

# De l'intérêt de l'approche historique pour la gestion des risques côtiers



1904: Submersion marine dans le sud Bretagne

Alain Hénaff – LETG Brest – Géomer Umr 6554 Cnrs

Travaux réalisés en collaboration avec : Brigitte Van Vliet-Lanoë, Aurélie Penaud, Erwan Le Cornec, Marie Jabbar, Anne Pétré, Jérémy Corfou, Erwan Le Drezen, Christophe Delacourt, Yannick Lageat



COonnaissance,  
COmpréhension  
et gestion  
des RISques  
CÔtiers

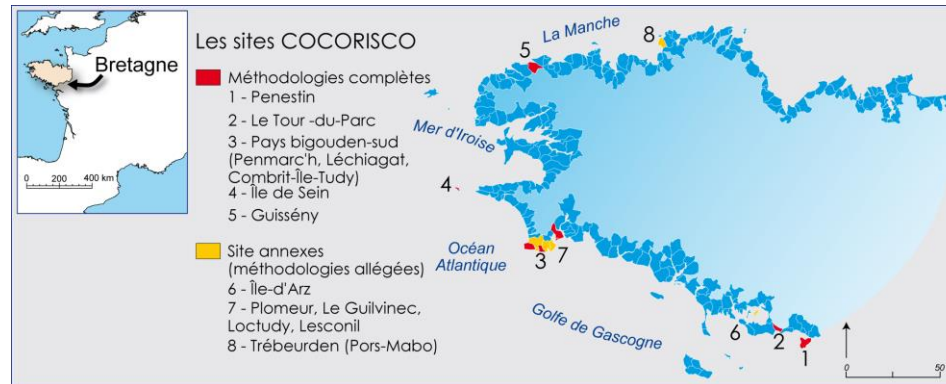


## ANR Changements environnementaux planétaires et société (2011 – 2015)

- **Problématique :** Les risques côtiers liés à la mobilité du trait de côte et à ses conséquences en termes d'érosion et de submersion (*hors zones de cyclones et tsunamis*)
- **Objectifs :**
  - Comprendre la vulnérabilité des territoires côtiers aux risques d'érosion et de submersion
  - Progresser vers des stratégies de prévention et de gestion.

➔ **Guide méthodologique de la gestion des risques côtiers**  
➔ **Recherches pluri /interdisciplinaires**

- **Terrains d'application :** Bretagne + 5 sites-tests + annexes



### ■ Méthodologie « COCORISCO »

Risques côtiers ↔ combinaison de dynamiques naturelles et de dynamiques anthropiques complexes

**Prise en compte de la vulnérabilité globale :** Approche multi-dimensionnelle des risques côtiers (temporelle et spatiale) au travers de leurs quatre composantes : **les aléas**, les enjeux, la gestion et les représentations

## ■ Approche des aléas passés et contemporains dans Cocorisco

**Objectif : caractériser les aléas littoraux d'érosion et de submersion**

☐ **Les aléas** = tout phénomène d'origine naturelle (+ anthropique) susceptible de produire des dommages/impacts

Falaises meubles d'Ar Kestell, île de Sein



A. Hénaff, 2015

Aléa érosion

Phénomène de franchissement d'ouvrage à Gâvres dans le Morbihan lors de la tempête Johanna. ©

DDTM 56



Ouest-France, 2008

Submersion passive : marée de vive-eau à Brest



A. Hénaff, 2008

Aléa submersion

☐ **Définis par :**

- **Une magnitude** = composante énergétique du phénomène
- **Une emprise spatiale** = aire d'impact.
- **Une durée d'action** : 1) immédiate ; 2) différée
- **Une intensité de dommages potentiels ou observés** = effets constatés ou susceptibles de se produire sur les éléments exposés à l'aléa. Utilisation d'échelles d'intensité.
- **Une probabilité d'occurrence** = composante temporelle, estimée pour un aléa d'une magnitude donnée nécessairement sur le long terme.

*Paramètres pour lesquels persistent des méconnaissances dans de nombreux cas*


## Comment procède-t-on actuellement en France pour connaître les aléas côtiers ?

Depuis 1982 : lors d'événement naturel « exceptionnel » générant des dommages => demande communale de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle

### Caractérisation du phénomène au niveau communal

- 1) Localisation
- 2) Durée d'action
- 3) Type de phénomène
- 4) Intensité des dommages

Loi n° 82-600 du 13 juillet 1982  
Modifiée

 **REPUBLIQUE FRANÇAISE**  
MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR  
DE L'OUTRE-MER ET DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES

**DEMANDE COMMUNALE DE RECONNAISSANCE DE L'ÉTAT DE CATASTROPHE NATURELLE**

**Localisation du phénomène**  
Commune :   
Département :   
Arrondissement :

**Date et heure du phénomène**  
Du :  au

**Identification du phénomène**

A. Inondations

A1 - inondation par débordement d'un cours d'eau .....   
préciser le ou les cours d'eau concernés :   
(ex : rivière de Charente, Ruisseau du moulin, ru des grèves...)

A2 - inondation par ruissellement et coulée de boue associée .....

A3 - inondation par remontée de nappe phréatique .....

B. Crue torrentielle .....

C. Phénomènes liés à l'action de la mer (submersion marine et érosion marine) .....

D. Mouvement de terrain .....

E. Sécheresse/Réhydratation des sols .....

F. Séisme .....

Vent cyclonique .....

H. Avalanche .....

**Mesures de prévention existantes et envisagées**  
(divulgué au travailleur, prise en compte dans le PCS, PPR, arrêté de mise en état...)

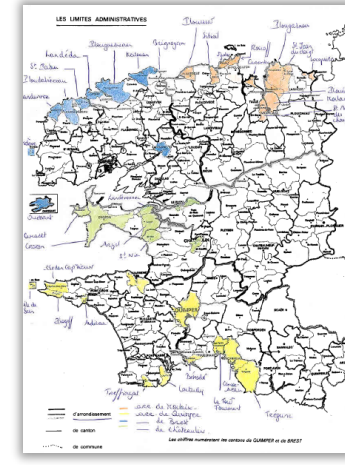
Nombre de bâtiments endommagés :  Fait à,  le :

LE MAIRE  
(Docteur de la mairie)

**Document assorti d'une cartographie et d'un descriptif écrit des dommages**

Transmis à la  
Préfecture

Dossier  
départemental

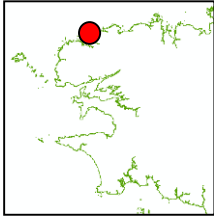


Transmis au Ministère de l'Intérieur en vue de  
reconnaître l'état de CATNAT

Alimente la base de données  
GASPAR (DGPR)  
(Arrêtés de reconnaissance  
de CATNAT par commune)

Base pour l'établissement  
des PPRL  
+ mémoire locale des  
événements antérieurs

## La base Gaspar constitue une « mémoire » insuffisante et trop courte des aléas ...



Extrait de la Note de  
présentation du PPR-SM  
de Plouguerneau –  
Finistère –  
**Avril 2006**



**III-1-2 DÉGÂTS CAUSÉS PAR LA MER – LOCALISATION DES INONDATIONS**

A ce jour, même à l'occasion des plus fortes tempêtes, aucune inondation par la mer n'est connue sur la commune de Plouguerneau, les dégâts constatés étant principalement les débris charriés par les vagues qui en endommageant les chaussées, peuvent entraîner des accidents.

Dans les années 1960 – 1970, un renforcement de l'urbanisation du littoral a entraîné l'apparition de nombreux aménagements de protection des constructions contre la mer. Depuis 1970, des équipements prenant en compte la mobilité naturelle des dunes remplacent les aménagements antérieurs parfois inadaptés, et permettent de protéger le milieu dunaire.

Après la marée noire de 1978, la généralisation de ces aménagements s'est poursuivie, et en 1992, avec un tiers de son littoral aménagé, Plouguerneau fait partie des communes les plus

Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles Submersion Marine - Note de présentation du PPR-SM de Plouguerneau – Finistère - Avril 2006 - Page 12 -

Extrait de l'inventaire des  
dommages générés par la  
tempête Johanna du  
**10 mars 2008** (Demande de  
reconnaissance de  
CATNAT de la commune  
de Plouguerneau  
transmise à la préfecture)



emporté par la mer ou partiellement éboulé, ouvrages portuaires déchaussés ou abîmés par l'effet des vagues. ...

Le trait de côte non protégé qui était exposé à cette tempête a subi une érosion estimée entre 1 et 2 mètres sur la période des 2 pleines mers de cette journée. Certaines portions du chemin côtier ont disparu sur de grandes portions notamment dans le secteur situé entre la Grève Blanche et Saint Michel.

Plusieurs secteurs côtiers ont été submergés par la mer sous l'effet répété des fortes vagues franchissant le trait de côte (front de mer de Kervenni et chaussée d'accès au port du Koréjou).

Des projections de pierres et galets ont bloqué certaines chaussées et ont nécessité l'intervention d'engins des services municipaux ».

Espérant avoir répondu à votre demande, et restant à votre disposition,

**Phénomène nouveau ? Événement exceptionnel (tempête , marée du siècle,...) ?**

⇔ **Nécessité de disposer d'observations sur le long terme :**  
**Càd une période >> quelques dizaines d'années**

- Derniers siècles = période historique
- Plusieurs milliers d'années = période géologique récente

La base Gaspar constitue une « mémoire » insuffisante et trop courte des aléas ...

Décembre 1933

Plouguerneau

- Caractéristiques de la tempête et submersion

Source : archives départementales

Cote : 4 S SUPPLEMENT 1245

**Ponts et Chaussées, Finistère, Arrondissement de l'ouest, travaux maritimes, phares et balises, phare de Pile Vierge, défense du rivage de Pile contre les ravages de la mer, rapport de l'ingénieur TPE, M. CROUTON, à Brest, le 29 janvier 1935 :**

*« **L'île Vierge** sur laquelle s'élève le grand phare d'atterrissage du même nom est violemment attaquée par les tempêtes allant du Nord-ouest. à l'Est en passant par le Nord.*

*Cette île est éminemment plate et seule la partie Nord et Nord-ouest est quelque peu protégée par de très gros rochers, classés d'ailleurs dans les sites pittoresques ; quant à la partie Nord-est, elle forme estran et sa protection n'est due qu'à une plage de gros galets que la mer roule et entrechoque à chaque mauvais temps. Depuis 1900 date de l'érection du phare, cette île a subi de violents assauts des lames, et déjà notre Service a dû faire exécuter des travaux de défense aux endroits les plus dangereux et plus particulièrement dans la partie N.N.O. et dans une défaillance de terrain dans la partie Sud.*

*Néanmoins et malgré cela, **l'île continue à être attaquée**, et à la suite des **violentes tempêtes de Nord-est qu'il y eut en décembre 1933**, l'île a été **submergée et presque coupée en deux plus d'un mois de temps** ; toute la **partie teintée sur le plan ayant été envahie par la mer** qui longtemps y est restée séjourner. [...] ».*

## Problèmes posés par la BD Gaspar :

- Définition des aléas** : peu adaptée au littoral et aux aléas érosion/submersion
- Faible étendue temporelle des archives** des événements passés (depuis 1982 : 33 ans en 2015)
- **Sélection opérée** par la procédure de reconnaissance de Cat-Nat
- Caractère éminemment politique** du classement en Cat-Nat de certaines catastrophes (Douvinet, 2010)
  - **Vision partielle des aléas ayant entraîné des dommages.**
  
- Localisation à l'échelle communale** des dommages = aucune utilité pour délimiter précisément les territoires à risques sauf à se contenter des limites communales.
  
- Complément d'information néanmoins fourni par la plupart des PPR** = approche historique des événements passés (préconisé par MATE et METL, 1997 ; DGPR, 2014).
  - Dans la réalité, celle-ci peut apparaître également **incomplète** et de **qualité variable** selon les études préliminaires engagées pour l'élaboration des PPR (Cariolet et al., 2012).

▪ **Réflexion nécessaire sur la caractérisation des aléas littoraux d'érosion et de submersion**

Paramètres	Moyens de connaissance
• <b>Magnitude</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Moyens locaux de mesure et d'enregistrement des processus</li> <li>-Approche possible par connaissance des témoignages naturels</li> <li>-Approche par les caractéristiques des dommages</li> </ul>
• <b>Emprise spatiale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Modélisation des paramètres</li> <li>-Détermination possible par témoignages naturels</li> <li>-Détermination par la localisation et la distribution spatiale des dommages observés.</li> </ul>
• <b>Durée d'action</b> -Immédiate - différée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Témoignages archivistiques</li> <li>- observations locales et témoignages immédiats</li> <li>- Plus délicate à définir et/ou cerner</li> </ul>
• <b>Intensité des dommages</b>	- <b>inventaire des dommages (écrits/images).</b>
• <b>Probabilité d'occurrence</b>	- <b>nécessairement sur long terme</b> : chronologie des témoignages naturels (temps pré-historiques) et des dommages historiques



- **Etude des signatures géomorphologiques d'événements météo-marins**  
+ inventaires des dommages côtiers
- **Analyse spatio-temporelle de ces témoignages**

• Permet d'entreprendre l'étude des conditions favorisant la survenue des aléas

- **Méthodes et techniques mises en œuvre**

- **Période géologique récente** : recours aux témoignages naturels préservés au sein des accumulations littorales (travaux menés à l'échelle de la Région Bretagne)

### Caractérisation des événements anciens

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Base de travail</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recours aux témoignages naturels préservés au sein des accumulations littorales</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Techniques</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observation des séquences sédimentaires en coupes littorales (<i>dunes érodées, tourbes, sol anciens, signatures de tempête violente</i>)</li> <li>• Carottages et sondages-tarière</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Analyses</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etude stratigraphique des séquences sur terrain et au laboratoire</li> <li>• Datations (C14)</li> <li>• Interprétations</li> <li>• Confrontation aux données de la littérature</li> </ul>

*La Torche*



*Pors-Carn*



*Porsmilin*



Séquences littorales en coupe et à l'affleurement

*Guidel*



*Treffiat*



*Sein*



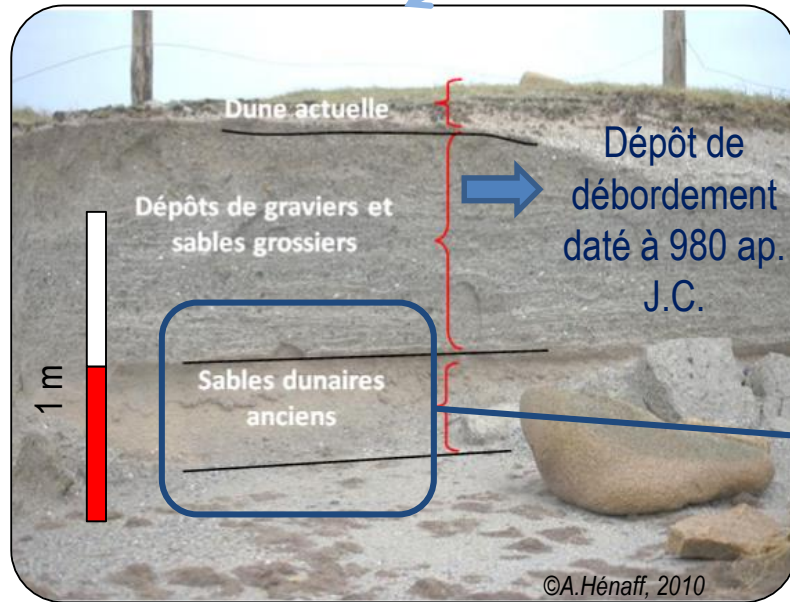
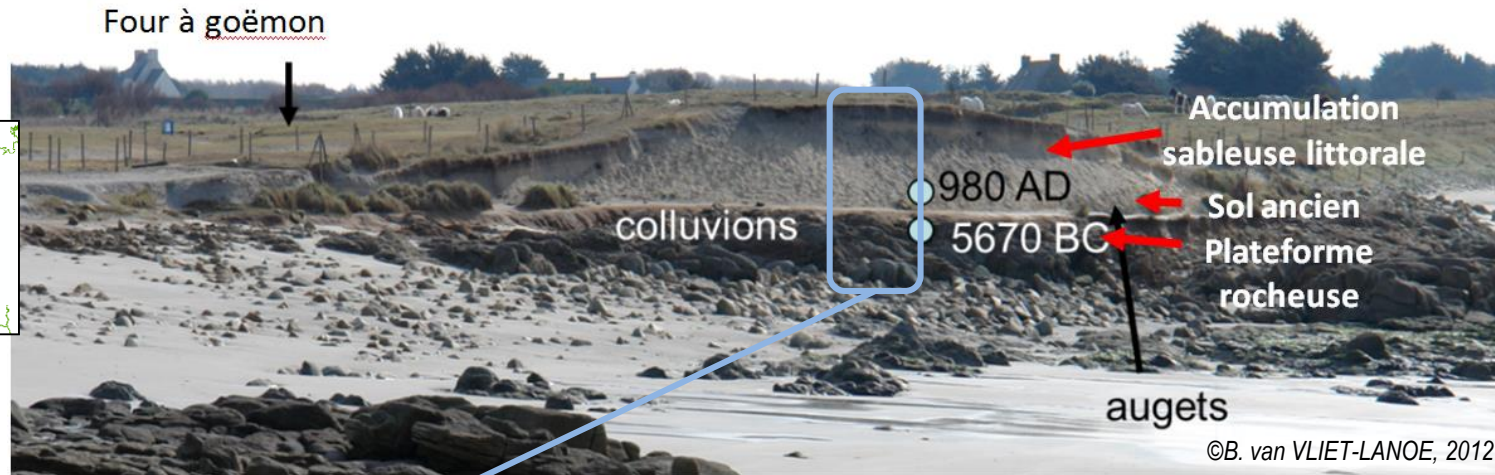
Carottages, sondages-tarières mécaniques et manuels



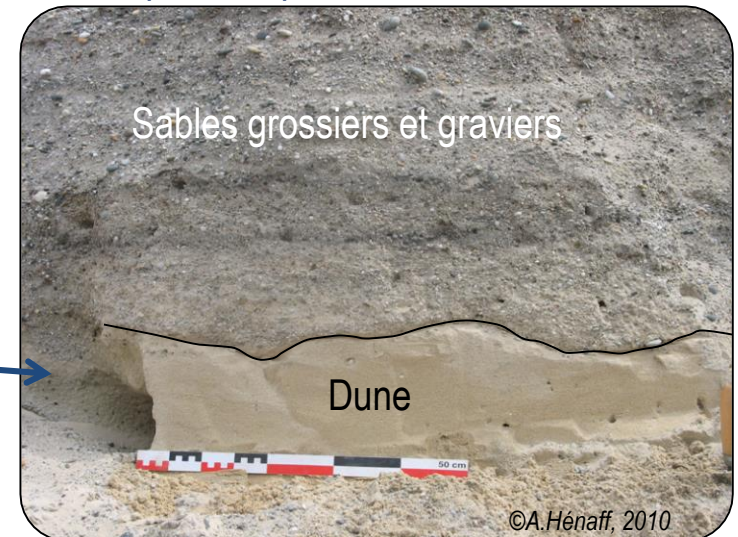
Analyse stratigraphique de carottes au laboratoire



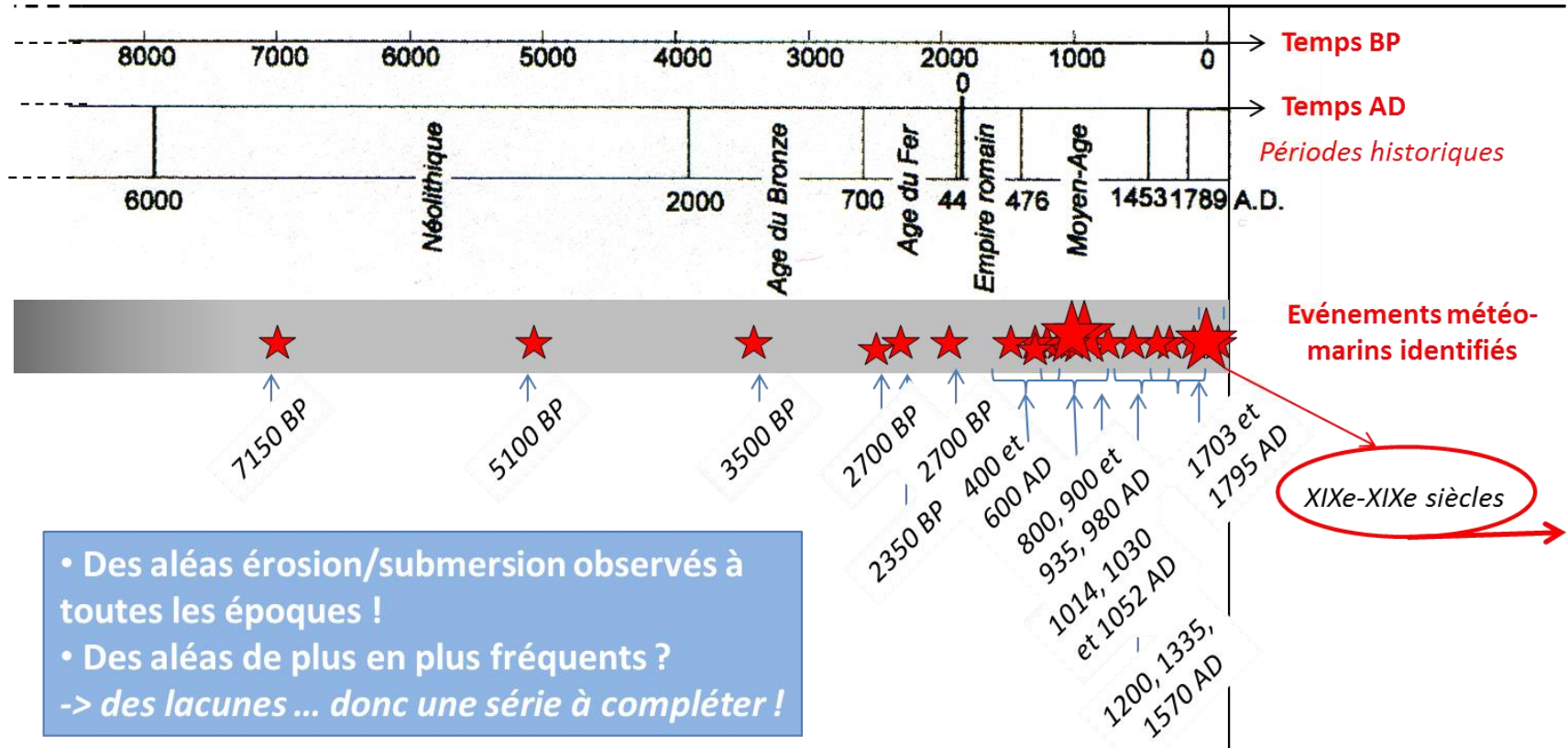
## Exemple du secteur dunaire de l'isthme de la Torche en baie d'Audierne



*Ravinement de la dune par le dépôt de débordement :*



## ■ Bilan régional sur la période géologique récente



- Des aléas érosion/submersion observés à toutes les époques !
- Des aléas de plus en plus fréquents ?
- > des lacunes ... donc une série à compléter !



- **Période historique (XVIII, XIX, XX et XXIe siècles)** : recours aux archives = dommages et impacts de l'érosion et des submersions (travaux menés à l'échelle de la Région Bretagne)

## Caractérisation des événements historiques

### ▪ Base de travail

Recours aux témoignages (écrits et images) : archives locales et départementales, journaux, articles et travaux universitaires.

### ▪ Techniques

- Collecte des données /photos des archives /sources par fiche
- Création d'une base de données géoréférencées des dommages côtiers.
- Définition des attributs caractérisant l'événement dommageable

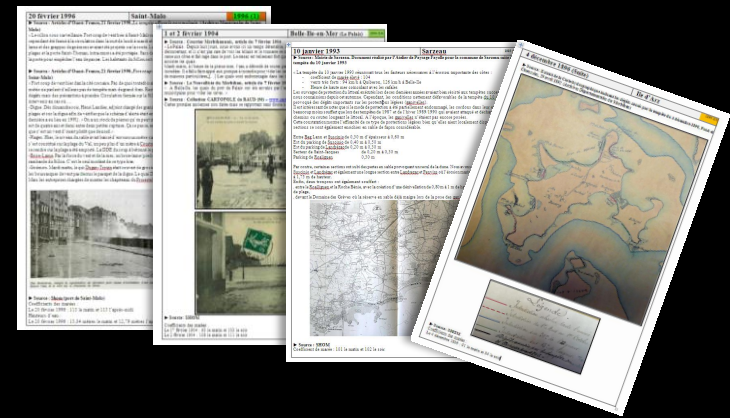
### ▪ Analyses

- Analyses statistiques spatiales et temporelles aux échelles communales et régionales

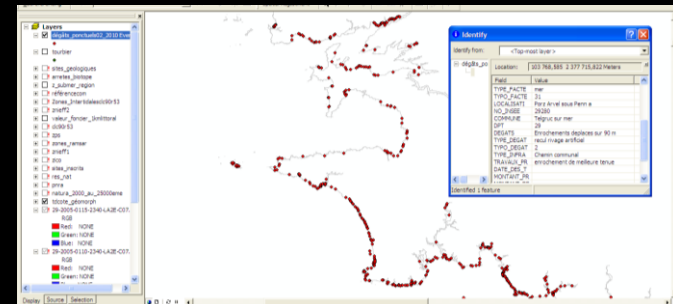
## Recherche des documents d'archive



## Création des fiches événements par commune



## Analyses des BD cartographiques





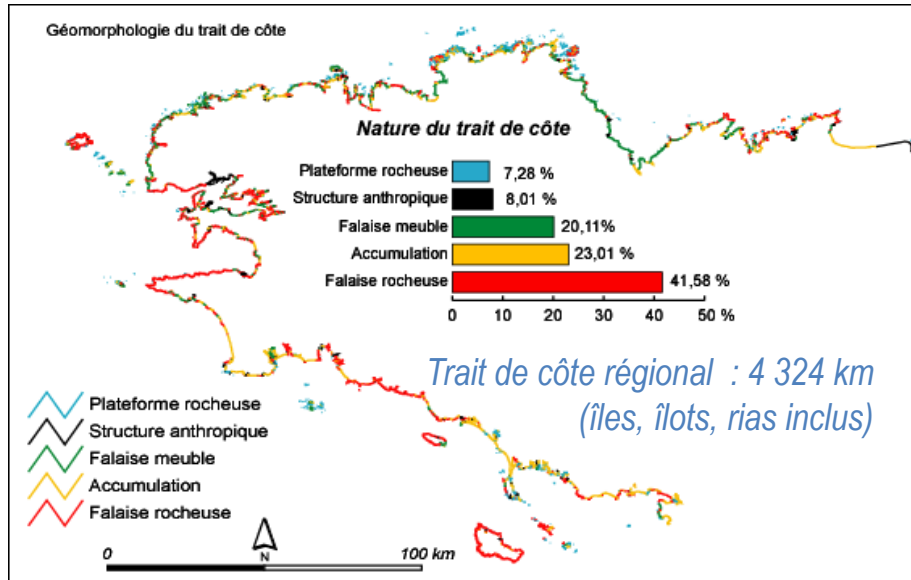
## Problèmes posés par ce type d'approche

- 1) **Difficulté de la collecte des données** = coûteuse en temps !
- 2) Jamais de certitude quant à l'**exhaustivité** !
- 3) Données souvent lacunaires, qui tendront, au final, à **exagérer les phénomènes pour lesquels les données sont les plus abondantes**.
- 4) **Dépendance aux enjeux** non statiques dans le temps
- 5) **les documents d'archives ne sont que très rarement objectifs** :
  - les catastrophes naturelles peuvent être à la fois **sur- ou sous-estimées**.
  - **les aléas ne sont jamais saisis en eux-mêmes** mais par le contexte culturel qui en a gardé la mémoire, le territoire humain qui en a gardé la trace, le dispositif institutionnel qui les a pris en compte, le système de communication qui a diffusé l'information ou encore les théories qui ont interprété l'événement.

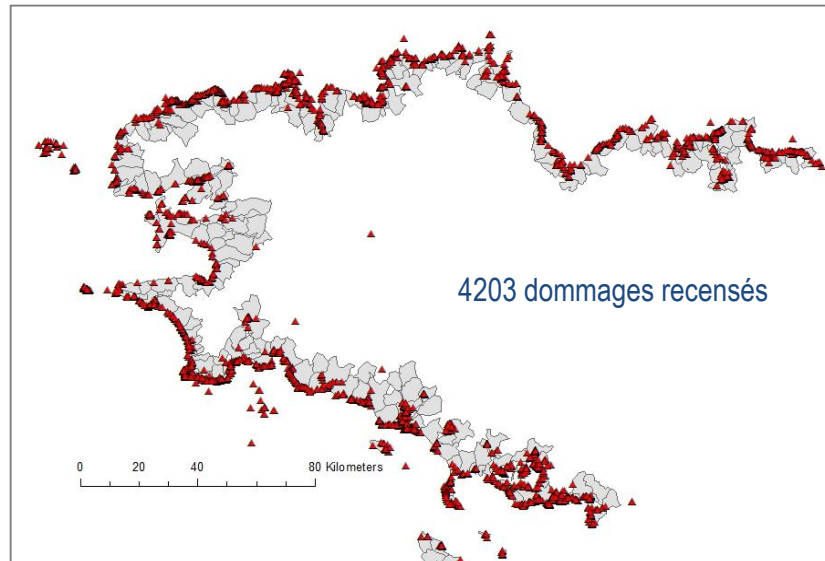
Ceci suppose, a priori, une maîtrise nécessaire des contextes politiques, institutionnels, sociologiques et économiques.

*(Hittelman et al., 2001 ; Balling et Cervený, 2003 ; Cœur et Lang, 2011 ; Clément et Jaurand, 2005)*

## ■ Période historique (XVIII, XIX, XX et XXIe siècles) : distribution spatiale des dommages historiques



Géomorphologie du trait de côte en Bretagne



Localisation des dommages : 1700 - 2010

### 4203 dommages recensés

-XVIIIe : 98

-XIXe : 736

-XXe : 2382

-XXIe : 938

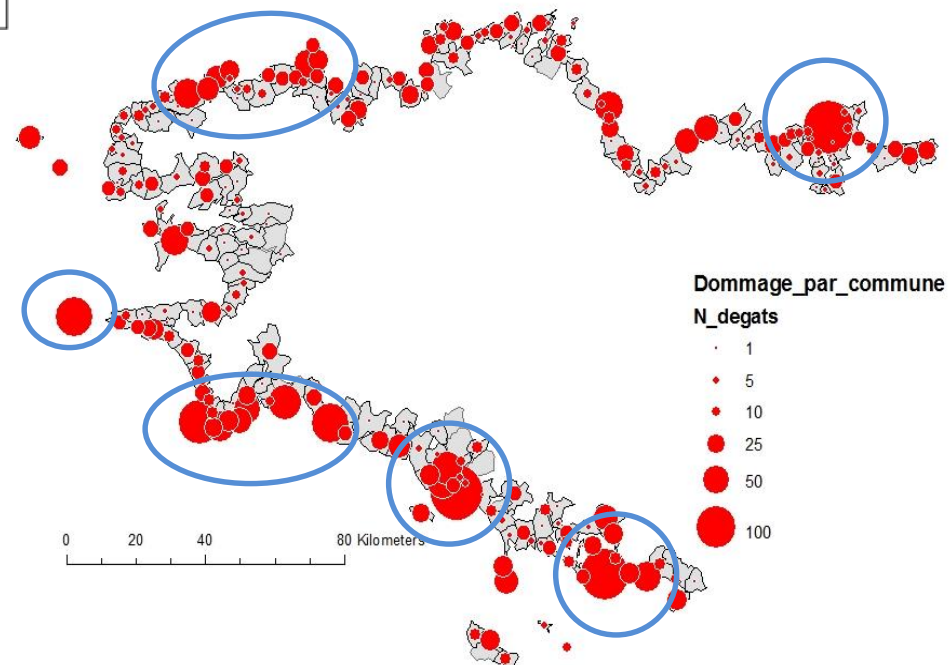
### 847 submersions

-XVIIIe : 45

-XIXe : 272

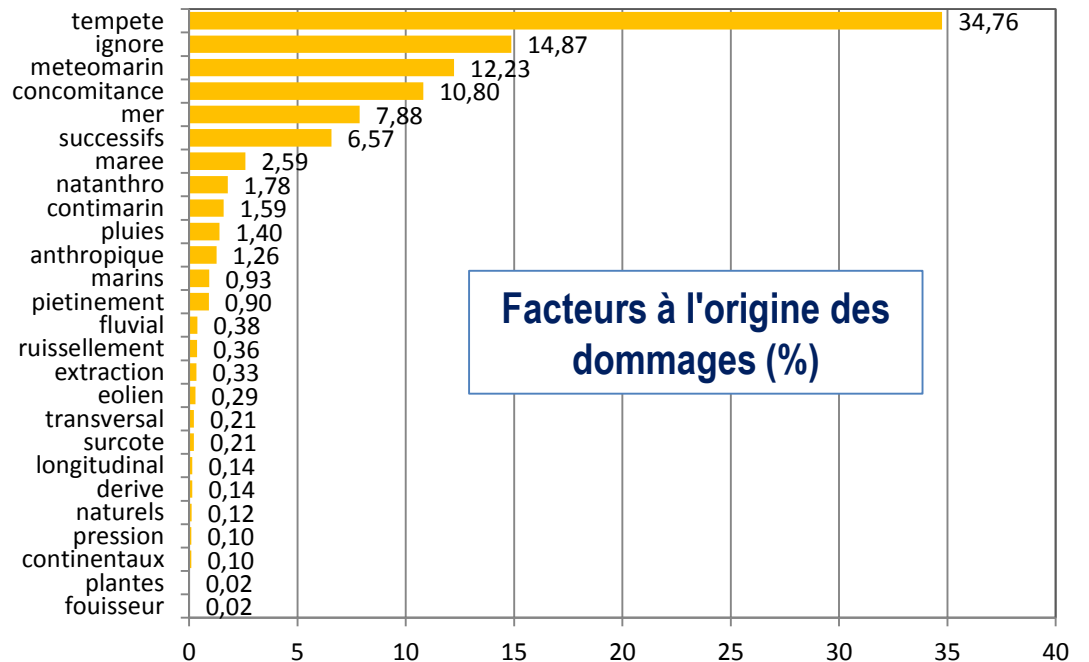
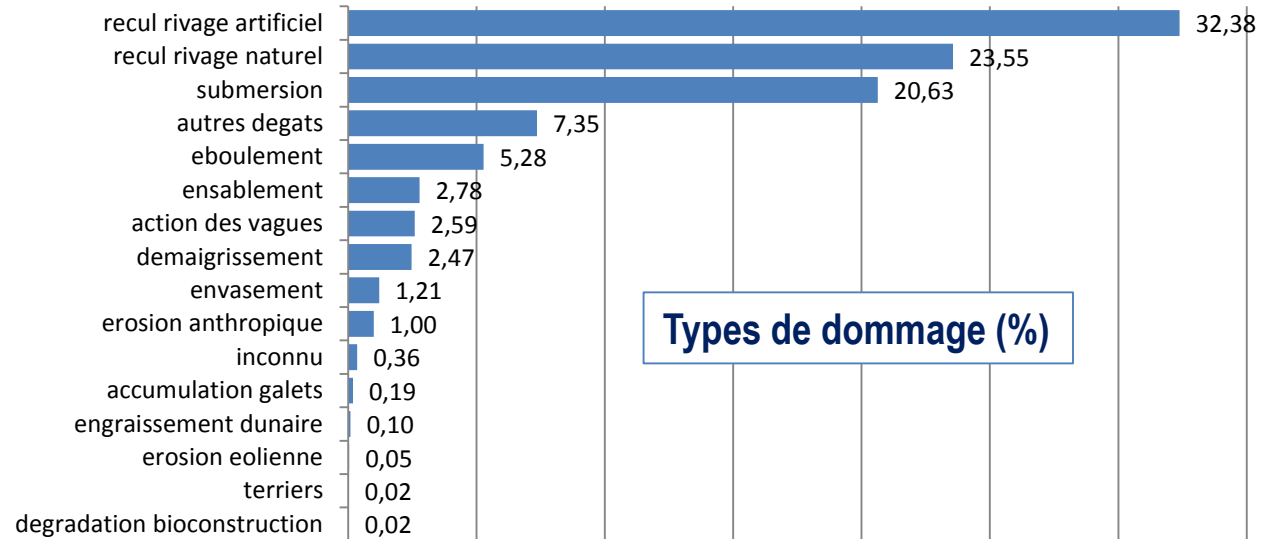
-XXe : 390

-XXIe : 140



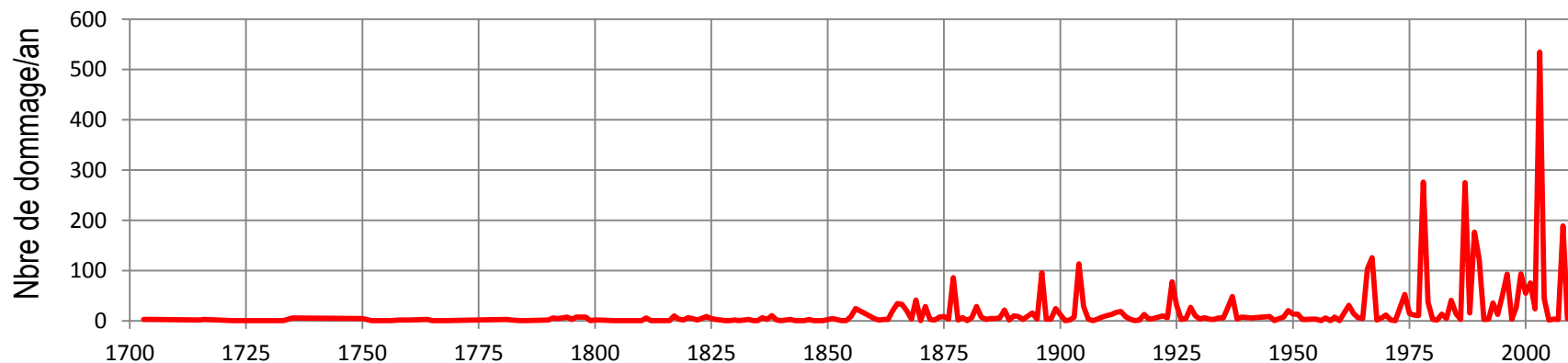
Impacts par commune bretonne

## Nature des dommages et des événements générateurs

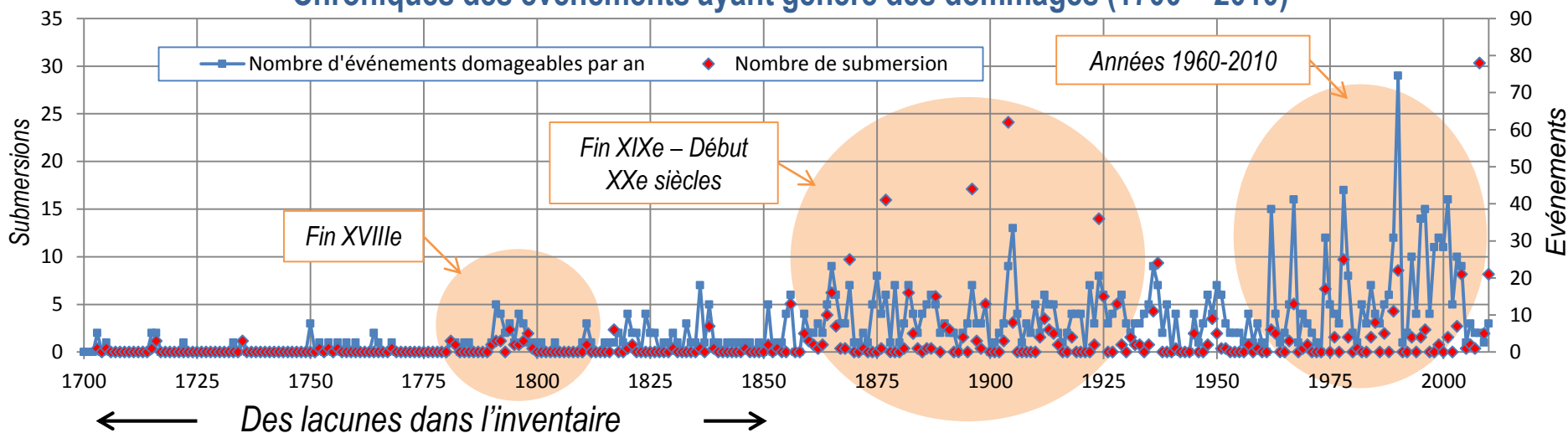


## Chronologie des aléas et événements météo-marins les ayant produits

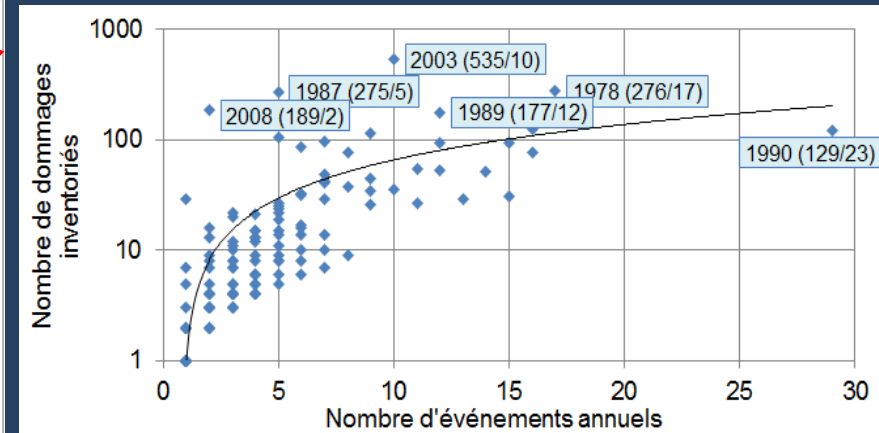
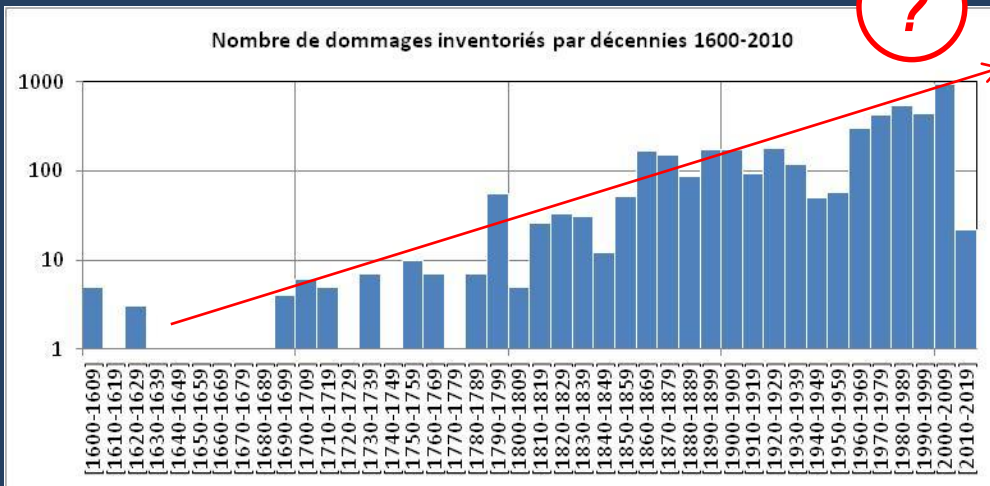
- Nombre de dommages annuels (1700 – 2010)



## Chroniques des événements ayant généré des dommages (1700 – 2010)

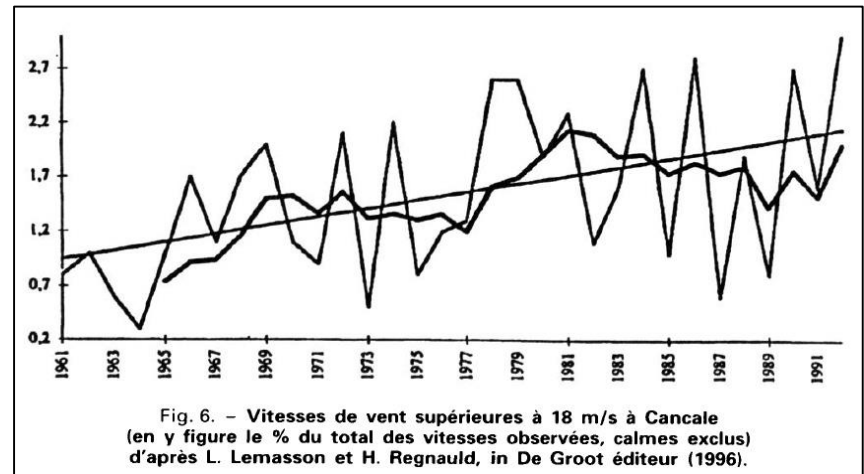
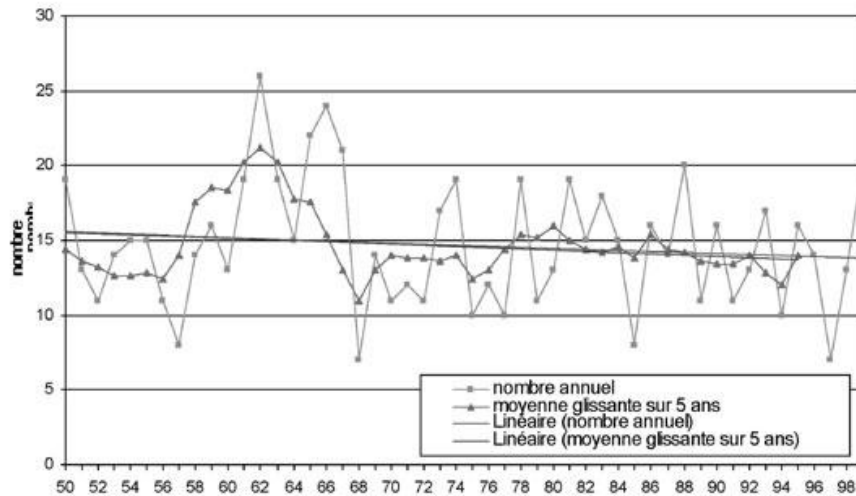


## ■ Une fréquence accrue des aléas ?



Distribution décennale des dommages entre 1600 et 2010

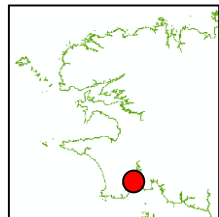
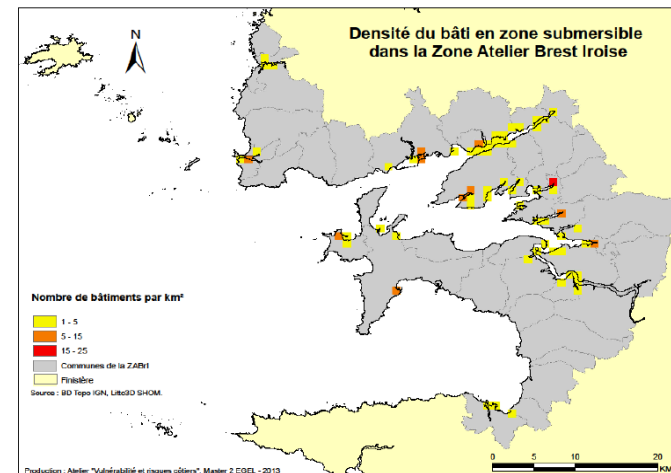
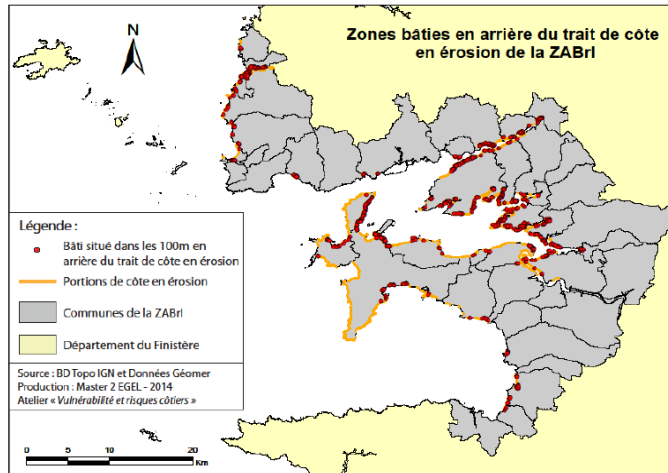
## ■ Une fréquence accrue des tempêtes ?



Des tendances évolutives peu certaines...

... par contre, une tendance clairement affirmée et vérifiée sur les territoires côtiers ...

**Croissance de l'intensité des dommages et des impacts = résultat du développement (et de l'enchérissement) des enjeux sur les territoires côtiers exposés aux aléas !**

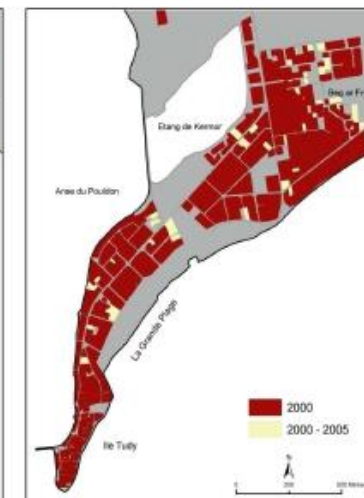
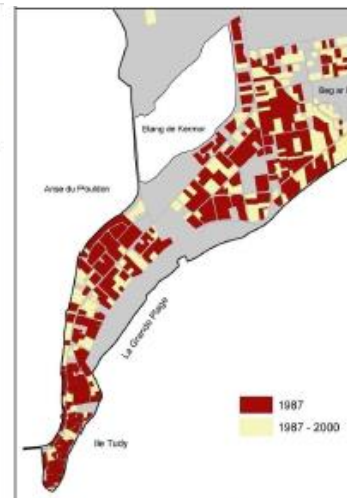
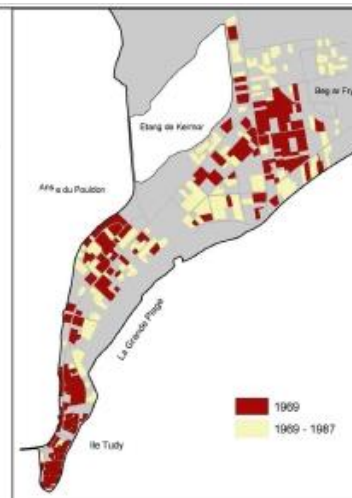
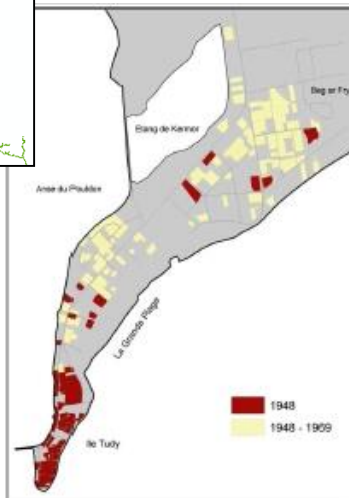


1909 ----> 1948

1948 ----> 1987

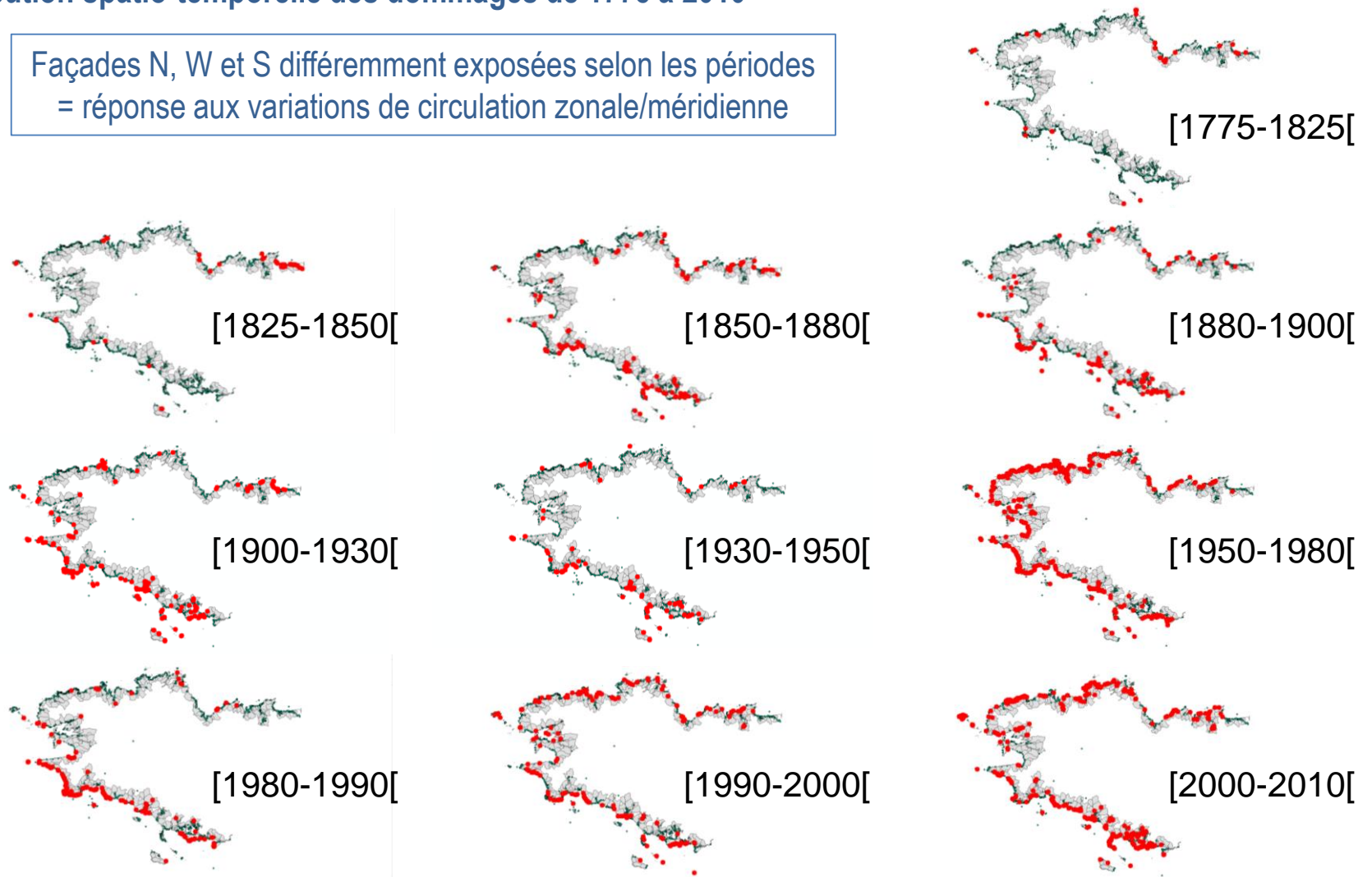
1987 ----> 2000

2000 ----> 2005

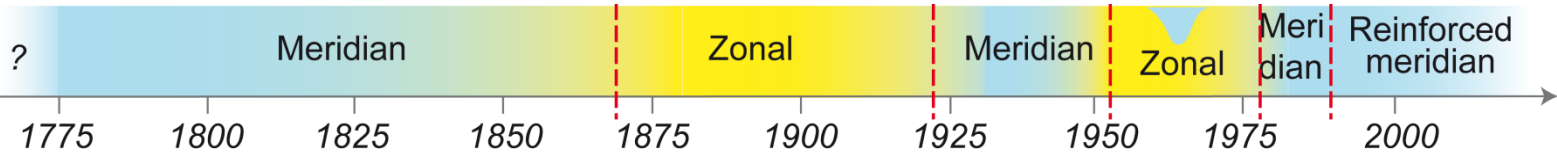


## • Distribution spatio-temporelle des dommages de 1775 à 2010

Façades N, W et S différemment exposées selon les périodes  
= réponse aux variations de circulation zonale/méridienne



Main orientations  
of storm winds



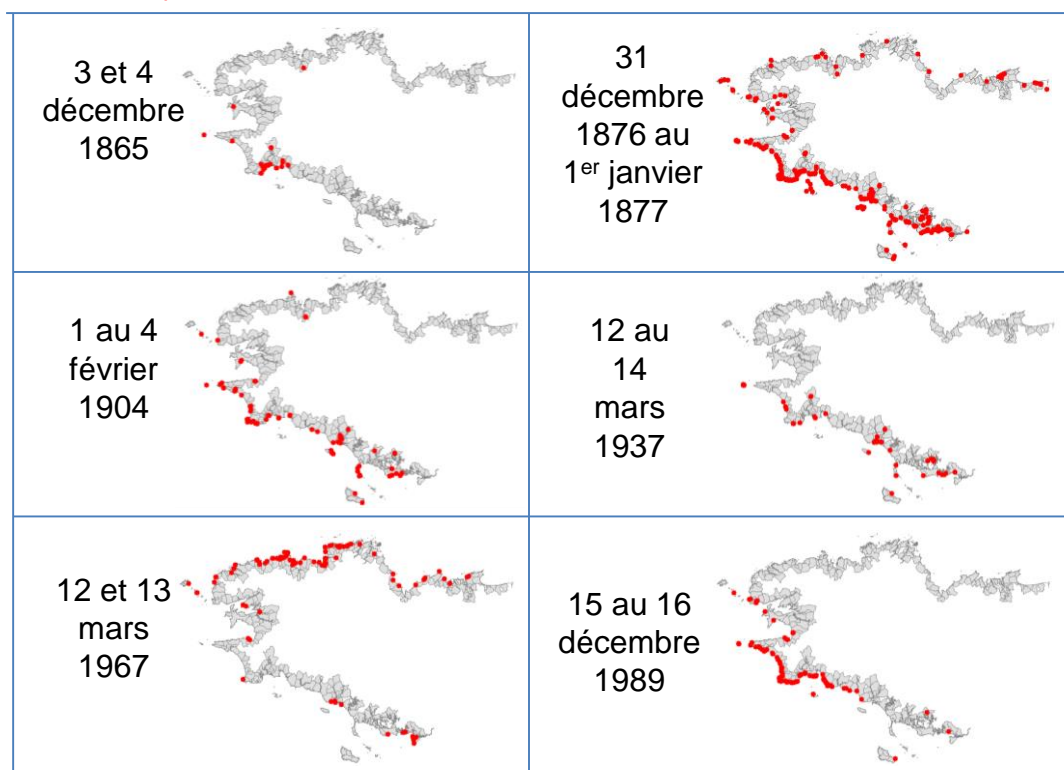
Caractérisation des aléas = définition de la **magnitude**, de l'**emprise spatiale**, de la **durée d'action**, de l'**intensité** des dommages et de la **probabilité d'occurrence**

■ **Intensité des dommages** : caractère vu précédemment

■ **Aires d'impact des aléas**

*Traitements des données encore en cours ... (géotraitements à définir et calibrer pour l'ensemble des événements)*

*Quelques événements météorologiques historiques et leur aire d'impact*



■ **Durée d'action immédiate et différée**

Difficultés de définition : information souvent manquante ; témoignages rares sur durée différée

## Définition d'une échelle de magnitude des événements dommageables

### Composante énergétique du phénomène, grandeur physique correspondant à sa puissance

- Difficultés liées à la multiplicité des causes de dommages (processus continentaux, marins, anthropiques,...)
- Nombre de dommages générés n'est pas (forcément) lié à la magnitude
- Croissance des dommages en lien avec augmentation des enjeux

### Proposition 1 : paramètres susceptibles d'être convertis en énergie et donc en magnitude

- Vitesse du vent, durée au-dessus d'un certain seuil ; surcotes, hauteur ou altitude des submersions ; hauteur des vagues, du run-up (Sallinger, 2000 ; MacClenahan et al., 2001; Feng et Hong, 2008; Feuillet et al., 2012)
  - « Sévérité" des tempêtes (Lamb., 1991)
- Pour périodes historique et pré-instrumentale :
    - archives généralement pauvres en valeurs mesurées
    - qualifications des événements peuvent ne pas être suffisamment fiables ou trop subjectives (Sweeney, 2000).

### Proposition 2 : attribution d'une valeur numérique aux facteurs générateurs de dommages

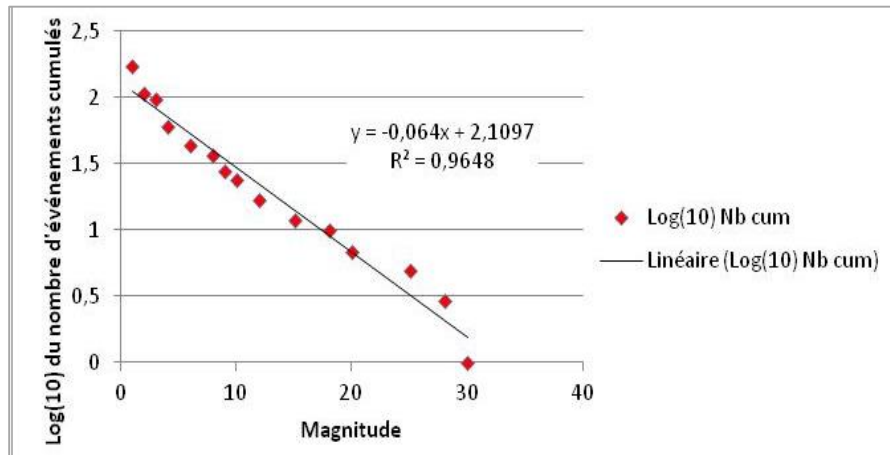
Typologie des événements	Code	Cotation
<b>1 - FACTEURS METEOROLOGIQUES</b>		
Conjugués météorologiques [meteo] - 10	10	70
Tempête [tempe] – 11	11	60
Tempêtes successives [successifs] – 12	12	70
Dérive éolienne [eolien] - 13	13	30

- Subjectivité relativement forte....

*Proposition 3 : pour un événement donné, on tient compte de la diversité des dommages et de la diversité des facteurs générateurs (et non des nombres)*

Pour un événement : **Mg = Nbre de types de dommages X Nbre de types de facteurs**

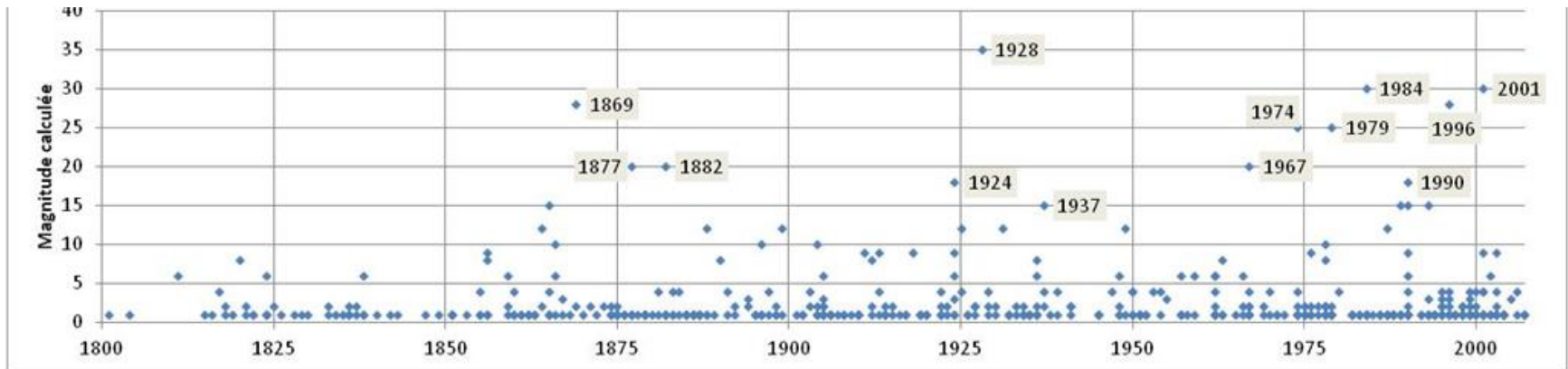
- 15 types de dommages possibles et 29 types de facteurs générateurs
- Théoriquement échelle de magnitudes de 1 à 435
- Pour les événements inventoriés :  $1 < Mg < 136$



### Distribution Fréquence / Magnitude

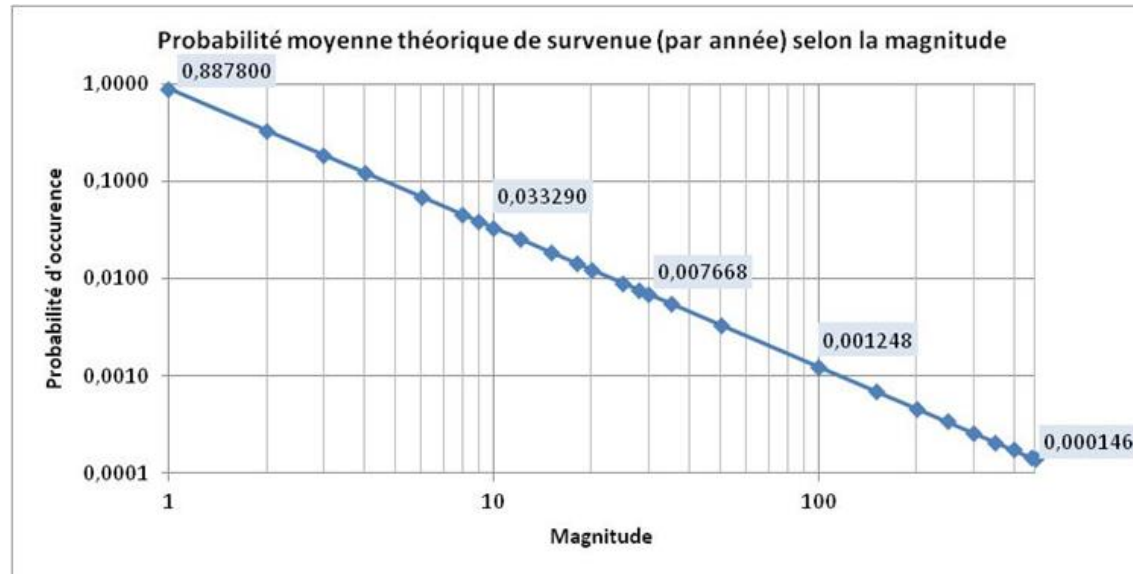
- Caractéristique des relations existant entre la fréquence et la "taille" des événements
- Proche d'une loi puissance  $\text{Log}N = a - bM$  ( $N$  nombre d'événements de  $M >$  à une valeur donnée,  $a$  et  $b$  constantes,  $\text{Log}$  la fonction logarithme décimal de la magnitude  $M$ ).

Magnitude calculée pour les événements inventoriés (1800 – 2010)



## Période d'occurrence

Il est dès lors possible de calculer pour chaque valeur de M entre 1 et 464 sa probabilité de survenue théorique

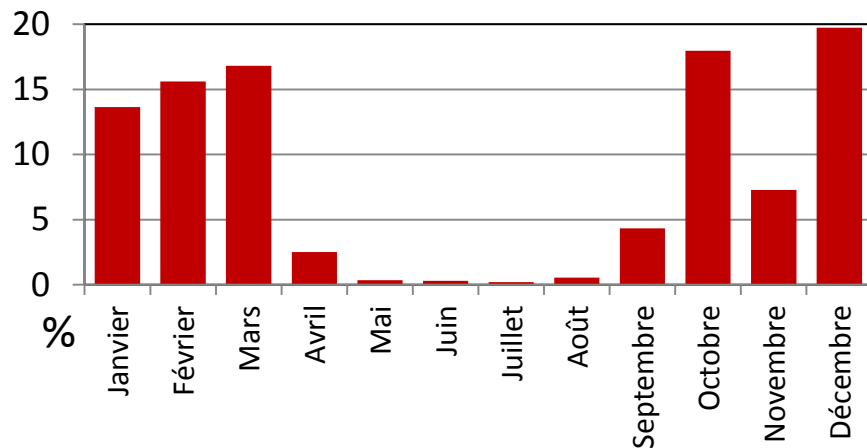


Magnitude	Période moyenne théorique d'occurrence	Période minimale théorique d'occurrence	Période maximale théorique d'occurrence
5	11,2 ans	7,1 ans	27,3 ans
10	30 ans	21 ans	54 ans
15	53,6 ans	39,4 ans	80,2 ans
20	80,7 ans	61,8 ans	106,4 ans
100	801 ans	765,5 ans	517,7 ans
464	6849 ans	8441 ans	2340 ans

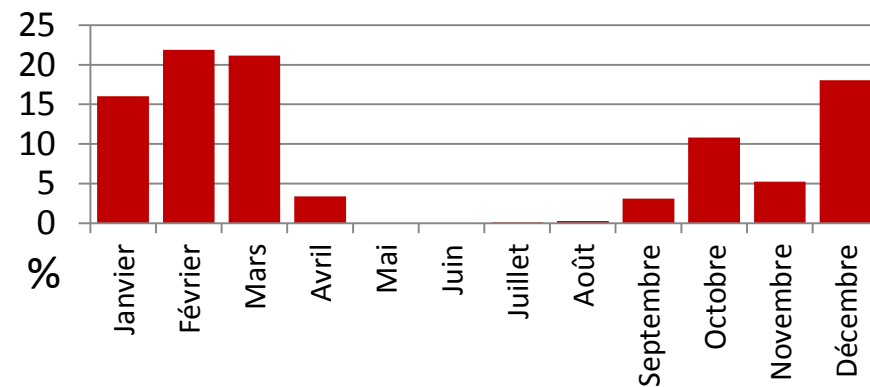
## Période d'occurrence

### Conditions d'apparition des dommages et submersions

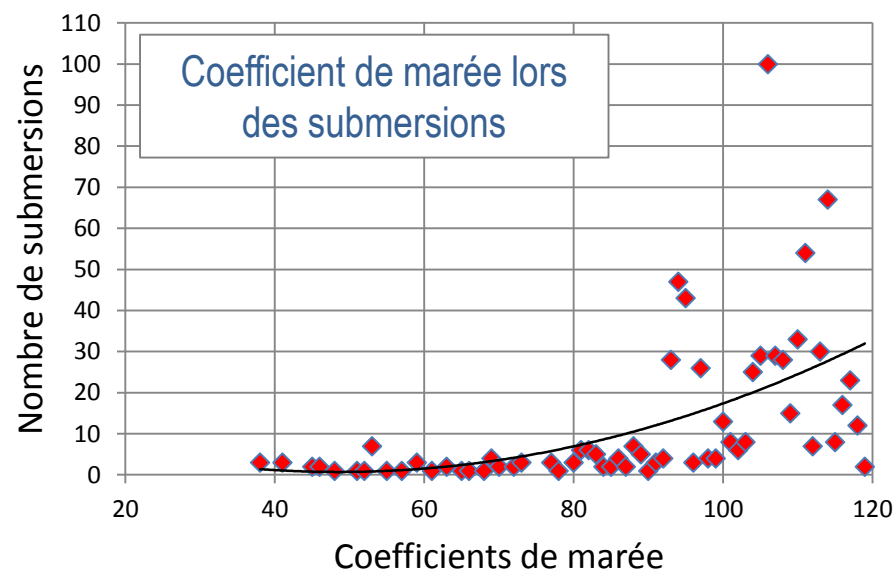
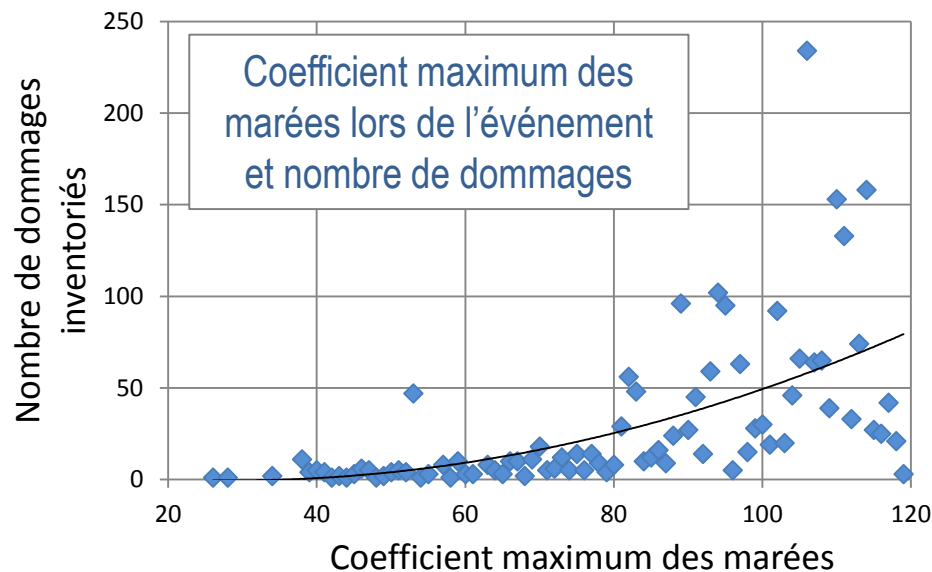
#### Fréquence mensuelle des dommages (1700 - 2010)



#### Fréquence mensuelle submersions (1700 - 2010)



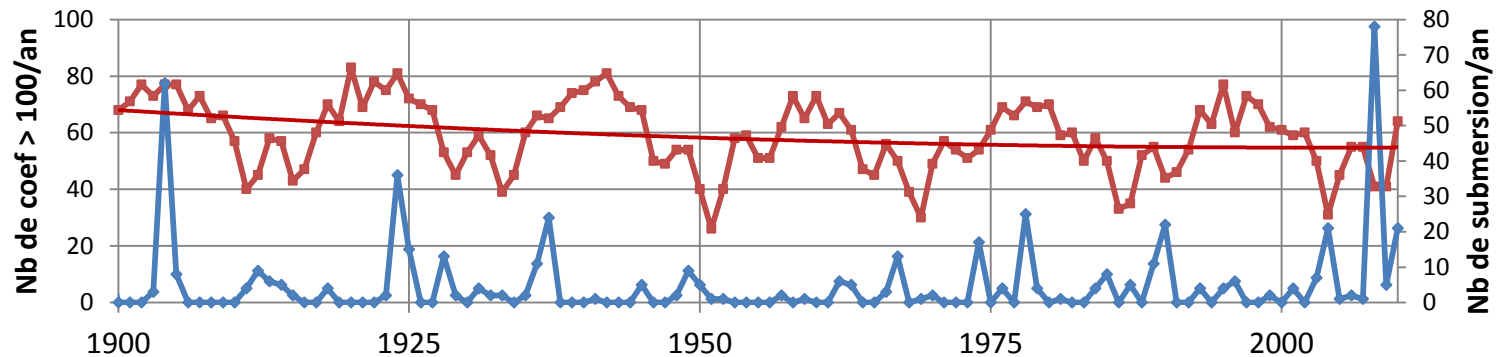
Données dont la date de survenue est connue au moins au mois près = 69,4 % de l'inventaire.



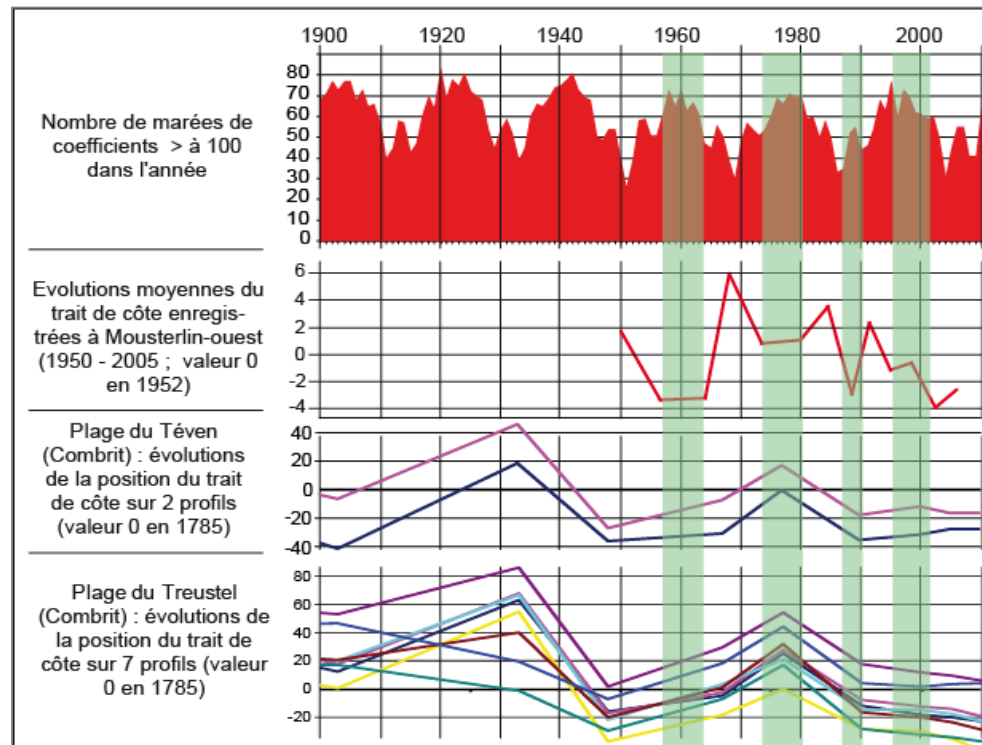
## Conditions d'apparition des dommages et submersions

- Relation avec la périodicité chaldéenne des marées

### Submersions annuelles et nombre de coefficients > 100



## Conditions de survenue des aléas d'érosion du trait de côte (recul du rivage naturel)



## Bilan des analyses consacrées aux aléas dans le projet Cocorisco et à la définition de leurs caractéristiques :

- **Une magnitude** : encore délicate à définir
- **Une emprise spatiale** : fournie par l'analyse des aléas passés
- **Une durée d'action** : 1) immédiate ; 2) différée : recherche à renforcer
- **Une intensité de dommages potentiels ou observés** : assez bien définie pour les aléas passés d'érosion et de submersion ; plus délicate à déterminer pour les aléas à venir (enjeux dynamiques)
- **Une probabilité d'occurrence** : quelques éléments permettant d'avancer sur la question à la condition de porter les analyses sur le long terme

## Progression depuis approches « naturo-centrées » vers analyses de la vulnérabilité systémique (White, 1960, Gares *et al.*, 1994, Meur-Férec, 2006, Vinet, 2010, Dauphiné et Provitolo, 2013, Cocorisco, 2015)

- Depuis analyses géomorphologiques et statistiques des aléas → vers une analyse plus approfondie des enjeux, des représentations et des moyens de gestion
- **Renforcement de l'influence réelle des facteurs anthropiques** dans la génération des risques par rapport aux processus naturels.

**Dans ces conditions : pourquoi s'intéresser toujours aux aléas ?**

- 1) **Connaissance visiblement encore insuffisante** (Johanna en 2008 ; Xynthia en 2010 ; tempêtes de 2013-2014 ; ...);
- 2) **Poursuite du développement et de l'aménagement de territoires clairement reconnus à risques** (White *et al.*, 2001 ; Meur-Férec *et al.*, 2008)
- 3) **Accroissement des populations et enchérissement des biens exposés sur ces territoires**
  - Par conséquent, dans l'objectif **d'améliorer les stratégies de gestion**, le besoin d'approfondir encore la connaissance des aléas demeure déterminant.
  - Dans ce contexte, la "**mémoire**" ↔ un élément fondamental de la connaissance des risques et du développement de la "**culture du risque**" (Beucher *et al.*, 2004 ; Garnier *et al.* 2010).

Merci de votre attention



COonnaissance,  
COmpréhension  
et gestion  
des RISques  
CÔtiers



AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE  
ANR