

# LES SUBMERSIONS MARINES

Sylvestre LE ROY  
02 Décembre 2019



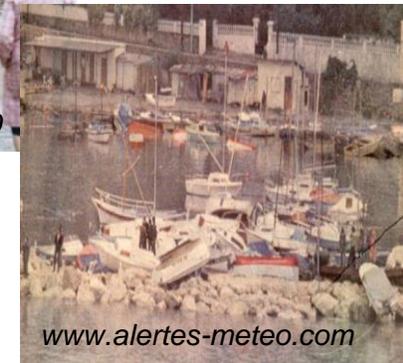
# Principales causes des submersions marines

## Origine gravitaire: tsunamis

- Déplacement d'eau par un mouvement du sol (séisme et/ou mouvement de terrain)
- Phénomène soudain, pouvant se propager sur plusieurs milliers de km

### Exemples:

- Chili 1960 (Mw 9.5)
- Sumatra 2004 (Mw 9.1)
- Chili 2010 (Mw 8.8)
- Japon 2011 (Mw 9.0)
- Nice 1979 (Glissement de terrain)



## Origine météorologique: tempêtes et cyclones

- Interaction atmosphère-océan
- Combinaison de plusieurs effets (niveau d'eau, vagues, ouvrages de défense, chronologie...)

### Exemples:

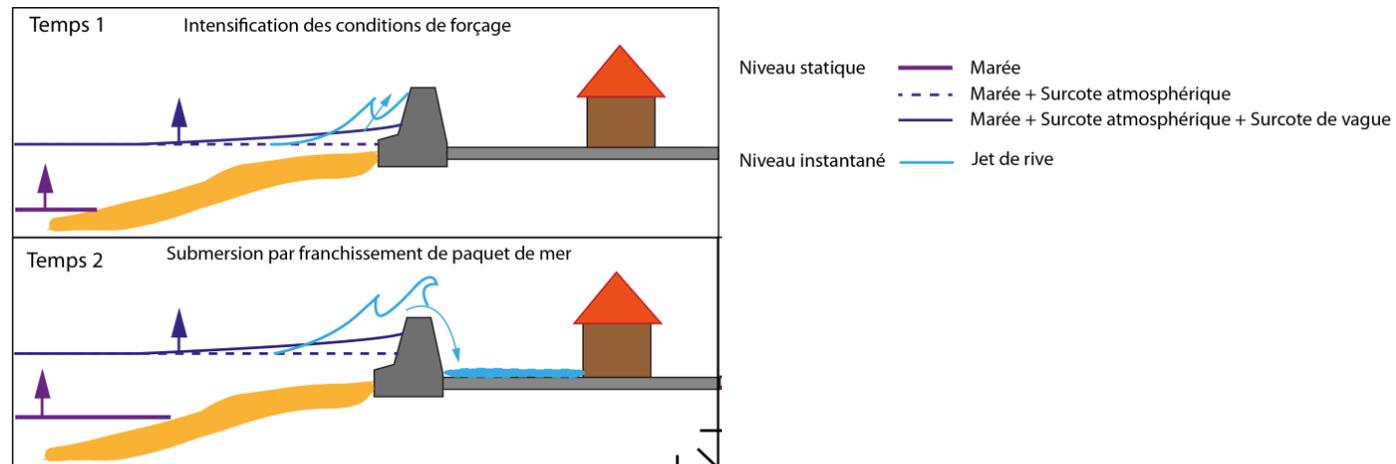
- Ouragan Katrina (USA, 2005)
- Tempête Xynthia (France, 2010)
- Typhon Haiyan (Philippines, 2013)



# Les mécanismes des submersions marines

## 3 processus distincts parfois combinés, dans l'espace et le temps

- Franchissement par paquets de mer

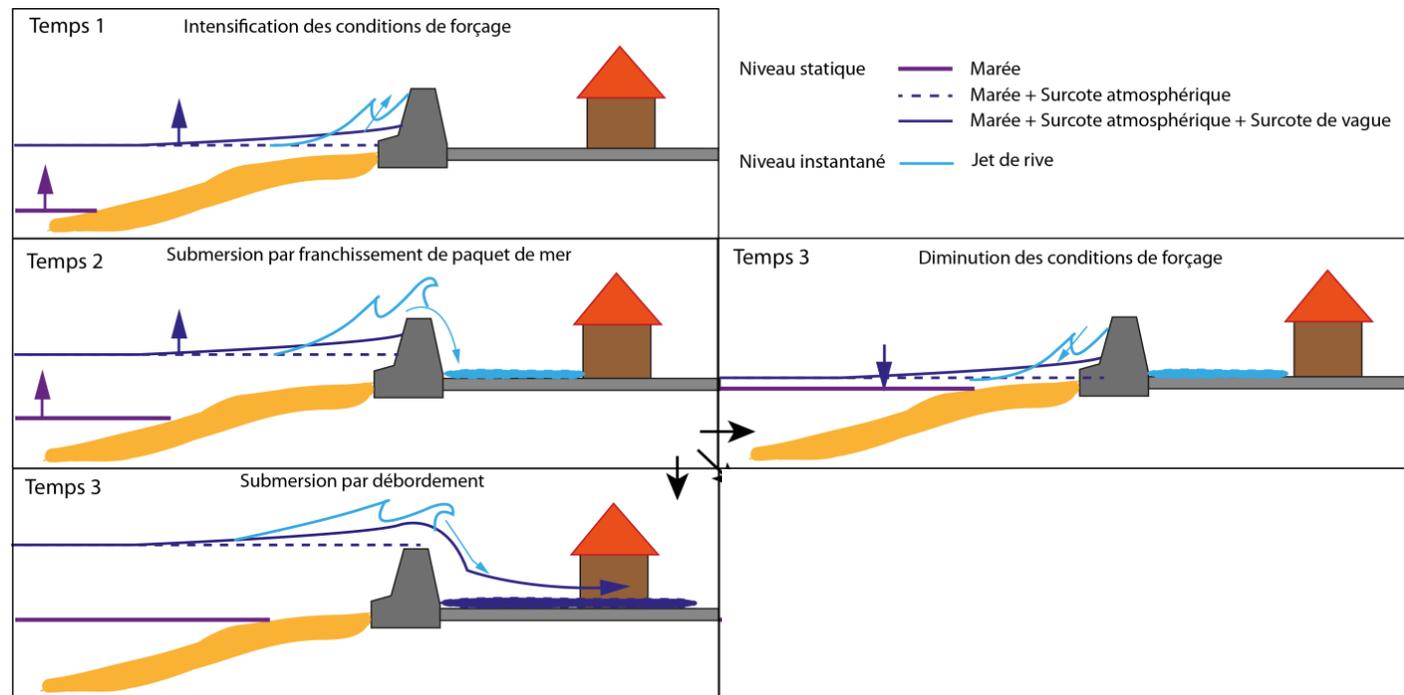


s03p01\_0001-0850.avi

# Les mécanismes des submersions marines

## 3 processus distincts parfois combinés, dans l'espace et le temps

- Franchissement par paquets de mer
- Débordement

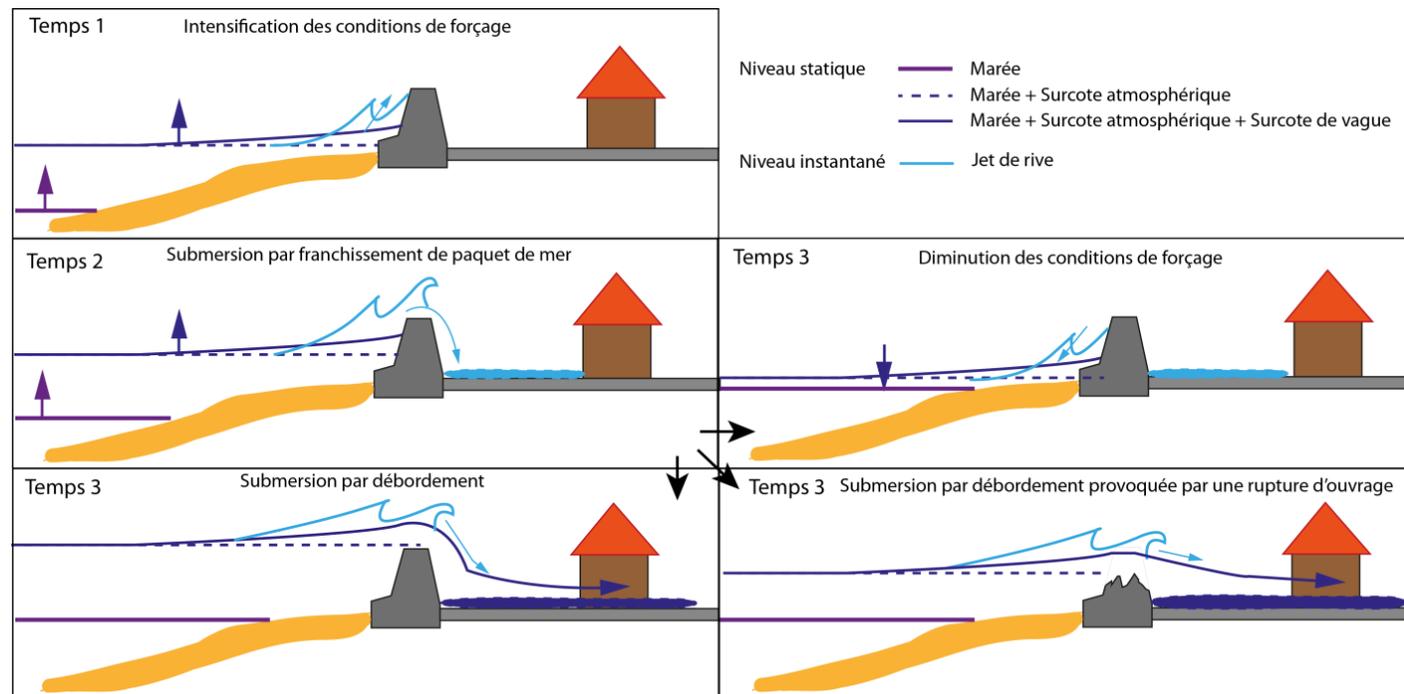


s02p01\_0001-0825.avi

# Les mécanismes des submersions marines

## 3 processus distincts parfois combinés, dans l'espace et le temps

- Franchissement par paquets de mer
- Débordement
- Rupture d'ouvrage



  
s04p02\_0001-0825.avi

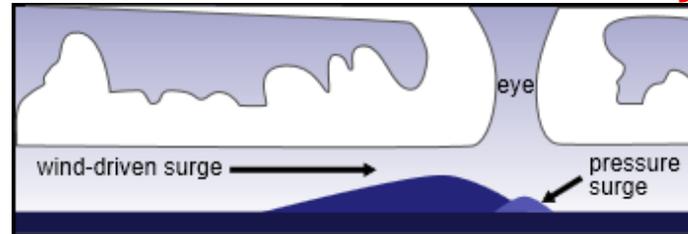
# Les mécanismes des submersions marines

## Conditions de forçage

- Le niveau marin

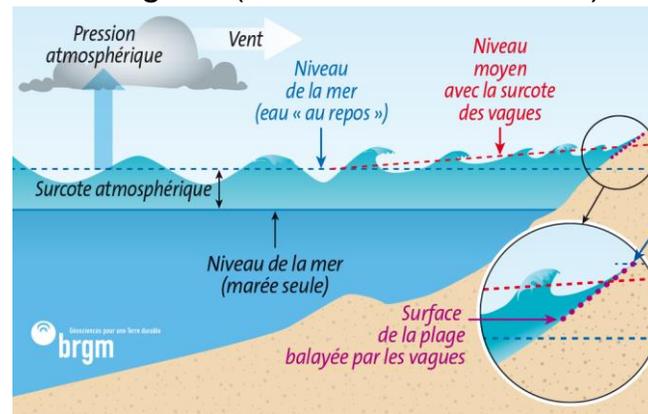
- Conditionné par la marée
- Composantes de la surcote

Composante liée à la pression atmosphérique  
Composante liée au vent

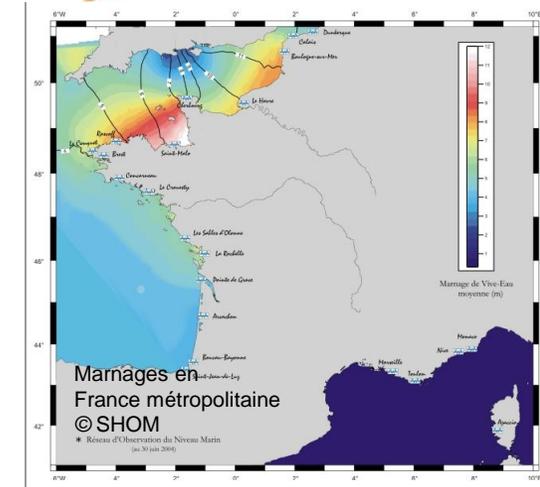


Surcote  
atmosphérique

Composante liée aux vagues (déferlement à la côte)



« Wave setup »

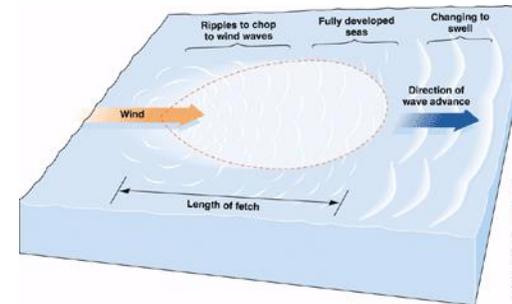
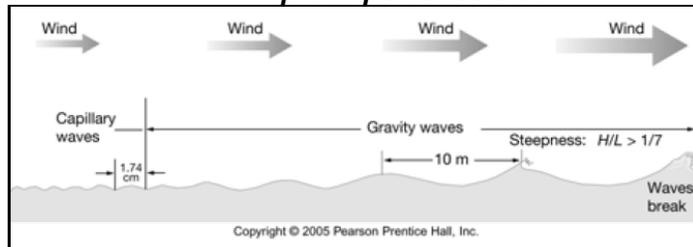


## Les submersions marines

# Les mécanismes des submersions marines

### Conditions de forçage

- **Le niveau marin**
  - Conditionné par la marée
  - Composantes de la surcote (surcote atmosphérique + surcote liée aux vagues)
  
- **Les vagues**
  - Générées par la friction du vent sur la surface de l'eau
  - Caractérisées par une hauteur significative ( $H_s$ ), une période (ou longueur d'onde) et une direction
  - Conditionnées par la vitesse du vent, le fetch, la durée et la bathymétrie en eaux peu profondes



| Wind Speed (km/hr) | Fetch (km) | Duration (hr) | Height (m) | Length (m) | Period (sec) |
|--------------------|------------|---------------|------------|------------|--------------|
| 20                 | 24         | 2.75          | 0.33       | 10.6       | 3.2          |
| 40                 | 176        | 11.50         | 1.80       | 39.7       | 6.2          |
| 60                 | 660        | 27.50         | 5.10       | 89.2       | 9.1          |
| 80                 | 1682       | 50.00         | 10.30      | 158.6      | 12.4         |

- A l'approche de la côte: Déferlement
  - => Dissipation d'énergie
  - => Génération d'une surcote locale à la côte



# Méthodes d'étude et de caractérisation

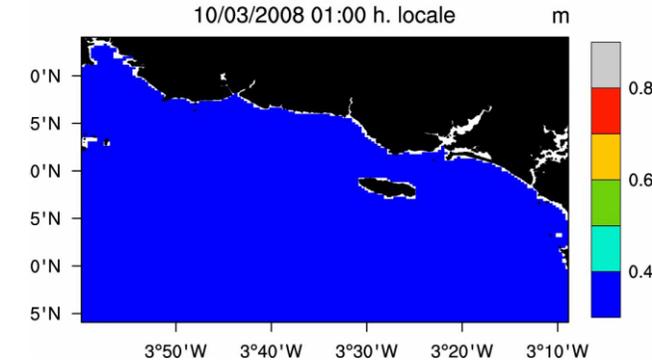


## Conditions de forçage

- **Le niveau marin**
  - Mesures marégraphiques (SHOM)
  - Bases de données météorologiques
  - Modélisations hydrodynamiques (chronologies de la marée et de la surcote atmosphérique)
- **Les vagues**
  - Mesures houlographiques (réseau CANDHIS – CEREMA)
  - Base de données globales ou régionales issues de modélisations (Ex: ANEMOC, BoBWa, Homère...)
  - Modélisations spectrales de la propagation des vagues à l'approche de la côte



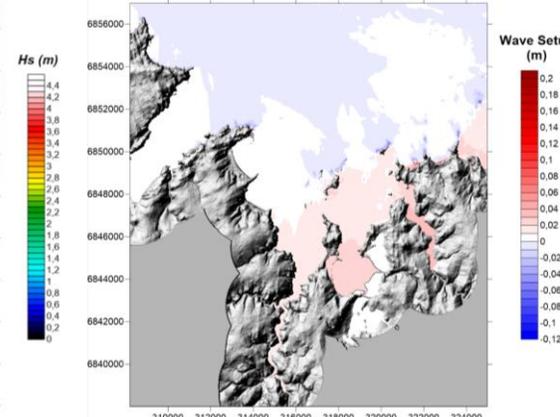
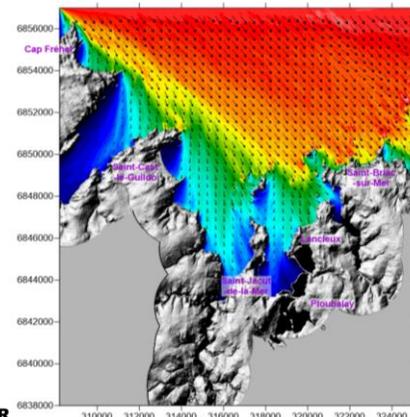
Marégraphe de Brest (Photo SHOM)



Exemple de simulation de la surcote atmosphérique pendant la tempête Johanna (10/03/2008)

Exemple de simulation spectrale de la propagation des vagues dans la Baie de Lancier (22) (Projet Life Adapto – Conservatoire du Littoral)

**Hauteur significative (HS) des vagues**



**Surcote générée par le déferlement des vagues (wave-setup)**



Houlographe (Photo CEREMA)

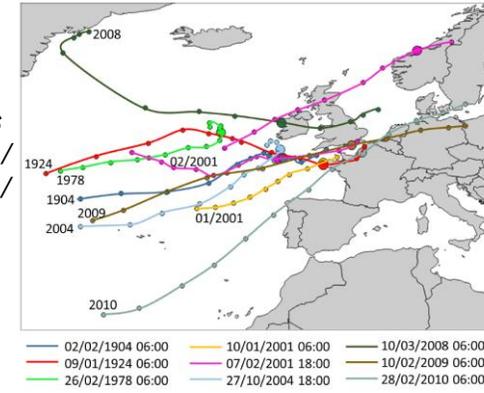
# Méthodes d'étude et de caractérisation



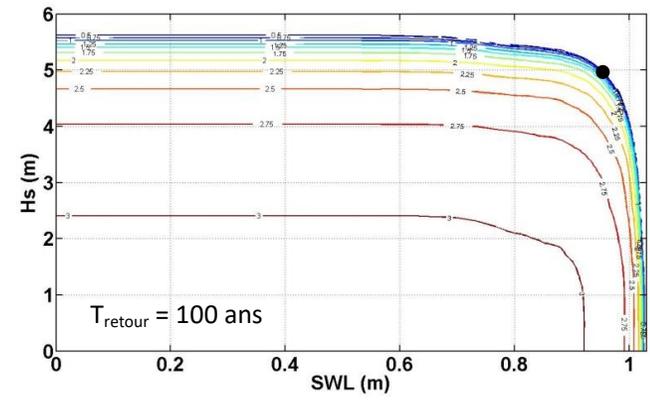
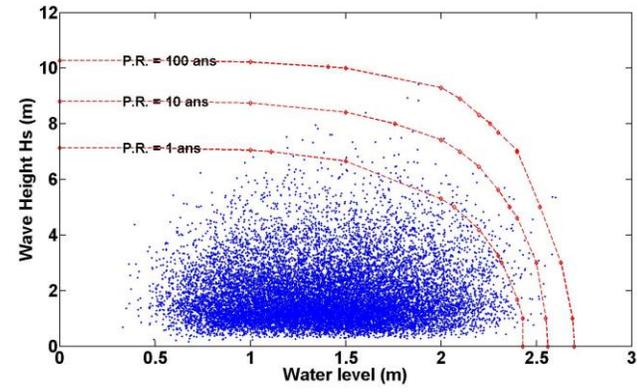
## Conditions de forçage

- Avec un historique suffisamment long (mesures et/ou modélisations), possibilité de traitements statistiques permettant de caractériser les périodes de retour des conditions au large
- Analyse aux probabilités conjointes

Exemple: Constitution d'une base de données (Niveau moyen / Marée / Surcote atmosphérique / Vagues / Vent) depuis 1900 (Projet ANR RISCOPE)

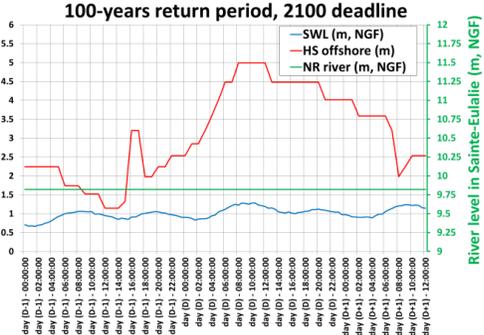
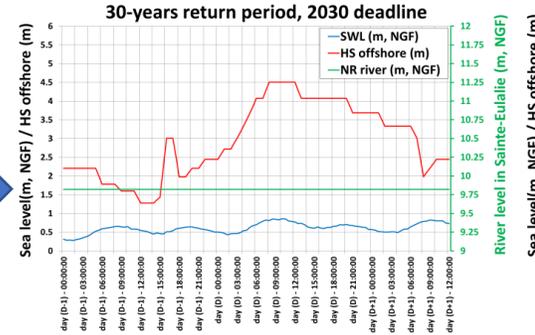
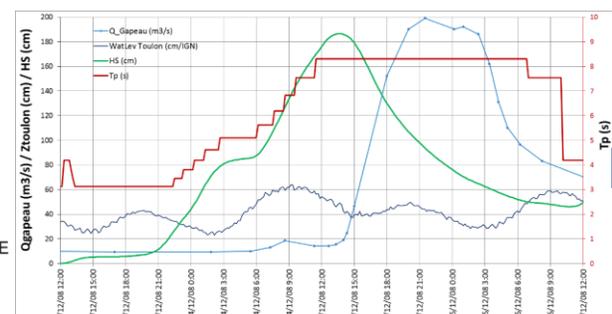


Exemple de courbes d'iso-probabilité de dépassement conjoint pour 2 paramètres (Niveau marin / HS des vagues)



Exemple de courbes d'iso-probabilité de dépassement conjoint (centennale) pour 3 paramètres (Niveau marin / HS des vagues / Niveau de la rivière)

- Selon l'objectif recherché, définition des paramètres et d'une chronologie



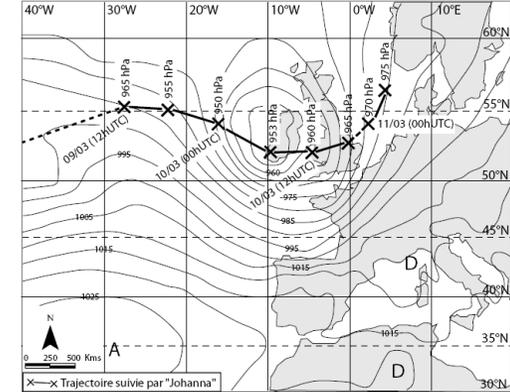


# Exemple de la tempête Johanna à Gâvres



## La tempête Johanna (mars 2008)

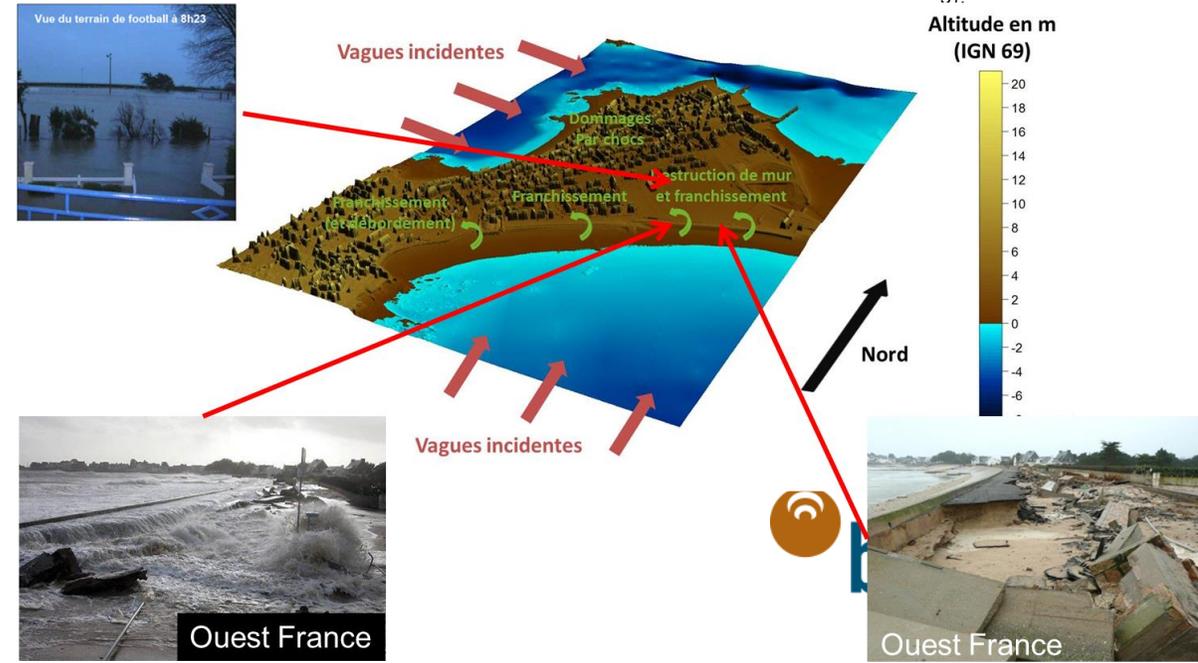
- Dépression née au niveau de Terre-Neuve le 08/03/2008, se déplaçant d'Ouest en Est jusqu'à passer sur les îles britanniques le 10/03/2008
- A l'Ouest de la Bretagne:
  - pression atmosphérique atteignant 975 hPa
  - Vents de 150 km/h
  - Vagues de 13 m au large (Hs)
- Nombreux dommages sur les côtes Bretonnes (et Normandes): Submersions (surtout au Sud), chocs de vagues et érosion



Source: Cariolet, Costa, Caspar, Arduin, Magne, Goasguen (2010) - Aspects météorologiques de la tempête du 10 mars 2008 en Atlantique et en Manche. Norois n°215, p, 11-31.

## La submersion à Gâvres

- Submersion essentiellement lors de la marée haute du matin
- Coefficient de marée 106, pleine mer à 05h11 UTC
- Essentiellement un problème de franchissement par paquets de mer + rupture d'une partie du muret surmontant la digue

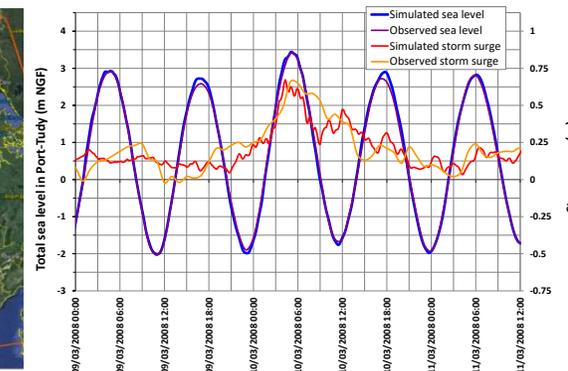
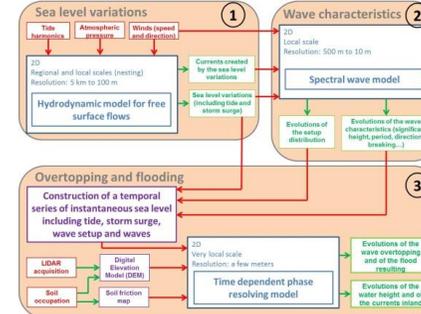


## Les submersions marines

# Exemple de la tempête Johanna à Gâvres

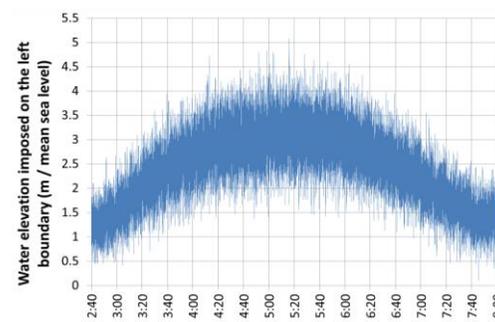
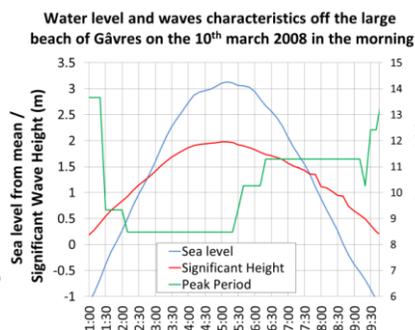
## Descente d'échelle

- Simulation marées / surcote atmosphérique
  - Modèle MARS (Ifremer)
  - 2 rangs emboîtés (Atlantique NE à 2km et Bretagne Sud à 400m)
  - Validation sur les marégraphes de Port-Tudy et Concarneau
- Simulation des vagues
  - Modèle SWAN (TU Delft)
  - 2 rangs emboîtés (166m et 10m)
  - Forçages: IOWAGA / Vents CFSR



## Elaboration du forçage

- Prise en compte de la chronologie des paramètres (notamment la marée)
- Prise en compte des champs de vagues



## Les submersions marines

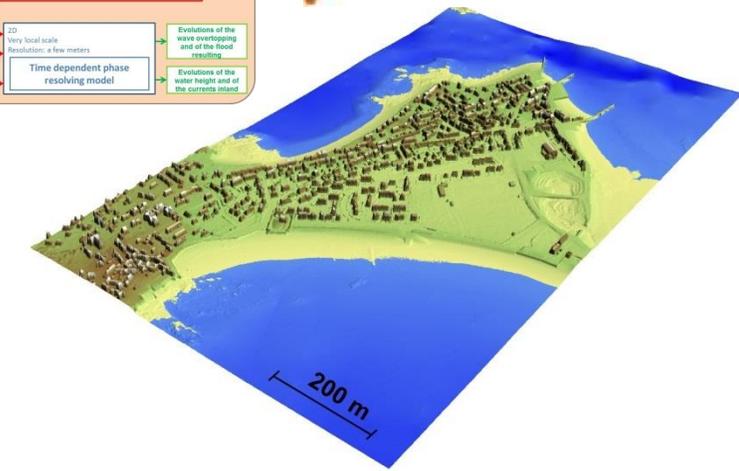
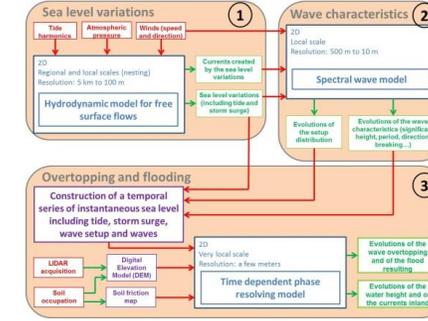
# Exemple de la tempête Johanna à Gâvres

## Données d'entrée

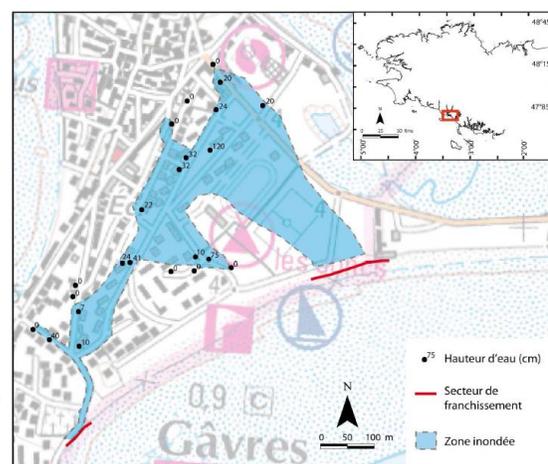
- MNT de résolution 1m
  - Traitement LiDAR
  - Bathymétrie acquise localement
  - Prise en compte bâti et des obstacles à l'écoulement
  - Muret sur la digue considéré comme détruit dès le début
- Coefficients de friction spatialisés selon l'occupation du sol

## Données de validation

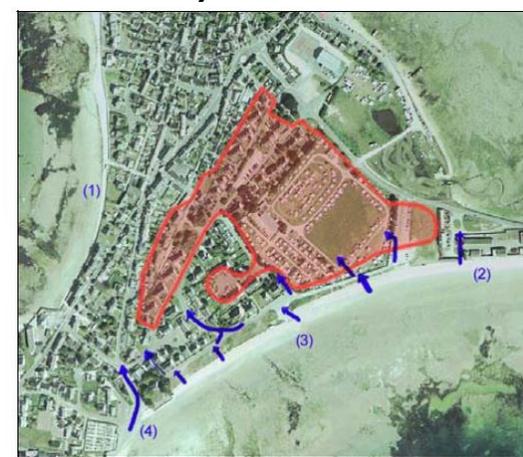
- Liste des maisons inondées
- Zone de stagnation de l'eau
- Mesures réalisées par J.M. Cariolet dans le cadre de sa thèse UBO
- Témoignage d'un riverain sur la chronologie (rapport DHI – PPRL)



Source: Mairie de Gâvres



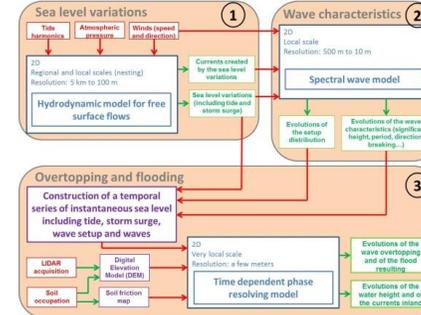
Source: Cariolet (2011) - Inondation des côtes basses et risques associés en Bretagne, PhD Thesis of the University of Western Brittany, Brest.



## Les submersions marines

# Exemple de la tempête Johanna à Gâvres

## Aperçu de la simulation



### Chronologie (rapport DHI - PPRL) :

- 04h00 : pas d'eau
- 04h50 : pas d'eau
- 05h00 : eau par la rue du Parc des Sports
- 05h10 : eau à flots par terrain de foot
- 05h30–05h45 : 65 cm dans la maison (max)
- 06h16 : une photo montre plus d'eau qu'à 05h46

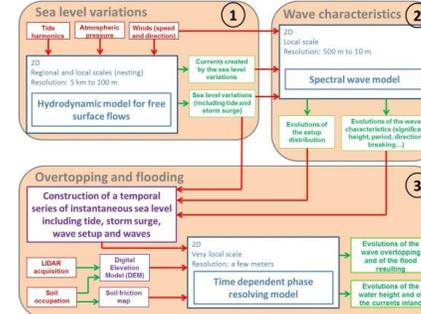
**Simulation assez conforme, avec une légère avance 15-20 minutes)**

## Les submersions marines

# Exemple de la tempête Johanna à Gâvres

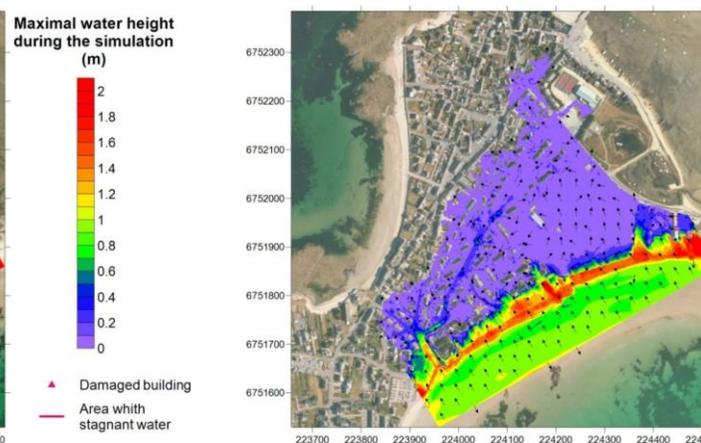
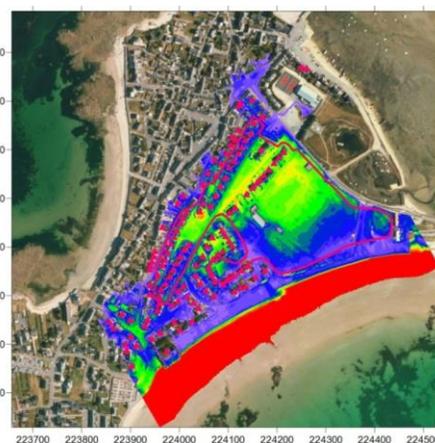
## Validation

- Toutes les maisons indiquées comme réellement submergées sont incluses dans la zone simulée
- La zone de stagnation de l'eau est incluse dans la zone simulée
- Hauteurs d'eau mesurées par Cariolet conformes (écart inférieur à 15cm pour 75% des points)



## Résultats

- Hauteurs d'eau maximales dépassant localement le mètre
- Vitesses maximales pouvant dépasser 3 à 4 m/s derrière les zones de franchissement
- Vitesses pouvant localement atteindre 1 à 2 m/s dans la rue du Parc des Sports
- Possibilité de travailler sur d'autres scénarios (changement climatique, rechargement de plage, défaillances d'ouvrages...)



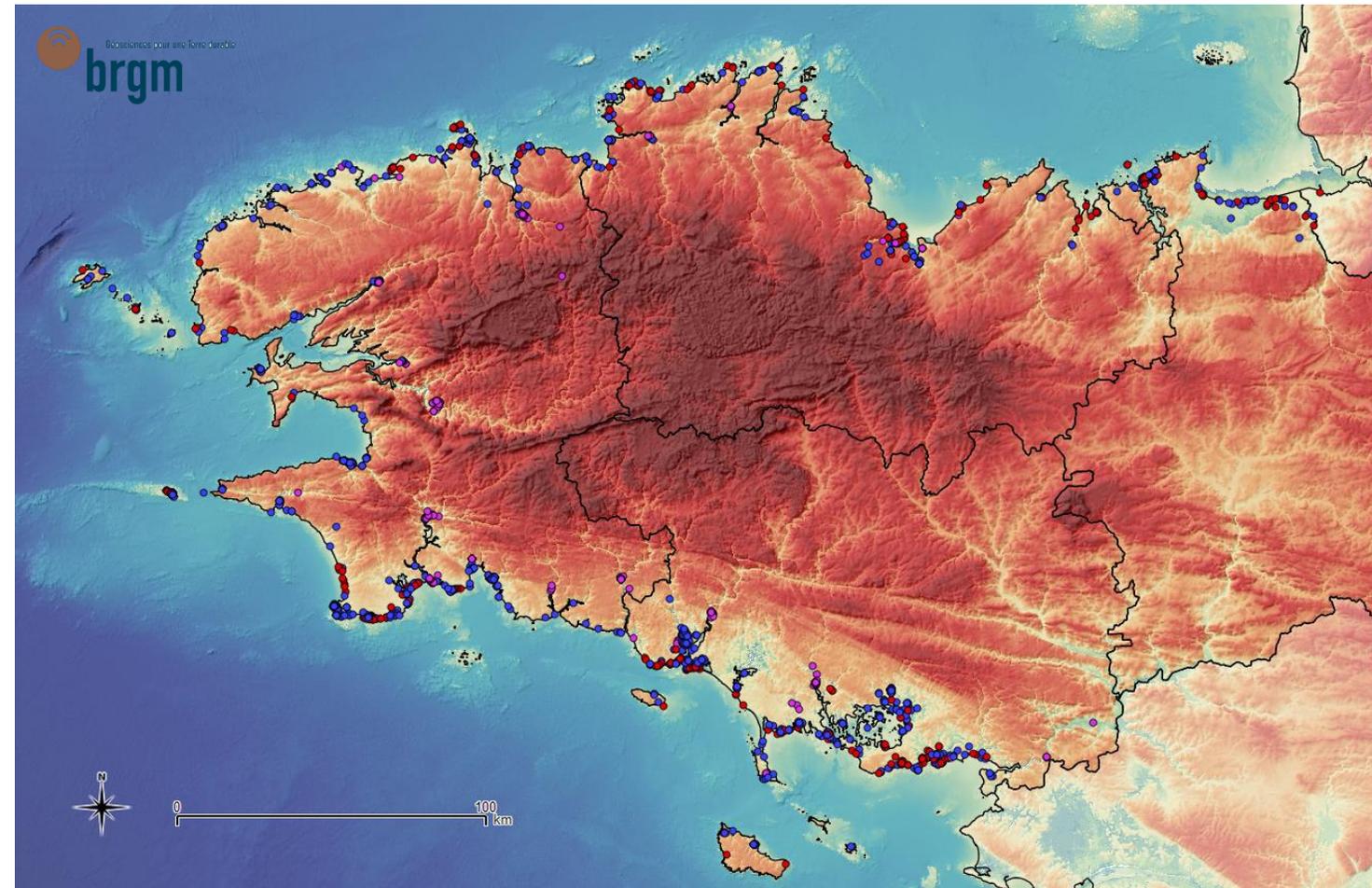
Submersion de la Grande Plage de Gâvres lors de la tempête de 2008



# Les submersions marines en Bretagne

## Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)

- **3 types de submersions recensées**
  - *Submersion marine « simple »*
  - *Submersion marine en lien avec de l'érosion/défaillance de protections ou autres dommages à des ouvrages*
  - *Submersion marine en estuaire (interaction marée/crue)*

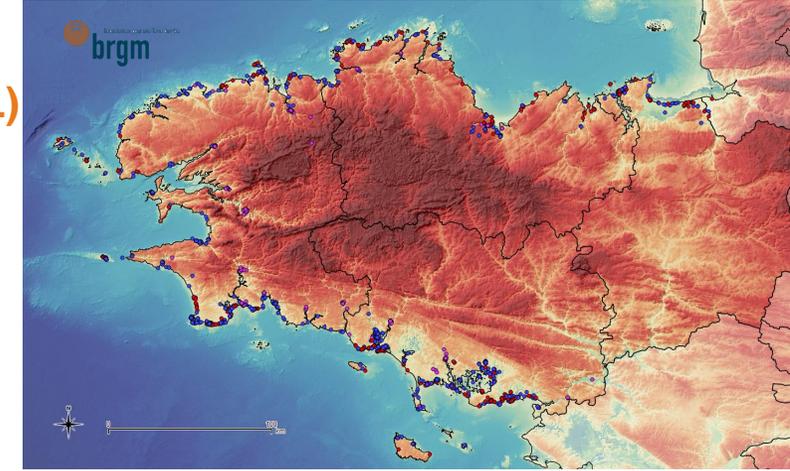


- **Submersion**
- **Submersion en lien avec de l'érosion**
- **Submersion en lien avec une crue**

# Les submersions marines en Bretagne

Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)

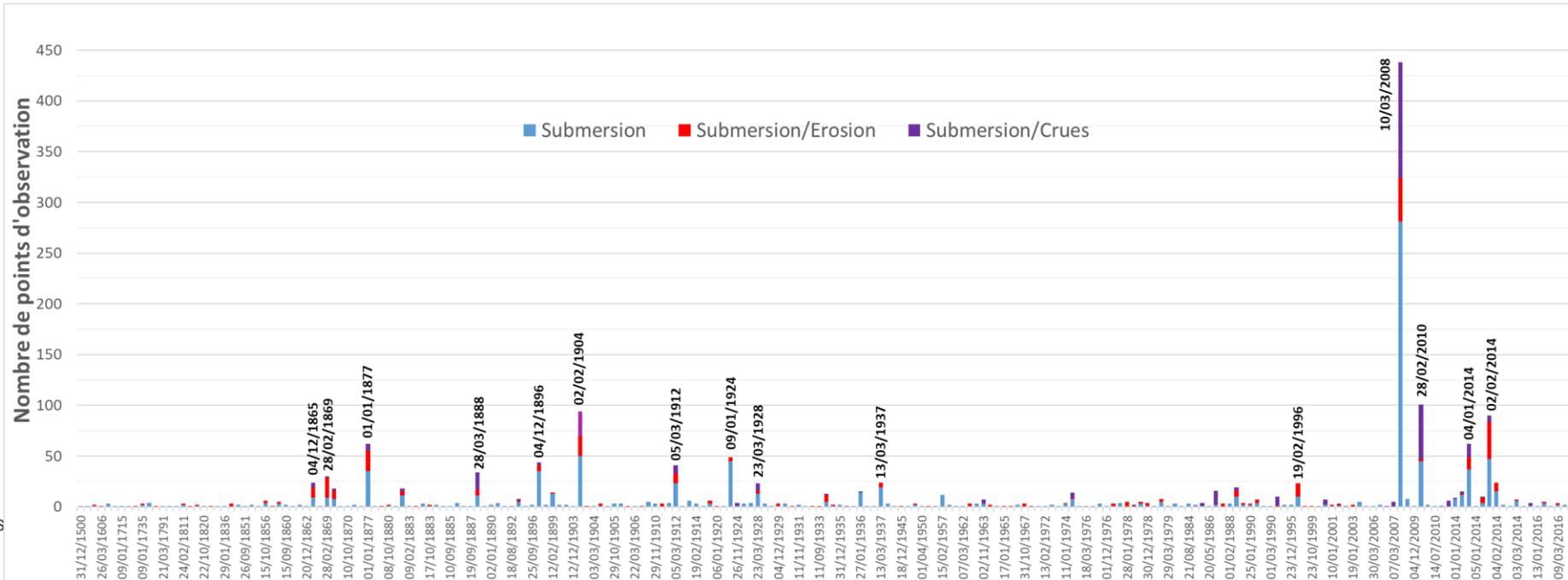
1 909 points d'observation recensés correspondant à 289 tempêtes  
 Dont  
 219 bien datées  
 25 datées approximativement (au mois)  
 46 mal datées (année)



Nombre de points d'observation "Submersion" recensés

| Département  | Submersion  | Submersion/Erosion | Submersion/Crués | Total       | Nombre d'événements de tempêtes correspondant |
|--------------|-------------|--------------------|------------------|-------------|---|
| 22           | 111         | 89                 | 27               | 227         | 58  |
| 29           | 498         | 99                 | 215              | 812         | 108   |
| 35           | 134         | 58                 | 0                | 192         | 100   |
| 56           | 437         | 134                | 107              | 678         | 94  |
| <b>Total</b> | <b>1180</b> | <b>380</b>         | <b>349</b>       | <b>1909</b> |   |

- Submersion
- Submersion en lien avec de l'érosion
- Submersion en lien avec une crue



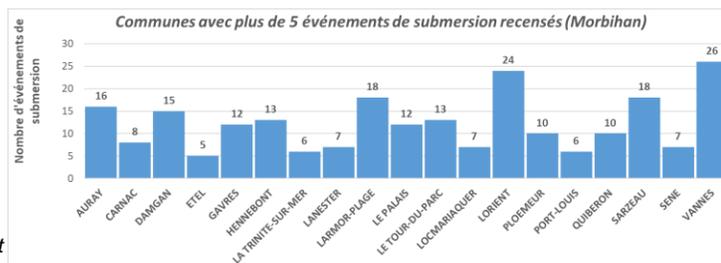
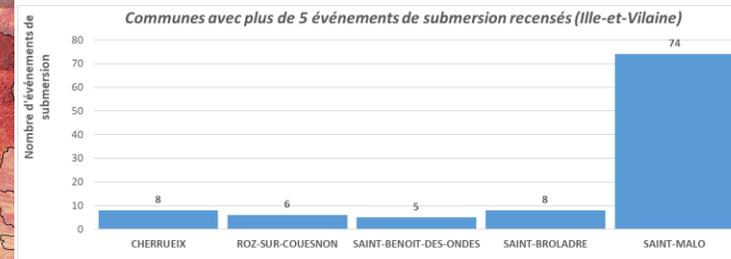
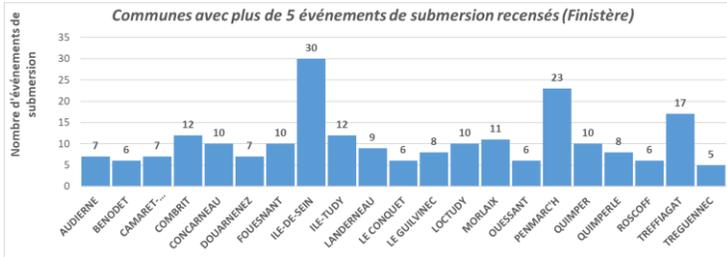
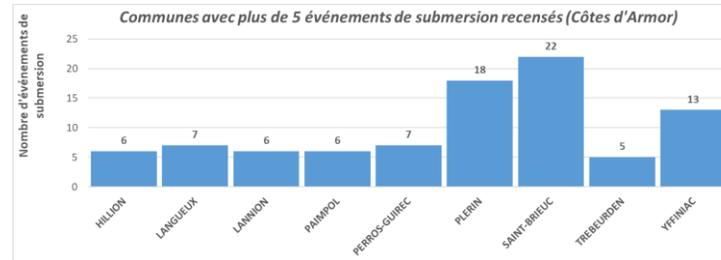
# Les submersions marines en Bretagne



## Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)

Nombre de points d'observation "Submersion" recensés

| Département  | Submersion  | Submersion/Erosion | Submersion/Crués | Total       | Nombre d'événements de tempêtes correspondant |
|--------------|-------------|--------------------|------------------|-------------|---|
| 22           | 111         | 89                 | 27               | 227         | 58  |
| 29           | 498         | 99                 | 215              | 812         | 108   |
| 35           | 134         | 58                 | 0                | 192         | 100   |
| 56           | 437         | 134                | 107              | 678         | 94  |
| <b>Total</b> | <b>1180</b> | <b>380</b>         | <b>349</b>       | <b>1909</b> |   |



- **Submersion**
- **Submersion en lien avec de l'érosion**
- **Submersion en lien avec une crue**

**Limites de l'analyse:**

- Uniquement sur la base des données actuellement
- Pas de notion d'intensité de la submersion
- « Événements » => bien datés et mal datés...
- Possibles différences d'interprétation des descriptions retrouvées

## Les submersions marines

# Les submersions marines en Bretagne

## Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)

### Quelques exemples... Tempête du 01/01/1877 (Coeff 96)

Submersion à **Billiers** (chaloupes passées par-dessus les digues des salines), **Damgan** (bourgs de Damgan et Pénérf inondés, canots poussés dans les champs, village de Guervert, du Méné et de Pénérf traversés par les eaux), **Gâvres** (Polygone et Kersahu couverts d'eau, atteignant la cote 36,55, 75-80cm d'eau dans les logements de Kersahu), **Hennebont** (maisons du quai d'Hennebont et Saint-Caradec inondées), **Lanester** (chantiers de Caudan), **Locmariacquer** (Plusieurs hectares inondés au niveau du village de Kerpenhir), **Locmiquelic** (plusieurs morts à Miquelic ?, bétail noyé), **Lorient** (eau jusqu'au poitrail des chevaux à l'arsenal, 80cm d'eau sur les quais et une maison effondrée au Port de commerce, maisons en bord de mer, Nouvelle-Ville, une métairie envahie et 2 vaches noyées à Kerisouet, maisons de la Cote d'Alger inondées et évacuées...), **Riantec** (mer dans les maisons du bourg et le presbytère, bâtiments écroulés, bétail noyé, villages de Magdeleine, Sébastopol, Kerberenne et Stervin complètement envahis), **Saint-Gildas-de-Rhuys** (Le Net et la Saline, route Sarzeau-Port-Navalo coupée, mer rejoignant le Golfe), **Sarzeau** (jusqu'à 2m dans certaines maisons de Suscinio, Banastère, Bénance et autres villages), **Vannes** (Rabine, rez-de-chaussées de la cour de l'Evêché, de la place de la Poissonnerie, place du Marché au Froment, Place Gambetta).

Submersion/Erosion à **Arzon** (dune près de Kerjouanno détruite, laissant la mer rejoindre le Golfe, coupant la route et inondant les maisons du Net et de la Saline), **Audierne** (quais et plusieurs habitations inondés, crevasses dans les remblais le long des quais, quai de hâlage détruit sur 25-30m), **Billiers** (digues emportées, grandes surfaces inondées), **Carnac** (digues et chaussées submergées et avariées de Saint-Colomban à la Trinité, avec dégâts aux particuliers), **l'Île-Tudy** (grande partie de l'île inondée, grande partie des maisons inondées, vagues par-dessus les maisons, mur de défense endommagé), **Locmariacquer** (dunes de Kerpenhir emportées sur 250 à 400m, écrêtée de 1m à plus de 1,5m, mer connectée entre baie de Quiberon et rade de Locmariacquer, route du bourg au sémaphore renversée sur 15m), **Lorient** (dommages aux parcs ostréicoles de Kéroman et Kermello, avec bâtiments ébranlés et champs submergés), **Saint-Gildas-de-Rhuys** (brèches de 6-8m sur 100-150 de long dans les dunes de Kervert, 60-100 ha inondés), **Sarzeau** (2 grandes brèches dans la dune de Suscinio entraînant l'inondation des marais salants et de Corn er Pont, 1 douanier noyé, dunes de Banastère et Kervert coupées, recul de la côte estimé à 75m), **Séné** (digue protégeant le dessèchement à Bil-Berbon et les marais rompue, 50-60 ha de terres conquises reperdues), **Surzur** (digue de Blavasson rompue, 2 douaniers emportés, bestiaux noyés), **le Tour-du-Parc** (digue de Bourgogne submergée et en partie détruite, village submergé en grandes marées), **la Trinité-sur-Mer** (parapet du quai démolé sur 80m et mer précipitée dans les maisons), **Vannes** (rupture d'une digue et submersion d'un champ à Kerbourbon).

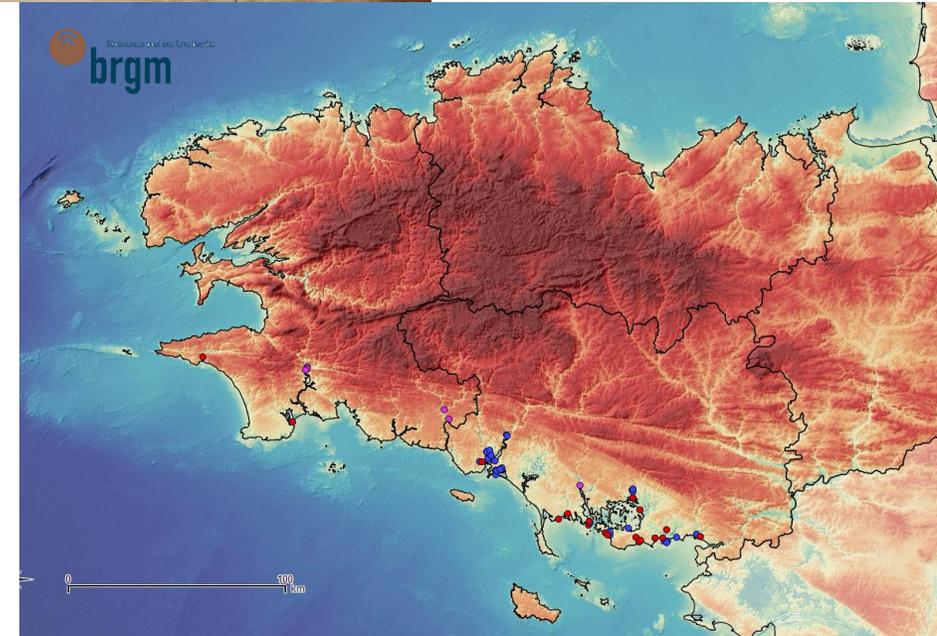
Submersion/Crués à **Auray** (Loch en amont de Saint-Goustan, jusqu'à 80cm dans les maisons), **Quimper** (plus de 1m d'eau dans une fabrique à Locmaria, inondation quai de l'Odet, rue du Quai et rue avoisinantes, Place de la Terre-au-Duc), **Quimperlé** (Laïta et Leslé; à Bois le Duc, habitants surpris dans leurs lits)

Surcote estimée à plus de 2m à Saint-Gildas-de-Rhuys/Sarzeau, à plus de 1m à Lanester/Larmor-Plage/Lorient/Port-Louis, à 0,65m à Gâvres, à 0,5m à

Arzon/Carnac/Locmariacquer/Plouharnel/Quiberon/Saint-Pierre-Quiberon/Trinité-sur-Mer.



Digue du Palais après la tempête du 01/01/1877 (Source: GEOS, 2011)



- Submersion
- Submersion en lien avec de l'érosion
- Submersion en lien avec une crue

#### L'ouragan

La nuit du 31 décembre au 1<sup>er</sup> janvier a été marquée par une affreuse tempête qui a sévi sur tout le littoral du Morbihan. Plus d'une couverture à été éventrée, des cheminées sont tombées, quatre navires, dont un chargé de bié, ont été jetés sur la côte de l'île d'Arz. La mer chassée par la violence du vent a atteint une hauteur exceptionnelle dans notre golfe. L'eau du port de Vannes avait débordé, inondant le rez de chaussée de la maison de M. Du-bois, négociant sur l'ancienne place du marché au froment, la cour de M. Charles Vincent et la place de la Poissonnerie. On raconte qu'à Kerbourbon près des trois sapins la rupture d'une digue a submergé un champ garni d'une abondante récolte de plantes fourragères. Le débordement se serait aussi fait sentir très fortement dans la commune de Séné.



# Les submersions marines en Bretagne

Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)



## Quelques exemples... Tempête du 04/12/1896 (Coeff 94)

### LA TEMPÊTE

Une tempête extrêmement violente, a sévi sur nos côtes, depuis vendredi soir, jusqu'à lundi matin, causant beaucoup de dégâts.

A Vannes on ne compte plus les ardoises, tuiles et toitures arrachées. Il y a eu aussi des cheminées emportées et beaucoup d'arbres déracinés ou brisés.

La marée, qui était pleine à cinq heures trente-trois, vendredi soir, a atteint une hauteur exceptionnelle. Les quais de Vannes étaient inondés, ainsi que la promenade la Rabine. La circulation a été interrompue pendant près de deux heures sur la place de la Poissonnerie et sur la place de l'Evêché.

De nombreuses caves ont été envahies par l'eau salée; enfin au moulin à mer de Campen, où il y avait 1 mètre 10 d'eau, il a fallu procéder au sauvetage du bétail et du mobilier.

Après quelques heures d'accalmie, la tempête a recommencé samedi après-midi. Dimanche matin le baromètre était descendu plus bas que vendredi et tous les endroits qui avaient été envahis par la mer l'ont été à nouveau, mais de quelques centimètres en moins.

La marée de nouvelle lune poussée par un vent violent du Sud-Ouest, a inondé une partie de la commune de Penmark; les communications télégraphiques du sémaphore sont interrompues, les maisons des guetteurs, dont les portes ont été enfoncées par des bateaux, sont remplies d'eau, les femmes et les enfants ont dû se réfugier dans les greniers.

Quarante-cinq bateaux de pêche ont sombré; beaucoup sont venus à la côte. On n'a heureusement aucune mort à déplorer, mais les pertes matérielles sont considérables, surtout pour cette population de pêcheurs.

Le ministre a donné l'ordre au commissaire de l'inscription maritime de Quimper, de se rendre aujourd'hui même à Penmark et de répartir une somme de 2,000 francs entre les familles les plus nécessiteuses.

A Lorient, sous la poussée du vent, le flot monta avec une force effrayante, déferlant par dessus l'estacade qui fut balayé d'un bout à l'autre. Quelques instants après, l'eau, — une eau boueuse — envahissait le quai Jean-Bart, le square Brizeux, les rues du Quai, de la Liberté et Brizeux, noyant

la criée aux poissons, les Magasins Généraux, inondant les caves et même plusieurs rez-de-chaussées.

Une foule de curieux, les pieds dans l'eau, et sous une pluie battante, était accourue de toutes parts pour assister au spectacle.

On allait en canot autour des Magasins Généraux et dans les rues avoisinantes.

Sur l'estacade, vers 5 heures 1/2, l'aspect de la jetée était des plus tristes à voir. Pour le moins, une centaine de fûts, les uns en bois, les autres en tôle ont été roulés par les lames jusqu'au bout de la jetée.

En face de la criée, gît un énorme mât de chaloupe qui a été transporté à cet endroit; plus loin, au beau milieu de la chaussée se trouvent plusieurs calets remplis d'eau.

Dans les caves des Magasins Généraux, quantité de marchandises et notamment des sacs de sel qui s'y trouvaient ont été abîmés ou détruits.

Du côté de la Côte d'Alger, les dégâts ont été aussi très importants.

Dans la maison Espinet, en particulier, seize rez-de-chaussées habitées par des ouvriers ont été envahies par le flot. L'eau est arrivée dans les logements à une hauteur d'un demi-mètre environ.

Les locataires ont été obligés de chercher un refuge chez les voisins.

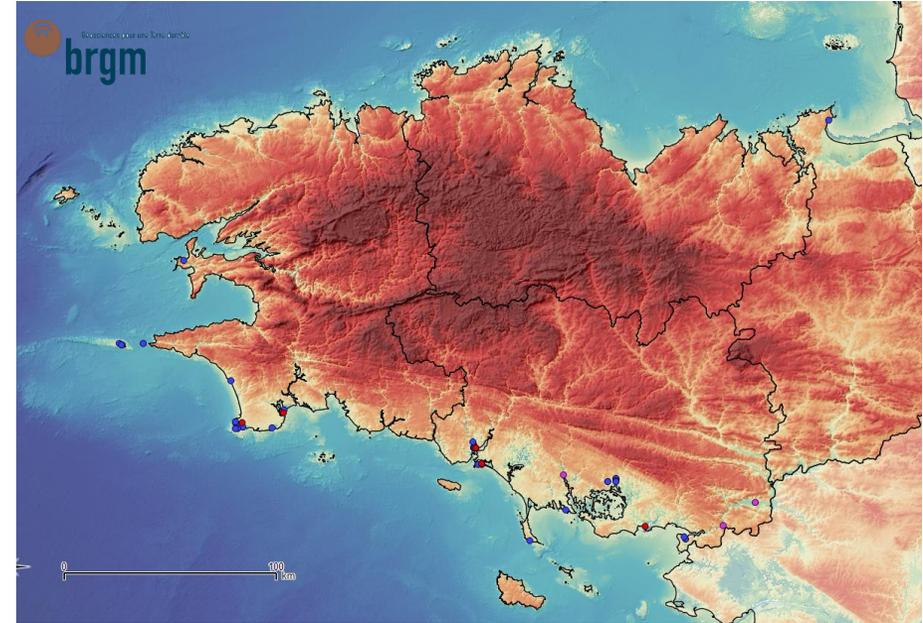
Tous leurs meubles ont été très endommagés.

A Gâvres, tous les locaux ont été inondés, les palissades entourant le jardin et la cour ont été démolies et le circuit photo-électrique a été découvert.

Dans la même journée, la tempête a endommagé et obstrué la voie ferrée des poudrières et un chaland qui était mouillé dans l'anse de Gâvres est parti à la dérive.

La Casemate du 2<sup>e</sup> massif a été envahie par l'eau et actuellement il y en a encore plus d'un mètre.

La ligne électrique de Kerdahut a été renversée. Sur mer on signale plusieurs sinistres. Un gros bateau est échoué au Pouldu.



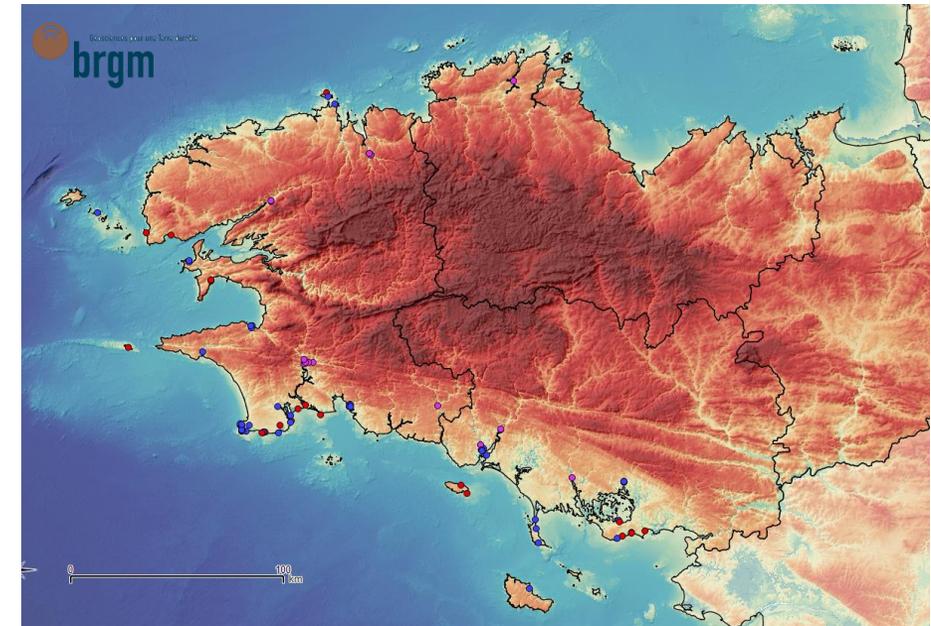
- Submersion
- Submersion en lien avec de l'érosion
- Submersion en lien avec une crue

Les submersions marines

# Les submersions marines en Bretagne

Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)

Quelques exemples... Tempête du 02/02/1904 (Coeff 103 à 114)



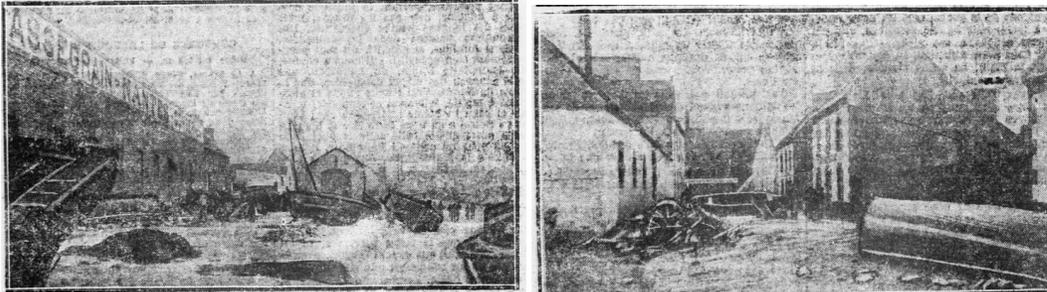
- Submersion
- Submersion en lien avec de l'érosion
- Submersion en lien avec une crue

## Les submersions marines

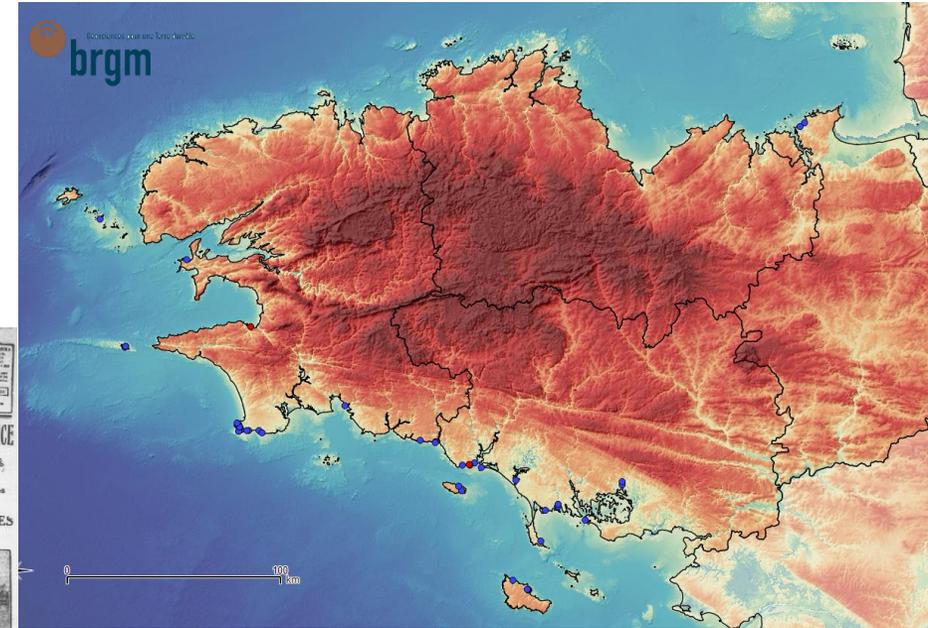
# Les submersions marines en Bretagne

## Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)

### Quelques exemples... Tempête du 09/01/1924 (Coeff 97)



Penmarc'h après le raz de marée de janvier 1924 (Source: Ouest Eclair du 17/01/1924)



- Submersion
- Submersion en lien avec de l'érosion
- Submersion en lien avec une crue

## Les submersions marines

# Les submersions marines en Bretagne

Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)



Carnac (GEOS, 2011)



Ile d'Arz (GEOS, 2011)



Quelques exemples... Tempête du 10/03/2008 (Coeff 106)



Douarnenez (Télégramme du 11/03/2008)



Larmor-Baden (Ouest France du 11/03/2008)



Paimpol (Ouest France du 11/03/2008)



Ouessant (Télégramme du 12/03/2008)



Locmariaquer (GEOS, 2011)



Trédrez-Locquémeau (Télégramme du 16/03/2018)



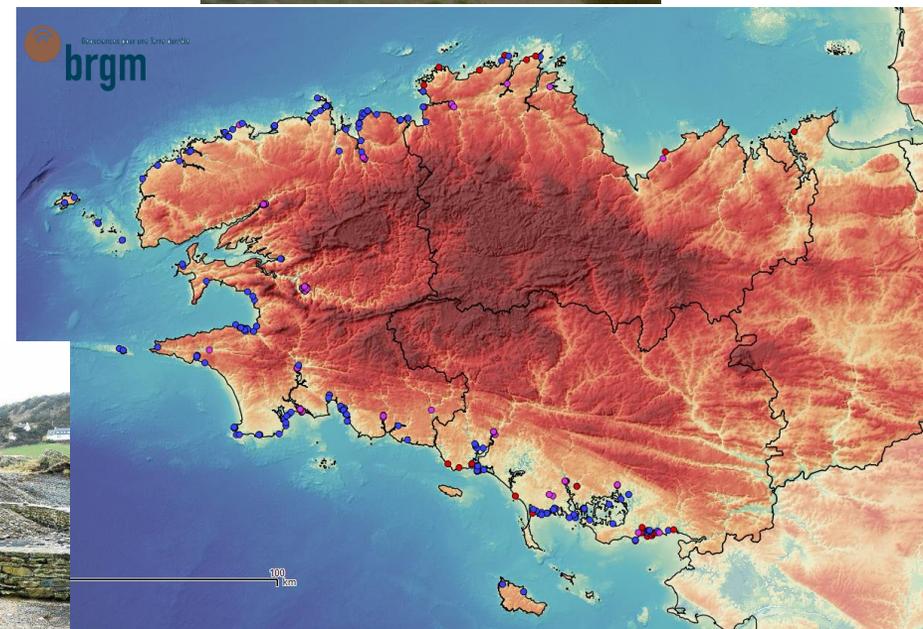
Concarneau (Ouest France du 11/03/2008)



Port-Louis (Ouest France du 11/03/2008)



Trégastel (Télégramme du 16/03/2018)



- Submersion
- Submersion en lien avec de l'érosion
- Submersion en lien avec une crue



Trébeurden (Ouest France du 16/02/2015)

## Les submersions marines

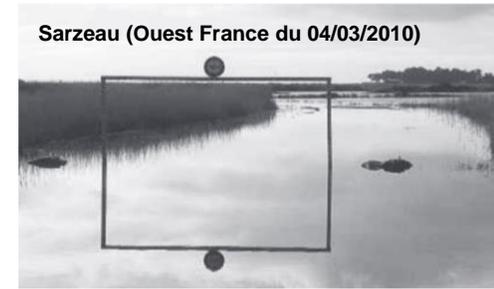
# Les submersions marines en Bretagne

Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)

Quelques exemples... Tempête du 28/02/2010 (Coeff 102)



Le Palais (Télégramme du 01/03/2010)



Sarzeau (Ouest France du 04/03/2010)



Auray (Télégramme du 01/03/2010)



Gâvres (GEOS, 2011)



Ile d'Arz (Ouest France du 01/03/2010)



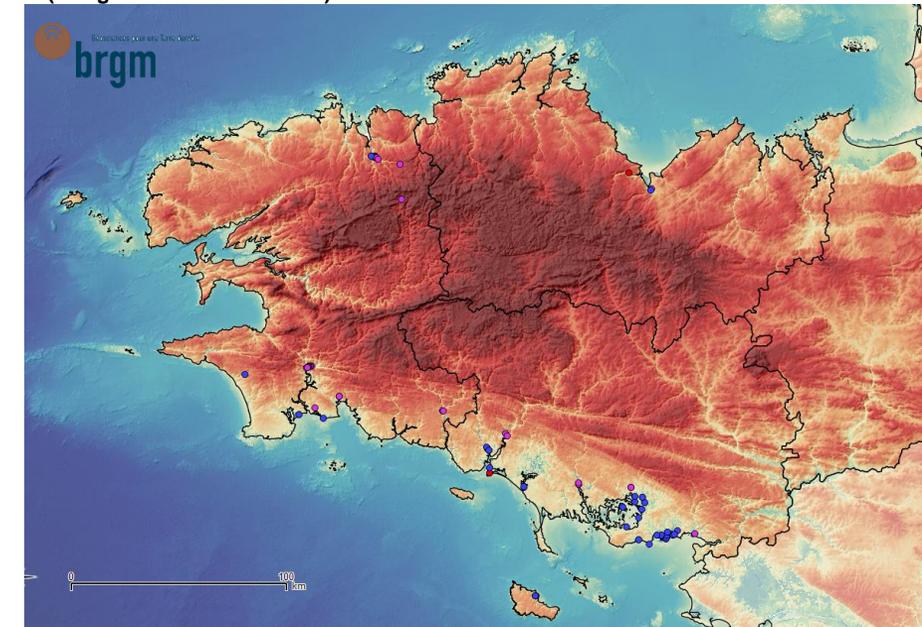
Damgan (Association Damgan Autrement)



Hennebont (GEOS, 2011)



Lanester (GEOS, 2011)



- Submersion
- Submersion en lien avec de l'érosion
- Submersion en lien avec une crue



Saint-Armel (Ouest France du 01/03/2010)

Tempêtes Dirk (22-26/12/13), Anne (01-04/01/14), Hercules (03-08/01/14)  
(Coeff 68 à 43) (Coeff 96 à 108) (Coeff 108 à 55)

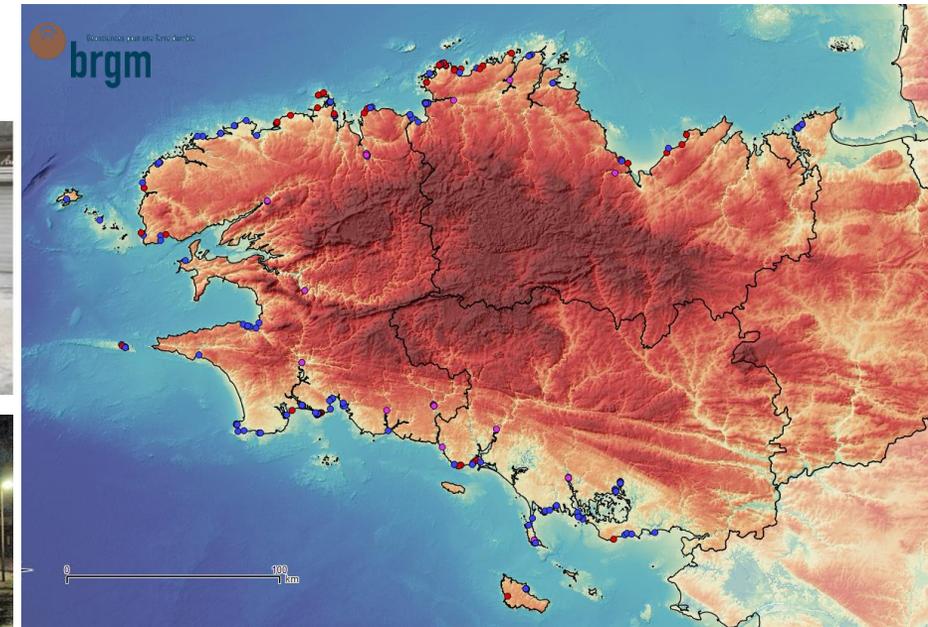
Les submersions marines

# Les submersions marines en Bretagne

Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)



Quelques exemples... Tempêtes de l'hiver 2013-2014



- Submersion
- Submersion en lien avec de l'érosion
- Submersion en lien avec une crue

**Tempêtes Nadja (31/01-02/02/14), Pétra (03-07/02/14), Qumeira (04-08/02/14)**  
 (Coeff 107 à 114) (Coeff 106 à 42) (Coeff 94 à 38)

**Les submersions marines**

**Les submersions marines en Bretagne**

**Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)**



Plouescat (Ouest France du 02/02/2014)



Saint-Malo (Ouest France du 03/02/2017)

**Quelques exemples... Tempêtes de l'hiver 2013-2014**



Douarnenez (France 3 Bretagne du 02/02/2014)



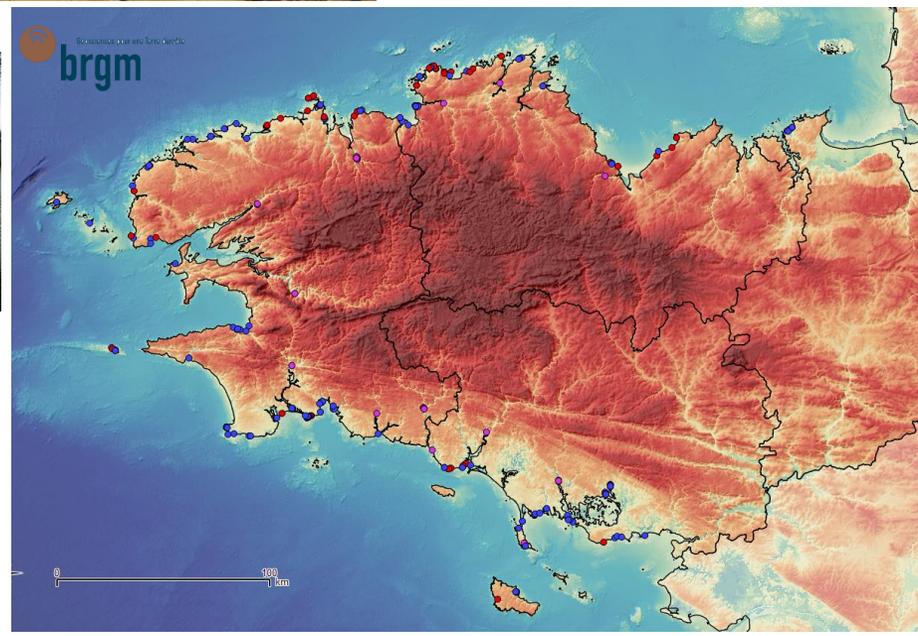
Morlaix (Ouest France du 01/02/2014)



Saint-Pierre-Quiberon (Ouest France du 05/02/2014)



Roscoff (Ouest France du 03/02/2014)



- Submersion
- Submersion en lien avec de l'érosion
- Submersion en lien avec une crue



Erquy (Ouest France du 03/02/2014)



Pléneuf-Val-André (Ouest France du 03/02/2014)



Erquy (Ouest France du 02/02/2014)



Plougasnou (Ouest France du 03/02/2017)



Trégastel (Expertise BRGM)



Plérin (Ouest France du 03/02/2014)



Vannes (Ouest France du 31/01/2014)

NB: pendant la tempête Ulla (12-16/02), peu de dommages côtiers rapportés en raison des marées modérées (~80)

Tempêtes **Andréa** (26-28/02/14), **Christine** (01-05/03/14)  
(Coeff 61 à 102) (Coeff 108 à 115, puis à 89)

Les submersions marines

# Les submersions marines en Bretagne

Base de données des impacts de tempêtes sur la Bretagne (Projets Atlas – DREAL)

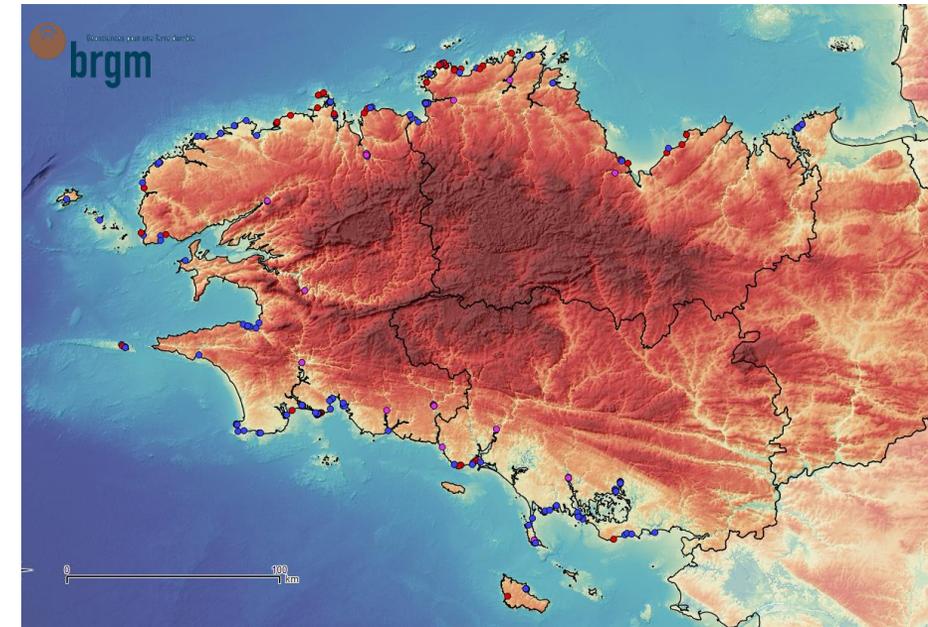
Quelques exemples... Tempêtes de l'hiver 2013-2014



Saint-Malo (Ouest France du 28/02/2014)



Saint-Malo (Ouest France du 06/03/2014)



- Submersion
- Submersion en lien avec de l'érosion
- Submersion en lien avec une crue



Douarnenez (Ouest France du 04/03/2014)

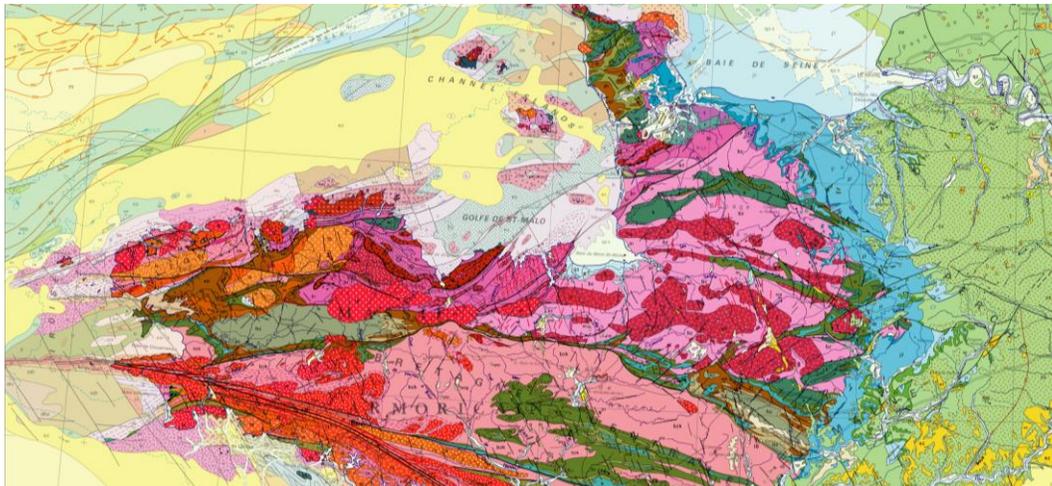




Merci de votre attention !

Le **brgm** en Bretagne

Direction Régionale Bretagne  
2, rue de Jouanet  
35700 RENNES  
Tél. : 02 99 84 26 70



Service géologique  
national



Siège

Tour Mirabeau  
39-43, quai André-Citroën  
75739 Paris Cedex 15 - France  
Tél.: +33 (0)1 40 58 89 00

Centre scientifique et technique  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 Orléans Cedex 2 - France  
Tél.: +33 (0)2 38 64 34 34

Centre de consultation  
Maison de la Géologie  
77, rue Claude-Bernard  
75005 Paris - France  
Tél.: +33 (0)1 47 07 91 96

