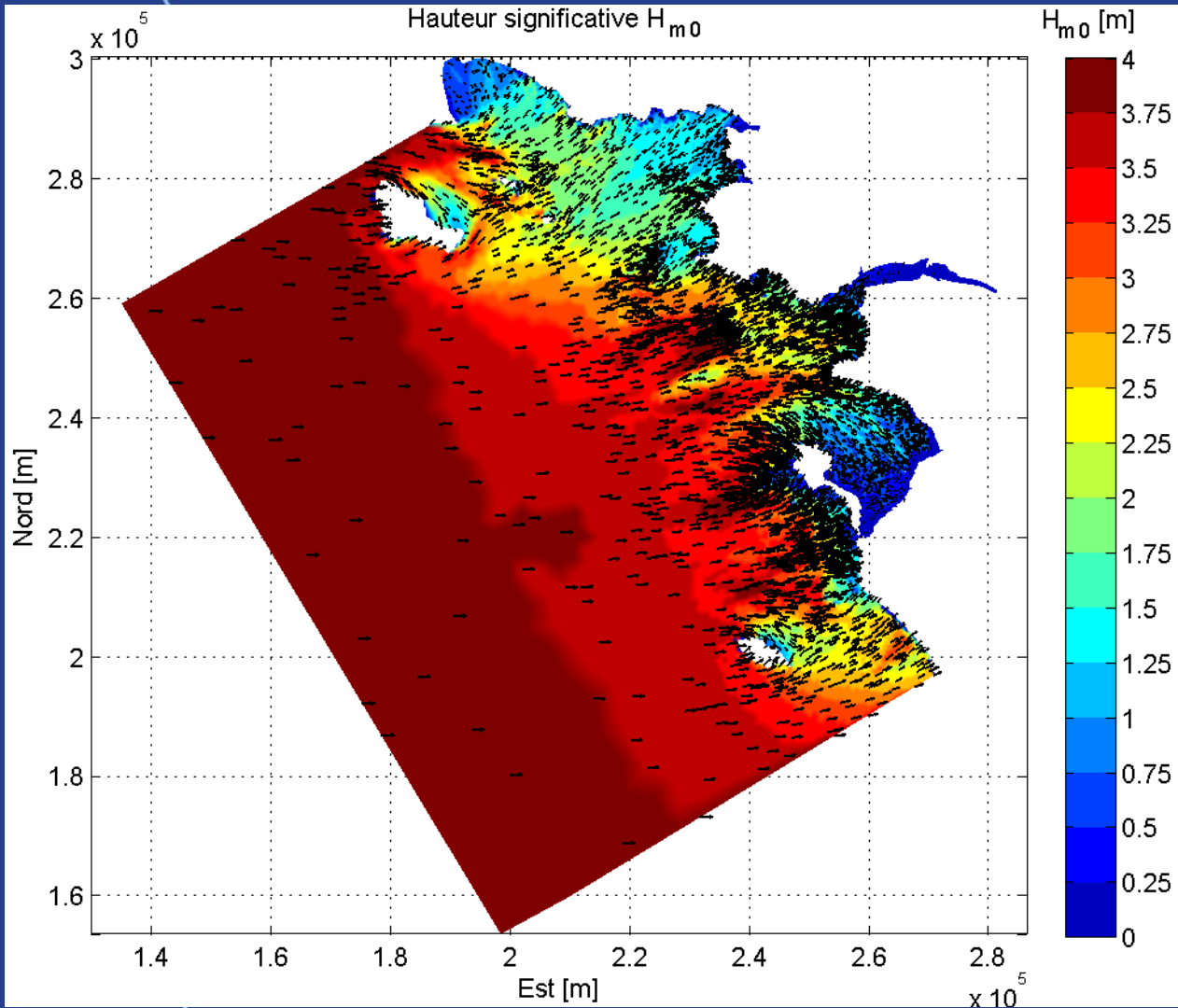
## La houle :

- Les conditions de houle à la côte qui correspond à la tempête Xynthia
- Modèle de houle pour la transformation le long de la côte





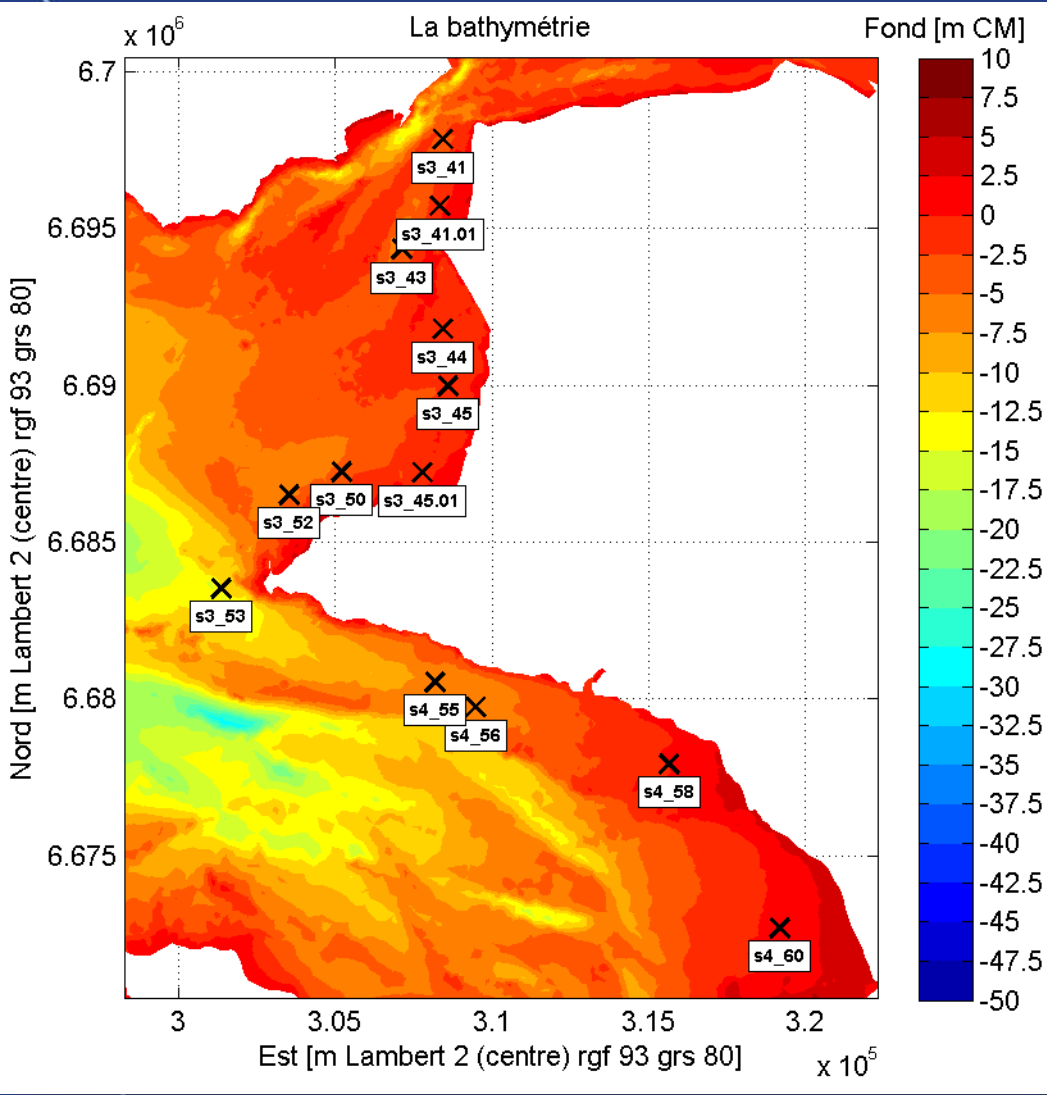
## Transformation du large → côte



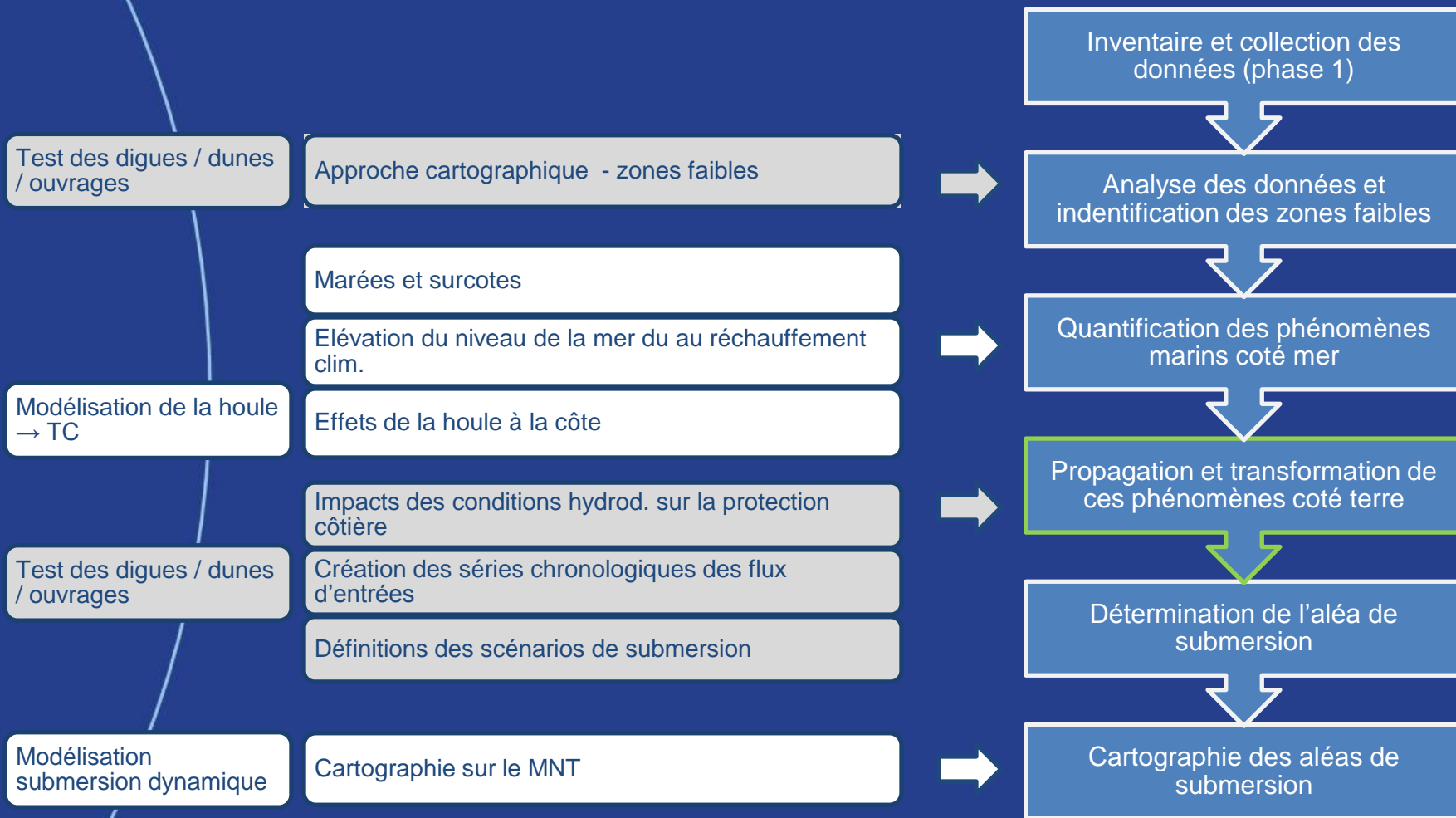
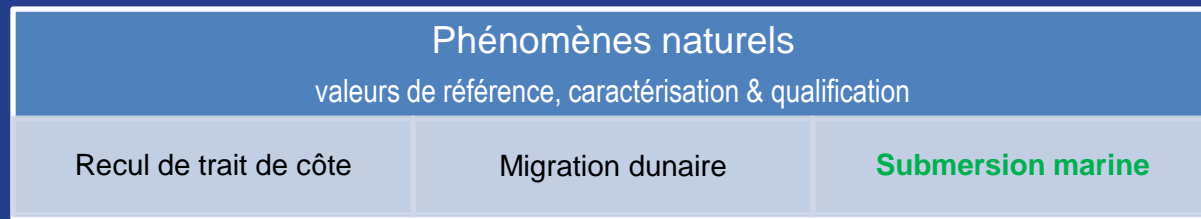
Les conditions sont connues au large.

Calcul de l'évolution de  
→ la hauteur de houle ( $H_{m0}$ ) (couleur)  
→ la direction (les flèches noires)  
du large vers la côte.

# Modèle de houle



La bathymétrie du modèle (zoom du secteur 3 et 4) et indications des points de sortie pour chaque zone homogène



# Propagation et transformation de phénomènes coté terre

Les processus pertinents :

- érosion
- débordement
- franchissement par paquets de mer
- rupture / brèche



# Propagation et transformation de phénomènes coté terre



*Brèche sur digue à Guérande (44)*

*Illustration 4: photographie aérienne oblique du 2 mars 2010 (Guérande - Loire-Atlantique)*

## Les hypothèses de brèche

→ cadrés par la méthodologie nationale du ministère (circulaire 07/2011)

→ approche uniforme pour tout le département

→ après consultation de

- la DDTM
- la DREAL
- le CETE
- le CETMEF

→ distinction entre

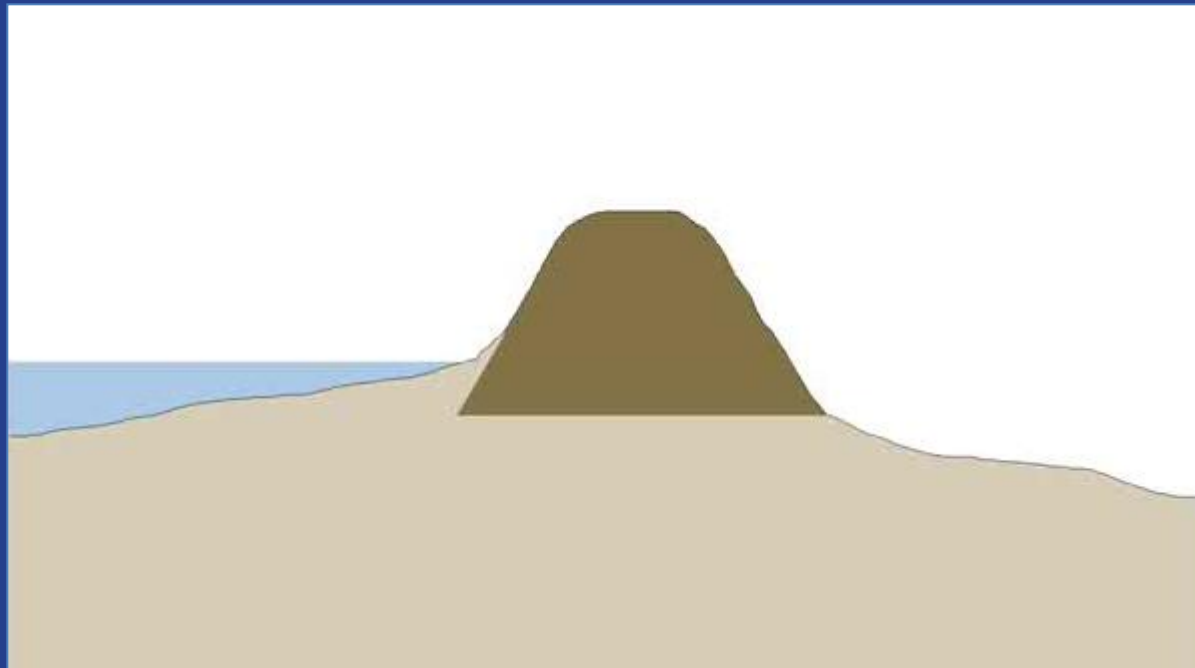
- digues (littoral & marais salants)
- cordons dunaires
- ports & ouvrages

# Propagation et transformation de phénomènes coté terre

## Les hypothèses de brèche

### Pour les digues littorales

- dans chaque tronçon homogène :
  - une rupture de 100 m sera simulée
  - 1 heure avant la pleine mer
  - à l'endroit le plus fragile identifié par le test de digues

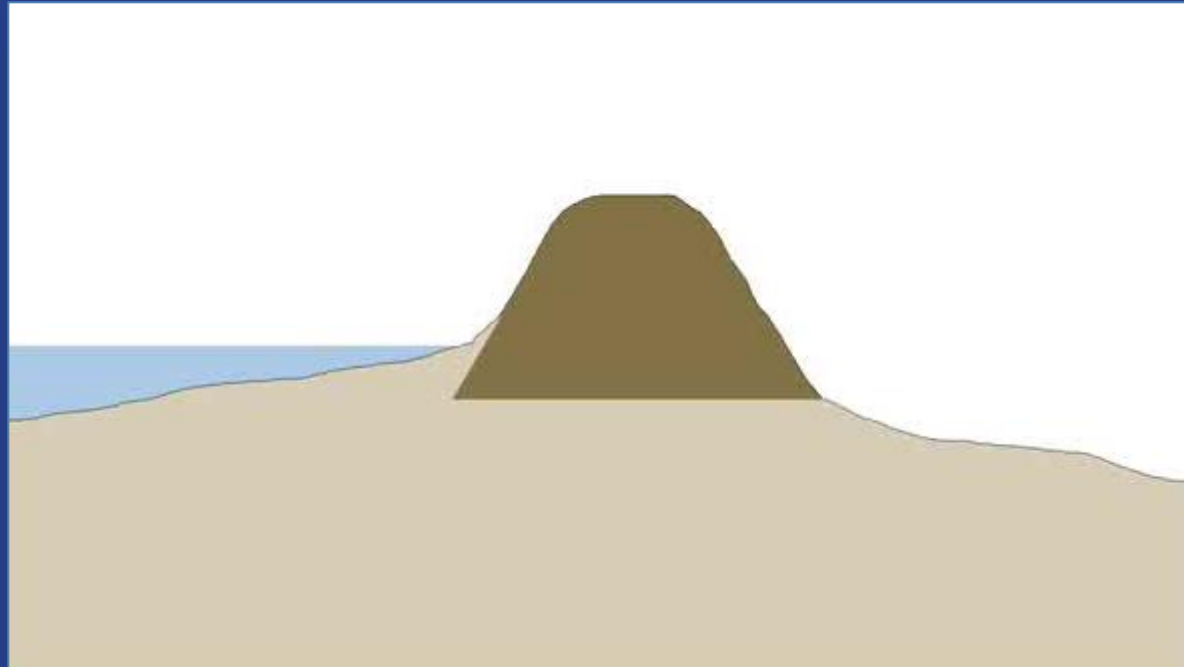


# Propagation et transformation de phénomènes coté terre

## Les hypothèses de brèche

Pour les digues littorales

- une brèche supplémentaire :
  - surverse > 20cm au-dessus des ouvrages ailleurs que sur les secteurs subissant une brèche de 100 mètres,
  - sur toute la largeur surversée, (largeur minimale de 50m)
  - à partir du moment où il y a surverse

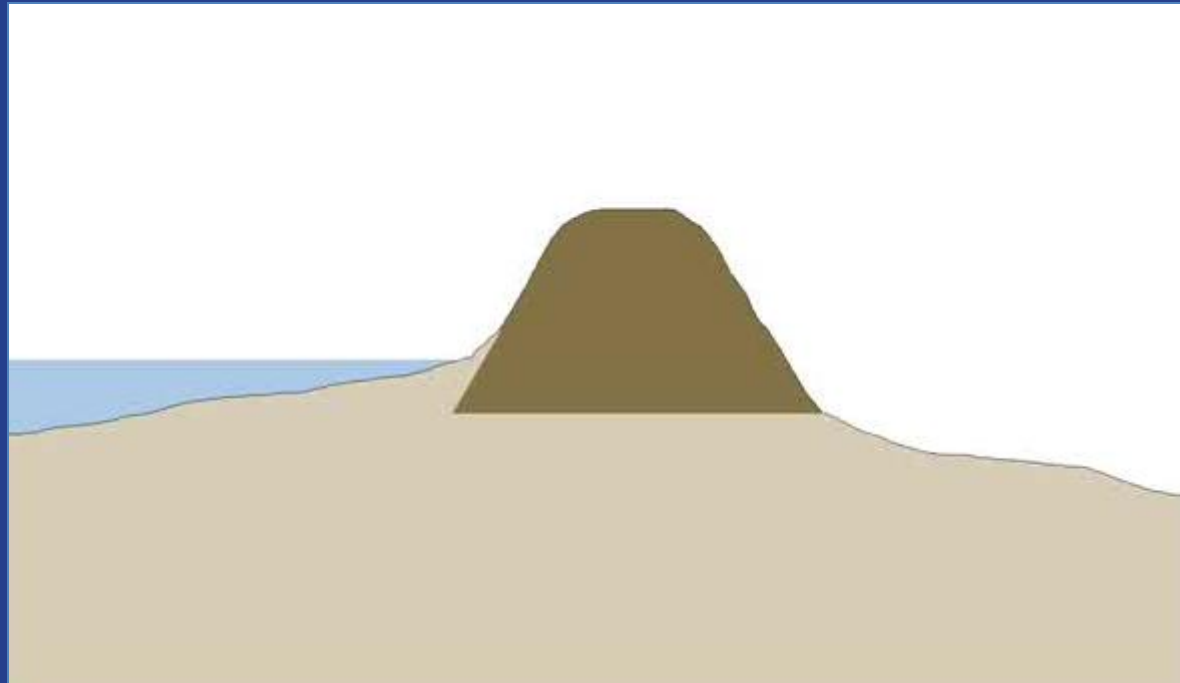


# Propagation et transformation de phénomènes coté terre

## Les hypothèses de brèche

Pour les digues littorales

- débit additionnel :
  - le test des digues indique les endroits avec des franchissements importants, mais sans ruptures
  - surverse < 20cm au-dessus de l'ouvrage





# Propagation et transformation de phénomènes coté terre

## Les hypothèses de brèche

Pour les digues des marais salants :

- surverse > 20 cm → une brèche se formera
- sur l'ensemble de la section surversée > 20 cm
- uniquement dans les digues du premier rang

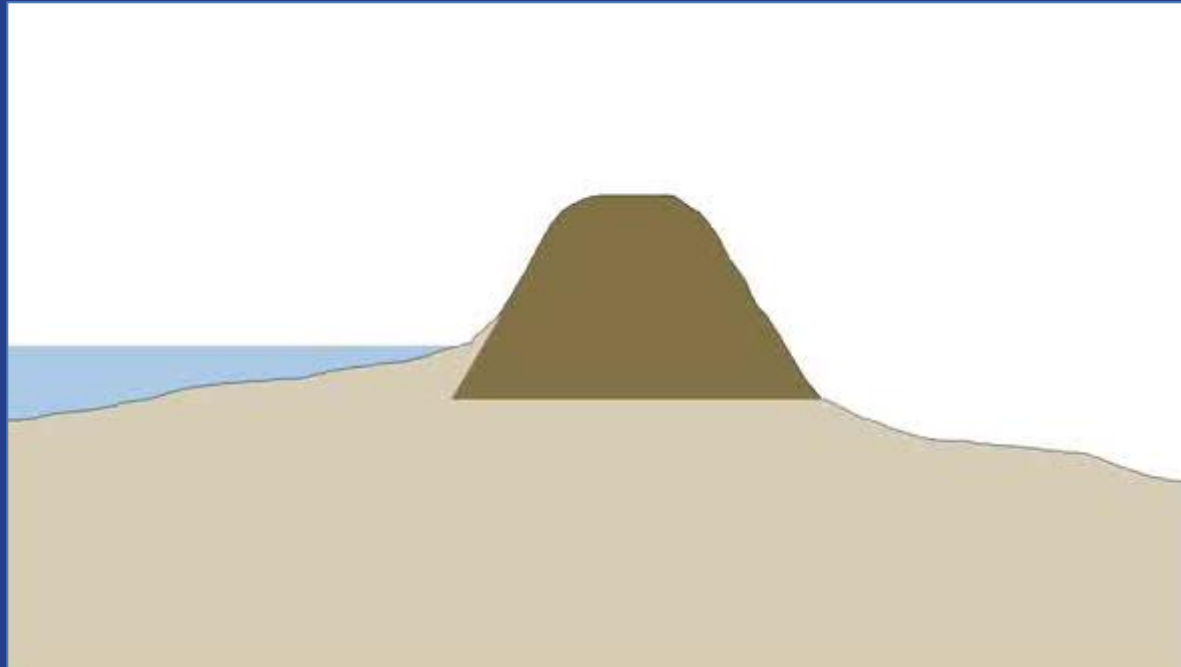


# Propagation et transformation de phénomènes coté terre

## Les hypothèses de brèche

Pour les digues des marais salants :

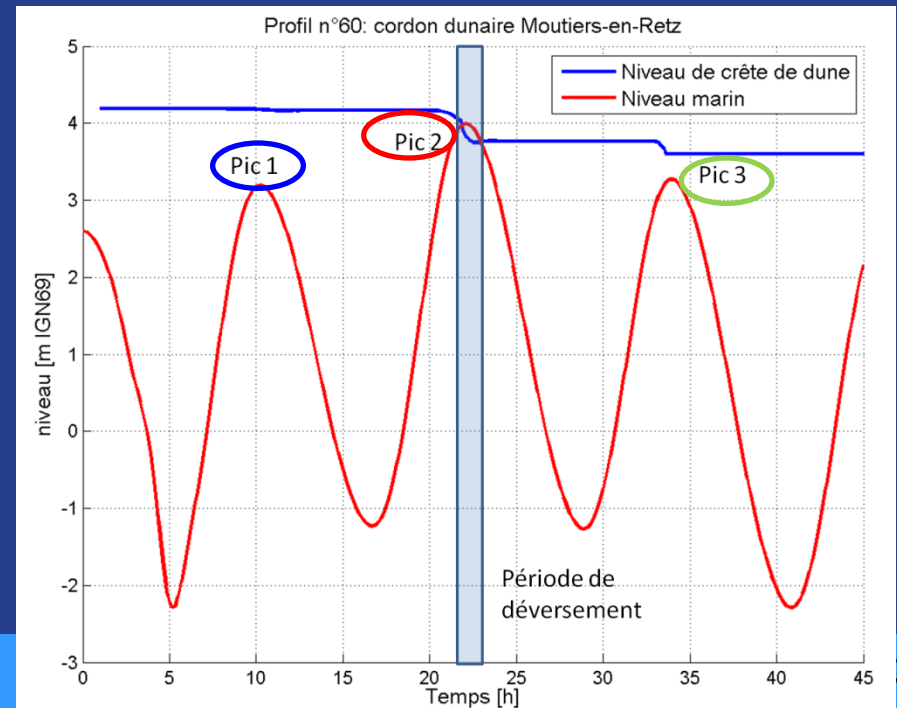
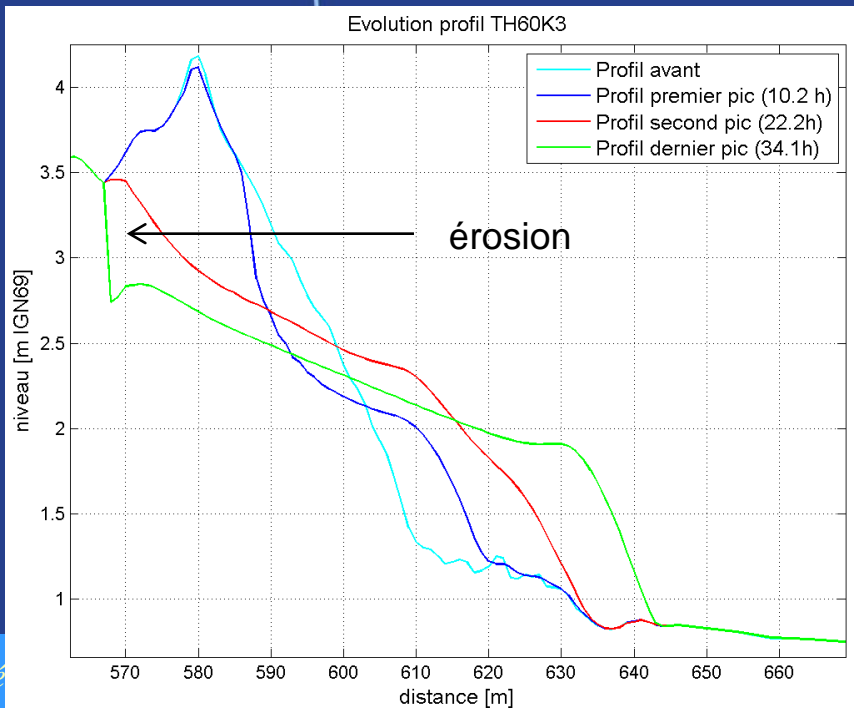
- surverse > 20 cm → une brèche se formera
- sur l'ensemble de la section surversée > 20 cm
- uniquement dans les digues du premier rang



# Propagation et transformation de phénomènes coté terre

## Les hypothèses de brèche

Pour les cordons dunaires :  
si le résultat du test des dunes indique qu'une brèche se produit dans le cordon dunaire  
→ *une série temporelle des dimensions de la brèche et des débits sera construite.*



# Propagation et transformation des phénomènes coté terre

## La bande de précaution

- sera définie systématiquement pour les digues de premier rang
- la largeur la plus majorante de :
  - la bande forfaitaire (voir guide méthodologique)
  - une bande plus large, déterminée à partir des résultats du modèle de submersion

## Les chocs mécaniques / franchissement par paquets de mer

seront évalué sur la base de :

- données historiques (fiches tempêtes)
- les débits issus du test des digues (et les limites du guide Eurotop)

# Propagation et transformation de phénomènes coté terre



## Cartographie des aléas littoraux en Loire Atlantique dans le cadre des futurs PPRL

Baie de Bourgneuf Nord

### Hypothèse model de submersion Zone 4






12086\_019\_130508\_submersion\_z4  
Rapport nr.

Date: 08/05/2013  
Carte 02

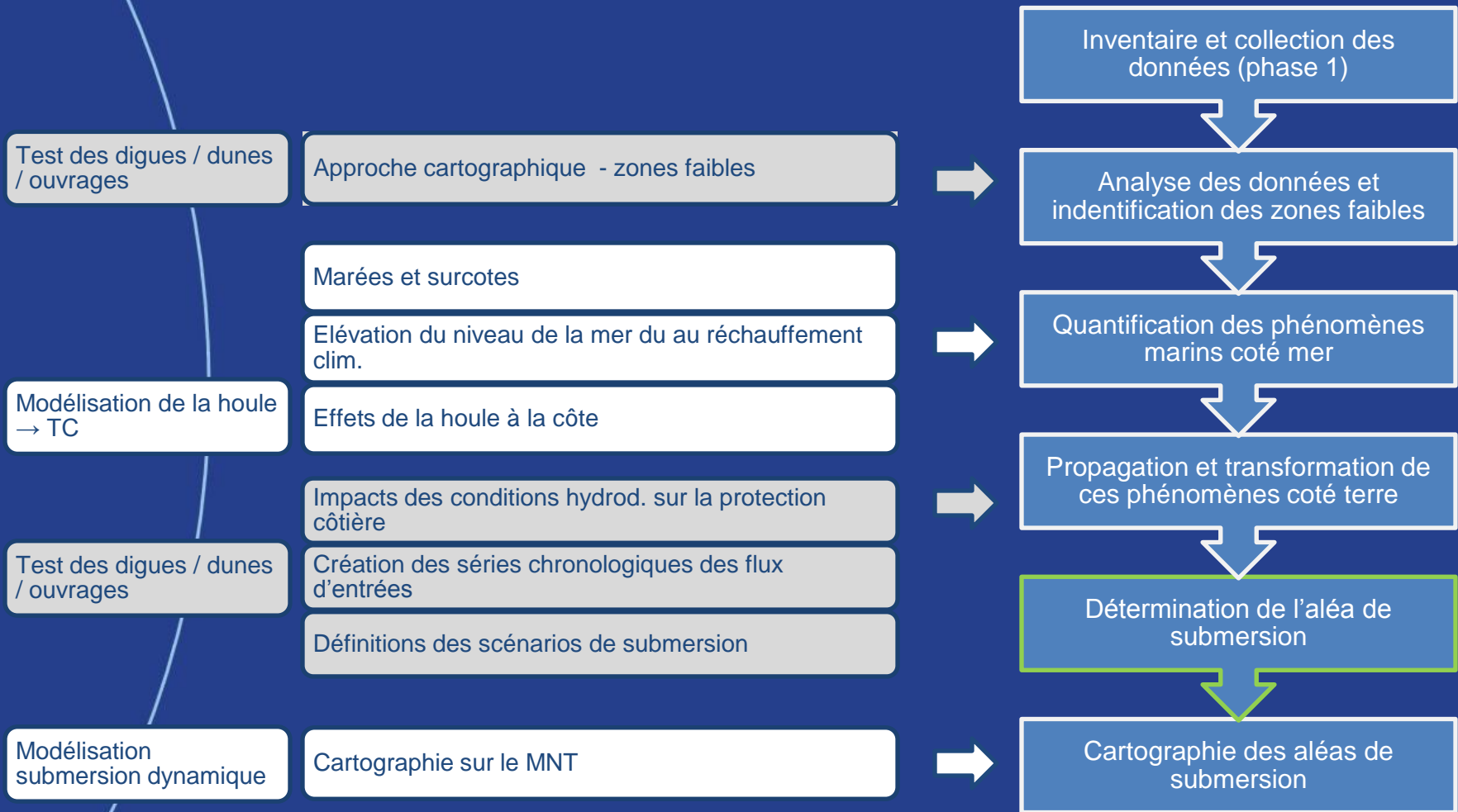
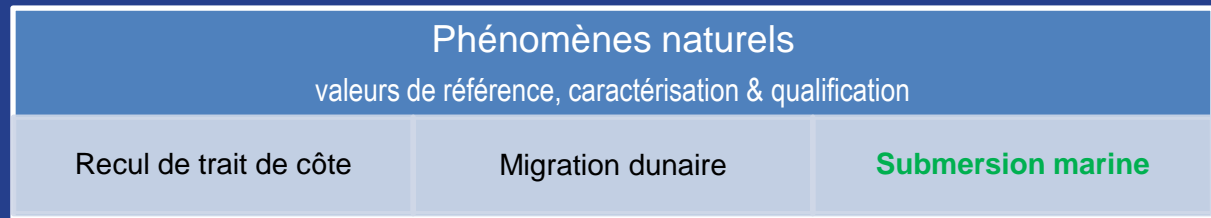


Couvertiersstrat. 15  
26500 Antenneport  
Tel +33 3 270 92 20  
Fax +33 3 235 67 11  
E-mail: info@imdc.be

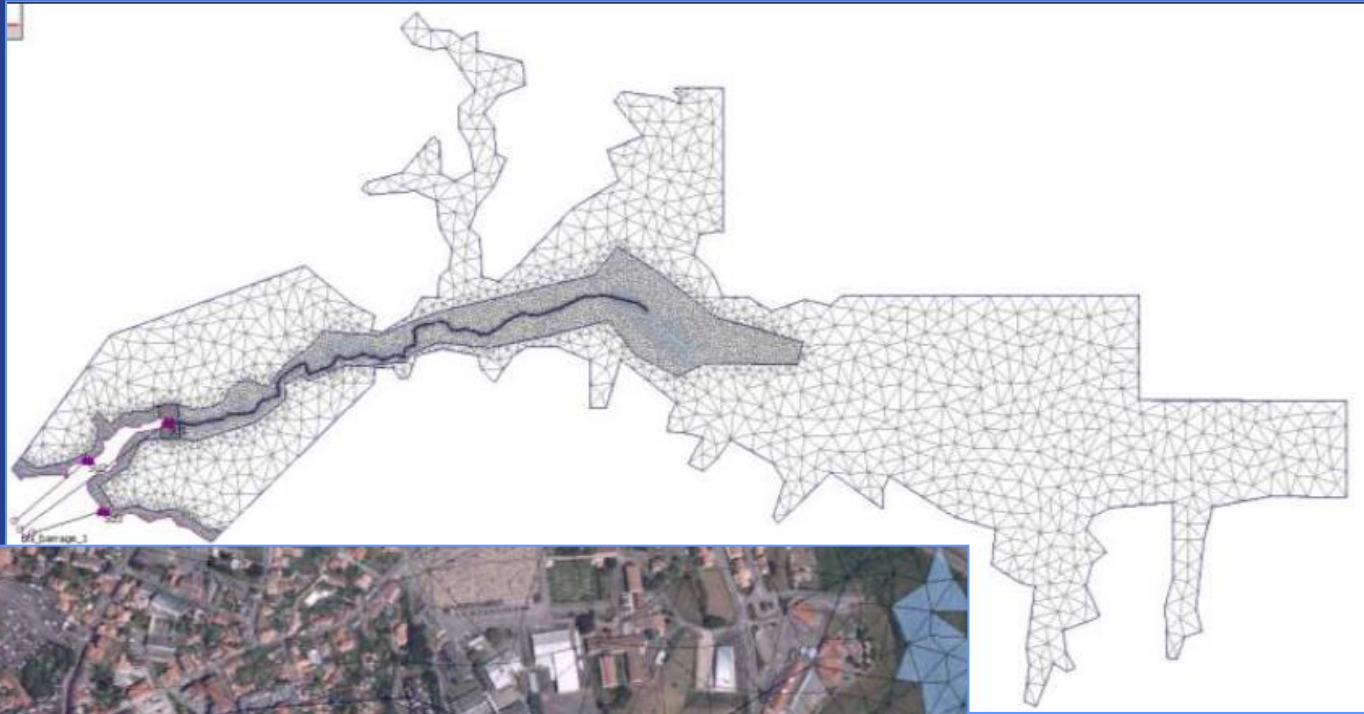
### Légende

-  Hypothèse de brèche (surverse)
-  Hypothèse de brèche
-  brèches de plus de 100m
-  débit de franchissement sans brèches
-  constructions hydrauliques

0 1 2 3 4 5 km

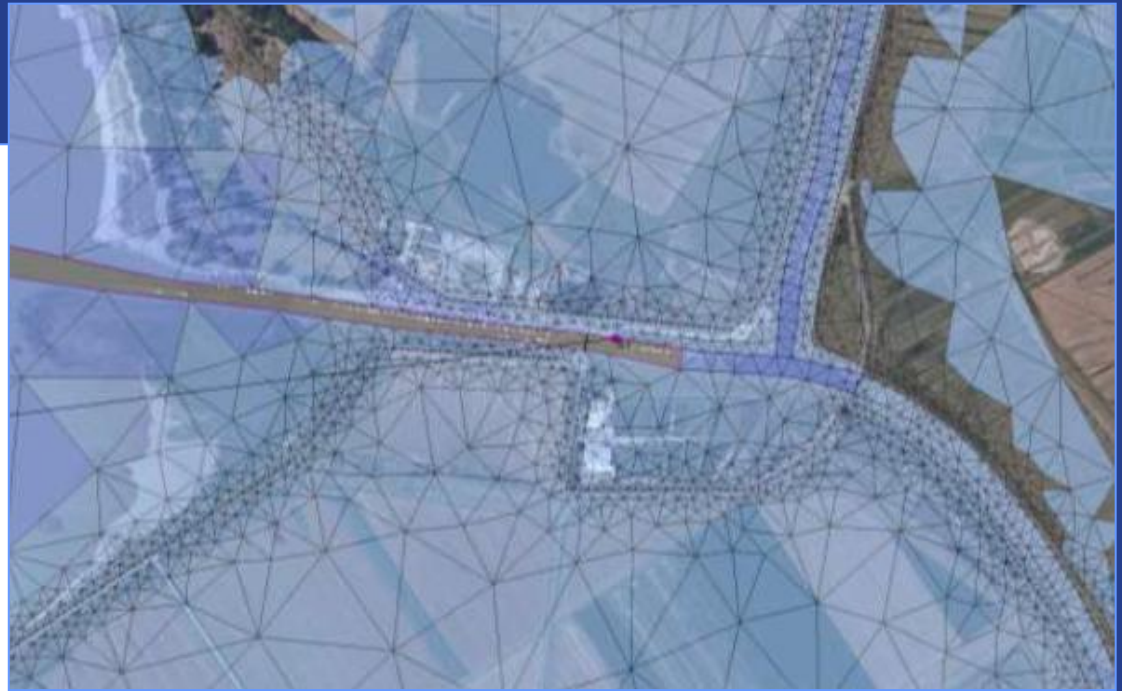
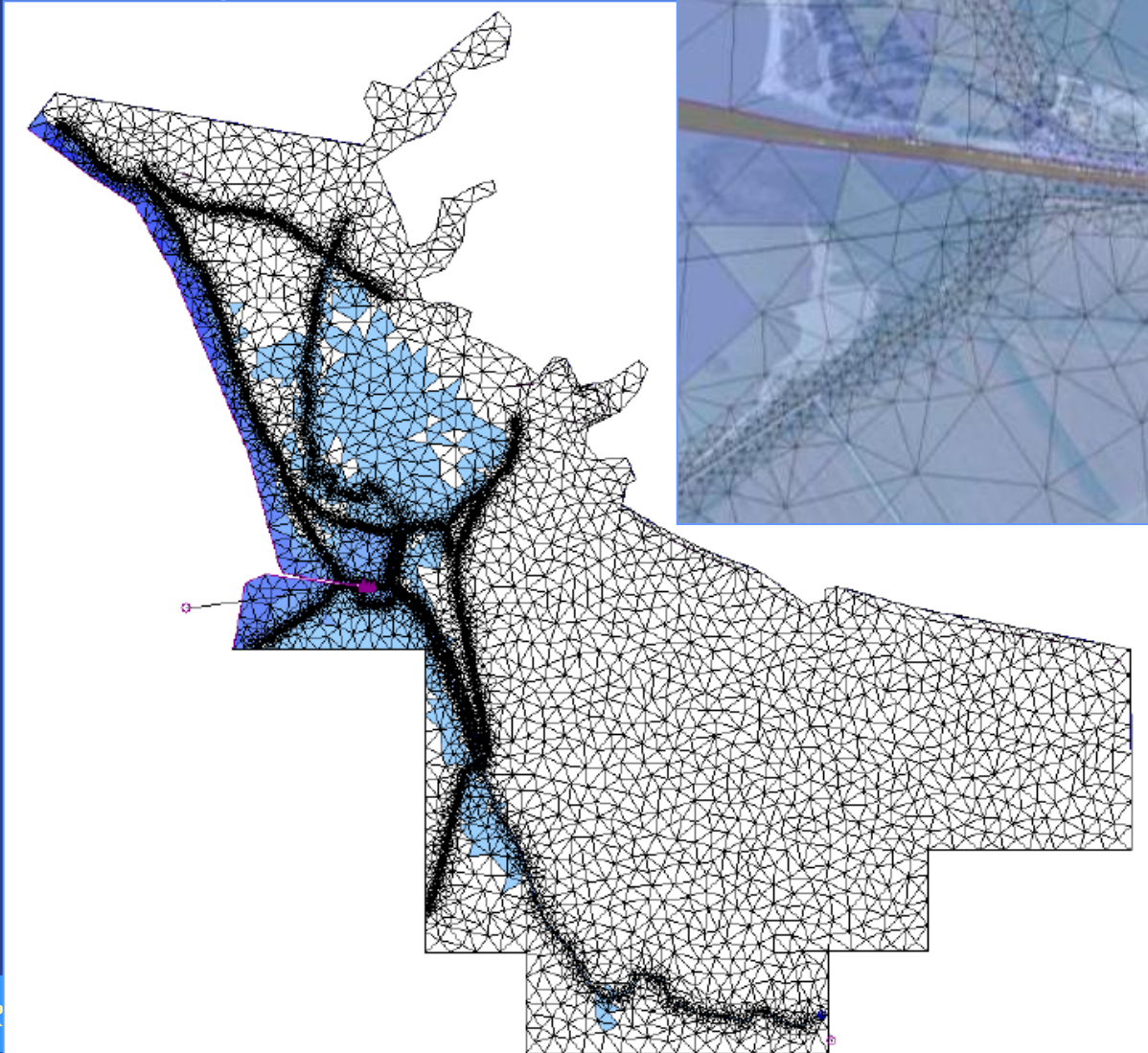


# Modélisation hydrodynamique de la submersion



Pornic

# Modélisation hydrodynamique de la submersion



Port du Collet /  
Les Moutiers-en-Retz /  
Bourgneuf-en-Retz





HAUTEUR DE SUBMERSION PAR MODELISATION

Commune de La Baule-Escoublac

Légende :

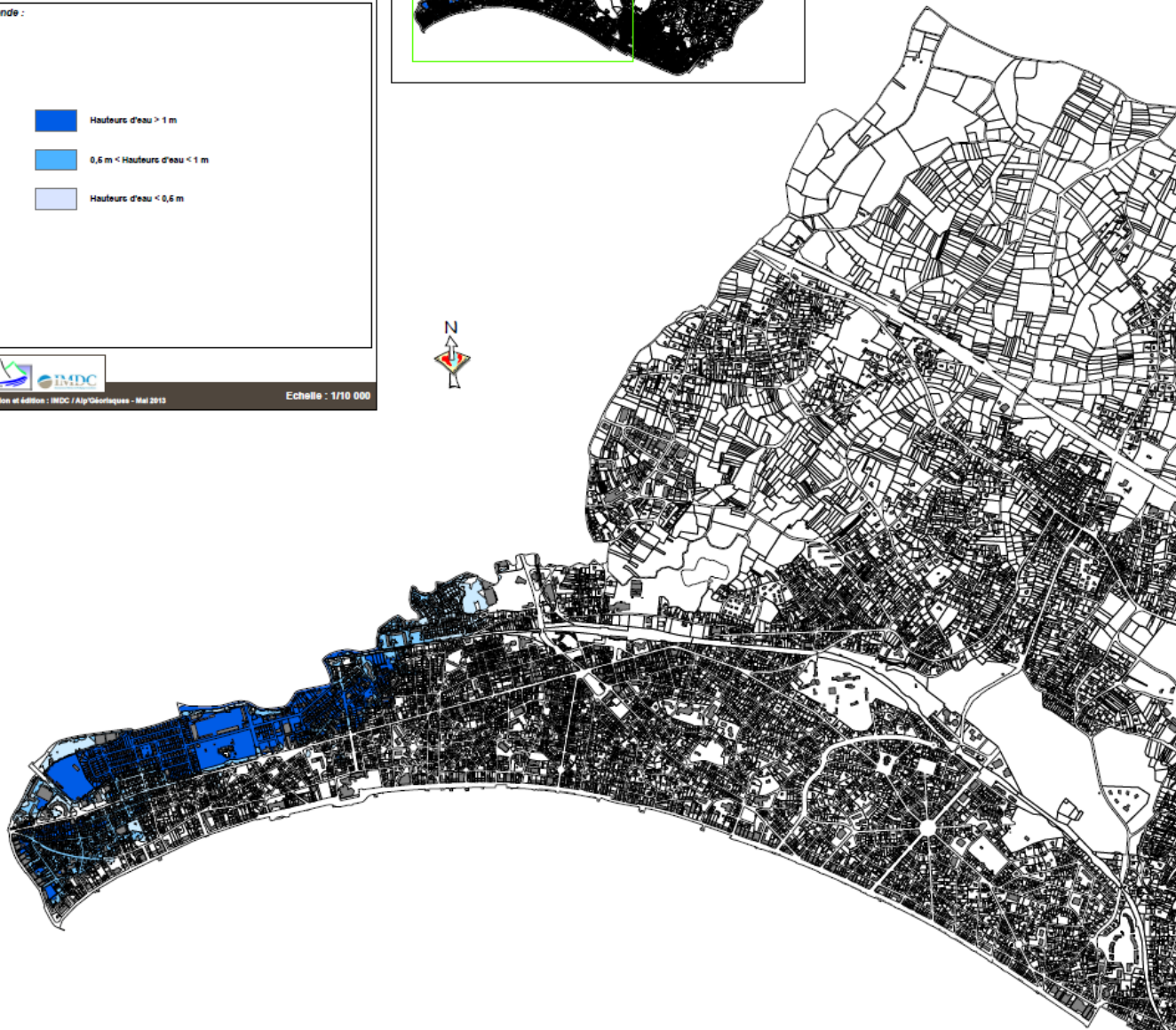
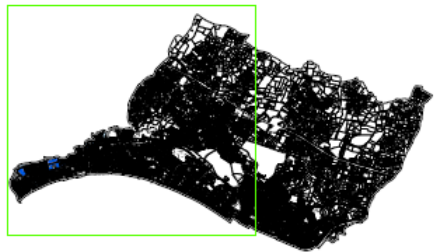
- Hauteurs d'eau > 1 m
- 0,5 m < Hauteurs d'eau < 1 m
- Hauteurs d'eau < 0,5 m



Réalisation et édition : IMDC / Alp'Géotiques - Mai 2013

Echelle : 1/10 000

Schéma de localisation :



# Cartes des submersions

## hauteur d'eau (m)

- Hauteurs d'eau > 1 m
- 0,5 m < Hauteurs d'eau < 1 m
- Hauteurs d'eau < 0,5 m

PPRL + 20 cm





# Cartographie des aléas littoraux en Loire Atlantique dans le cadre des futurs PPRL

## VITESSE DE SUBMERSION PAR MODELISATION

Commune de La Baule-Escoublac

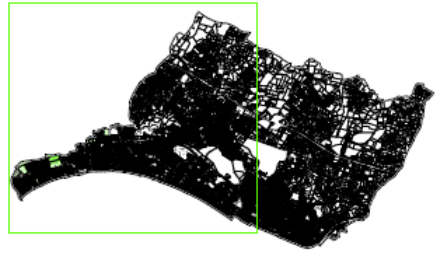
Légende :



Réalisation et édition : IMDC / Alty Géomatiques - Mai 2013

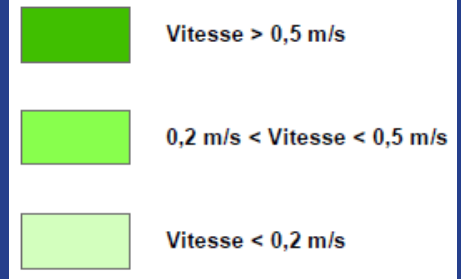
Echelle : 1/10 000

Schéma de localisation :



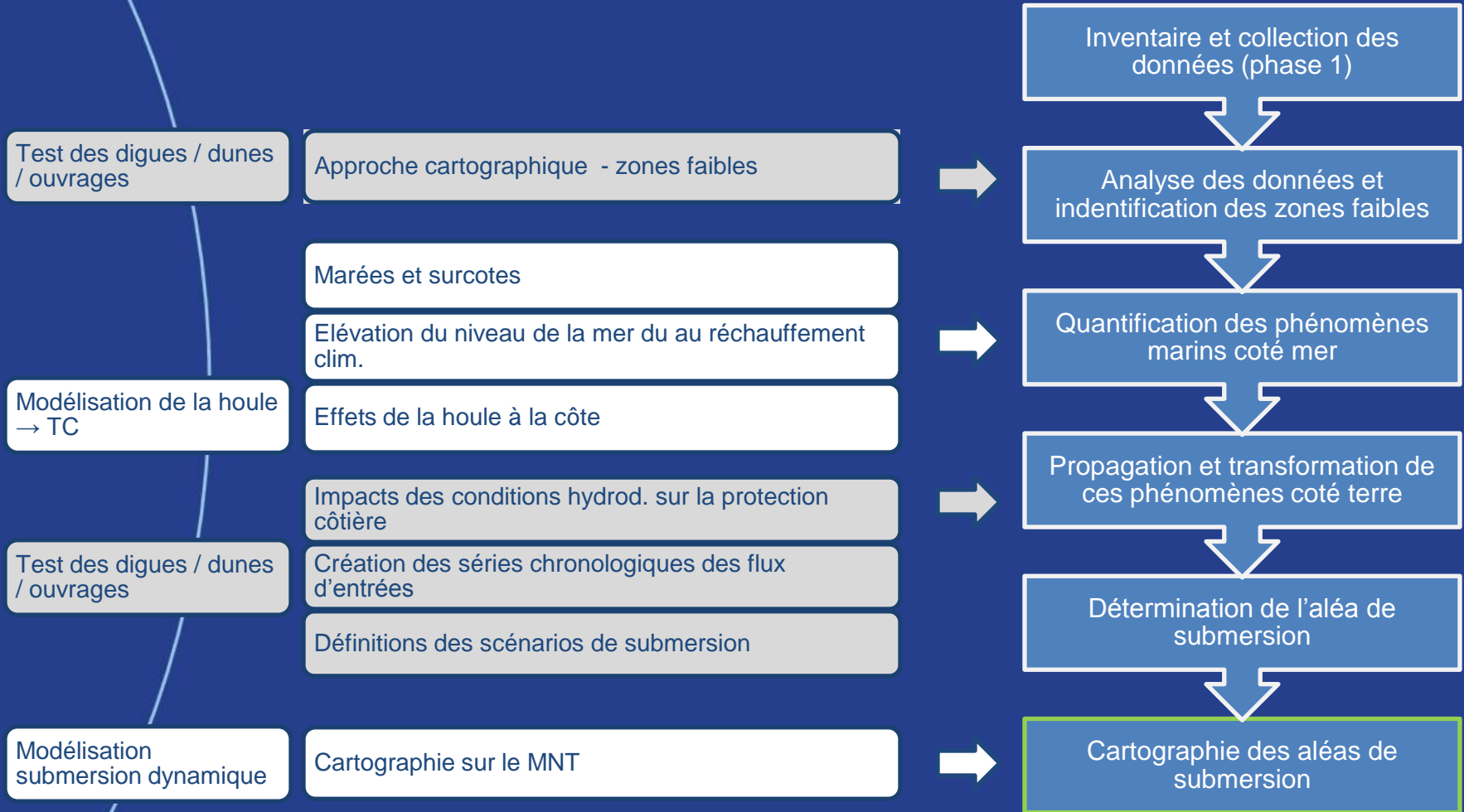
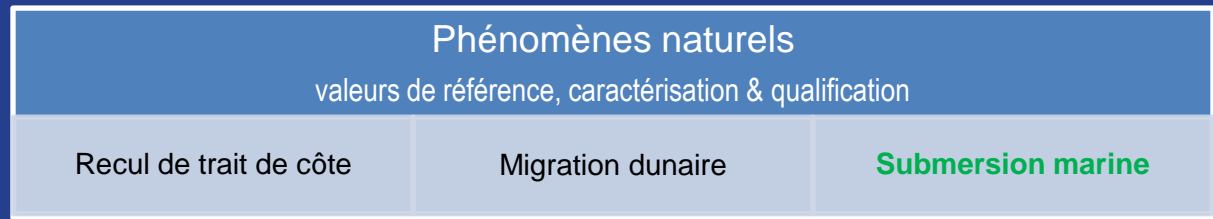
# Cartes des submersions

vitesse (m/s)



PPRL + 20 cm

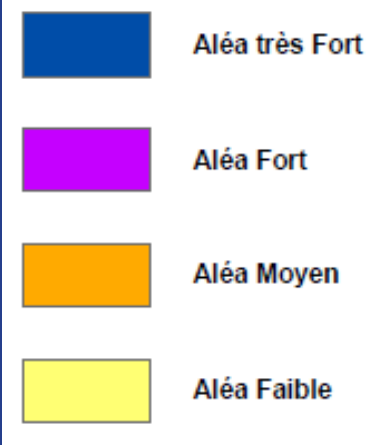




# Classification des aléas de submersion marine






- selon les recommandations de:
  - la guide méthodologique PPR
  - la circulaire de 27/07/2011
- croisement des classes de
  - la hauteur d'eau (<0.5 / 0.5-1.0 / >1.0m)
  - la vitesse (< 0.2 / 0.2-0.5 / > 0.5m/s)



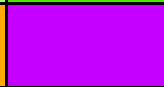






		Vitesse (m/s)		
		< 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
Hauteur (m)	< 0,5	Aléa Faible	Aléa Moyen	Aléa Fort
	0,5 - 1	Aléa Moyen	Aléa Moyen	Aléa Fort
	> 1	Aléa Fort	Aléa Fort	Aléa très Fort







# Classification des aléas de submersion marine

## Secteurs particuliers:

Soumis à des franchissement par paquets de mer / chocs mécaniques	 Aléa Fort
Soumis à des projections	 Aléa Fort  Aléa Moyen
Bande de précaution	 Aléa très Fort  Aléa Fort

		Vitesse (m/s)		
		< 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
Hauteur (m)	< 0,5			
	0,5 - 1			
	> 1			










  

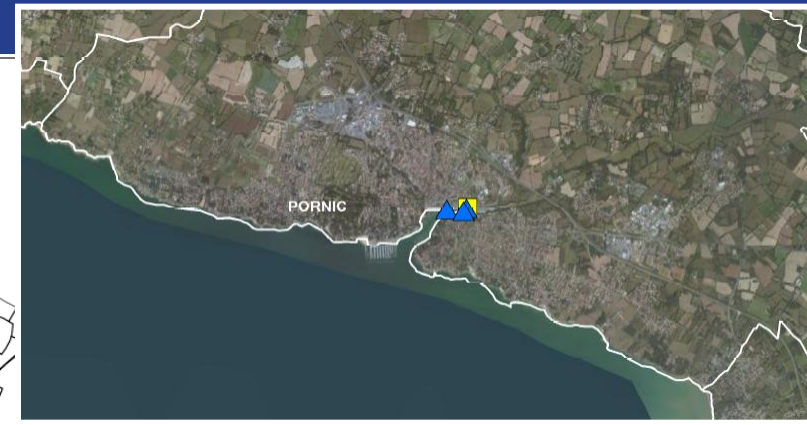
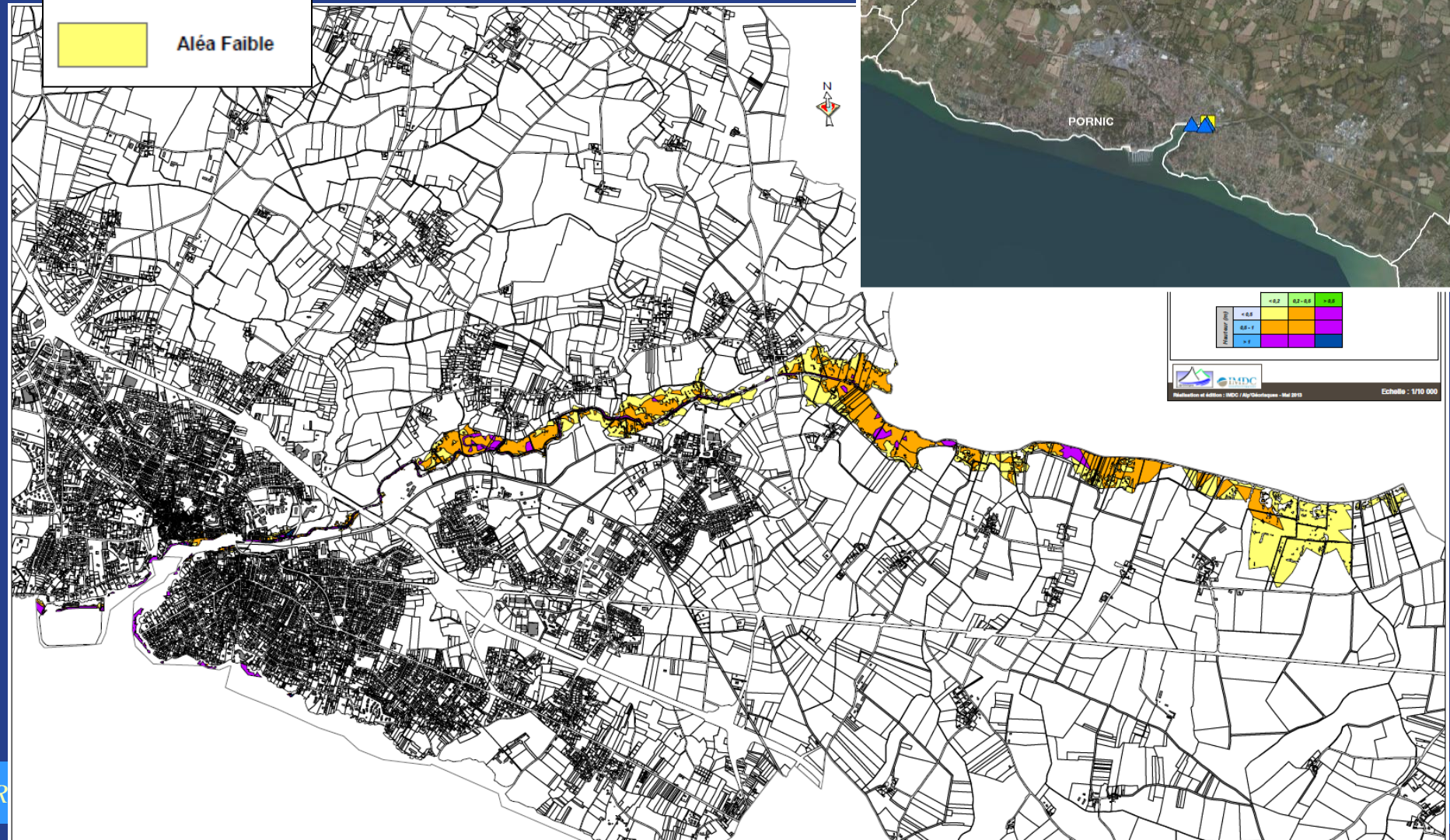
	Aléa très Fort
	Aléa Fort
	Aléa Moyen
	Aléa Faible

# Cartes des aléas Pornic

PPRL + 20 cm

-  Aléa très Fort
-  Aléa Fort
-  Aléa Moyen
-  Aléa Faible

		Vitesse (m/s)		
		< 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
Hauteur (m)	< 0,5			
	0,5 - 1			
	> 1			

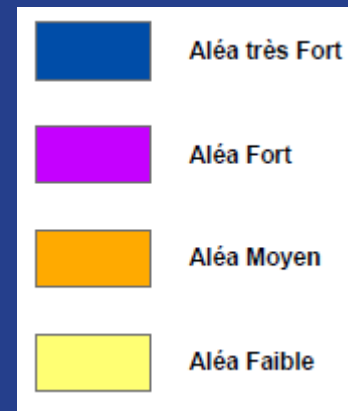
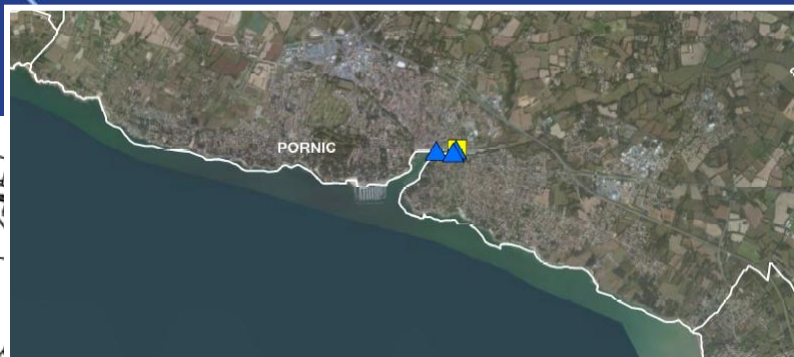











		Vitesse (m/s)		
		< 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
Hauteur (m)	< 0,5			
	0,5 - 1			
	> 1			

 IMDC  
Région Bretagne - Département Loire-Atlantique - Mar 2013

Echelle : 1/10 000

# Cartes des aléas Pornic

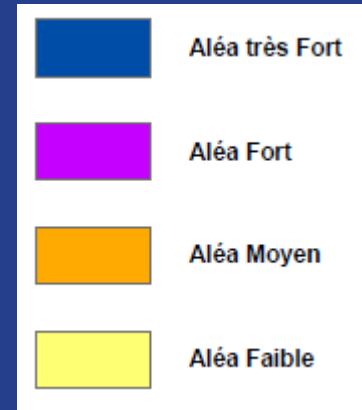


		Vitesse (m/s)		
		< 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
Hauteur (m)	< 0,5			
	0,5 - 1			
	> 1			

PPRL + 20 cm

# Cartes des aléas

## La Bernerie-en-Retz



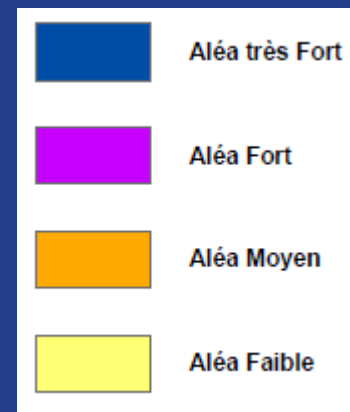
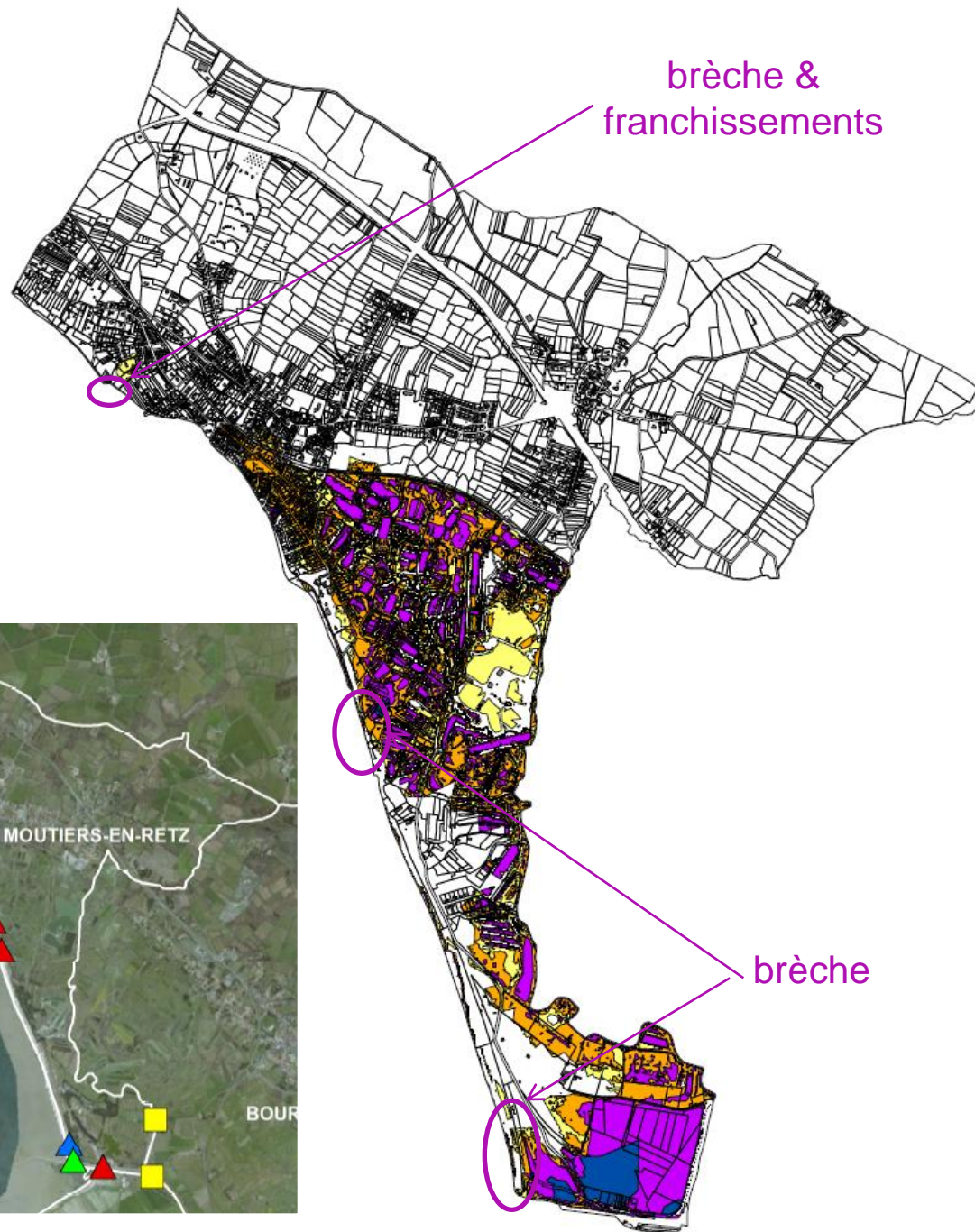
		Vitesse (m/s)		
		< 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
Hauteur (m)	< 0,5	Yellow	Orange	Magenta
	0,5 - 1	Orange	Orange	Magenta
	> 1	Magenta	Magenta	Dark Blue










PPRL + 20 cm



# Cartes des aléas

## Les Moutiers-en-Retz

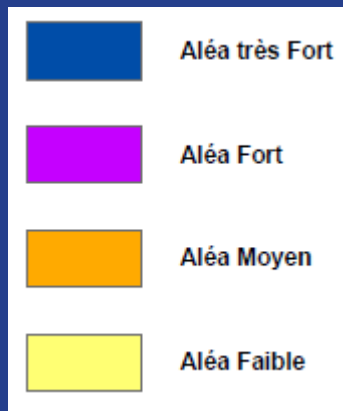
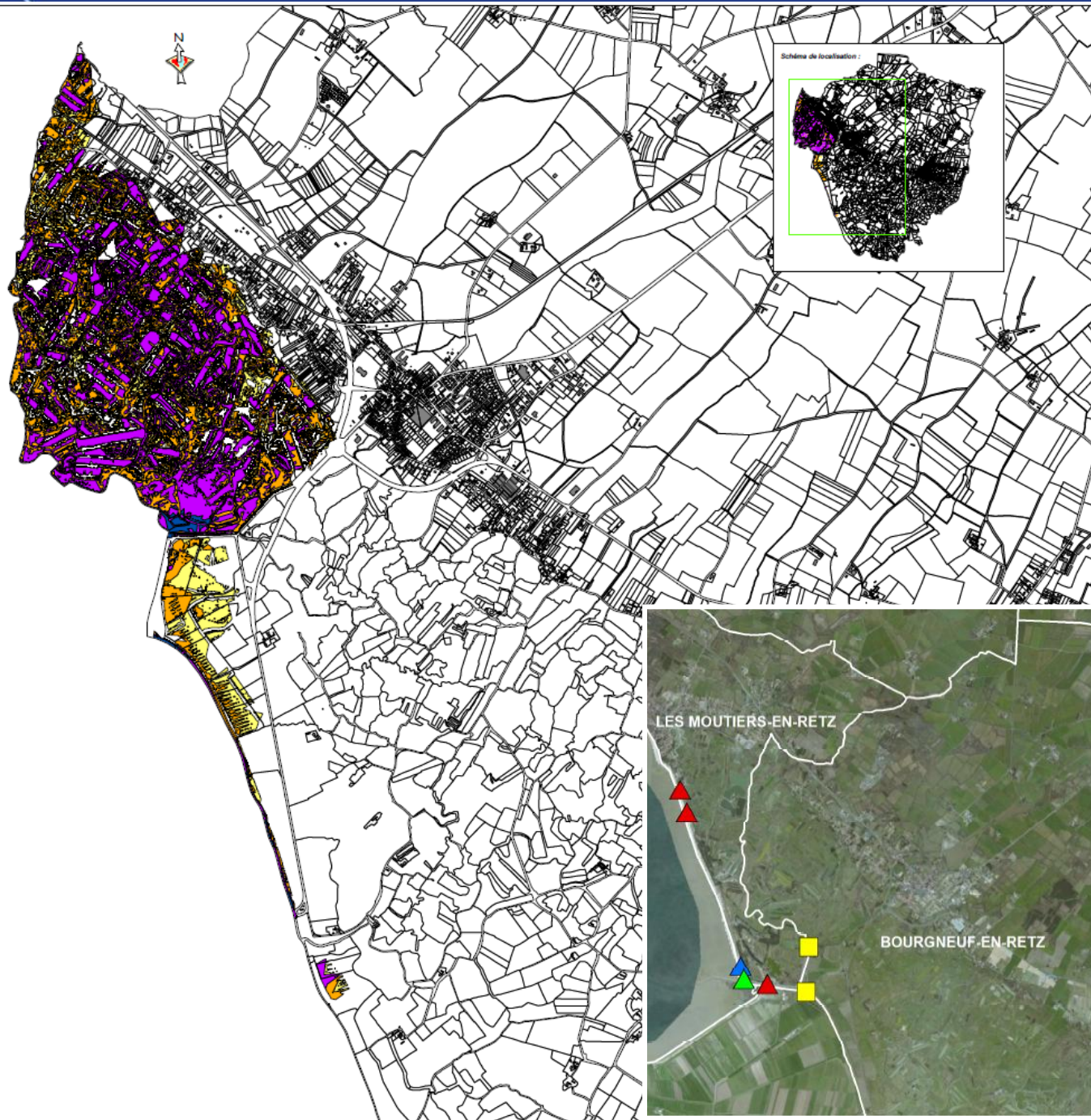


		Vitesse (m/s)		
		< 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
Hauteur (m)	< 0,5			
	0,5 - 1			
	> 1			

PPRL + 20 cm

# Cartes des aléas

## Bourgneuf-en-Retz



		Vitesse (m/s)		
		< 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
Hauteur (m)	< 0,5	Aléa Faible	Aléa Moyen	Aléa Fort
	0,5 - 1	Aléa Moyen	Aléa Fort	Aléa Fort
	> 1	Aléa Fort	Aléa Fort	Aléa très Fort

PPRL + 20 cm

Les scénarios suivants de submersion seront étudiés pour le PPRL :

- scénario de référence → **présenté aujourd'hui**
  - déterminé à partir de l'événement naturel de référence + 20cm
  - la cartographie de l'aléa de référence
- scénario à échéance 100 ans
  - déterminé à partir de l'événement de référence
  - avec une élévation de 0,60 m du niveau moyen de la mer en 2100 liée à l'impact du changement climatique
  - la cartographie de l'aléa à échéance 100 ans
- scénario en l'absence d'ouvrages
  - hypothèse de ruine généralisée de l'ensemble des ouvrages de protection
  - déterminé à partir de l'événement de référence

### Cartographie de l'aléa érosion (+ migration dunaire) :

- l'aléa est toujours qualifié de fort
- des cartes de synthèse de l'aléa de trait de côte
  - une carte descriptive : différentes positions du trait de côte disponibles, cellules hydro-sédimentaires, les ouvrages de protection, les secteurs de comportement homogène, les vitesses d'évolution du trait de côte ;
- deux cartes de la position du trait de côte estimée à échéance 100 ans :
  - avec prise en compte des événements tempétueux
  - une sans et l'autre avec prise en compte du changement climatique

Les scénarios de submersion suivants seront étudiés pour le TRI :

- scénario fréquent
  - scénario basé sur un événement fréquent, de forte probabilité
  - p.e. période de retour 10 ans
  
- scénario extrême
  - basé sur un événement extrême, de faible probabilité, supérieur à l'événement de référence
  - p.e. période de retour 1000 ans

- *Questions ?*
- *Remarques ?*