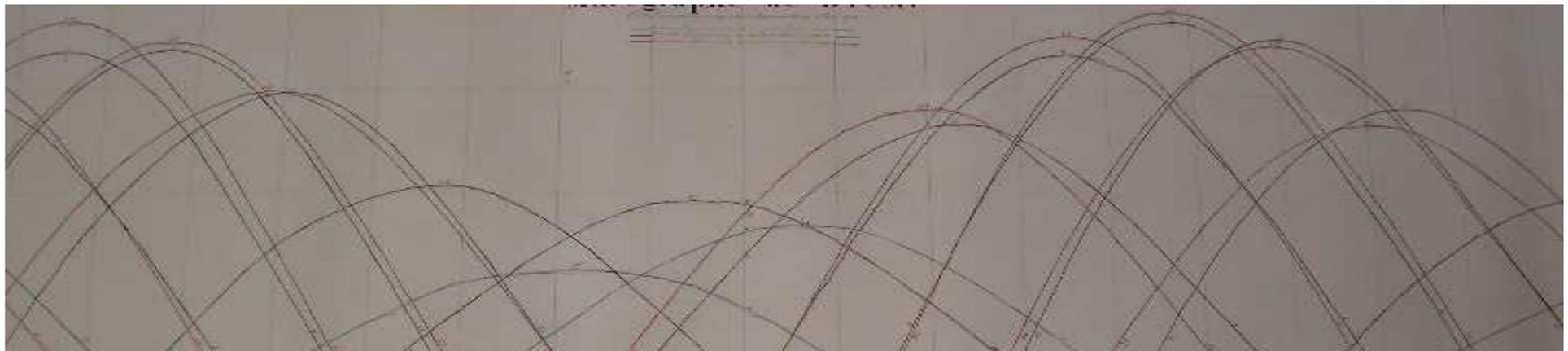


Apport des séries d'observation historiques du niveau de la mer pour la gestion du littoral



Le SHOM a pour mission de connaître et de décrire l'environnement physique marin dans ses relations avec l'atmosphère, avec les fonds marins et les zones littorales, d'en prévoir l'évolution et d'assurer la diffusion des informations correspondantes.

(Code de la défense, Art. R3416-3)

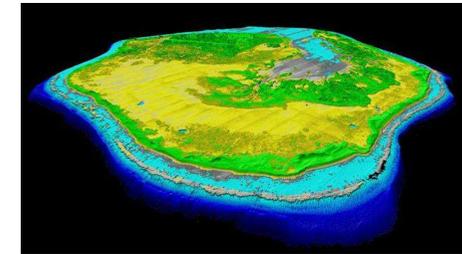
⚓ Une fonction socle :

Constitution des bases de données de référence

⚓ Trois activités primordiales, opérationnelles, orientées par leurs finalités directes

- ⚓ Service hydrographique national
- ⚓ Soutien de la défense
- ⚓ Soutien aux politiques publiques maritimes et du littoral

- ⚓ Protection du milieu
- ⚓ Prévention des risques littoraux et gestion du trait de côte.
- ⚓ Développement économique
- ⚓ Planification maritime spéciale
- ⚓ Dont référent national pour le **niveau de la mer**



Le portail **data.shom.fr** permet **d'accéder aux données de référence** du SHOM, décrivant l'environnement physique maritime, côtier et océanique. Cette plate-forme de services en ligne est **conforme aux exigences INSPIRE.**

L'observation du niveau de la mer et ses applications

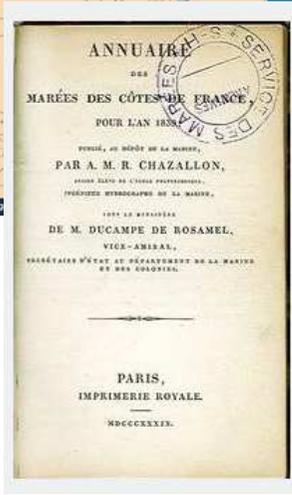
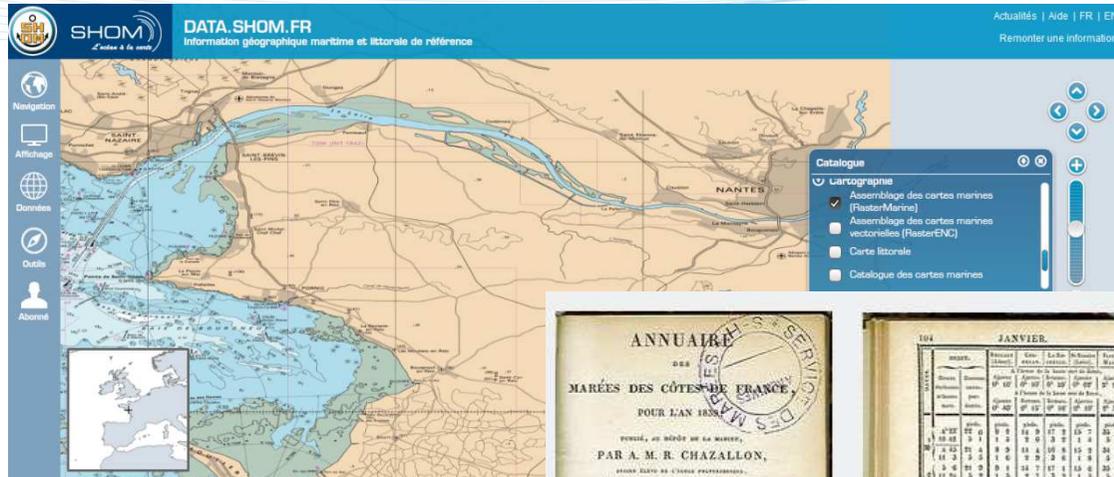
L'OBSERVATION DU NIVEAU DE LA MER SUR LE LITTORAL NORMAND ET PICARD

- Quatre marégraphes RONIM du SHOM :
 - Dieppe, Le Havre, Cherbourg et Diélette
- Le réseau de marégraphes du GPM du Havre
- Le réseau de marégraphes du GPM de Rouen
- Les SPC ?
- Autre ?

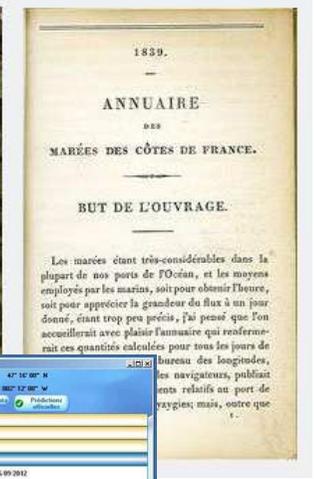


L'observation du niveau de la mer et ses applications

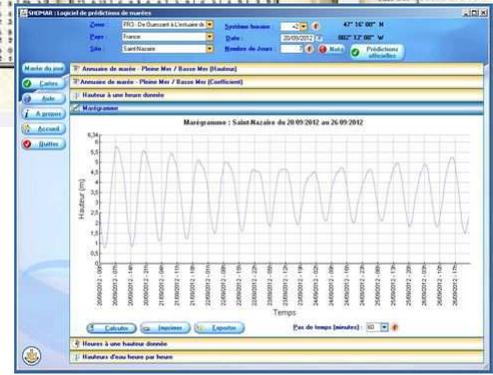
USAGE HISTORIQUE : L'HYDROGRAPHIE



104 JANVIER												105 JANVIER											
HEURES	MOYEN	HAUT	BAIS	HEURES	MOYEN	HAUT	BAIS	HAUT	BAIS	HAUT	BAIS												
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				

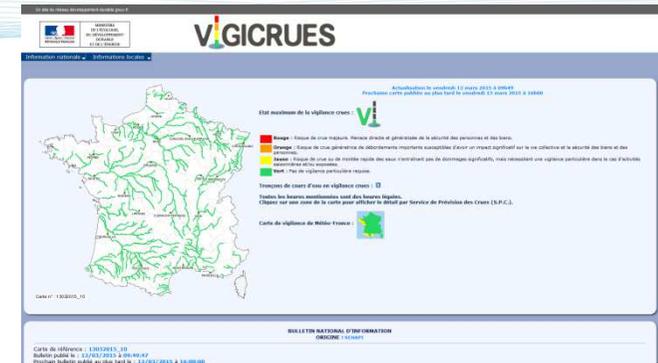


plus que jamais d'actualité



L'observation du niveau de la mer et ses applications

USAGE OPÉRATIONNEL



Vigilance météorologique
La carte est actualisée au moins 2 fois par jour, à 6h et 16h.

- Une vigilance absolue s'impose des phénomènes dangereux d'intensité exceptionnelle sont prévus...
- Soyez très vigilant, des phénomènes dangereux sont prévus...
- Soyez attentif si vous pratiquez des activités sensibles au risque météorologique...
- Pas de vigilance particulière.

Consultez le bulletin national
En journée de lundi aux hautes mers, risque de submersions et fortes vagues de Coentec à la Bretagne aux côtes atlantiques et niveaux d'eau très élevés dans les estuaires de la Gironde, la Loire et le Médoc.

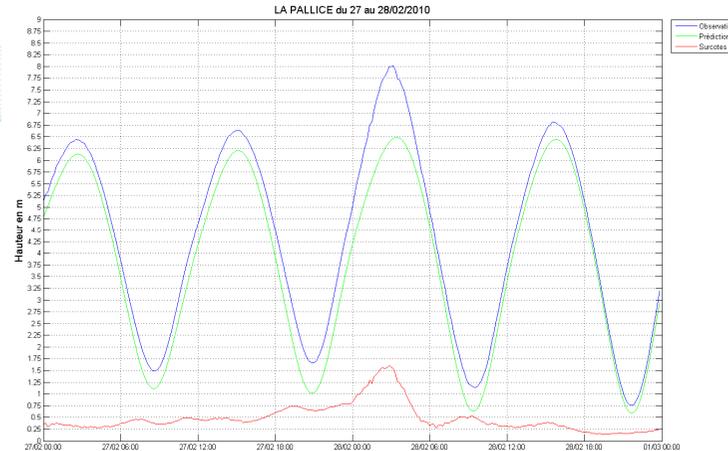
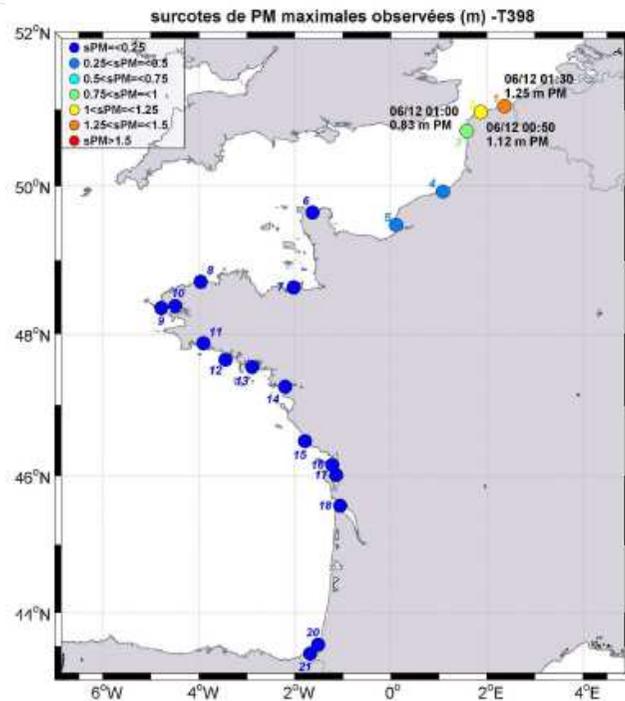
Consultez sur la carte pour lire les bulletins régionaux
Conseils des pouvoirs publics :
Vagues-Submersion/Orange - Ne prenez pas la mer... Dans la mesure du possible, ne circulez pas en bord de mer et évitez la proximité des plages ou rivages ou défilents des rochers... Habitants du bord de mer, protégez vos biens face à la montée des eaux... Crues/Orange - Renforcez-vous avant d'entreprendre vos déplacements et soyez très prudents. Respectez, en particulier, les déviations mises en place... Ne vous engagez en aucun cas, à pied ou en voiture, sur une voie immergée... Dans les zones habituellement inondables, mettez en sécurité vos biens susceptibles d'être endommagés et surveillez la montée des eaux.

11 départements en Orange.
MÉTÉO FRANCE
#Tempete #Christine #Vigilance #Vagues #Submersion orange pr les départements façade Atlantique jusqu'au dép #manche pic.twitter.com/RoHc48sOX9

Alerte aux tsunamis
Vigilance inondation / crue
Vigilance vagues-submersion

L'observation du niveau de la mer et ses applic

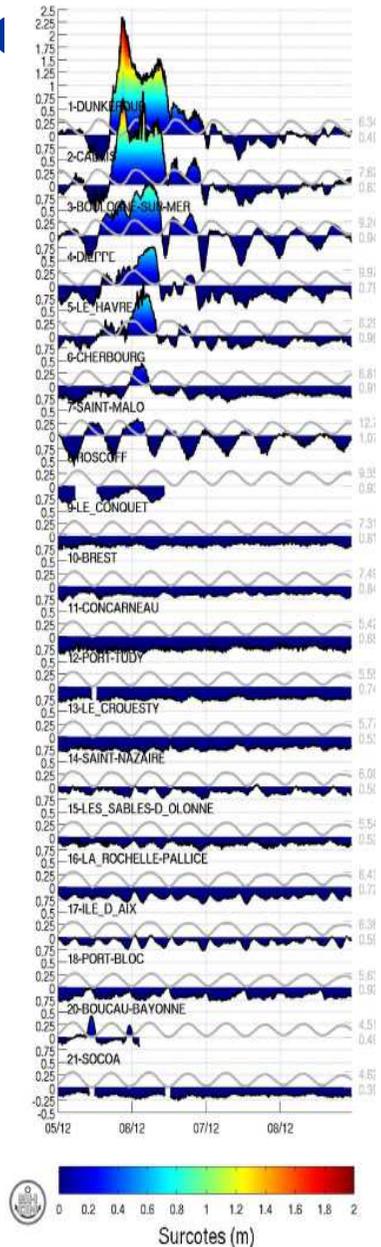
USAGE « PRÉVENTIF »



NIVEXT



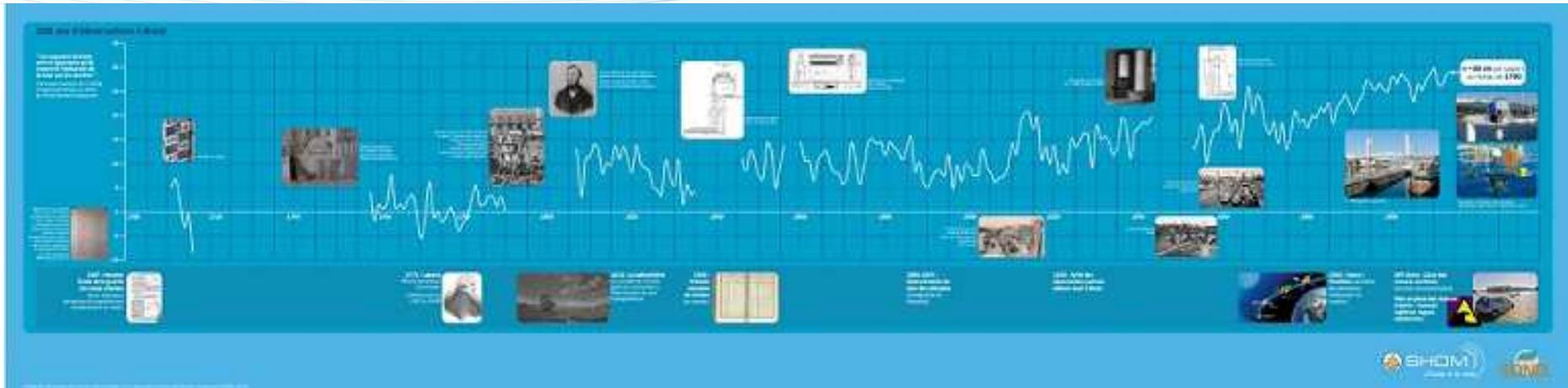
La Rochelle, 2013



**aménagements portuaires ;
études sur les niveaux extrêmes ;
mise en place des PPR**

L'observation du niveau de la mer et ses applications

Usage climatologique : évolution des composantes du niveau de la mer



Le niveau de la mer monte-t-il ? Oui depuis quand ? Oui de combien ? Augmente-t-il régulièrement ? Y-a-t-il plus de tempêtes aujourd'hui ? La « marée » a-t-elle changé depuis les derniers siècles ?

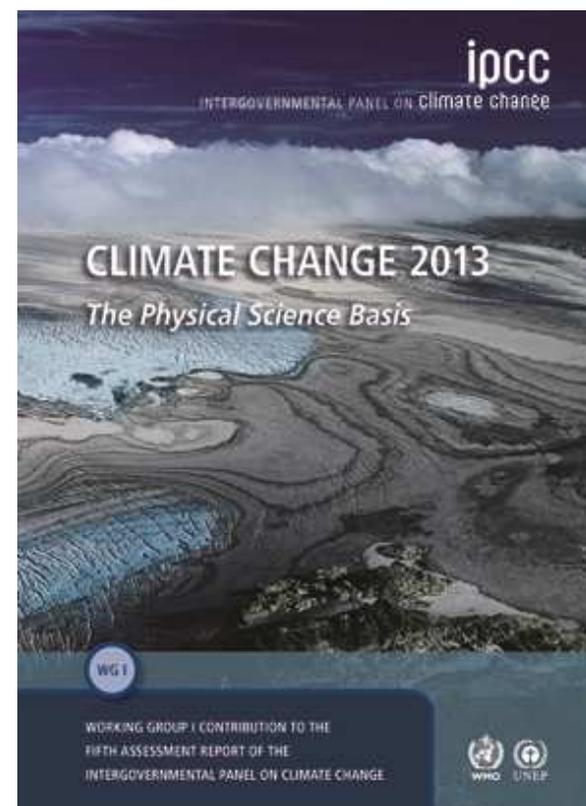
... mais aussi études sur la marées, sécurité de la navigation, études en biologie marine, évolution du trait de cote.....



Contexte général

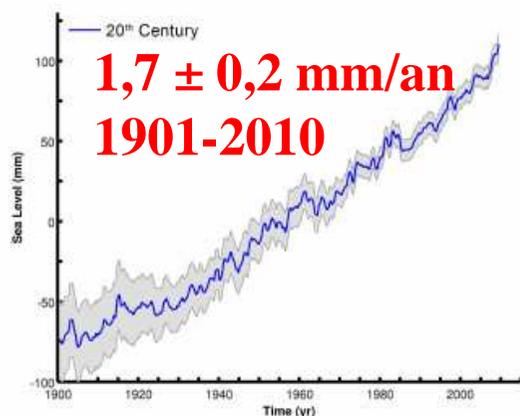
Etude du changement climatique : enjeu actuel (IPCC, 2013)

Atmosphère : températures et précipitations ; montagnes et glaciers ; agriculture et forêt, ; eau et biodiversité, littoral et milieu marin : **Evolution du niveau marin**

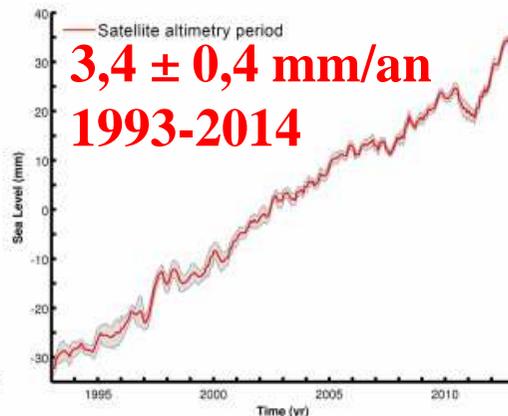


Contexte général

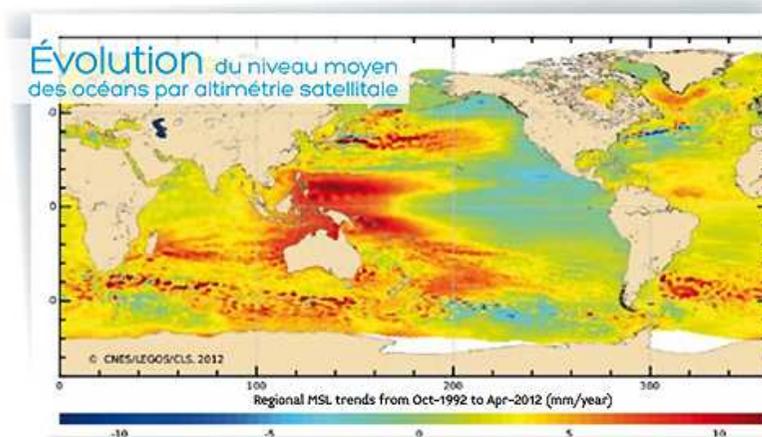
L'élévation du niveau de la mer en chiffres



Church et White (2011)



Cazenave et al (2014)

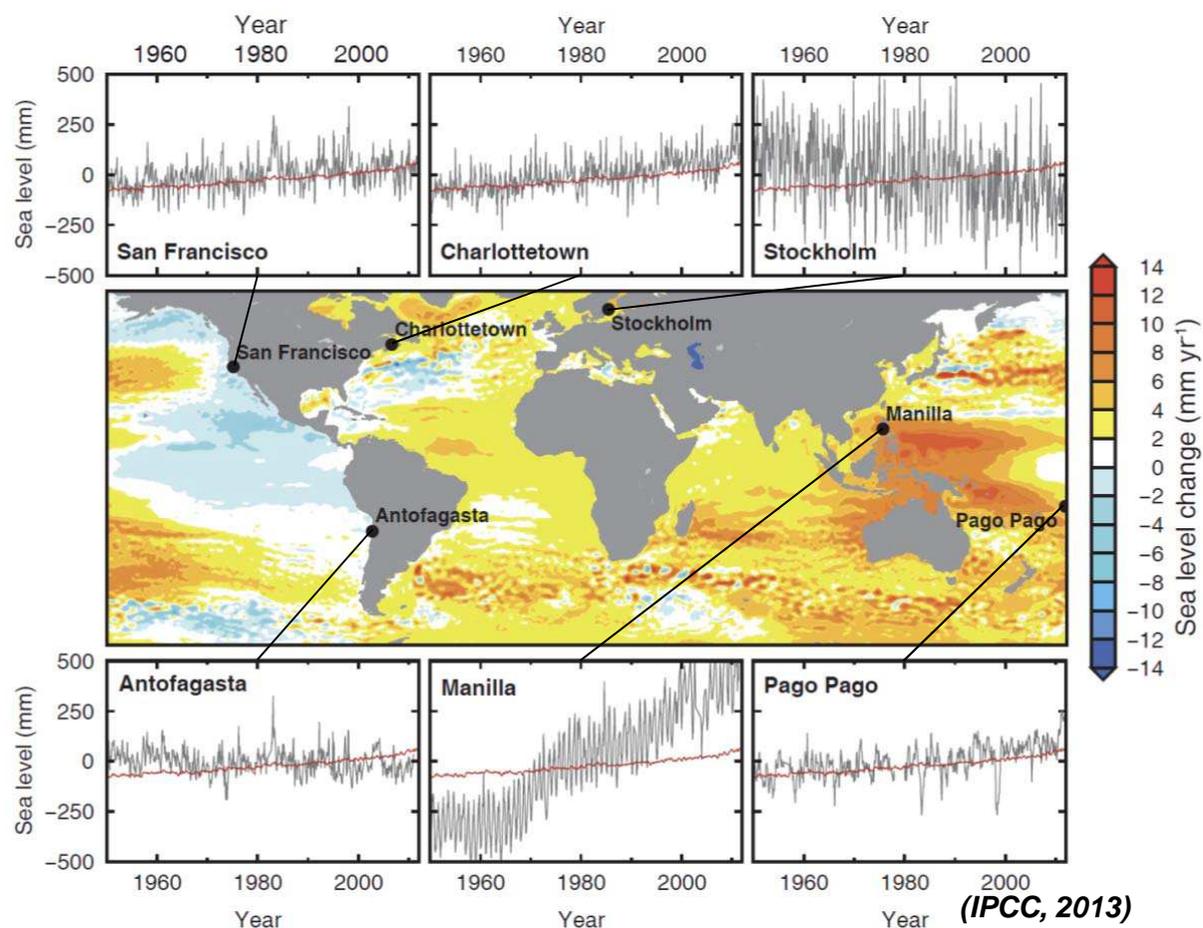


<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Niveau-moyen-global-des-oceans-par.html>

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC_Climat_France_XXI_Volume_5_VF_revisee_27fevrier2015.pdf

Contexte général

Etude du changement climatique : enjeu actuel (IPCC, 2013)



Associées aux observations modernes, les mesures historiques permettent d'avoir accès à l'évolution séculaire du niveau de la mer

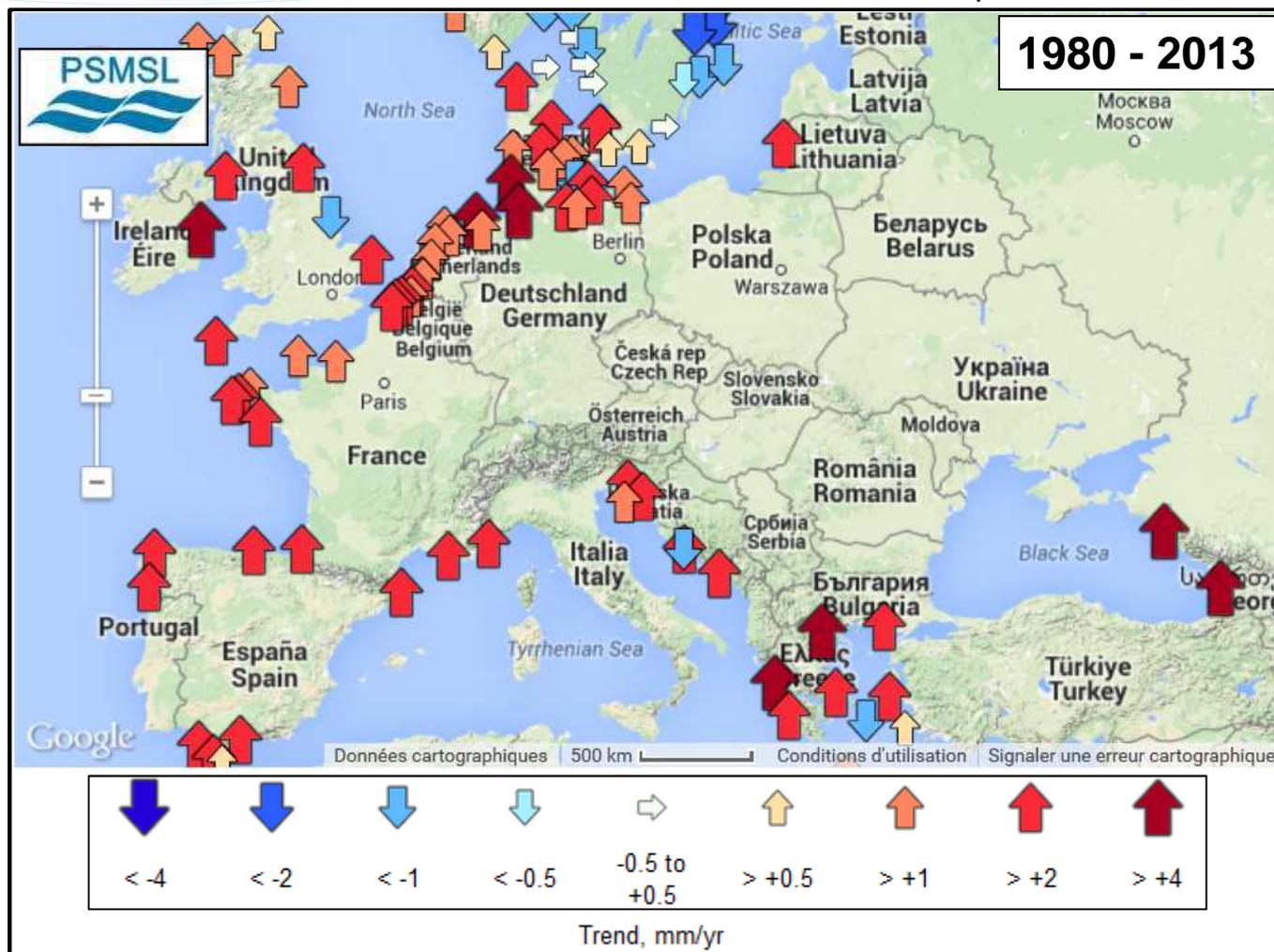


Les mesures marégraphiques longues et continues sont primordiales

Contexte général

Répartition et tendances sur les 40 dernières années

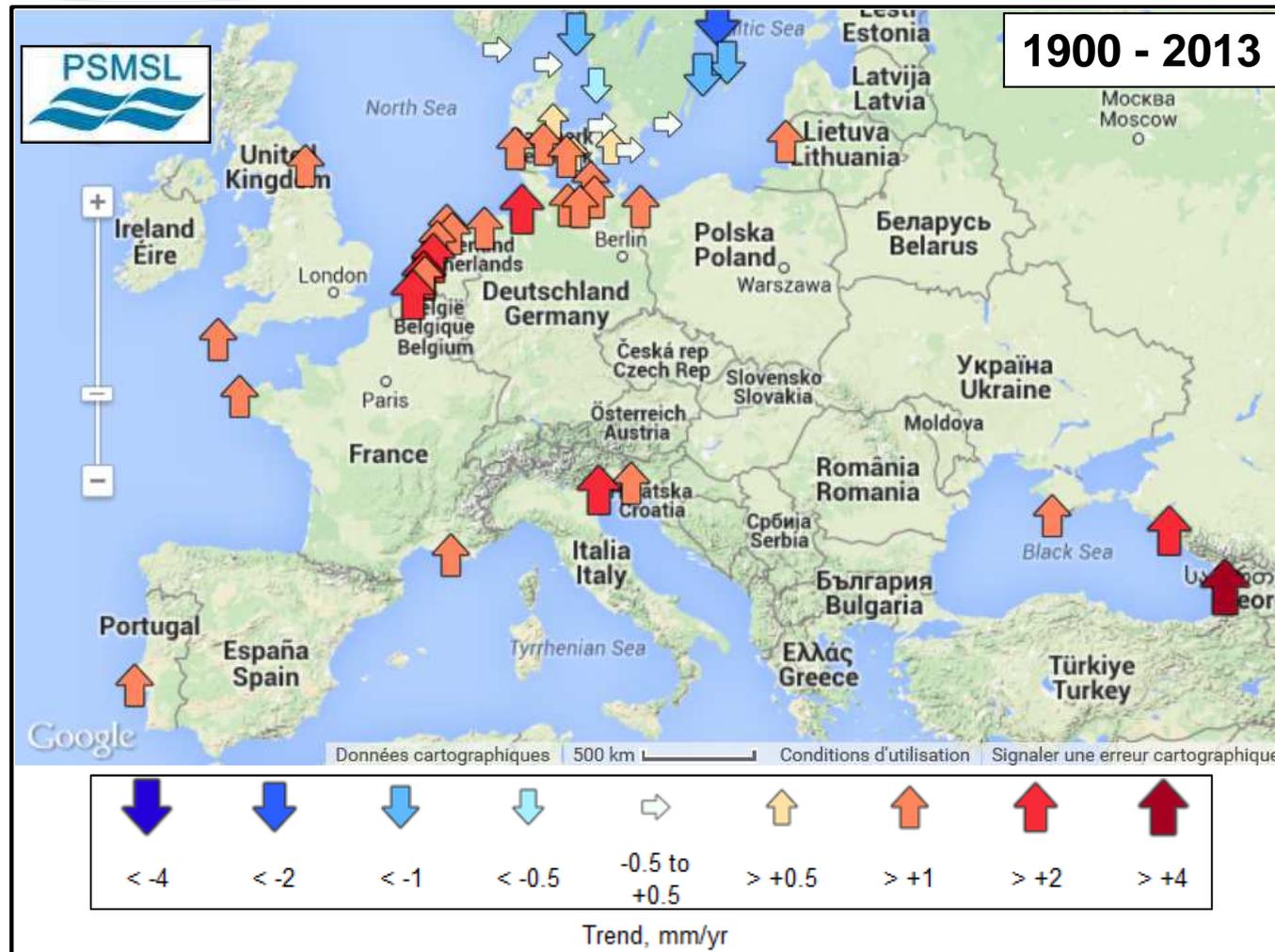
Tendances du niveau relatif de la mer en Europe :



Contexte général

Répartition et tendances depuis le début du 20^{ème} siècle

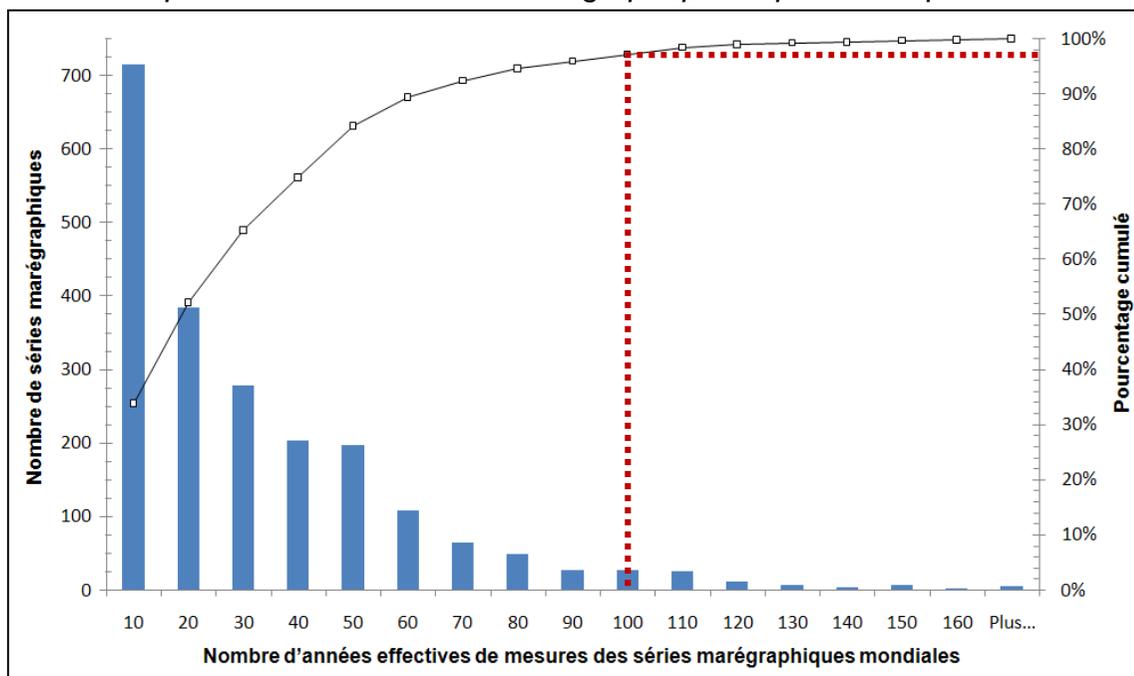
Tendances du niveau relatif de la mer en Europe :



Contexte général

Inventaire des chroniques disponibles

Réalisé à partir des 2 111 stations marégraphiques répertoriées par le PSMSL.



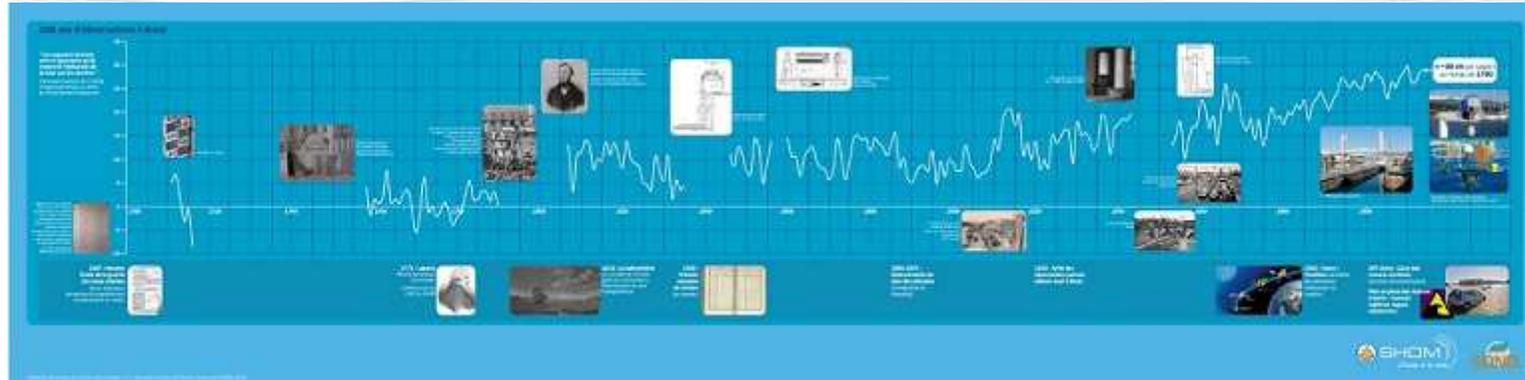
(Douglas 2001, actualisé par Gouriou, 2012)

60 ans d'enregistrement sont raisonnables pour **estimer les variations eustatiques actuelles et filtrer les contributions cycliques et irrégulières du signal marégraphique** (Douglas, 1991)

- de 3% des chroniques disponibles ont une durée supérieure à 100 ans

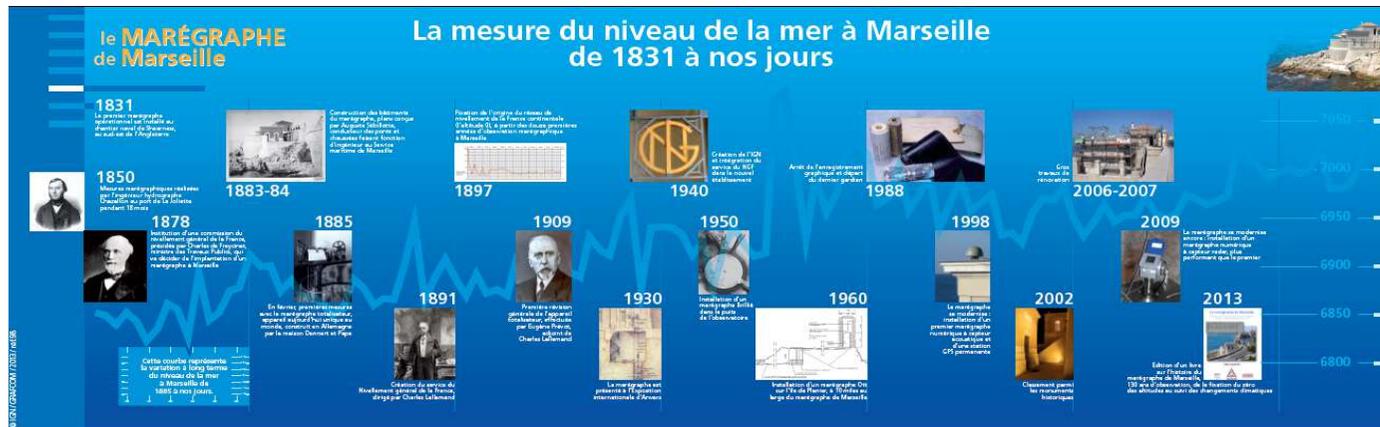
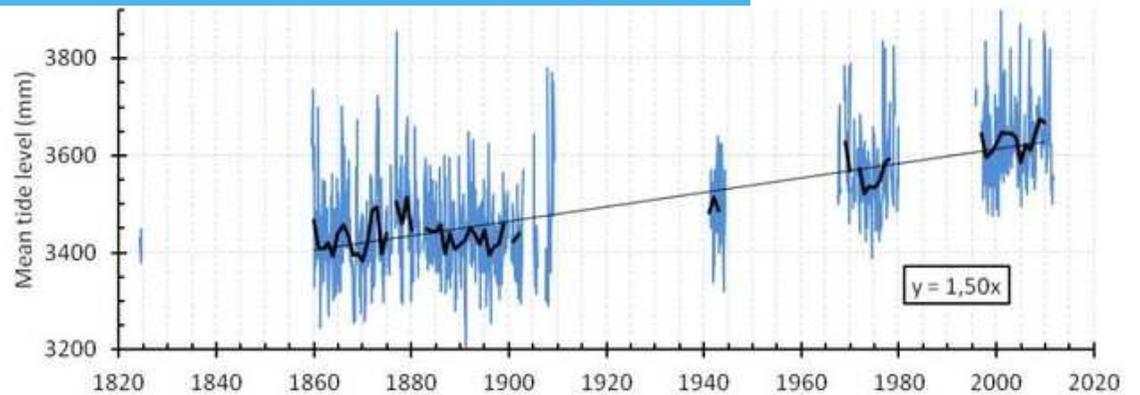
Contexte général

Longues séries marégraphiques numérisées actuellement disponibles en France



Brest

« Pertuis d'Antioche »
Littoral charentais
(Gouriou & al, 2013)

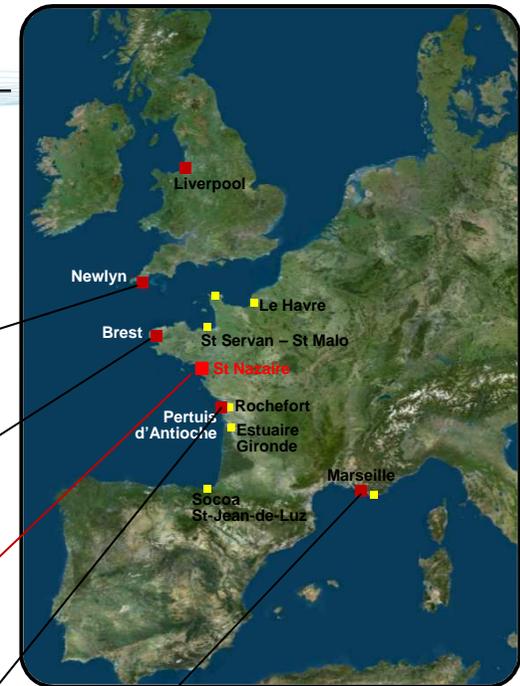
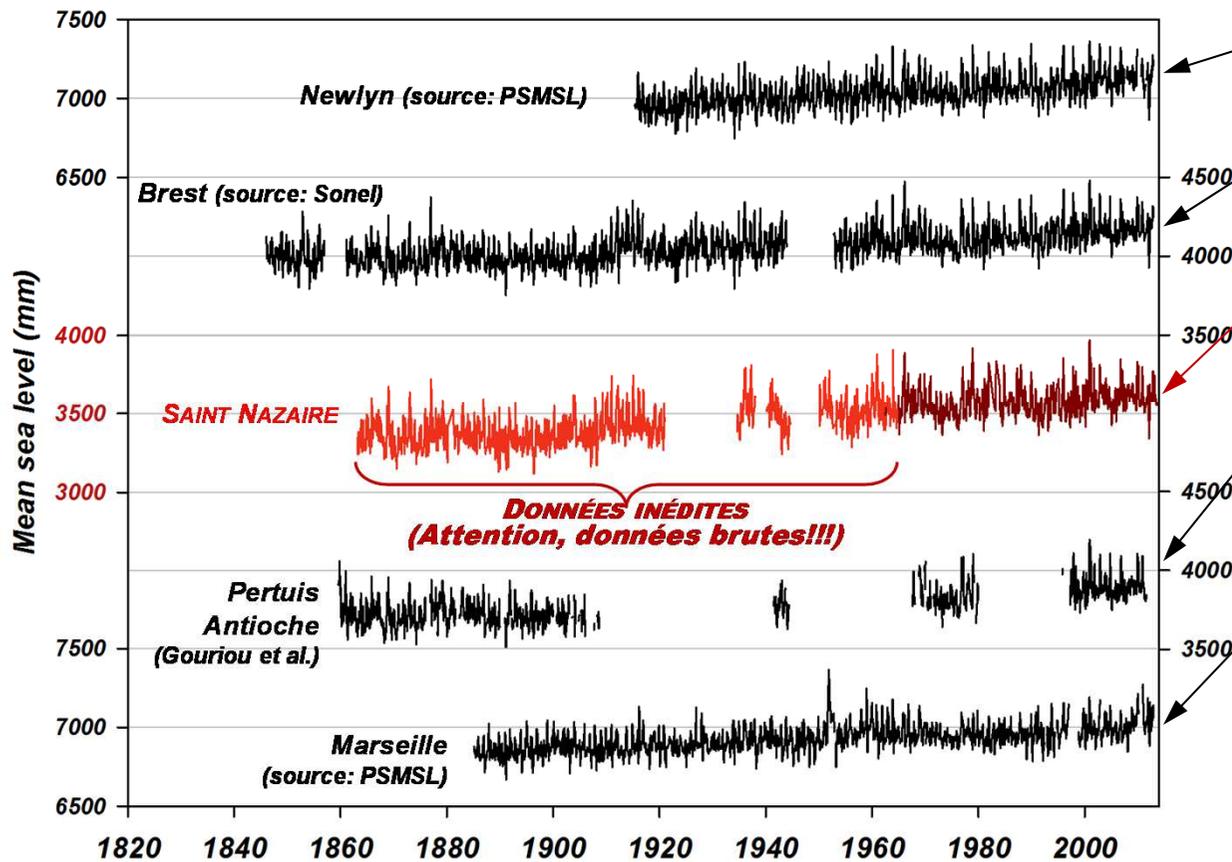


Marseille
(Wöppelmann & al, 2014)

Contexte général

Longues séries marégraphiques en cours de numérisisation

Comparaison avec d'autres séries pluriséculaires du niveau de la mer



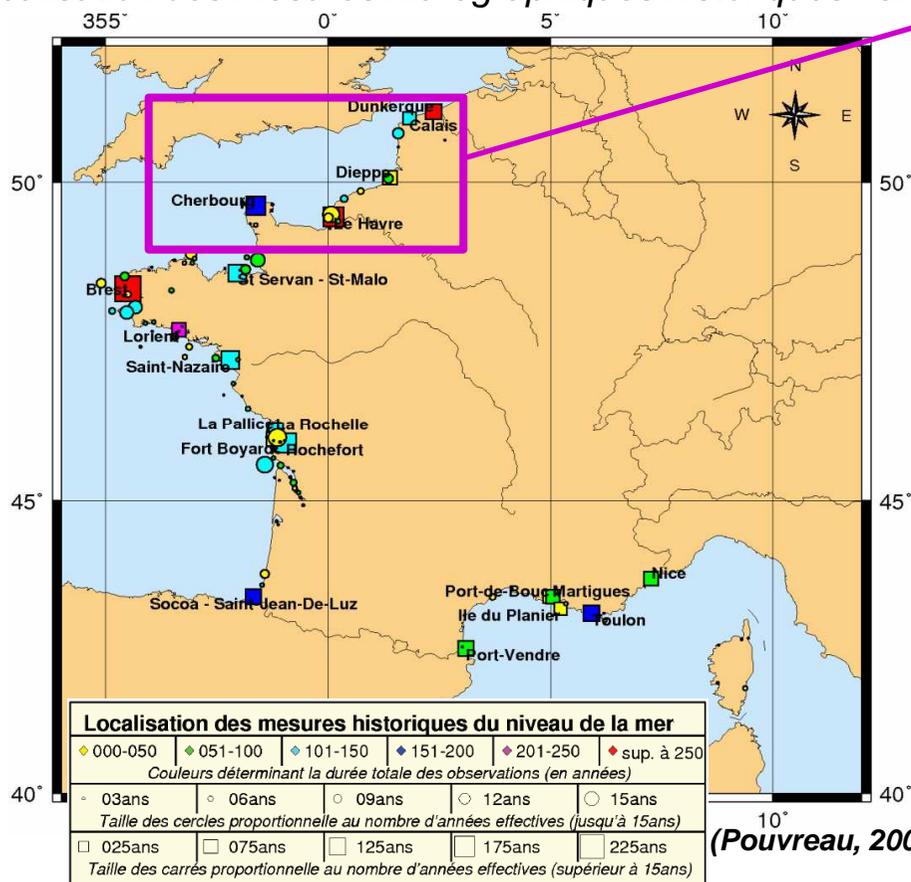
mais aussi au
Pacifique avec
Nouméa...

(Aucan & al, en cours)

Contexte général

Inventaire des chroniques disponibles en France

Localisation des mesures marégraphiques historiques françaises



CONSTATS :

Actuellement, **seules les séries de Brest, Marseille et du pertuis d'Antioche**, d'une durée supérieure à 100 ans, sont disponibles au format numérique

Mais il n'existe aucune série séculaire numérisée pour le littoral Normand et Picard

... malgré un patrimoine marégraphique français conséquent

Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

Exemple de travail de reconstruction



Y. Ferret



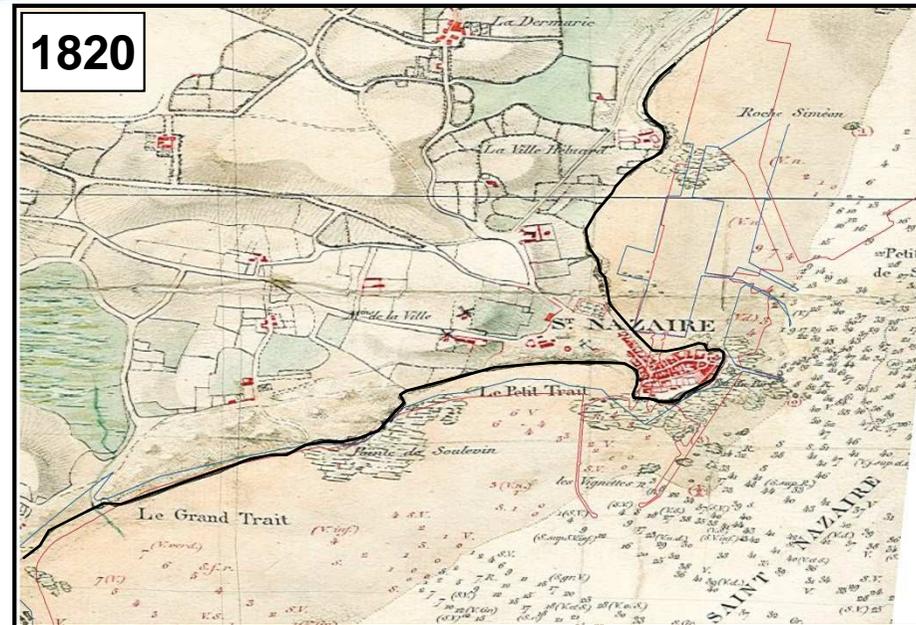
Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

Evolution du cadre général de l'observatoire

Marégraphe situé à l'embouchure de la Loire

Depuis le 19^{ème} siècle :

- Evolution du trait de côte



Minute Beautemps-Beaupré de 1820 (Source: SHOM)

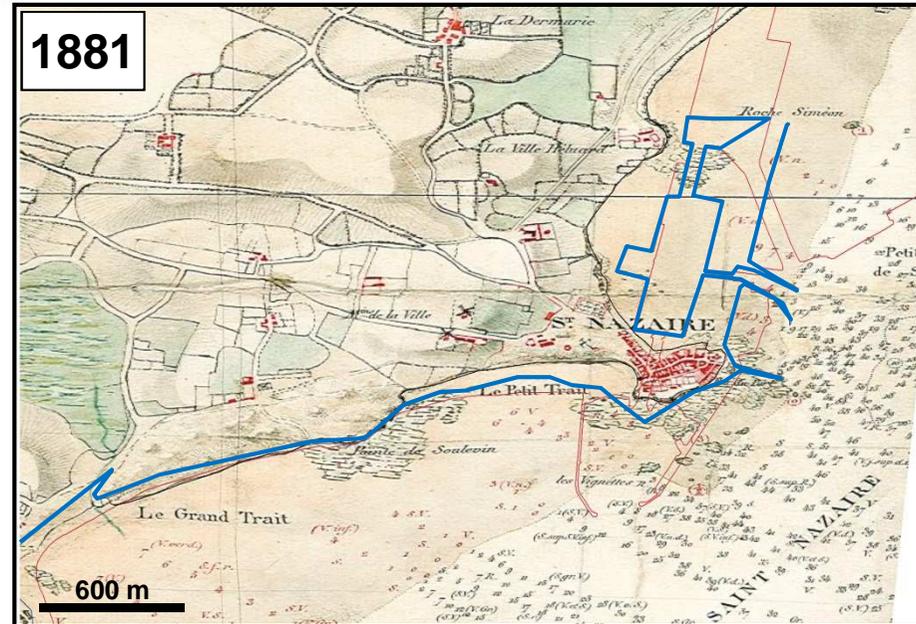
Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

Evolution du cadre général de l'observatoire

Marégraphe situé à l'embouchure de la Loire

Depuis le 19^{ème} siècle :

- Evolution du trait de côte



Trait de côte relevé en 1881 par Bouquet de la Grye
(Source: SHOM)

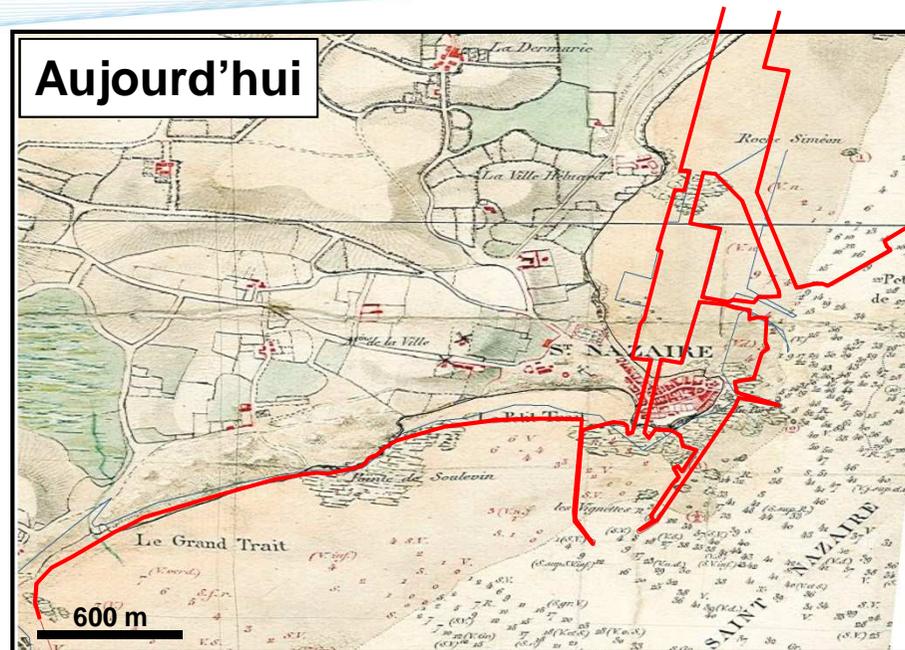
Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

Evolution du site de mesures

Marégraphe situé à l'embouchure de la Loire

Depuis le 19^{ème} siècle :

- Evolution du trait de côte



Trait de côte actuel (Source: SHOM)

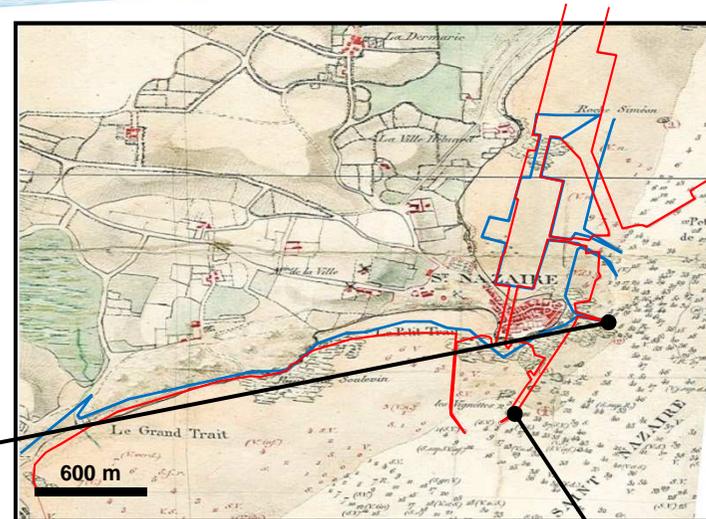
Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

Evolution du cadre général de l'observatoire

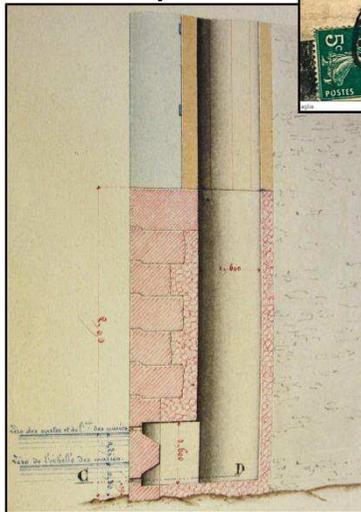
Marégraphe situé à l'embouchure de la Loire

Depuis le 19^{ème} siècle :

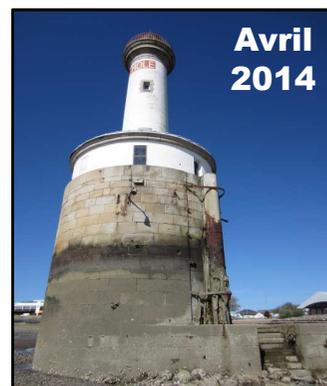
- Evolution du trait de côte
- Changement de la localisation du marégraphe (2 sites)



Plan de la base du puits de tranquillisation



(1861, cote 4S333, AD44)



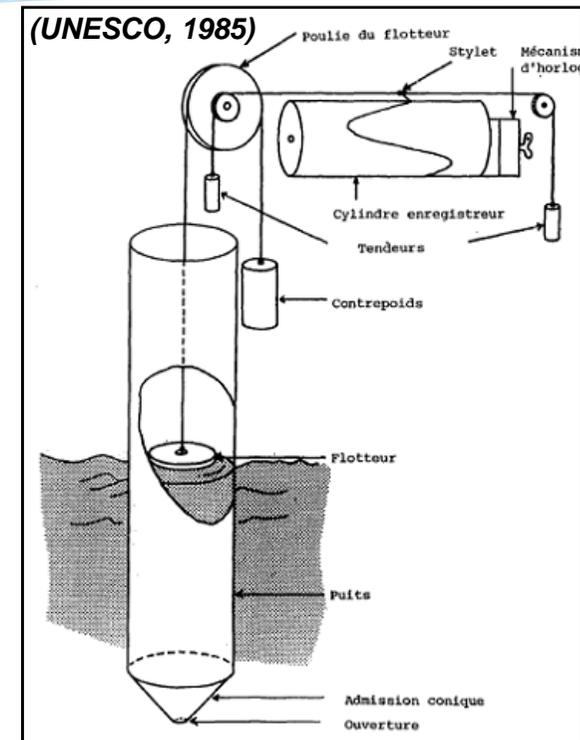
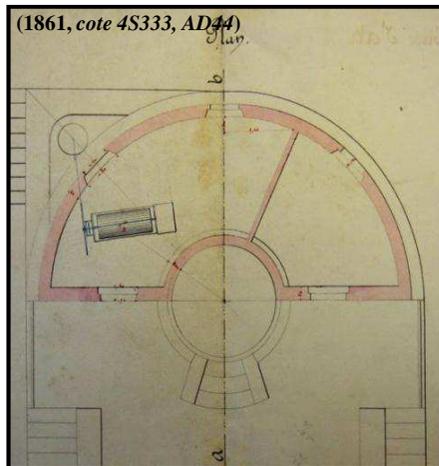
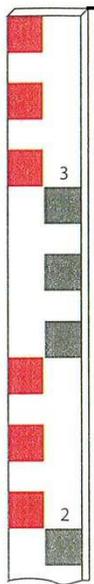
Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

Evolution des techniques d'observation

Marégraphe situé à l'embouchure de la Loire

Depuis le 19^{ème} siècle :

- Evolution du trait de côte
 - Changement de la localisation du marégraphe (2 sites)
 - Evolution instrumentale:
 - Echelle de marée
 - Marégraphe à flotteur
- Depuis 2007, marégraphe radar (réseau RONIM)



Principe de fonctionnement d'un marégraphe à flotteur

Marégraphe radar à ondes guidées

Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

Etapes successives pour cette reconstruction

1 - Recherche des archives marégraphiques

2 - Numérisation des données

3 - Recherche dans les **métadonnées des références en hauteurs et en temps** des mesures

→ **Uniformisation** des données de hauteurs d'eau :

- en temps (UTC)
- en vertical (/ au zéro hydrographique)

4 - **Application des contrôles qualités**, vérification du calage en temps et en hauteur

Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

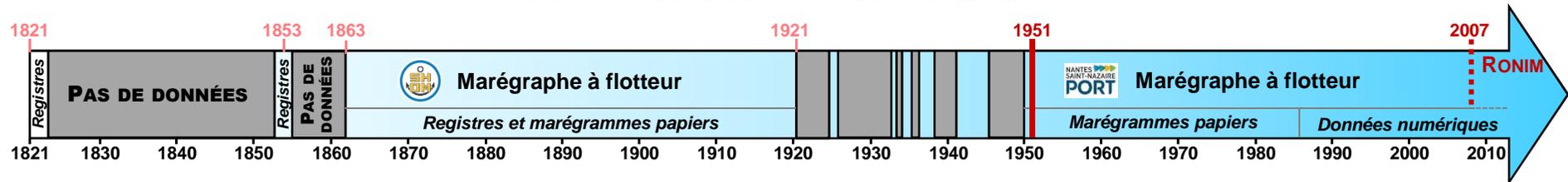
1- Recherche des archives



Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

1- Recherche des archives : types de données

Au total, les données recensées couvrent une période longue de **190 ans**, incluant au moins **125 ans de mesures continues du niveau marin à Saint-Nazaire**



Site Extrémité du Vieux Môle Avant-port, jetée est

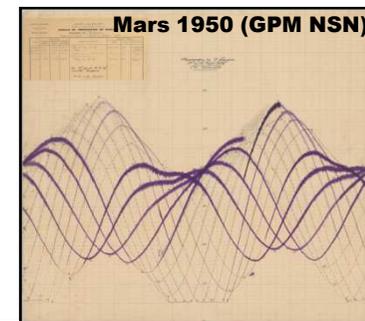
Echelles de marée Marégraphe de type Chazallon **Type de marégraphe**
 OTT — — —
 Brillé — — —
 Château — — —
 Pneumatique — — —

7JJ-299 (SHD R.)

HEURE	HAUTEUR	VENT	DIR. VENT	TEMP. AIR	TEMP. MER	TEMP. TERRE	TEMP. NEIGE	TEMP. GEL	TEMP. NEIGE	TEMP. GEL											
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					
31																					

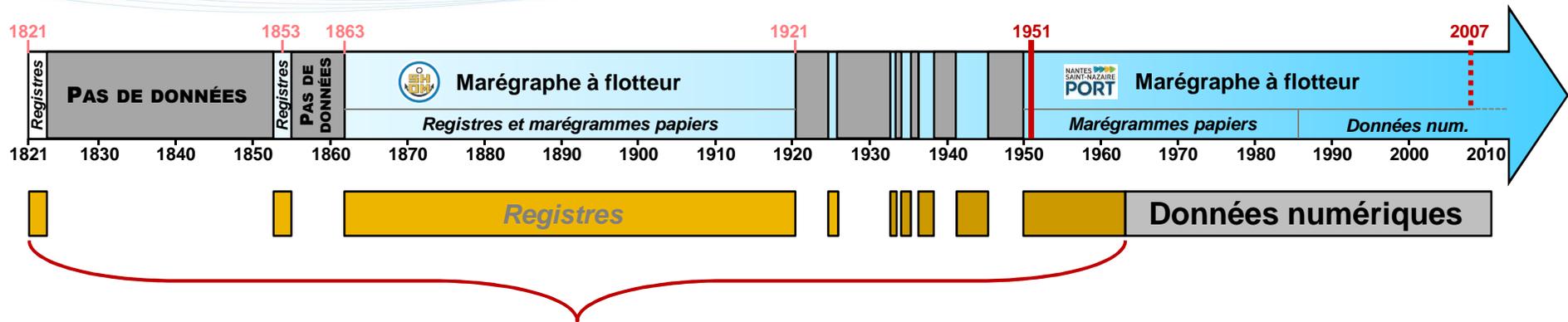
MARÉGRAPHE de Saint-Nazaire

DATE	HAUTEUR																					
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						
30																						
31																						



Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

2- Numérisation et contrôle des données



Toutes les **données inédites identifiées ont été numérisées** à un pas de temps variant de l'heure (pour les registres de marée) à 5 minutes (marégrammes)

Les données numériques sont pour l'instant **brutes**
→ un important travail de contrôle, validation, correction reste à faire



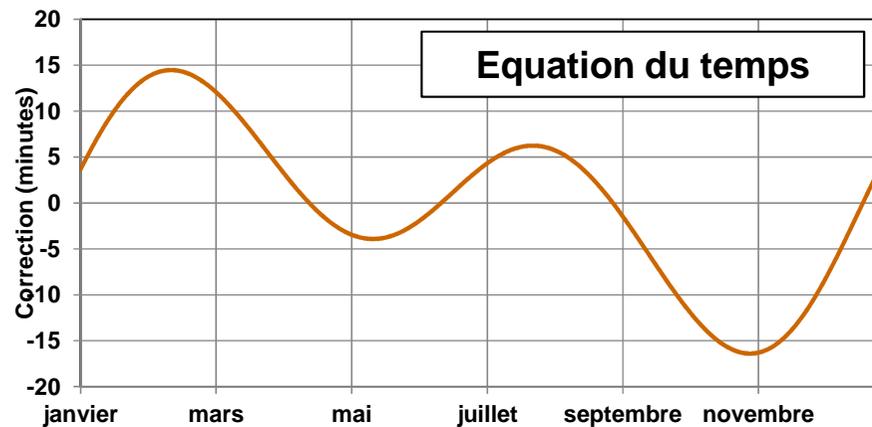
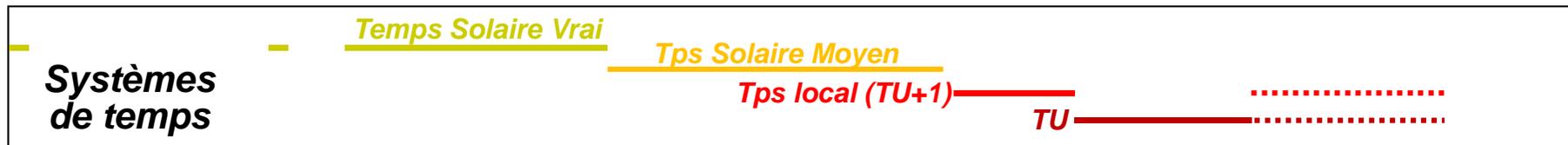
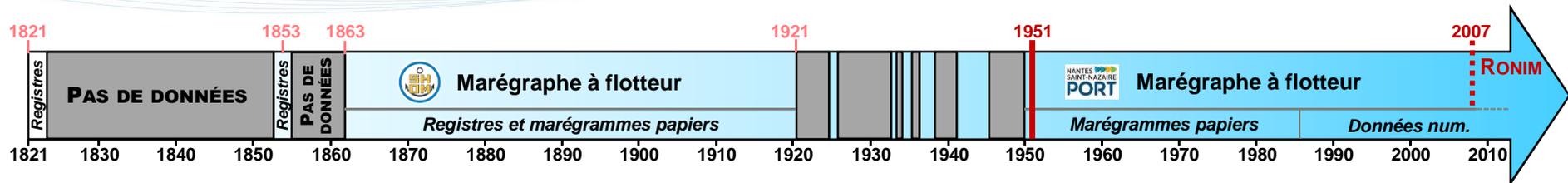
**+ de 500 000
valeurs digitalisées**



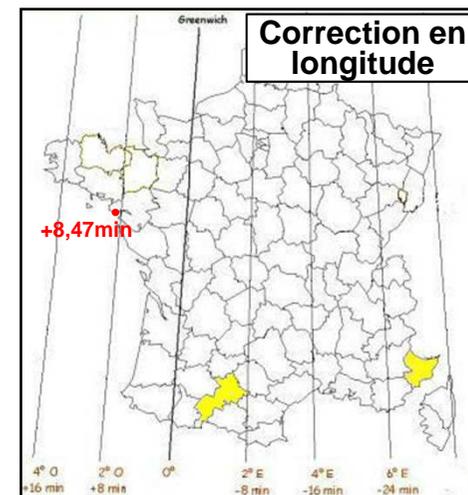
**+ de 1 km de
documents scanné**

Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

3- Recherches des références temporelles et homogénéisation



TSV → TSM



TSM → TU

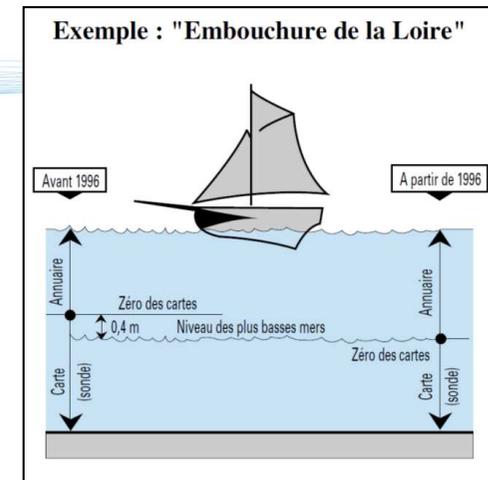
Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

3- Recherches des références verticales et homogénéisation

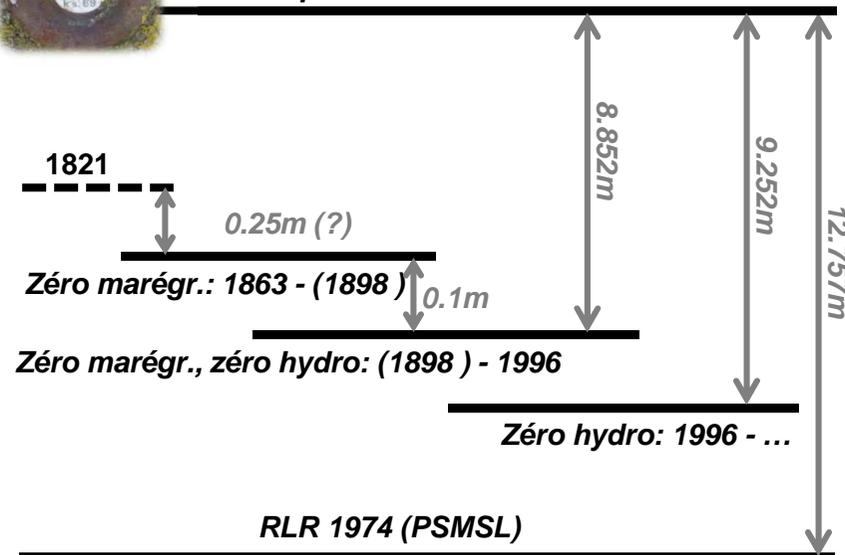
Objectif :

Réduire la chronique à un niveau vertical de référence commun.

→ Implique la connaissance précise des différents niveaux utilisés comme zéro du marégraphe et/ou zéro hydro au cours du temps.



Repère IGN NGF OKS69



Recherche d'informations dans des documents divers (Correspondance, notes, rapports, feuille de contrôle, nivellement, ...)

→ Beaucoup d'infos, parfois incohérentes, à analyser !!

Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

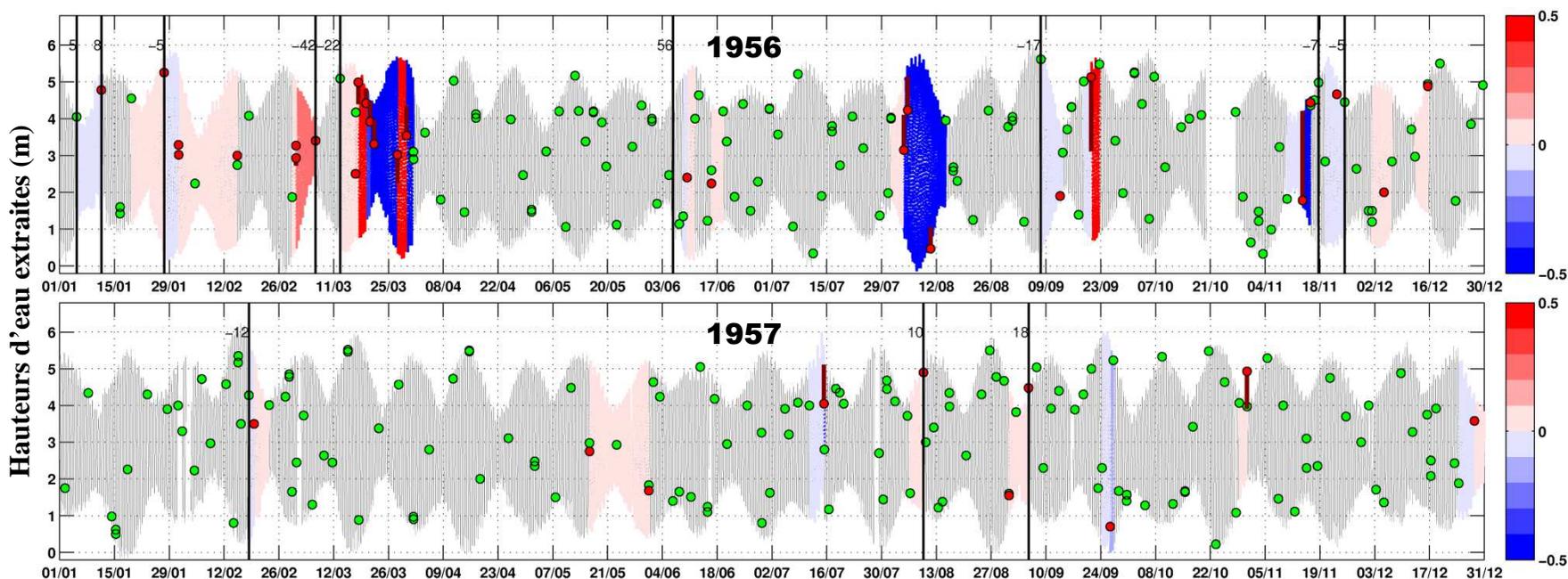
3- Vérifications, contrôles, qualification des données

Qualification, Corrections, Exclusions des données :

- Prise en compte des contrôles lors des mesures
- Identifications des sauts verticaux et/ou temporels
- Comparaison avec les prédictions
- ...

Feuille de contrôle associée au marégramme

DATES	HEURES			HAUTEURS			OBSERVATIONS (1)
	exactes (T.U.)	enregistrées sur le graphique	indiquées par l'horloge du marégraphe	Echelle de marée	Ruban gradué	Diagramme enregistré	
15/1/57	13 ^h	13 ^h	13 ^h	1,24	1,24	1,24	voir la feuille



Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

RÉSULTATS ATTENDUS

Diffusion des données



-Données haute-fréquence: Disponible et accessible au public (data.shom.fr - REFMAR)

Niveaux moyens Journaliers, Mensuels et Annuels : SONEL

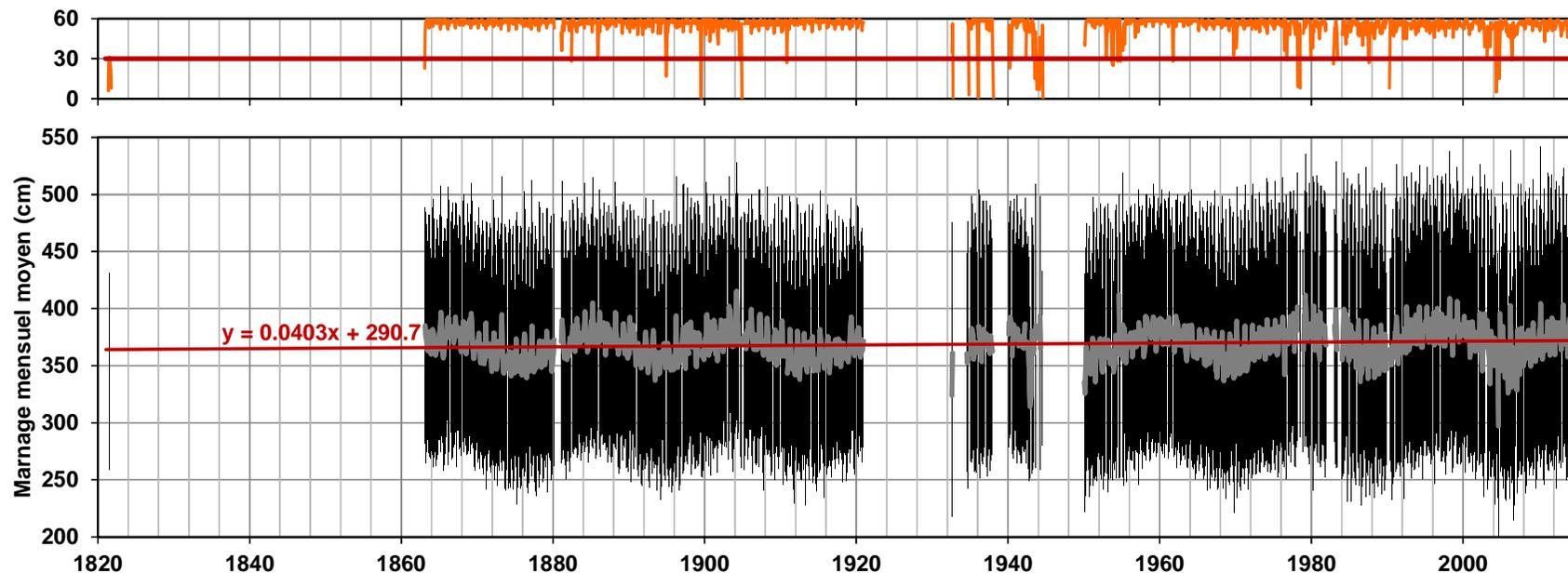
data.shom.fr

www.sonel.org

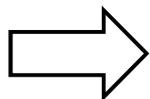
Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

RÉSULTATS ATTENDUS

Etude de l'impact des modifications anthropiques locales sur l'évolution de la marée à Saint-Nazaire à l'échelle historique (évolution des composantes de la marée (onde M2, ...), du marnage, ...)



Ex : évolution du marnage mensuel moyen à l'échelle historique



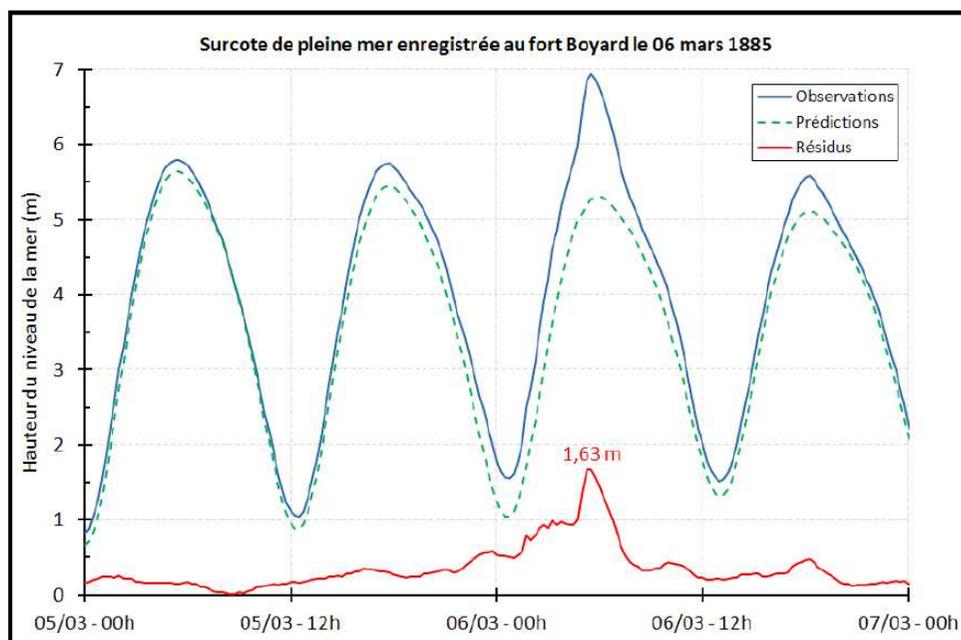
Les évolutions / changements observés à relier aux modifications anthropiques (modifications du trait de côte, de la bathymétrie (dragage), ...)

Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

RÉSULTATS ATTENDUS

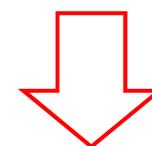
Etude des évènements exceptionnels :

L'identification et la prise en compte des **surcotes historiques** permet **d'améliorer les statistiques sur la tendances des niveaux marins extrêmes.**



Surcote de PM du 6 Mars 1885 à Fort-Boyard

(Gouriou, 2012)



**Amélioration des statistiques
dans le cadre de mise en
place des PPRL – PPRI**

**Rapport NIVEXT
(poster)**

<http://refmar.shom.fr/fr/sea-level-news-2015/t3/rapport-nivext-niveaux-marins-extremes>

Reconstruction des obs. de hauteurs d'eau à St-Nazaire

PERSPECTIVES

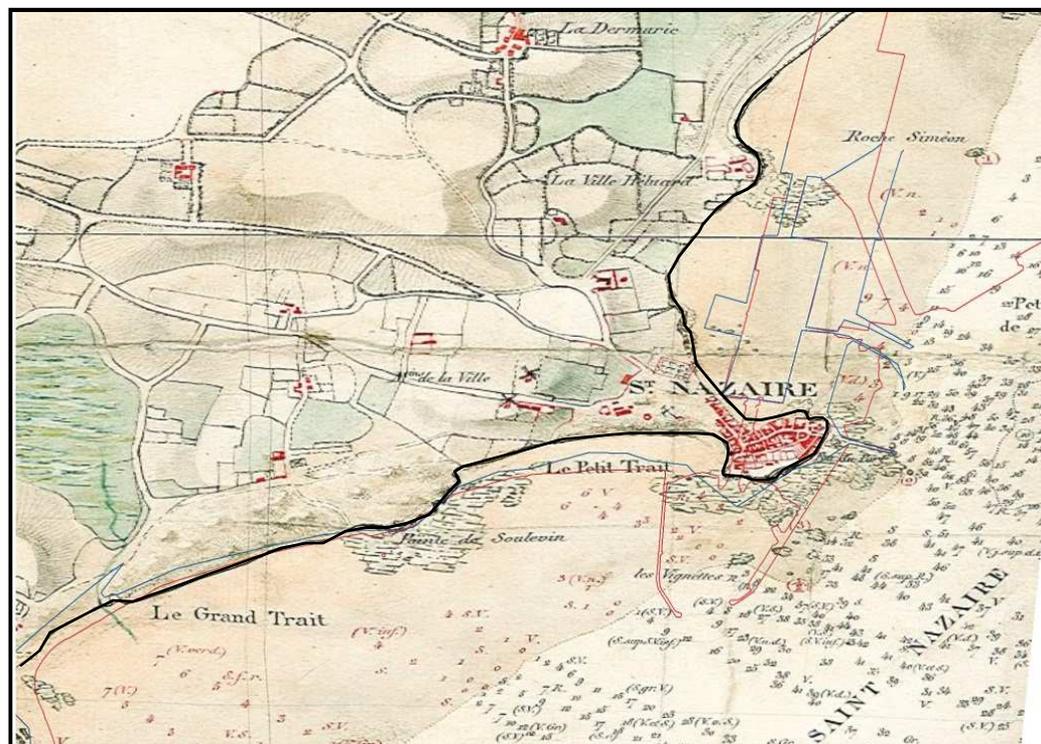
Evolution du trait de côte et de la bathymétrie sur des temps historiques

Le suivi de l'évolution du trait de côte et de la bathymétrie au cours du temps pourrait permettre de comprendre les modifications des caractéristiques de la marée au cours du 19^{ème} et 20^{ème} siècles.

Archives cartographiques du SHOM contient plusieurs minutes (papier):

- 1821
- 1853
- 1864
- 1881
- 1893
- 1901
- ...

Couvrant selon les cartes, la Loire jusqu'à Nantes, ou uniquement l'embouchure.



Minute Beautemps-Beaupré de 1821 (Source: SHOM)

Le projet Archipel (ARCHives Patrimoniales En Ligne)



Projet d'ouverture du patrimoine cartographique du SHOM

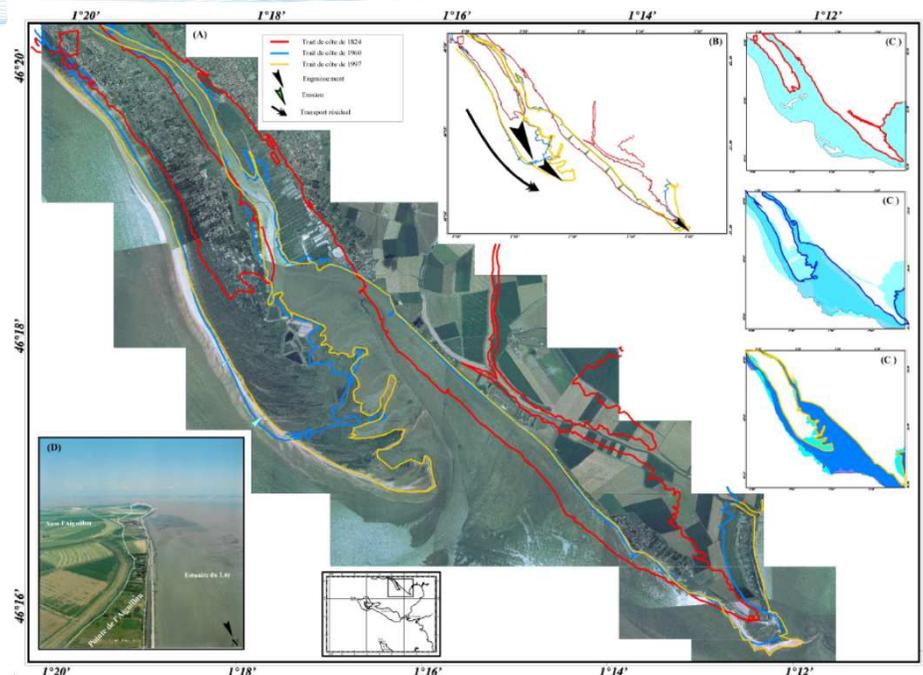
Depuis sa création en 1720, le SHOM a archivé de l'ordre de 200 000 « documents » papiers comprenant :

- *75 000 minutes (plans bathymétriques et topographiques de la côte);*
- *10 000 cartes anciennes;*
- *45 000 marégrammes (enregistrements graphiques de la marée) ;*
- *10 000 photographies;*
- *10 000 ouvrages ;*
- *50 000 pages de registres de marée (relevés littoraux de hauteurs d'eau).*

Le projet Archipel

INTÉRÊT

Ces documents attestent de l'évolution du trait de côte dans les régions où sa nature le soumet aux effets de la mer, ainsi que du niveau moyen de la mer. Ils sont donc susceptibles d'apporter une information inédite sur les évolutions historiques du littoral, venant éclairer les études actuelles sur le changement climatique et son impact.



Exemple d'évolution du trait de côtes (issu des cartes anciennes) de 1820 à nos jours, sur la pointe d'Arcay – La Faute-sur-Mer - 85)
(source : Thèse N. WEBER 2004)..

Le projet ARCHIPEL du SHOM est lauréat de la première vague de consultation des Projet d'investissement d'avenir (PIA - Fonds « Transition numérique de l'État et modernisation de l'action publique »)

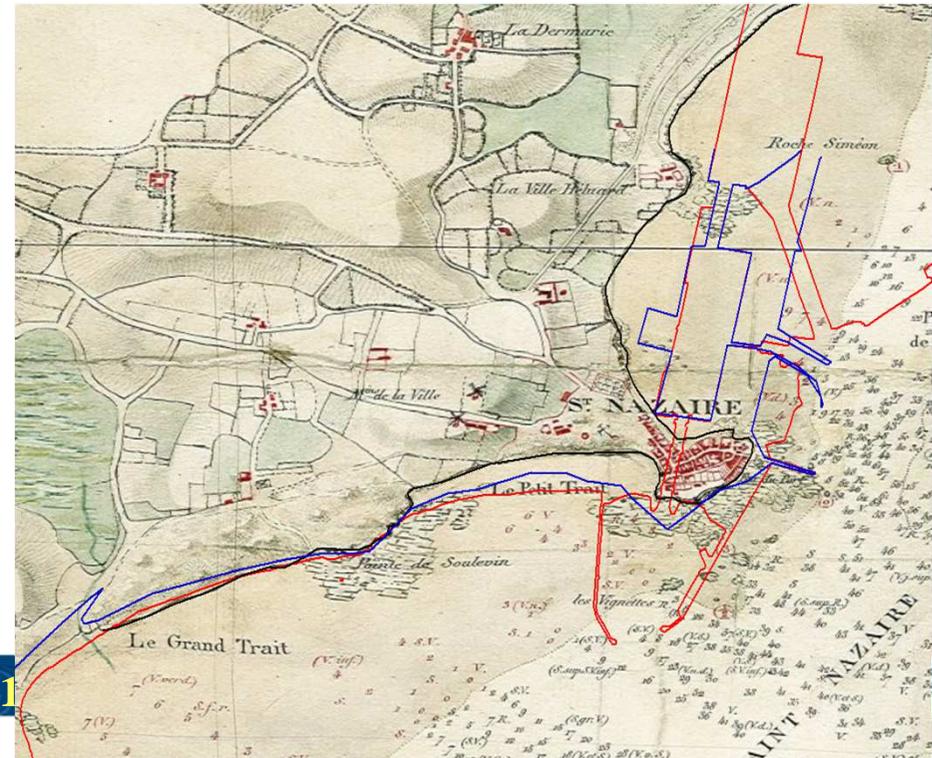
Le projet Archipel

OBJECTIFS

L'objectif est de scanner env. 10 000 documents (minutes de levé et cartes marines anciennes,) leur mise en ligne pour une diffusion en licence ouverte (Open-data) et leur promotion (mise en avant des usages potentiels)

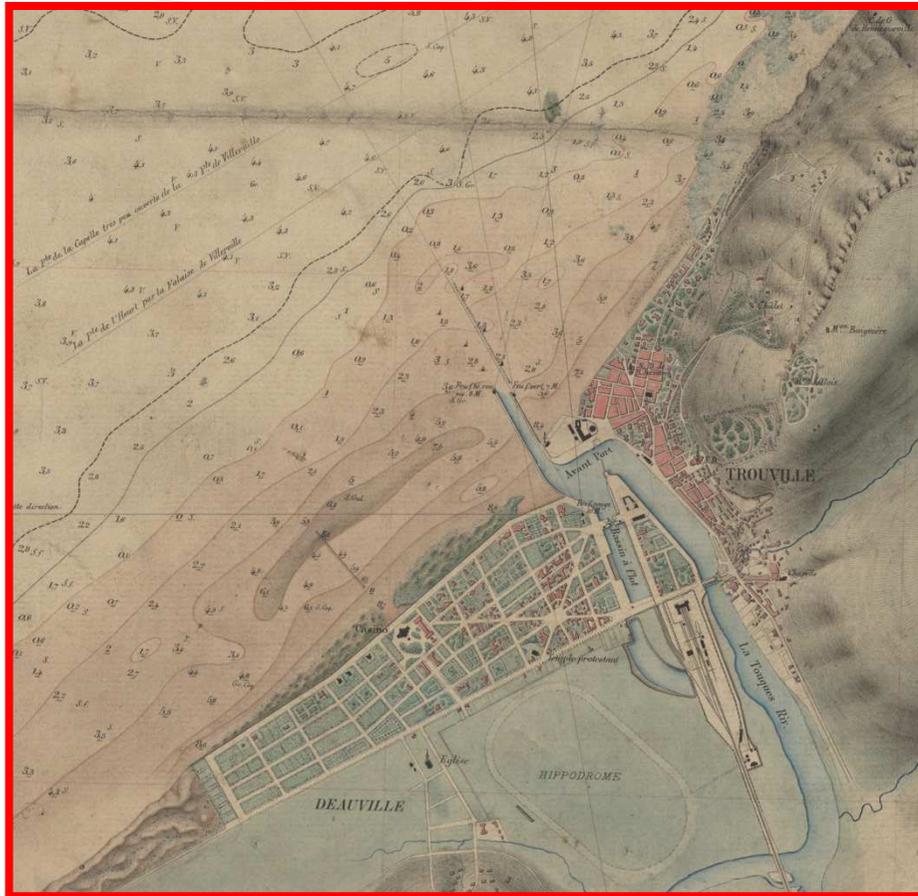
Seront scannés préférentiellement des documents :

- présentant un intérêt pour le littoral;
- Sur la métropole et l'outre-mer
- De 1800 à 2000 env.



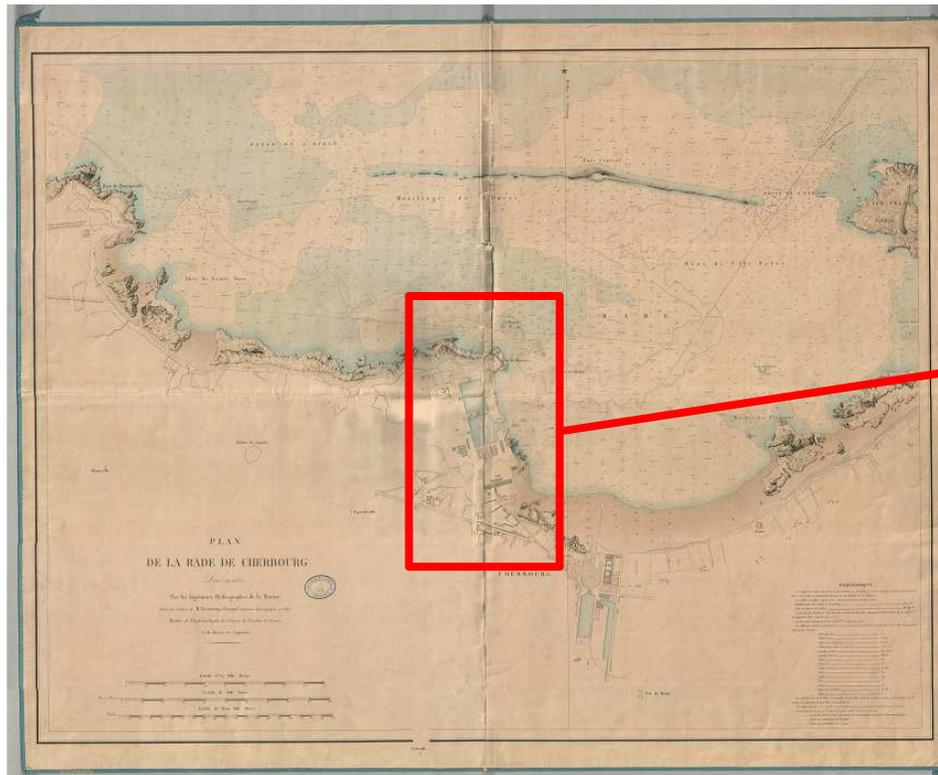
Le projet Archipel

EXEMPLE : PLAN DE TROUVILLE – LEVÉ 1874



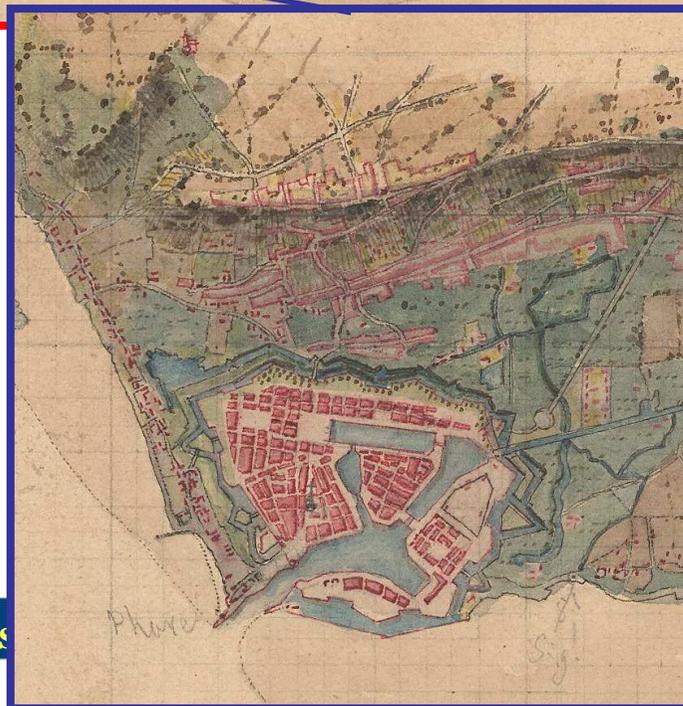
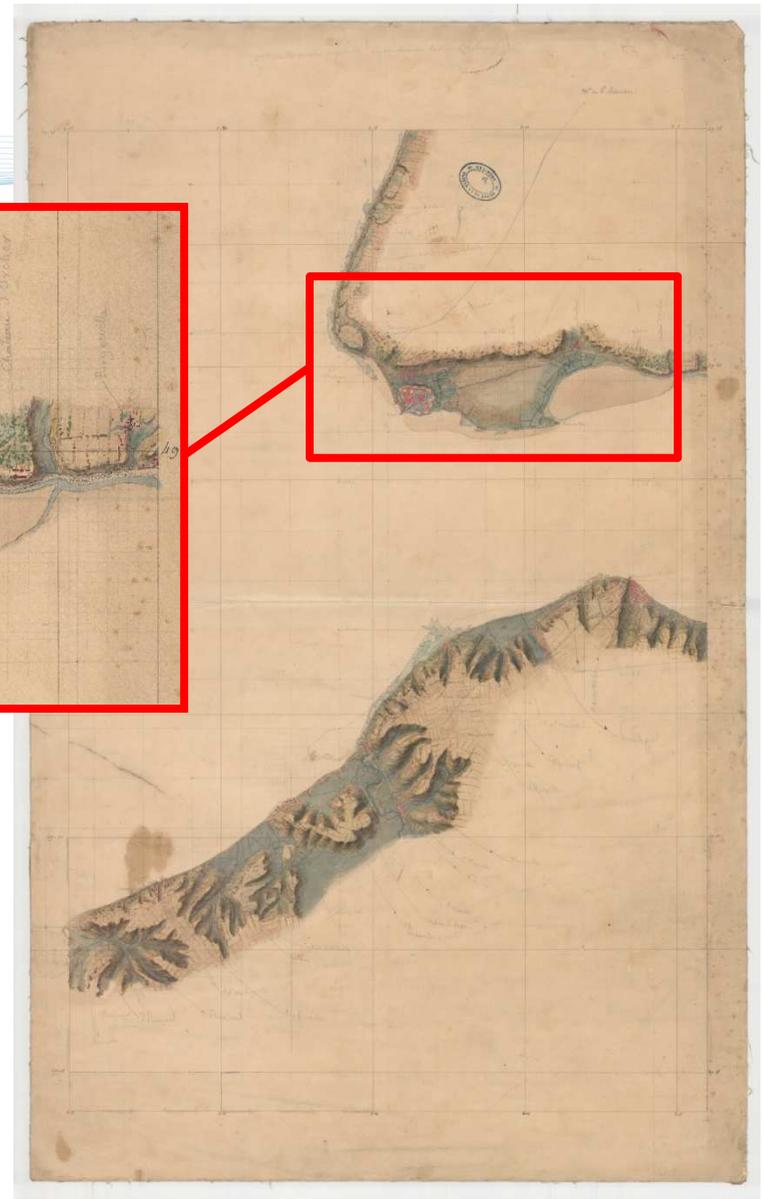
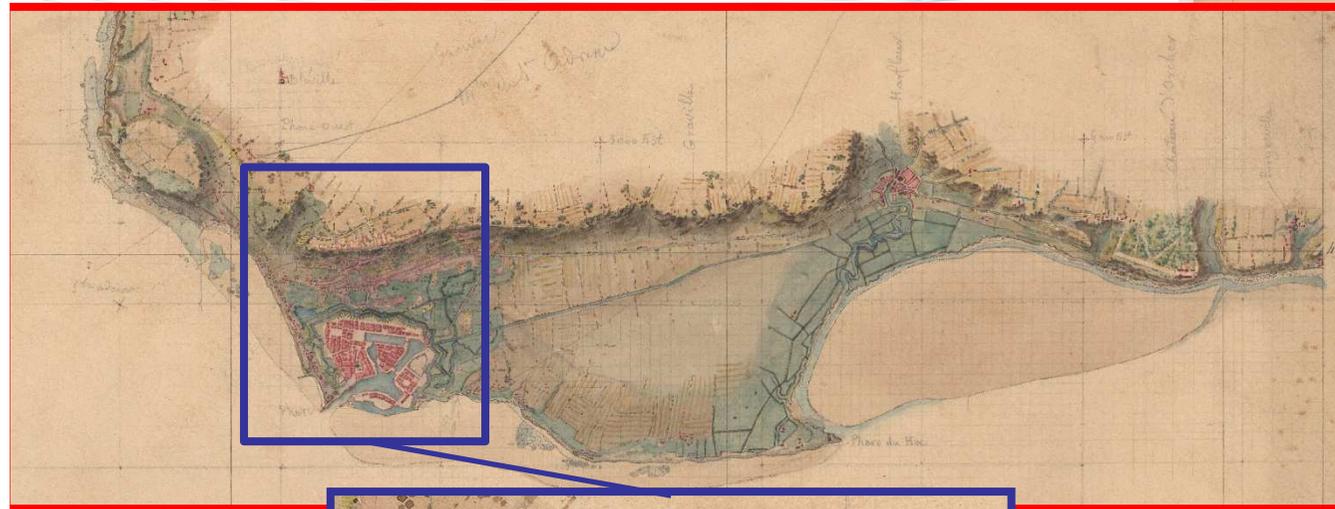
Le projet Archipel

EXEMPLE : PLAN RADE DE CHERBOURG – LEVÉ 1832



Le projet Archipel

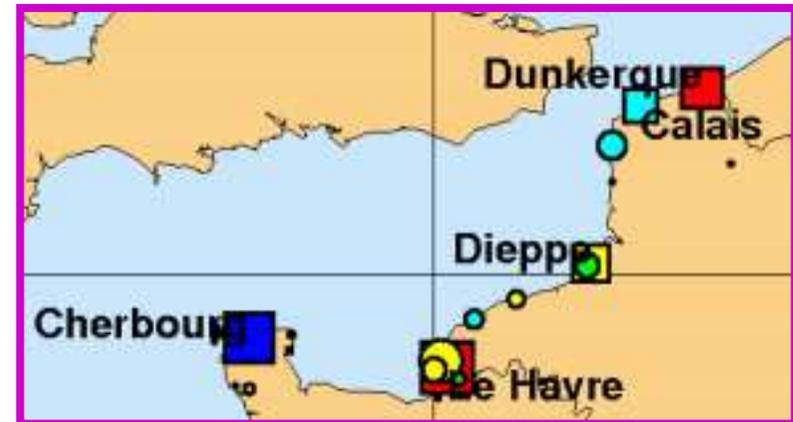
EXEMPLE : PLAN EMBOUCHURE DE LA SEINE – LEVÉ 1834



Conclusion

AMÉLIORATION DE LA CONNAISSANCE POUR LE LITTORAL NORMAND ET PICARD

Aucune série séculaire du niveau de la mer n'est disponible aujourd'hui au format numérique alors que les données existent au format papier



Les longues séries sont pourtant indispensables pour répondre aux questions suivantes :

Le niveau de la mer monte-t-il ? Oui depuis quand ? Oui de combien ? Augmente-t-il régulièrement ? Y-a-t-il plus de tempêtes aujourd'hui ? La « marée » a-t-elle changé depuis les derniers siècles ?

Les longues séries permettent également d'améliorer la connaissance sur les événements extrêmes, connaître les niveaux marins maximums déjà atteints par le passé...

Conclusion

AMÉLIORATION DE LA CONNAISSANCE POUR LE LITTORAL NORMAND ET PICARD

DÉTAIL PLAN DU PORT DE
COURSEULLES-SUR-MER
(CALVADOS) LEVÉ 1834

Les plans depuis le 19^{ème} siècle attestent de l'évolution du trait de côte dans les régions sensibles aux processus naturels où aux effets liés au changement climatique.



Ces plans sont donc susceptibles d'apporter une information inédite sur les évolutions historiques du littoral et donc de venir éclairer sous un angle nouveau les études actuelles sur le changement climatique et son impact.

Des études sociétales liées à l'évolution des ouvrages d'art portuaires ou à l'urbanisme peuvent apporter aussi de nombreuses indications sur l'évolution de l'aménagement du littoral par exemple.

Les Journées REFMAR

JOURNÉES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES



3 jours – 3 thèmes :

Mardi 2 :

L'observation du niveau marin au profit de la recherche



Mercredi 3 :

Les surcotes marines



Jeudi 4 :

Comprendre l'évolution du niveau marin au profit de la recherche

