



***Société d'Histoire et d'Archéologie  
de l'Arrondissement de Saint-Malo***

***Conférence du 21 mars 2016***

**Montée de la mer dans la région de Saint-Malo,  
éclairage scientifique des connaissances historiques.**

***par Bernard GOGUEL***

**bernard.goguel@gmail.com**

# LE TRAIN DU CLIMAT

<http://messagersduclimat.com/>

**Saint-Malo**  
**19 octobre 2015**

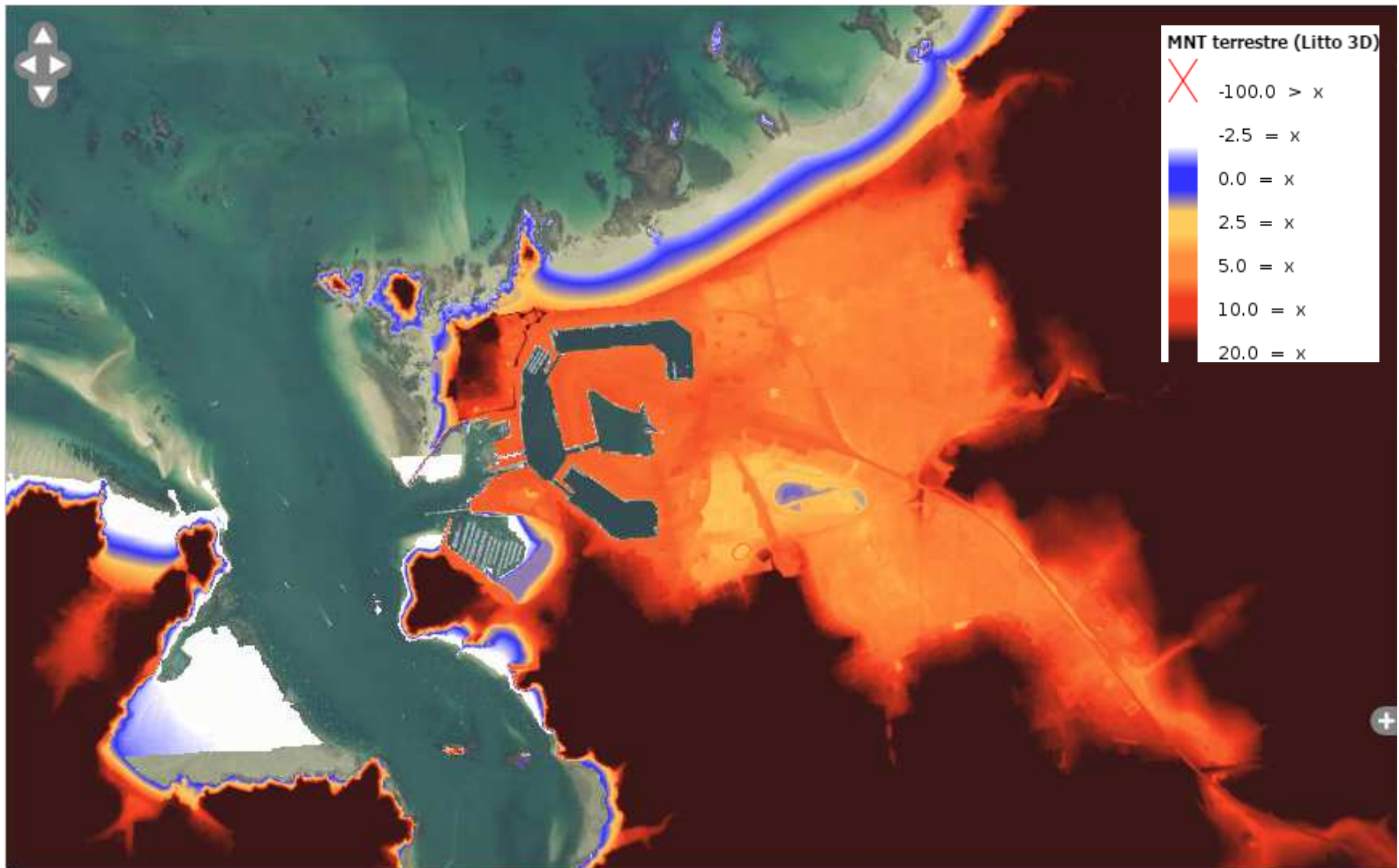


**Avec conférence spéciale,  
le soir à Saint-Servan,  
de Valérie Masson-Delmotte**

LE TRAIN DU CLIMAT a circulé pendant trois semaines au mois d'octobre. Nous remercions les 23 000 personnes, les 3 500 scolaires qui sont venus nombreux visiter l'exposition et rencontrer les Messagers du climat. Nous travaillons actuellement sur les suites possibles pour l'année 2016.



sur la  
tiliser  
crire en  
deez

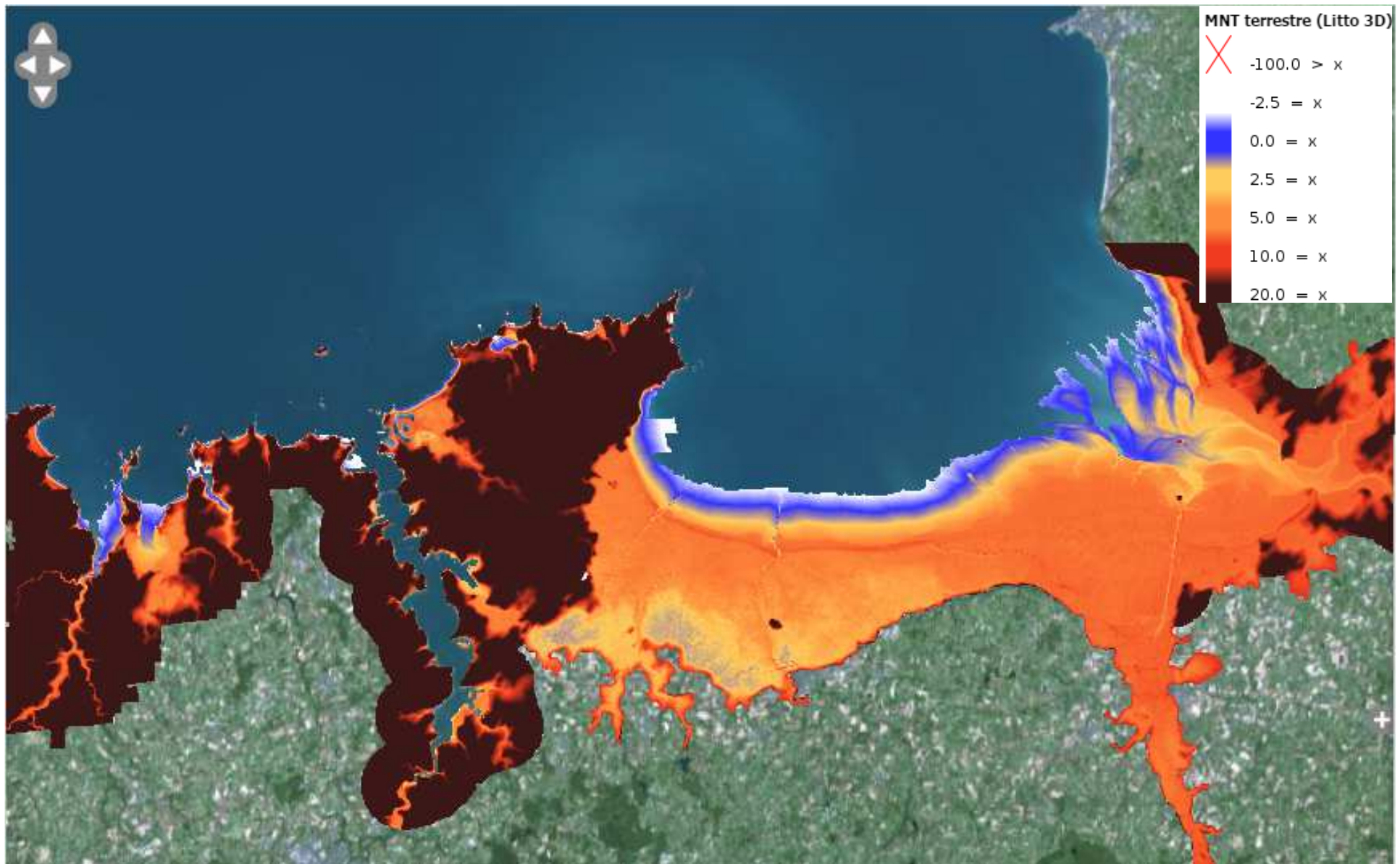


**MNT Litto 3D**

<http://geobretagne.fr/mapfishapp/>

Terrestre (IGN), en attente Maritime (SHOM)

**Cotes IGN69 = Cotes marines - 6,29 m**



**MNT Litto 3D**

<http://geobretagne.fr/mapfishapp/>

Terrestre (IGN), en attente Maritime (SHOM)

**Cotes IGN69 = Cotes marines - 6,29 m**

DE L'ÉTAT ANCIEN  
ET  
DE L'ÉTAT ACTUEL

DE LA

BAIE DU MONT-SAINT-MICHEL  
ET DE CANCALE,

DES MARAIS DE DOL ET DE CHATEAUNEUF,

ET EN GÉNÉRAL DE TOUS LES ENVIRONS DE SAINT-MALO ET DE SAINT-SERVAN,  
DEPUIS LE CAP FRÉHEL JUSQU'À GRANDVILLE;

AVEC DEUX NOTICES SUPPLÉMENTAIRES,

LA 1<sup>re</sup> SUR JERSEY ET LES AUTRES ILES ANGLAISES ADJACENTES;

LA 2<sup>e</sup> SUR TOUTE LA CÔTE DE NORMANDIE QUI ASPECTE CE PETIT ARCHIPEL;

1829.

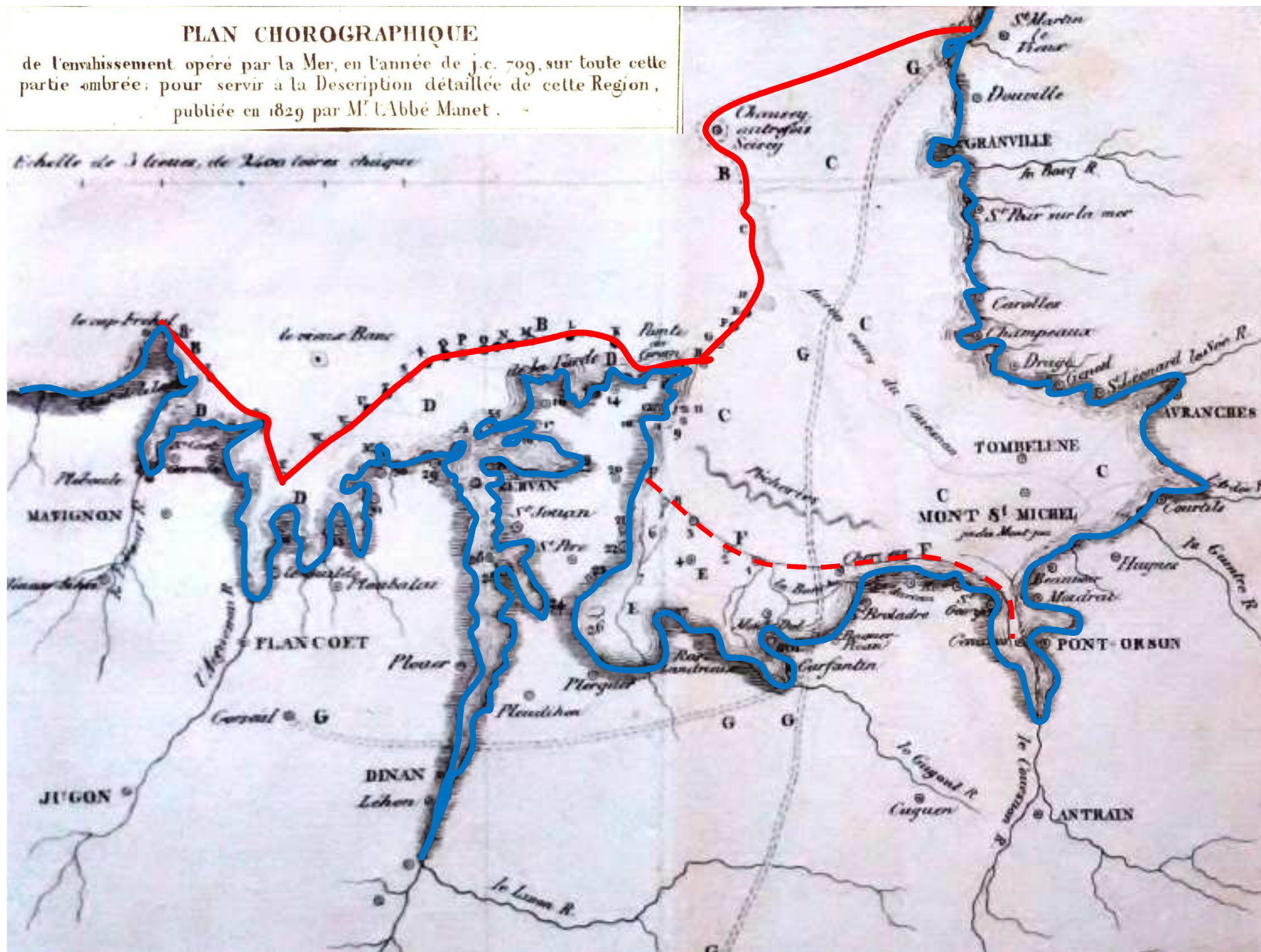
PAR M. F.-G.-P.-B. MANET,

Prêtre, ancien chef de l'Institution de Saint-Malo.

# PLAN CHOROGRAPHIQUE

de l'invasion opérée par la Mer, en l'année de j. c. 709, sur toute cette partie ombrée; pour servir à la Description détaillée de cette Région, publiée en 1829 par M. l'Abbé Manet.

Echelle de 3 lieues, de 2100 toises chaque





Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO  
Image Landsat

Google earth

Date des images satellite : 10/4/2013 48°41'01.40"N 1°56'04.51"O élév. 33 m altitude 79.23 km

# LES FLUCTUATIONS DU NIVEAU DE LA MER DANS LA RÉGION DE SAINT-MALO AUX TEMPS PREHISTORIQUES ET HISTORIQUES

SHAASM 1965

Par M. le Professeur F. RUELLAN

de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Rennes

Directeur du Laboratoire de Géomorphologie  
de l'École pratique des Hautes Etudes (Paris et Dinard)

L'abbé Manet n'a pas conclu à la submersion immédiate de toute la baie ; il en retarde l'occupation jusqu'en 817. Ses partisans dépassèrent bien souvent sa pensée et généralisèrent davantage encore l'observation localisée des trois clercs.

Sans s'appesantir sur ce problème, il faut tout de suite marquer que les faits sont contraires à cette hypothèse de la submersion d'une grande forêt s'étendant vers le large et notamment entre Chausey et Granville. Une invasion marine d'une forêt laisse des traces que l'on retrouve dans les sondages. D'autre part, les fameux troncs d'arbres couchés que l'on rencontre dans le marais de Dol sont situés surtout dans la zone orientale du marais, qui n'est pas celle du prétendu cataclysme. Ajoutons d'ailleurs que ces « coërons », comme on les appelle, peuvent avoir été renversés par des tempêtes. C'est un fait courant dans notre région, et le dernier coup de vent du 16 juin 1965 a laissé de très nombreux arbres déracinés qui nous rappellent un mécanisme fréquent sur les côtes, où les arbres couchés peuvent avoir ensuite été enfouis.





# *The Bay of Mont-Saint-Michel and the Rance Estuary*

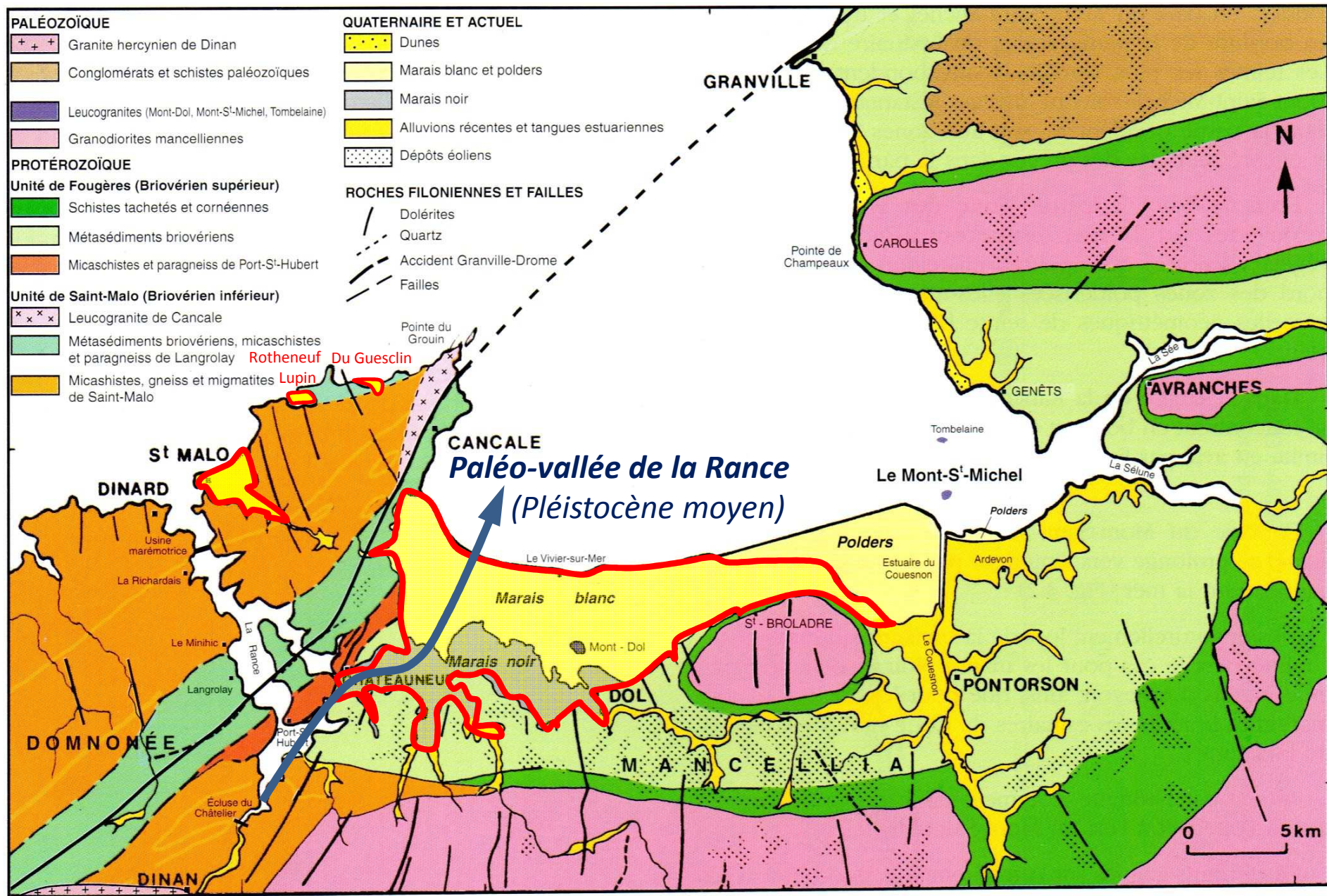
*Recent development and evolution  
of depositional environments*

**Chantal BONNOT-COURTOIS, Bruno CALINE,  
Alain L'HOMER & Monique LE VOT**

**+ 14 autres auteurs**

**2002**

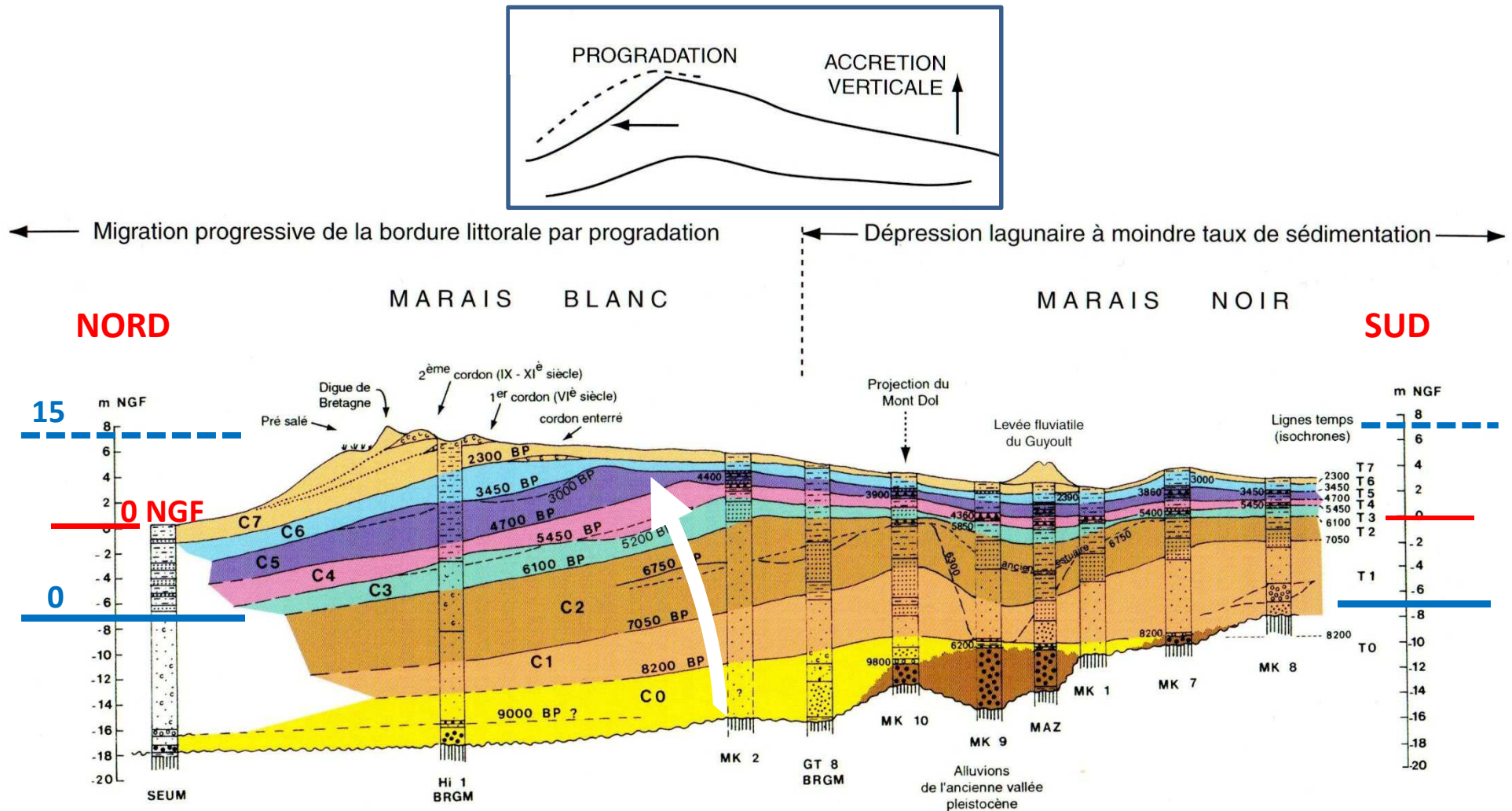
256 p.



## Schéma géologique 2002

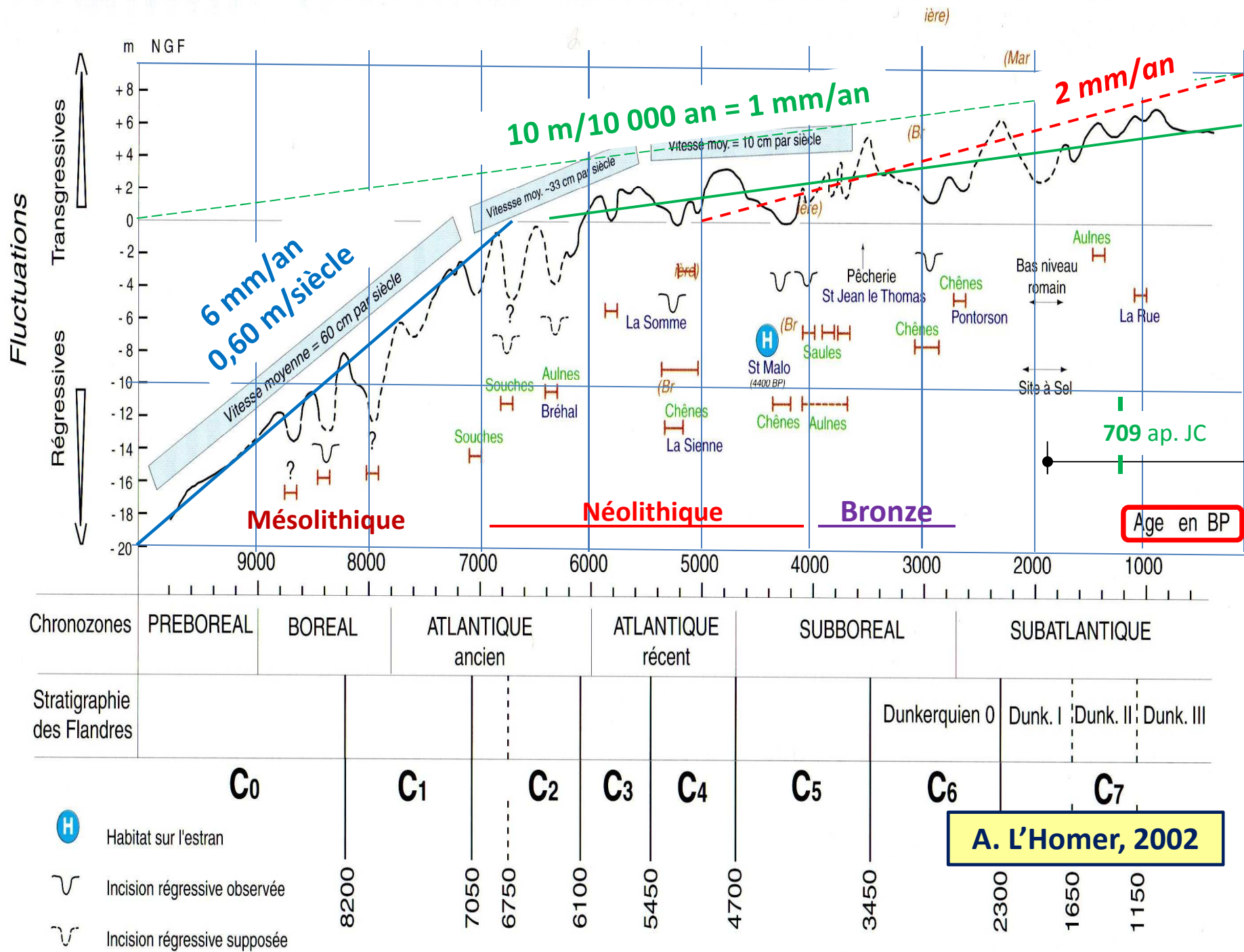
FIGURE 3.2

Schéma géologique de la partie continentale de la baie du Mont-Saint-Michel et de la vallée de la Rance d'après les cartes géologiques de la France au 1 000 000<sup>e</sup> (BRGM, 1996), de Dinan au 80 000<sup>e</sup> (Service de la carte, 1964), d'Avranches (BRGM, 1984), de Granville



**A. L'HOMER, C. BONNOT-COURTOIS, B. CALINE, 2002, *Histoire Holocène de la Baie du Mt-St-Michel***

**Le prisme sédimentaire des dépôts du marais de Dol : essai de reconstitution de la mise en place des dépôts. Fig. 4.3.6. Schéma de reconstitution des dépôts successifs du marais de Dol depuis 8000 ans (d'après les données stratigraphiques de **M.T. MORZADEC-KERFOURN (1974, 1975, 1977, 1980, 1995)** pour le marais Noir)**



**A. L'Homer, 2002**

**Ces souches , comme nos "coërons", sont cinq fois plus anciennes que le fameux raz de marée de 709**



**The Submerged Forest at Borth, Cardigan Bay, West Wales, in Nov. 2009**

Photo by John Mason <http://www.geologywales.co.uk/storms/spring12a.htm>

## **Les prairies des Cézembre**

Joseph MATHURIN

SHAASM 1901 – p. 23-26

## **Le Gué de Cézembre**

Loïc LANGOUET

SHAASM 1975 – 183-191

A.M.A.R.A.I. 9, 1996, 43-48

C.Re.A.A. 42, 2014, 83-90

## **Le combat de l'homme et de la mer**

René HENRY

SHAASM 1994 84-108

## **Histoire Marine de la Baie de Saint-Malo**

René HENRY

*La Découverte* 2000

## **Une histoire maritime de Saint-Malo**

Alain Rondeau 2010

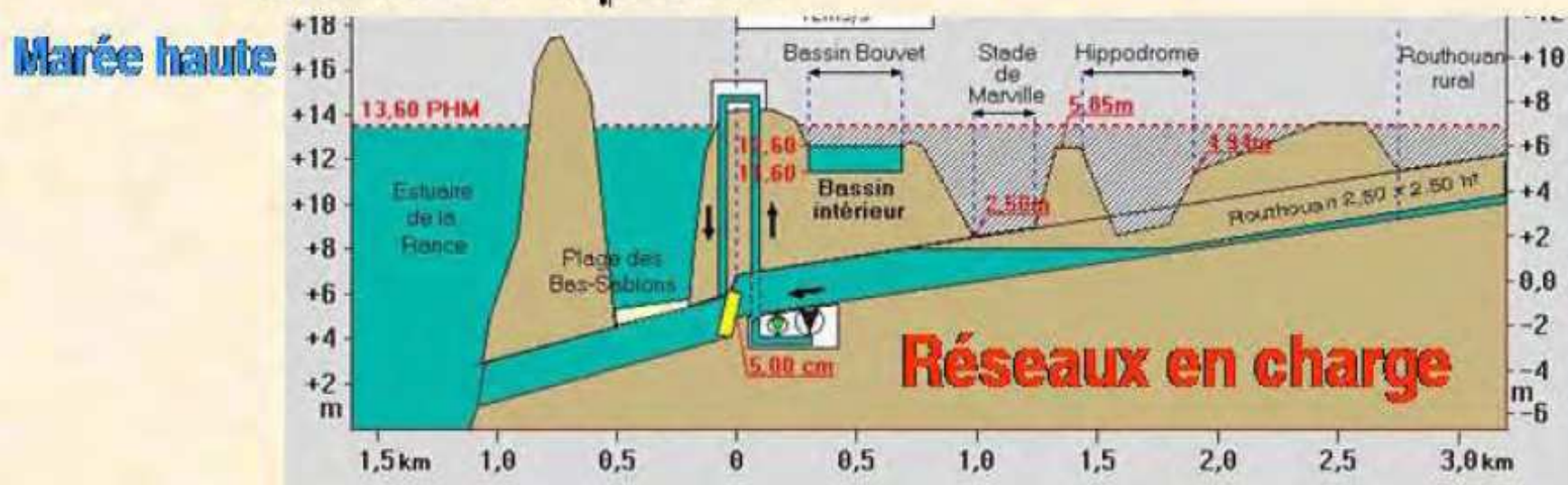
# Le Routhouan au fil de l'eau et des ans

Jacques BELLEC

SHAASM 1996 265-296

450 ha de terrains situés à **4 mètres** sous le niveau des marées d'équinoxe

Il y a une vanne seuil de 2,5 x 2,5 m qui empêche la remontée de la mer dans les réseaux



<http://www.ville-saint-malo.fr/environnement/qualite-des-eaux/>

*Piscine du Naye*

Poste de relevage  
Charcot



**BAS SABLONS**  
Routhouan en aqueduc  
bétonné, avant traversée  
d'Alet en tunnel (1937)





## Usine Marémotrice

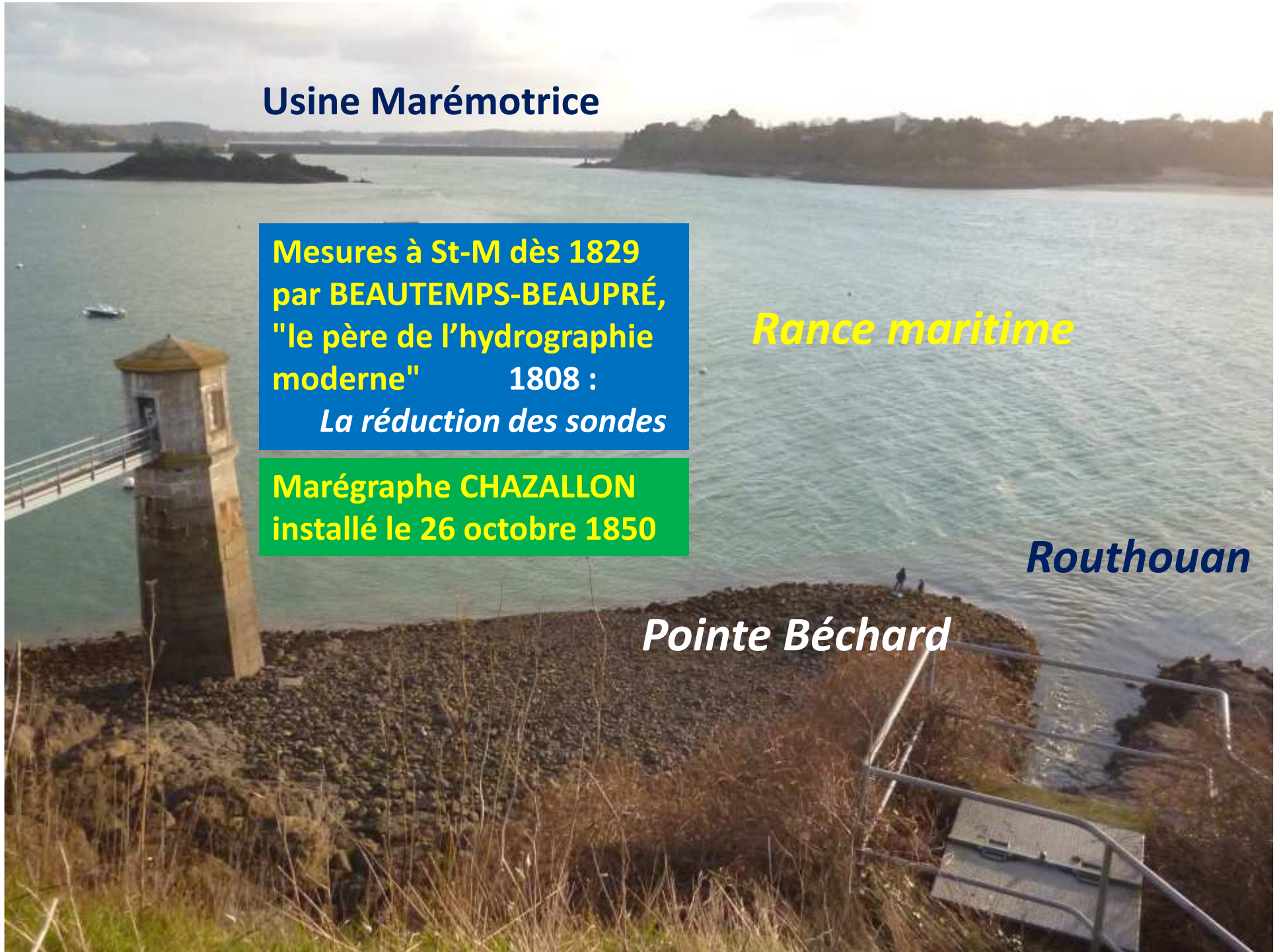
Mesures à St-M dès 1829  
par BEAUTEMPS-BEAUPRÉ,  
"le père de l'hydrographie  
moderne" 1808 :  
*La réduction des sondes*

Marégraphe CHAZALLON  
installé le 26 octobre 1850

*Rance maritime*

*Routhouan*

*Pointe Béchard*

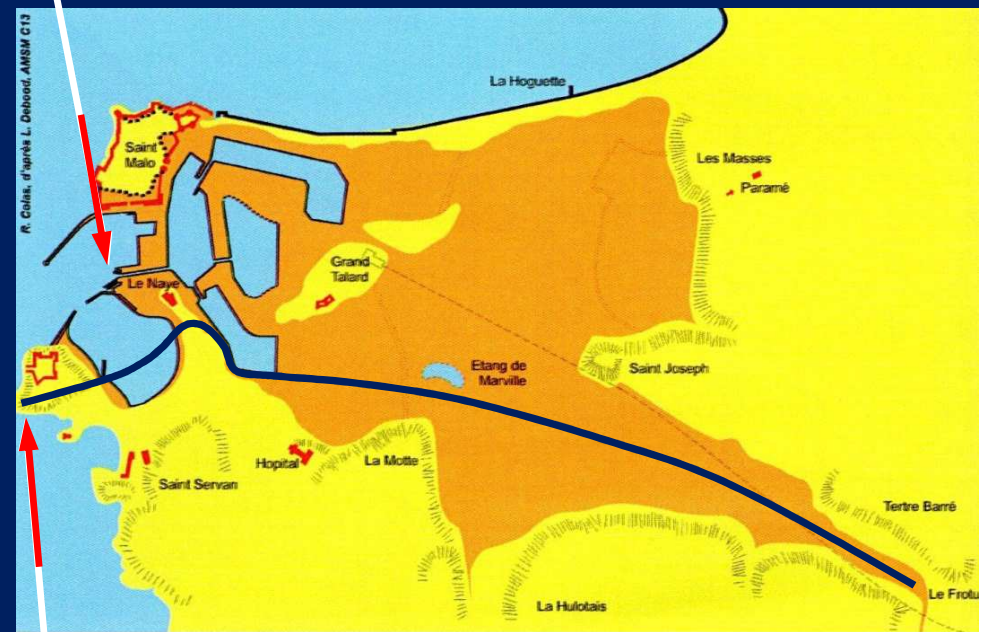


# La conquête de la mer intérieure malouine

René COLAS

SHAASM 2010 85-106

Et le marégraphe du RONIM / SHOM est là, au terminal ferries n°2



14. Pleine mer vers 1990, après trois siècles de conquête de la mer intérieure

Le Routhouan sort à la pointe Béchard, dite "du marégraphe", au SW d'Alet

## Marégraphe de Saint-Malo depuis le 09/04/1986

Le port de Saint-Malo est équipé d'un marégraphe RONIM depuis le mois de septembre 2003. L'observatoire est géré par le SHOM en partenariat avec le CCI pays de Saint-Malo et la Délégation à la mer et au littoral d'Ille-et-Vilaine.

Installé à l'intérieur du local électrique de commande des vérins de la rampe des ferries n°2 (terminal de Naye), le marégraphe numérique côtier RONIM était, du 17 décembre 2003 au 1er décembre 2009, équipé d'un capteur Krohne BM70 et d'une centrale d'acquisition MARELTA.

Depuis le 1er décembre 2009, le capteur a été remplacé par un **radar Optiwave 7300C**.



**RONIM :**  
**Réseau d'Observatoires du Niveau des Mers**, fondé par le SHOM en 1992, avec maintenant **47 MCN** (**Marégraphes Côtiers Numériques**)

<http://www.shom.fr>  
<http://data.shom.fr>  
<http://refmar.shom.fr>

<http://refmar.shom.fr>



Refmar > Journées REFMAR > Edition 2016



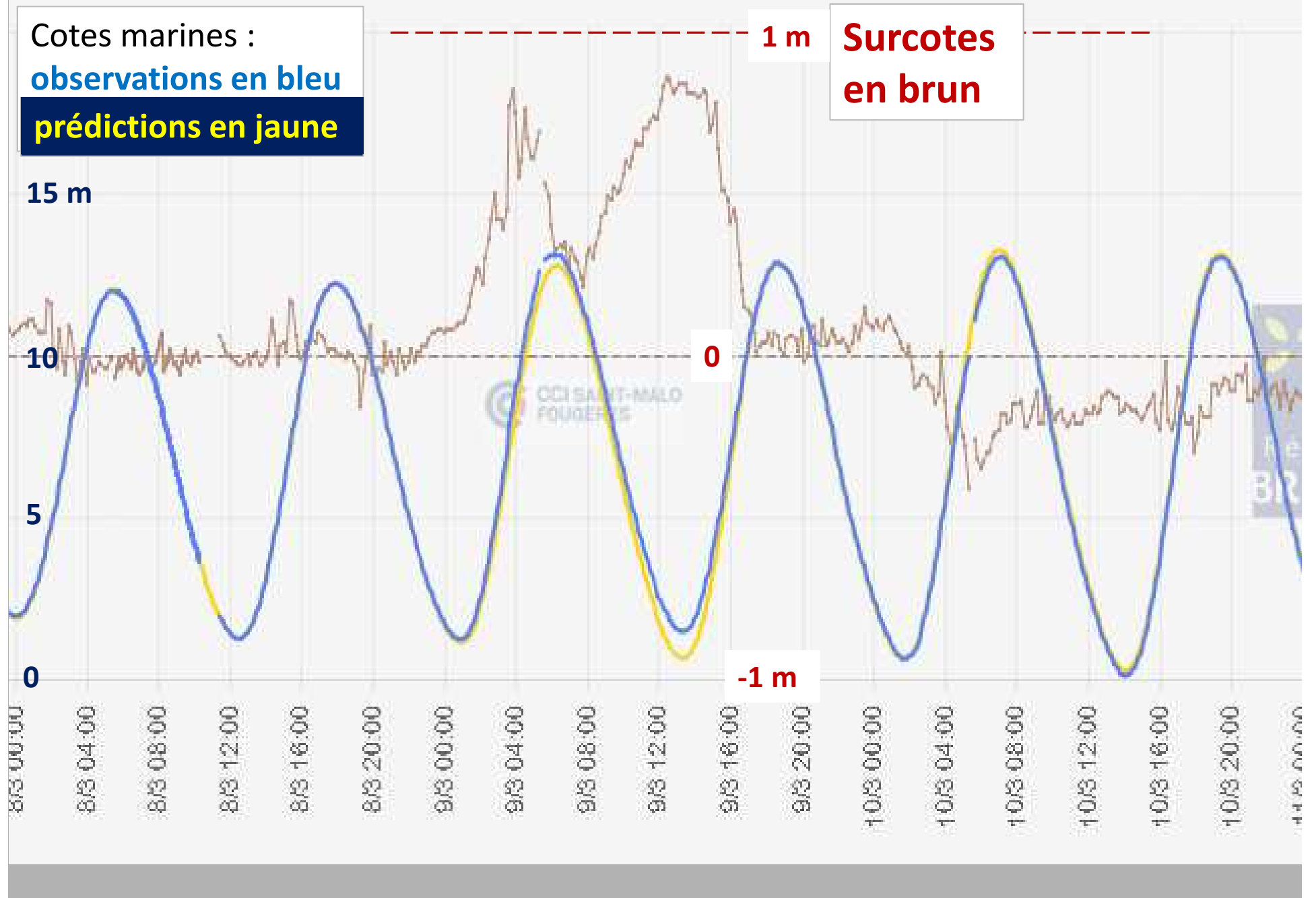
## Comprendre l'évolution du niveau de la mer - jeudi 4 février 2016

La journée SONEL a été organisée par des experts du domaine, autour de quelques-unes des grandes questions en relation avec l'évolution du niveau de la mer. Des sujets aussi divers que la question de l'estimation des variations passées du niveau marin, de la contribution des calottes polaires, de la représentation du niveau marin dans les modèles climatiques ou bien de l'évolution des événements extrêmes y ont été abordés. Une table ronde où des personnalités du milieu académique et des décideurs ont échangé sur les enjeux liés à l'évolution du niveau marin a conclu cette journée. Les pilotes de cette journée étaient Laurent Testut (OMP - LEGOS) et Guy Wöppelmann (LIENSs - UMR CNRS Université de La Rochelle).

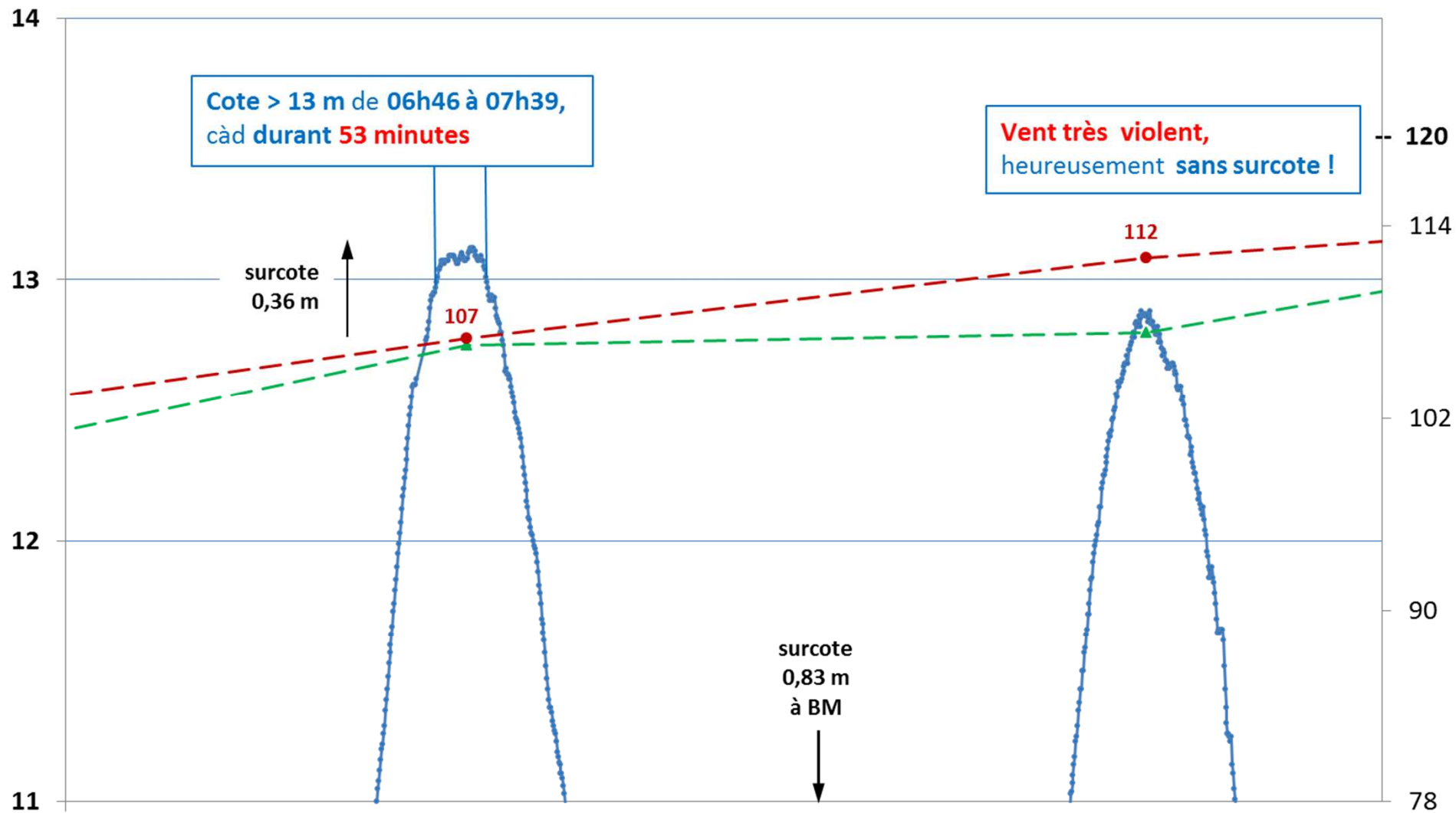
**Cotes IGN69 = Cotes marines - 6,29 m**

Cotes marines :  
**observations en bleu**  
**prédictions en jaune**

**1 m Surcotes en brun**



C.M. Observations    —▲— Prédications PM    —●— Coefficient



9/3

Détail des hautes mers / journée du mercredi 9 mars 2016

**Nicolas POUVREAU – Thèse Sept. 2008 (474 p.)**

**Trois cents ans de mesures marégraphiques en France :  
outils, méthodes et tendances des composantes du niveau  
de la mer au port de Brest.**

**Les estimations récentes montrent que le niveau  
moyen de la mer a monté de quelque vingt  
centimètres au cours du siècle dernier, avec un rythme  
supérieur depuis 1993 (entre 2,9 et 3,7 mm/an)**

Premières mesures La Hire & Picard, 1679 ; puis 1692-93 pendant quelques mois

Si l'on écarte les premières observations réalisées au jardin du Roy, deux sites se partagent la localisation des observations du niveau de la mer à Brest depuis 1711 : le bassin Tourville et la Mâtire (fig. 6.25). Le premier site est l'observatoire du 18<sup>ème</sup> et du début du 19<sup>ème</sup> siècles tandis que le second prend le relais à partir de 1846 pour ne plus jamais quitter son emplacement. Entre 1807 et 1811 l'emplacement est déjà choisi pour réaliser les mesures commandités par le Bureau des Longitudes (cf. 7.3.1.3).

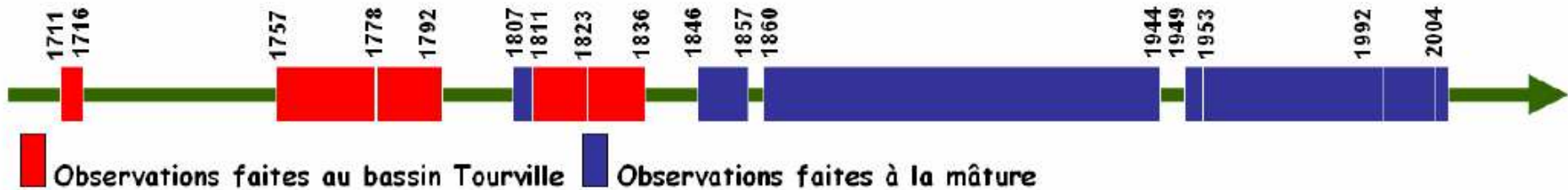


Fig. 6.25 – Frise chronologique des observatoires du niveau de la mer à Brest depuis 1711.

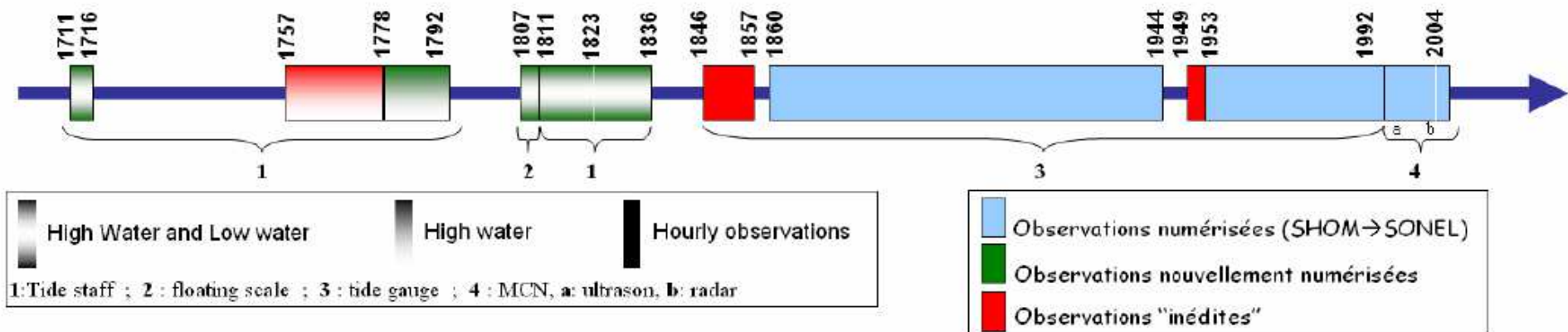
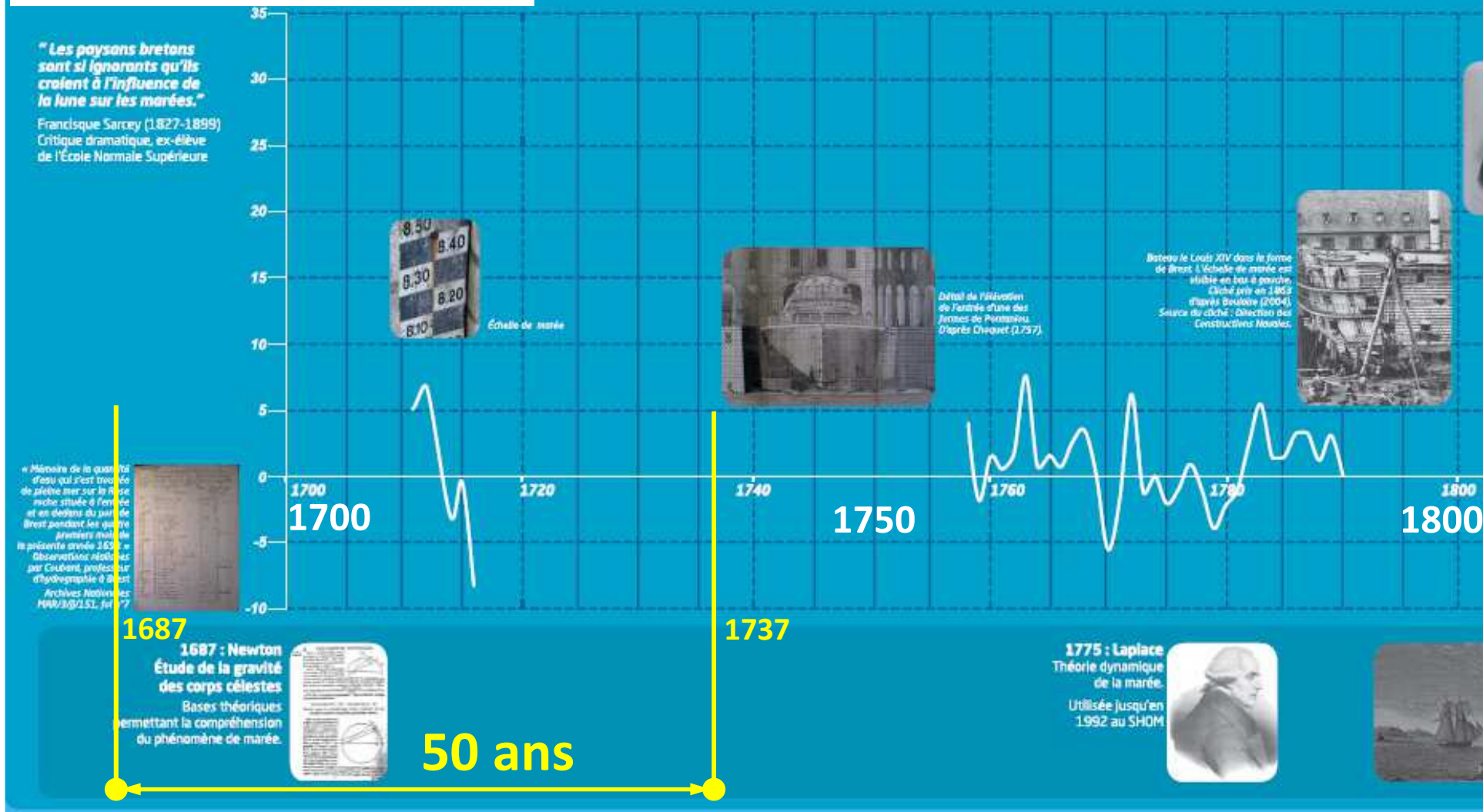


Fig. 6.27 – Frise chronologique de la nature et du type des observations du niveau de la mer effectuées à Brest depuis 1711.



# 300 ans d'observations à Brest – 1/3



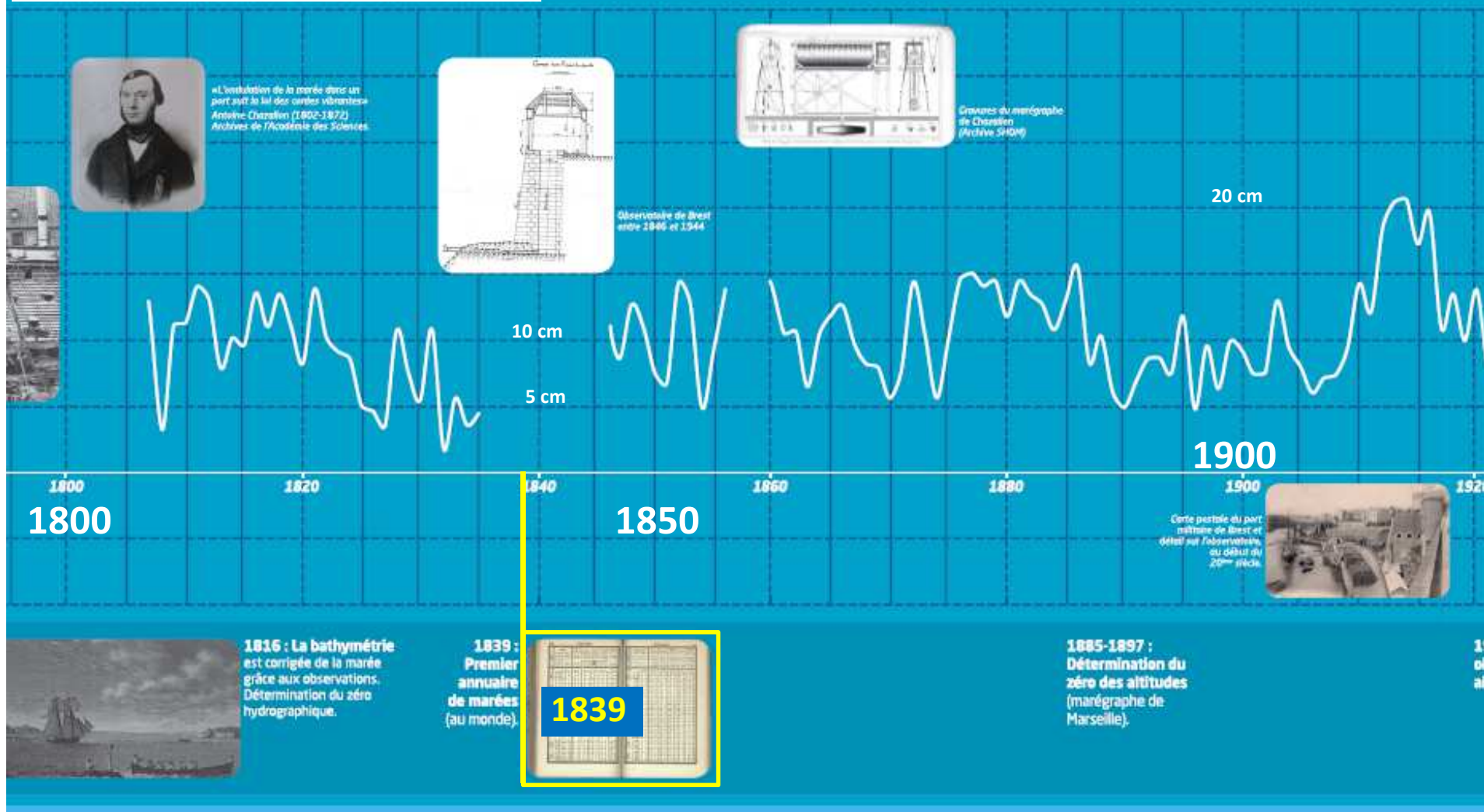
Trois cents ans de mesures marégraphiques en France : outils, méthodes et tendances des composantes du niveau de la mer au port de Brest.

Nicolas POUVREAU – Thèse Sept. 2008 (474 p)



refmar.shom 2013

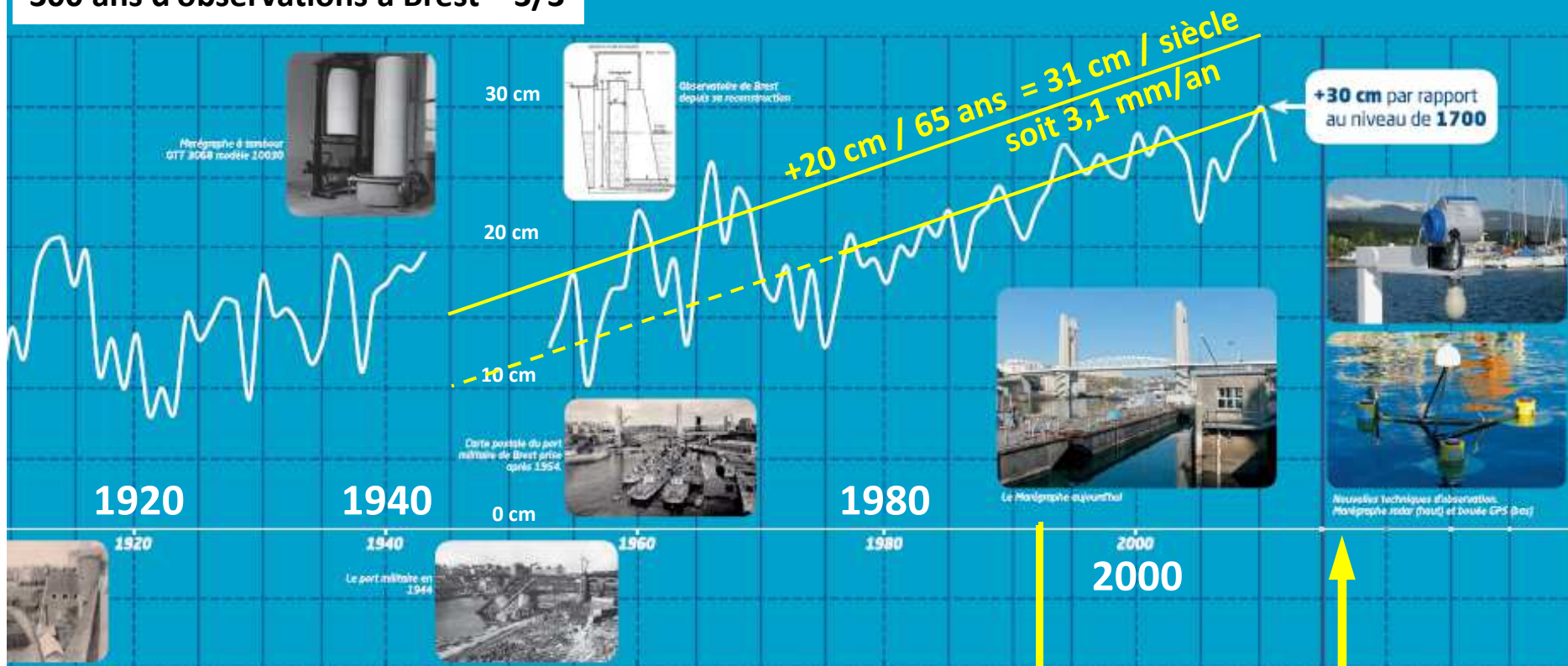
## 300 ans d'observations à Brest – 2/3



[http://refmar.shom.fr/fr/sea\\_level\\_news\\_2013/t2/reconstruction-niveau-moyen-mer-brest-journees-refmar-2013](http://refmar.shom.fr/fr/sea_level_news_2013/t2/reconstruction-niveau-moyen-mer-brest-journees-refmar-2013)

**Trois cents ans de mesures marégraphiques en France :  
outils, méthodes et tendances des composantes du niveau  
de la mer au port de Brest.**

# 300 ans d'observations à Brest – 3/3



1920 : Arrêt des observations partout ailleurs sauf à Brest.

1950

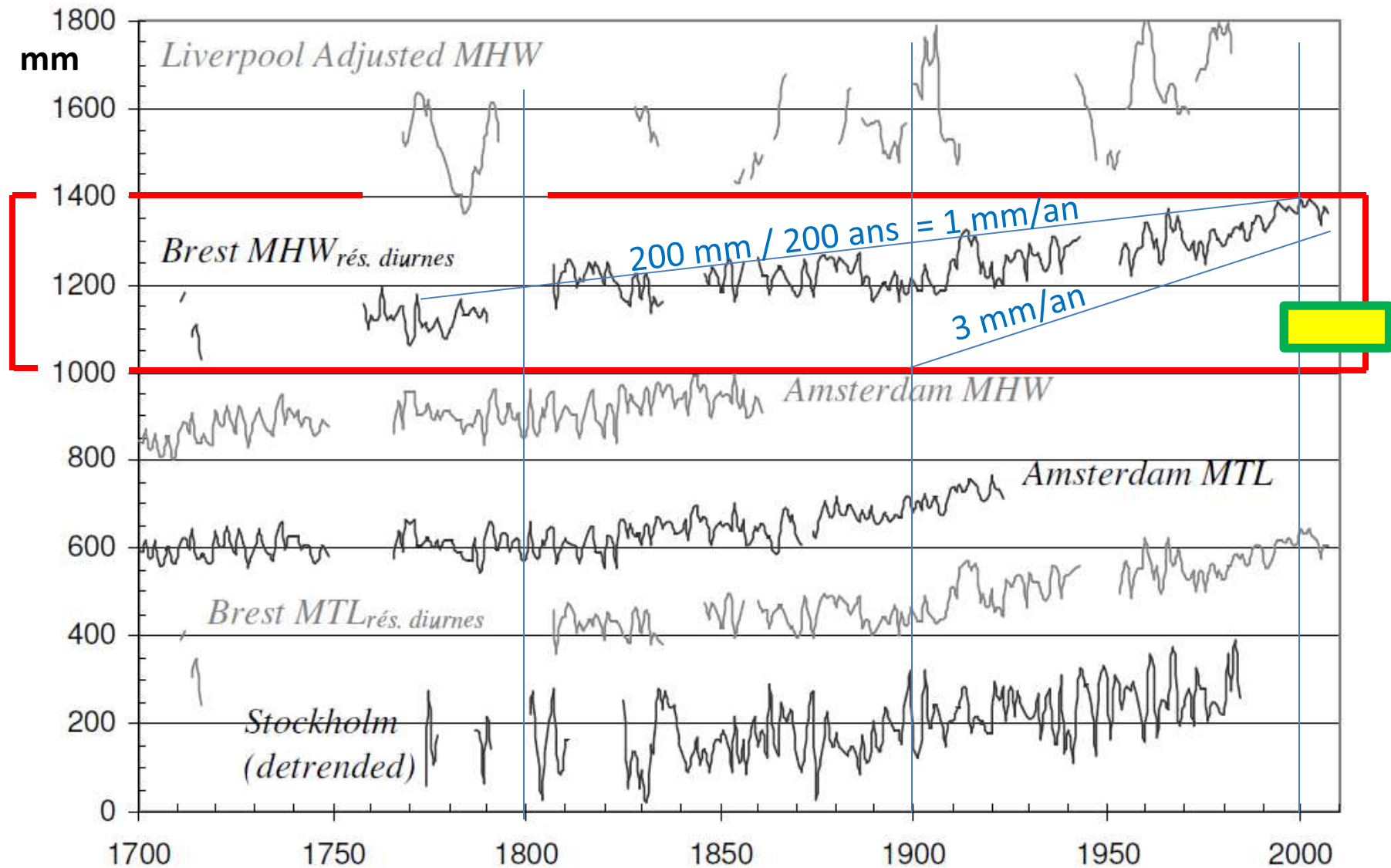
1992 : Topex / Poseidon. Validation des altimètres embarqués sur satellite.

**1992**

XXI<sup>e</sup> siècle : Calcul des niveaux extrêmes (surcotes atmosphériques).

Mise en place des réseaux d'alerte - tsunami, vigilance vagues submersion.

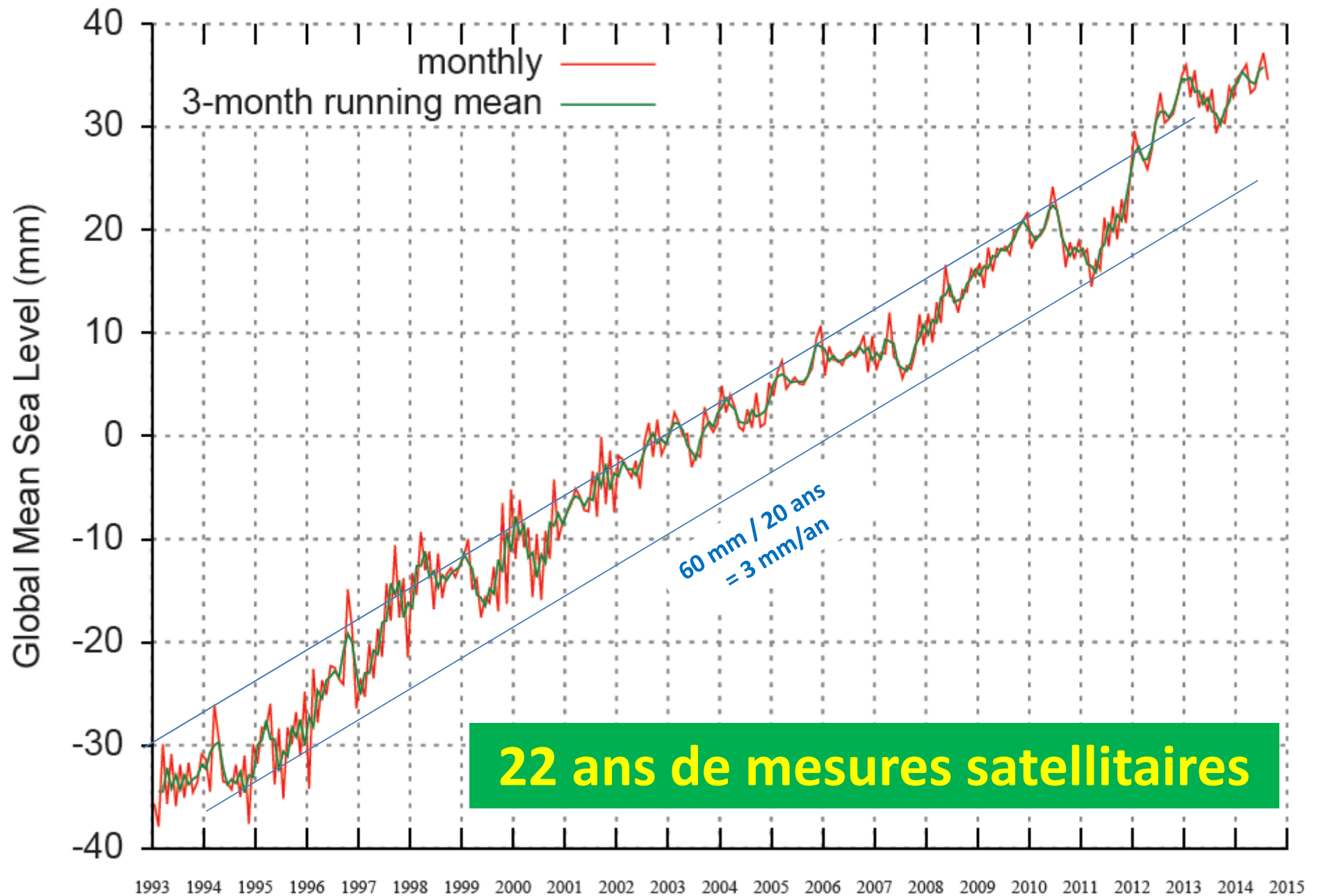




**Nicolas POUVREAU – Thèse Sept. 2008**

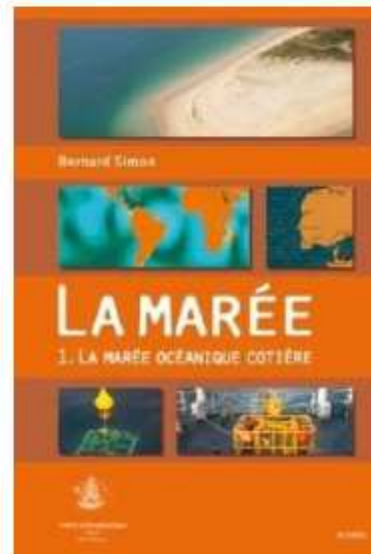
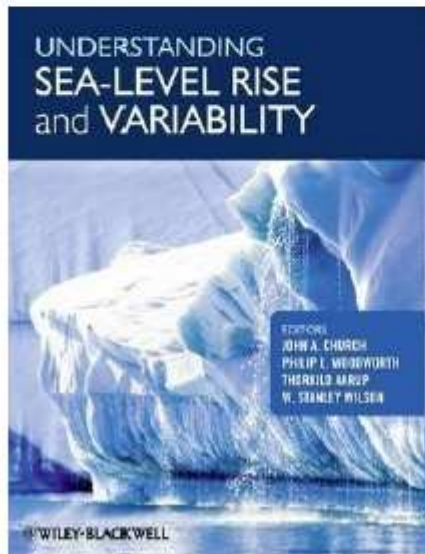
Fig. 8.19 – Résidus des MHW<sub>diurnes</sub> et résidus des MTL<sub>diurnes</sub> de Brest comparés aux autres longues séries existantes du niveau de la mer. Les effets liés au rebond post-glaciaire ont été corrigés de la tendance pour Stockholm (Ekman, 1999). Les valeurs des MHW de Liverpool ont été ajustées (Woodworth, 1999).

# GMSL from TOPEX/Poseidon, Jason-1 and Jason-2 satellite altimeter data



# Guy Wöppelmann

- Une grandeur fondamentale au carrefour des disciplines
  - des enjeux scientifiques (changement climatique, tempêtes,...)
  - et des impacts économiques et sociétaux considérables!
- Des résultats impossibles sans une observation pérenne, continue, de qualité revue et confrontée régulièrement (transitions technologiques), archivée et accessible (supports, métadonnées)
- La France, très regardée au niveau international (GLOSS)
  - place conquise grâce à Topex/Poseidon,... (CNES)
  - des territoires un peu partout dans le globe (cf. stations GLOSS)
- Pour en savoir plus...



[www.gloss-sealevel.org](http://www.gloss-sealevel.org)



[www.psmsl.org](http://www.psmsl.org)



## Prévention des risques

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,  
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,  
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

Direction générale de la prévention des risques

Service des risques naturels et hydrauliques

Bureau de l'action territoriale

(Texte non paru au *Journal officiel*)

### Circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux

NOR : DEVP1119962C

**Résumé** les inondations consécutives à la tempête Xynthia de février 2010 ont mis en évidence les limites de la politique de prévention du risque de submersion marine menée jusqu'alors. En particulier, le cadre méthodologique, datant de 1997, doit être réactualisé. Dans l'attente de la publication du guide méthodologique réactualisé, la présente circulaire fixe les grands principes qui

## **ONERC (créé par la loi du 19 février 2001) : Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique**

### 8. Prise en compte du changement climatique

L'hypothèse retenue est celle d'une augmentation du niveau marin égale à 60 cm à l'horizon 2100 (sur la base de l'hypothèse « pessimiste » de l'ONERC, cf. annexe IV) dont 20 cm seront intégrés directement à l'aléa de référence (cf. chapitre 1 Etc...

La publication par le GIEC de son cinquième rapport d'évaluation des connaissances attendu pour 2014, permettra le cas échéant une révision de ces hypothèses.

*La ministre de l'écologie,  
du développement durable,  
des transports et du logement,*

N. KOSCIUSKO-MORIZET

<http://www.ille-et-vilaine.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-Risques-naturels-et-technologiques/Risques-naturels/Les-Plans-de-Prevention-des-Risques-de-Submersion-Marine/Submersion-marine-en-Marais-de-Dol> ... PPRSM 35

Logo of the French Republic: **Liberté • Égalité • Fraternité**  
**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**

**PRÉFET DE ILLE-ET-VILAINE**

# Les services de l'État en Ille-et-Vilaine

Services de l'État | Politiques publiques | Actualités | Publications | Démarches administrati

Contacts  
Sites de l  
recherch

Accueil > Politiques publiques > Environnement, Risques naturels et technologiques > Risques naturels > Les Plans de Prévention des Risques de Submersion Marine

## Risques naturels

### Les Plans de Prévention des Risques de Submersion Marine

Les Plans de Prévention du Risque

Inondation

La Directive Inondation

Risque sismique

Risque mouvements de terrain

## Les Plans de Prévention des Risques de Submersion Marine

### Submersion marine en Marais de Dol



**Enquête publique du 15 février au 25 mars 2016**

**Prolongée au 13 avril 2016**

### Submersion marine à Saint-Malo

**2014 : Analyse préalable**  
**Caractérisation de l'aléa à suivre : Enjeux**  
**Cartographie de zonage**  
**Consultations CM,**  
**Réunions publ., Enquête**



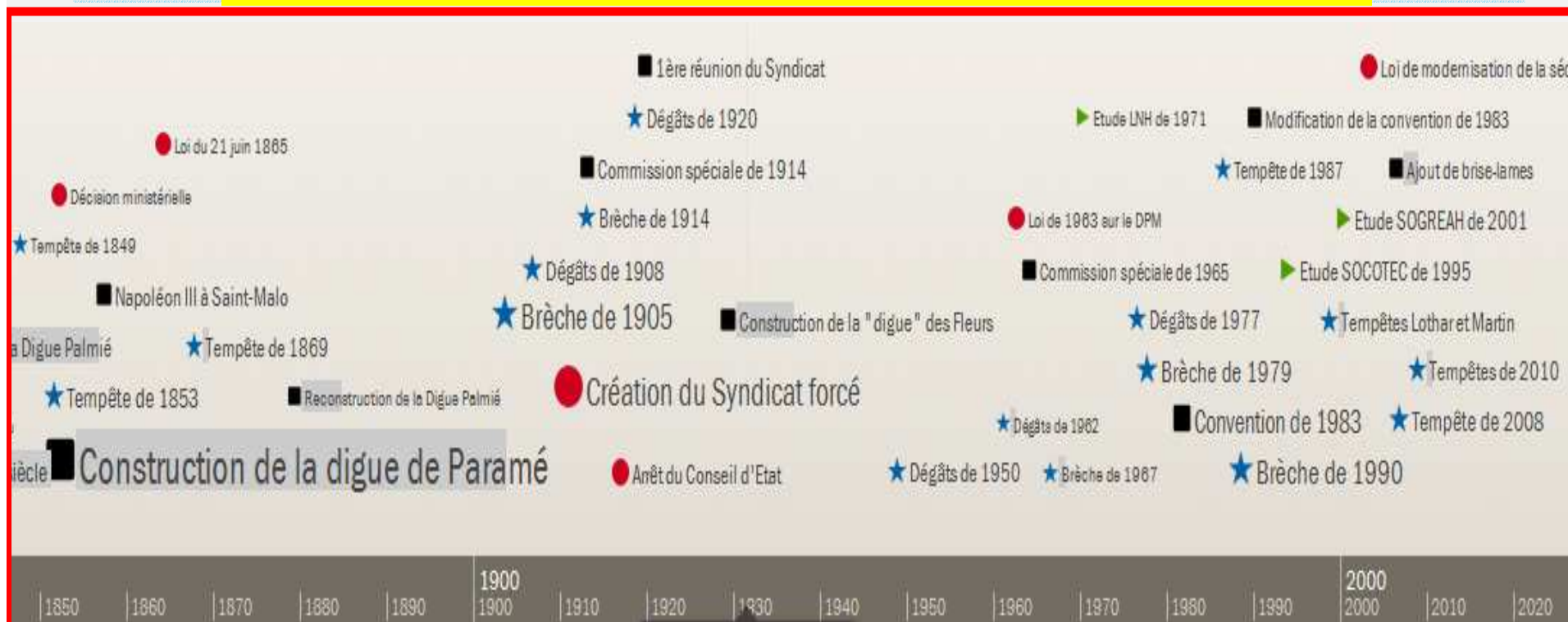
<http://www.ville-saint-malo.fr/environnement/prevention-des-risques/plan-de-prevention-des-risques-submersion-marine/>

## Un Plan de Prévention des Risques, qu'est-ce que c'est ? Quelle est la procédure d'élaboration ?

Où en est-on ?

## Le risque de submersion marine à Saint-Malo

### Historique des événements sur la digue de Paramé





**1698 - 1759**

MAUPERTUIS  
par *TOURNIERES* 1741

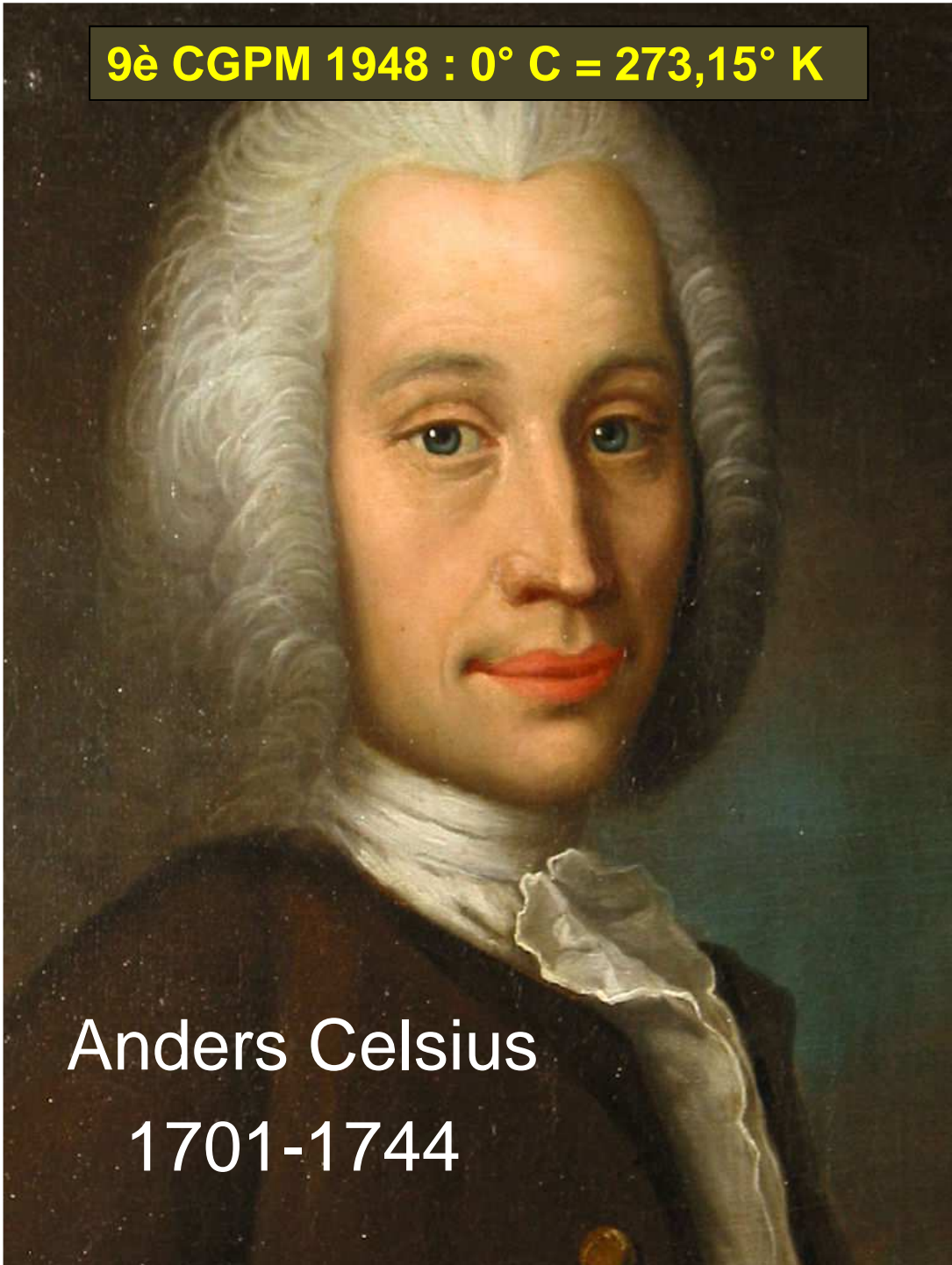
**Académie des Sciences  
à 25 ans**

Royal Society à 30 ans,  
promoteur en France des  
idées Newton

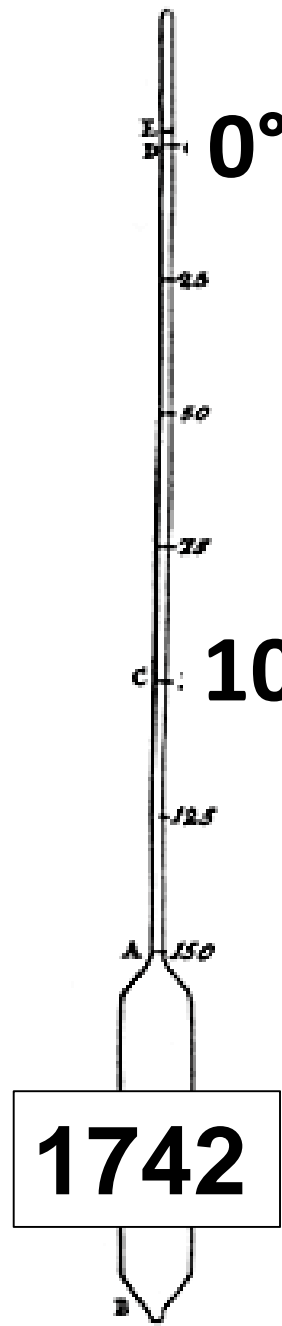
**Persuade Maurepas de  
doubler l'expédition au Pérou  
(1735 : Godin, Bouguer, La  
Condamine, J. Jussieu) par  
une expédition en mer  
Baltique, et part en juin 1736**

Il la mène magistralement,  
et démontre en 1737 que la  
Terre est aplatie aux pôles.

9<sup>e</sup> CGPM 1948 :  $0^{\circ} \text{ C} = 273,15^{\circ} \text{ K}$



Anders Celsius  
1701-1744



$100^{\circ}$   
 $0^{\circ}$   
JP Christin  
1743  
Carl von Linné  
1744

**1732 – 1736 :**

**Allemagne, Italie,  
France, Angleterre**

**1736 – 1737 :**

**avec Maupertuis  
en Laponie**

**Anders Celsius**  
**1701-1744**

**1743**

***Remarques sur la baisse  
du niveau de l'eau en mer  
Baltique et mer de l'Ouest***

***Royal Swedish Academy of Sciences***

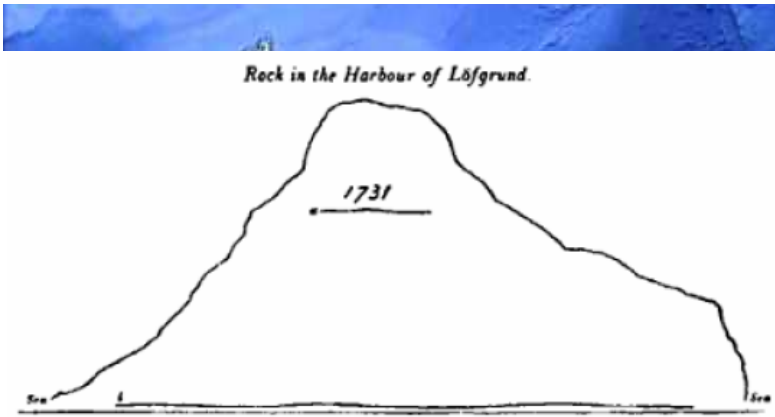


Fig. 2. Lyell's figure (1835) of Celsius' mean sea-level mark (cf. Fig. 1). Lyell found Celsius' mark to have risen three feet above mean sea-level in one hundred years.

**On the Proofs of gradual Rising of the Land in certain parts of Sweden**  
**C. Lyell, 1835, *Philosophical Trans. of the Royal Society of London***

**Martin Ekman, A concise history of postglacial land uplift research (from its beginning to 1950),**  
***TERRA NOVA*, 3, p. 358-365, 1991**

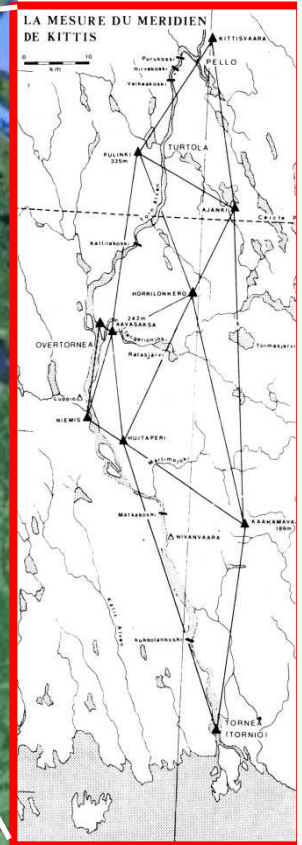
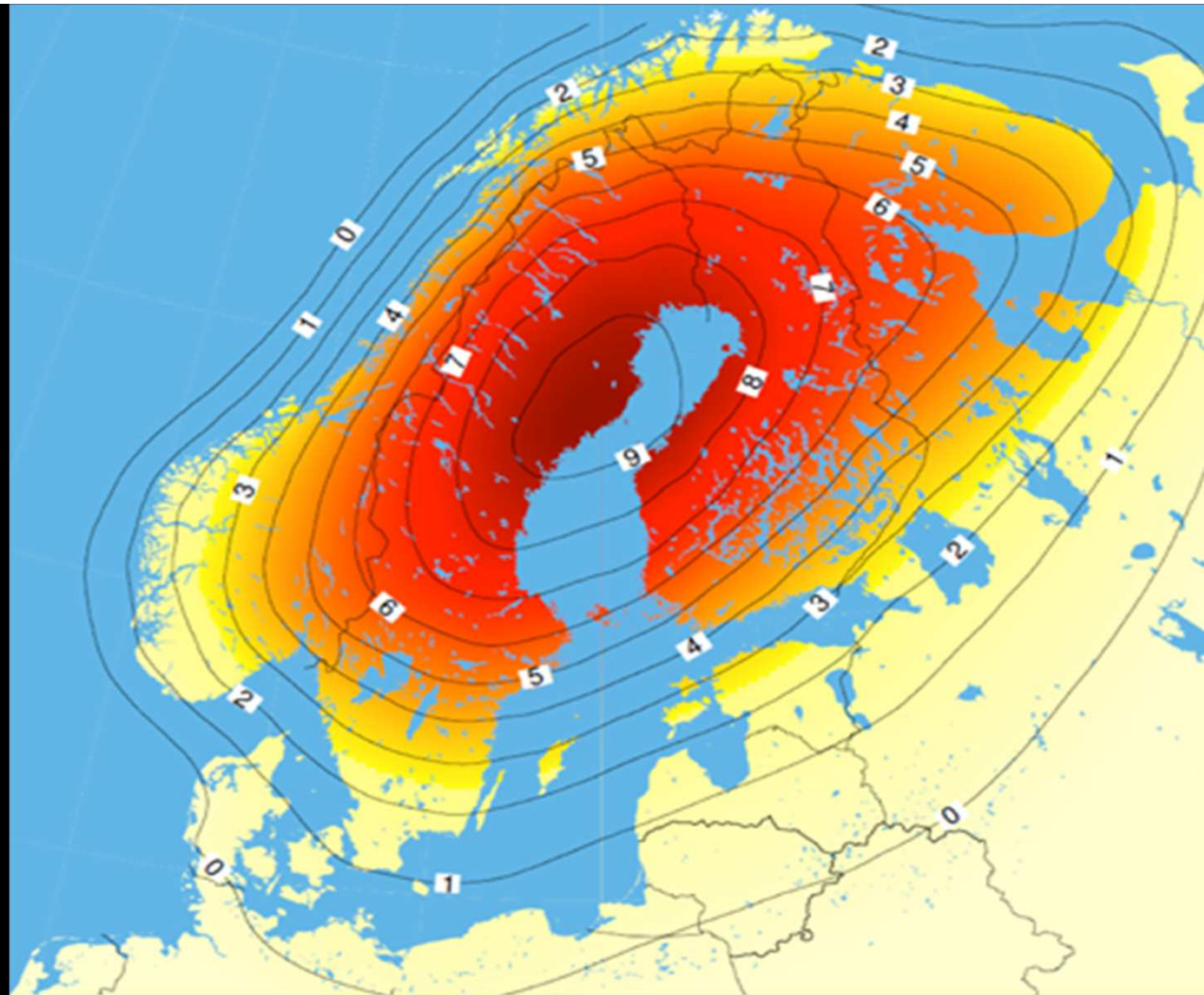


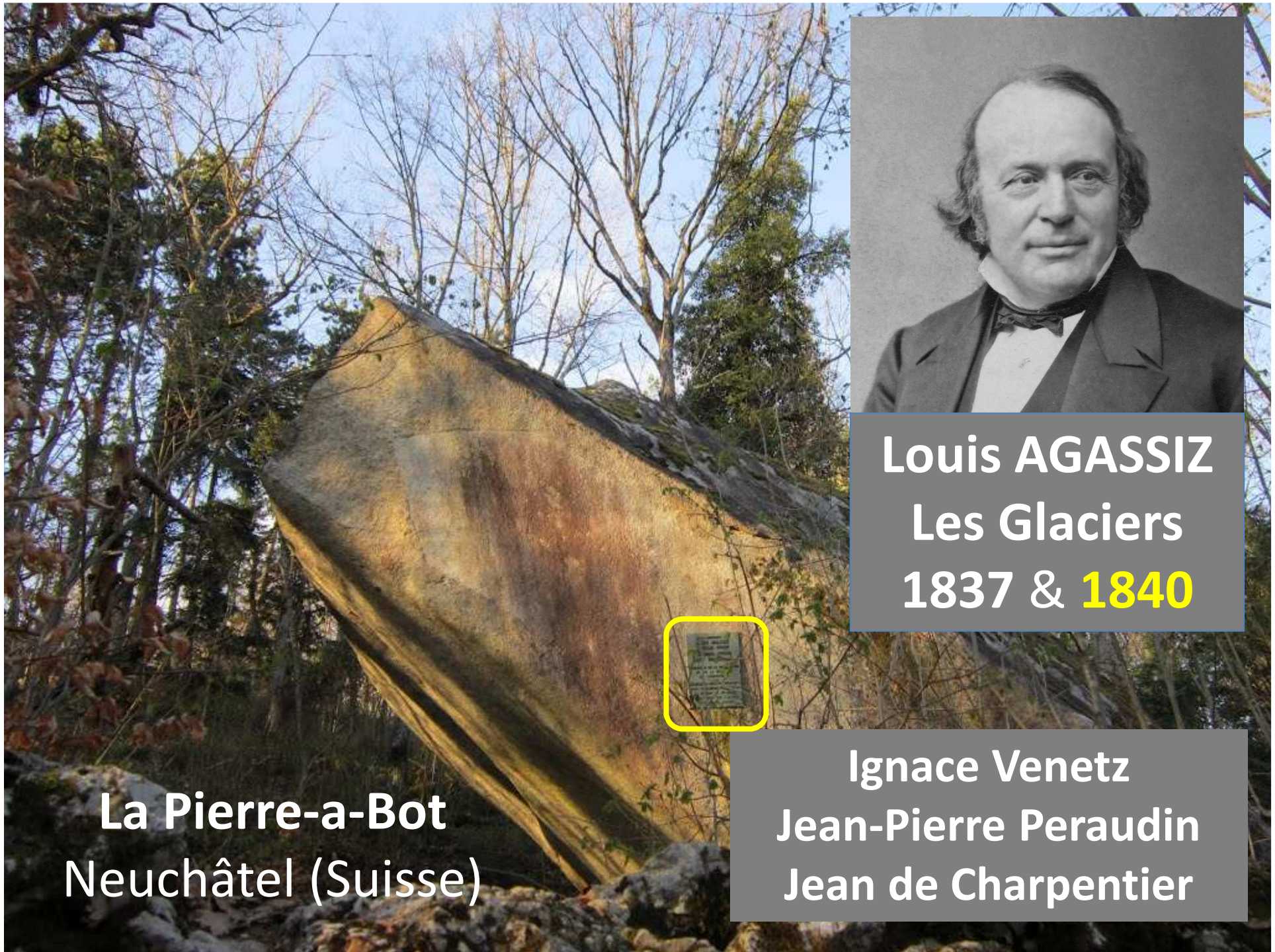
Image Landsat  
 Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO  
 Image IBCAO

Date des images satellite : 10/4/2013 57°14'48.24"N 11°16'31.23"E elev.



*Fennoscandian land uplift (mm/yr)  
relative to the centre of the Earth*

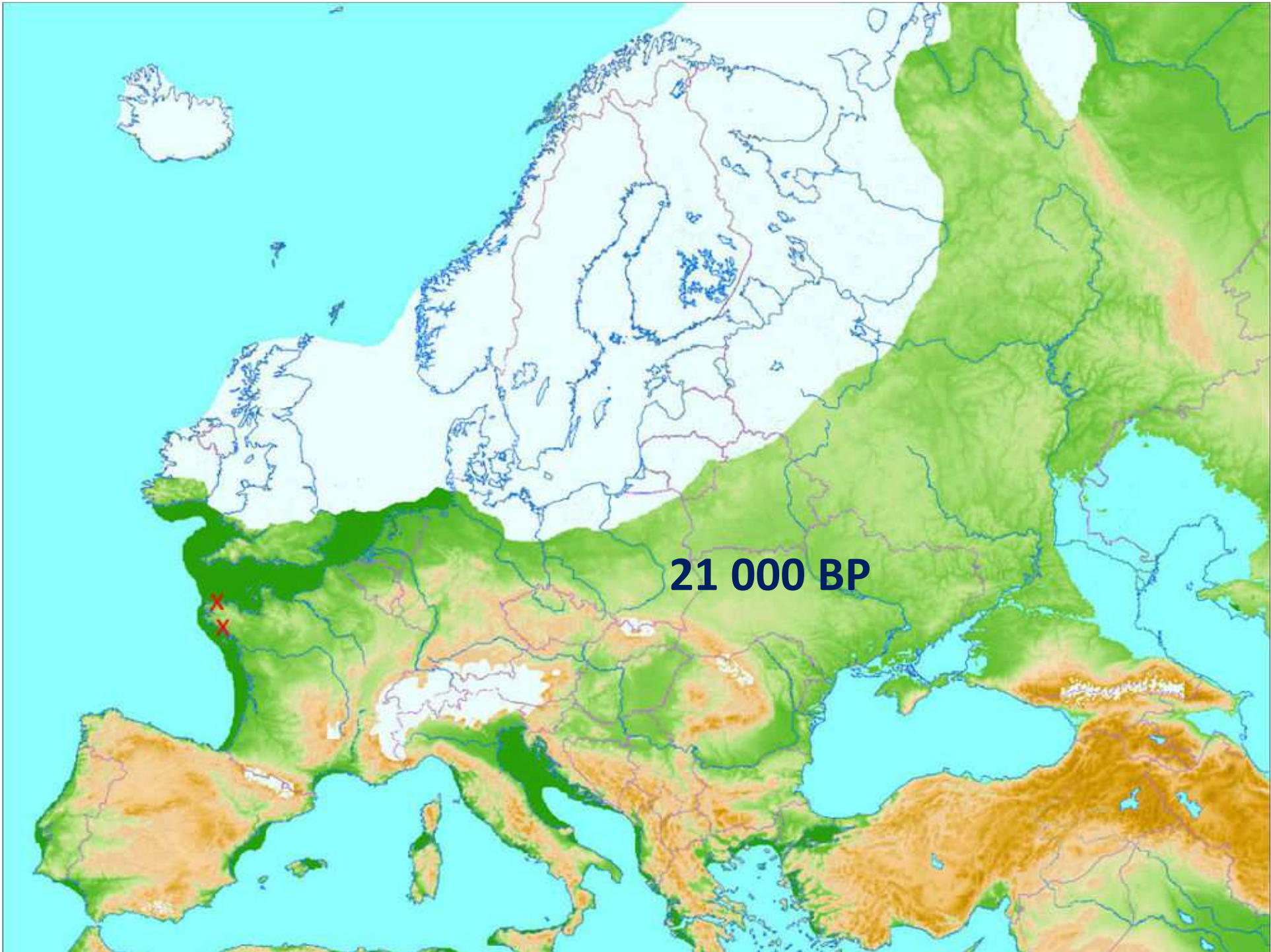
<http://www.fgi.fi/fgi/themes/land-uplift>



**Louis AGASSIZ**  
**Les Glaciers**  
**1837 & 1840**

**La Pierre-a-Bot**  
**Neuchâtel (Suisse)**

**Ignace Venetz**  
**Jean-Pierre Peraudin**  
**Jean de Charpentier**

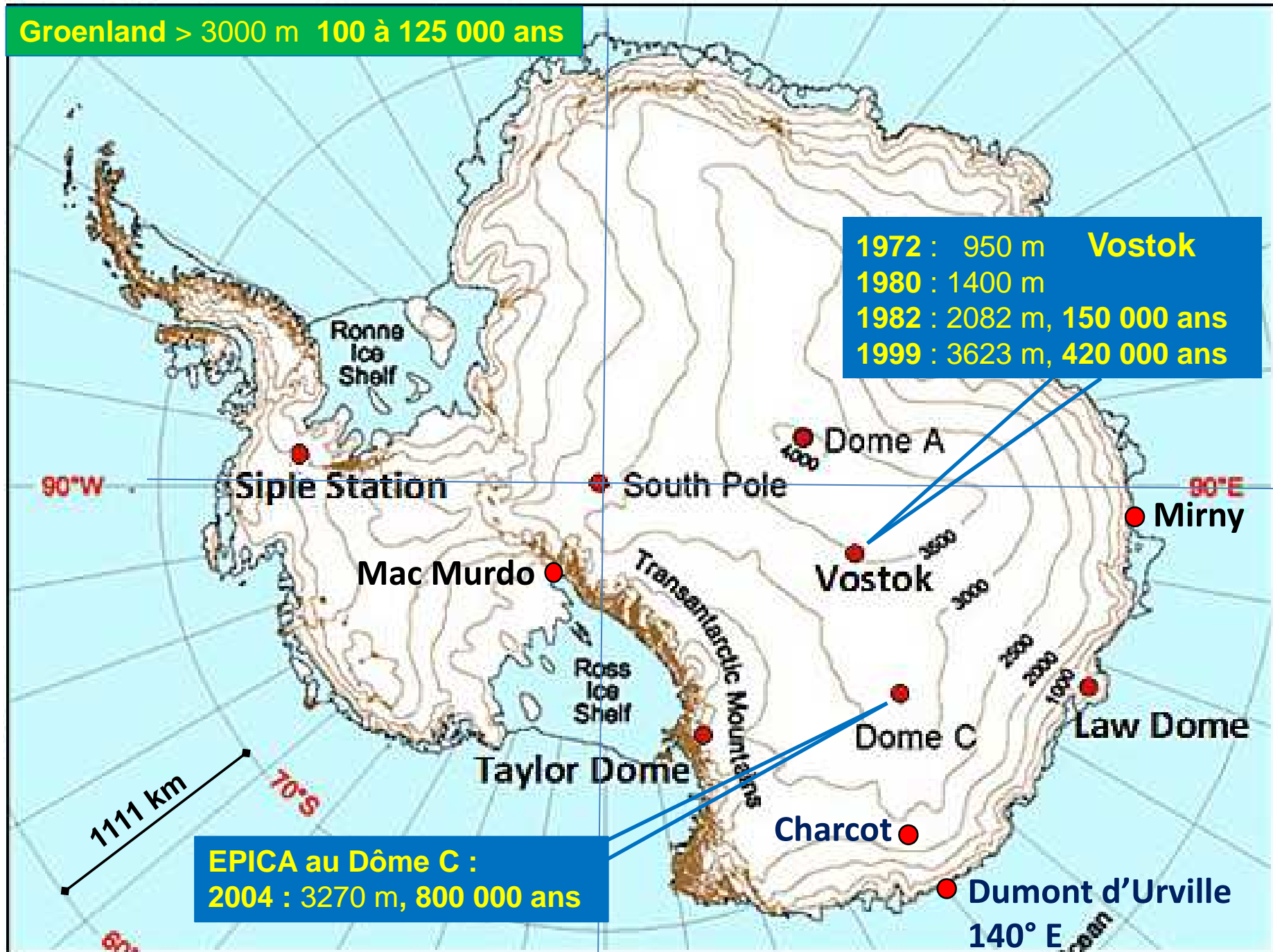




## Découverte des grandes glaciations, des calottes glaciaires, océanographie et climatologie

- 1844 : Boucher de Perthes dans la Somme : *de l'homme antédiluvien et de ses œuvres* (1860)
- 1872-73 : Sirodot au Mont Dol (silex taillés et mammoths)
- 1888 : Nansen, 1<sup>ère</sup> traversée du Groenland
- 1904 : 1<sup>er</sup> hivernage de J.B. Charcot (...1936)
- 1911 : Amundsen et Scott au Pôle Sud
- 1930 : Alfred Wegener mesure 1,8 km de glace Groenl.
- 1941 : Milankovic associe les variations des paramètres orbitaux aux glaciations
- 1956 : station Charcot à 320 km de Dumont d'Urville  
(en *Terre Adélie*, découverte en 1840)

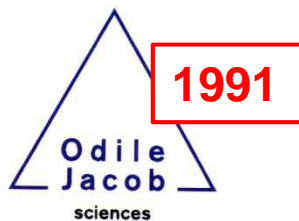
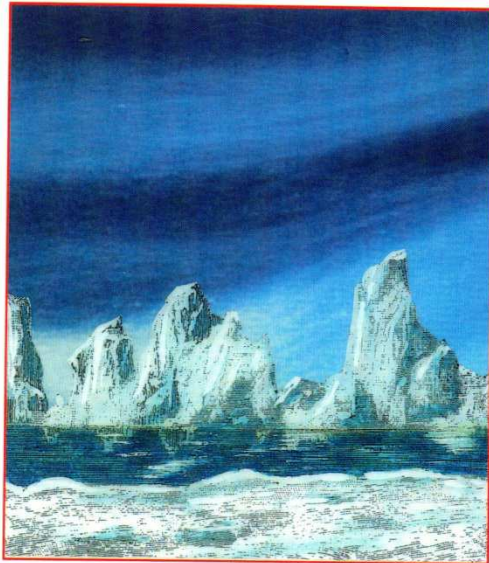
Groenland > 3000 m 100 à 125 000 ans



CLAUDE LORIUS

# GLACES DE L'ANTARCTIQUE

UNE MÉMOIRE, DES PASSIONS



- 84 ans** (né le 27.02.1932)
- 1956-57 : station Charcot
- 22 campagnes polaires**
- 1964** : intuition de d'air piégé  
= atmosphère fossile,  
analysée avec **J. JOUZEL** et al.
- 1979** : analyse 30 000 ans
- 1985** : Vostok 150 000 ans
- 1997** : Vostok 420 000 ans
- 2004** : EPICA 800 000 ans
- 2015** : film Luc Jacquet



***Glomar Challenger* (DSDP)**  
**Deep Sea Drilling Project 1968-1983**

a foré 325 km, carotté 97 km  
en 624 sites, et 96 campagnes



+ *Chikyu (Jap.)*



***JOIDES Resolution* (ODP)**  
**Ocean Drilling Program (ODP) : 1985-2003**



**Integrated Ocean Drilling Project (IODP) : 2003-2013**  
**International Ocean Discovery Program : après 2013**

# Les recherches modernes :

- **1957** : premiers satellites artificiels / année géophysique
- **1968** : première vue de la Terre de loin par des hommes, naissance de la tectonique des plaques, 1<sup>er</sup> forage océanique par le *Glomar Challenger*
- **1982** : Vostok atteint 2082 m profondeur 150 000 ans
- **1999** : " profondeur 3623 m, jusqu'à 420 000 ans
- **2004** : EPICA au Dome C à 3270 m prof. 800 000 ans !

La recherche océanographique et paléo-climatologique est mondialisée

# Météorologie et Climatologie

- **1873** : *Organisation Météorologique Internationale*
- **1950-51**: *Organisation Météorologique Mondiale*, qui devient une institution spécialisée des Nations Unies
- **1979** : première Conférence mondiale sur le climat
- **1988** : création du *Groupe d'experts intergouvernemental OMM et PNUÉ sur l'évolution du climat (GIEC / IPCC)*  
=> Rapports d'évaluation : **1990, 1995, 2001, 2007, 2013-14**
- **2007** : le GIEC reçoit le prix Nobel de la paix
- **2015** : COP21 à Paris.

# Les outils de la paléoclimatologie

Dendrochronologie (cernes des arbres), tourbières, stalactites, lichenométrie, palynologie (pollens), varves lacustres, coraux

**Foraminifères** (tests fossiles en fonds marins), avec le **thermomètre isotopique** => *MIS : Marine Isotope Stage* signature des variations de température de l'Océan, et des quantités de glace piégée en inlandsis (calottes glaciaires)

**Datations radiométriques :**  $^{14}\text{C}$  (40 000 ans),  
U/Th (300 à 500 kyr), K/Ar (0,5 à plusieurs MA)

Le thermomètre isotopique :

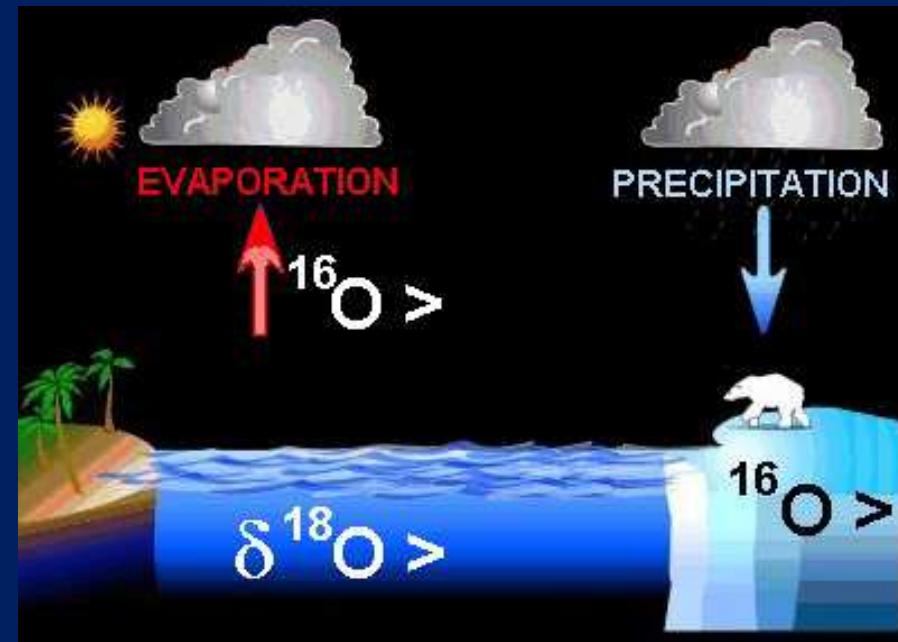
$\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2^{16}\text{O}$  "normale"

isotopes : Deutérium  $\text{D} = {}^2\text{H}$  et  ${}^{18}\text{O}$

D'où aussi  $\text{HDO}$  (eau semi-lourde) et  $\text{H}_2^{18}\text{O}$

distingués avec le spectromètre de masse

Eau lourde  $\text{D}_2\text{O}$  : beaucoup moins abondante



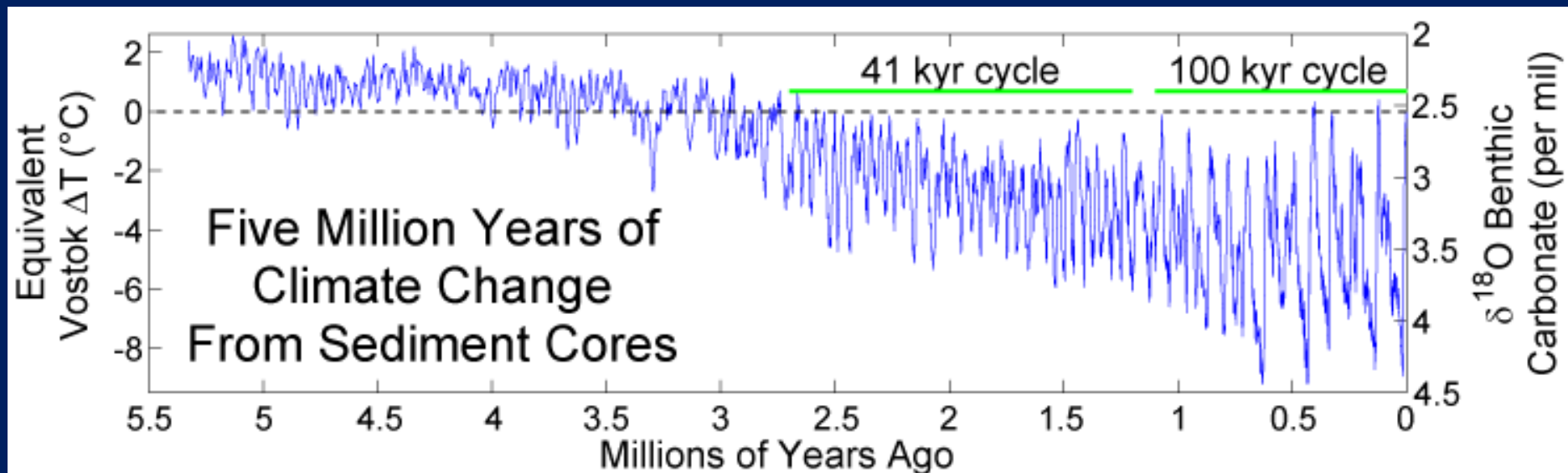


$\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2^{16}\text{O}$  "normale"

isotopes : Deutérium  $\text{D} = {}^2\text{H}$  et  ${}^{18}\text{O}$

D'où aussi  $\text{HDO}$  et  $\text{H}_2^{18}\text{O}$

distingués avec le spectromètre de masse



By Dragons flight (Robert A. Rohde) [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC-BY-SA-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], via Wikimedia Commons



ice sheets: sea-level pacemaker  
*inlandsis*    *calottes glaciaires*

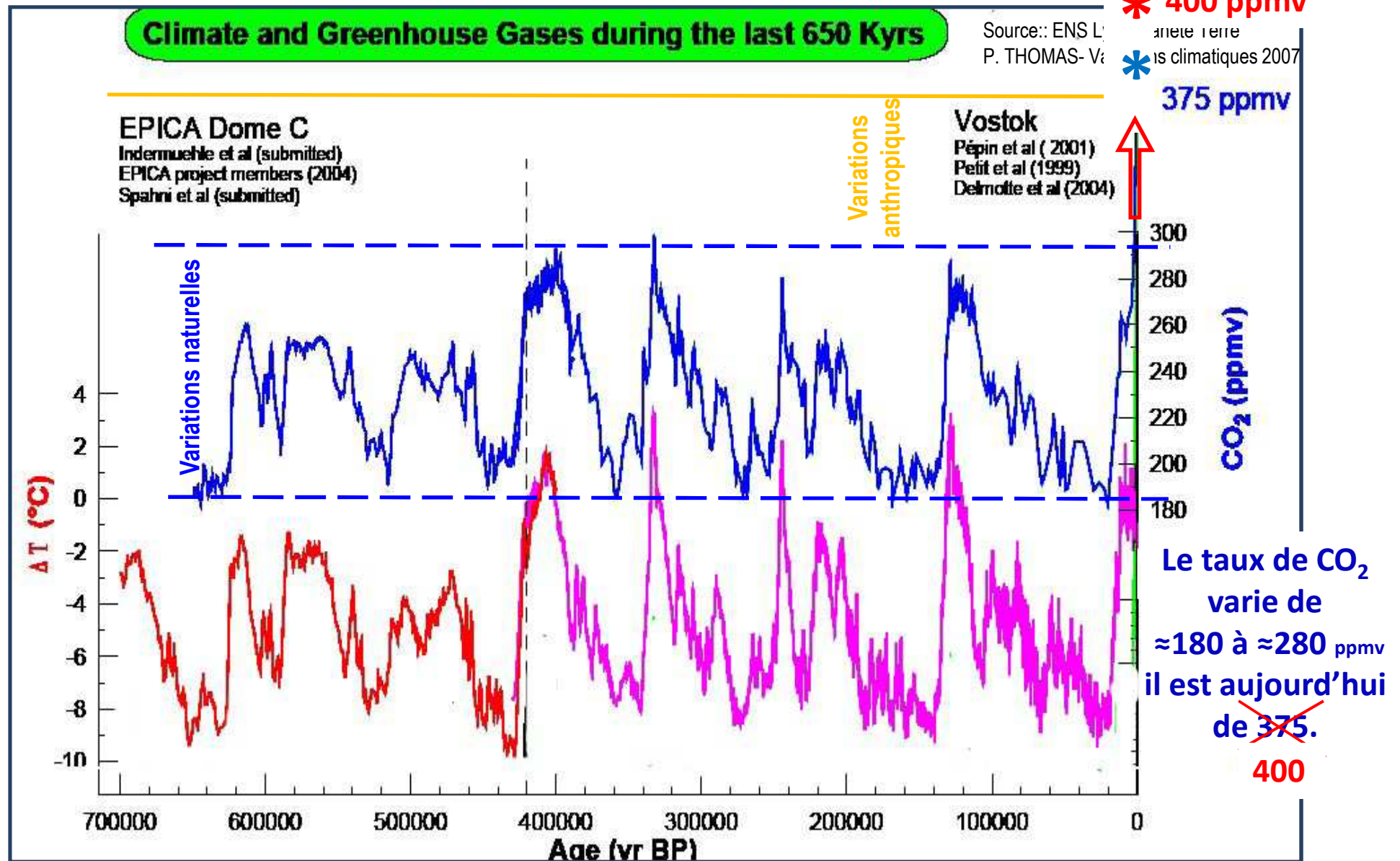
Gaël Durand, Fév 2016



UNIVERSITÉ DE  
GRENOBLE

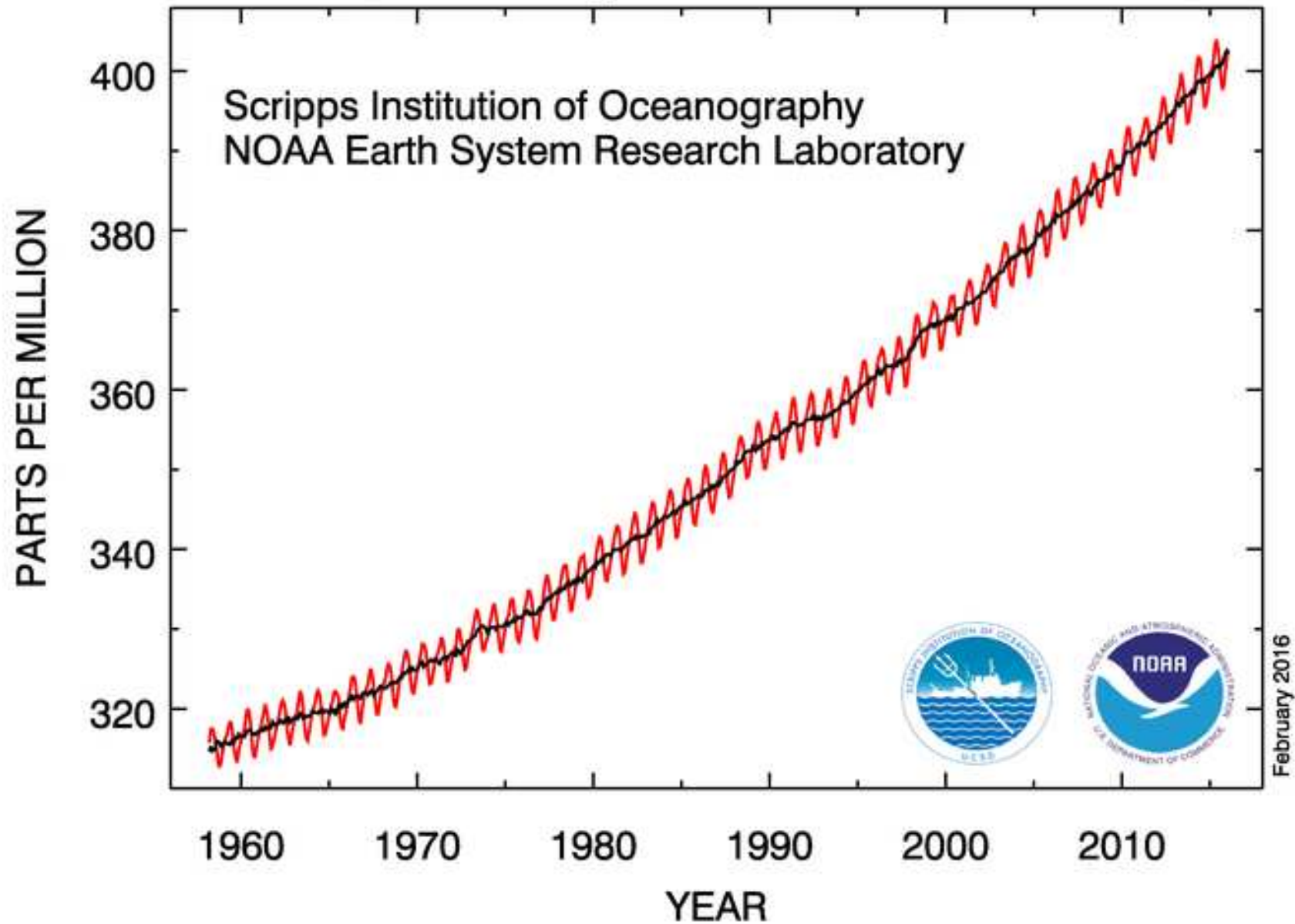


# Les glaciations du Quaternaire, le basculement du climat



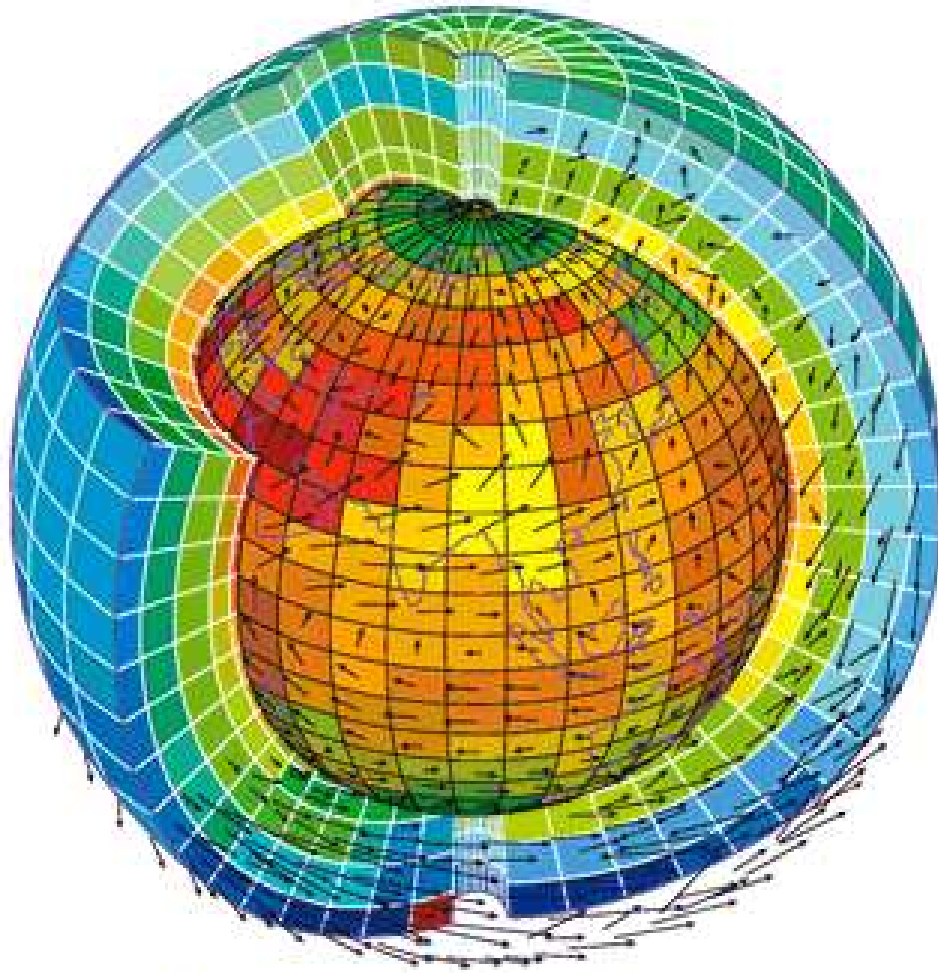
La température antarctique varie de +2 à -10°C par rapport à la temp. actuelle (-40°C).

# Atmospheric CO<sub>2</sub> at Mauna Loa Observatory



## La modélisation numérique :

calée sur les observations acquises dans le passé, sur diverses échelles de temps, elle permet de simuler le futur.



Maillage tridimensionnel d'un modèle climatique. Les couleurs représentent la température et les flèches le vent.  
© Vincent Landrin, d'après Laurent Fairhead/LMD/CNRS.

GILLES RAMSTEIN

# VOYAGE À TRAVERS LES CLIMATS DE LA TERRE



préface de  
MICHEL BRUNET

Jun 2015

Odile  
Jacob  
sciences

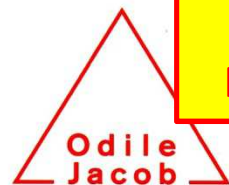
COLLÈGE DE FRANCE

# L'Homme face au climat

sous la direction de  
Édouard Bard

Contributions de Ofer Bar-Yosef, André Berger, Anny Cazenave, Mireille Delmas-Marty, Jean-Pierre Dupuy, Aryan F.V. van Engelen, Francesco d'Errico, Roger Guesnerie, Jean-Marc Jancovici, Jean Jouzel, Yvon Le Maho, Emmanuel Le Roy Ladurie, Joël Ménéard, Dominique Michelet, Nathalie de Noblet-Ducoudré, Dominique Raynaud, Bernard Saugier, Gavin A. Schmidt, Bernard Seguin, Alain-Jacques Valleron.

Colloque 2004  
édité en  
Février 2006



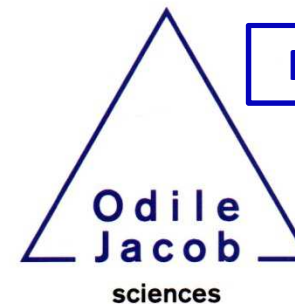
LAURENT LABEYRIE

# SUBMERSION

COMMENT GÉRER LA MONTÉE  
DU NIVEAU DES MERS



Mars 2015



QUAI DES SCIENCES

JEAN JOUZEL  
ANNE DEBROISE

# LE DÉFI CLIMATIQUE

OBJECTIF : 2 °C !

Sept. 2014

DUNOD

Jean Jouzel  
Olivier Nouaillas

# Quel climat pour demain?

**15** QUESTIONS  
RÉPONSES  
POUR NE PAS FINIR  
SOUS L'EAU

Oct. 2015

DUNOD

**giec**

GRUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT

# CHANGEMENTS CLIMATIQUES 2013

*Les éléments scientifiques*

Résumé à l'intention des décideurs

**27 pages,  
par une équipe de  
rédaction principale  
de 34 personnes  
+ 38 contributeurs**

CONTRIBUTION DU GROUPE DE TRAVAIL I  
AU CINQUIÈME RAPPORT D'ÉVALUATION  
DU GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL  
SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT





## Information from Paleoclimate Archives

**71 pages (dont 29 de références)  
84 auteurs, coordinateurs, relecteurs**

### Coordinating Lead Authors:

Valérie Masson-Delmotte (France), Michael Schulz (Germany)

### Lead Authors:

Ayako Abe-Ouchi (Japan), Jürg Beer (Switzerland), Andrey Ganopolski (Germany), Jesus Fidel González Rouco (Spain), Eystein Jansen (Norway), Kurt Lambeck (Australia), Jürg Luterbacher (Germany), Tim Naish (New Zealand), Timothy Osborn (UK), Bette Otto-Bliesner (USA), Terrence Quinn (USA), Rengaswamy Ramesh (India), Maisa Rojas (Chile), XueMei Shao (China), Axel Timmermann (USA)

### Contributing Authors:

Kevin Anchukaitis (USA), Julie Arblaster (Australia), Patrick J. Bartlein (USA), Gerardo Benito (Spain), Peter Clark (USA), Josefino C. Comiso (USA), Thomas Crowley (UK), Patrick De Deckker (Australia), Anne de Vernal (Canada), Barbara Delmonte (Italy), Pedro DiNezio (USA), Trond Dokken (Norway), Harry J. Dowsett (USA), R. Lawrence Edwards (USA), Hubertus Fischer (Switzerland), Dominik Fleitmann (UK), Gavin Foster (UK), Claus Fröhlich (Switzerland), Aline Govin (Germany), Alex Hall (USA), Julia Hargreaves (Japan), Alan Haywood (UK), Chris Hollis (New Zealand), Ben Horton (USA), Masa Kageyama (France), Reto Knutti (Switzerland), Robert Kopp (USA), Gerhard Krinner (France), Amaelle Landais (France), Camille Li (Norway/Canada), Dan Lunt (UK), Natalie Mahowald (USA), Shayne McGregor (Australia), Gerald Meehl (USA), Jerry X. Mitrovica (USA/Canada), Anders Moberg (Sweden), Manfred Mudelsee (Germany), Daniel R. Muhs (USA), Stefan Mulitza (Germany), Stefanie Müller (Germany), James Overland (USA), Frédéric Parrenin (France), Paul Pearson (UK), Alan Robock (USA), Eelco Rohling (Australia), Ulrich Salzmann (UK), Joel Savarino (France), Jan Sedláček (Switzerland), Jeremy Shakun (USA), Drew Shindell (USA), Jason Smerdon (USA), Olga Solomina (Russian Federation), Pavel Tarasov (Germany), Bo Vinther (Denmark), Claire Waelbroeck (France), Dieter Wolf-Gladrow (Germany), Yusuke Yokoyama (Japan), Masakazu Yoshimori (Japan), James Zachos (USA), Dan Zwartz (New Zealand)

### Review Editors:

Anil K. Gupta (India), Fatemeh Rahimzadeh (Iran), Dominique Raynaud (France), Heinz Wanner (Switzerland)

### This chapter should be cited as:

Masson-Delmotte, V., M. Schulz, A. Abe-Ouchi, J. Beer, A. Ganopolski, J.F. González Rouco, E. Jansen, K. Lambeck, J. Luterbacher, T. Naish, T. Osborn, B. Otto-Bliesner, T. Quinn, R. Ramesh, M. Rojas, X. Shao and A. Timmermann, 2013: Information from Paleoclimate Archives. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

## Sea Level Change

**80 pages (dont 18 de références)  
75 auteurs, coordinateurs, relecteurs**

### Coordinating Lead Authors:

John A. Church (Australia), Peter U. Clark (USA)

### Lead Authors:

Anny Cazenave (France), Jonathan M. Gregory (UK), Svetlana Jevrejeva (UK), Anders Levermann (Germany), Mark A. Merrifield (USA), Glenn A. Milne (Canada), R. Steven Nerem (USA), Patrick D. Nunn (Australia), Antony J. Payne (UK), W. Tad Pfeffer (USA), Detlef Stammer (Germany), Alakkat S. Unnikrishnan (India)

### Contributing Authors:

David Bahr (USA), Jason E. Box (Denmark/USA), David H. Bromwich (USA), Mark Carson (Germany), William Collins (UK), Xavier Fettweis (Belgium), Piers Forster (UK), Alex Gardner (USA), W. Roland Gehrels (UK), Rianne Giesen (Netherlands), Peter J. Gleckler (USA), Peter Good (UK), Rune Grand Graversen (Sweden), Ralf Greve (Japan), Stephen Griffies (USA), Edward Hanna (UK), Mark Hemer (Australia), Regine Hock (USA), Simon J. Holgate (UK), John Hunter (Australia), Philippe Huybrechts (Belgium), Gregory Johnson (USA), Ian Joughin (USA), Georg Kaser (Austria), Caroline Katsman (Netherlands), Leonard Konikow (USA), Gerhard Krinner (France), Anne Le Brocq (UK), Jan Lenaerts (Netherlands), Stefan Ligtenberg (Netherlands), Christopher M. Little (USA), Ben Marzeion (Austria), Kathleen L. McInnes (Australia), Sebastian H. Mernild (USA), Didier Monselesan (Australia), Ruth Mottram (Denmark), Tavi Murray (UK), Gunnar Myhre (Norway), J.P. Nicholas (USA), Faezeh Nick (Norway), Mahé Perrette (Germany), David Pollard (USA), Valentina Radić (Canada), Jamie Rae (UK), Markku Rummukainen (Sweden), Christian Schoof (Canada), Aimée Slangen (Australia/Netherlands), Jan H. van Angelen (Netherlands), Willem Jan van de Berg (Netherlands), Michiel van den Broeke (Netherlands), Miren Vizcaíno (Netherlands), Yoshihide Wada (Netherlands), Neil J. White (Australia), Ricarda Winkelmann (Germany), Jianjun Yin (USA), Masakazu Yoshimori (Japan), Kirsten Zickfeld (Canada)

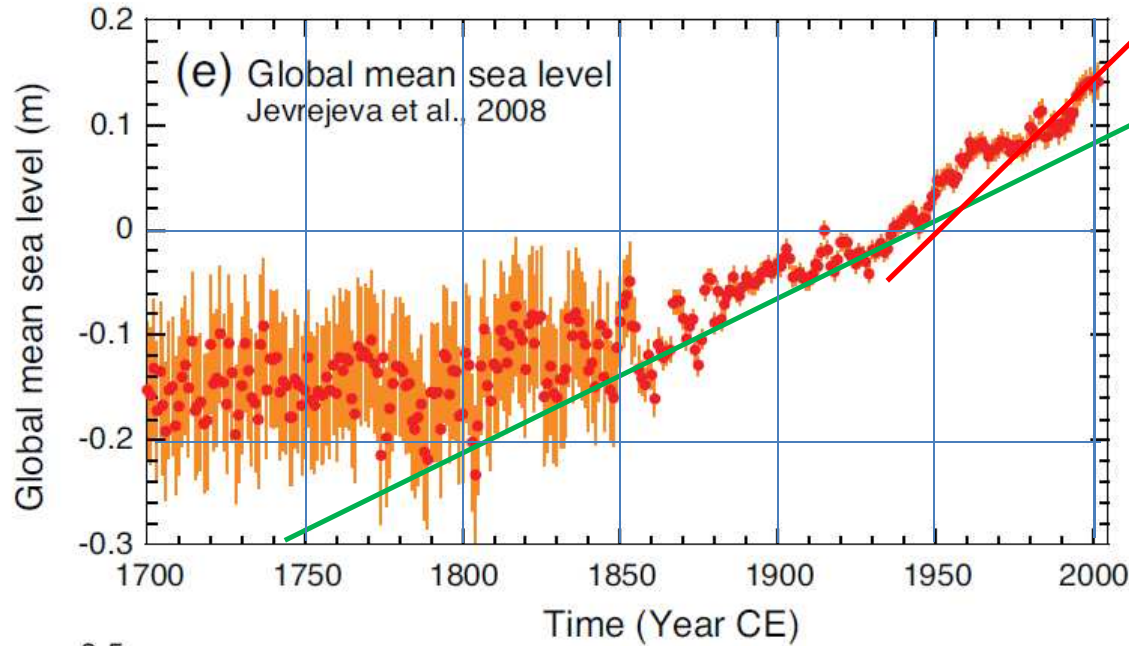
### Review Editors:

Jean Jouzel (France), Roderik van de Wal (Netherlands), Philip L. Woodworth (UK), Cunde Xiao (China)

### This chapter should be cited as:

Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan, 2013: Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

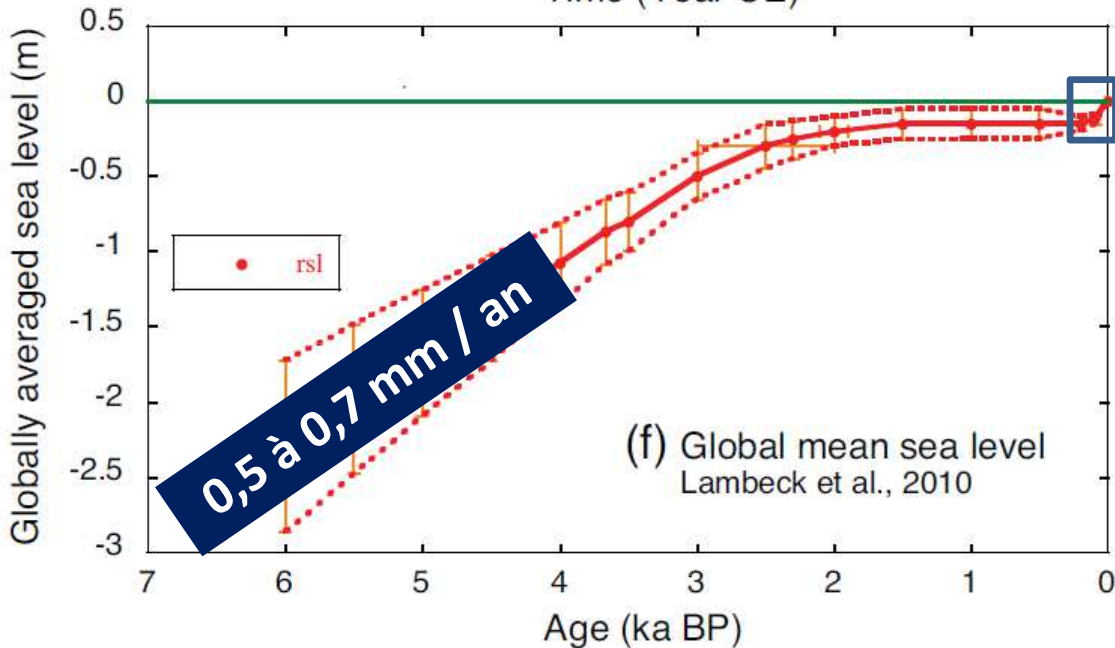
Global mean sea level  
corrected for isostatic and tectonic contributions



**0,3 m / 100 ans  
= 3 mm / an**

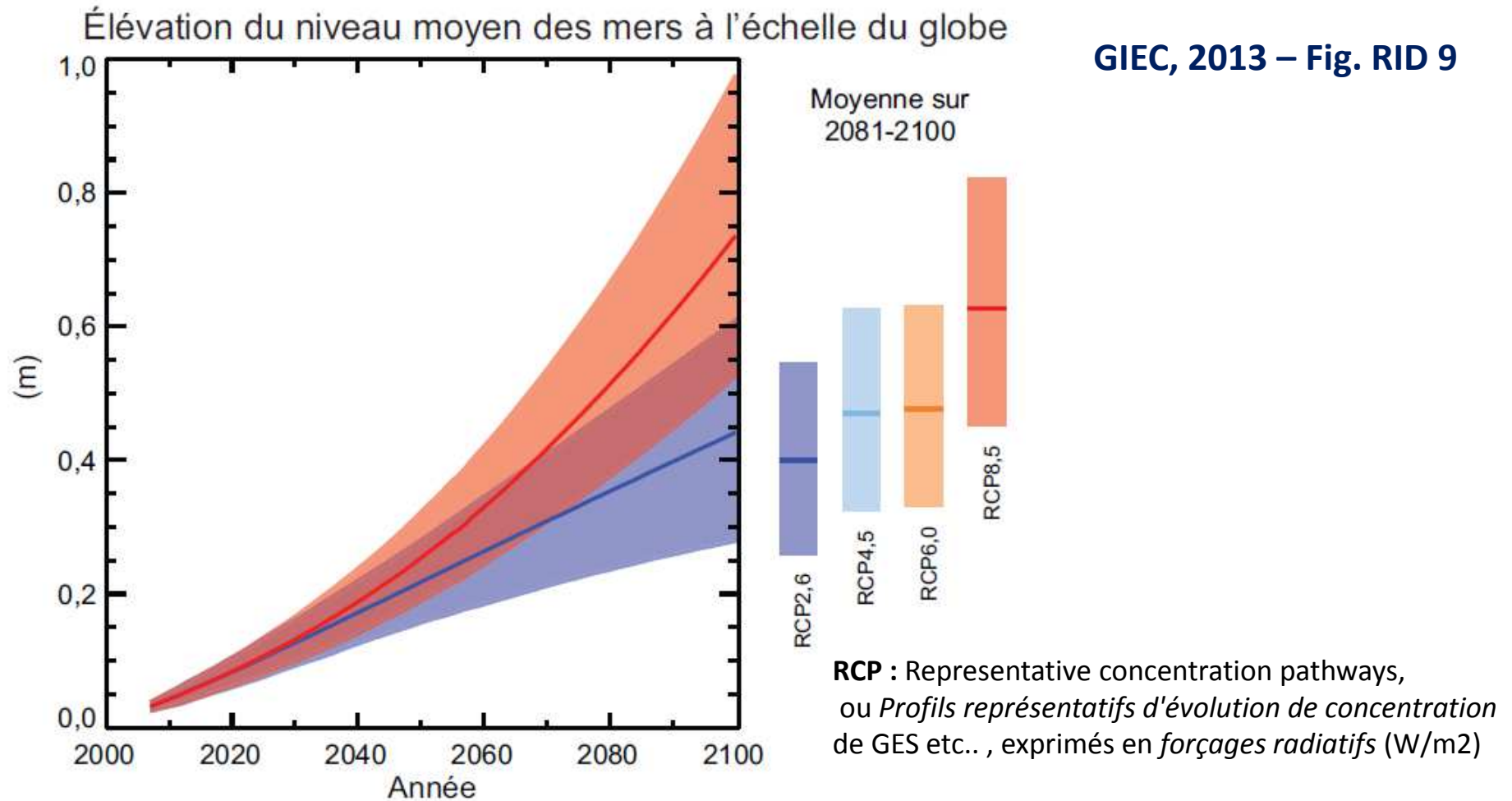
**0,3 m / 200 ans  
= 1,5 mm / an**

**Dont (très approx.) :**  
 40% dilatation thermique  
 25% glaciers continentaux  
 10% Groenland  
 10% Antarctique (?)  
 5% Eaux continentales

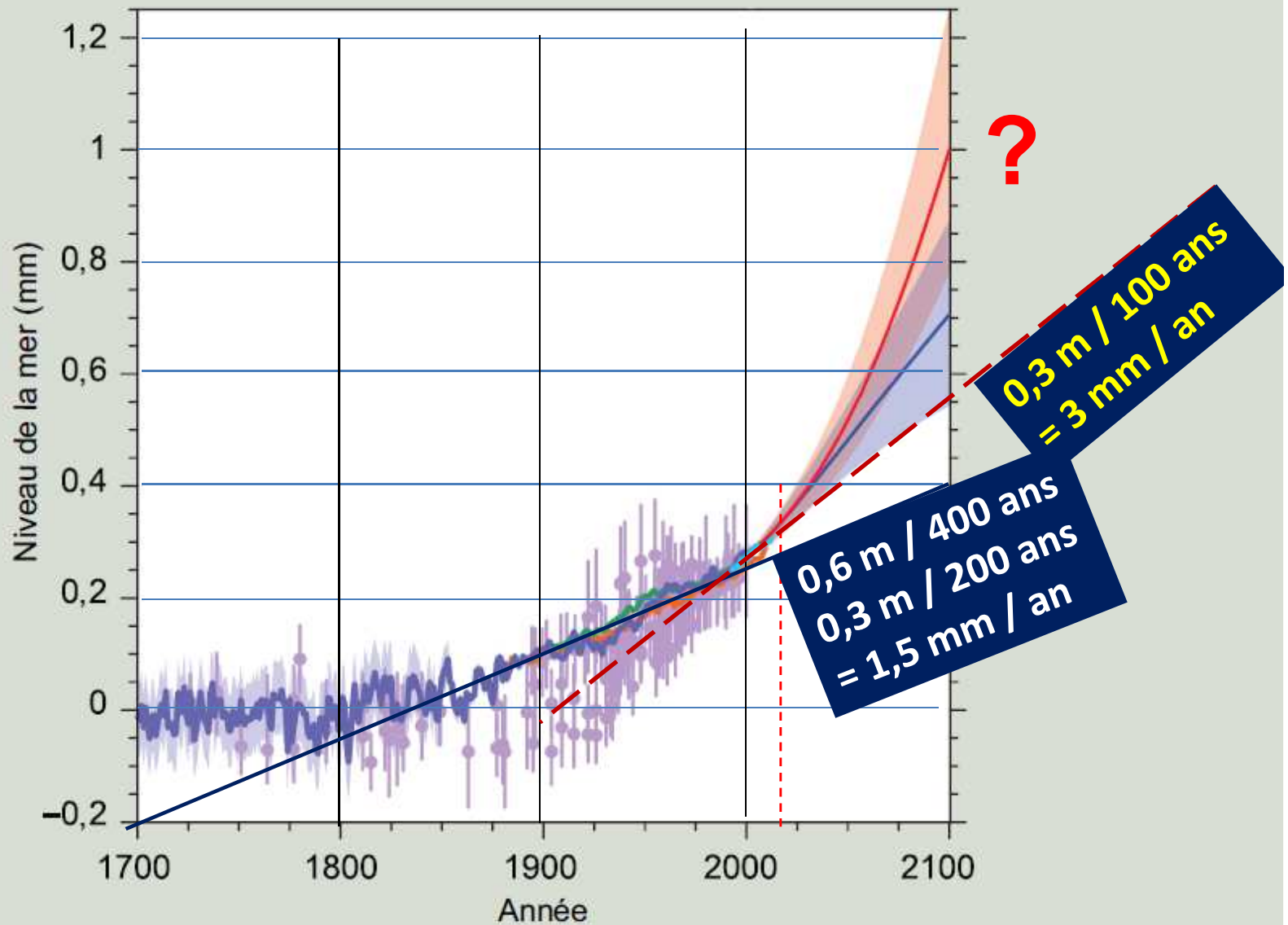


**Plus de 90% de l'énergie  
envoyée dans le système  
est stockée dans l'Océan**

**Extraits Fig. 5.17  
WG1-AR5 - 2013**



Le niveau moyen des mers continuera à s'élever au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. La vitesse d'élévation du niveau des mers dépassera *très probablement* la vitesse observée sur la période 1971–2010 pour tous les scénarios RCP, en raison du réchauffement accru des océans et de l'augmentation de la perte de masse des glaciers et des calottes glaciaires.



AT.2 - Figure 2 | Compilation des données antéhistoriques du niveau de la mer (en violet), des données obtenues par marégraphe (en bleu, rouge et vert), des données altimétriques (en bleu ciel) et des estimations médianes et des plages probables de projections de l'élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe du niveau de la mer du CMIP5 et des modèles fondés sur des processus pour les RCP2,6 (en bleu) et RCP8,5 (rouge), tous relatifs aux valeurs préindustrielles. [Figures 13.3, 13.11, 13.27]

1687 **Newton**, la gravitation universelle  
*Gravito-sceptiques pdt 50 ans => 1737*

1737-40 **Agassiz**, les glaciers  
*Glacio-sceptiques pdt 15-20 ans*

1912 **Wegener**, la dérive des continents  
*Dérivo-sceptiques pdt + de 50 ans*  
**=> Tectonique des plaques, 1968**

1979 **Première conférence mondiale sur le climat**  
*Climato-sceptiques pdt + de 30 ans*

1988 GIEC (rapports 90, 95, 01, 07, 13-14), **COP21: 2015**

**Le changement climatique est un défi majeur du XXIème siècle.** Ses causes sont profondément ancrées dans la façon dont nous **générons et utilisons l'énergie, produisons nos aliments, aménageons les territoires et consommons plus que nécessaire.** Ses effets sont susceptibles d'affecter toutes les régions de la Terre, tous les écosystèmes et de nombreux aspects des activités humaines. Les solutions exigent un engagement audacieux envers notre avenir commun. ... Nous, représentants de la communauté scientifique, sommes tout à fait déterminés à analyser tous les aspects du problème, à aligner le programme des recherches sur les possibilités de solution, à informer le public et à soutenir le processus politique.\*

### **Les Messagers du climat**

\* extrait de la déclaration finale de la conférence scientifique internationale « ***Our common future under Climate Change*** » à Paris en juillet 2015

***Merci de votre attention***

***Questions ?***

**bernard.goguel@gmail.com**