SUBMERSION MARINE

Des catastrophes prévisibles

Le processus physique

Les facteurs aggravants

Le plan de prévention du risque de submersion

14 décembre 2016
UTLARC / SHAAPB

J-M Froidefond
Dr. es scienc.
SEPANSO / FNE

1 - Des catastrophes prévisibles

L’exemple de la tempête Xynthia

Une zone à risque: le Bassin d’Arcachon.
Histoire des submersions

Tempête Xynthia. 28 février 2010

Des fermes inondées en Vendée

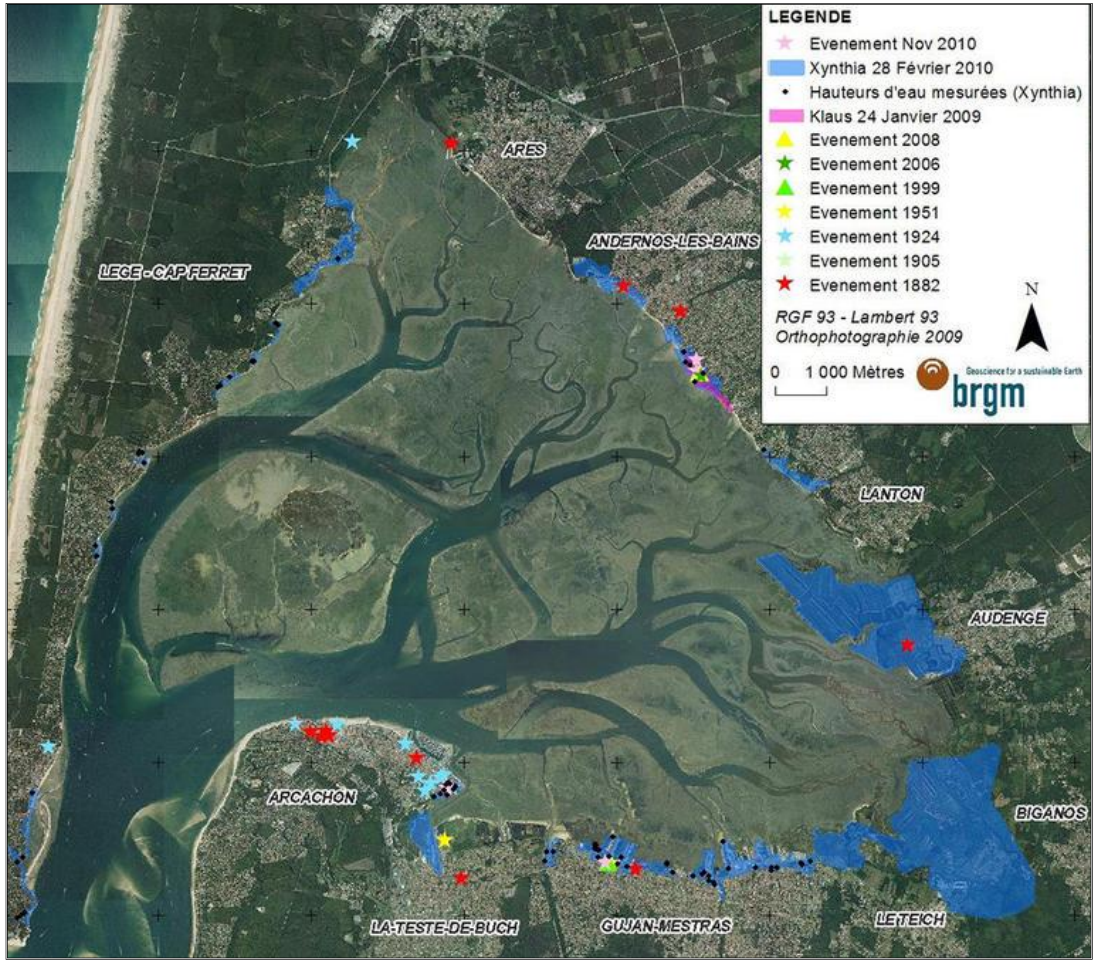
Arcachon dans la nuit du 28 février

53 morts en France. 2,5 milliards d'euros de dommages. Des permis de construire donnés par complaisance ou par corruption.

Des dégâts très importants dans les ports

Brèche: La Faute sur Mer (Vendée) le 1er mars 2010

Le Bassin d'Arcachon: une zone à risque



Rapports BRGM (2012, 2014)

Tempête du 28 mars 1836

Inondation Leyre janvier 1842

Ouragan du 7 mars 1877

Raz de marée du 28 octobre 1882

Tempête du 6 décembre 1896.

Raz de marée des 8 et 9 janvier 1924

Raz de marée de fin décembre 1951

1984. Cyclone Hortense

1999. Tempête Martin

2009. Tempête Klaus

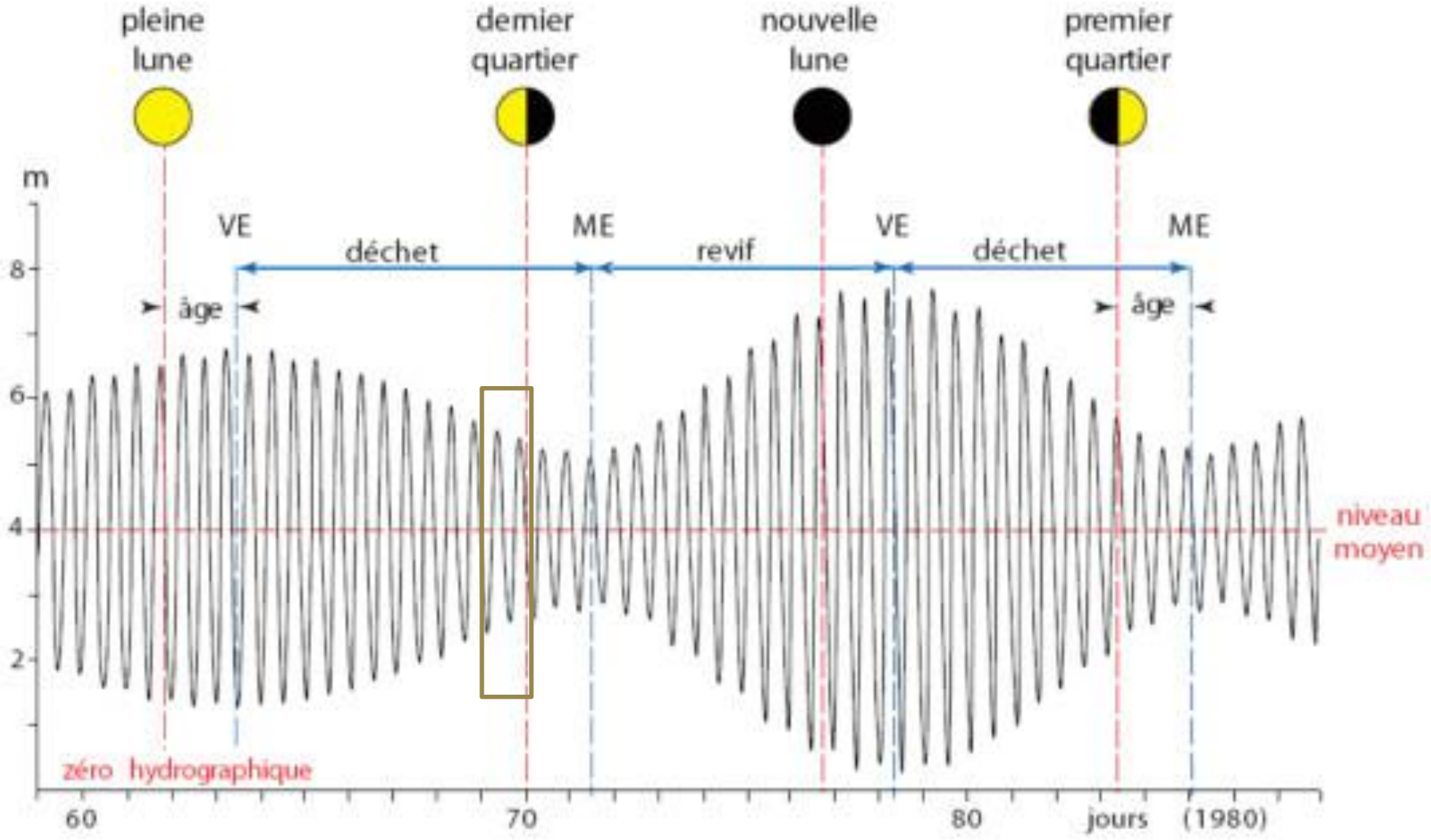
2010. Tempête Xynthia

Quant et comment se produit un raz de marée ?

2 – L’origine d’une submersion marine

- Les surcotes
- Origines des surcotes
- Les différents types de submersion marine
- Les digues

La marée dans le Bassin d'Arcachon

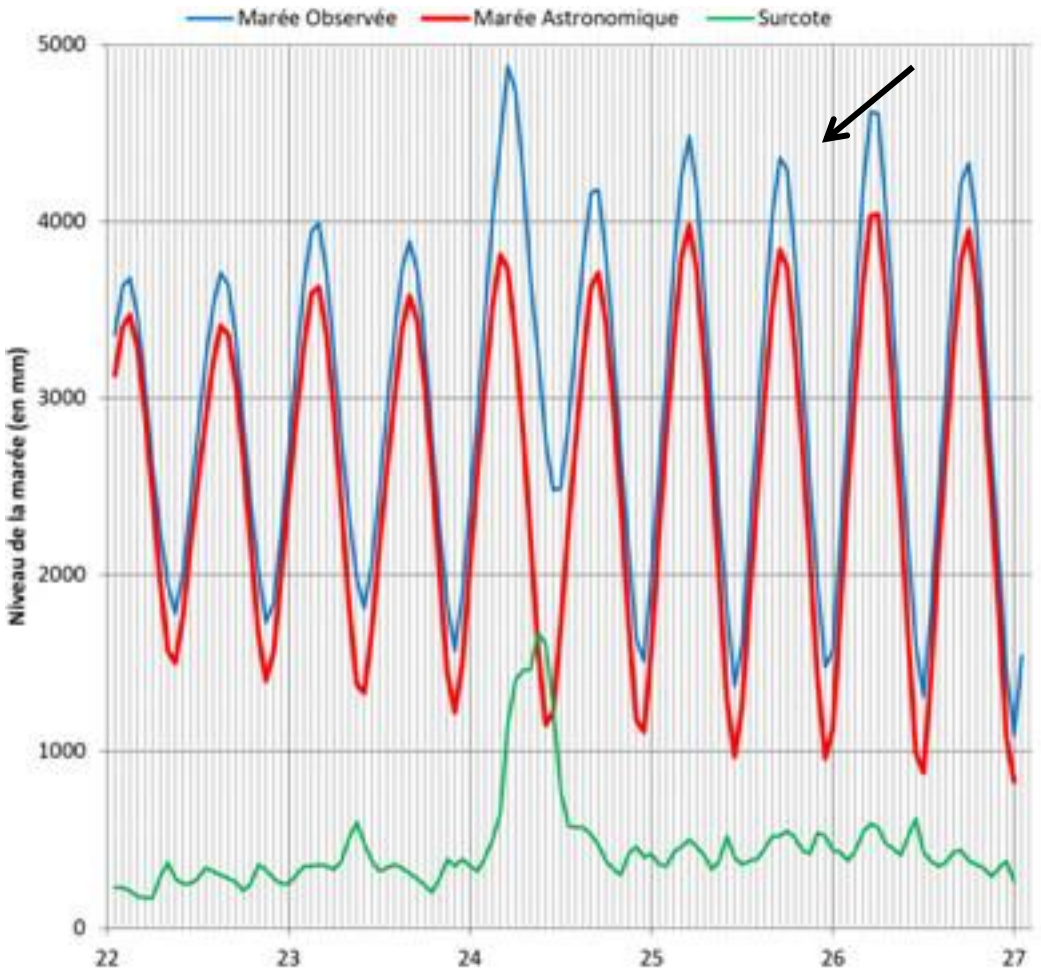


Vive-eau

Morte-eau

Vive-eau

Surcote Klaus 24 janvier 2009

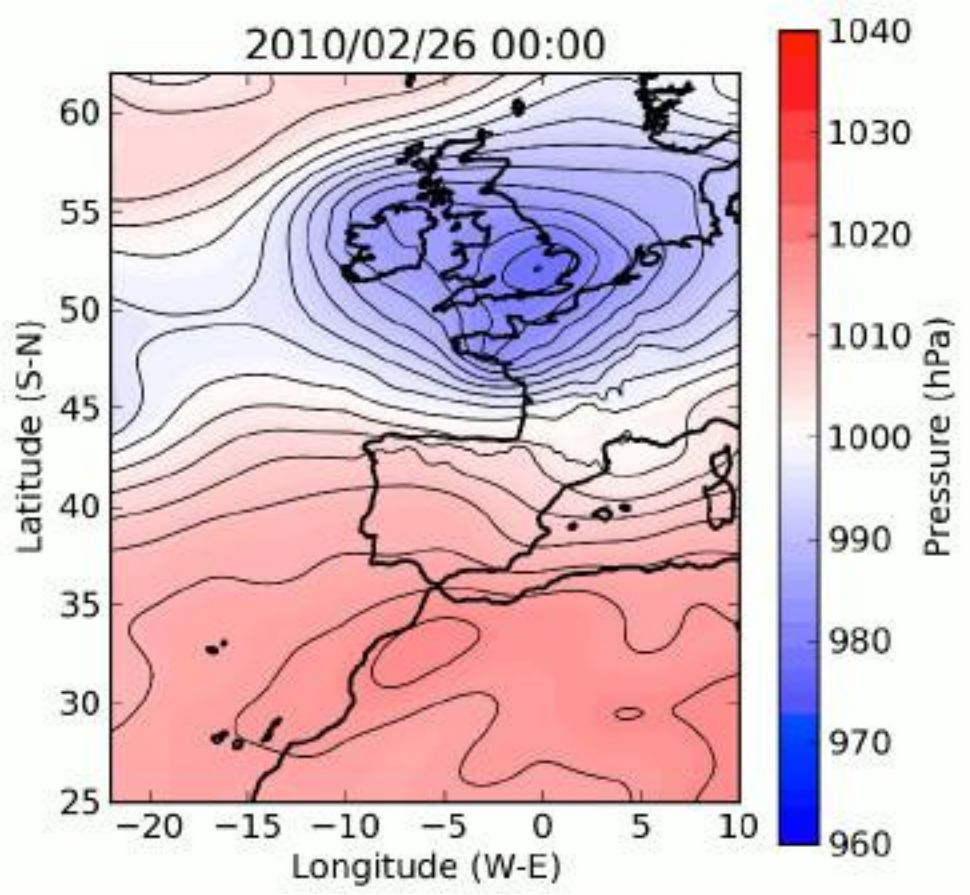


Analyse des observations horaires la marée à Eyrac (bassin d'Arcachon, France) lors du passage de la tempête Klauss entre le 22 et le 27 janvier 2009; données REFMAR.

Définition: lorsque le niveau de la mer est supérieure au niveau de prédiction, c'est une surcote et lorsqu'il est inférieur, c'est une décote.

Origines d'une surcote

1) Une faible pression atmosphérique



Dépression Xynthia

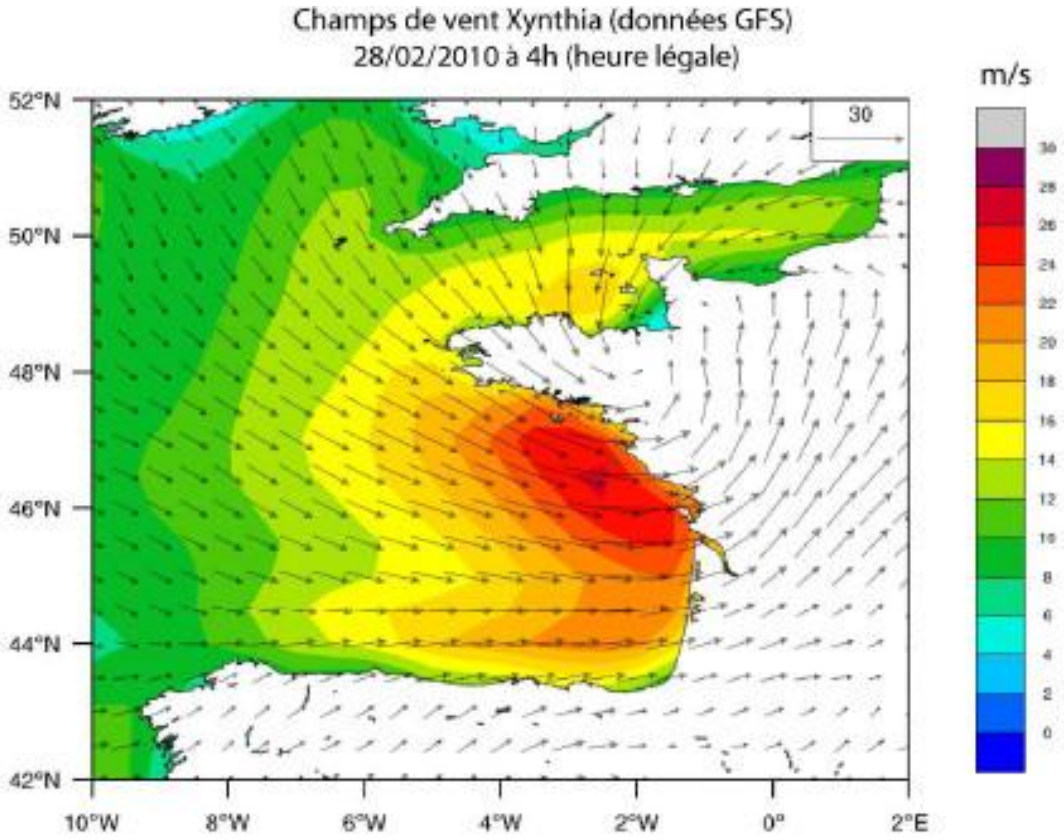
La chute de la pression atmosphérique entraine une surélévation du niveau du plan d'eau. Une chute de pression de 1013 à 993 hectopascals (20 hPa) entraînera une augmentation de 20 cm du niveau de la mer.

surcote atmosphérique.

Origines d'une surcote:

1- une faible pression atmosphérique

2 - le vent



2- un vent très fort repousse l'eau à la côte

Vent d'afflux: surcote due au vent.
Un vent de reflux, dirigé vers le large provoquera une décote

Tempête Xynthia: Vitesses et orientation des vents

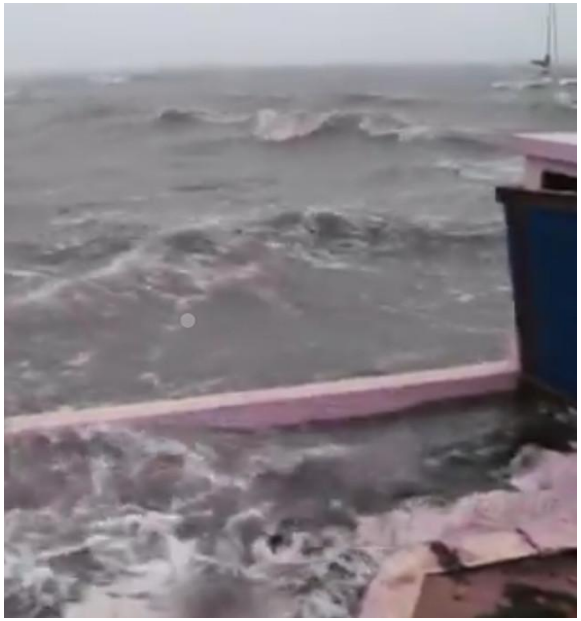
La durée et la rotation du vent

Origines d'une surcote

1- Une faible pression atmosphérique

2- Le vent

3- les vagues



Vagues à Andernos

Origine d'une submersion marine

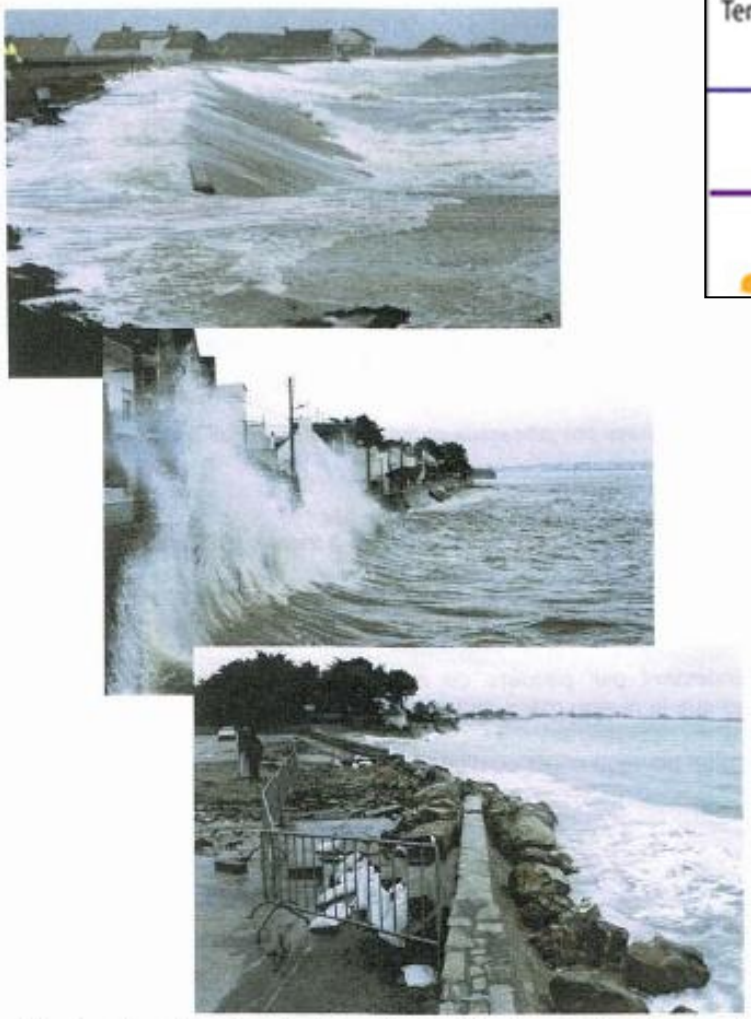
Coïncidences malheureuses:

- marée de vives eaux (coeff > 80
- basses pressions
- vent fort à la côte et de longue durée
- vagues
- littoral faiblement élevé

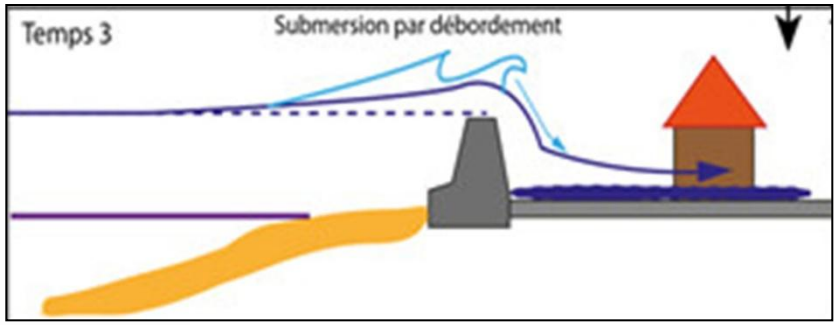
↓

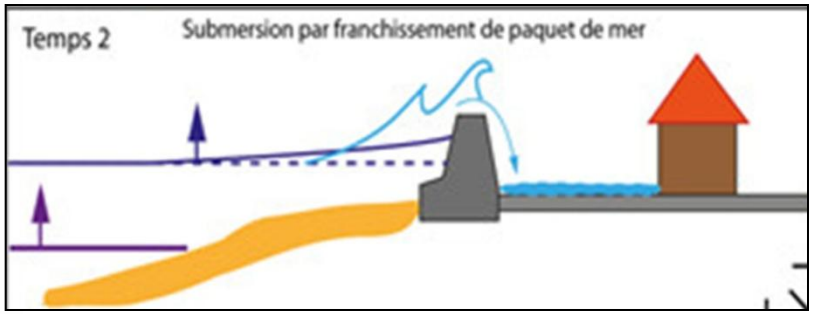
Différents types de submersion marine

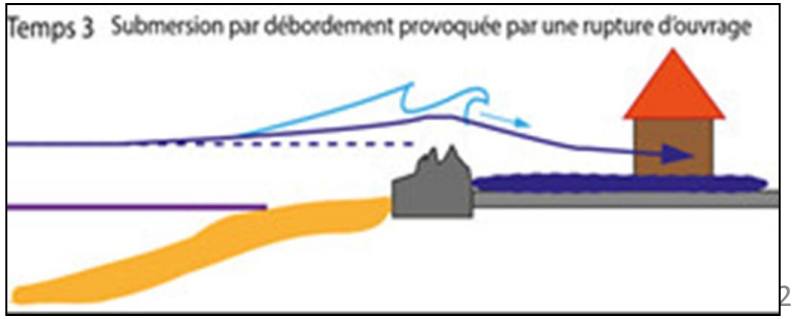
Les 3 types de submersion marine



Les trois types de submersion. De bas en haut : débordement, franchissement par paquet de mer, rupture d'ouvrage (CETMEF, 2009).







Les digues comme protection

Figure 11 : Ouvrage de fixation du trait de côte (perré) rehaussé d'un muret (commune d'Andernos-les-Bains en exemple). Ligne en pointillés rouge : niveau du terrain naturel.

Figure 12 : Ouvrages de protection contre la submersion marine de type digue (commune de La Teste-de-Buch en exemple). Ligne en pointillés rouge : niveau du terrain naturel.

Rapport BRGM (2014)

Dans le Bassin, les digues sont-elles des protections fiables ?

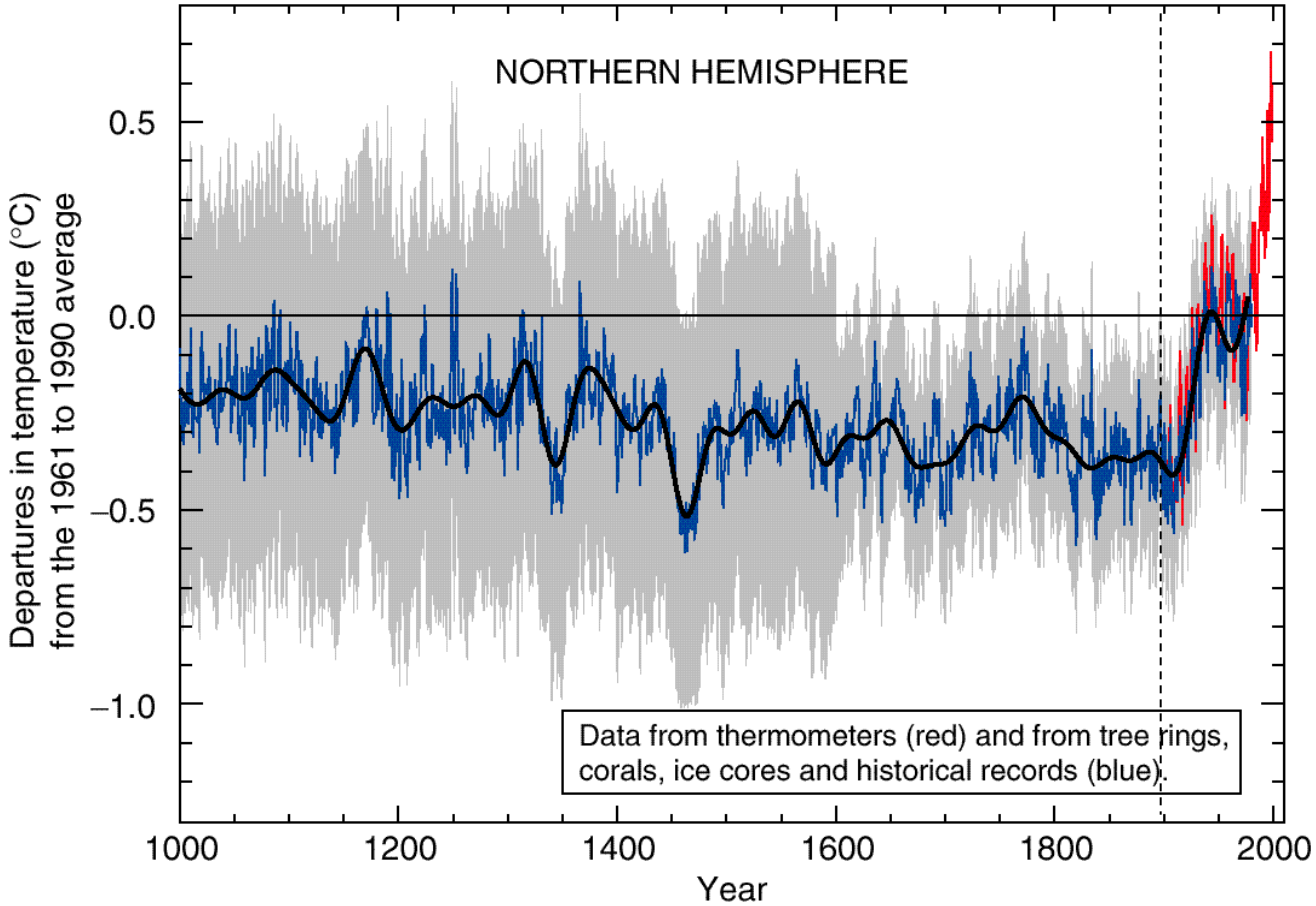
3 - Les facteurs aggravants

- L’élévation du niveau marin
- La topographie du littoral
- Les apports d’eau douce (crues) et les remontées de nappe

1er facteur aggravant, l'élévation du niveau marin

La température moyenne globale augmente à cause des gaz à effet de serre (CO2…

Variation de la température globale par référence à la moyenne 1960 - 1990

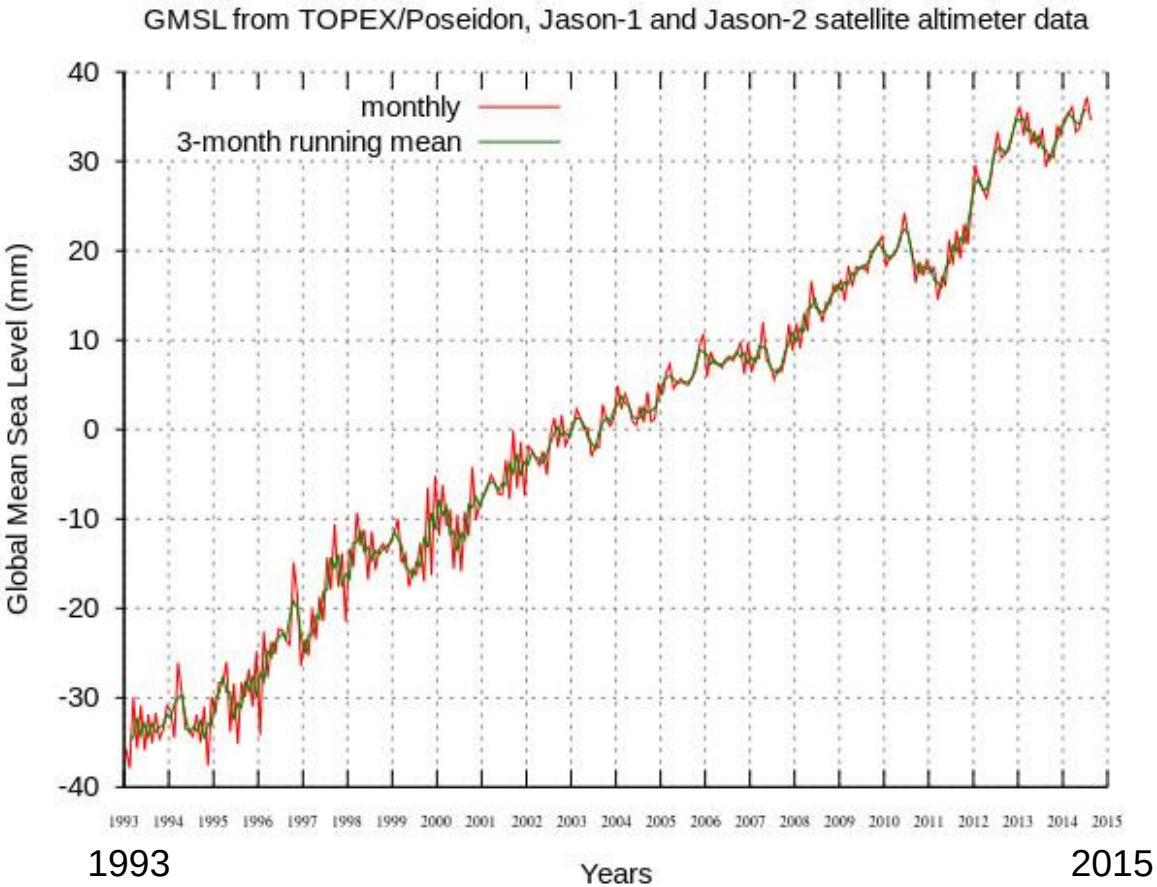


Comment connaitre la température ?

Élévation du niveau marin

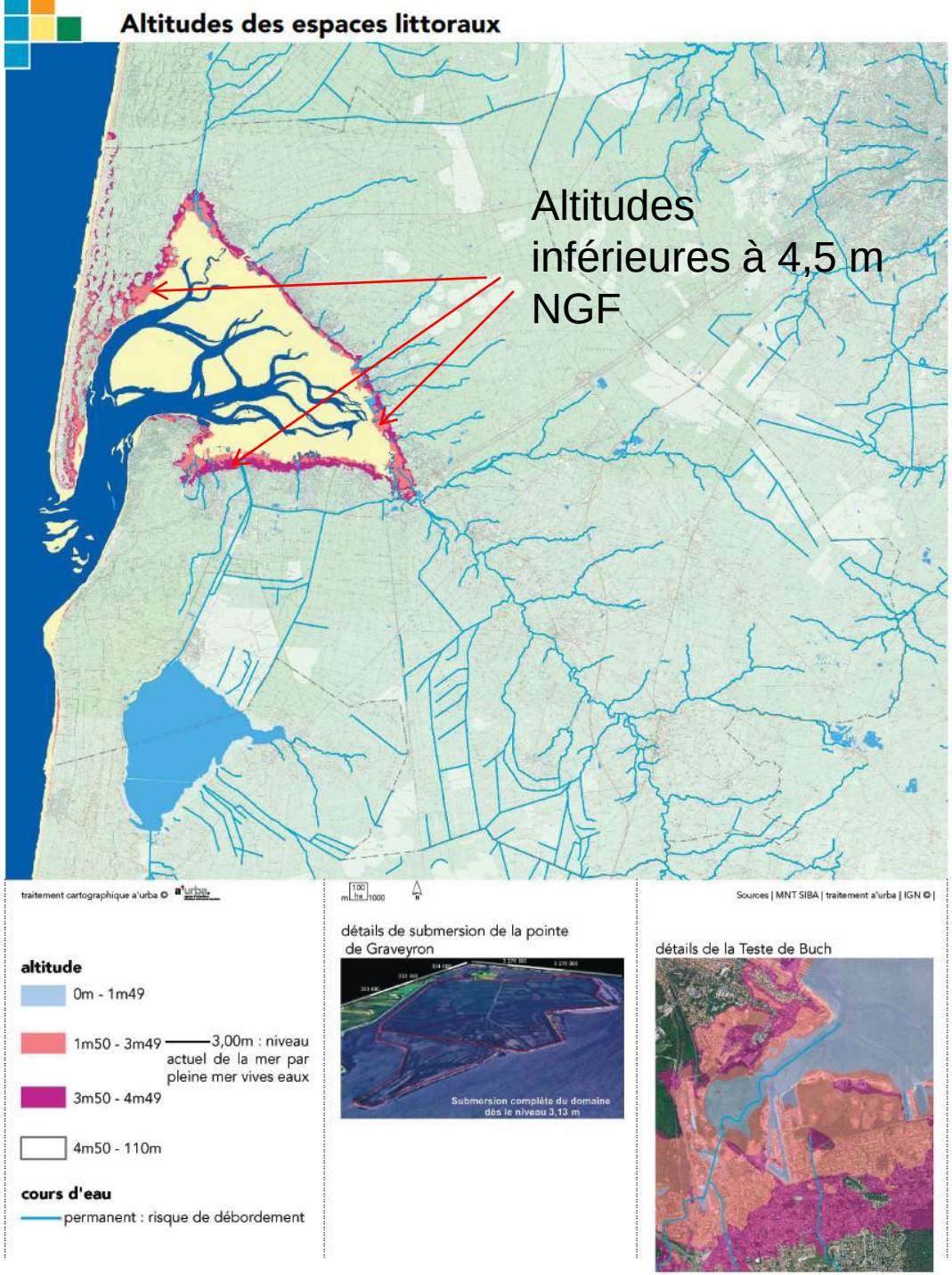
Fonte des glaciers

Dilatation thermique



Elévation du niveau global des océans mesurée à partir des données satellites Topex/poseido, Jason-1 et Jason -2 (CNES – NASA)

4 mm / an



2éme facteur aggravant, une faible altitude

Par principe, le zéro est celui du Niveau Géographique Français (NGF). Ce zéro est à 2 m (1,98m) au dessus du zéro marin pour le Bassin d'Arcachon.

La plus haute mer sans surcote est à +2,88 m NGF dans le Bassin d'Arcachon. Les niveaux considérés comme extrêmes (surcote) Andernos, Arcachon: 3,8 m. Pyla/mer : 3,6m

Etat initial environnement Sybarval, (juillet 2012)

3ème facteur aggravant: inondations et crues

. A une surcote peut s'ajouter une forte pluviosité : crue, débordemant, inondation pluviale.

J-Cl. Bergasse

Ruisseau du Bourg (2014)

Actuellement: lotissement

Gujan-Mestras : Faible pente ⟶ <u>Faible écoulement des eaux pluviales</u>

Inondations : Décembre 1992 - Janvier 1994 - Février 2004 - Mars 2013 - Janvier 2014

Ce facteur n'est pas pris en compte dans le Plan de Prévention des Risques

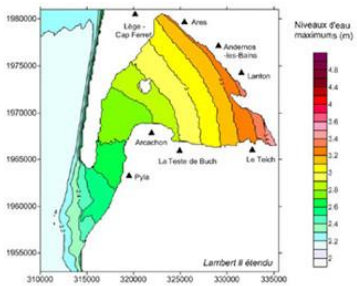
4 – La cartographie des zones inondables par submersion marine sur le Bassin d'Arcachon

Une réponse de l'État à la catastrophe Xynthia

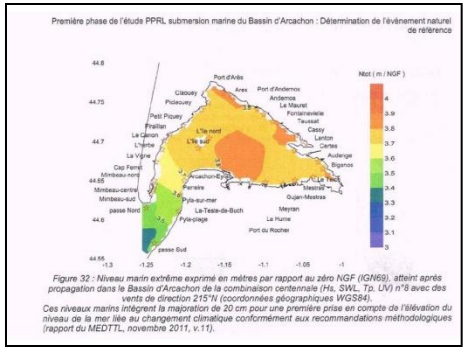
- Les simulations numériques des submersions marines
- Comparaison avec les faibles altitudes du littoral
- Les cartes des aléas et préventions des risques
- La réglementation: le zonage.
- Les prévisions

Modélisation numérique des surcotes

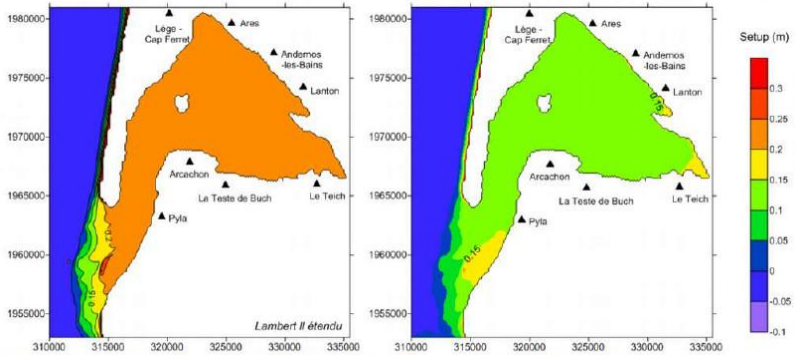
Modélisation numérique des surcotes dues à la pression atmosphérique, au vent et aux vagues (modèle MARS-2DH et SWAN. Rapport BRGM (2014)



Simulation de la surcôte Klaus du 24/01/2009



Simulation des surcôtes extrêmes (vent de secteur 215° nord)



Propagation de la surcote liée au déferlement des vagues à l'intérieur du Bassin d'Arcachon lors des tempêtes Klaus (à gauche) et Xynthia (à droite) – (rapport BRGM/RP-58723-FR)

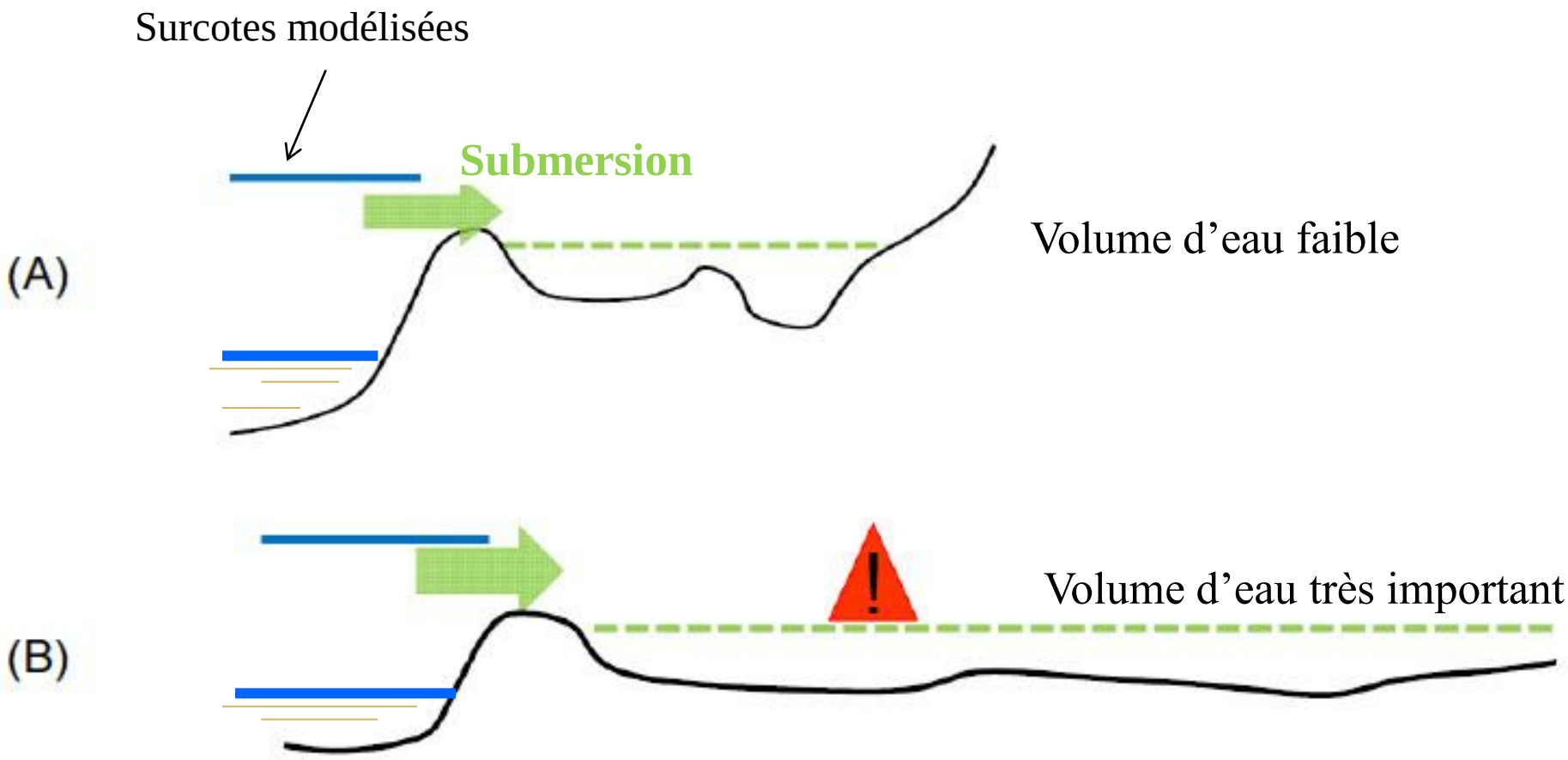
Simulation de la surcote due aux vagues. Modèle SWAN (BRGM)

Les niveaux marins « extrêmes » seraient de l'ordre de +3,9 m à +4,2 m NGF sans tenir compte de l'élévation à venir du niveau marin et des épisodes de crue.

La sur-élévation du niveau marin en 2100 serait de + 40 cm pour l'État Français (sous-estimation ?)

Quelles seraient les zones inondables ?

Mesures topographiques indispensables



Profils topographiques

Altimétrie LIDAR aéroportée

Impulsion laser dans le proche infrarouge toutes les 1 à 10 nano-secondes.Miroir utilisé pour le balayage transversal à la ligne de vol (scanner). Largeur du balayage maximal: 70 % de la hauteur de l'avion

Système de navigation inertiel

Lidar

GPS differentiel

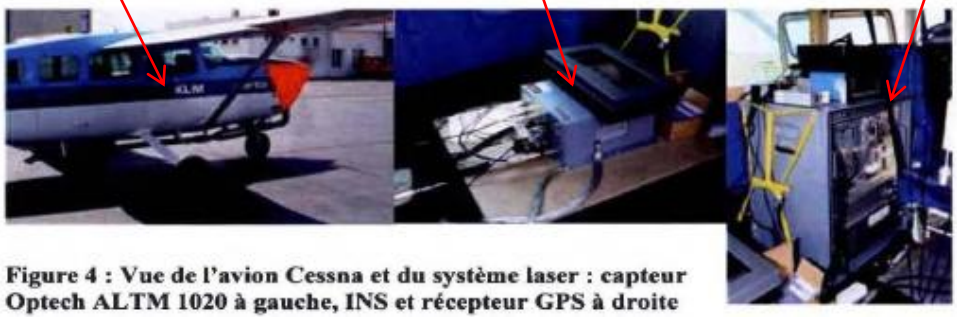
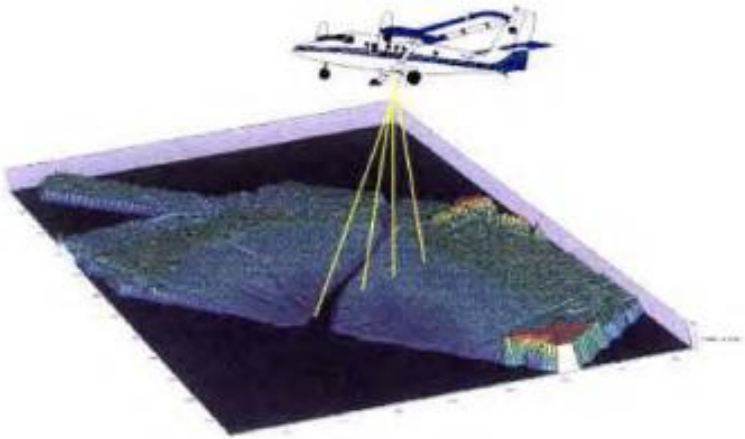


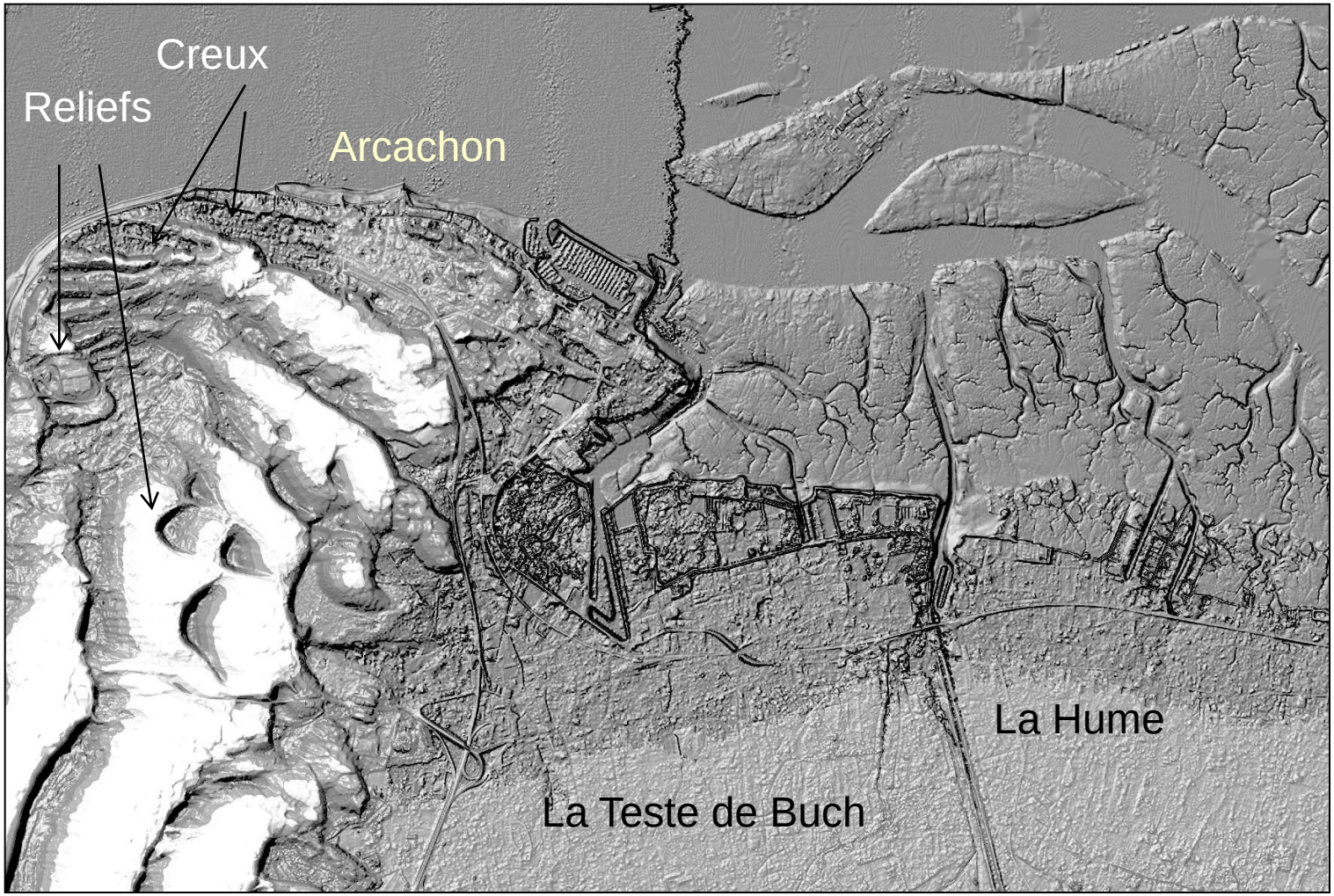
Figure 4 : Vue de l'avion Cessna et du système laser : capteur Optech ALTM 1020 à gauche, INS et récepteur GPS à droite

Survol entre 700 m et 1000 m d'altitude



Sur sol nu on aura un seul écho, sur un sol forestier, on aura 2 échos légèrement décalés pour un même lieu. La densité des points peut être de 1 à 3 par m². La précision en X,Y est de l'ordre du cm et en z de 15 cm au pire.

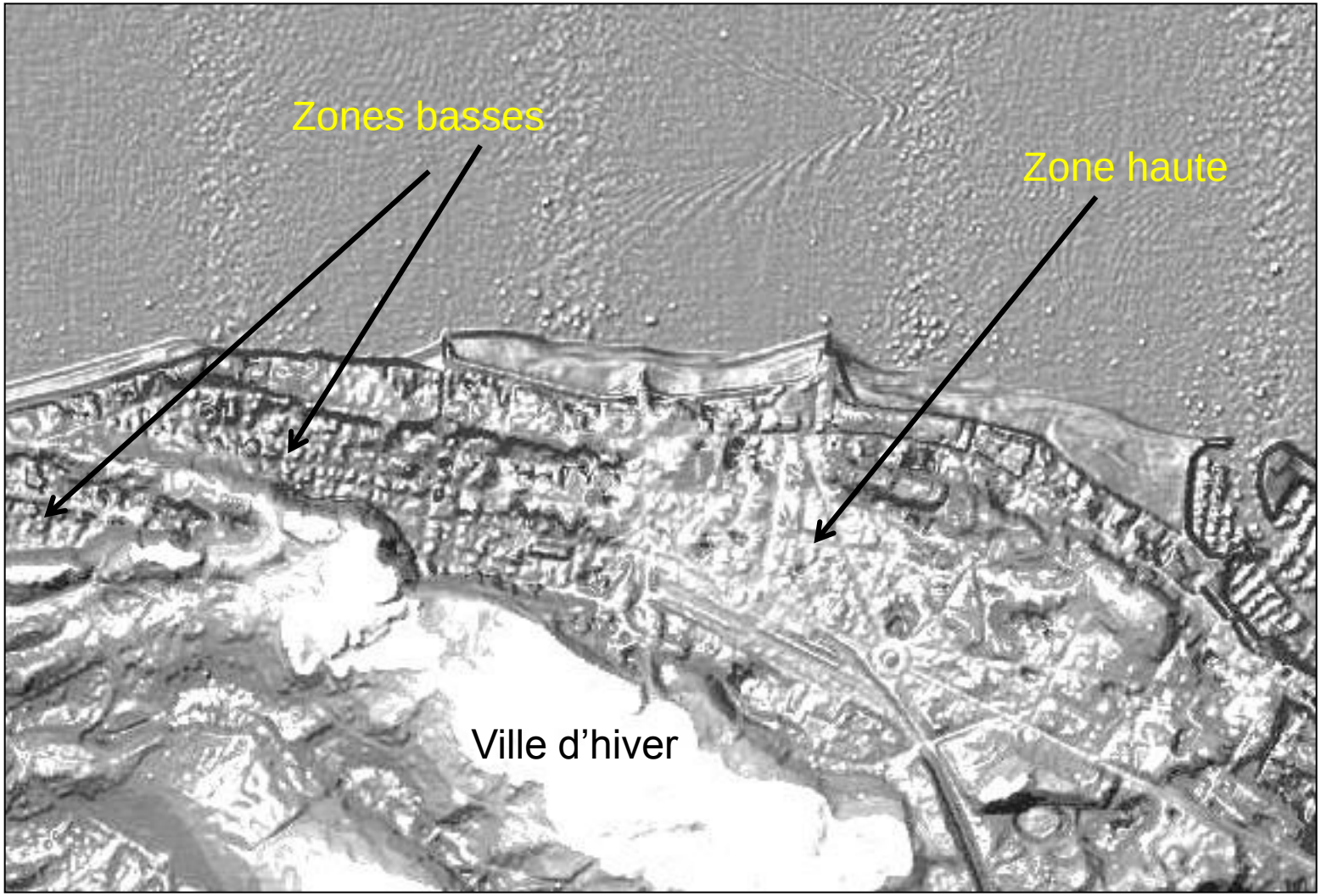
Image LIDAR (exemple)



Altimétrie Lidar 2005 (SIBA)
Cette altimétrie a été complétée par des levées topographiques de terrain.

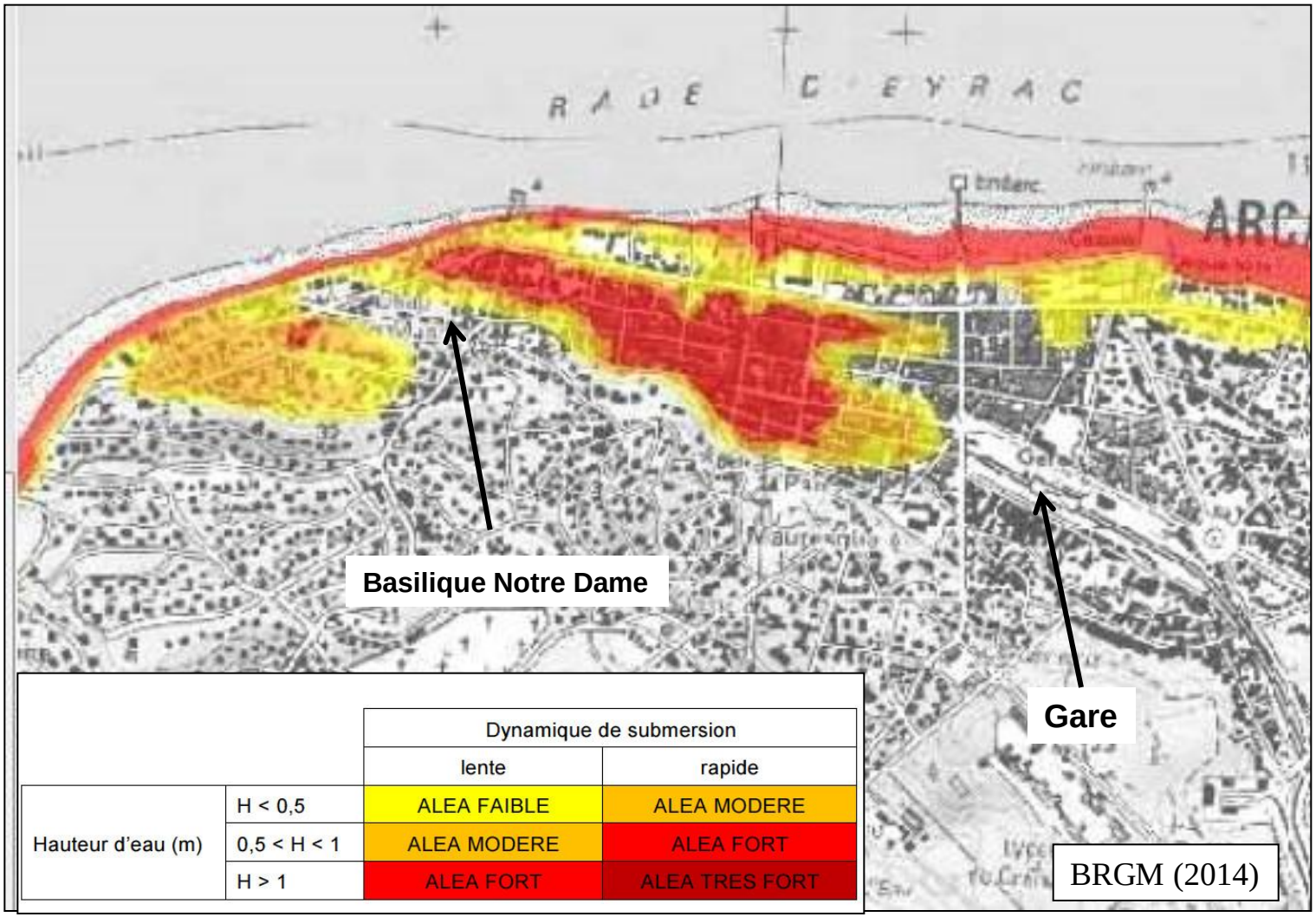
Ce sont les valeurs chiffrées qui sont utilisées

Zoom sur Arcachon



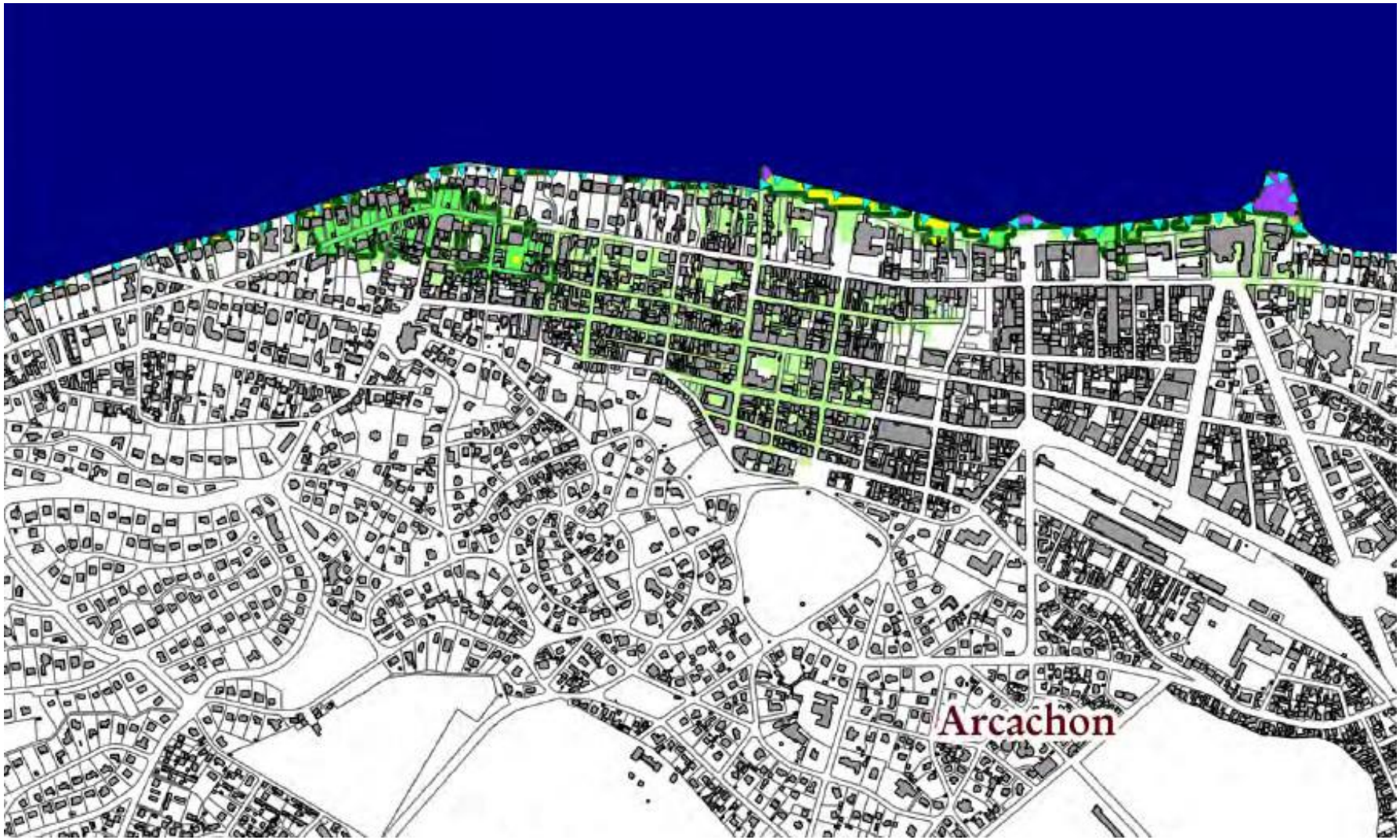
Altimétrie Lidar 2005 (SIBA)

Simulation d'un évènement centennale type Xynthia



		Dynamique de submersion	
		lente	rapide
Hauteur d'eau (m)	H < 0,5	ALEA FAIBLE	ALEA MODERE
	0,5 < H < 1	ALEA MODERE	ALEA FORT
	H > 1	ALEA FORT	ALEA TRES FORT

Xynthia : + 3,5 m Ajout: 15 cm (prise en compte des erreurs) et 20 cm (elevation)
Niveau maxi: + 3,85 m Simulation statique. + 40 cm (aléa 2100)



PPRSM du Bassin d'Arcachon - Arcachon
Évolution de la zone d'aléa avec prise en compte du changement climatique (horizon 2100)

Carte 2 / 2

1/10 000

Mars 2016 - DDTM/SRGC/PPRL/SM

Plan d'eau

Scénario "ruine"

Aléa actuel très fort

Aléa actuel fort

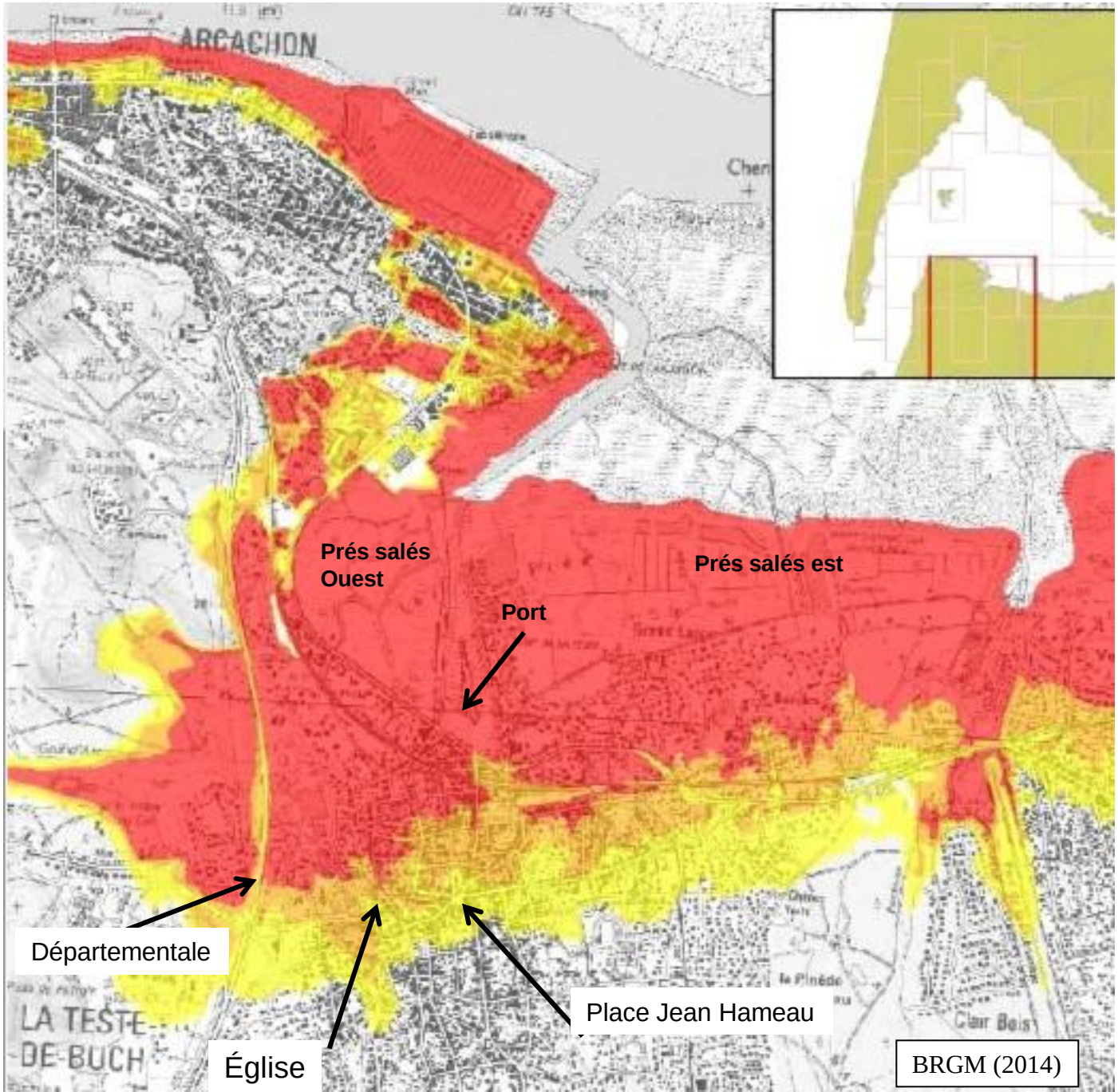
Aléa actuel modéré

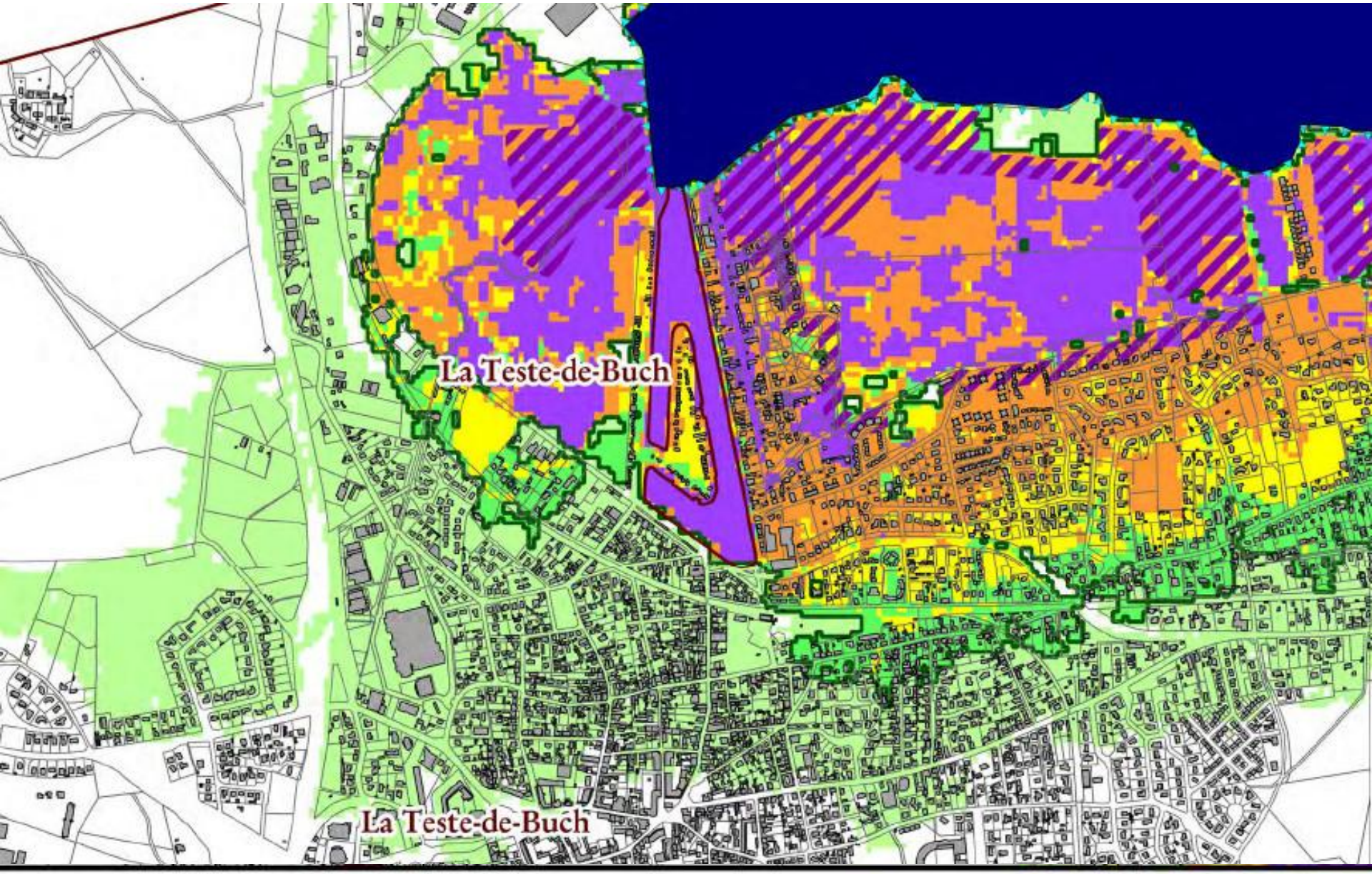
Aléa actuel faible

Bande de précaution derrière un ouvrage

0 100 200 300 400 500 m

La Teste de Buch





PPRSM du Bassin d'Arcachon - Arcachon
Évolution de la zone d'aléa avec prise en compte du changement climatique (horizon 2100)

Plan d'eau

Scénario "ruine"

Aléa actuel très fort

Aléa actuel fort

Aléa actuel modéré

Aléa actuel faible

Bande de précaution derrière un ouvrage

0 100 200 300 400 500 m

Carte 2 / 2 *1/10 000*

Mars 2016 - DDTM/SRGC/PPRL/SM

PRÉFET DE LA GIRONDE

La réglementation issue des cartes précédentes

↓

Le zonage

aléa 2100 / aléa de référence	faible	modéré	fort et très fort
nul	*Constructible avec prescriptions niveau 2*	*Constructible avec prescriptions niveau 1*	*Constructible avec prescriptions niveau 1*
faible	*Constructible avec prescriptions niveau 2*	*Constructible avec prescriptions niveau 1*	*Constructible avec prescriptions niveau 1*
modéré		*Constructible avec prescriptions niveau 1*	*Constructible avec prescriptions niveau 1*
fort et très fort			*Inconstructible par principe sauf autorisations limitées avec prescriptions niveau 0*

Zones noires: habitations à détruire
Zones rouges: construction interdite
Zones jaunes: construction autorisée sous condition …

↓

IMPACT sur les propriétés privées et le développement économique

↓

Retard dans la mise en œuvre (repoussée d'année en année depuis 2014)
Le zonage sera soumis à enquête publique peut-être fin 2017.

Conclusion

La prévision météorologique est primordiale

L’aspect scientifique est bien connu.

La submersion marine concerne toutes les communes

Le Plan de Prévention des Risque de Submersion impactera:
la valeur de l’immobilier, les projets, les infrastructures (PLU)

La réalisation du zonage est toujours en devenir

Références

Daphné Eché (2009). Les submersions marines dans le Bassin d'Arcachon. Représentations sociales et gouvernance du risque. Master 1 de Géographie – Environnement. UMR 8586. Université Paris 1. 131 p.

Ruperd Y. (2012). Submersion marine sur le Bassin d'Arcachon. Etude historique. Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Bordeaux. 47p.

BRGM (2014). Caractérisation de l'aléa submersion marine dans le cadre des PPRL du Bassin d'Arcachon (Gironde). BRGM/RP -62187-FR. 133p.

Conseil Régional (2016). Mise en œuvre de la directive inondation. Rapport d'accompagnement des cartographies du TRI du Bassin d'Arcachon. 56p.

Site WEB de la Préfecture de la Gironde: http://www.gironde.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/Prevention-des-risques/Concertation-en-cours-PPRSM-du-Bassin-d-Arcachon/Quel-risque-chez-moi

Merci

La prévision

Le totem d'alerte du SIBA

(Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon)
Dirigé par les maires des 10 communes entourant le Bassin

Le « Tri-Tem » permettra de comparer le niveau d'eau calculé au niveau d'eau mesuré. Le tri-tem s'éclairera en rouge pour un risque important (Sud-Ouest, 14/10/2016

La prévision météorologique

Etre attentif aux avis de tempête et aux coefficients de marée