

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 – 7 mars 2017

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 : Mme. Claire BRACHT

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

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

Objectifs de l'étude

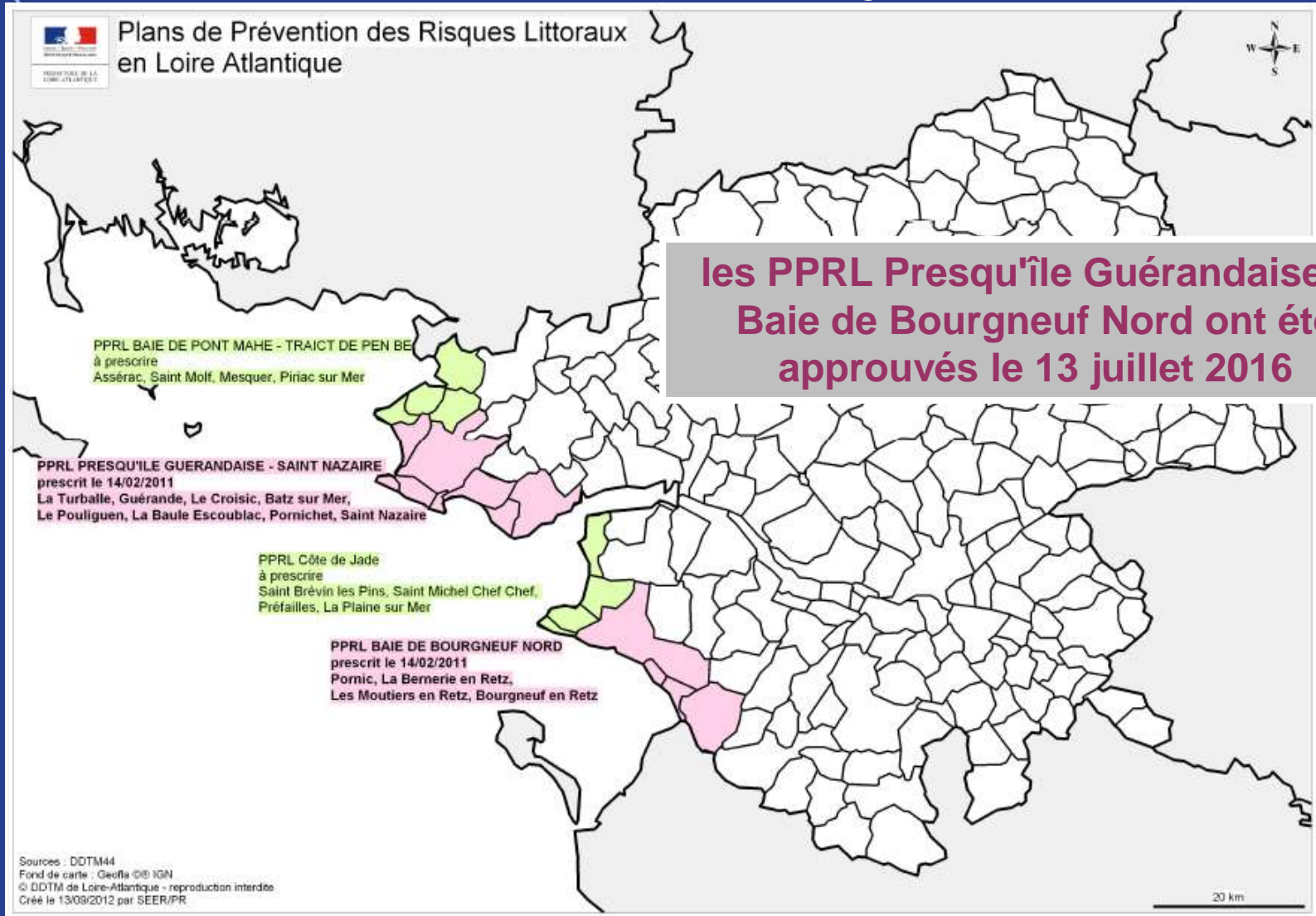
La cartographie des aléas concerne les phénomènes suivants :

- 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

Objectifs de l'étude



Phase 1: analyse du fonctionnement du littoral



Fonctionnement hydro-morpho-sédimentaire

Géomorphologie

Conditions climatiques,
météorologiques,
hydrodynamiques

Trait de côte, transport
sédimentaire



Synthèse: aléas et phénomènes à étudier

→ réunions des
2 et 3 octobre 2012

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

Phénomènes naturels

valeurs de référence, caractérisation & qualification

Recul de trait de côte

Migration dunaire

Submersion marine

Test des digues / dunes / ouvrages

Approche cartographique - zones faibles

Marées et surcotes

Élévation du niveau de la mer du au réchauffement clim.

Modélisation de la houle → TC

Effets de la houle à la côte

Impacts des conditions hydrod. sur la protection côtière

Test des digues / dunes / ouvrages

Création des séries chronologiques des flux d'entrées

Définitions des scénarios de submersion

Modélisation submersion dynamique

Cartographie sur le MNT

Inventaire et collection des données (phase 1)

Analyse des données et identification des zones faibles

Quantification des phénomènes marins coté mer

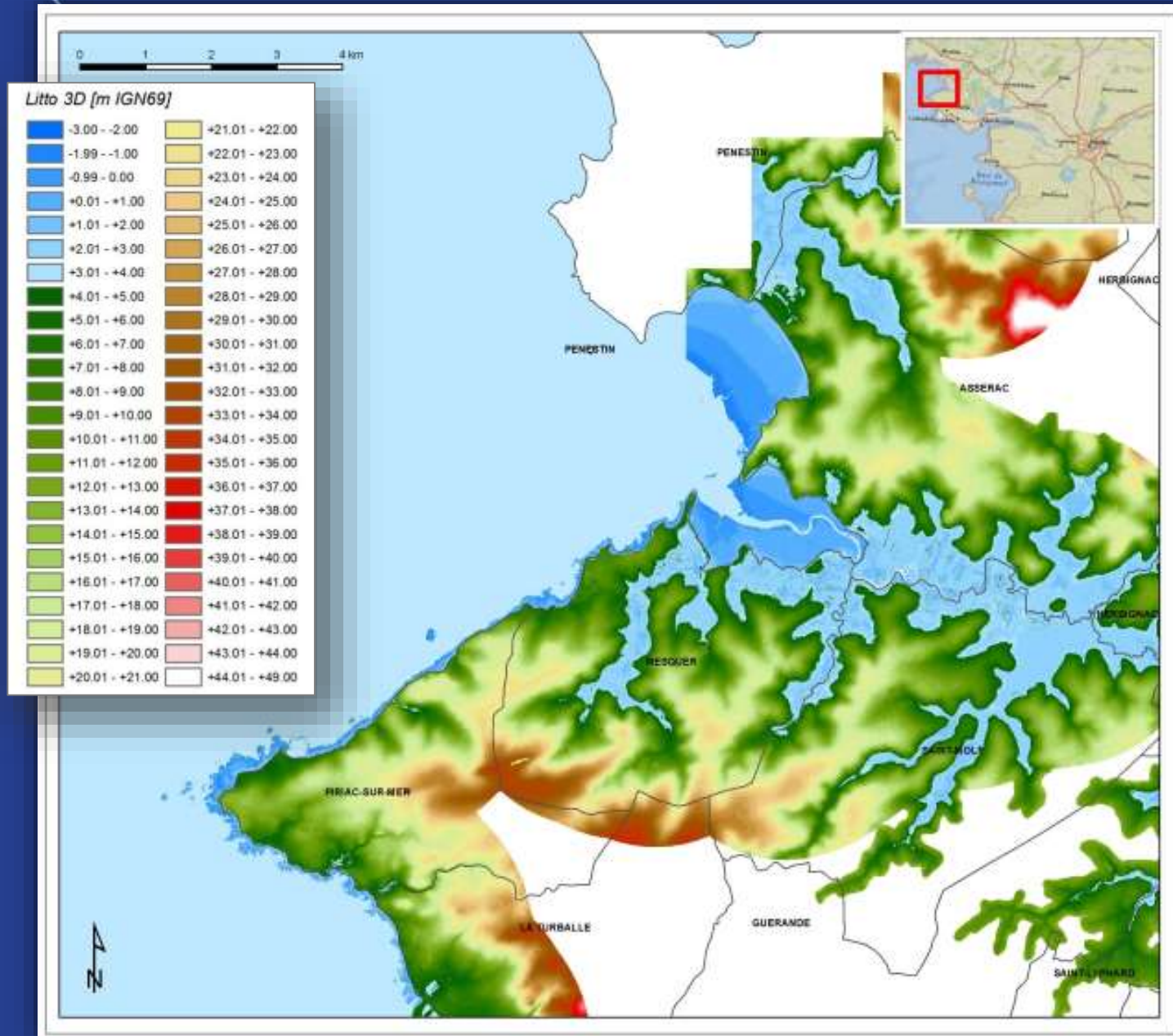
Propagation et transformation de ces phénomènes coté terre

Détermination de l'aléa de submersion

Cartographie des aléas de submersion

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

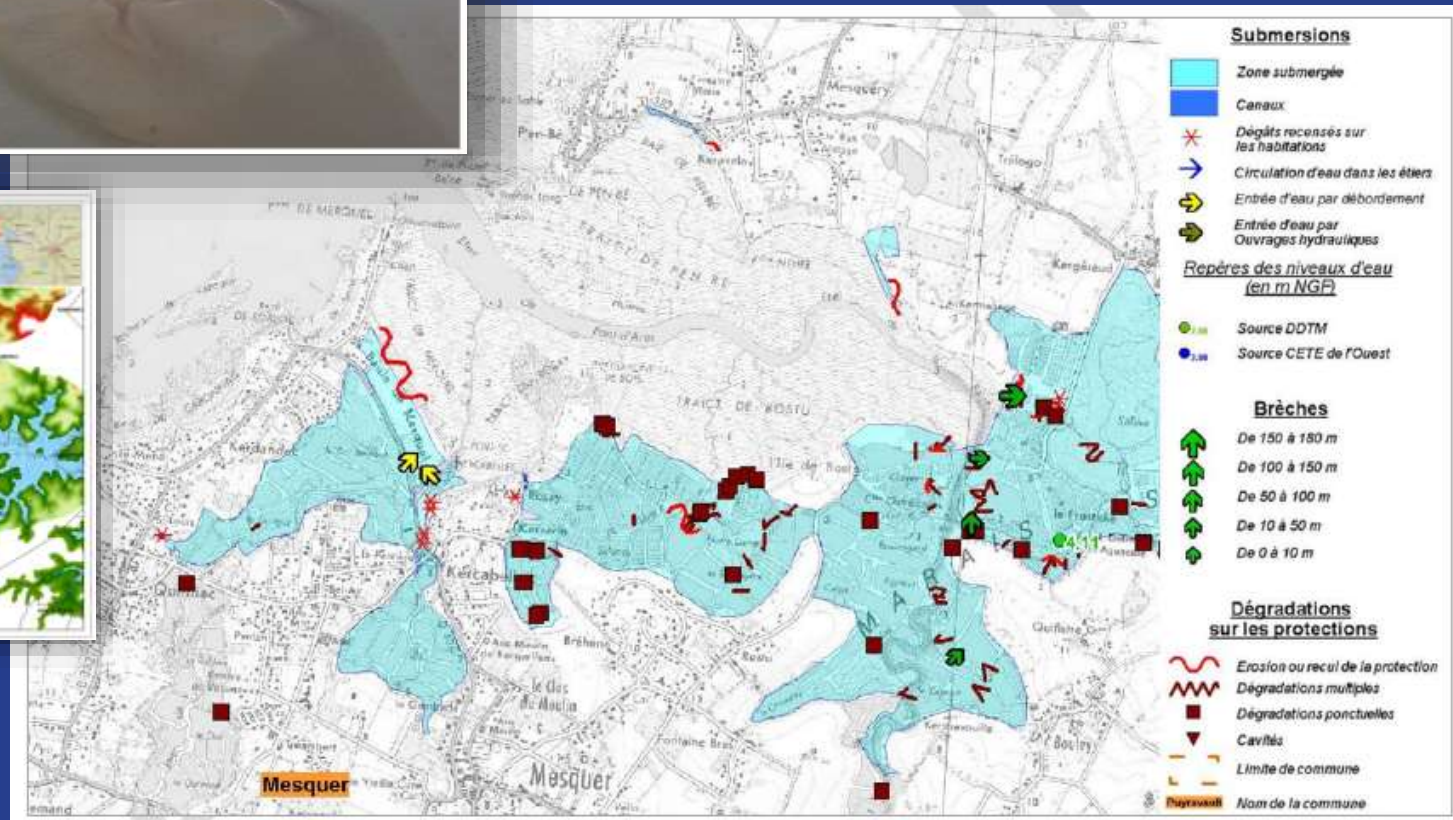


« zones basses »

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

« zones basses »

Carte CETE des submersion lors de Xynthia (2010)



« 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 1 : Baie de Pont-Mahé – Traict de Pen-Bé

nr.	NOM
1	plages de la baie de pont mahé - étier / vannage
2	plages de la baie de pont mahé
3	falaise de Pen-Bé
4	traict de Pen-Bé
5	port de Kerca bellec
6	plages de Mesquer
7	port de Toulru
8	port de Lanseria
9	falaises de Piriac sur-mer
10	falaises de Piriac sur-mer - la noé malade
11	port de Piriac
12	plage Saint-Michel
13	falaise de la Côte Populaire
14	plages de Piriac-sur-mer
15	port Lérat
16	plage de La Turballe
17	plage de La Turballe - port plat



Mairie de la LOIRE-ATLANTIQUE

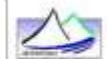
Cartographie des aléas littoraux en Loire Atlantique dans le cadre des futurs PPRL

Baie de Pont Mahé - Traict de Pen Bé

Zones homogènes

12066_001_120705_zones_1
Rapport nr.

Date: 11/06/2012
Carte 01



Commerce 18
2004 Avenue
Tel +33 2 2710 92 38
Fax +33 2 2710 92 11
Email: info@imdc.fr

Légende

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

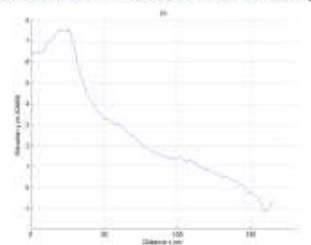


Secteur 1 : Baie de Pont-Mahé – Traict de Pen-Bé

Zone nr.	10 – Falaises de PIRIAC SUR MER – La Noë Malade
Communes	PIRIAC SUR MER
Nature du tronçon	Plage – dunes / plage – terre / plage – digues / plage – falaises vives – port – estuaire – traicts/marais – traicts/marais
Longueur [m]	2000
Topographie	



Profil critique Accès plage Chemin de la Garenne, habitations près de la plage



Zone protégée

- La zone protégée est située au droit de la plage de Port Er-Ster. Elle représente une surface d'environ 1.3ha. La partie située en aval est une zone naturelle envahie par la végétation et la partie la plus en amont est occupé par le camping des amis de la nature.
- Chemin côtier.

Risque potentiel Submersion, inondation

Incidents connus

- Les seuls incidents connus sont dus aux fortes pluies en période estivale lorsque l'exutoire est complètement ensablé ou suite à une tempête a remonté le niveau du sable sur la partie supérieure de l'estran.

- Les risques de submersion sont faibles compte tenu de la section de la buse d'évacuation.
- Pas d'inondation recensée lors de Xynthia

Caractéristiques sédimentaires Roche tendre et roche friable

Processus hydrodynamiques Débordement / surverse / déferlement / érosion

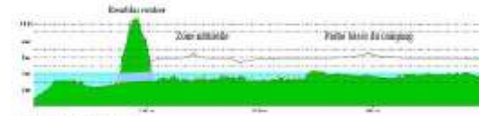
Présence des structures & fonction actuelle La Noë-Malade

- L'ouvrage de protection est un remblai dont la base mesure 35m et sa largeur en tête est de 10m environ.
- Matériaux de constitution non connus
- Il est situé 80m en arrière du trait de la côte rocheuse qui supporte la RD455 (Avenue du général de Gaulle) pour le franchissement du vallon de la Noë Malade
- Au point bas de la zone, une buse permet l'évacuation des eaux pluviales du bassin versant. Selon la saison, l'exutoire est dégagé (hiver) ou col (été). Lors des forts coefficients de marée la mer peut pénétrer par cet buse et remonter le long du ruisseau.
- L'ouvrage est en bon état général.
- Par ailleurs, on note la présence d'une dune qui, protégée du piétinement par des ganivelles, est en phase d'accrétion.

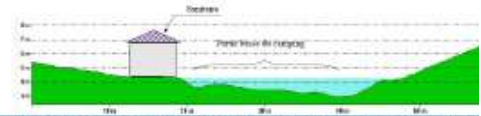
Au sud de Port-au-Houp

- Enrochements de confortement.
- Plusieurs ouvrages singuliers, de nature différente : murs en béton et perrés en enrochement ou maçonnés, situés en pied de falaise pour protéger les propriétés privées de glissements.
- Emissaire pluvial
- Digue littorale

Profil en long de la zone



Profil en travers à l'emplacement des habitations



Hauteur minimale [m IGN] Le remblai semble fondé aux environs de la cote +2.00 IGN et le point le plus bas de la voie est à la cote +10.40m. A l'arrière du remblai, la zone la plus basse est située à environ +3m IGN

Végétation Zone fortement végétalisée en aval avec des herbes rases sur les hauteurs de la falaise et des pins à l'arrière.

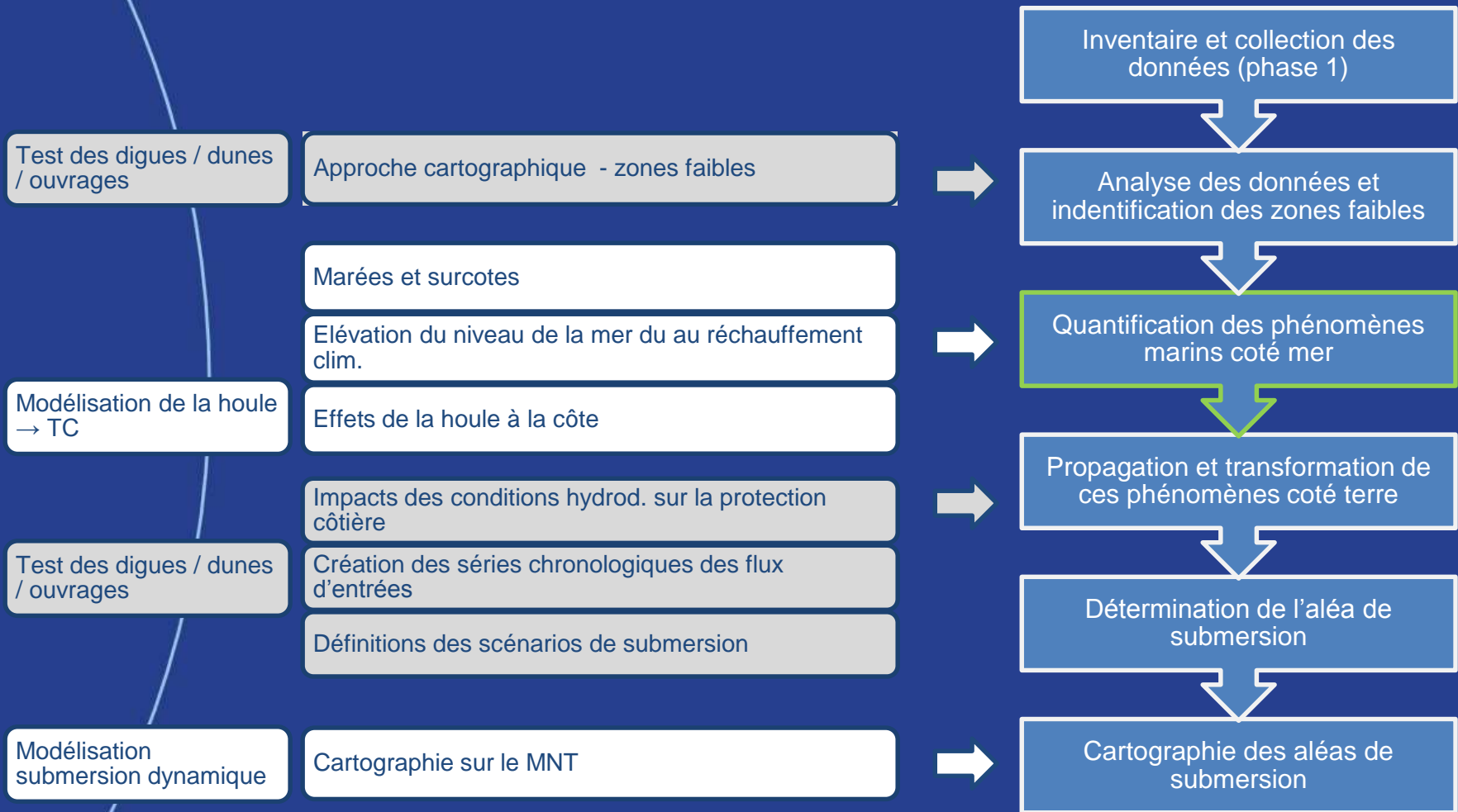
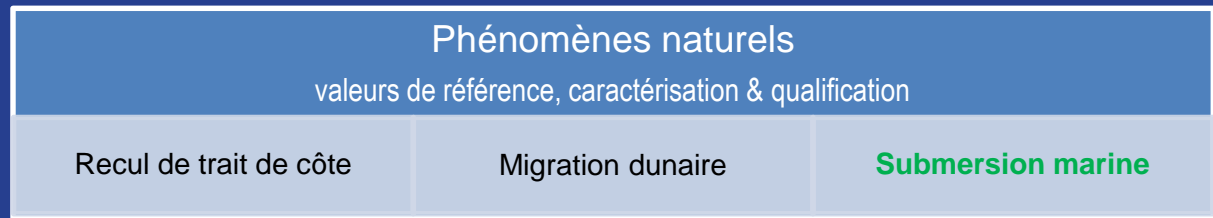
Maîtrise d'ouvrages	La voie est une route départementale gérée et entretenue par le Conseil Général 44.
Taux annuel d'érosion [m / an]	-0.50m/an entre Port aux loups et le port de Piriac/mer
Remarques	/

Vue typique Plage de Port Er-Ster



Vue de la section de la voie avec la digue en arrière plan. Au premier plan, visible avec le niveau de l'eau, la zone goudonnée rocheuse.

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

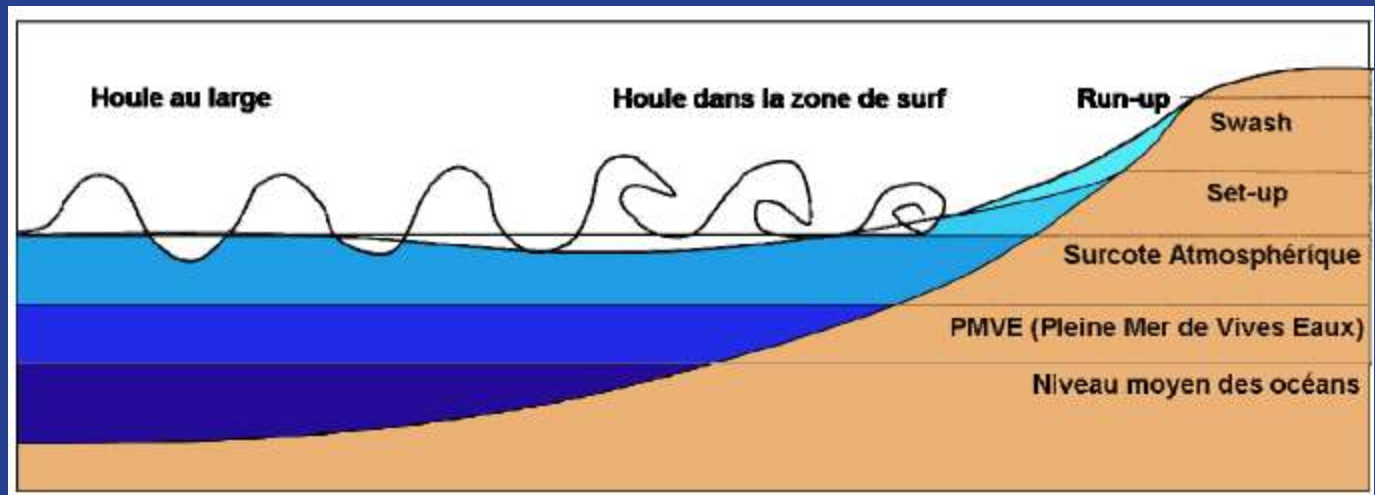


l'événement de référence pour le PPRL

« 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)
→ marégraphe de Saint-Nazaire
- la houle (H_{m0})
→ données Anemoc (+ CANDHIS) au large

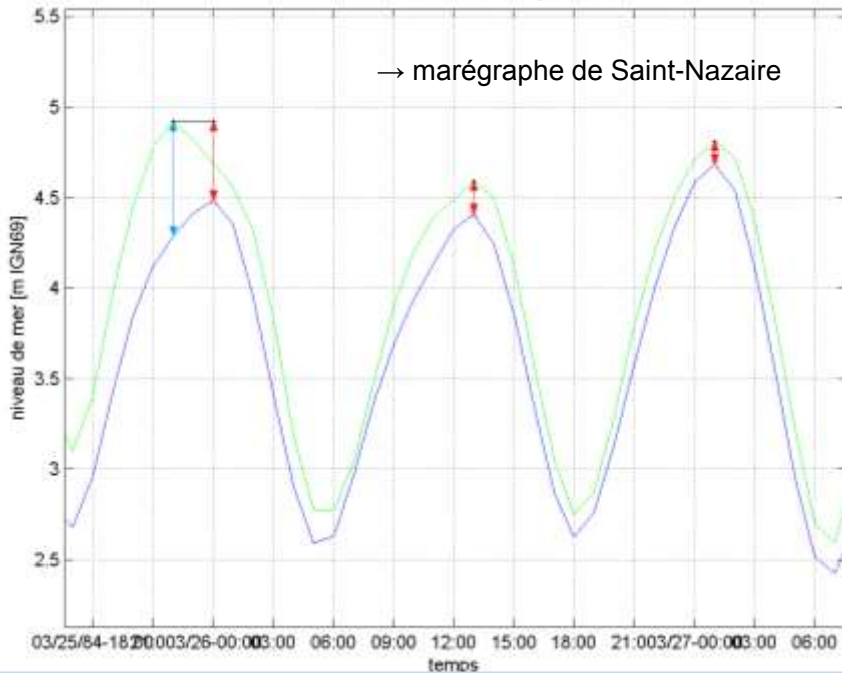
2 possibilités pour l'événement de référence :

- 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

→ marégraphe de Saint-Nazaire



Au large, dans les ports :

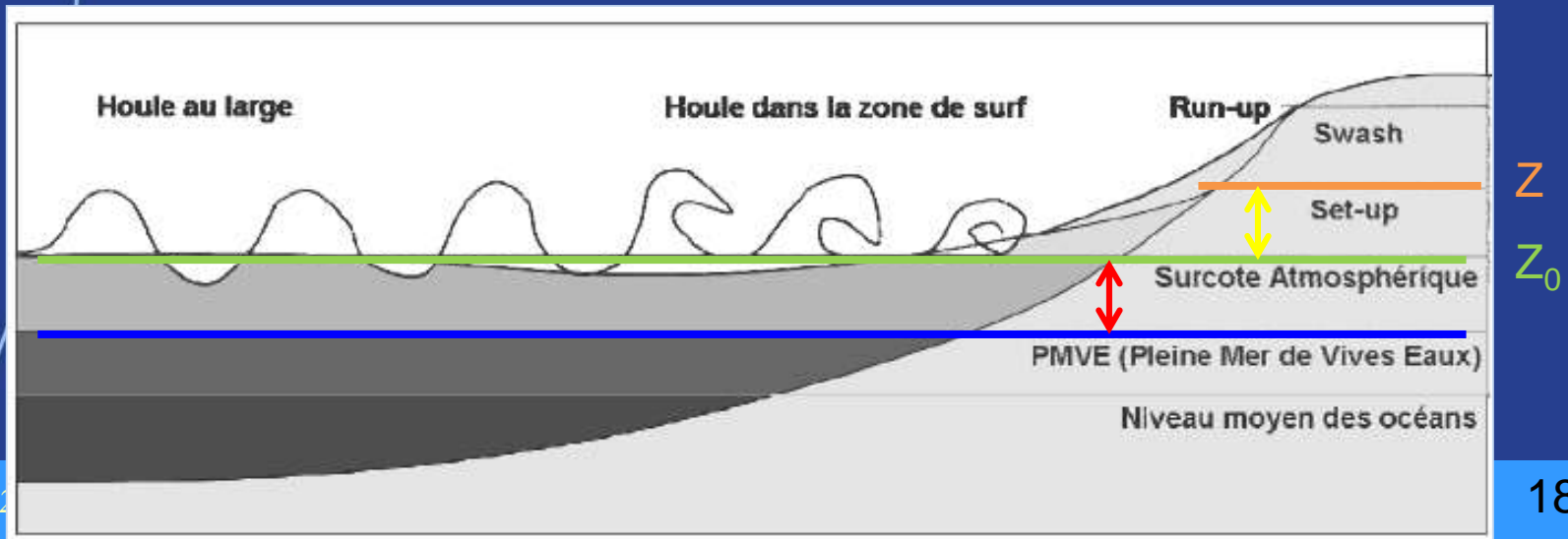
Le niveau d'eau (Z_0)

= La surcote (atmosphérique) de PM
+ La marée (astronomique)

À la côte :

Le niveau marin à la côte (Z)

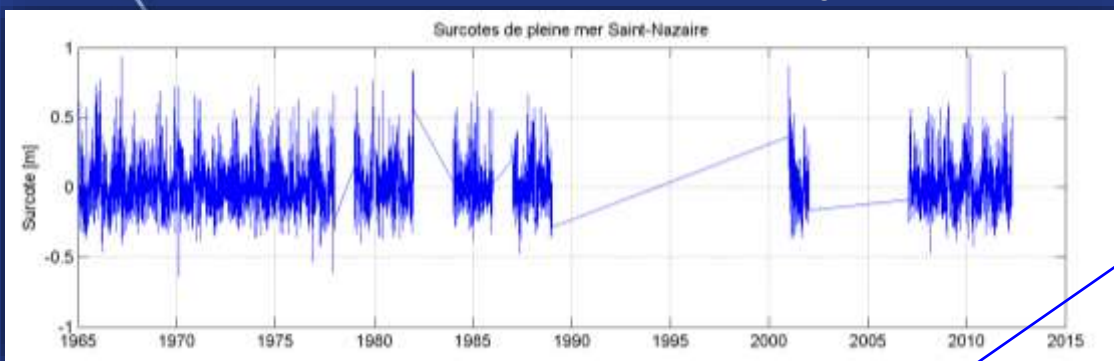
= la surcote liée aux vagues (wave set-up)
+ Le niveau d'eau (Z_0)



Marégraphe de Saint-Nazaire

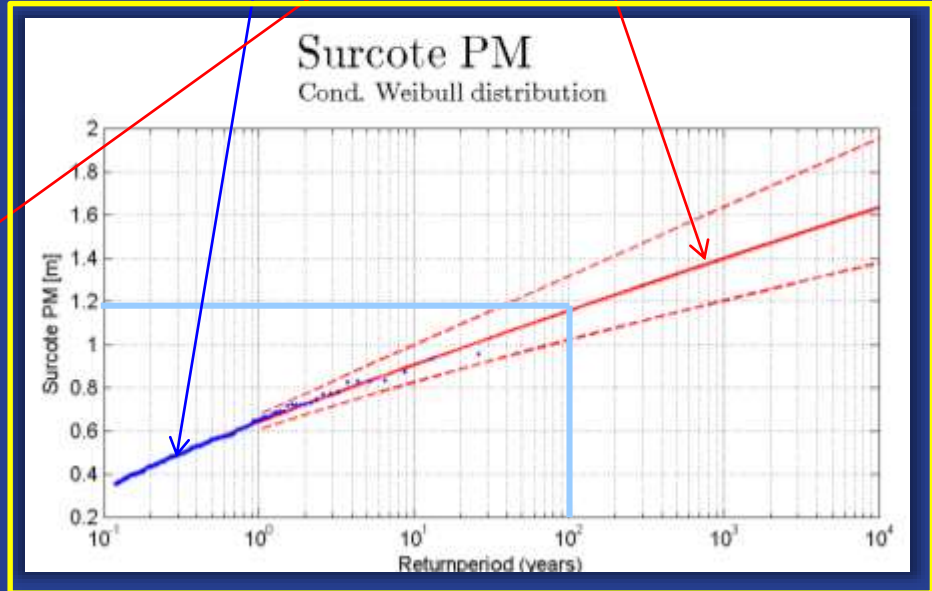
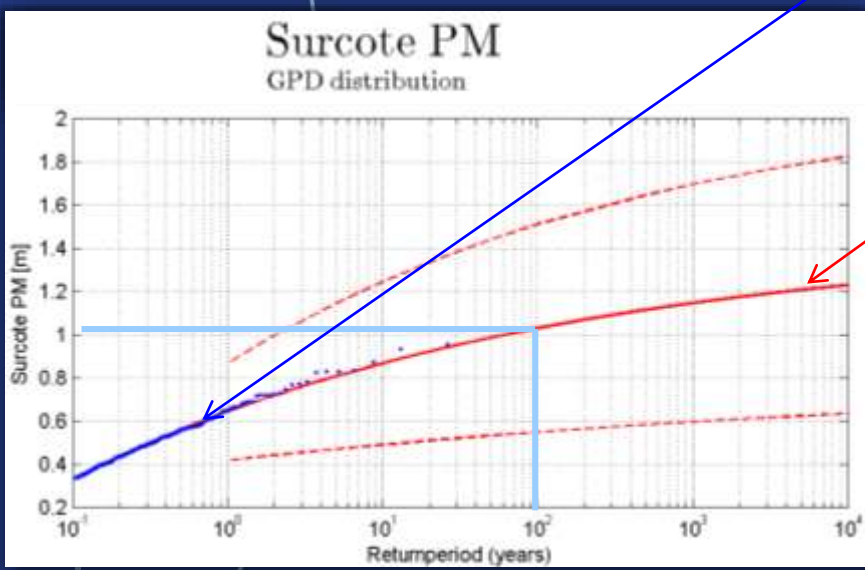
→ Série temporelle du niveau d'eau Z_0 → surcote de PM

le niveau d'eau (Z_0)

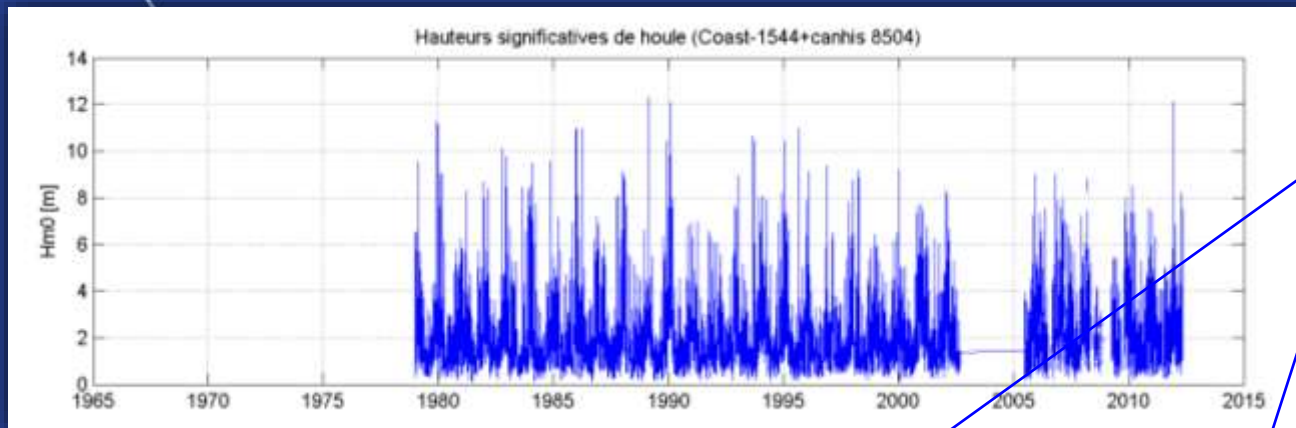


- les valeurs extrêmes
- distribution (+ extrapolation)
- limites Z_0 T100 → 1.03 - 1.16m

↓ Analyse statistique



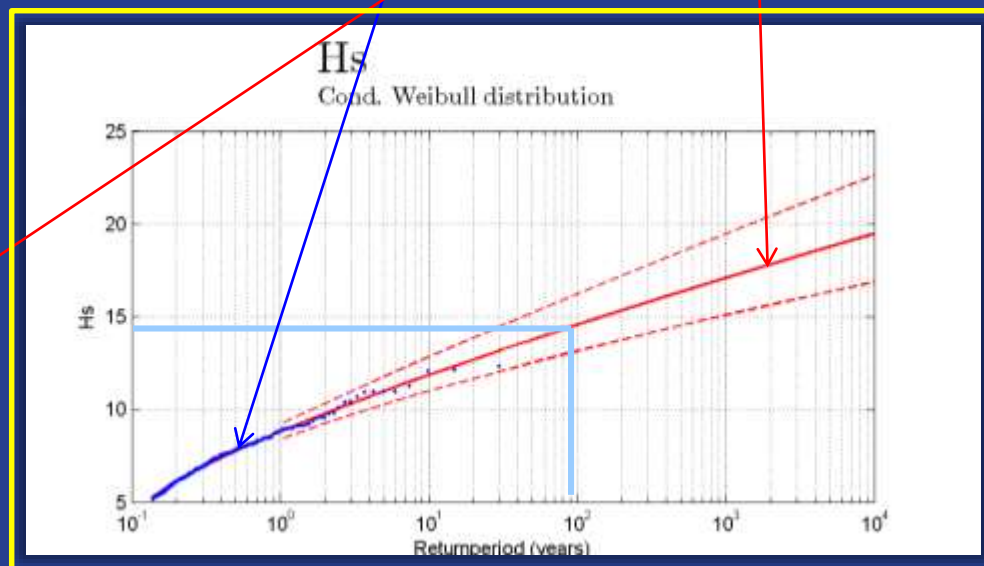
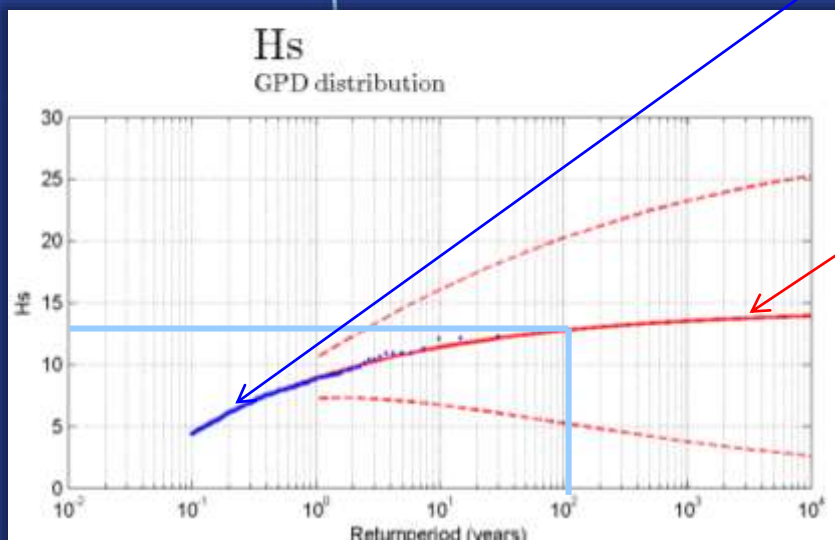
→ Hauteur de houle (H_{m0}) vs période de retour (T)



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

H_{m0} T100
→ 12.8 - 14.6m

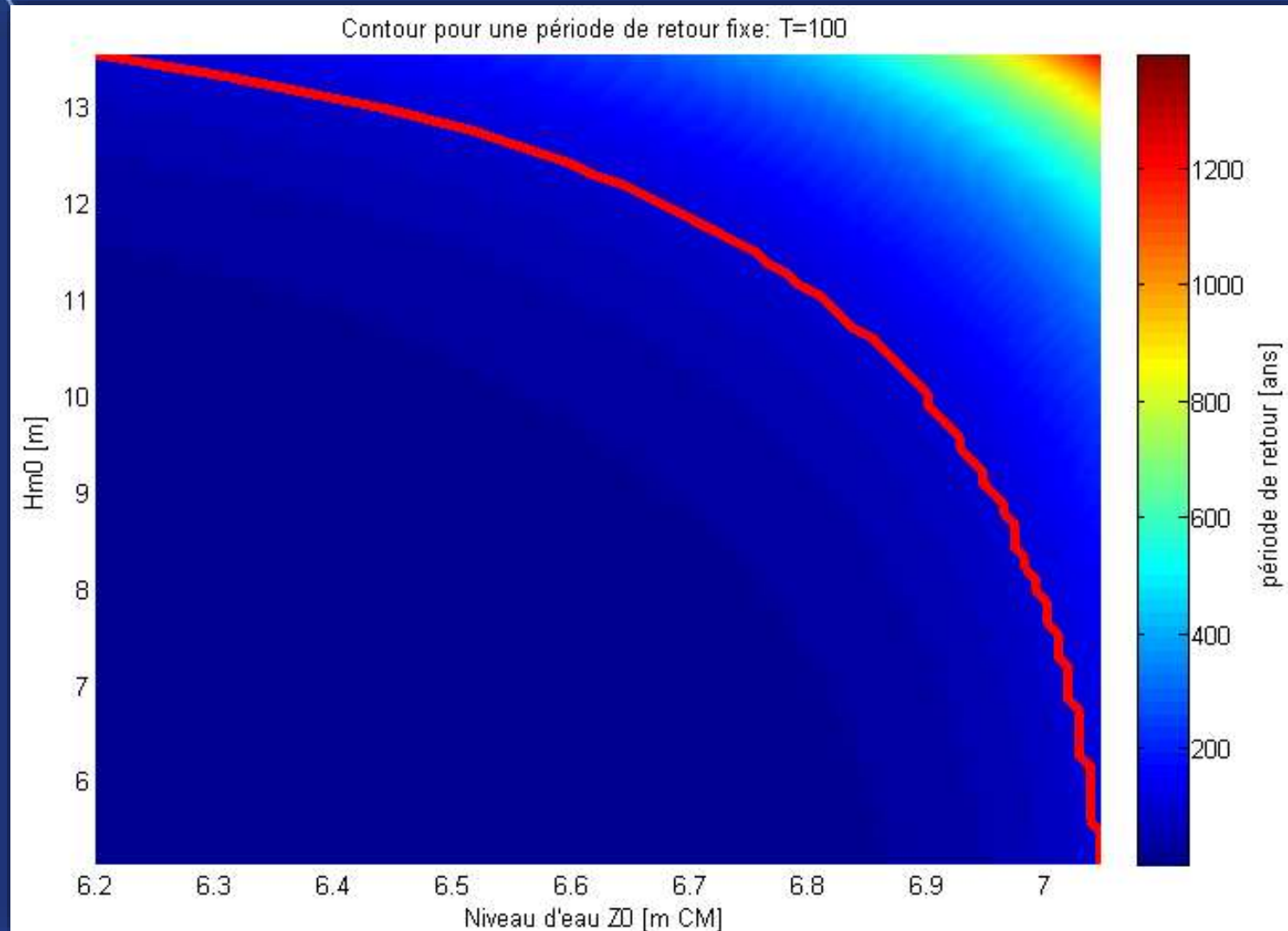
Analyse statistique



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

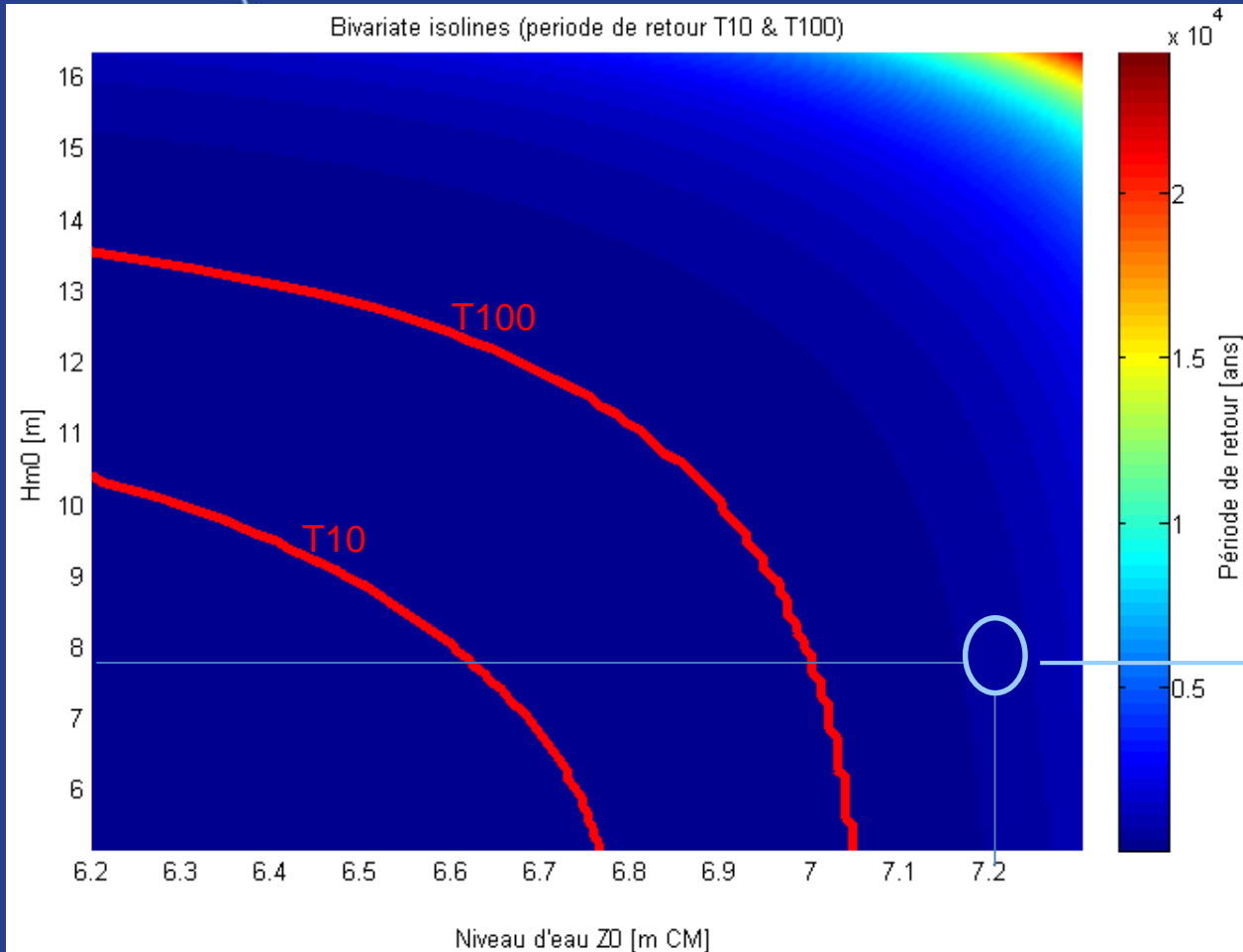
Analyse statistique: copula & convolution
→ plusieurs combinaisons (Z_0 , H_{m0}) pour $T=100$

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

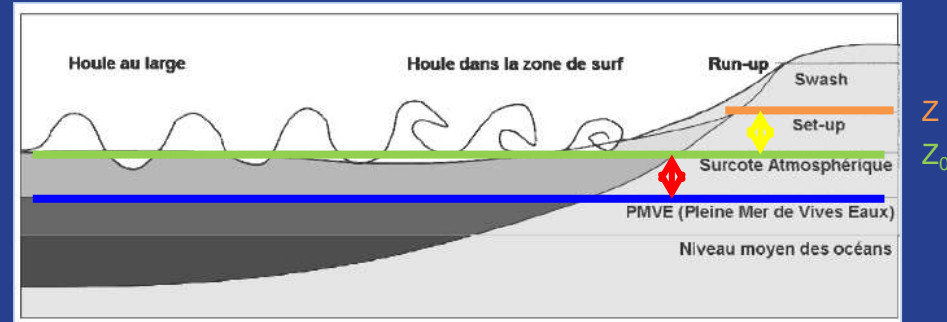
l'événement de référence pour le PPRL

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

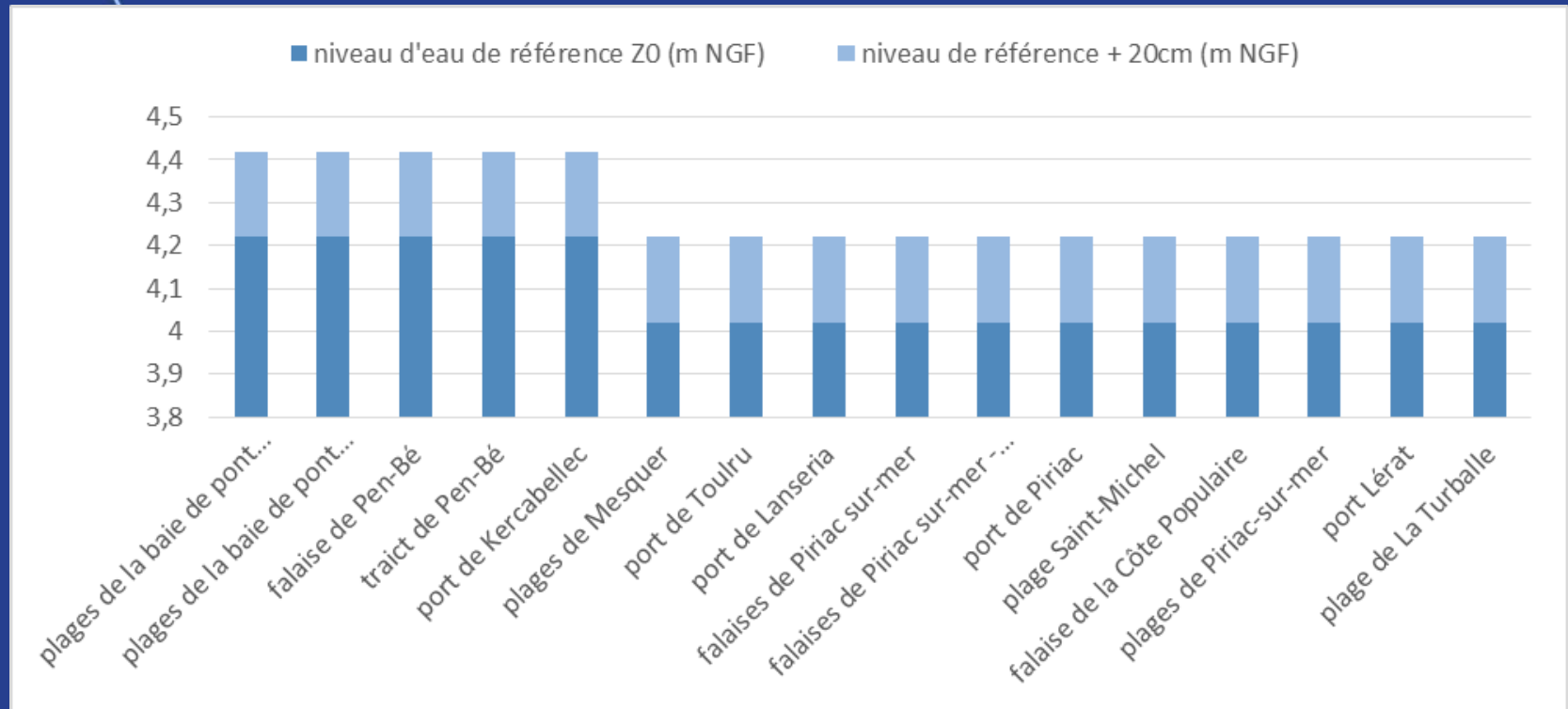
L'élévation du niveau de la mer liée au réchauffement climatique : +20cm

(= prescription issue de la circulaire PPRL)

l'événement de référence pour le PPRL

tempête	H _{m0} [m]	Tréhiguier	Le Croisic	Le Pouliguen	Pornichet	Saint Nazaire	Pornic	Fromentine
Observation								
Xynthia	7.5 à 8.5					4.06		
Transformation du niveau d'eau (Z0) vers les autres port de référence								
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
Autres éléments pour le niveau d'eau total								
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
Niveau d'eau total (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
Niveau d'eau total PPRL (+0.20cm)		4.47	4.42	4.20	4.22	4.36	4.55	4.42
Set-up de la houle		Sera prise en compte avec les modèles numériques dans le test des digues et le test des dunes						

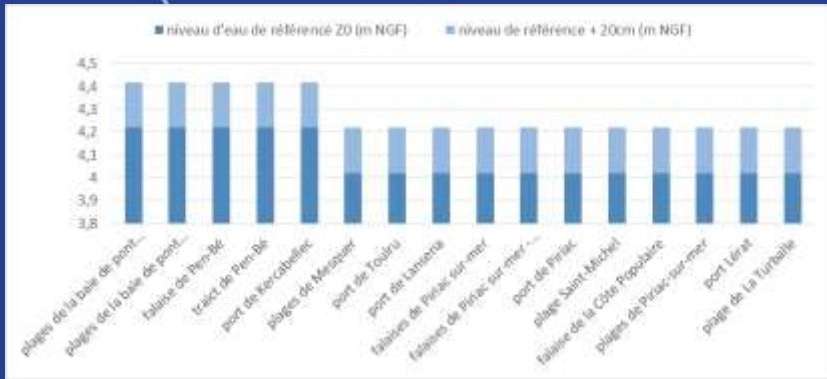
l'événement de référence pour le PPRL



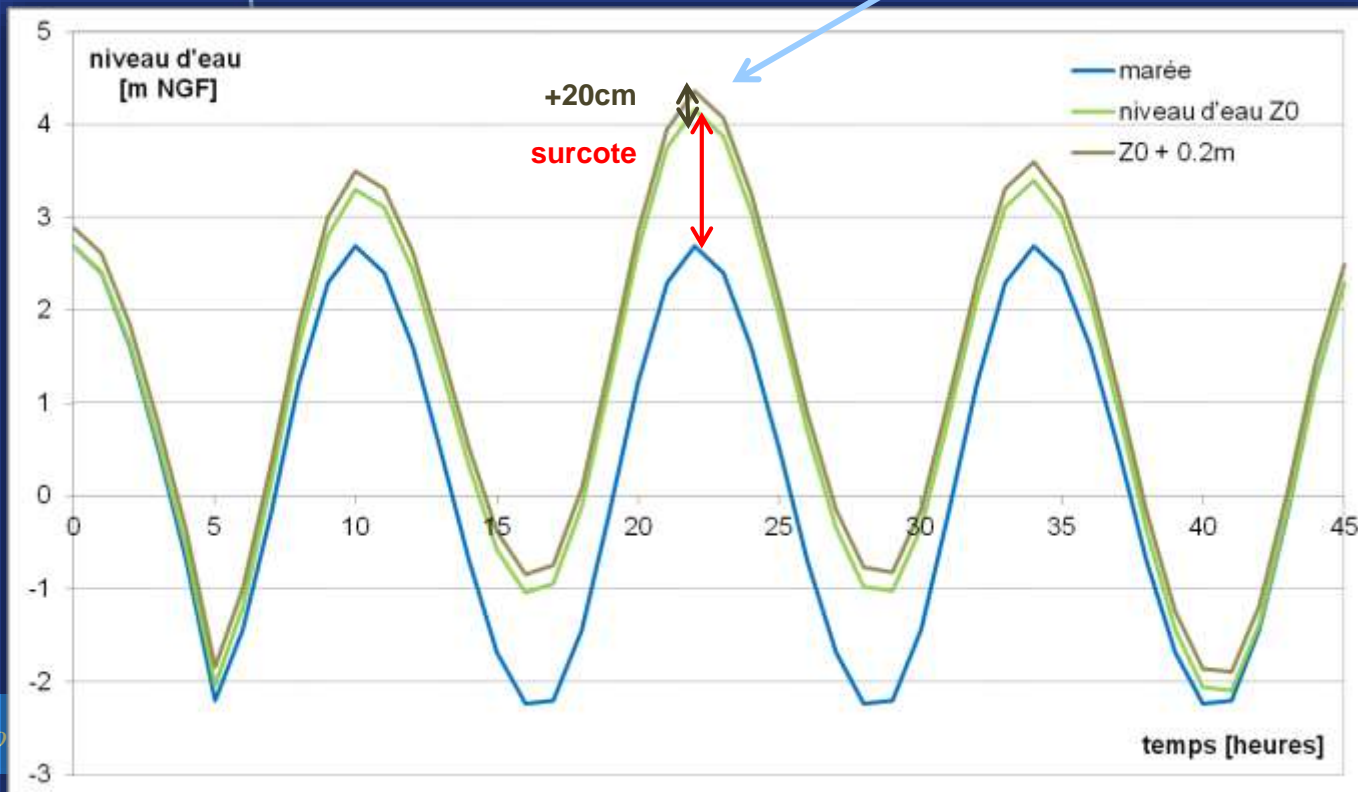
Niveau d'eau Z_0 = marée astronomique (coef 102 + surcote atmosphérique + effet du vent dans les baies + incertitude 10cm)

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

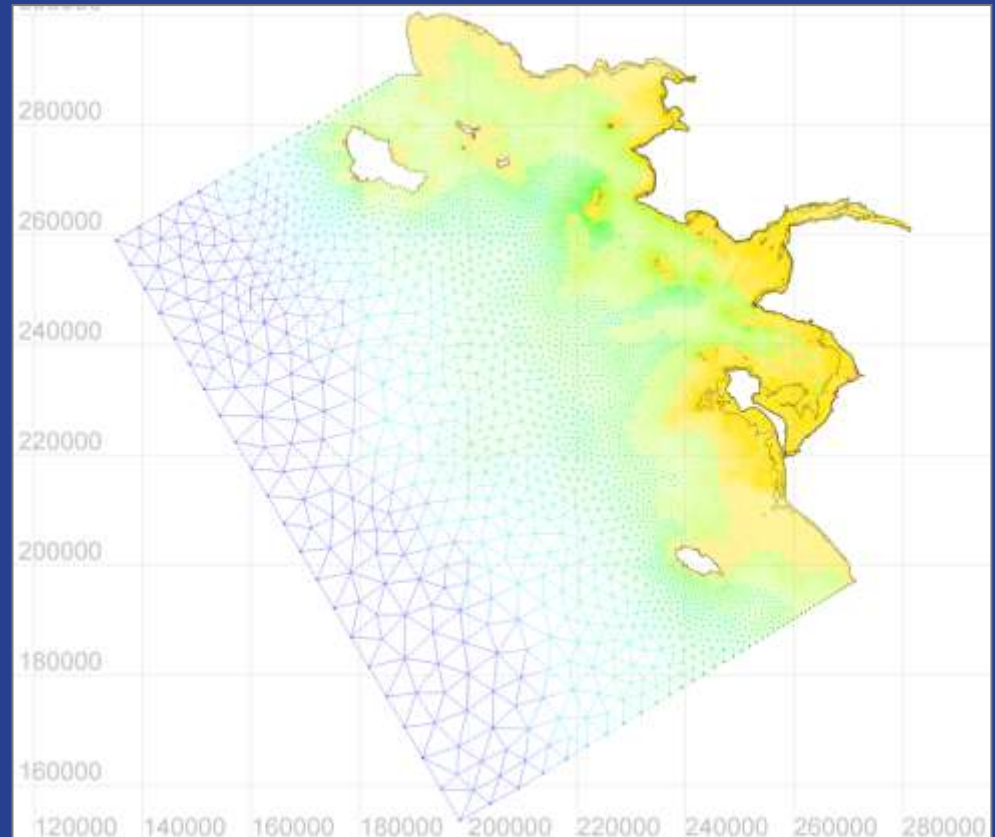
→ durée
typique de la
tempête

l'événement de référence pour le PPRL

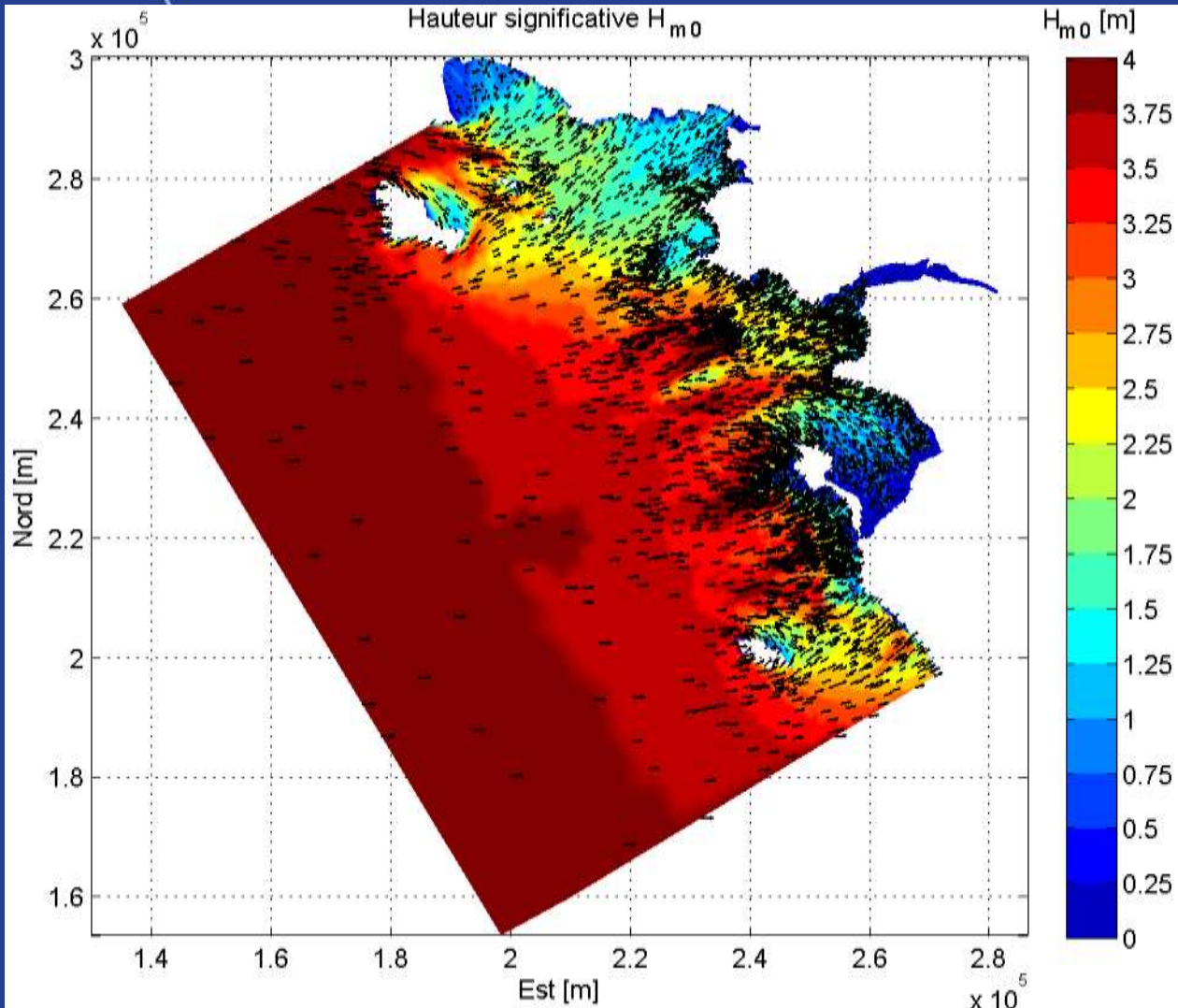
Les conditions hydrodynamiques

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



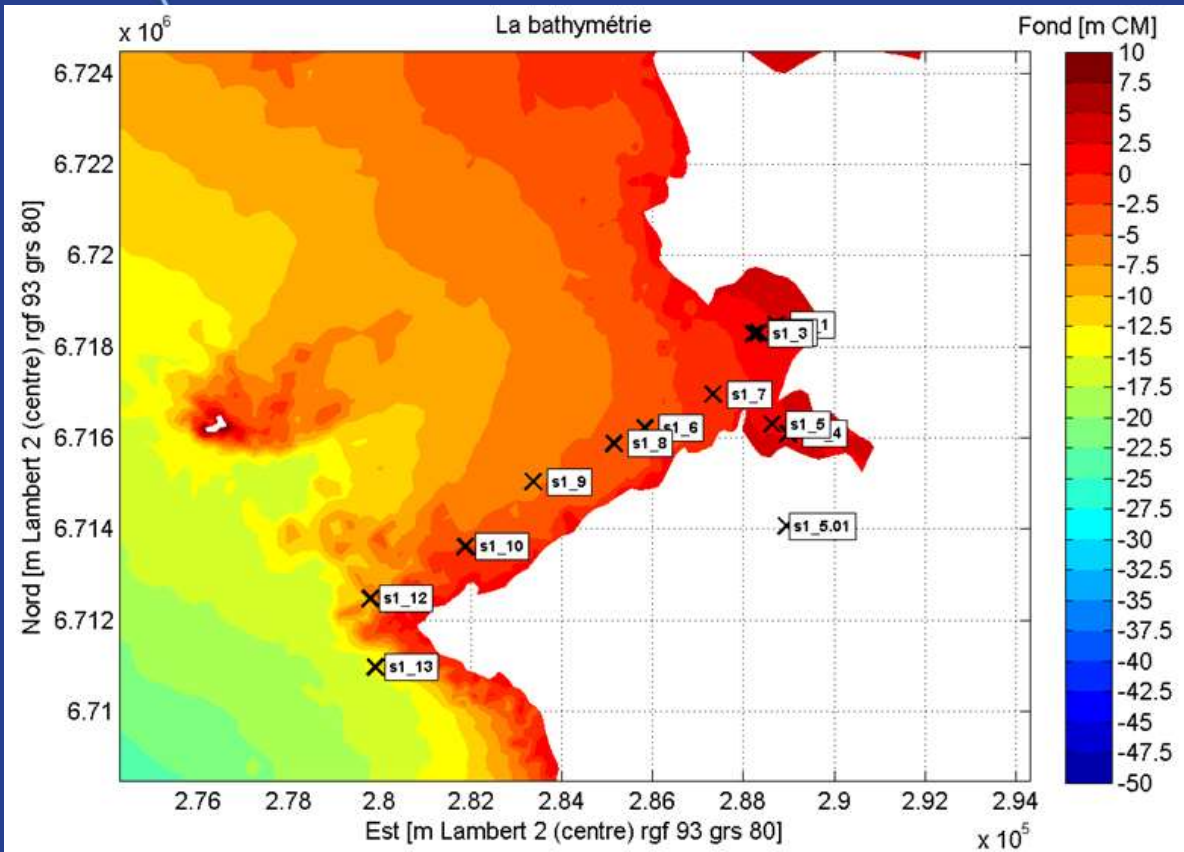
Transformation du large → côte



Les conditions sont connues au large.

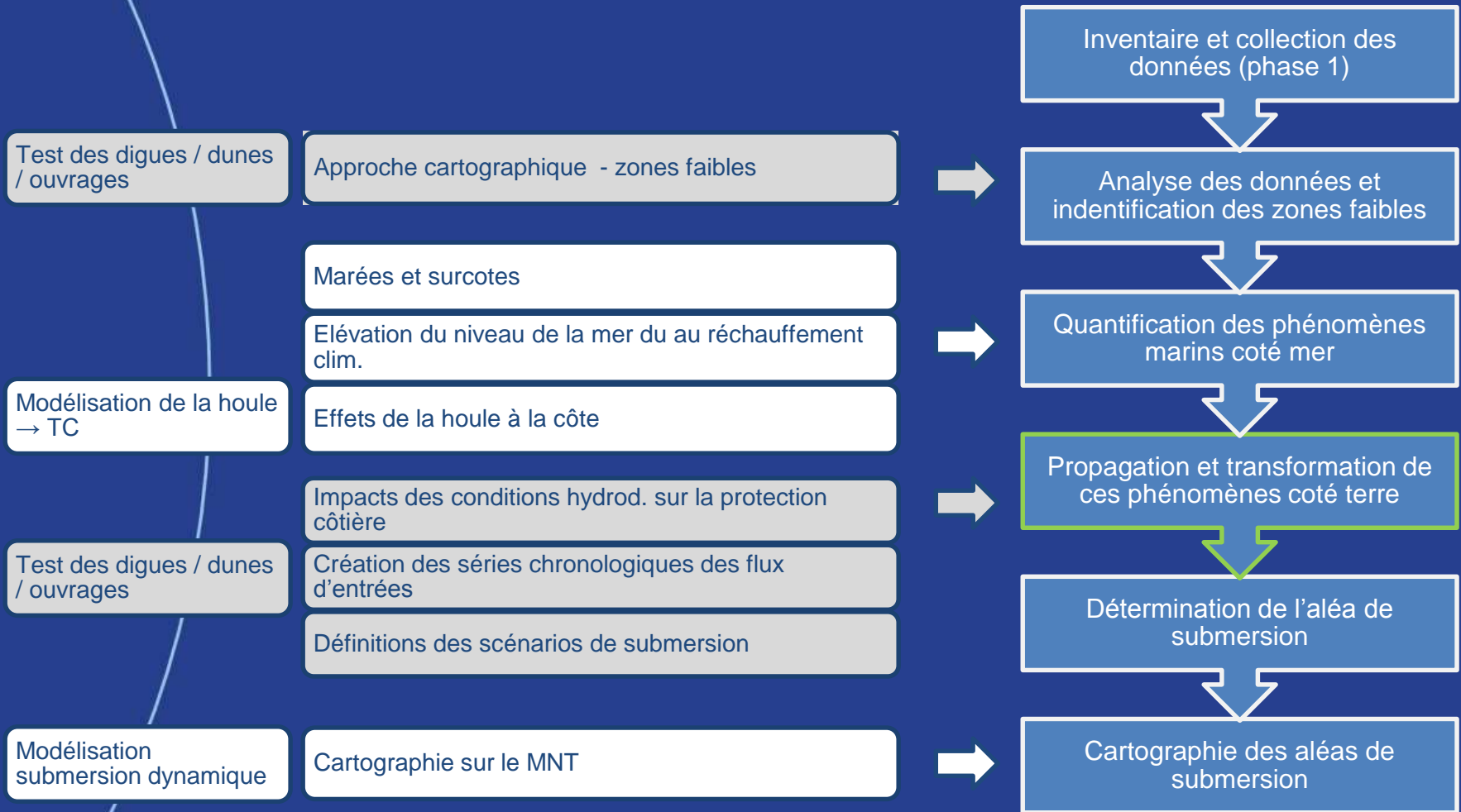
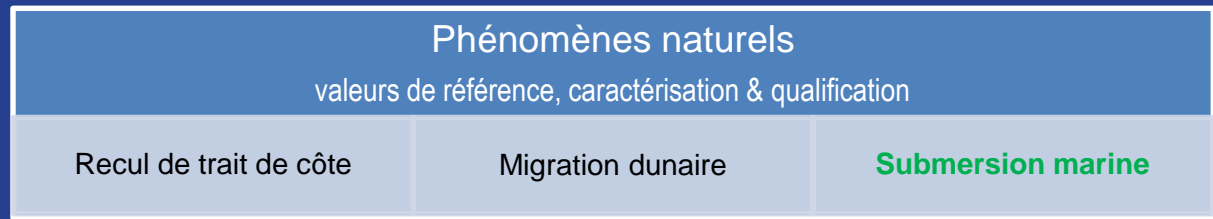
Calcul de l'évolution de
→ la hauteur de houle (H_{m0}) (couleur)
→ la direction (les flèches noires)
du large vers la côte.

Modèle de houle



La bathymétrie du modèle
(zoom du secteur 1)

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



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

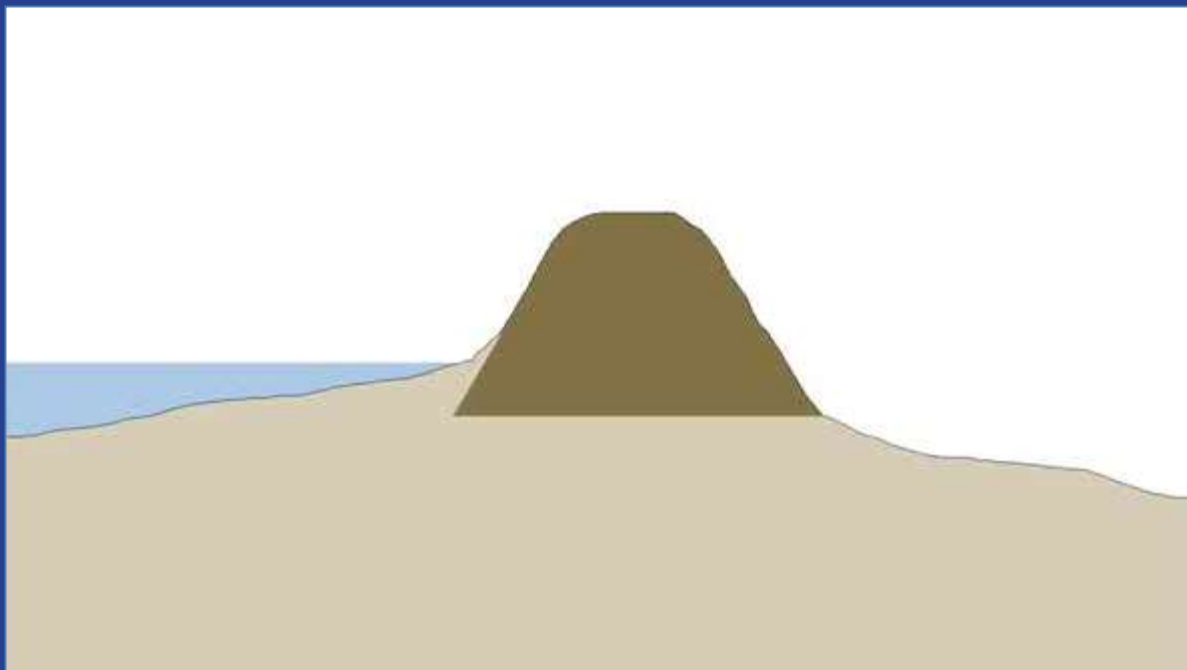
- digues (littoral & marais salants)
- cordons dunaires
- ports & ouvrages

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

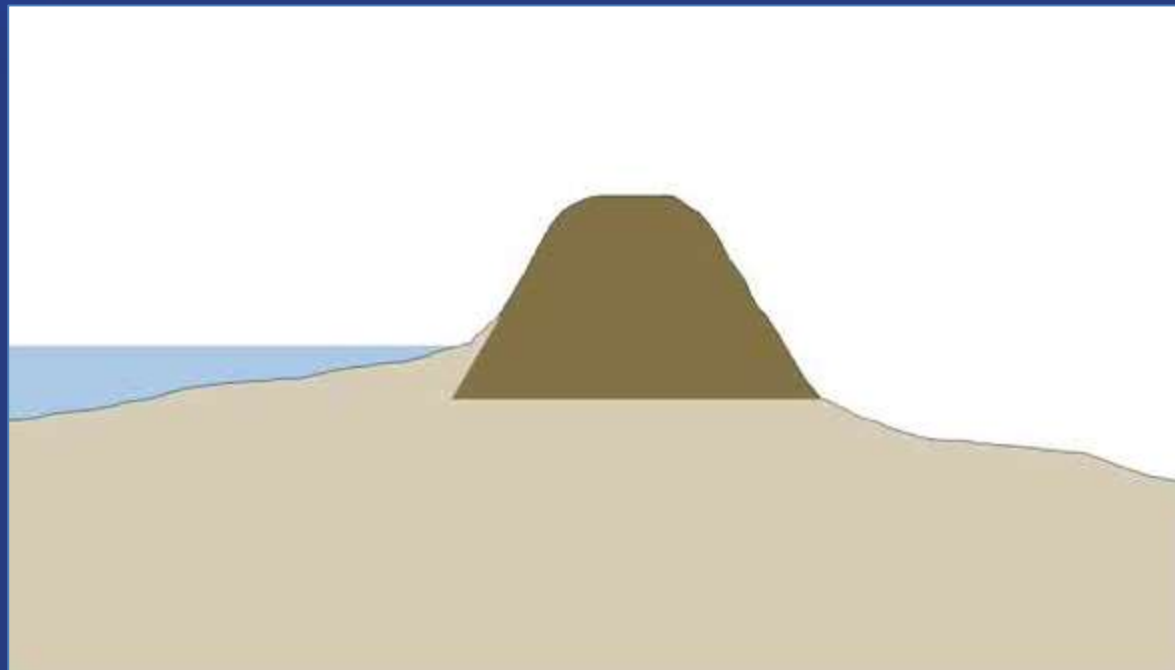


Propagation et transformation de phénomènes coté terre

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

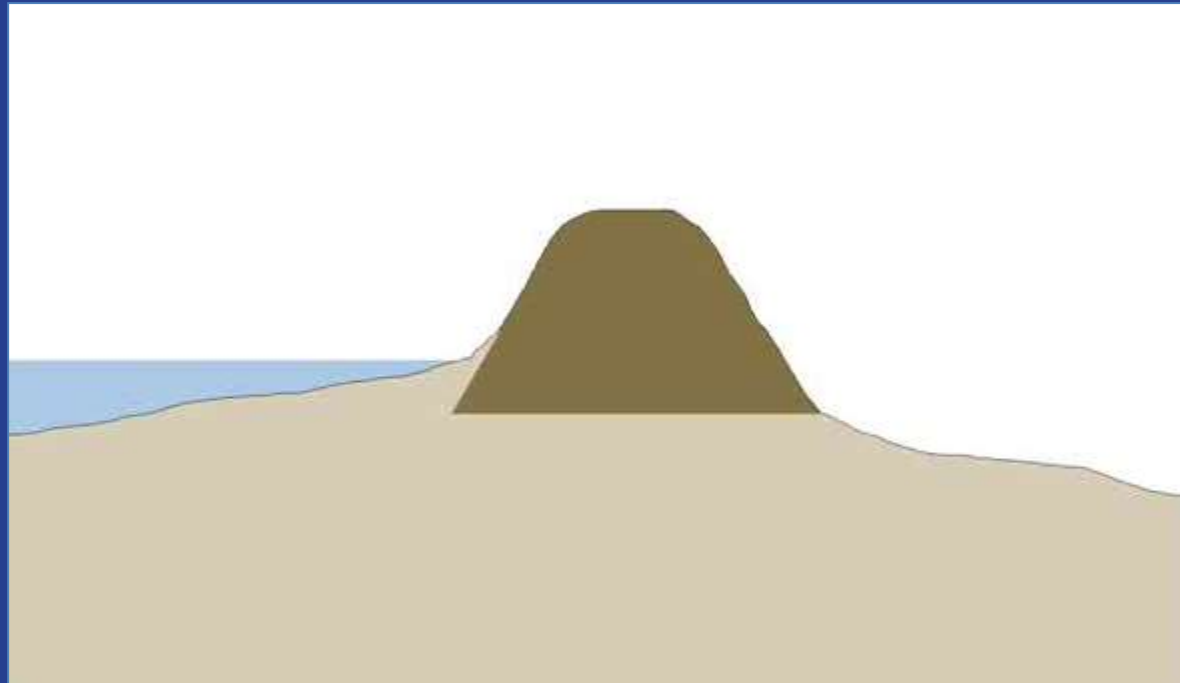


Propagation et transformation de phénomènes coté terre

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

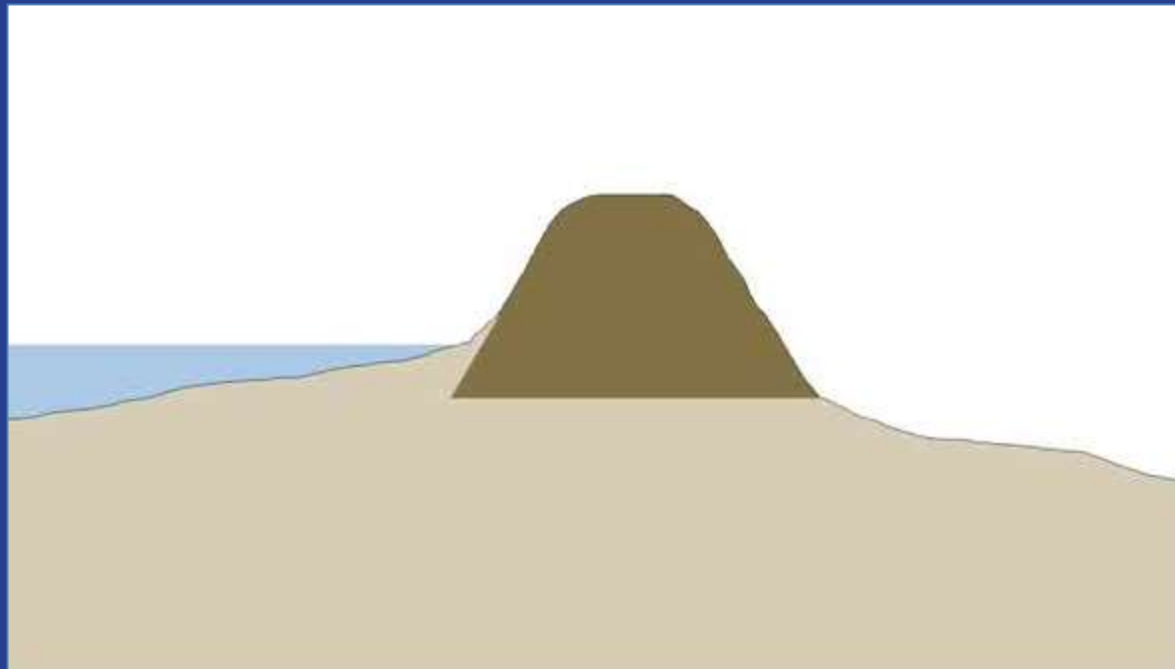


Propagation et transformation de phénomènes coté terre

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 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
- 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
 - à partir du moment où il y a surverse
 - sur une largeur minimale de 50 mètres
- débit additionnel :
 - le test des digues indique les endroits avec des franchissements importants, mais sans rupture

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

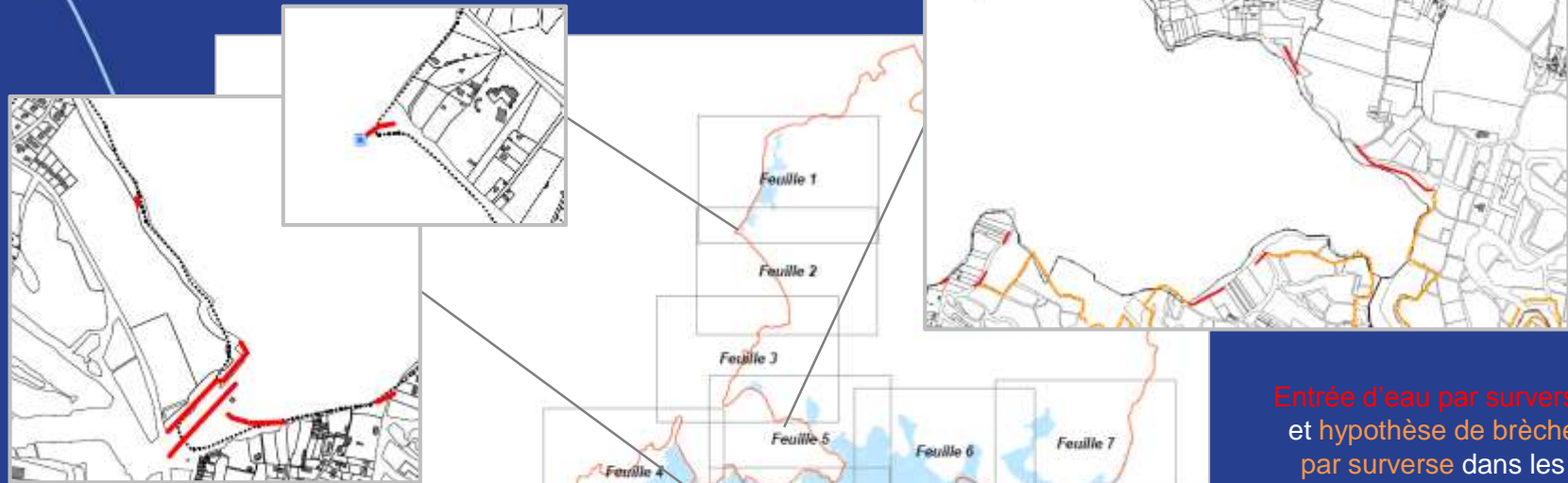
seront évalué sur la base de :

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

Propagation et transformation de phénomènes coté terre

Étier de Pont Mahé: construction hydraulique
+ entrée d'eau par surverse

Entrée d'eau
par surverse



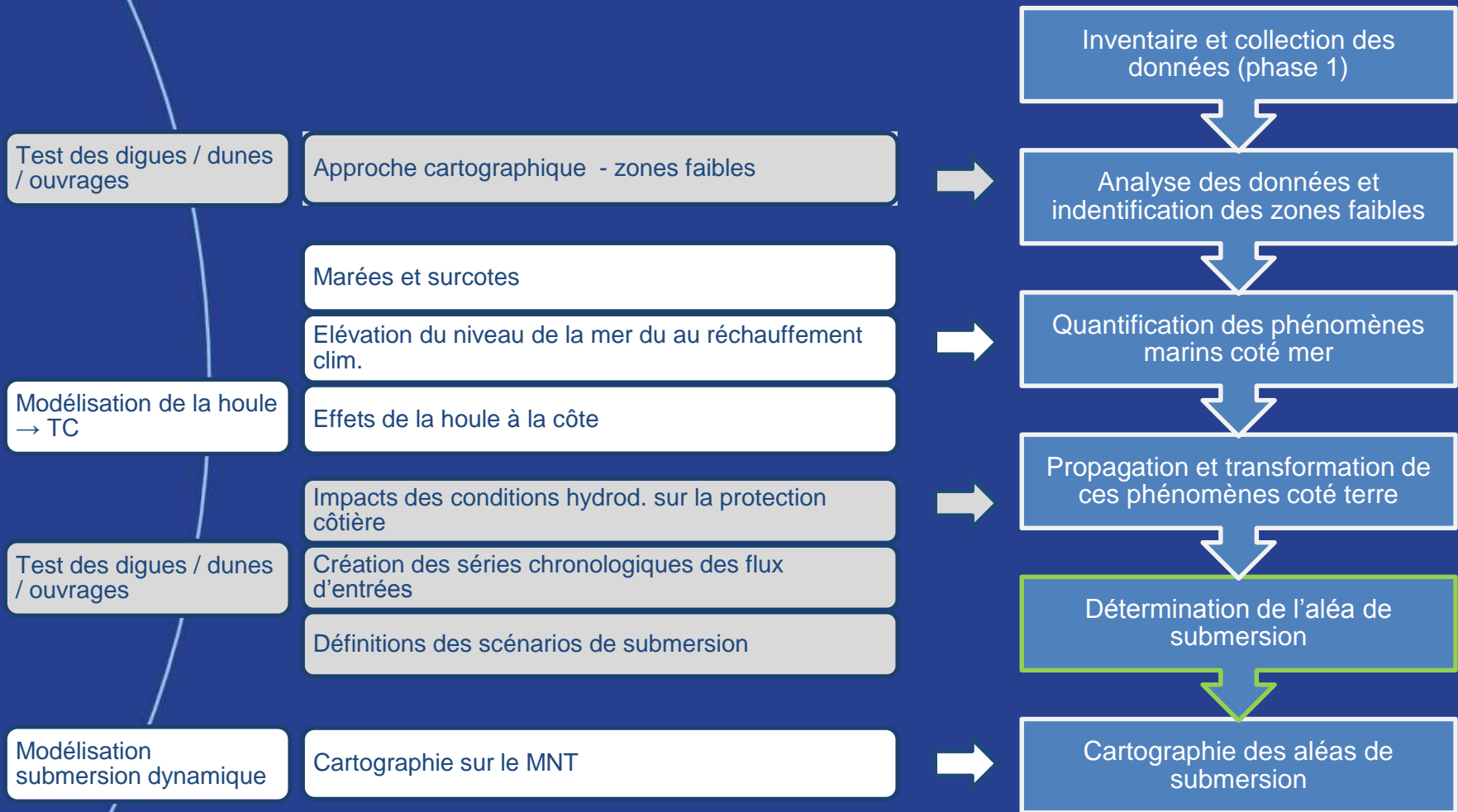
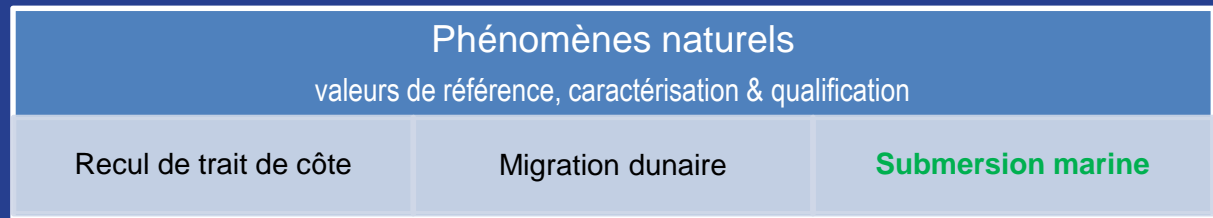
Entrée d'eau par surverse
dans le port de
Kercabellec

Entrée d'eau par surverse
et hypothèse de brèche
par surverse dans les
marais salés des
communes de Mesquer,
Asserac et Saint-Molf.

Entrée d'eau par surverse

	Construction hydraulique		Entrée d'eau par surverse (< 20 cm)		Hypothèse de brèche (par surverse)
	Franchissement par paquets de mer		Entrée d'eau par surverse (> 20 cm)		Hypothèse de brèche
					Brèche de dune



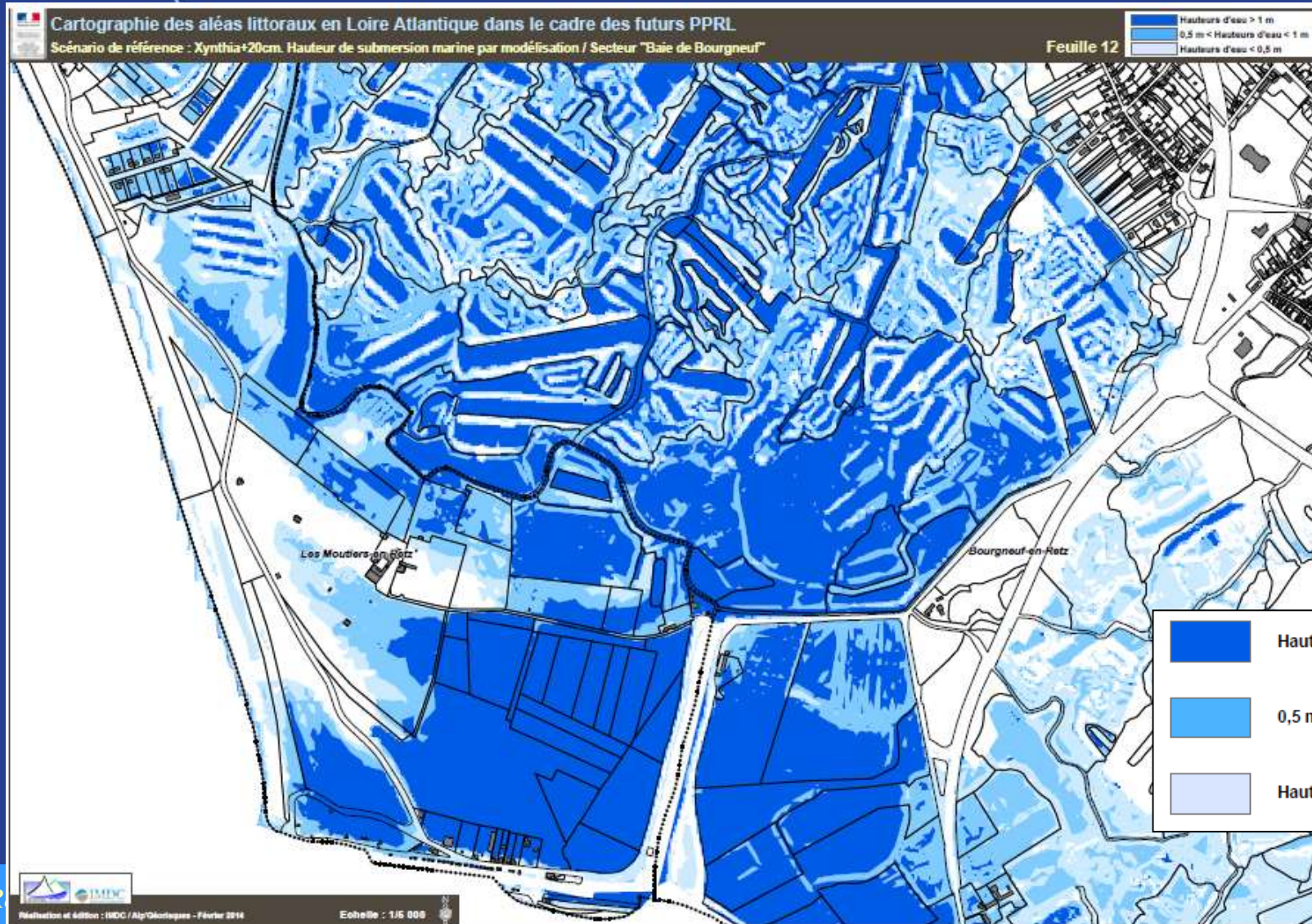


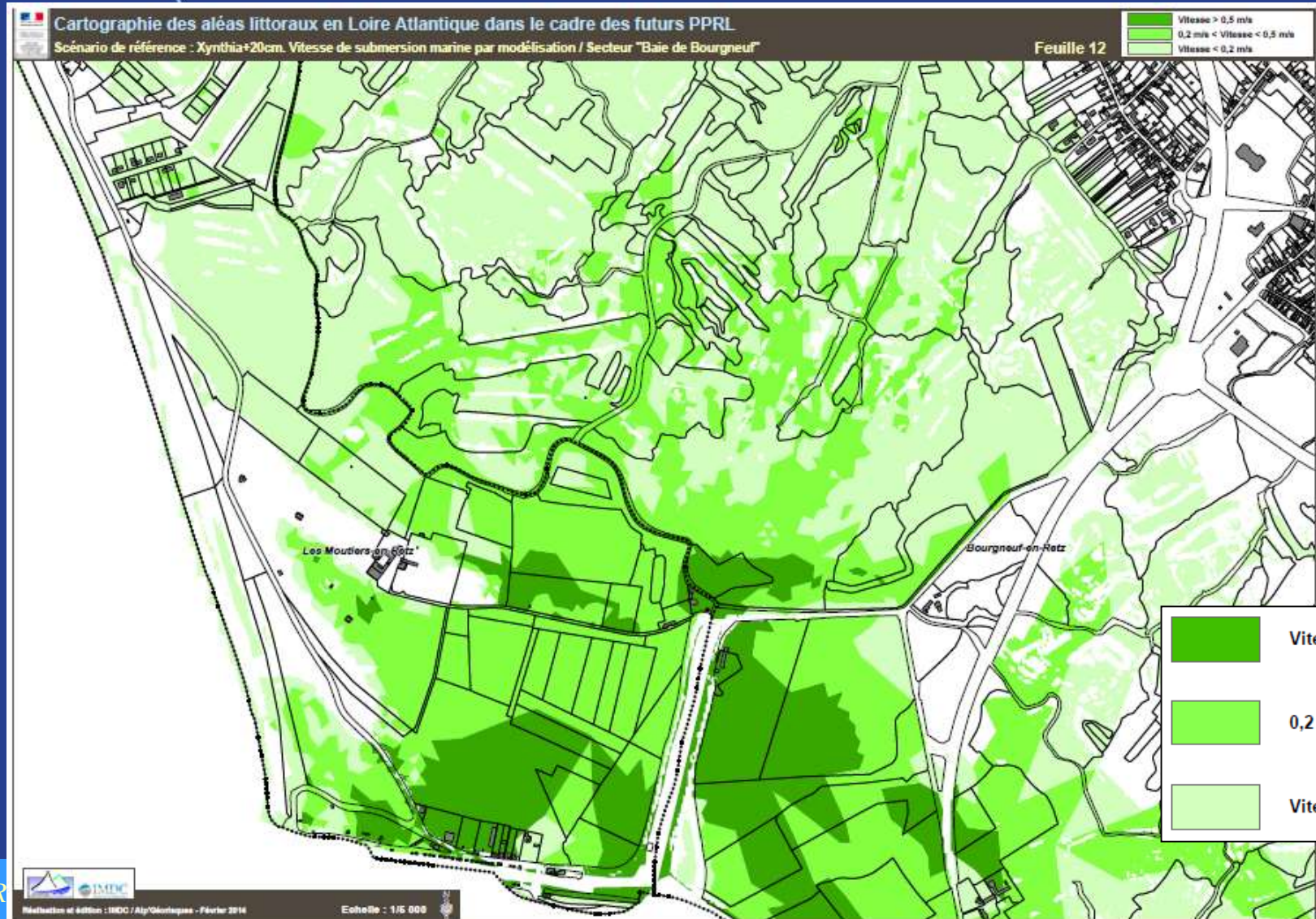
Modélisation hydrodynamique de la submersion

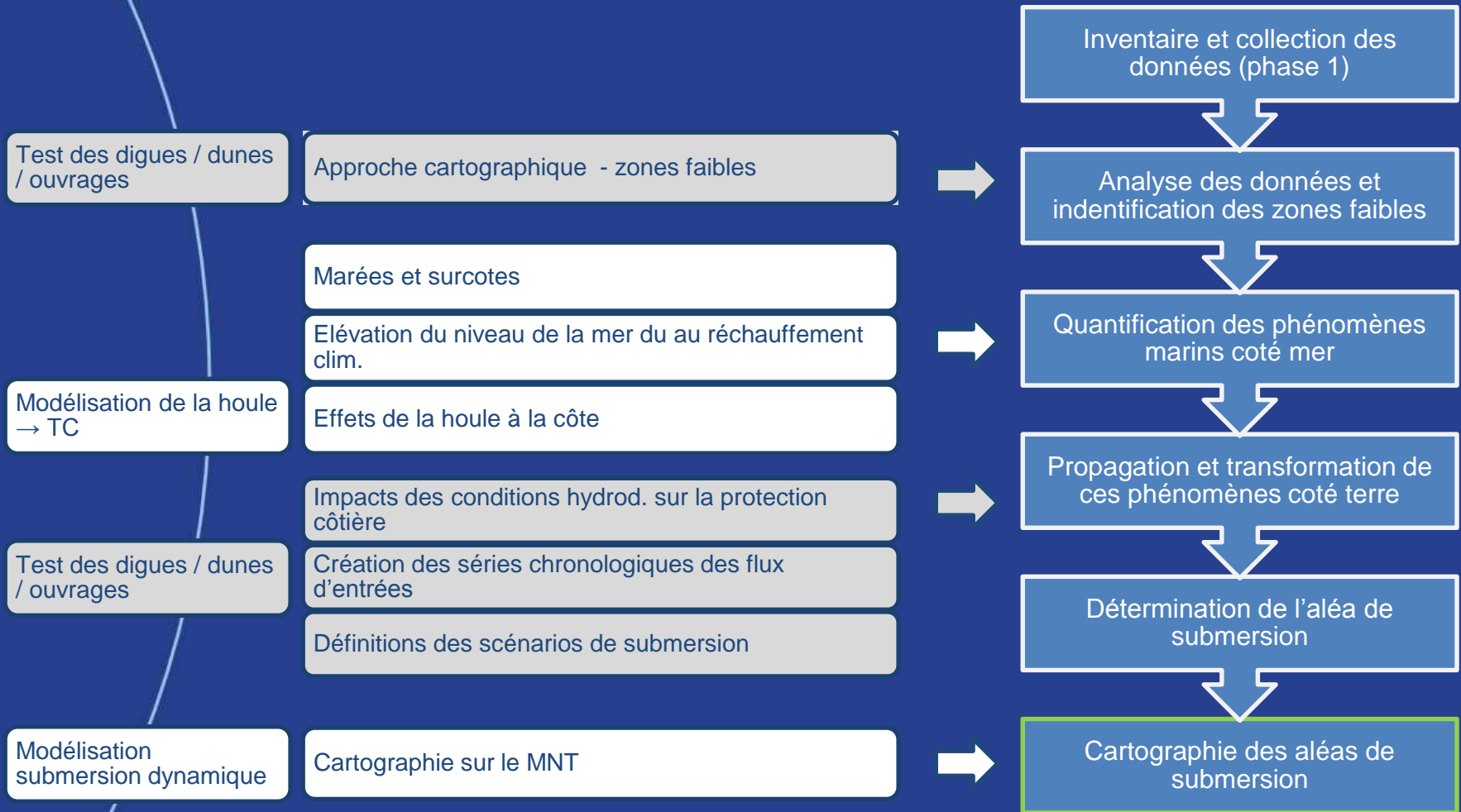
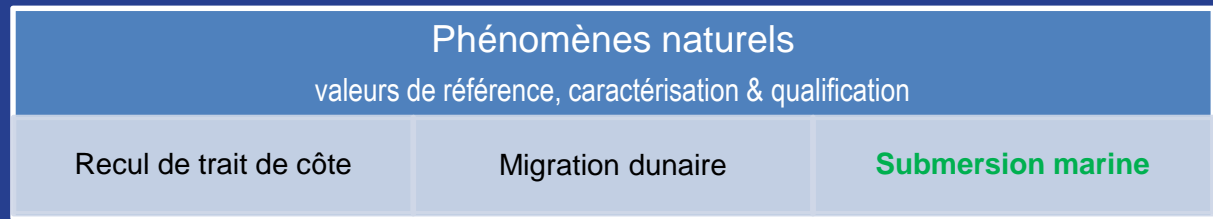


Asserac
Mesquer
Saint-Molf
Piriac-sur-Mer





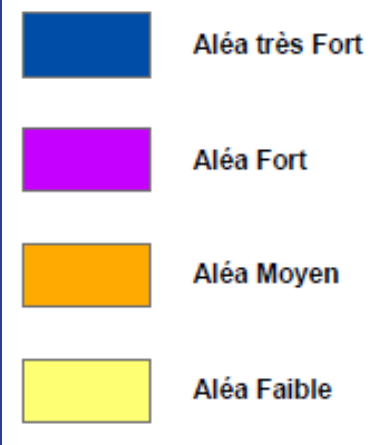




Classification des aléas de submersion marine






- selon les recommandations de:
 - la guide méthodologique PPRL
 - 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)

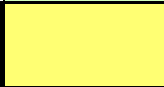








		Vitesse (m/s)		
		< 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
Hauteur (m)	< 0,5	Aléa Faible	Aléa Moyen	Aléa Fort
	0,5 - 1	Aléa Moyen	Aléa Moyen	Aléa Fort
	> 1	Aléa Fort	Aléa Fort	Aléa très Fort







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



Les scénarios suivants de submersion sont étudiés pour le PPRL :

- scénario de référence
 - 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

Phénomènes naturels

valeurs de référence, caractérisation & qualification

Recul de trait de côte

Migration dunaire

Submersion marine

Taux d'avancement
annuel

Mouvements ponctuels

Phase 1: analyse
historique

Recherche
bibliographique,
analyse des photos

Extrapolation du taux
annuel

Modèle Duros+ /
Durosta

adaptation dans le cas
des aménagements,
ouvrages,... &
changement climatique

Phénomènes naturels

valeurs de référence, caractérisation

Recul de trait de côte

Migration dunaire

Taux d'avancement annuel

Phase 1: analyse historique

Extrapolation du taux annuel

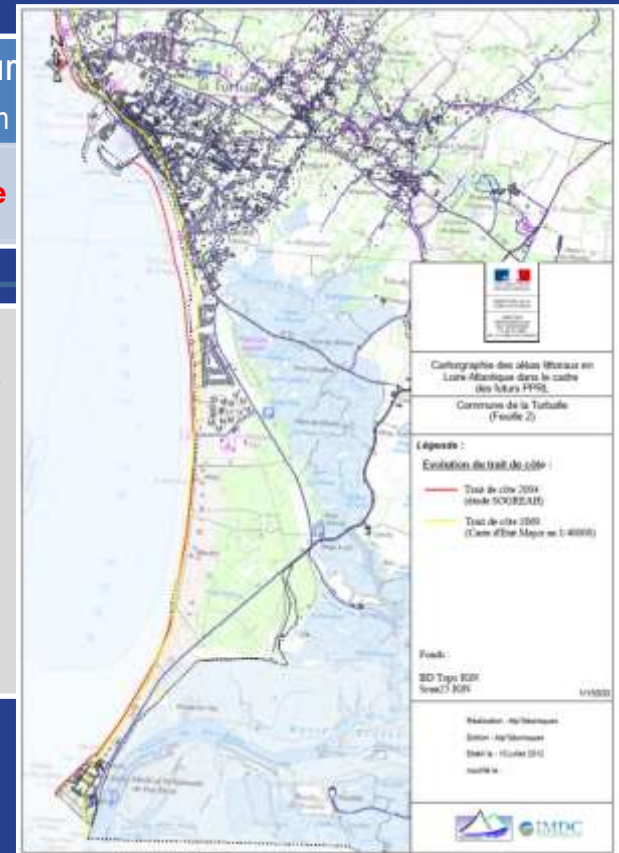
adaptation dans le cas des aménagements, ouvrages,... & changement climatique

étude de Sogreah (2012)
▪ analyse trait de côte jusqu'à 2004
▪ + prévision 2109

analyse trait de côte: 1860, 1950, 2004, 2011

▪ Différences entre taux annuel de Sogreah (2012) et l'évolution 2004 – 2011

▪ Correction avec les volumes de dragages ou de rechargement de plage :
▪ en supposant que la pratique actuelle se poursuive
▪ envisager le pire des cas, si la pratique future, il n'est pas claire



Phénomènes naturels

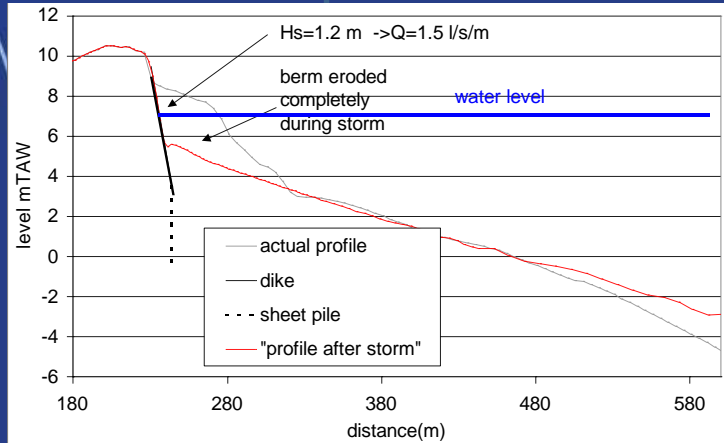
valeurs de référence, caractérisation & qualification

Recul de trait de côte

Migration dunaire

Submersion marine

plage & digues / murs / perrés : Durosta

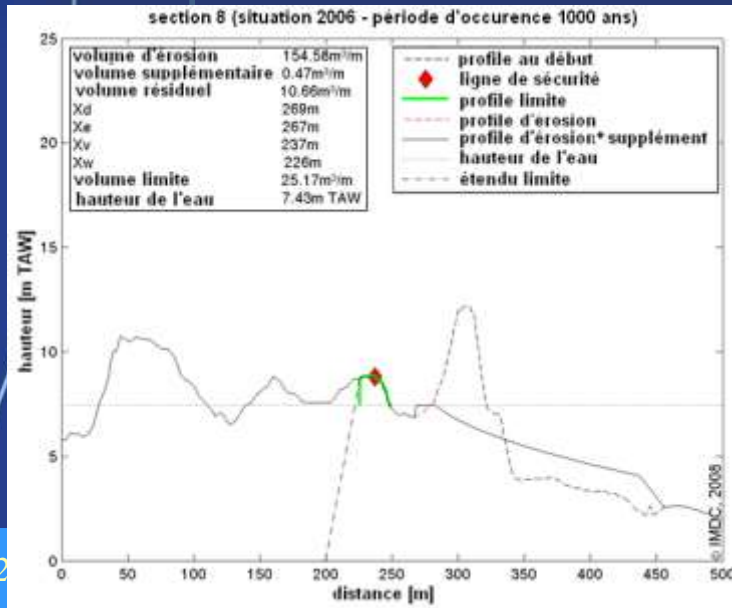


Mouvements ponctuels

Recherche bibliographique, analyse des photos

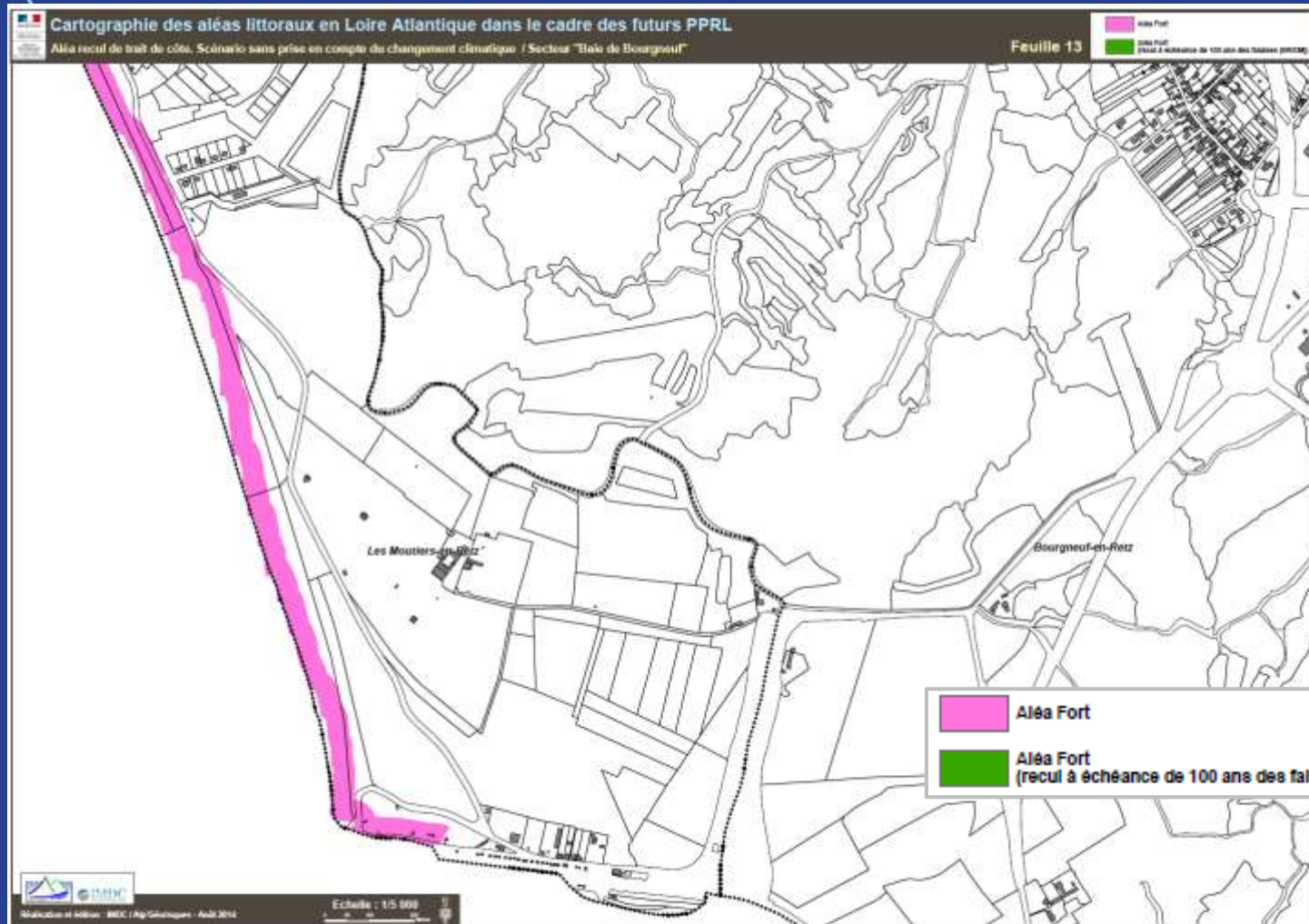
Modèle Duros+ / Durosta

plage & dunes
Duros+



position du trait de côte estimée à échéance 100 ans
exemple des Moutiers-en-Retz

Cartes de l'aléa
recul de traît de côte



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
- 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

- *Questions ?*
- *Remarques ?*