



# Modélisation des dommages engendrés par les phénomènes de submersion marine

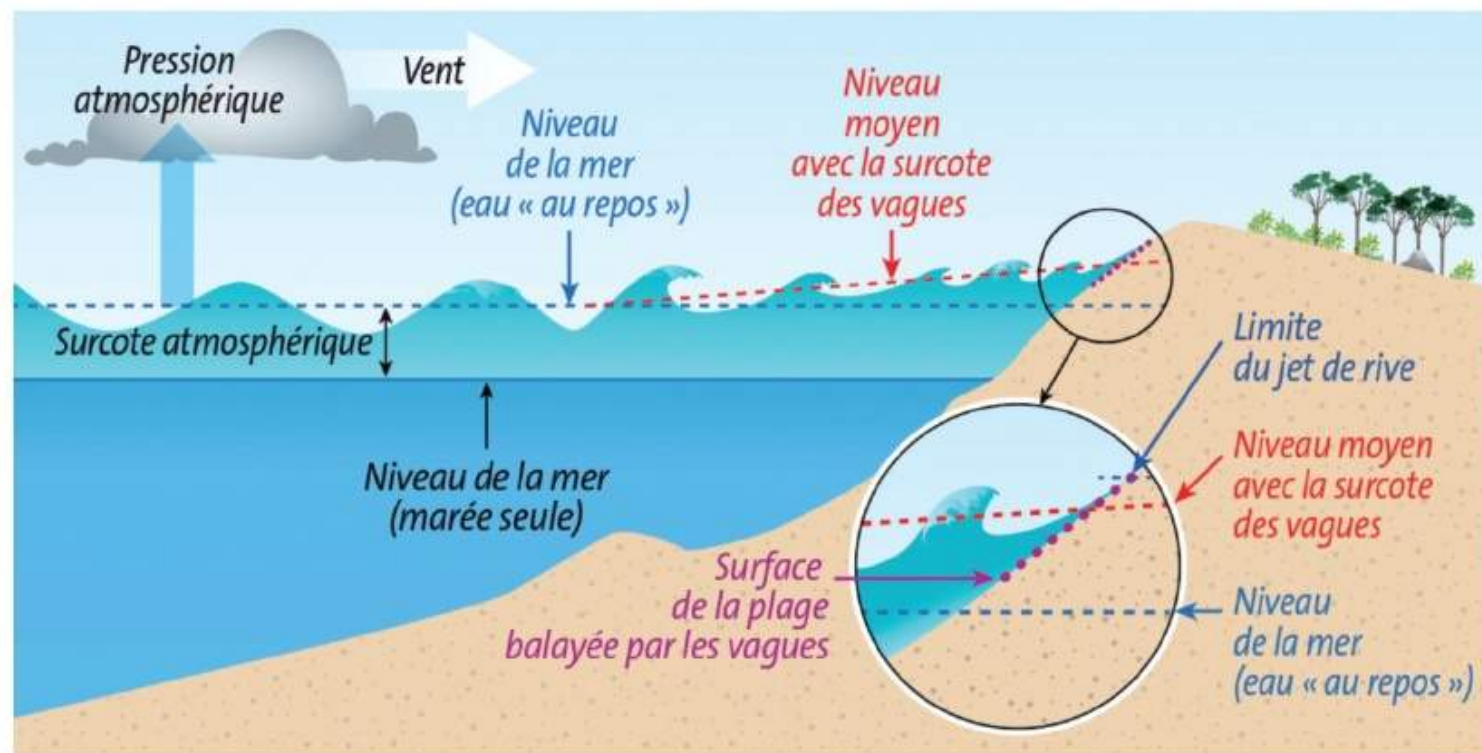
Journée CCR-Cat, 4 juin 2015 - Paris



# La submersion marine

## Définition

- ▶ Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (forte dépression et vent de mer) et marégraphiques extrêmes.



# La submersion marine

## Conséquences

- ▶ Dommages multiples:
  - Inondations sévères et rapides du littoral, des ports et des embouchures de cours d'eau
  - Pertes de vies humaines
  - Dommages aux biens
    - Transport de matériaux
    - Problèmes de corrosion
    - Salinisation des cultures
  - Action mécanique des vagues sur les infrastructures côtières et érosion du trait de côte
- ▶ Xynthia (28 février 2010)
  - 1.5 milliards d'euros (tempête et submersion)
  - 730 millions d'euros au titre du régime CatNat
- ▶ 4% de la sinistralité marché sur la période 1990-2010



# Objectifs des travaux

## ► Modèle déterministe

- Déterminer le coût d'un événement quelques jours après sa survenance

## ► Modèle probabiliste

- Simulation d'un catalogue d'événements pour évaluer l'exposition de la CCR et des cédantes au péril submersion marine
- Prise en compte de l'élévation du niveau de la mer et du changement climatique

# Sommaire

## 1 MODÈLE DÉTERMINISTE

p. 6

## 2 MODÈLE PROBABILISTE

p. 15

## 3 LA PROBLÉMATIQUE DE L'ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER

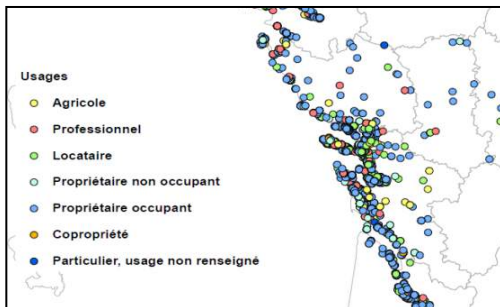
p. 22

# Le modèle déterministe

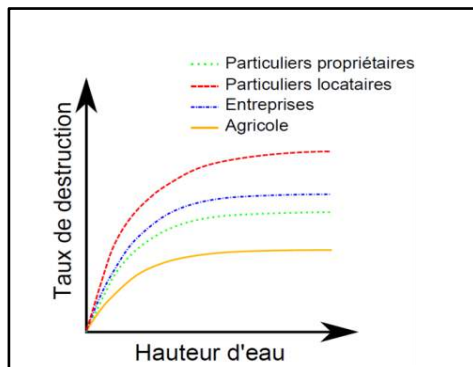
## Modèle d'aléa



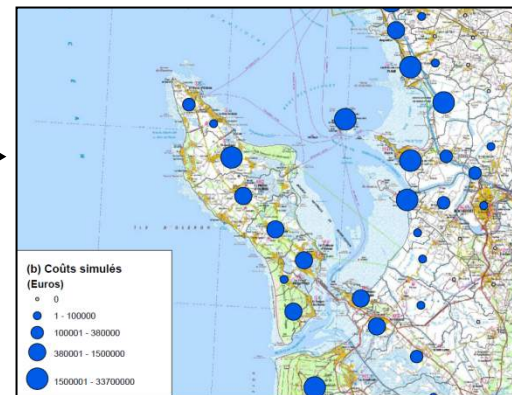
## Modèle de vulnérabilité



## Modèle de dommages



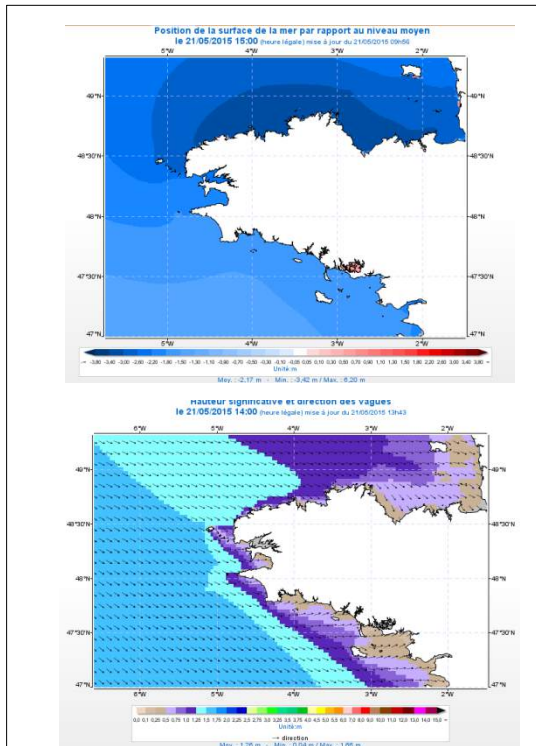
## Estimation du montant des dommages assurantiels



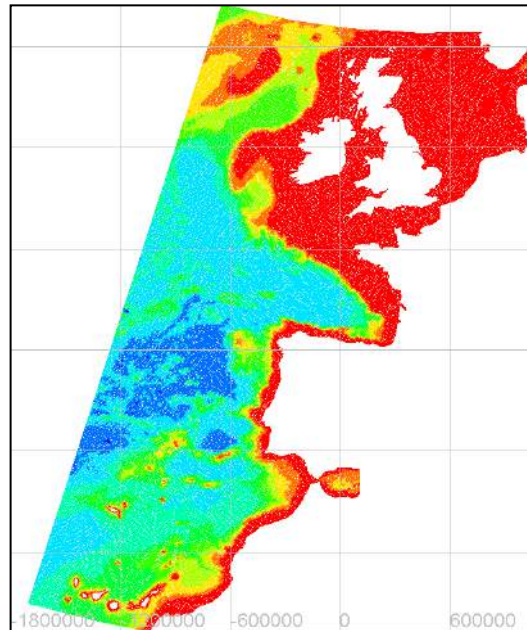
# Modélisation de l'aléa

En mer : Surcotes atmosphériques et vagues

Previmer



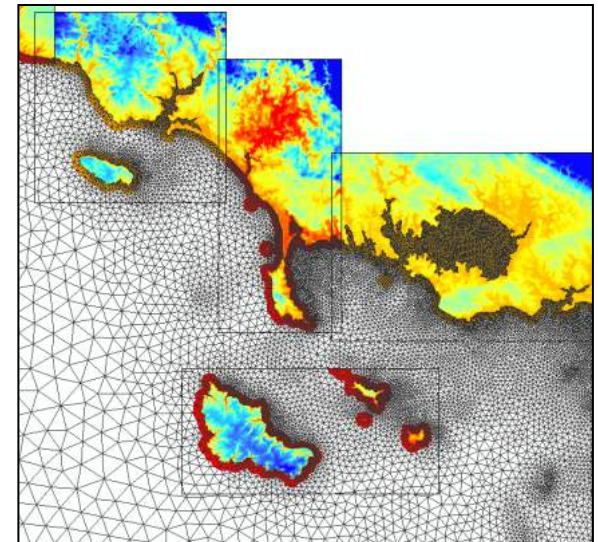
Télémac Mascaret



Développé par EDF  
Mis en œuvre en interne

Dans les terres

Modèle d'inondation



Lisflood-FP  
Mis en œuvre en interne

Projet coordonné par  
l'IFREMER et le SHOM

# Modélisation de l'aléa

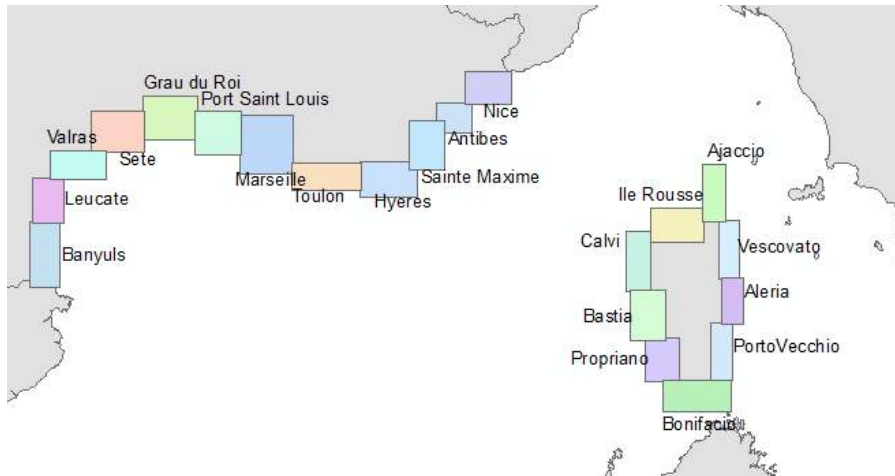
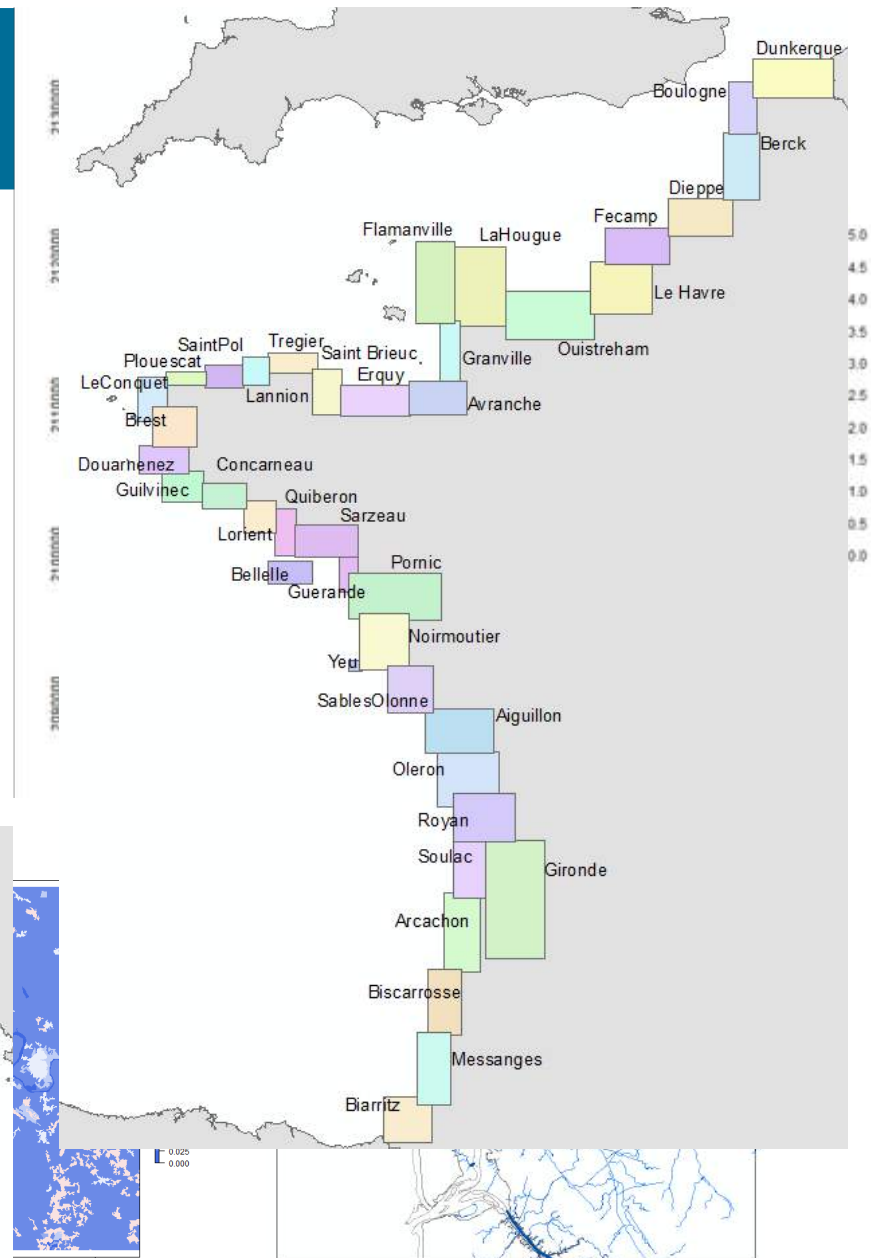
## Inondation dans les terres

### ► Modèle d'inondation

- Lisflood-FP
- Modèle numérique de terrain 25m
- Pas de temps de calcul de 5 secondes

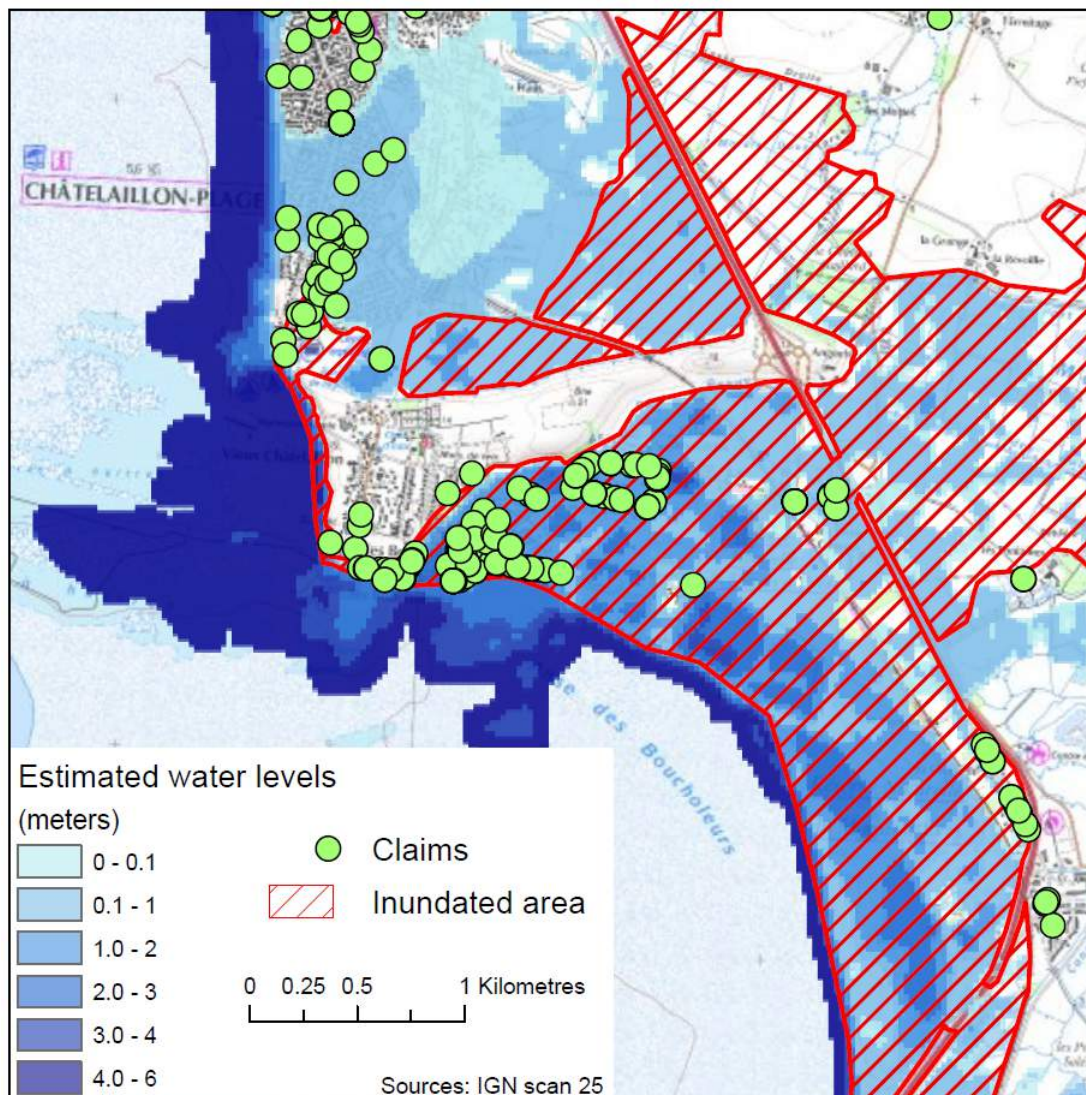
### ► Application:

- 60 secteurs en France métropole
- 11 secteurs aux Antilles





# Modèle d'aléa



# Modélisation des dommages

## Méthode d'estimation des coûts

- Pour chaque police  $i$

$$C_{\text{estim},i} = P_{\text{Sin},i} \cdot T_{\text{Destr},i} \cdot V_{\text{assur},i}$$

- Somme pour obtenir un coût global, par cédante, par commune...

- La probabilité de sinistre

$$P_{\text{Sin}} = f(\text{aléa}, \text{vulnérabilité})$$

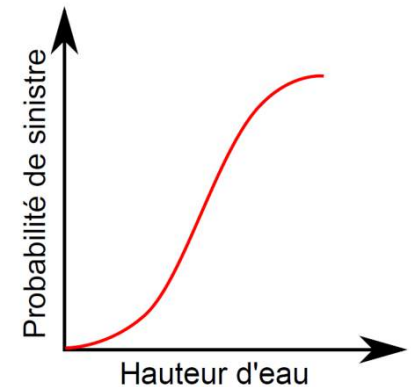
- Le taux de destruction

$$T_{\text{Destr}} = \text{Coût du sinistre} / V_{\text{assur}} = f(\text{aléa}, \text{vulnérabilité})$$

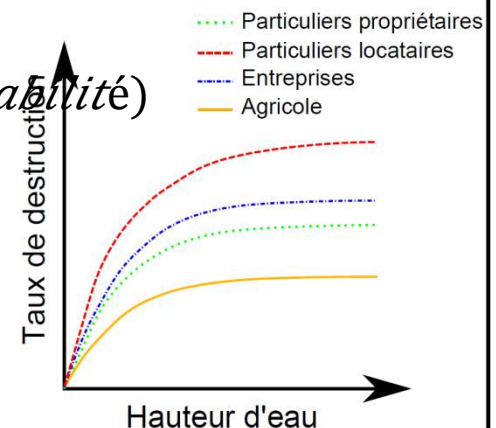
- La valeur assurée

$$V_{\text{assur}} = f(\text{caractéristiques du risque})$$

Fonction de sinistralité

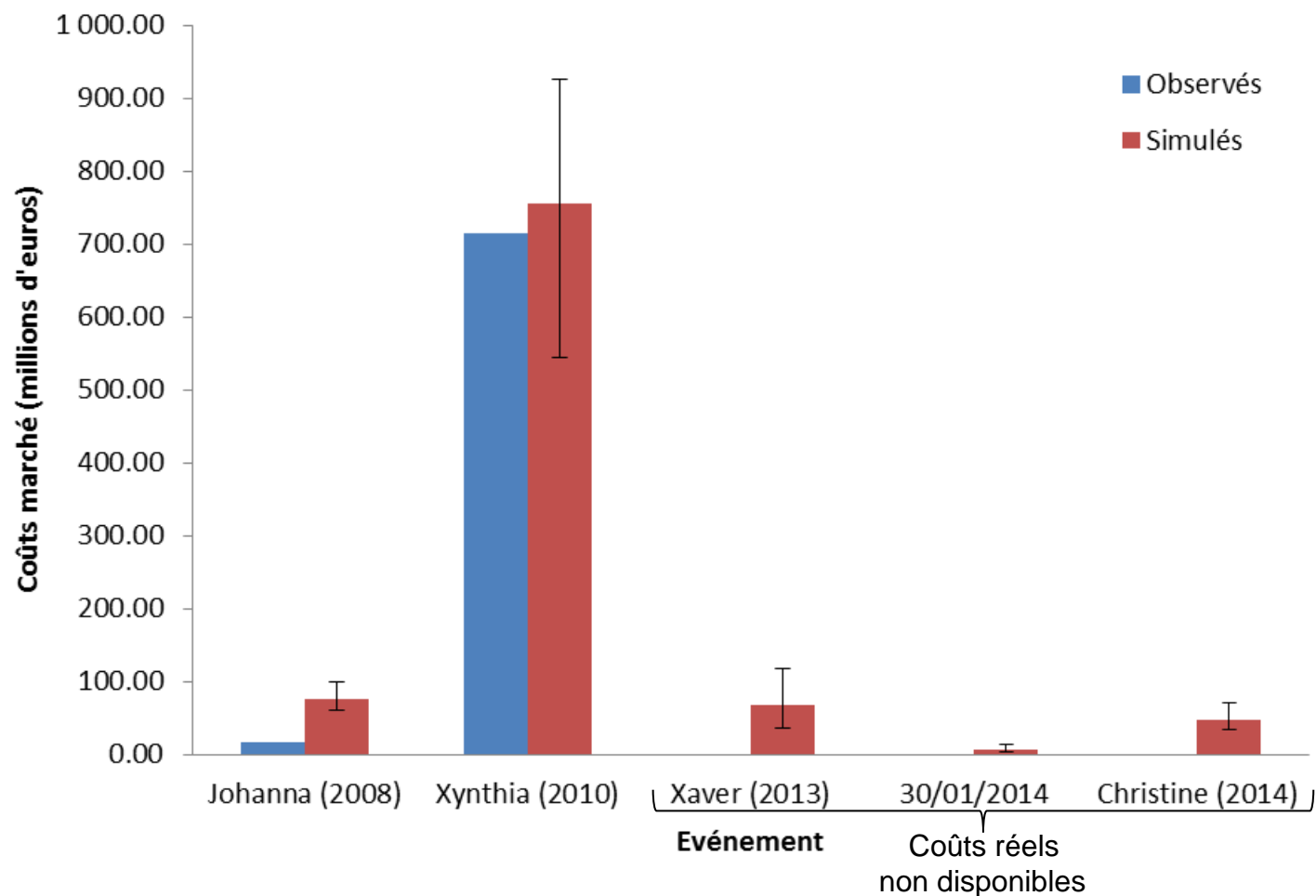


Fonction de dommages



# Modélisation des dommages

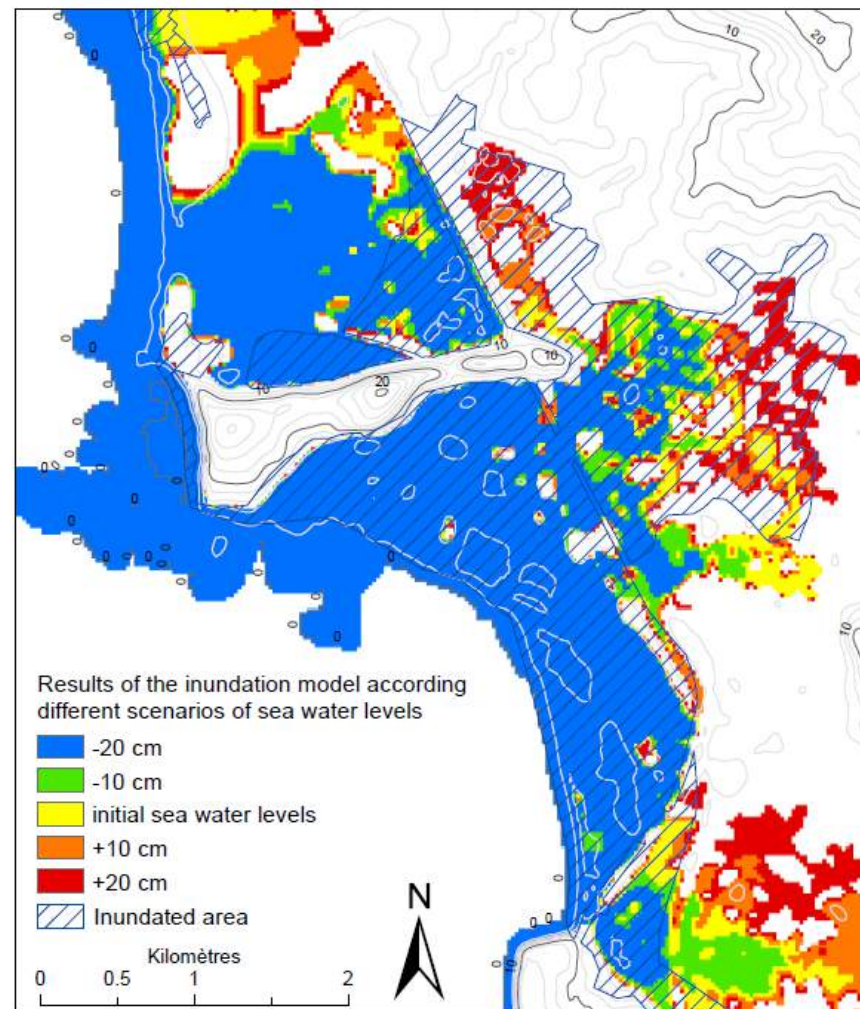
## Coûts simulés



# Modélisation des dommages

## Sensibilité aux niveaux d'eau en mer: l'exemple de Xynthia

Différence par rapport au niveau d'eau initial (cm)	Coût (M €)	Biais (%)
-20	594	21
-10	671	11
0	755	0
+10	844	12
+20	934	24



# Modélisation de la submersion aux Antilles : exemple du cyclone 1928

## Mesures disponibles

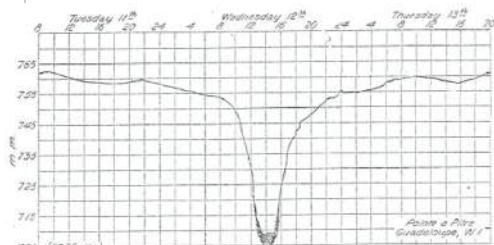
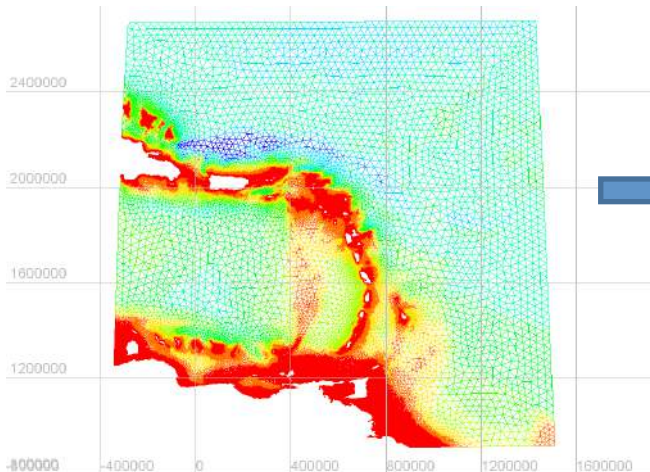
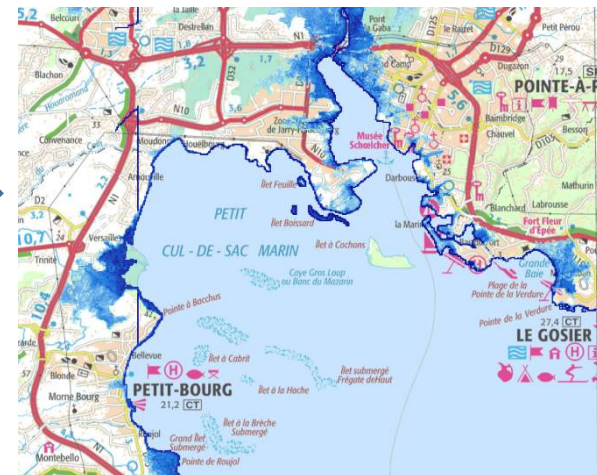


FIG. 2.—Barograph trace at Pointe à Pitre, Guadeloupe, W. I.

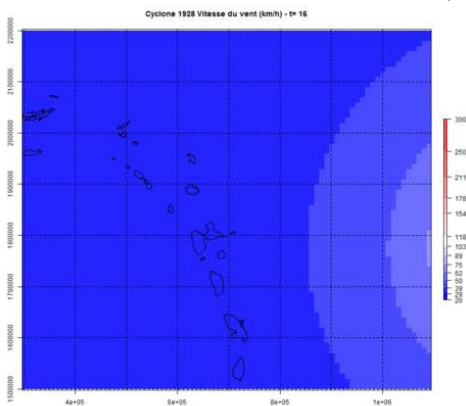
## Modèle Télémac



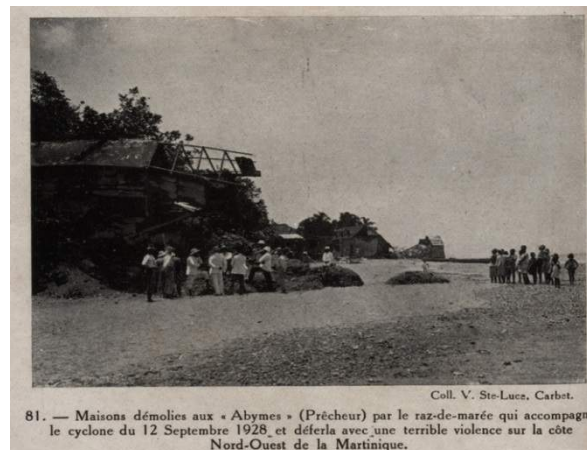
## Modèle d'inondation



## Modèle de cyclone (Holland)



Validation avec les observations historiques



Coll. V. Ste-Luce, Carbot.

81. — Maisons démolies aux « Abymes » (Prêcheur) par le raz-de-marée qui accompagna le cyclone du 12 Septembre 1928, et déferla avec une terrible violence sur la côte Nord-Ouest de la Martinique.

# Sommaire

1 MODÈLE DÉTERMINISTE

p. 6

2 **MODÈLE PROBABILISTE**

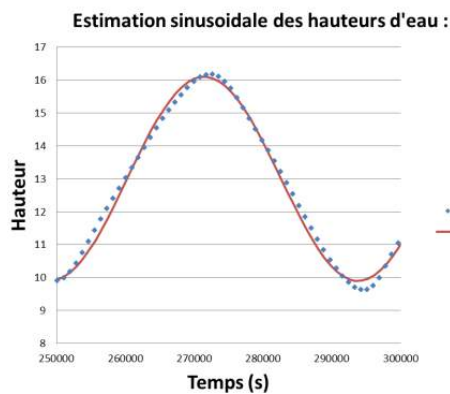
p. 15

3 LA PROBLÉMATIQUE DE L'ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER

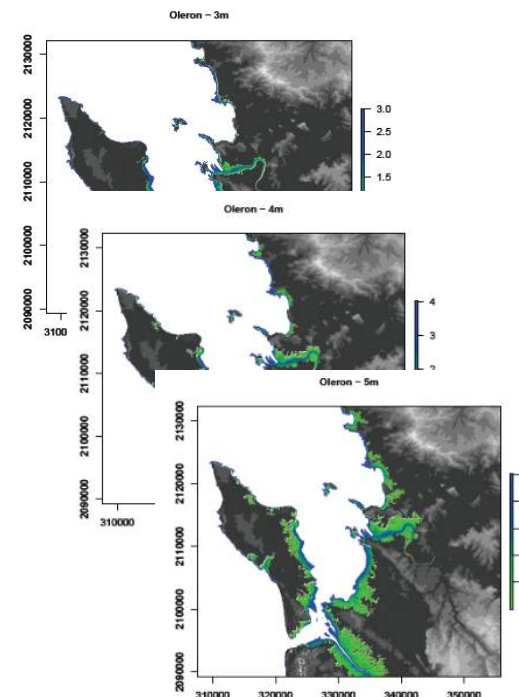
p. 22

# Le modèle probabiliste

## Hypothèse de niveaux d'eau en mer



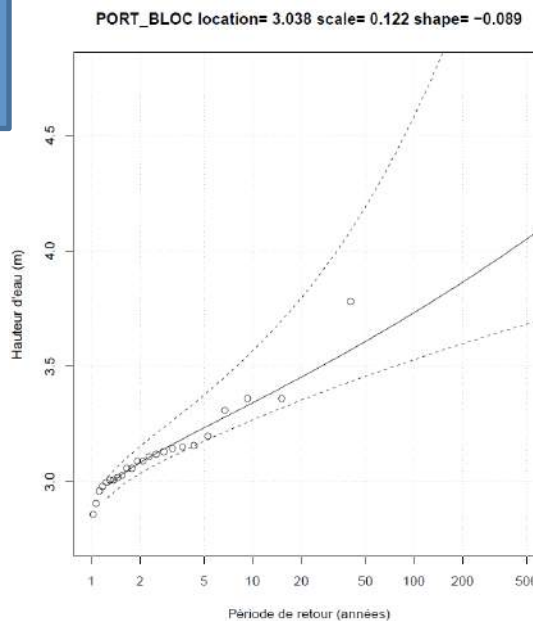
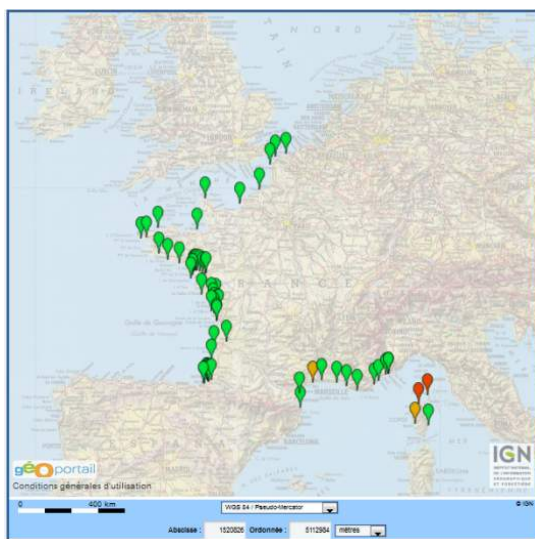
Modèle d'inondation



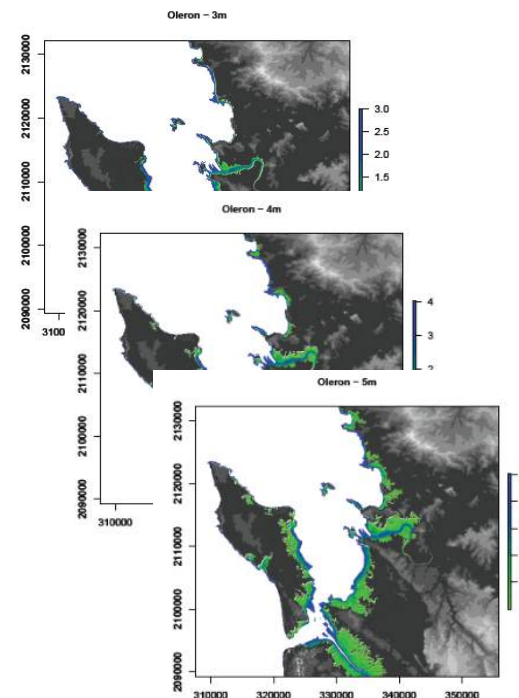
Scénarios d'inondation

# Le modèle probabiliste

## Données marégraphiques du SHOM



Analyse fréquentielle  
des marégraphes

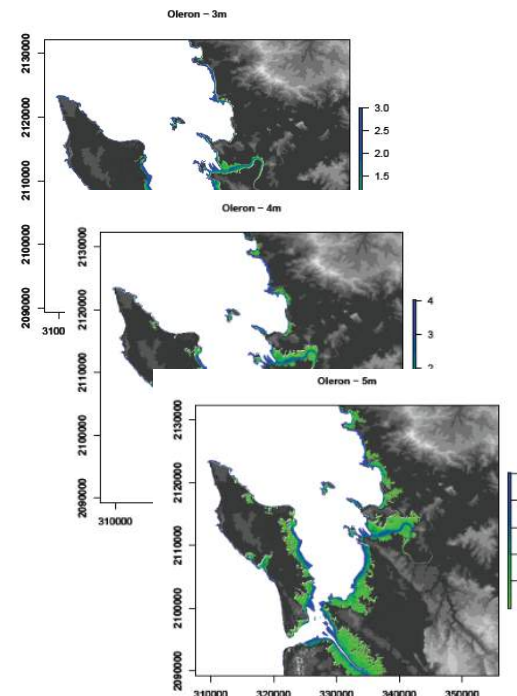
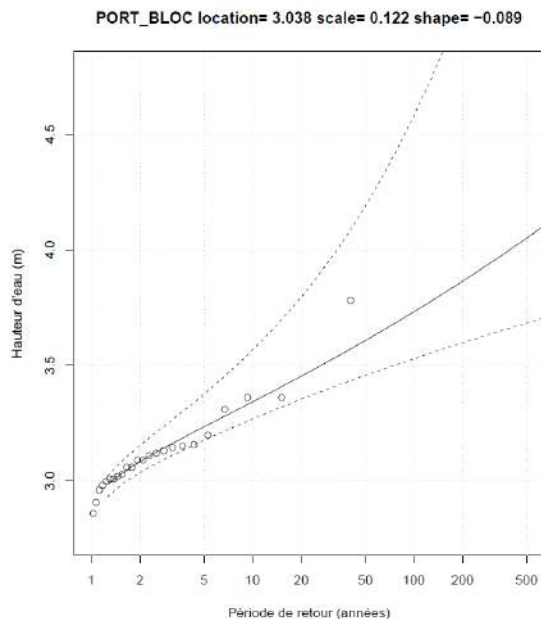
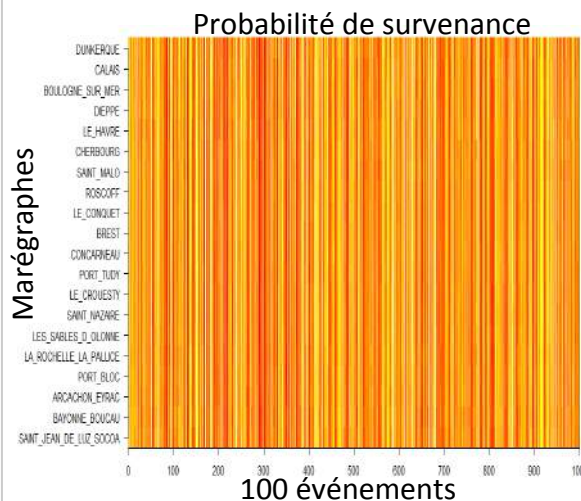


Scénarios d'inondation



# Le modèle probabiliste

## Copules gaussiennes



Génération de  $n$   
événements fictifs

Analyse fréquentielle  
des marégraphes

Scénarios d'inondation

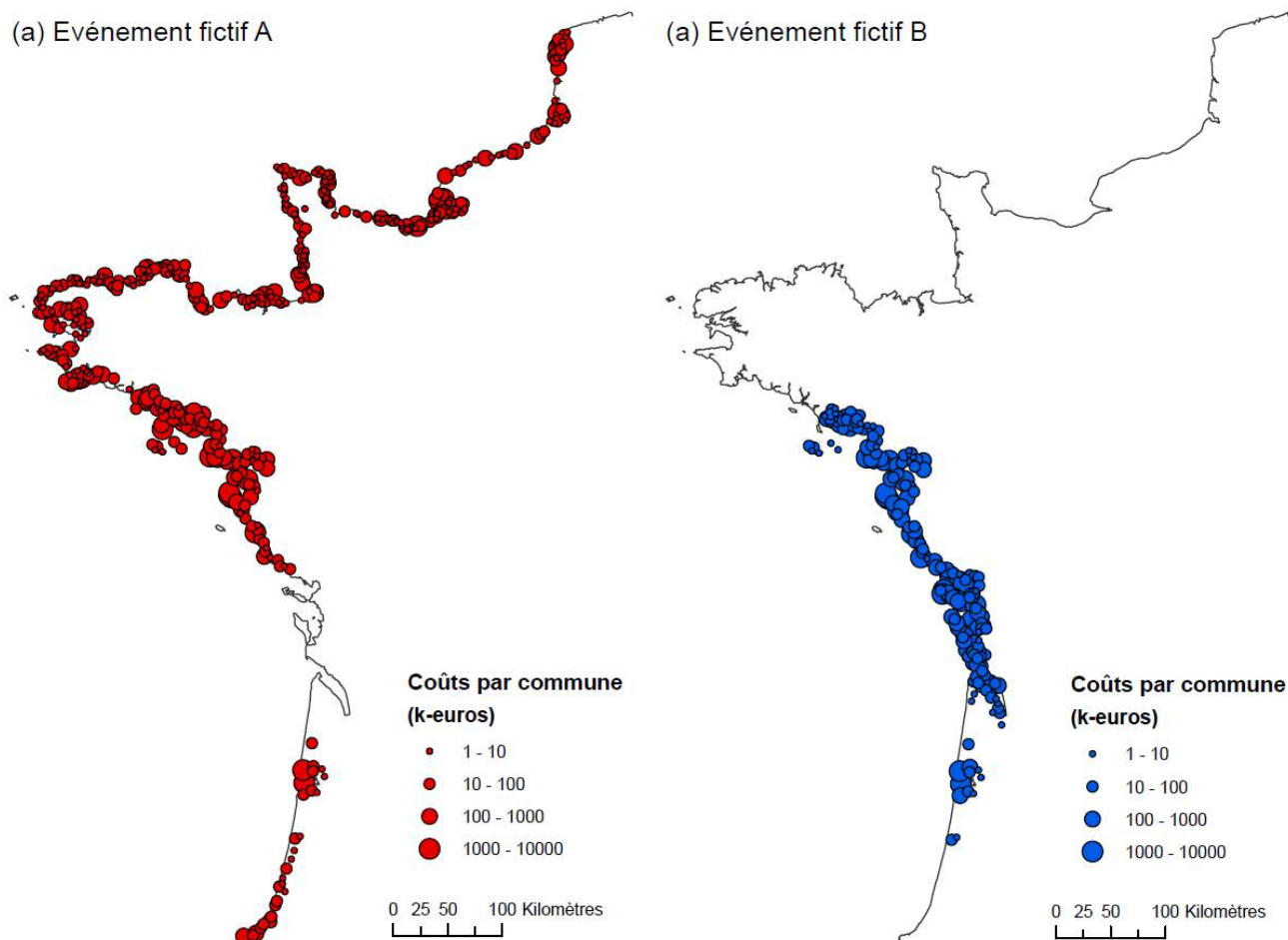
Modèle de  
dommages



Estimation probabiliste  
des dommages

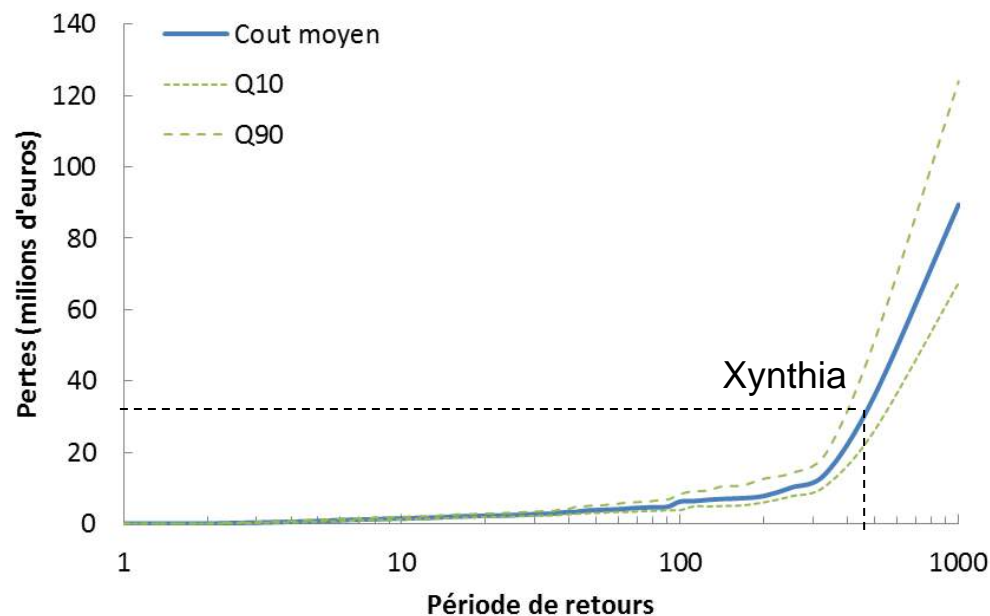
# Le modèle probabiliste

## Les dommages modélisés par événement : deux événements fictifs associés à une période de retours de 20 ans



# Le modèle probabiliste

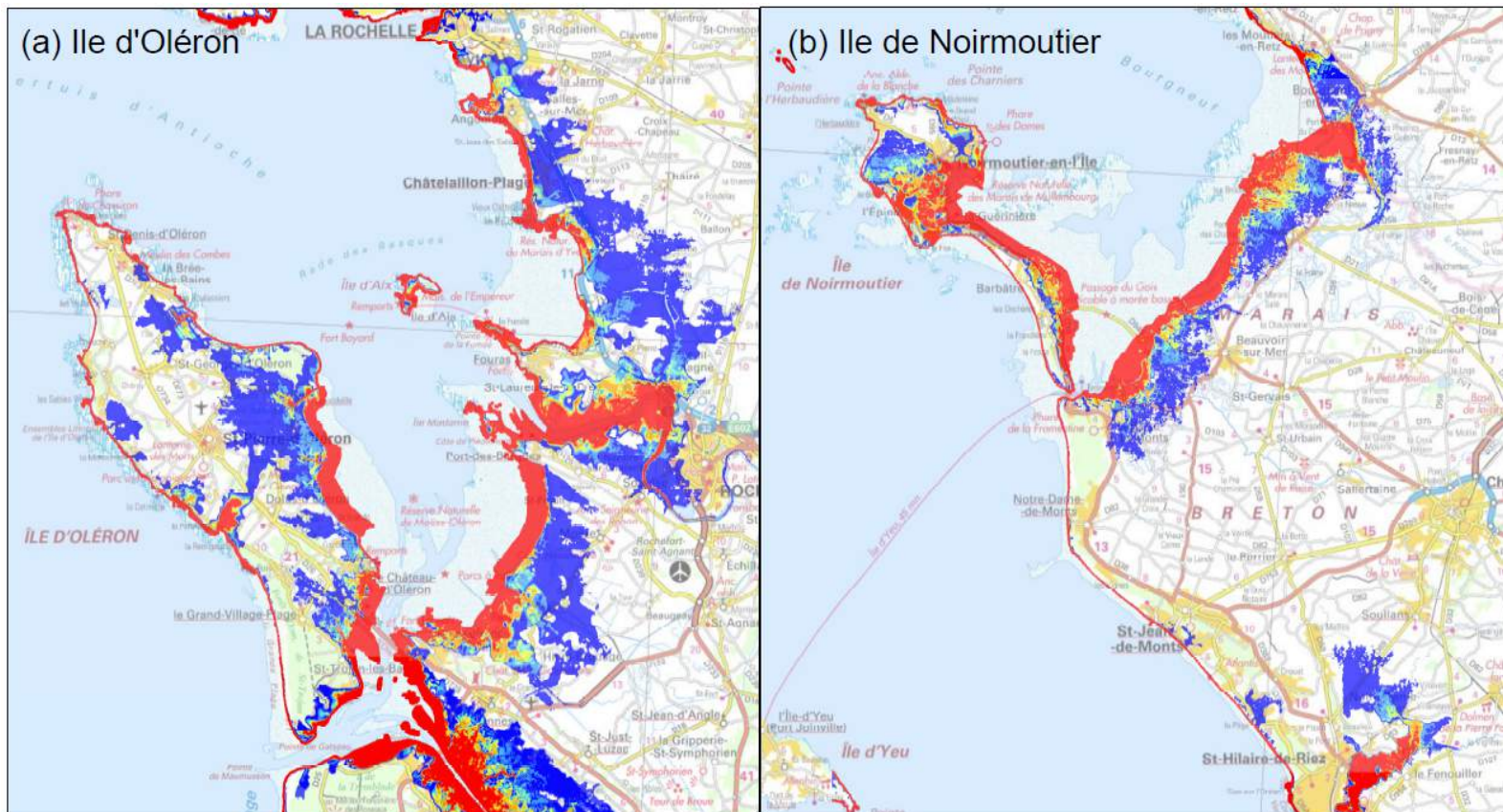
Distribution des pertes pour une cédante X



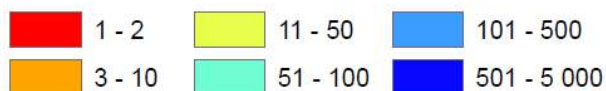
Chiffres pour le marché:

- Pertes moyennes annuelles : 39.4 M€
- Pertes décennales : 103 M€
- Période de retours de Xynthia: environ 300 ans

# Le modèle probabiliste



Période de retour de la submersion



Sources : Scan 100 IGN

# Sommaire

1 MODÈLE DÉTERMINISTE

p. 6

2 MODÈLE PROBABILISTE

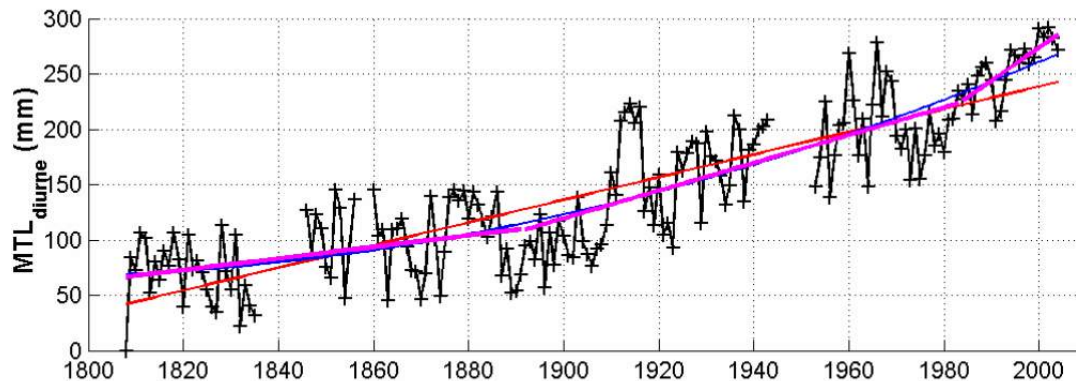
p. 15

3 **LA PROBLÉMATIQUE DE L'ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER**

p. 22

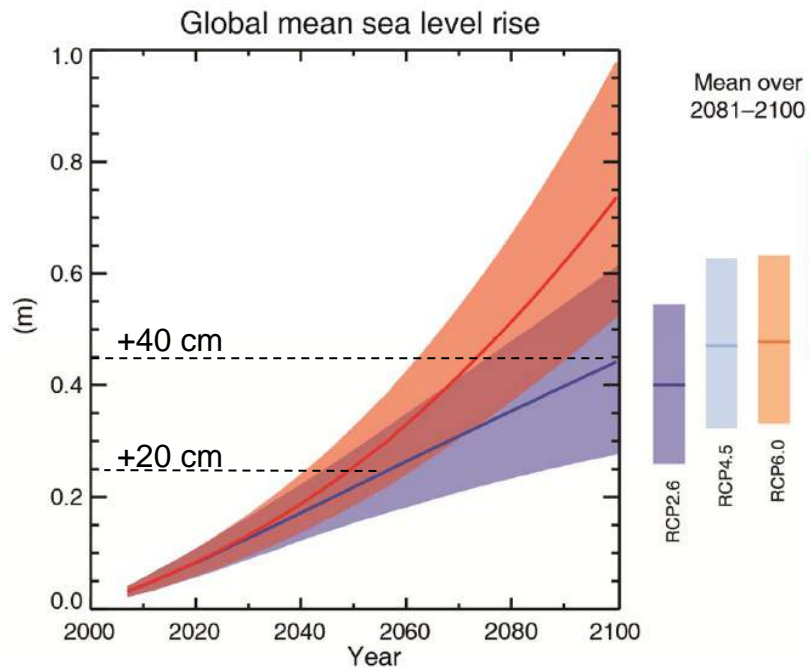
# La problématique de l'élévation du niveau de la mer

Elévation d'environ 3 mm par an depuis 1980 à Brest



Moyennes annuelles des niveaux moyens diurnes de la marée à Brest

Scénarios d'élévation du niveau de la mer



# Elévation du niveau de la mer

- ▶ Sensibilité de certains secteurs à l'élévation du niveau de la mer
- ▶ Exemple de la commune de Concarneau (Le Cabellou)
- ▶ Litto3D simplifié à 25m



Période de retour de 50 ans (3.5m)

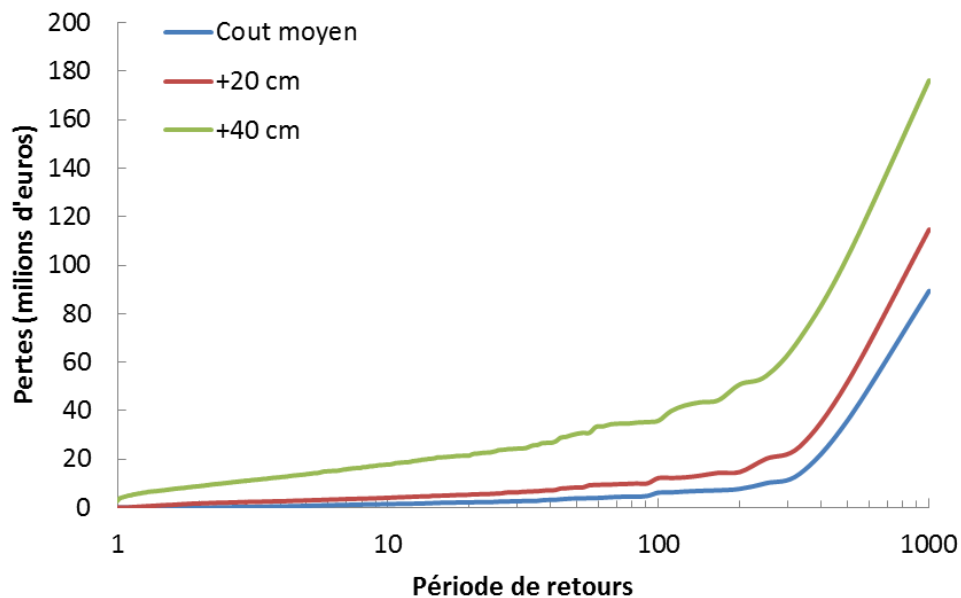


Période de retour de 50 ans + 20 cm



# Le modèle probabiliste

Distribution des pertes pour une cédante X



Marché	0 cm	+20 cm	+40 cm
Coût moyen annuel (M€)	39	150	684
Coût décennal (M€)	103	274	1069

Quid de l'urbanisation et des conditions météorologiques 2050 ?



# Conclusion

- ▶ Première version opérationnelle du modèle
  - Partenariat avec le BRGM
  - Estimation du coût des événements quelques jours après leur survenance
  - Estimation de l'exposition de la CCR et des cédantes au risque de submersion
  - Vision assurantielle de la problématique de la submersion marine et de l'évolution du niveau de la mer
- ▶ Limites
  - Qualité du modèle numérique de terrain
  - Faible nombre d'événements disponibles
  - Hypothèses fortes du modèle probabiliste
- ▶ Perspectives
  - Modèle d'aléa
  - Scénarios climatiques Météo France
  - Evénements historiques
  - Evolution de la vulnérabilité du littoral
  - Intégration dans Ceres

Cette présentation et tous les éléments qu'elle contient (notamment les textes, publications, images, photographies et éléments graphiques ou cartographiques) sont la propriété exclusive de CCR ou de tiers l'ayant expressément autorisée à les utiliser.

Toute reproduction, représentation ou utilisation intégrale ou partielle de la présentation, est interdite, sauf autorisation préalable et écrite de CCR.

Le contenu de la présentation est strictement informatif et n'a aucune valeur contractuelle.

CCR décline toute responsabilité pour tous dommages directs ou indirects, quelles qu'en soient la cause ou la nature, en lien avec la présentation et subis notamment à raison de l'utilisation ou de l'éventuelle inexactitude des éléments contenus dans la présentation.



Plus que prévoir, anticiper

**Merci de votre attention**

**Jean-Philippe Naulin**

jnaulin@ccr.fr