La montée de la mer est inexorable pour ces prochains siècles. Que de conséquences à prendre en compte !

Ecole d'Eté Sauvons le Climat Brest 2025

Laurent Labeyrie

Professeur associé Université Bretagne Sud

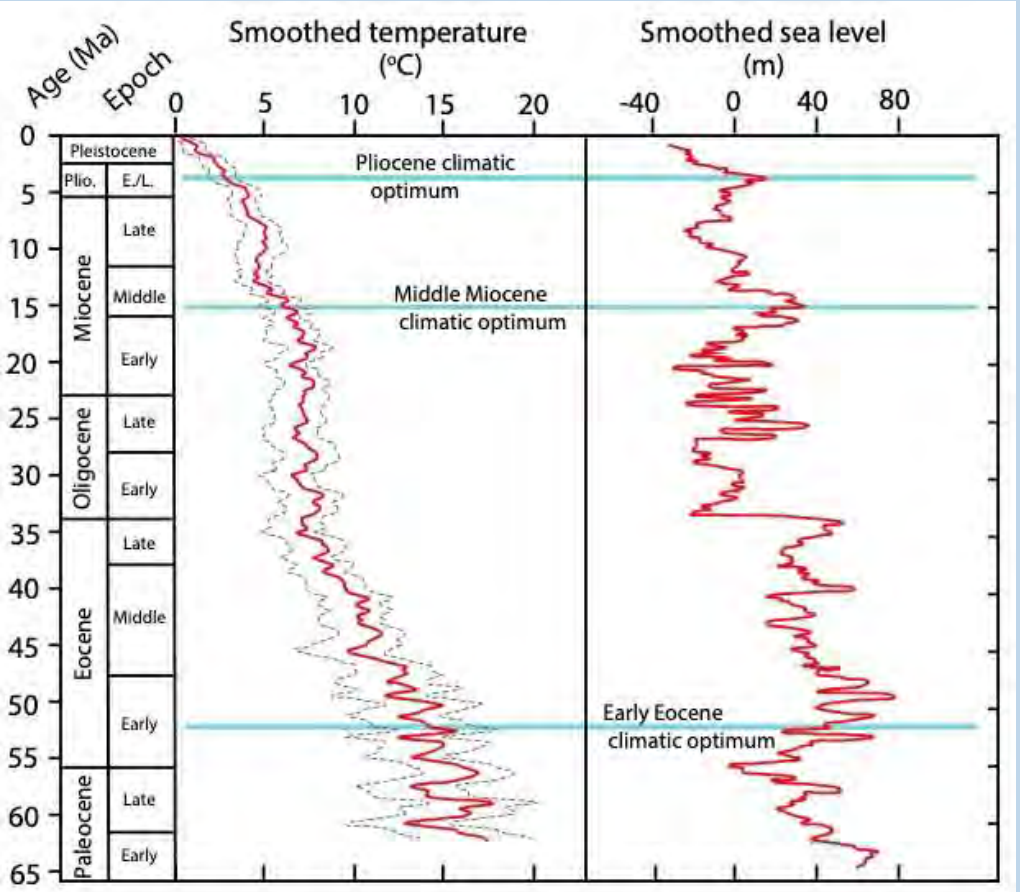
Professeur Honoraire Institut Universitaire de France

IPCC author and co-editor for Oceans and Climate WG1 2004-2008

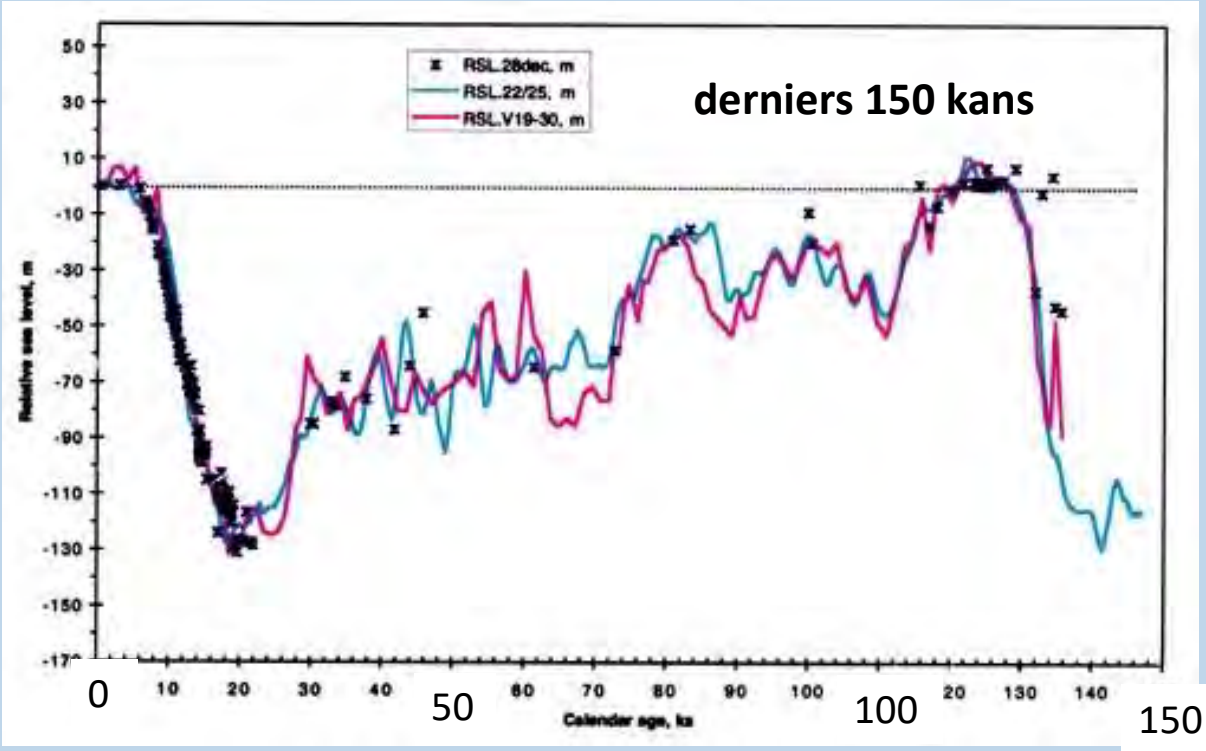
Membre Haut Conseil Breton pour le Climat (2022-)

ldlabeyrie@gmail.com

le niveau de la mer a toujours changé: équilibre complexe

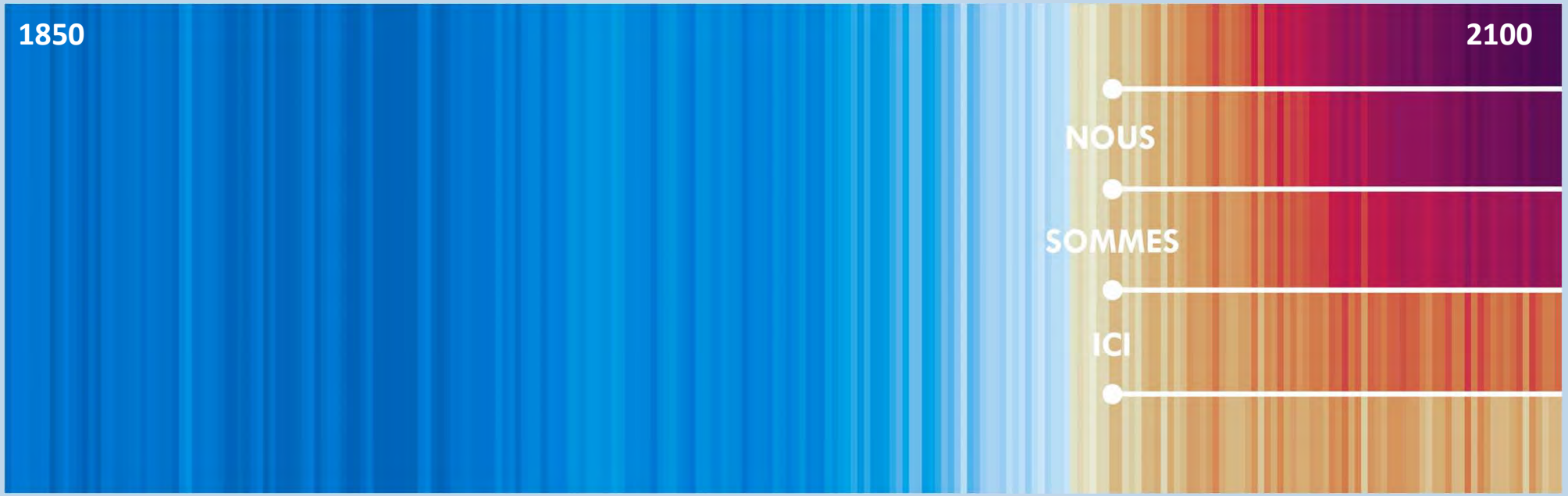


igure 1. Geological history of sea-surface temperature and sea-level changes for the asin through the last 65 million years (modified from Miller et al., 2020) [9].



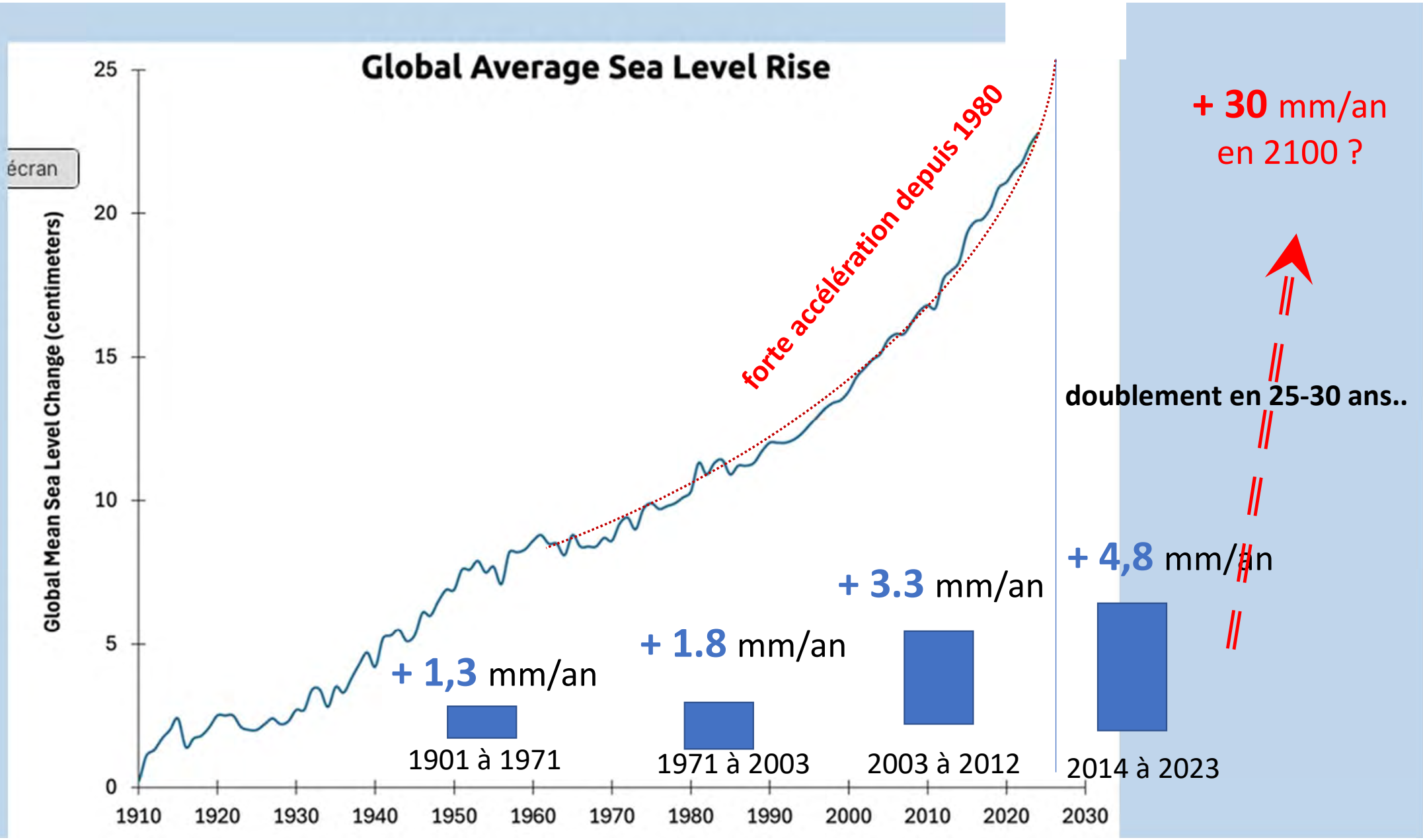
Le Cromlech d'Er Lannic, à moitié sous les eaux

le cadre actuel : le changement climatique, enjeux de transformations on sait (avec incertitudes) -> On agit?



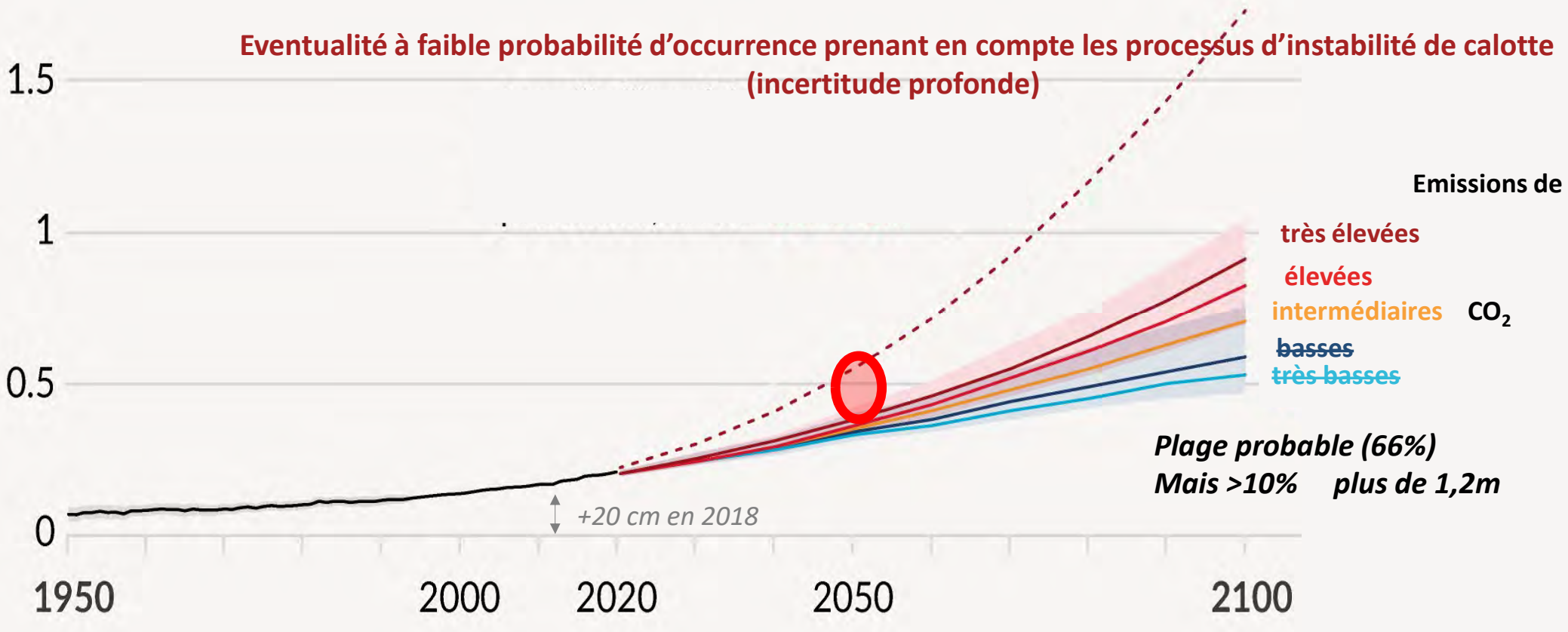
Sources : rapports du GIEC (www.ipcc.ch) et du Haut Conseil pour le Climat (www.hautconseilclimat.fr)

Extrait d'une présentation Valérie Masson-Delmotte 2022


Global Average Sea Level Rise
écran
Global Mean Sea Level Change (centimeters)
25
20
15
10
5
0
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
2020
2030
forte accélération depuis 1980
+ 1,3 mm/an
1901 à 1971
+ 1.8 mm/an
1971 à 2003
+ 3.3 mm/an
2003 à 2012
+ 4,8 mm/an
2014 à 2023
doublement en 25-30 ans..
+ 30 mm/an
en 2100 ?

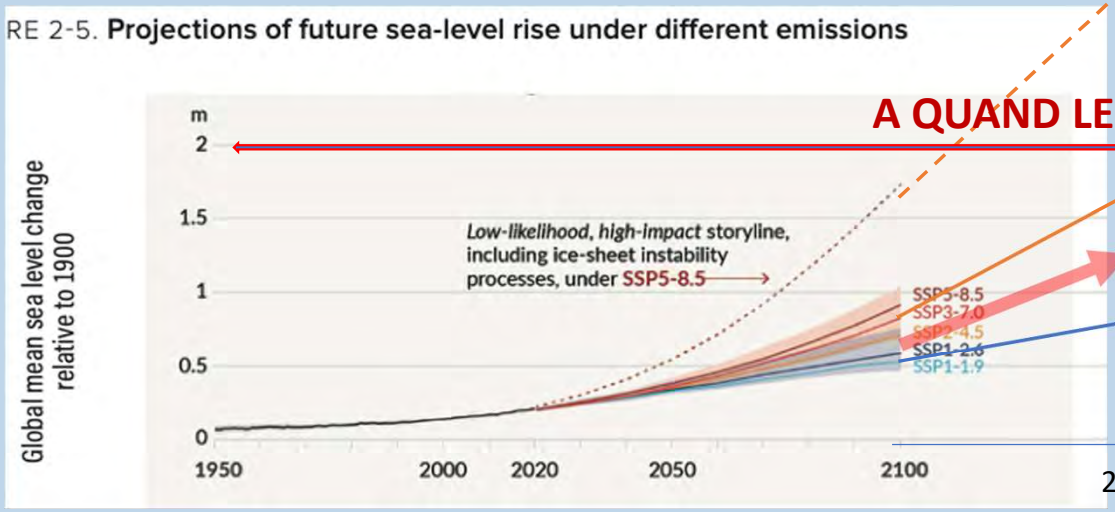
La vitesse et l'amplitude de la montée du niveau de la mer vont donc dépendre des émissions de gaz à effet de serre à venir

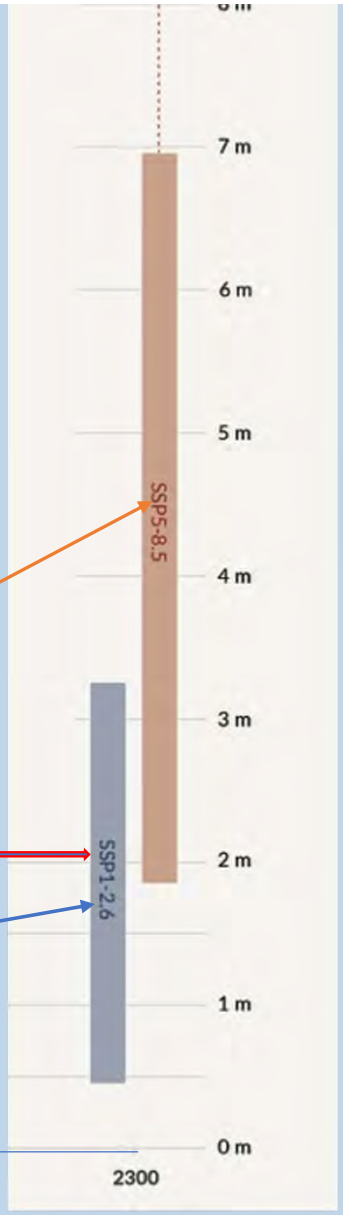
Montée du niveau moyen de la mer par rapport à 1900 (m)



GIEC évolution tendentielle post 2100 ?

suivant hypothèses d'émission de GES





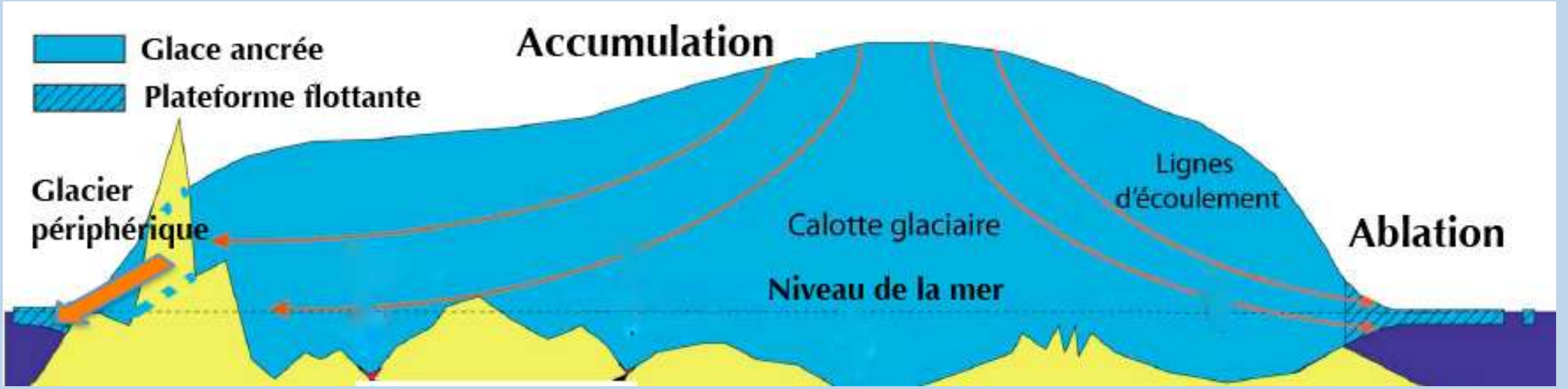
?

A QUAND LES +2M ?

Tendance actuelle?

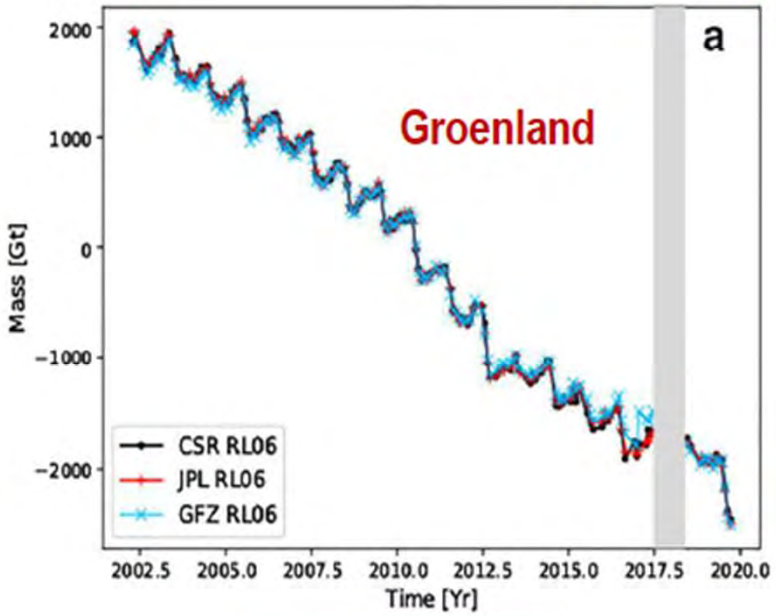
les grandes incertitudes :
La fonte des calottes polaires

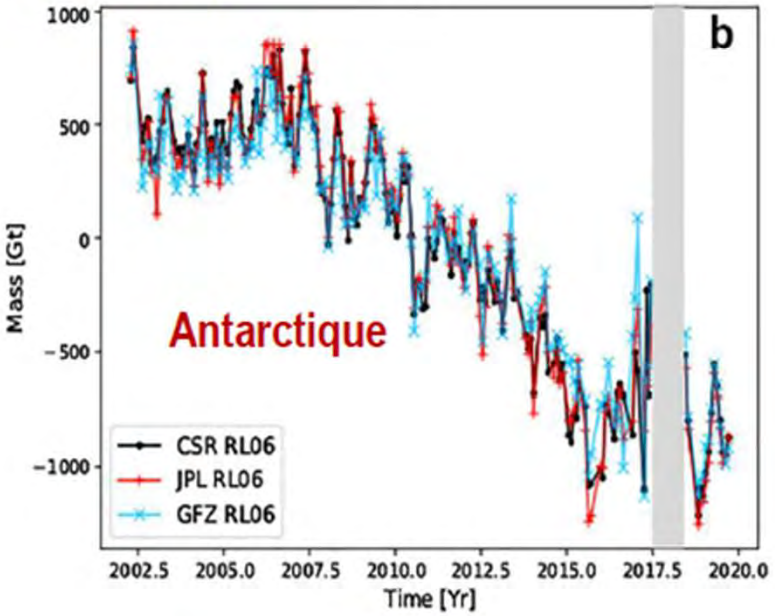
section d’une calotte polaire

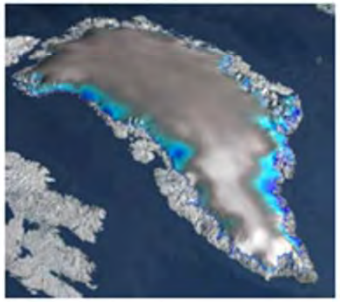


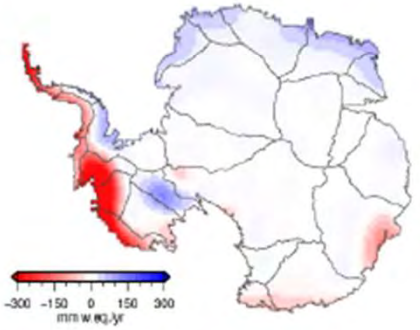
Perte de masse de glace au Groenland et en Antarctique d'après les mesures de gravimétrie spatiale GRACE (2002-2020)

GIS *(I. Velicogna et al., 2020)* AIS



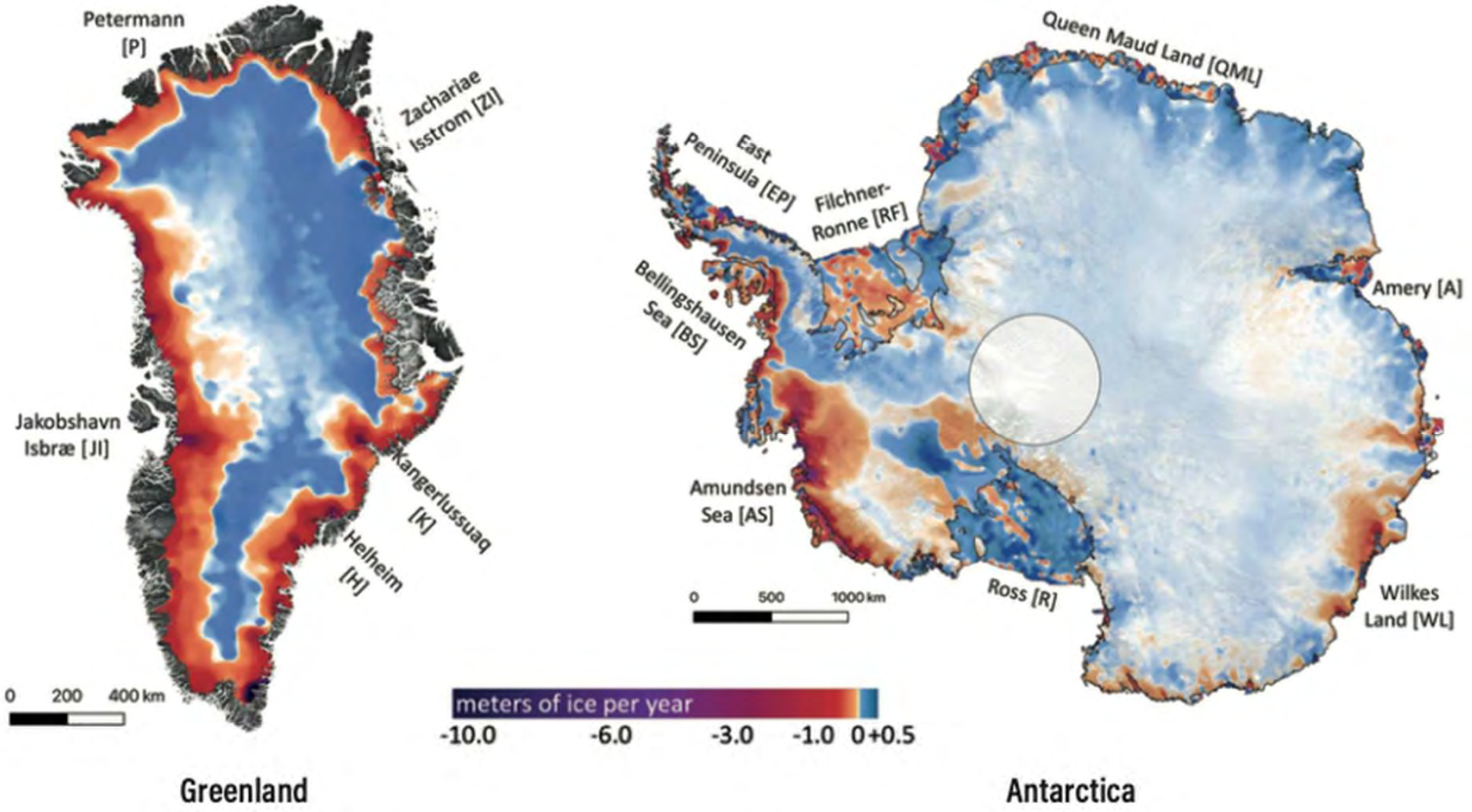






Anny Cazenave LEGOS, Toulouse

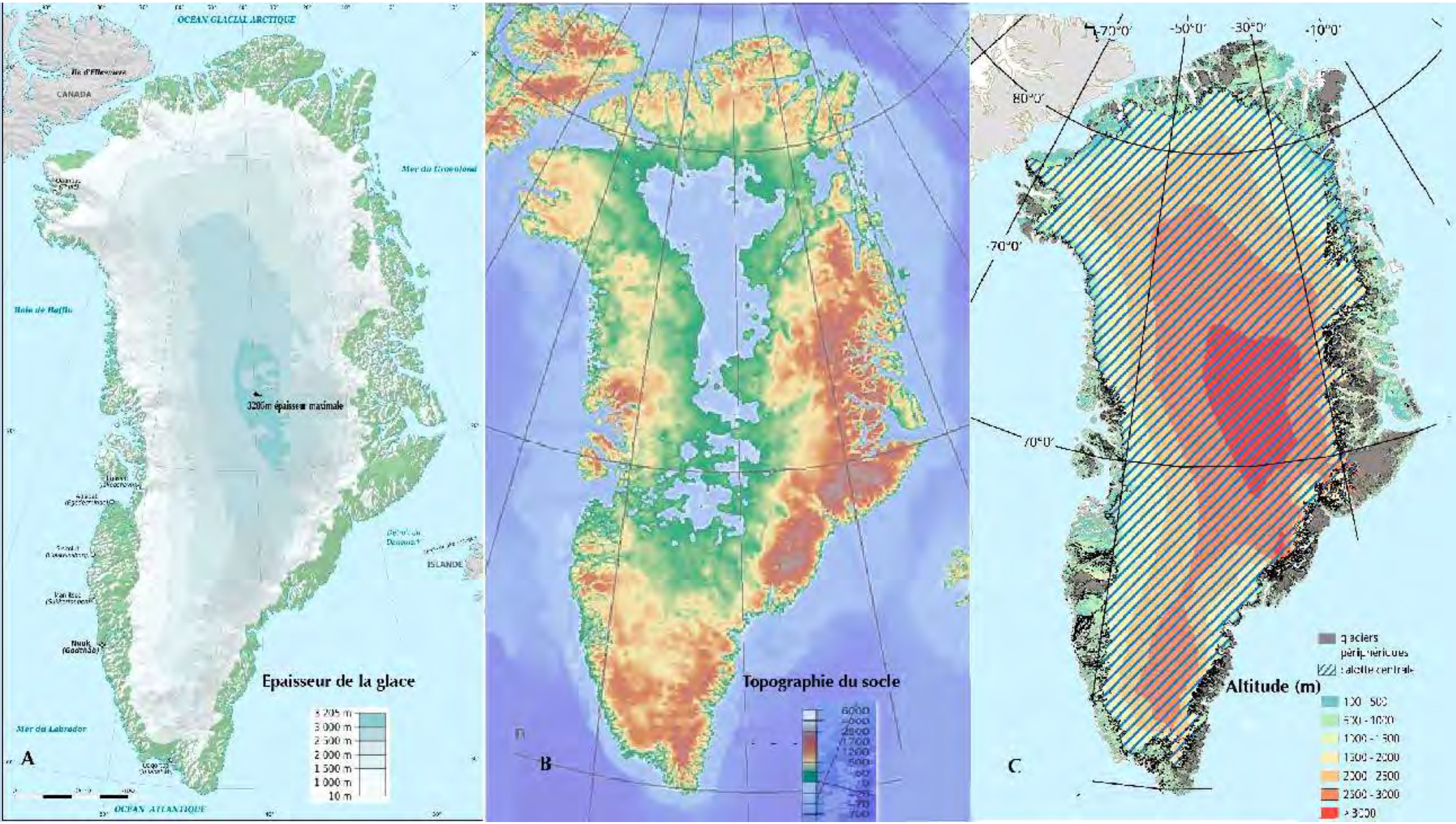
FIGURE 2-2. **Current Ice Loss Regions – Greenland and Antarctica**



The rate of ice loss is now 5 times higher in Greenland and 25% higher in Antarctica compared to the early 1990s.

SOURCE: SMITH ET AL. (2020)

state of the cryosphere report 2024

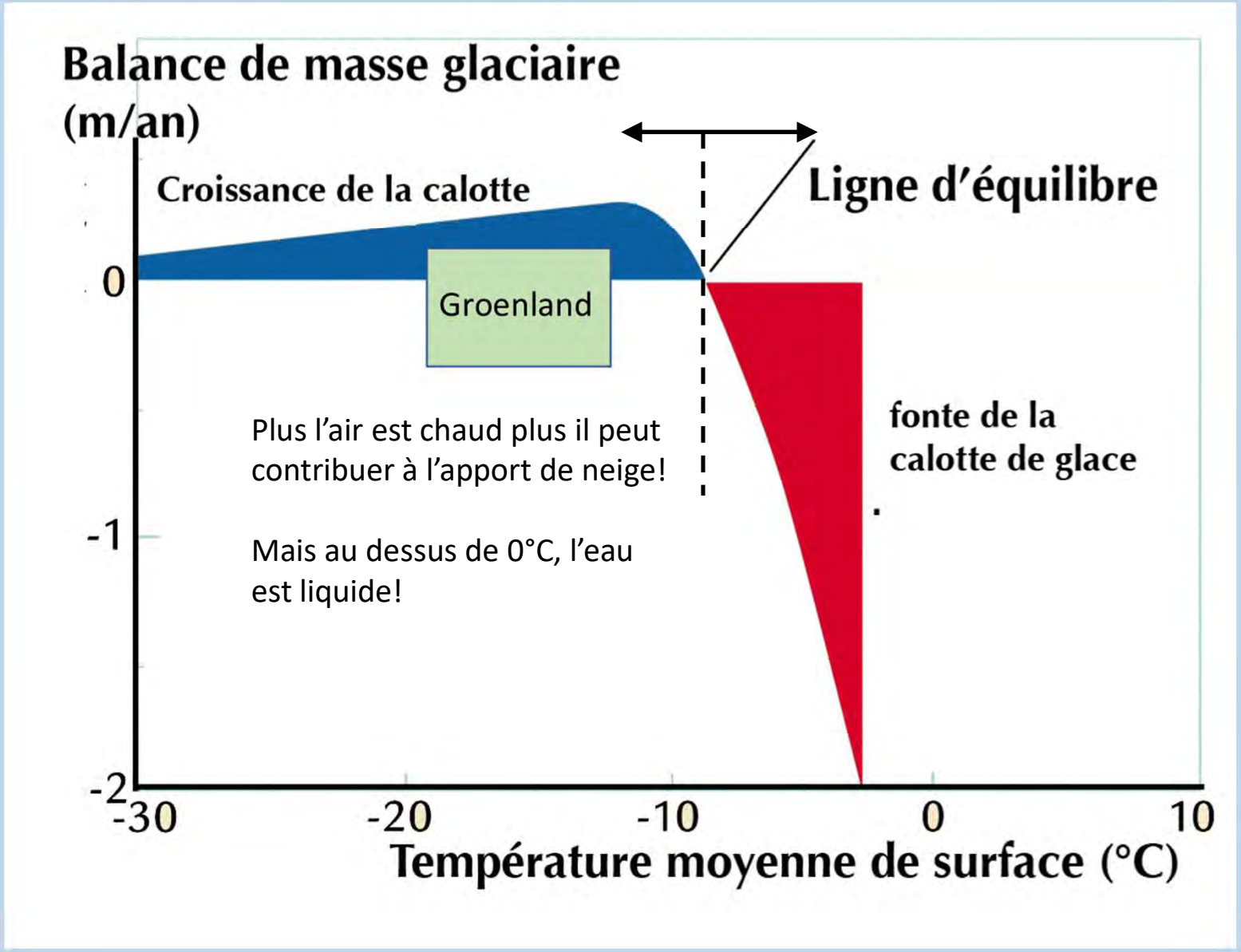

OCEAN GLACIAL ARCTIQUE
CANADA
Mer du Groenland
Baie de Baffin
3200m épaisseur maximale
ISLANDE
Mer du Labrador
OCEAN ATLANTIQUE
Epaisseur de la glace
3 205 m
3 000 m
2 500 m
2 000 m
1 500 m
1 000 m
10 m
A
Topographie du socle
B
-70°0'
-50°0'
-30°0'
-10°0'
80°0'
70°0'
Altitude (m)
C

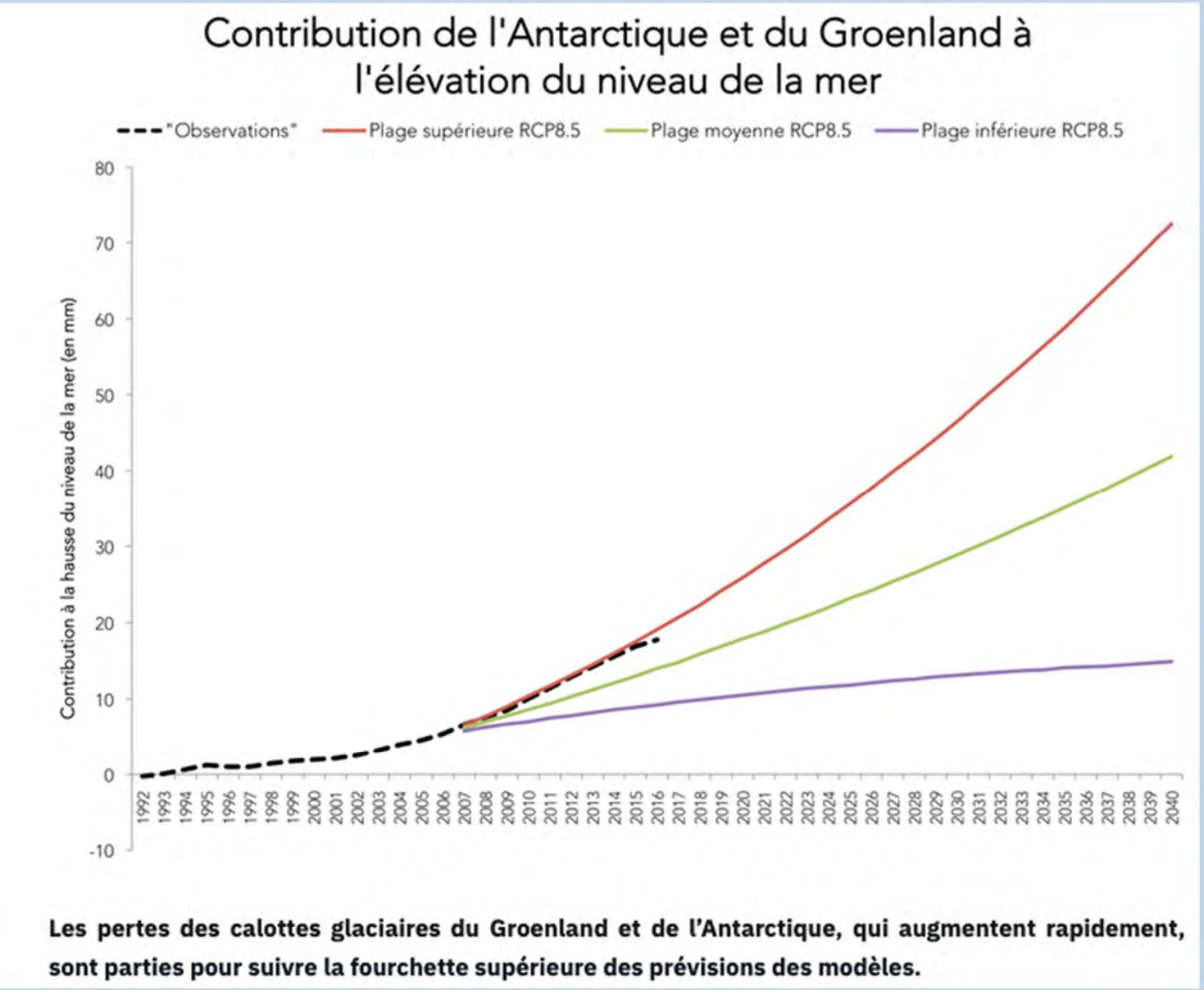
fonte des calottes polaires: complexe

Pour le début du XXIIème siècle

Contribution de l'Antarctique estimée entre +44 cm et -22 cm !!!
(incertitude liée à climatologie : + de fonte ou + de neige,
mais aussi aux interactions avec l'océan en périphérie)

Pour le Groenland, les prédictions originales de +40 cm pourraient être plus que doublées,
compte tenue des tendances actuelles (fonte de surface, sous glaciaire et vélage des icebergs


Balance de masse glaciaire
(m/an)
Croissance de la calotte
Ligne d'équilibre
0
Groenland
Plus l'air est chaud plus il peut contribuer à l'apport de neige!
Mais au dessus de 0°C, l'eau est liquide!
fonte de la calotte de glace
-1
-2
-30
-20
-10
0
10
Température moyenne de surface (°C)



Les pertes des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique, qui augmentent rapidement, sont parties pour suivre la fourchette supérieure des prévisions des modèles.

Fonte des calottes aussi rapide que les modèles GIEC les plus pessimistes, compte tenu du réchauffement global

D'après Global Climat

Twaites glacier Ouest Antarctique:
pénétration sous glaciaire de l'eau océanique chaude à partir de la banquise

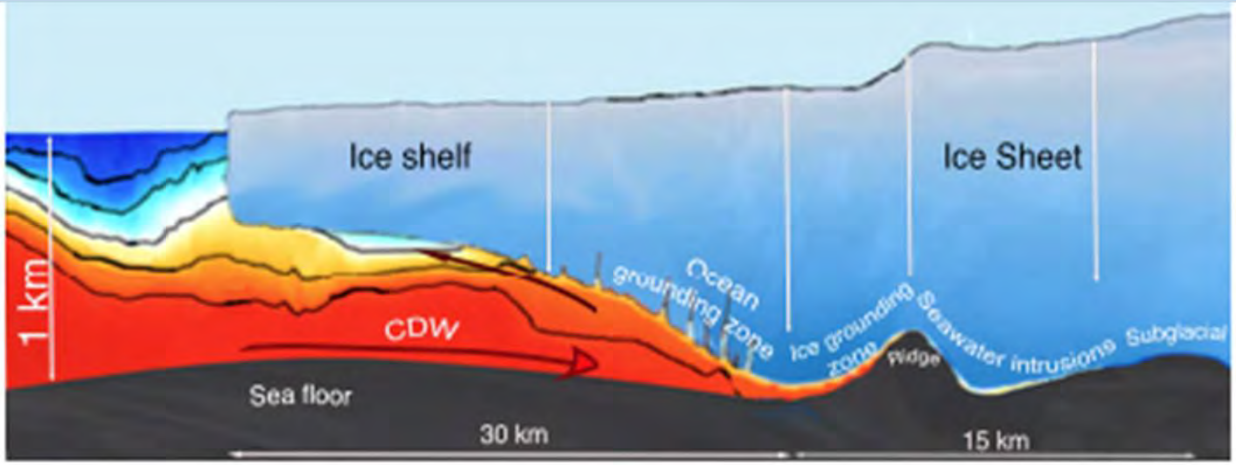
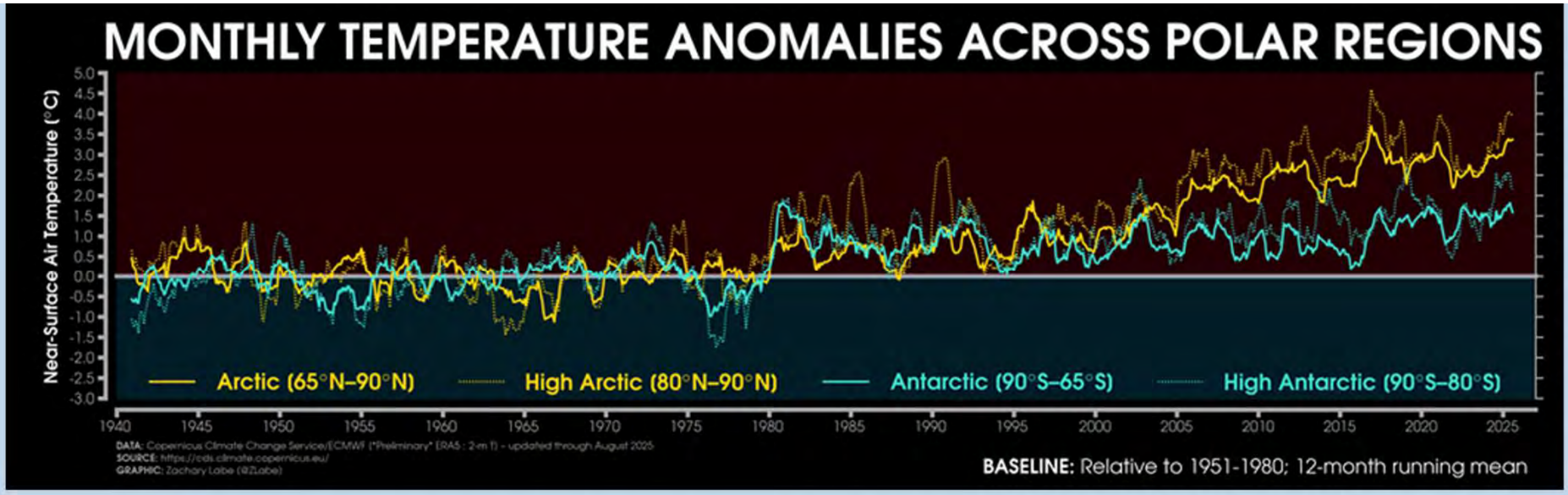
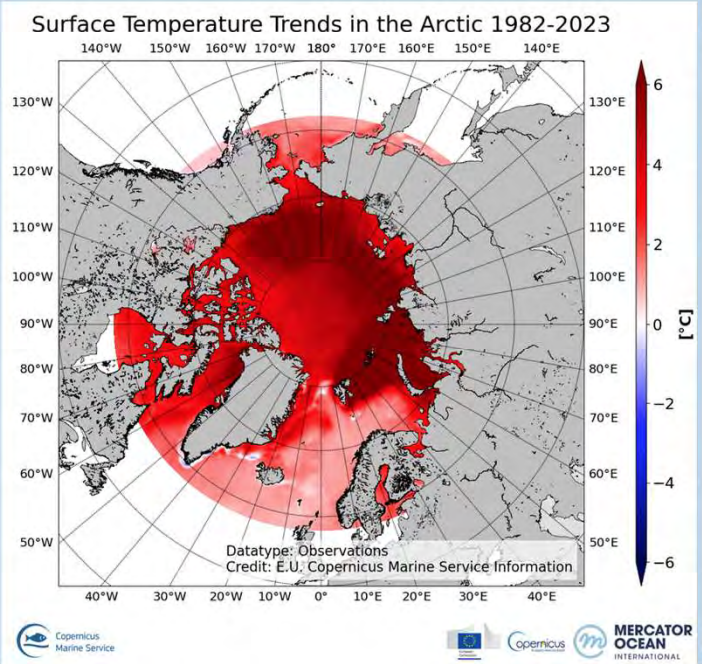


Fig. 1. Ocean grounding zone vs. ice grounding zone of an ice sheet/ice shelf system. CDW filling the ice cavity is color coded by temperature from blue (cold) to red (warm). The ocean grounding zone is always flooded with CDW. The ice grounding zone alternates between flooded and unflooded with changes in oceanic tide and atmospheric pressure. Seawater intrusion propagates beyond the ice grounding zone at irregular intervals. On grounded ice, the glacier bed is overlaid by a thin sheet (10 cm) of pressurized subglacial water, which facilitates intrusion and hydraulic jacking of seawater.

Rignot PNAS 2025





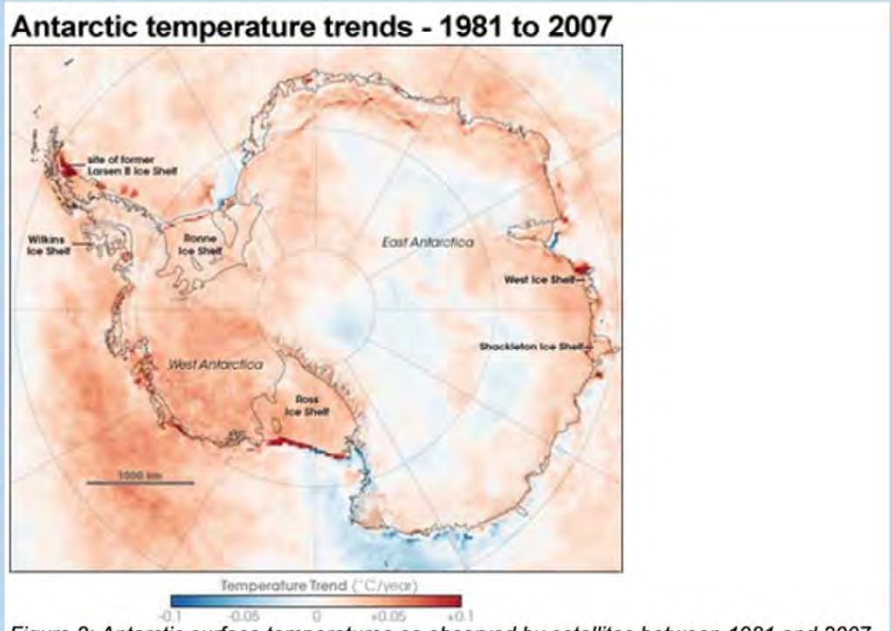
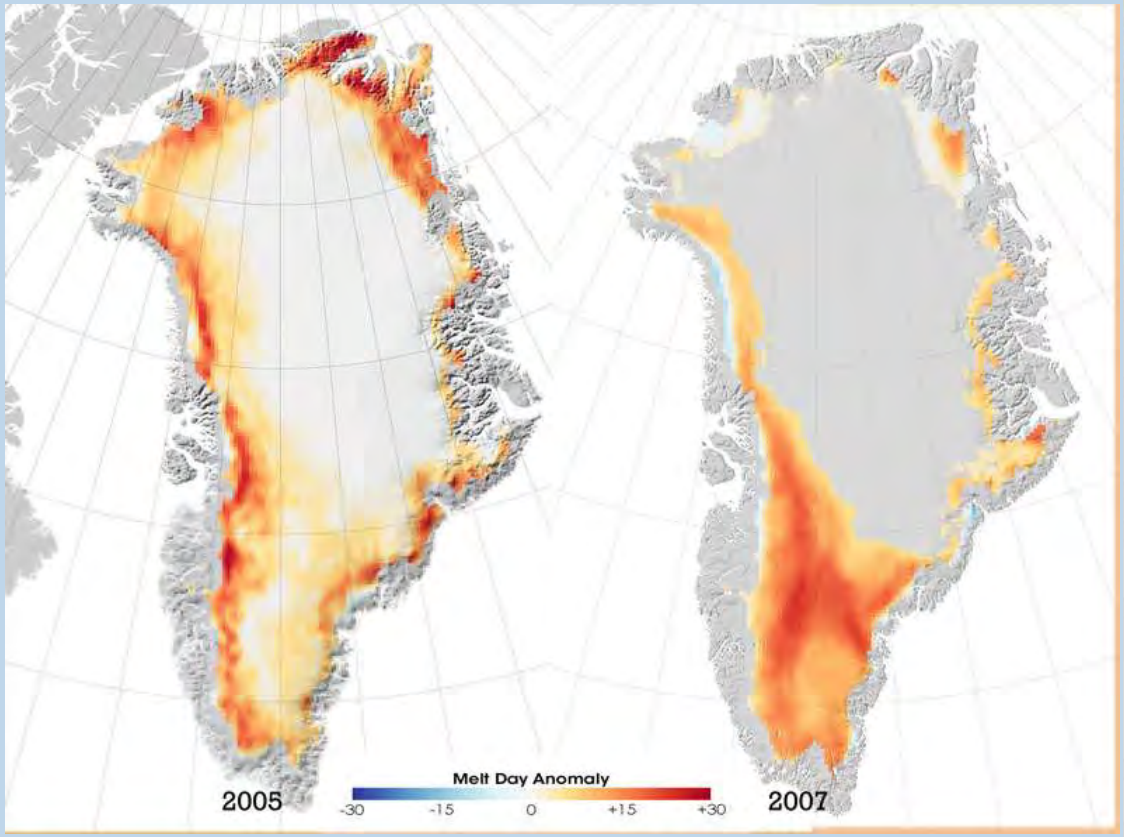
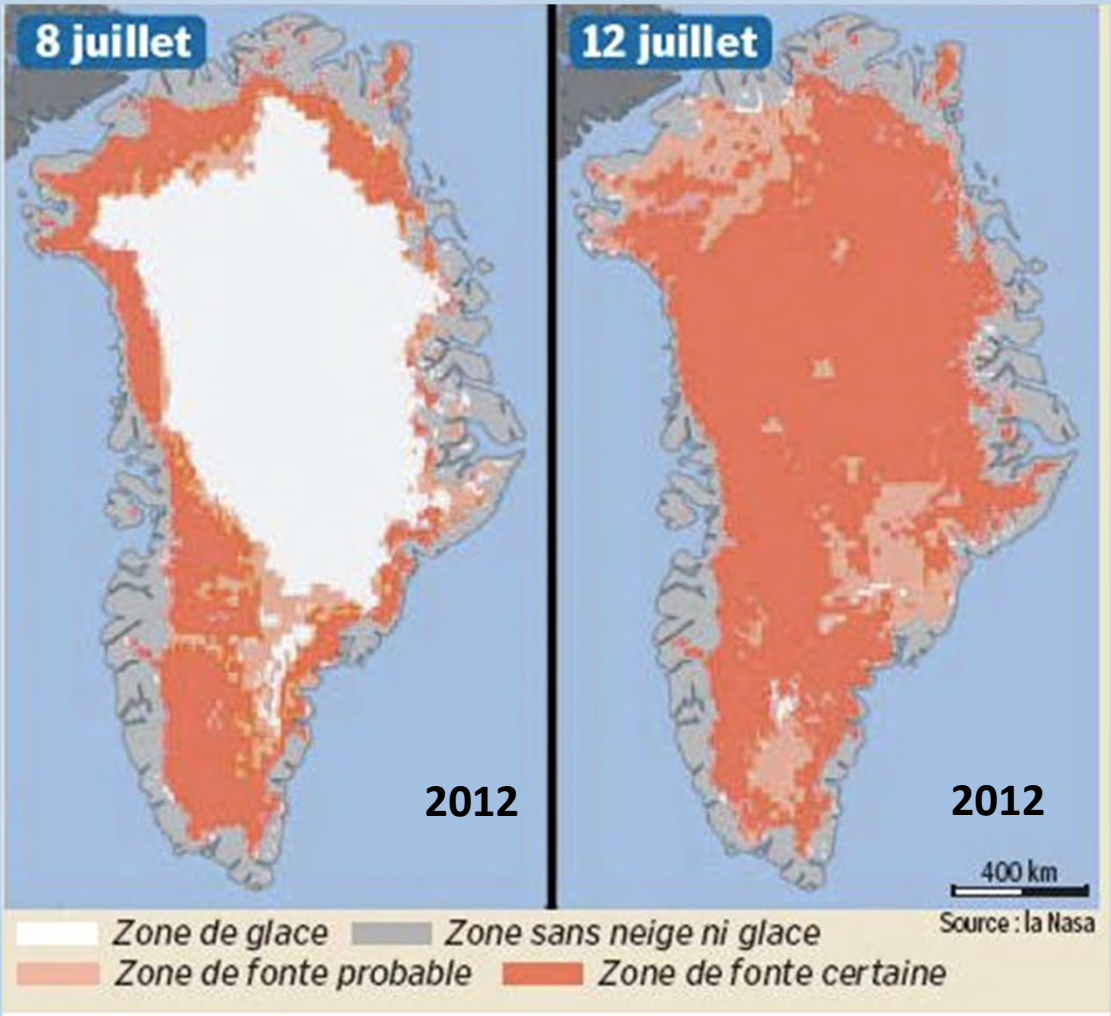
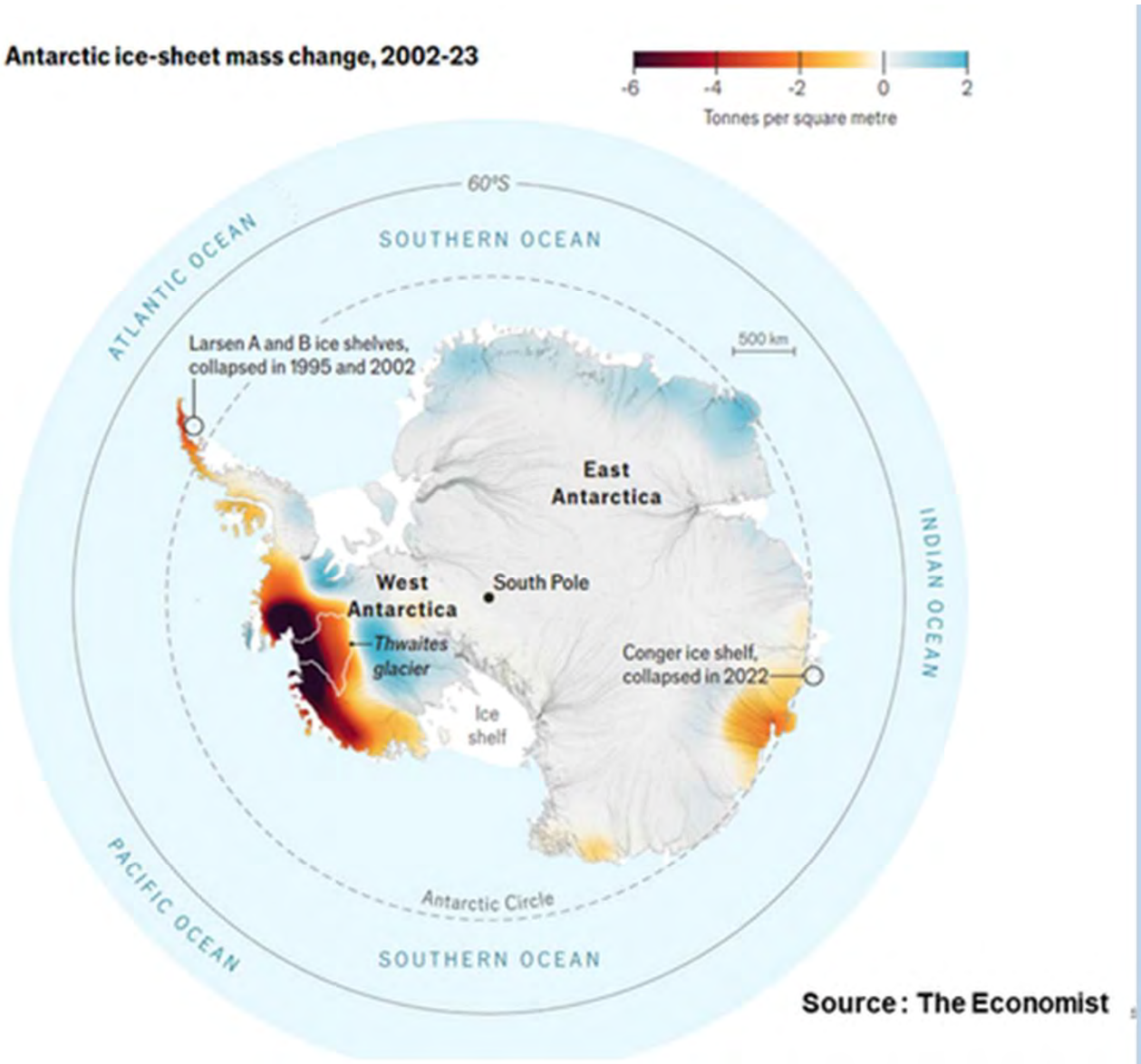


Figure 2: Antarctic surface temperatures as observed by satellites between 1981 and 2007.

Augmentation du nombre de jours de fonte estivale au Groenland avec record en 2012 : toute la surface est affectée

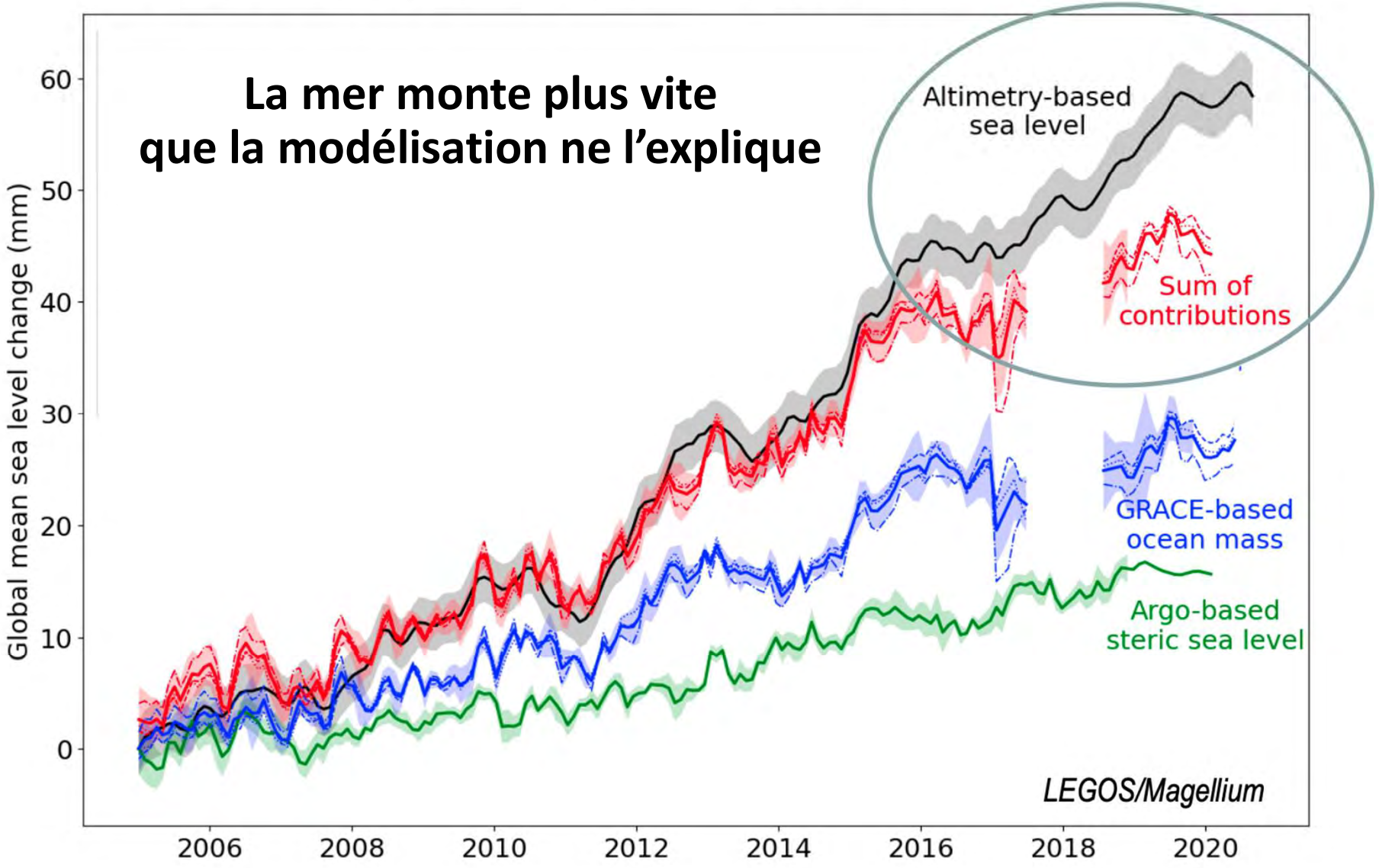






La réduction de la masse glaciaire dans l'Antarctique Ouest

Depuis 2017, le bilan du niveau de la mer n'est plus fermé…..

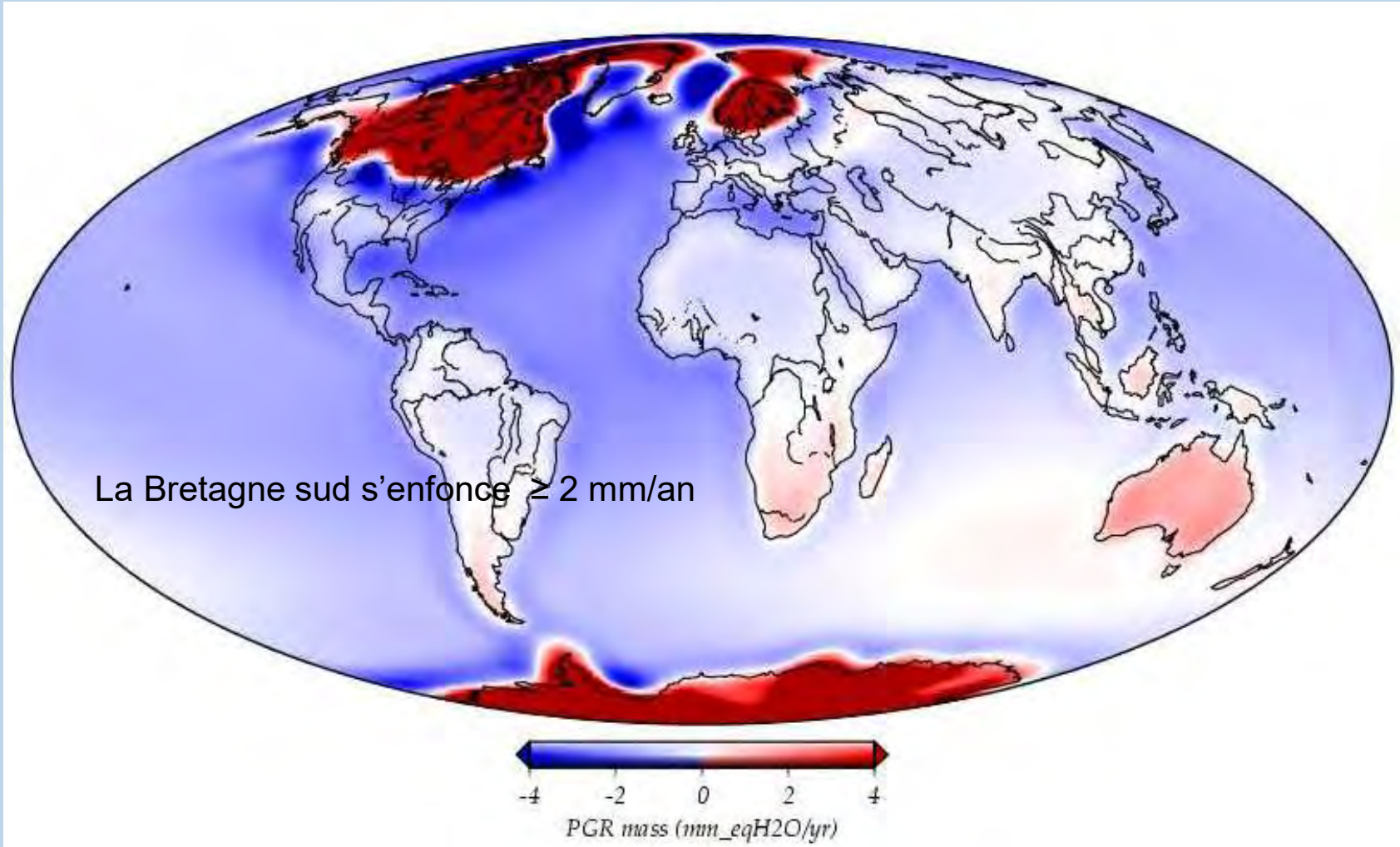


Alors pour le futur?

Sur nos côtes s’ajoute les déformations de la croute terrestre

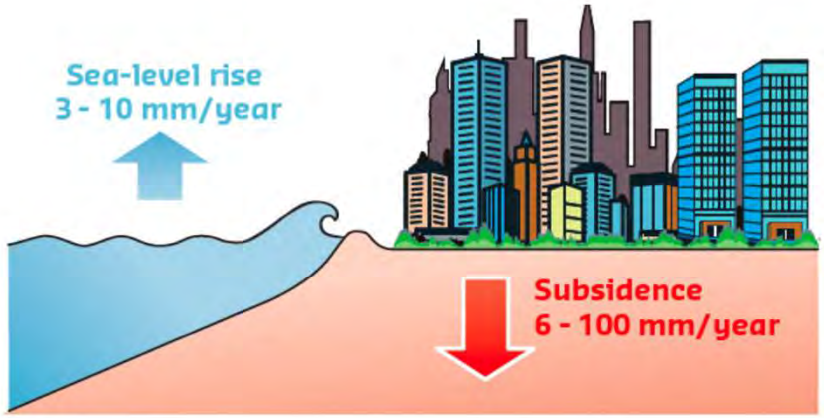
« rebond isostatique »

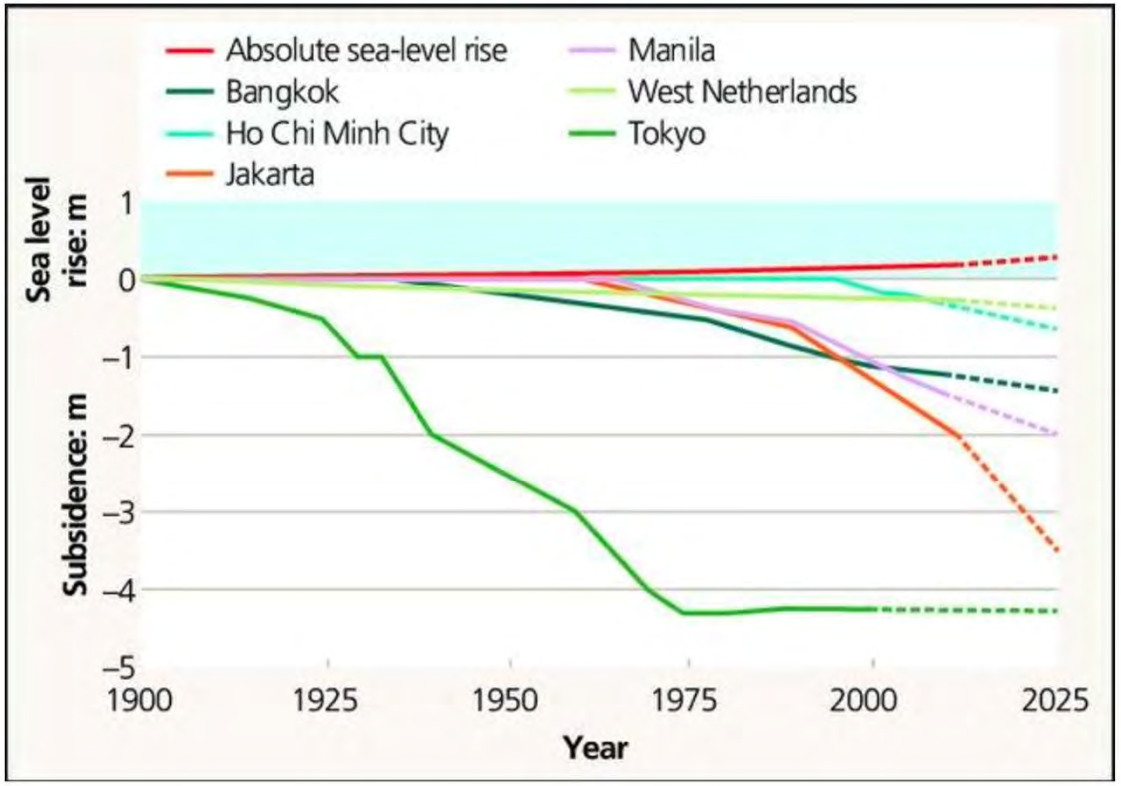
Fin de la période glaciaire



La Bretagne sud s'enfonce ≥ 2 mm/an

Mouvements verticaux du sol
→ autre source de variation du niveau de la mer à la côte

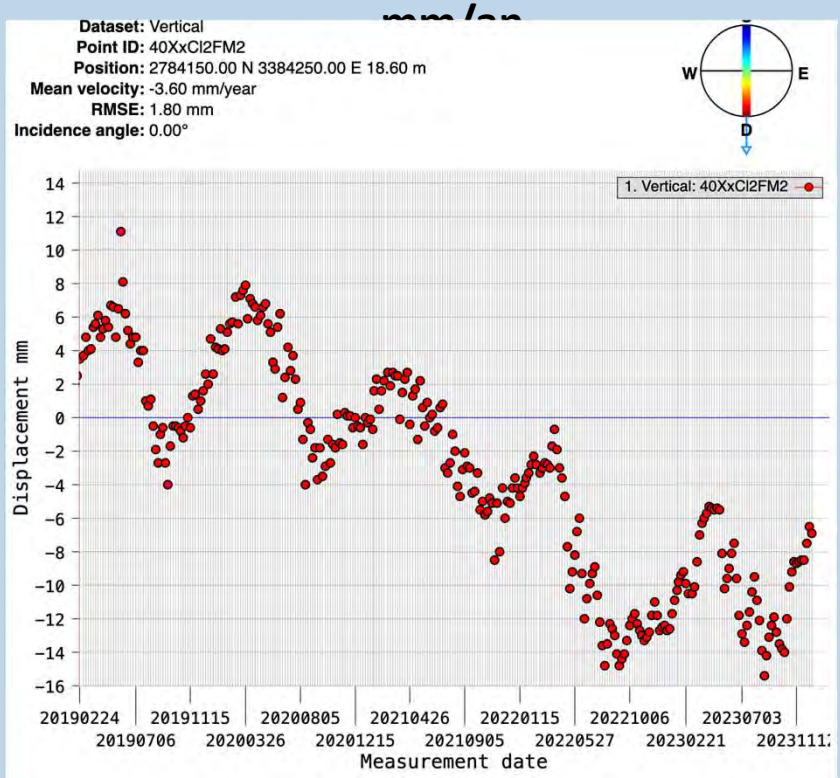


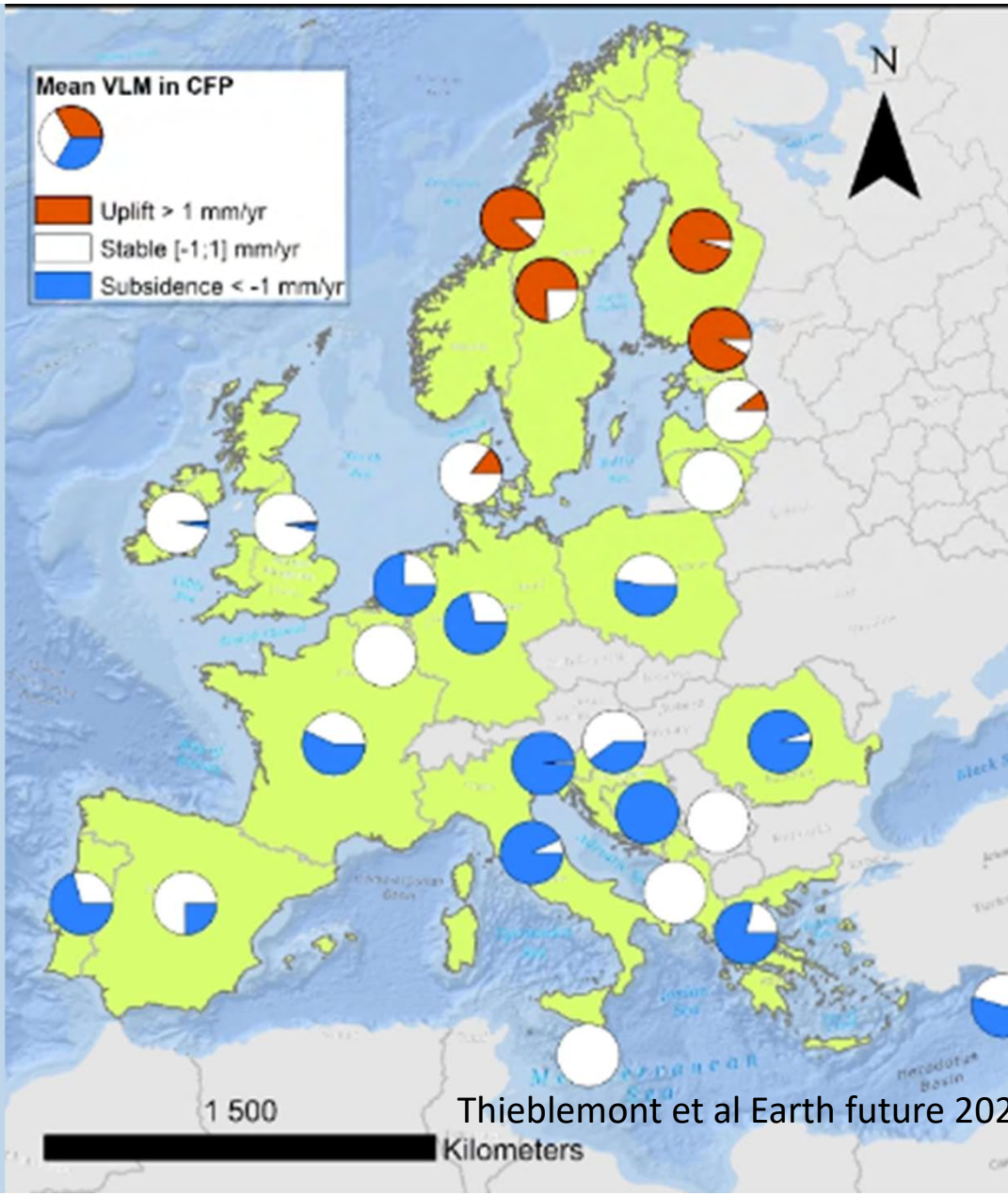


Anny Cazenave
LEGOS, Toulouse

subsidences locales : des creux de topographie?

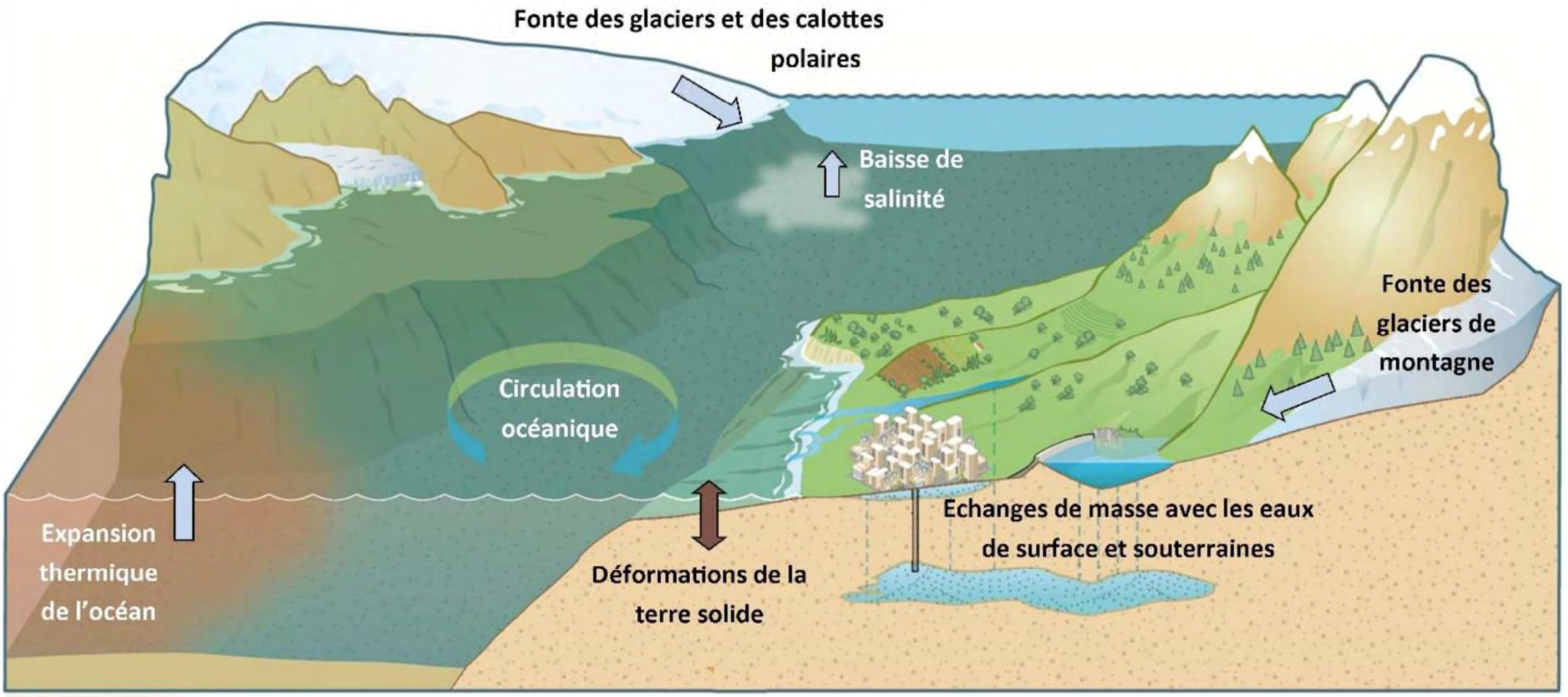
70% des côtes en France s'enfoncent à plus de 1 mm/an!
localement elles peuvent dépasser 5 mm/an





Thieblemont et al Earth future 202

Les différentes composantes de l'élévation du niveau marin



Cazenave & Le Cozannet, 2014

Et les effets de la météorologie!

XYNTHIA

Impacts sur le littoral

Avec l'augmentation de température en surface des océans

(2°C depuis un siècle, dont 1° depuis 25 ans) ,

les extrêmes météorologiques deviennent de plus en plus forts :

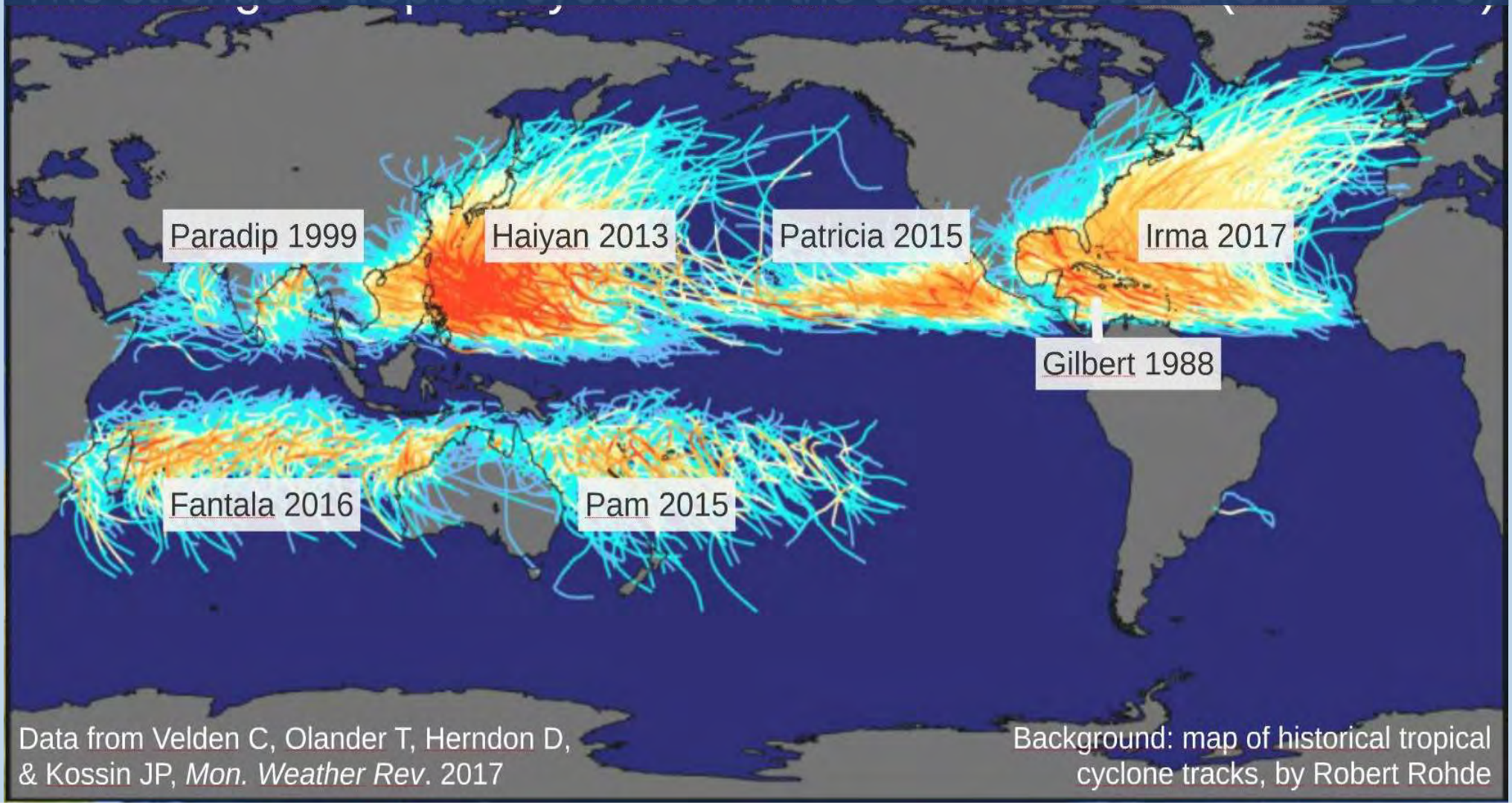
Vents dépassants les 200 km/h (plus de 300 km dans les cyclones),

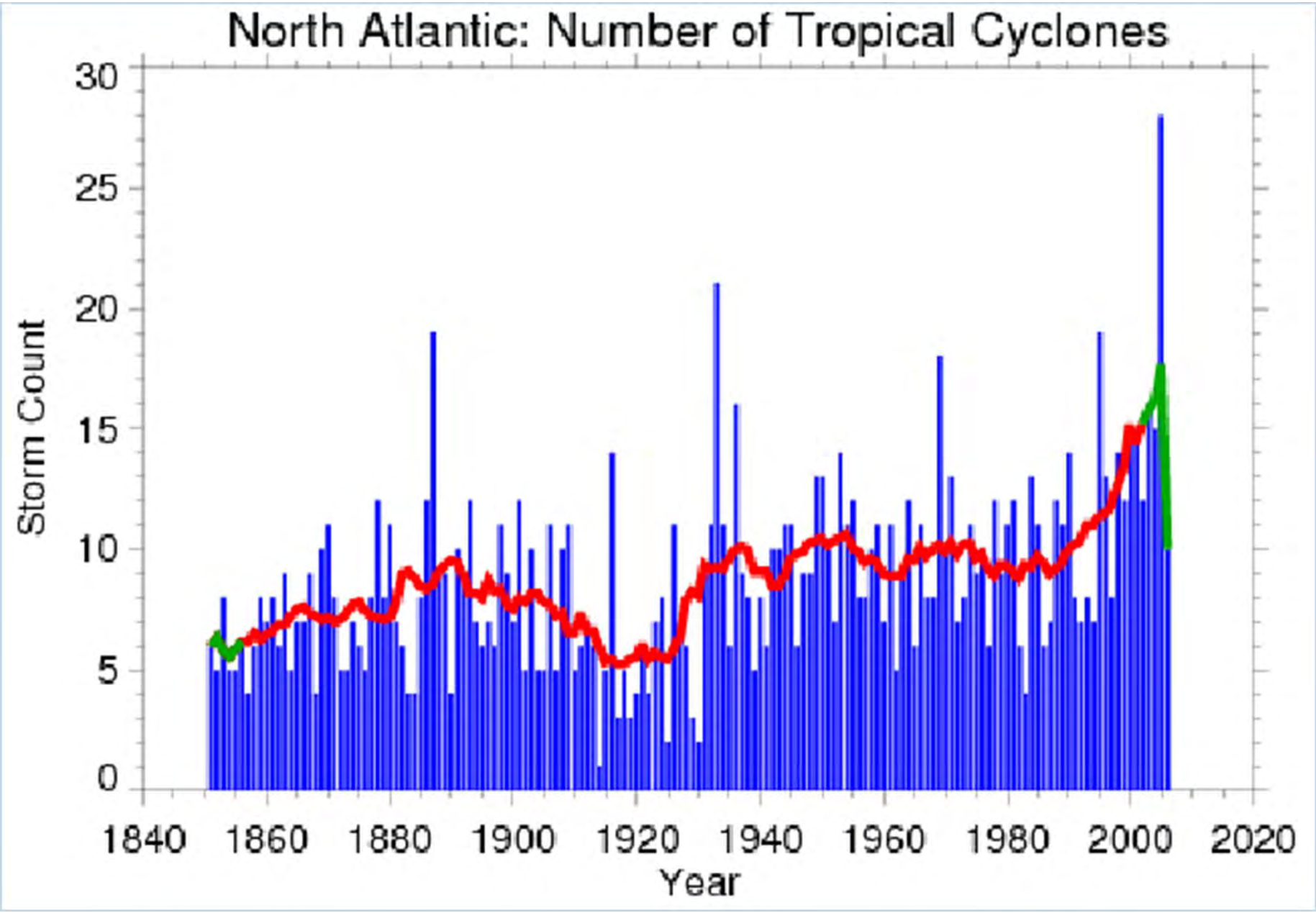
pluies tropicales dépassant les 100 mm/12 h, canicules et

inondations jamais observées auparavant

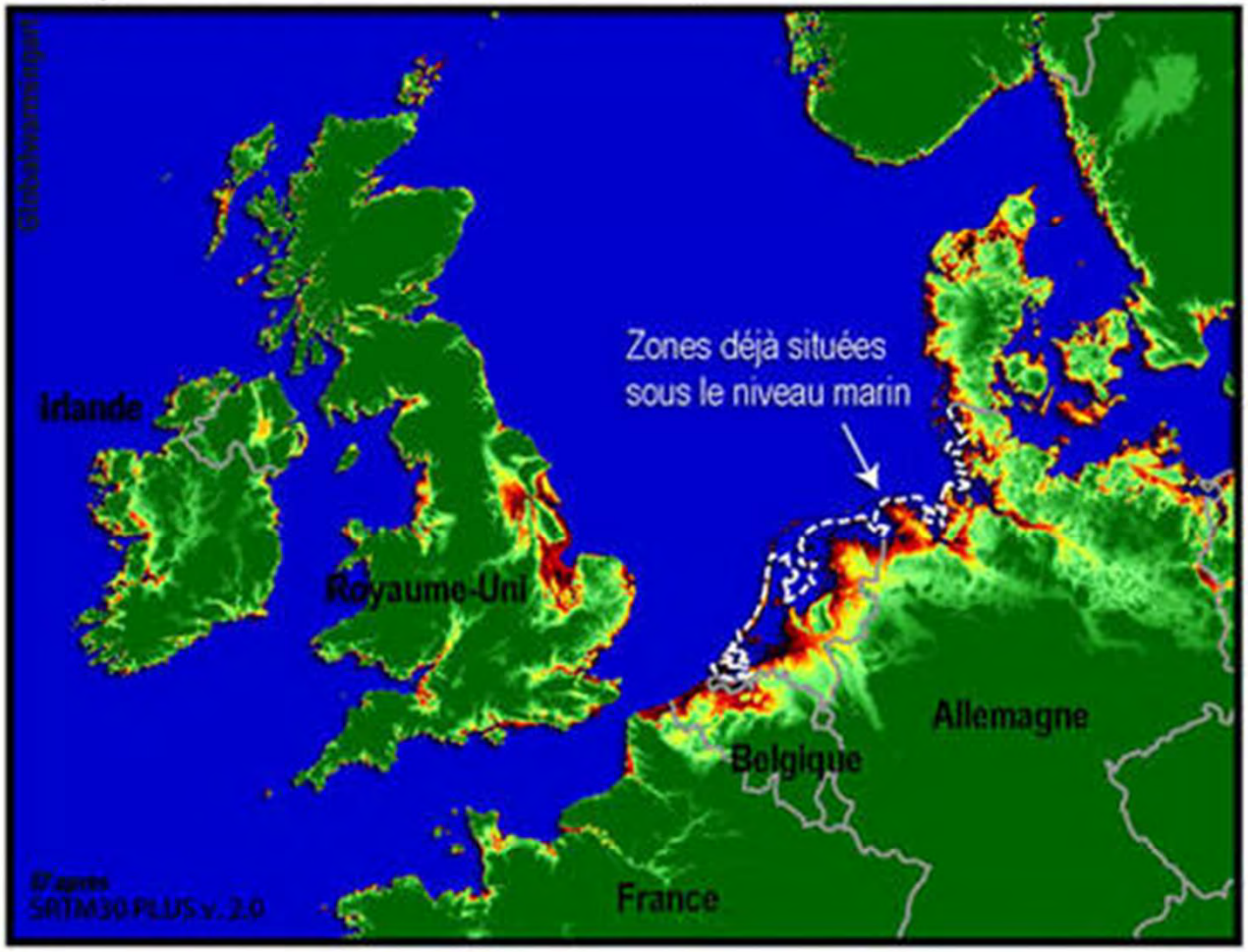
Ouragans et tempêtes provoquent des sur-côtes de 1 à 5 mètres

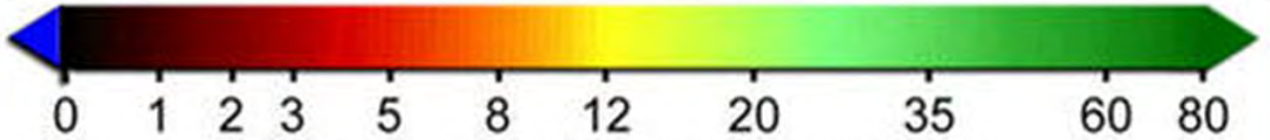
Trajectoires des cyclones majeurs depuis 1979 (et le plus puissant par zone)



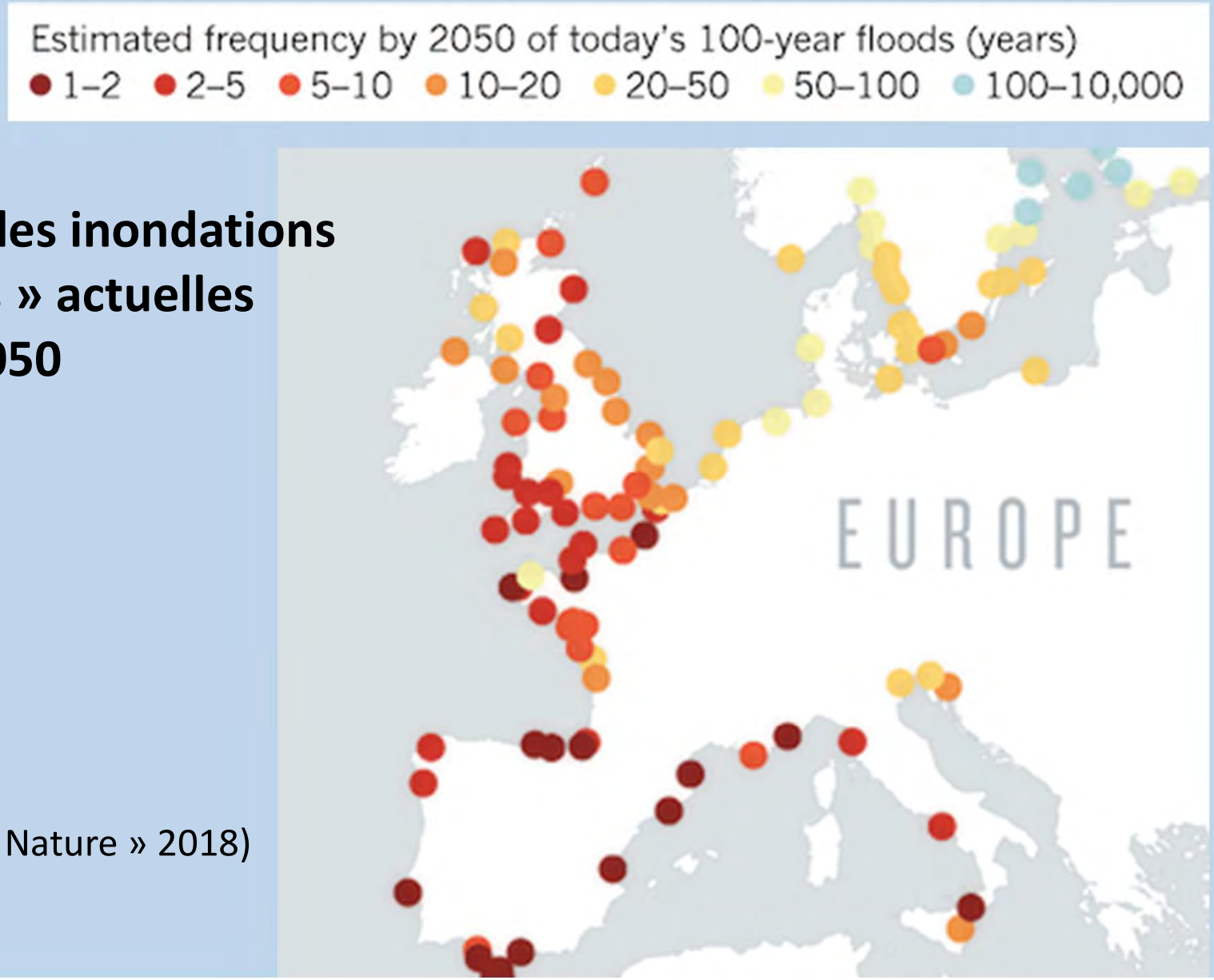

North Atlantic: Number of Tropical Cyclones
Storm Count
30
25
20
15
10
5
0
1840
1860
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Year

Risque de submersion marine, Manche / Mer du Nord



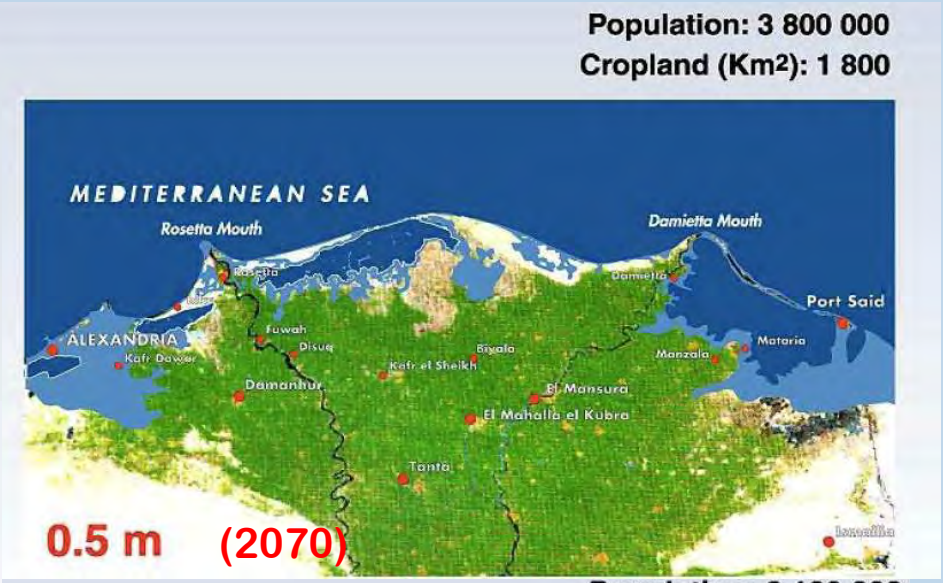


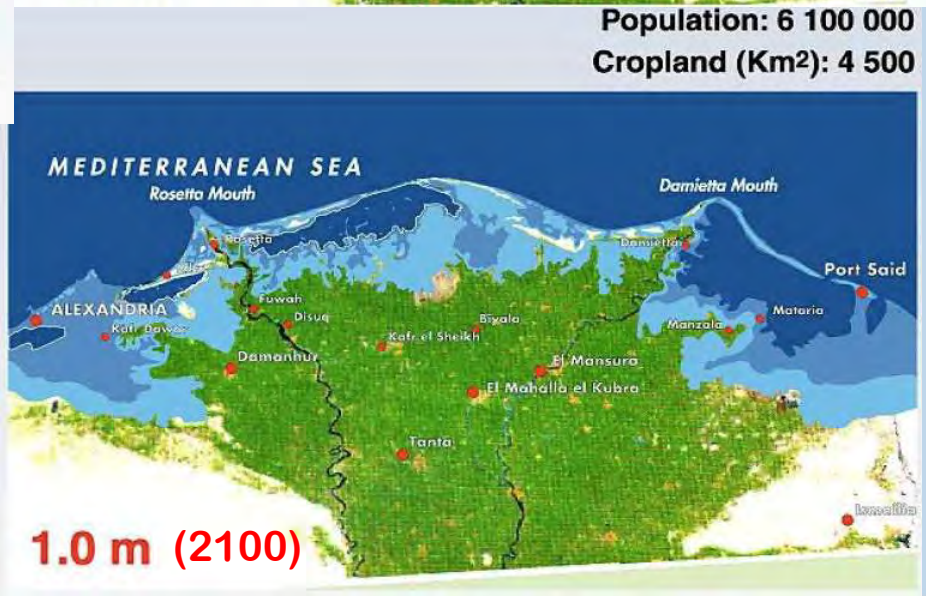
Fréquence (ans) des inondations « centennales » actuelles en 2050



publication « Nature » 2018)

Niveaux des mers : Les deltas





Delta du Nil

Les Iles coraliennes sont les premières touchées

La population des îles Kiribati, dans le Pacifique, s'apprête à émigrer.

A Tuvalu, des habitants ont deja les pieds dans l'eau plusieurs mois par an

Côtes-d'Armor : Molène, première île française engloutie par le réchauffement climatique ?

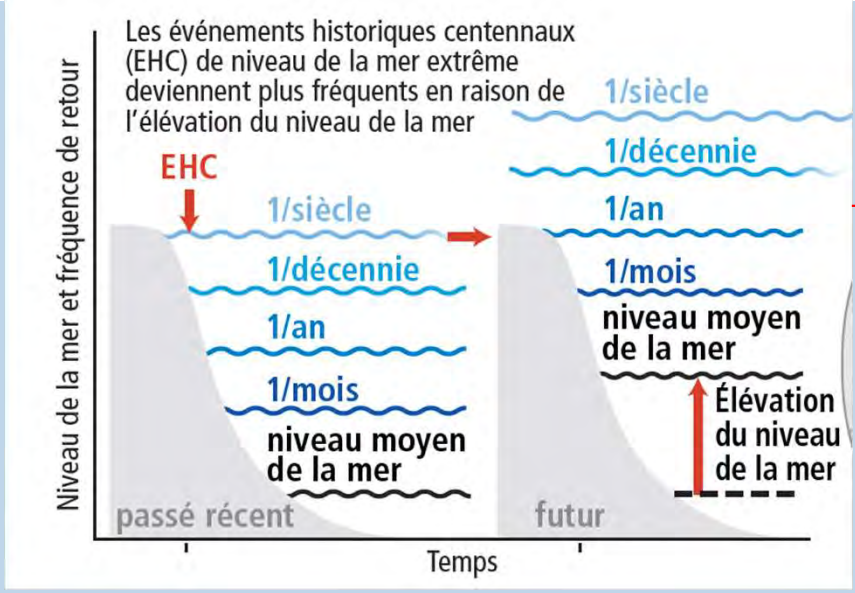
C'est une île-confetti à deux kilomètres au large des côtes dans la baie de Lannion. Avec les tempêtes de plus en plus fréquentes et le changement climatique, l'île de Molène face à Trébeurden se disloque. Sa célèbre dune blanche disparaît peu à peu. D'ici quelques décennies seulement, elle devrait disparaître totalement.

France 3 Bretagne 8 oct 2023

HCBC conférence R. Thieblemont BRGM

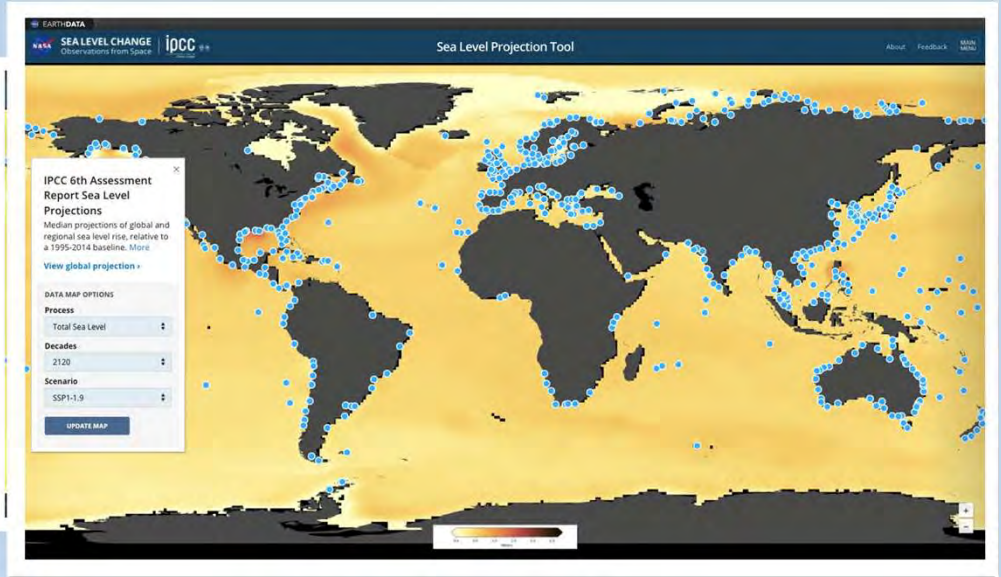
(Quimperlé 2010)
le niveau de la mer est d ‘abord la marée, + la surcote de tempête , parfois associée à des pluies exceptionnelles dont l’écoulement par les rivières est ralentie à l’embouchure
Les risques vont augmenter rapidement avec la montée des eaux

La montée régionale du niveau de la mer augmente la fréquence et l'intensité des inondations côtières dans les zones littorals basses et l'erosion côtière pour la plupart des côtes sableuses



2050 : pour 20-30% des sites équipés de marégraphes

2100 : pour 60 à 80% des sites équipés de marégraphes

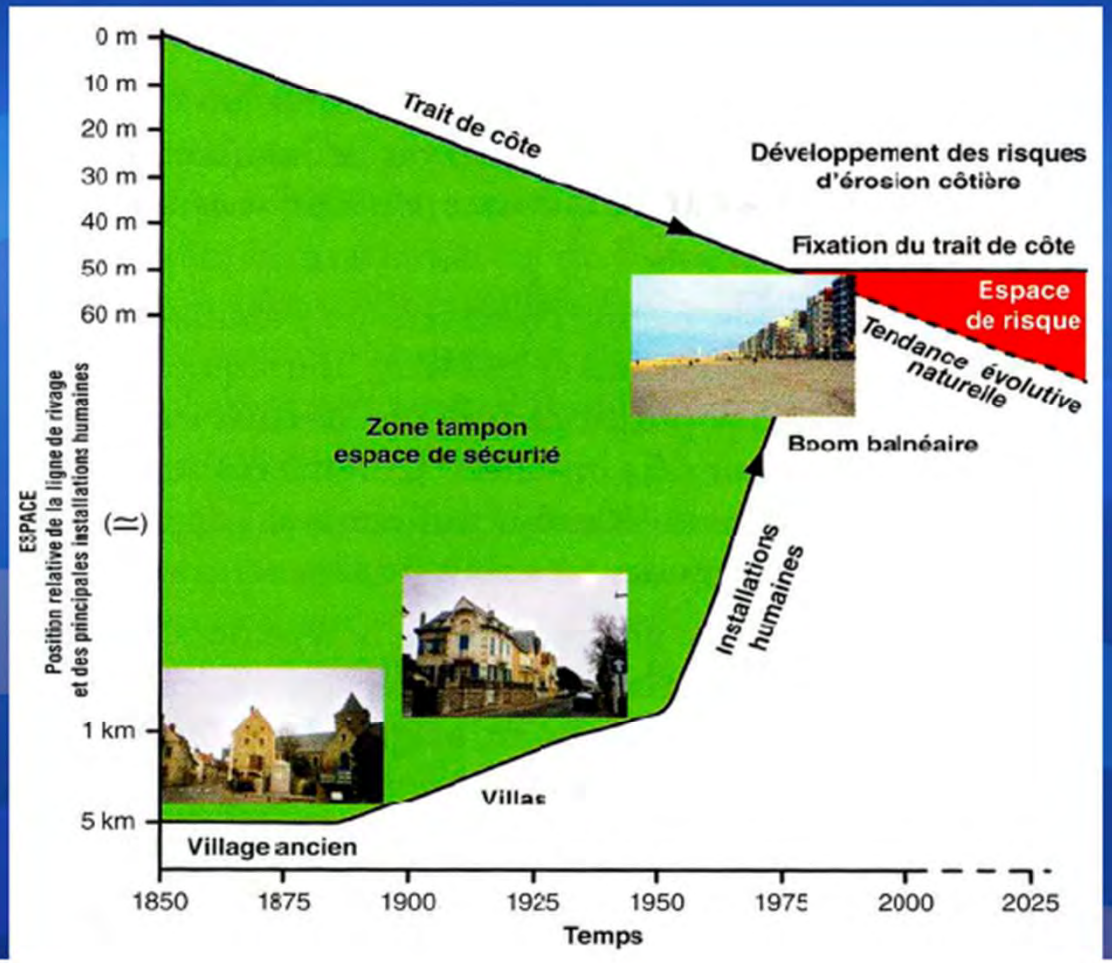


https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool

5 – Les enjeux

L'émergence du risque à la convergence des dynamiques naturelles et anthropiques

(Conception : C. Meur-Férec,V. Morel, 2004)



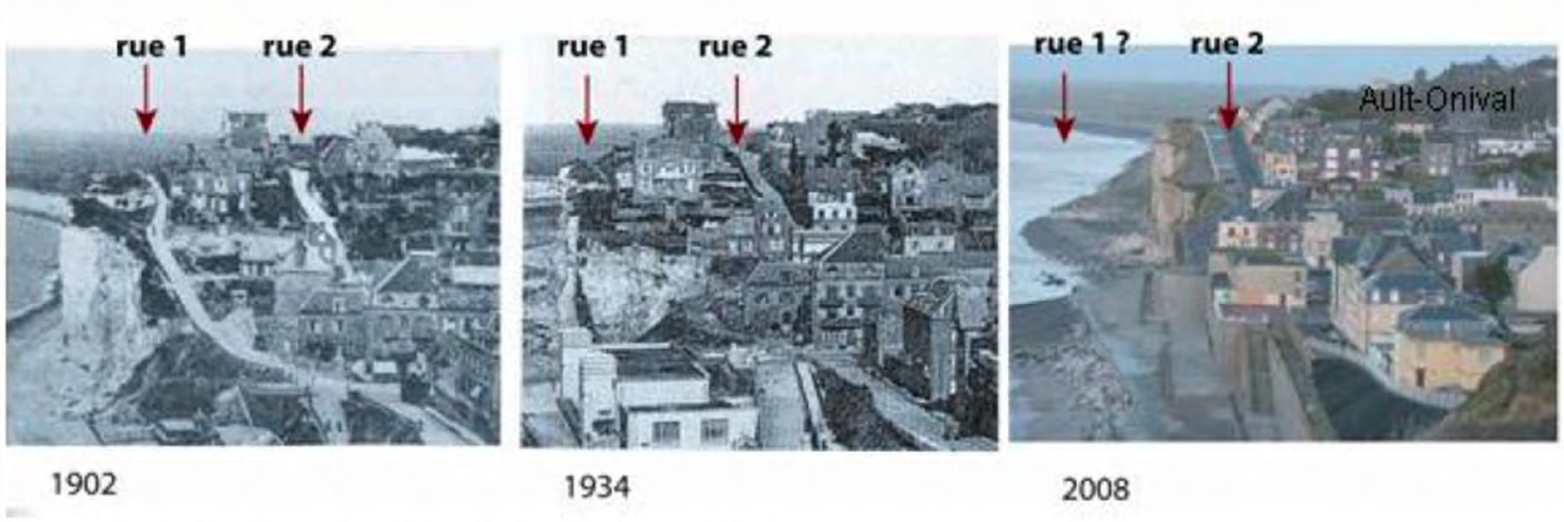
L’homme a perturbé la dynamique sédimentaire et hydrologique des zones côtières

- **développement de l’habitat et des activités économiques en bordure de côte**
- **barrages et autres artificialisations bloquant les transports de sédiment**
- **forages dans les deltas provoquant des affaissements**
- **extraction de sable et destruction des structures naturelles d’équilibre**

En Normandie, les maisons situées en front de mer subissent chaque année les aléas des tempêtes. (©Archives/L'Informateur d'Eu)

Talmont sur Gironde, 107 habitants, se bat contre l'érosion marine

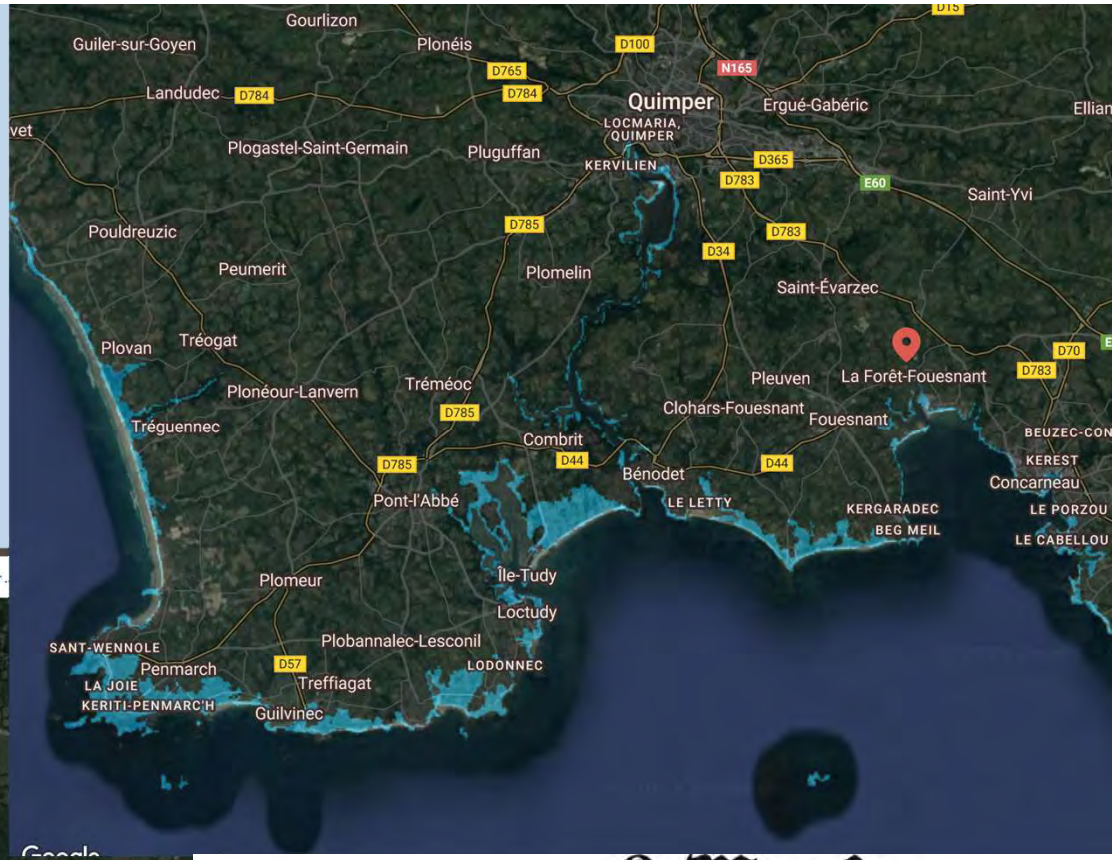
AULT

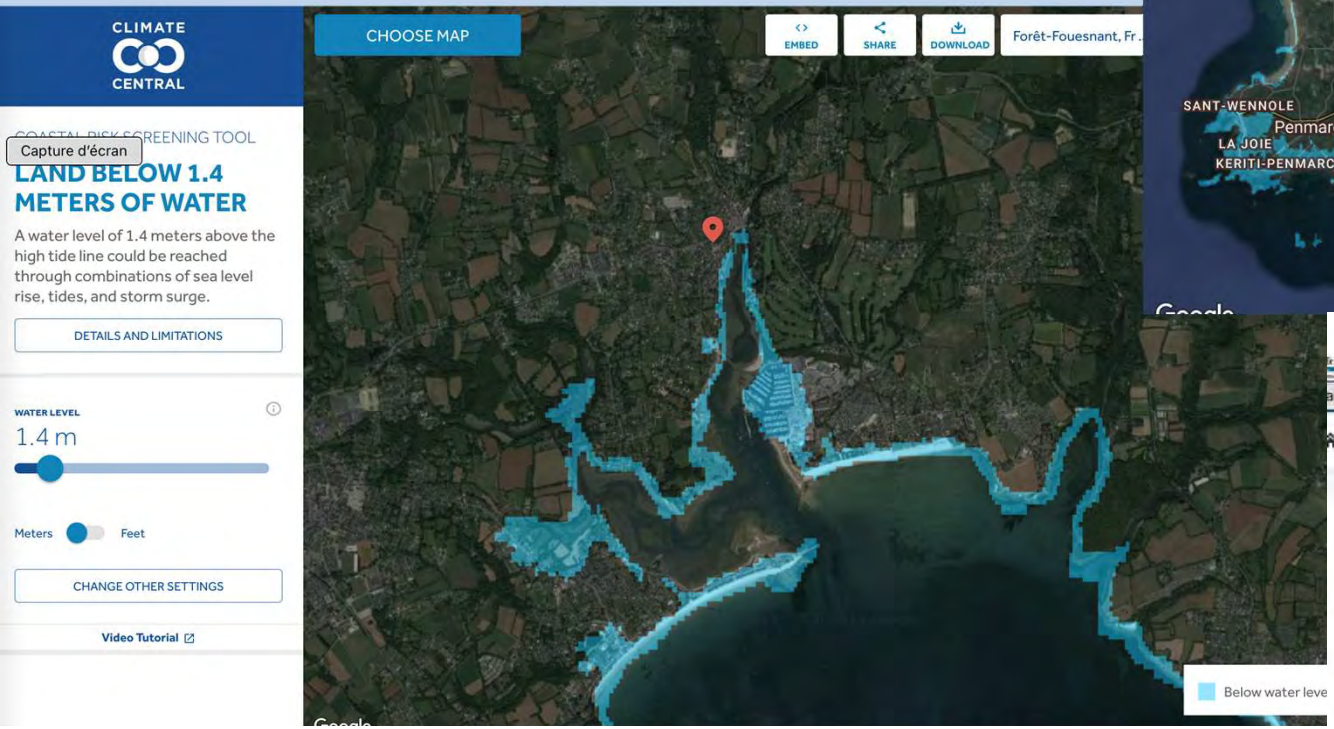


Evolution du front de mer de Ault-Onival 1902-2008 (S.Costa, 2010)

Attaque et destruction partielledu front de mer de Ault lors des tempête
de 2010 (Mairie de Ault, 21-03-2010)

Projection 2070- 2100 risques de submersion en Bretagne sud





Agir: diminuer les émissions, mais aussi s’adapter!

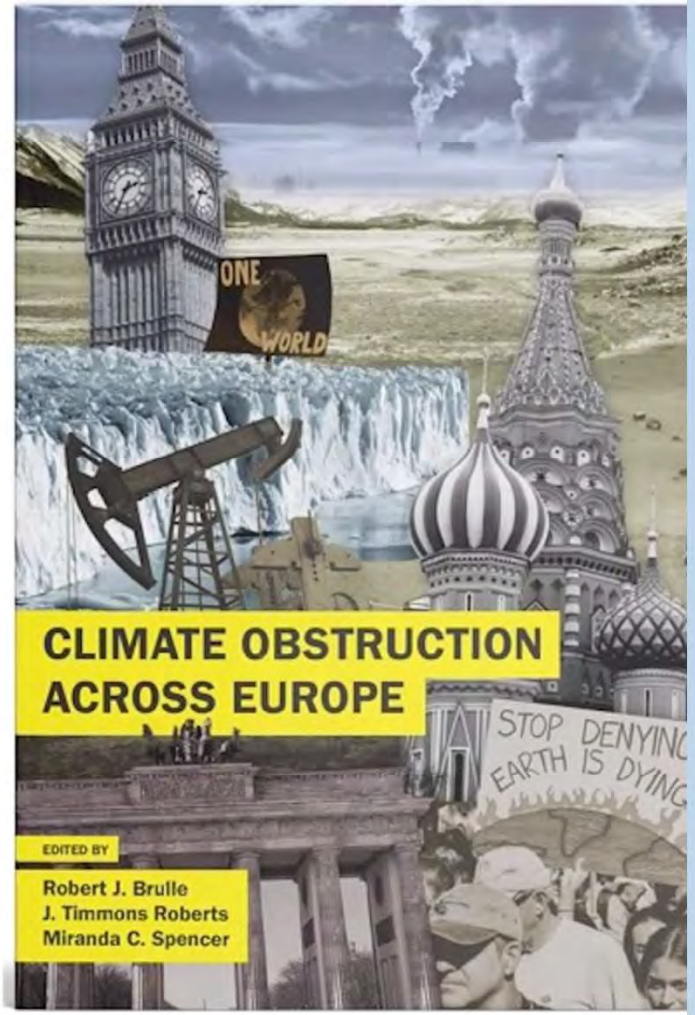
écran

enir des zones côtières dépend d'actions immédiates

- **Atténuation:** pour stabiliser le réchauffement climatique et la vitesse d'élévation du niveau de la mer
- **Adaptation:** aux conséquences inévitables, en développant une vision intégrée pour les zones côtières, et une stratégie allant du court au long terme

Les transformations sont inévitables: elles donnent une opportunité de mieux gérer les zones côtières

⇒ **Se ressaisir sur l'ambition** reste possible en France et en Europe



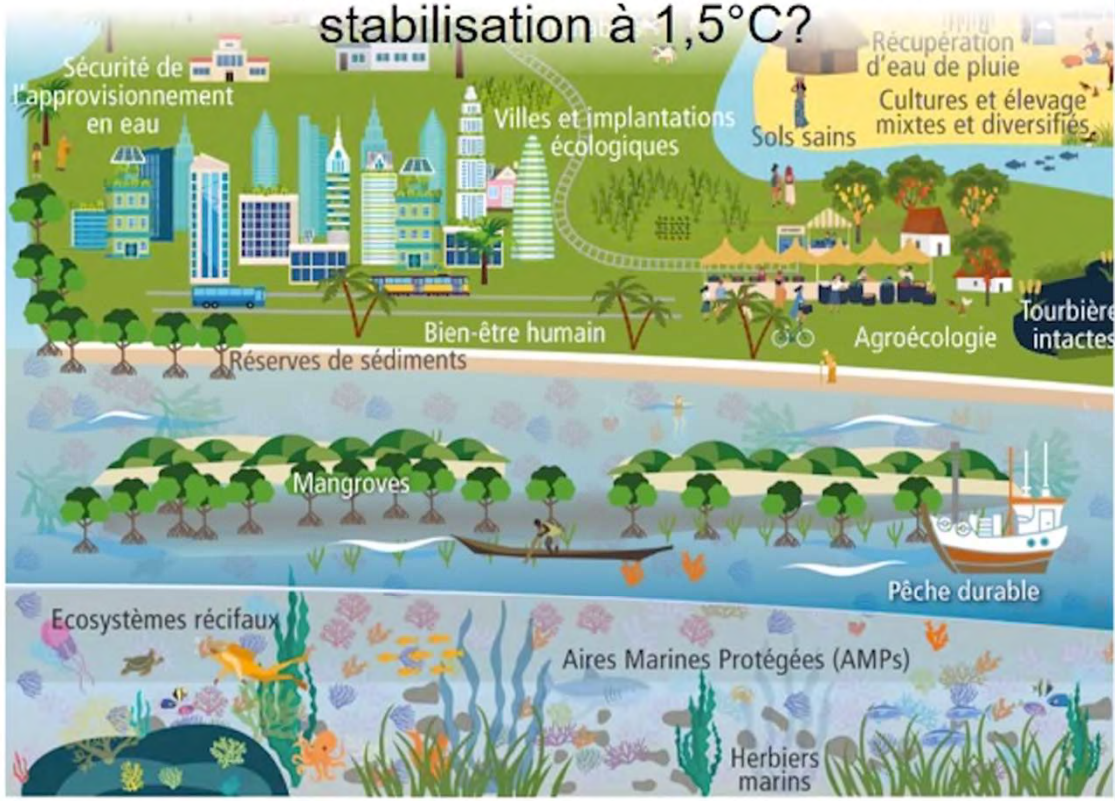
présentation Goneri Le Cozanet HCC/BRGM

Capture d'écran

La question fondamentale: quelle stratégie d'adaptation?

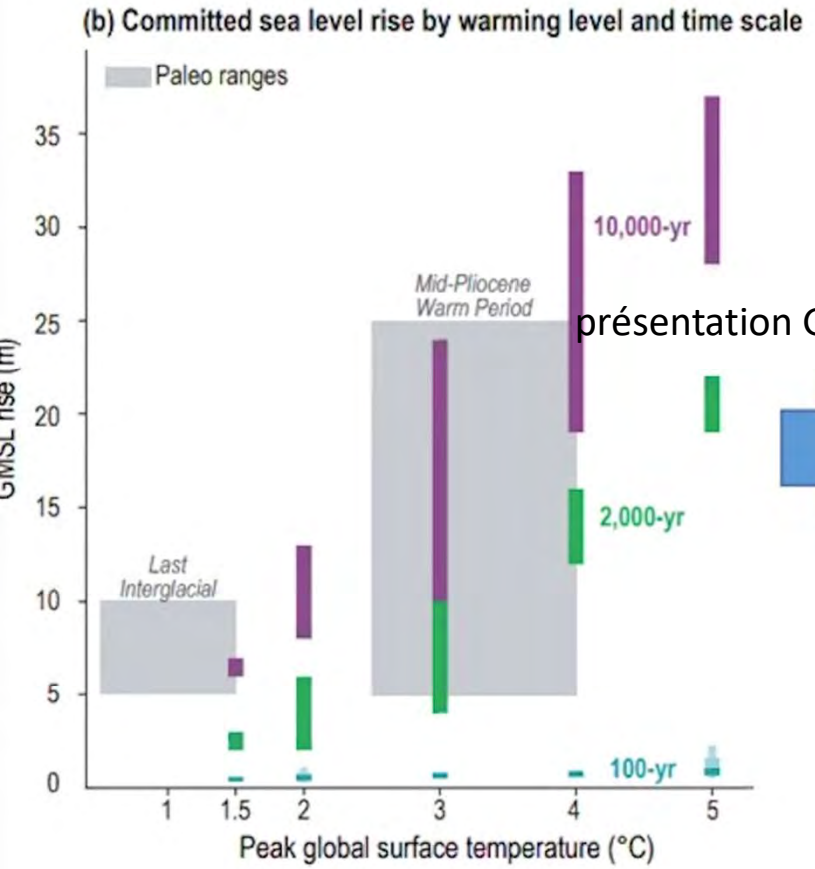
Adaptation incrémentale, échec de l'atténuation?

Adaptation transformationnelle, stabilisation à 1,5°C?

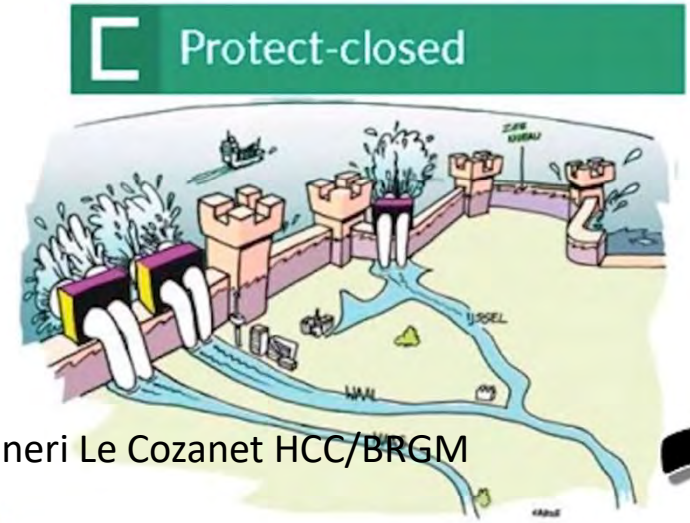


L'adaptation transformationelle offre des opportunités pour

Quelles stratégies à long terme?



présentation Goneri Le Cozanet HCC/BRGM

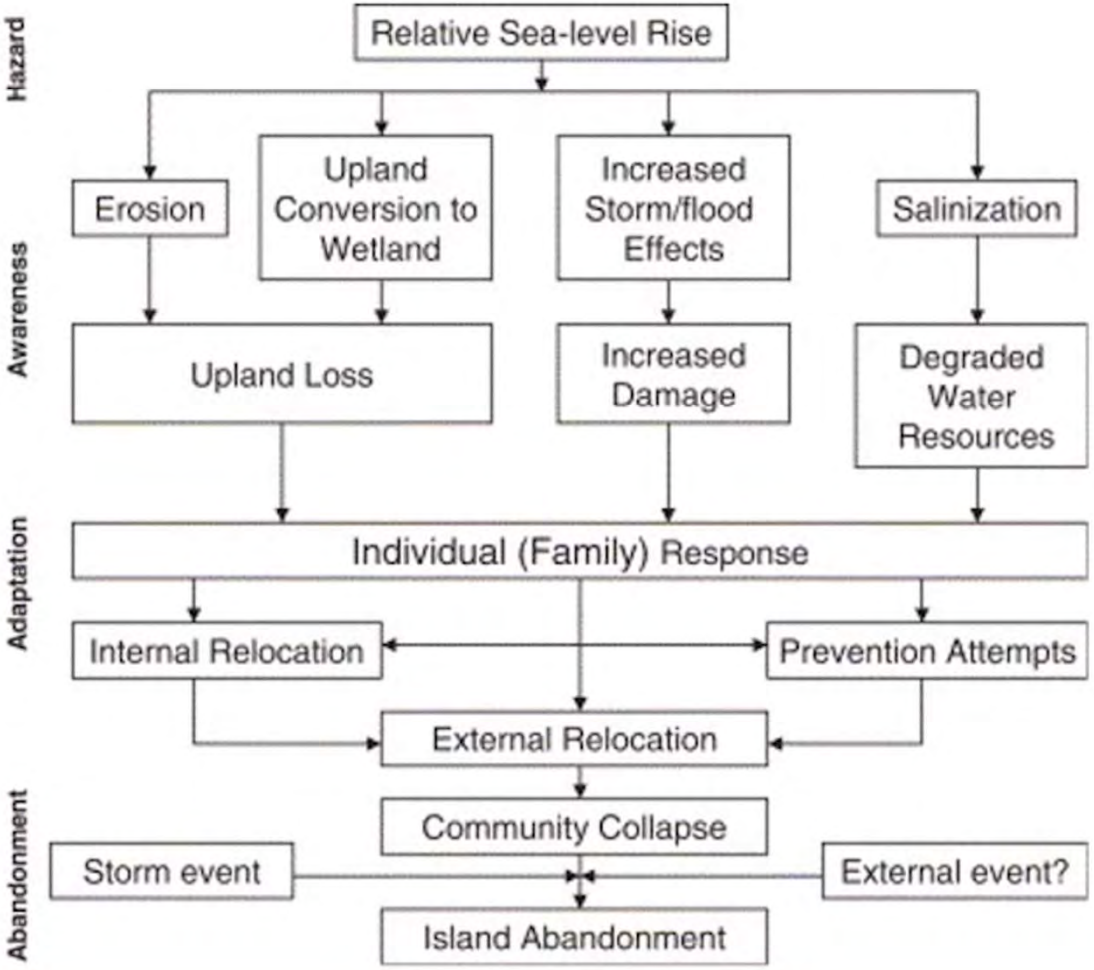


?

présentation Goneri Le Cozanet HCC/BRGM

Capture d'écran

Dans d'autres cas, une séquence de réponses conduisant à une relocalisation



https://www.flickr.com/photos/baldeaglebluff/4060903093/

rce : JT 20h Semaine

"On part en prévention" : à Saint-Pierre-et-Miquelon, le premier village français déplacé à cause de la montée des eaux

Par La rédaction de TF1info Reportage | Tiphaine LEPROUX, Cléa JOUANNEAU et Nathalie MURVIEDRO

Publié le 16 juillet 2025 à 16h59, mis à jour le 17 juillet 2025 à 10h25

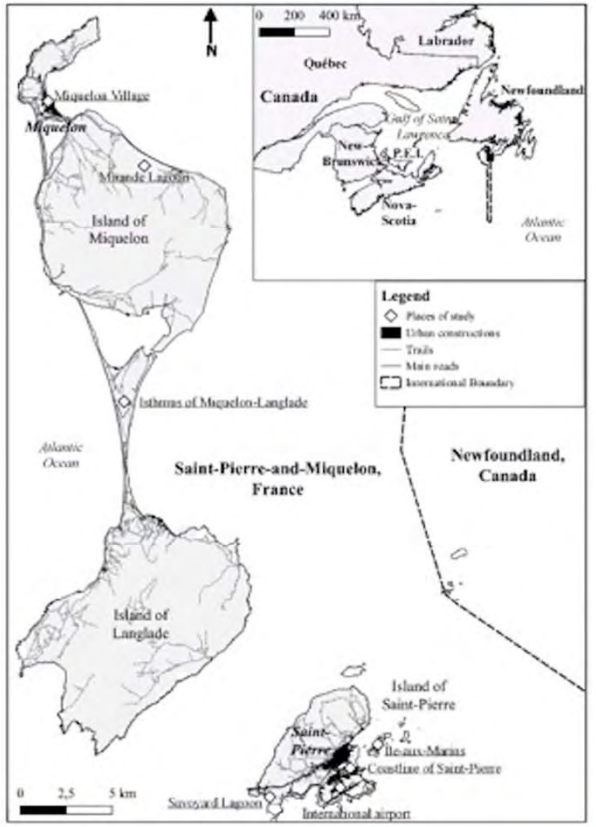
La perception de l'adaptation peut évoluer dans le temps

Capture d'écran

Exemple: Miquelon

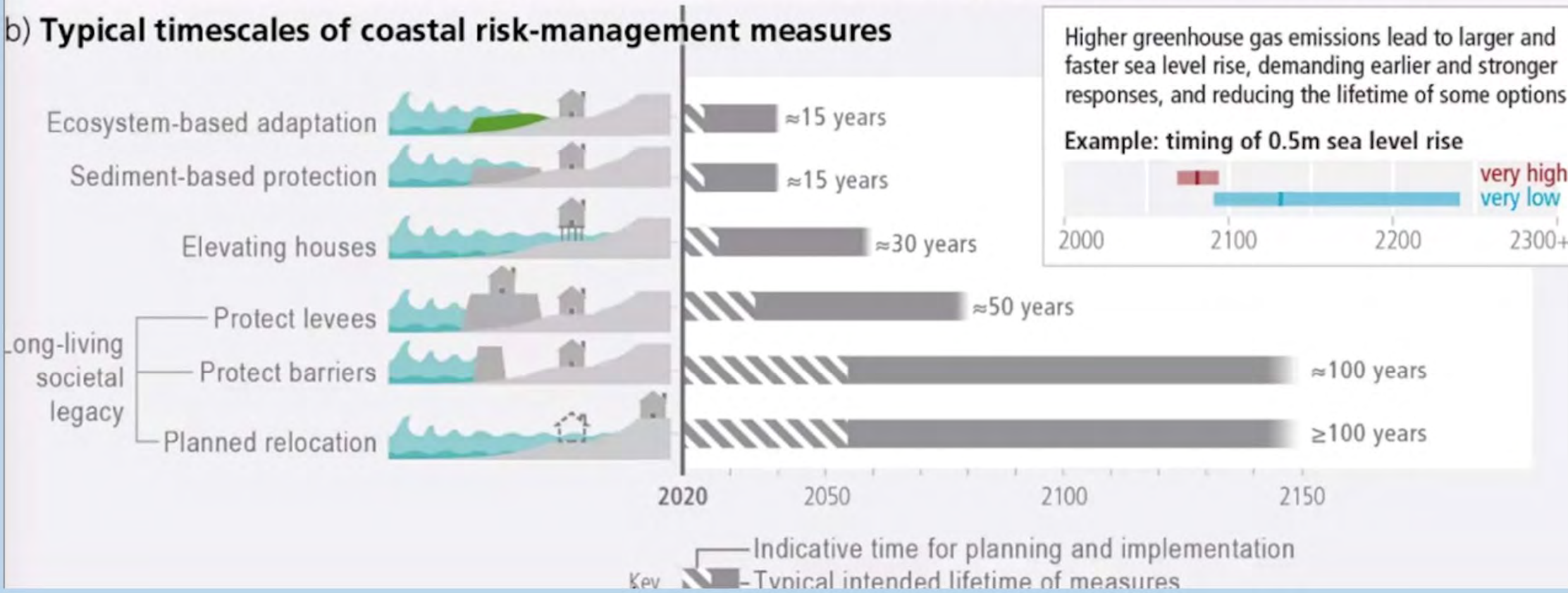
D'un rejet du plan de prévention des risques à un projet de relocalisation porté localement

L'acceptation n'est pas un objectif ambitieux: les communautés peuvent s'approprier l'adaptation!



L'adaptation à l'élévation du niveau de la mer demande du temps

La mise en place d'une gouvernance pour gérer les risques liés à l'élévation du niveau de la mer nécessite généralement des décennies (degré de confiance élevé).



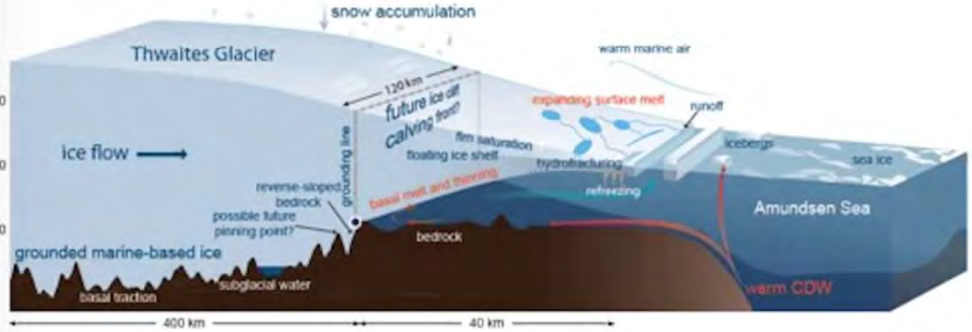
Capture d'écran

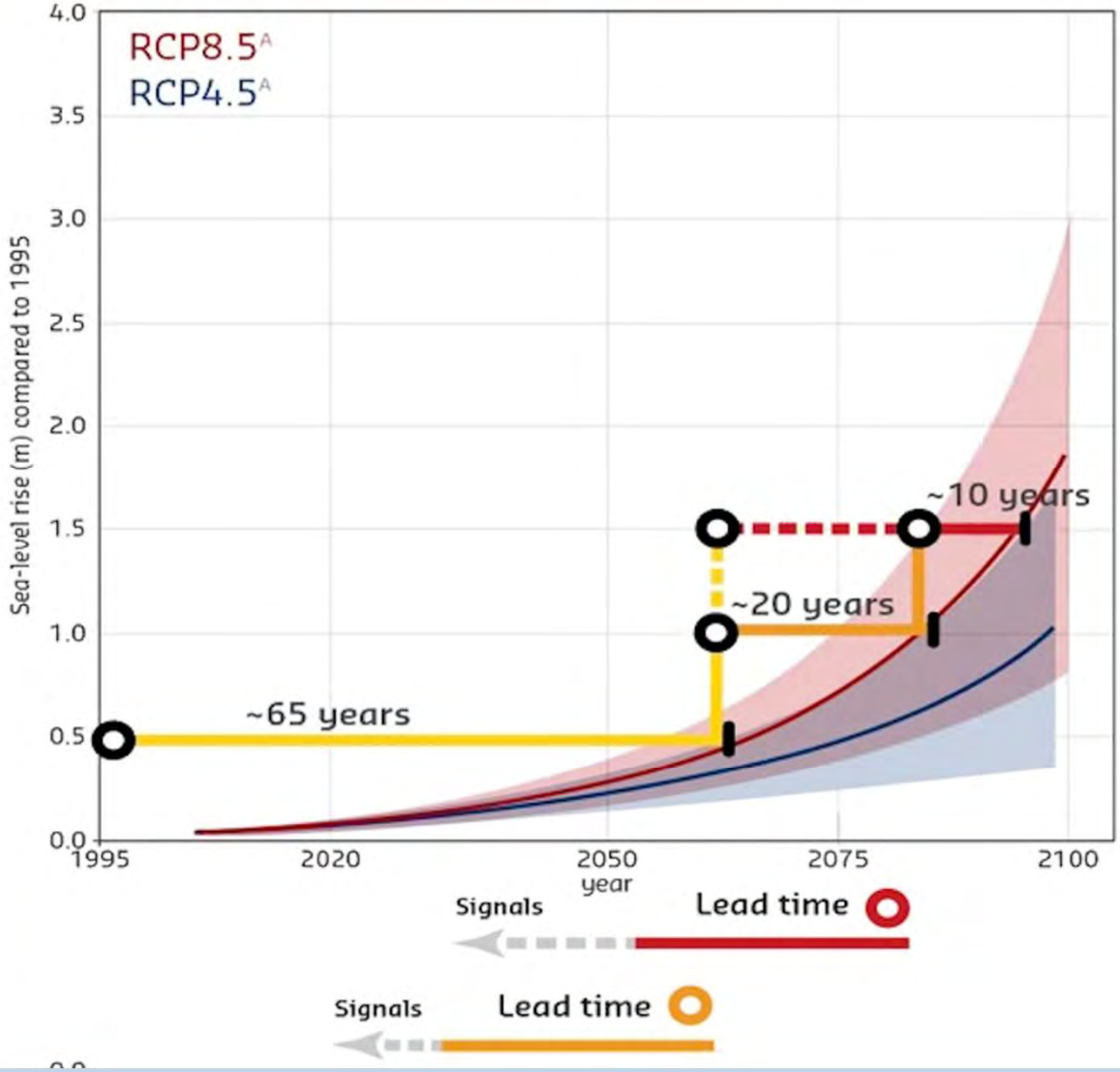
L'adaptation pourrait être prise de vitesse

Adaptation dans un climat stabilisé: une opportunité pour mieux gérer les écosystèmes?

Adaptation en cas d'effondrement de l'Antarctique: priorité = sauver l'essentiel (infrastructures critiques?)

Des signaux précoces pour identifier le point de bascule?





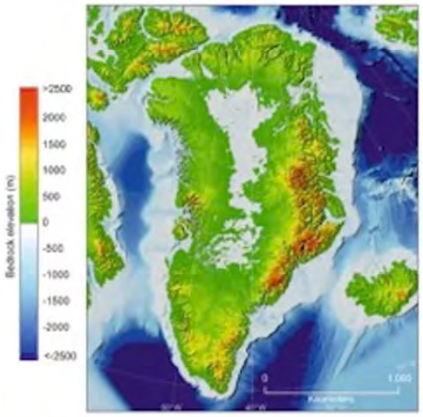
Capture d'écran

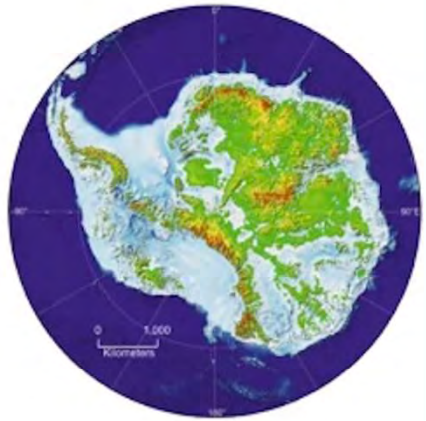
Une fonte rapide de l'Antarctique ne peut pas être exclue

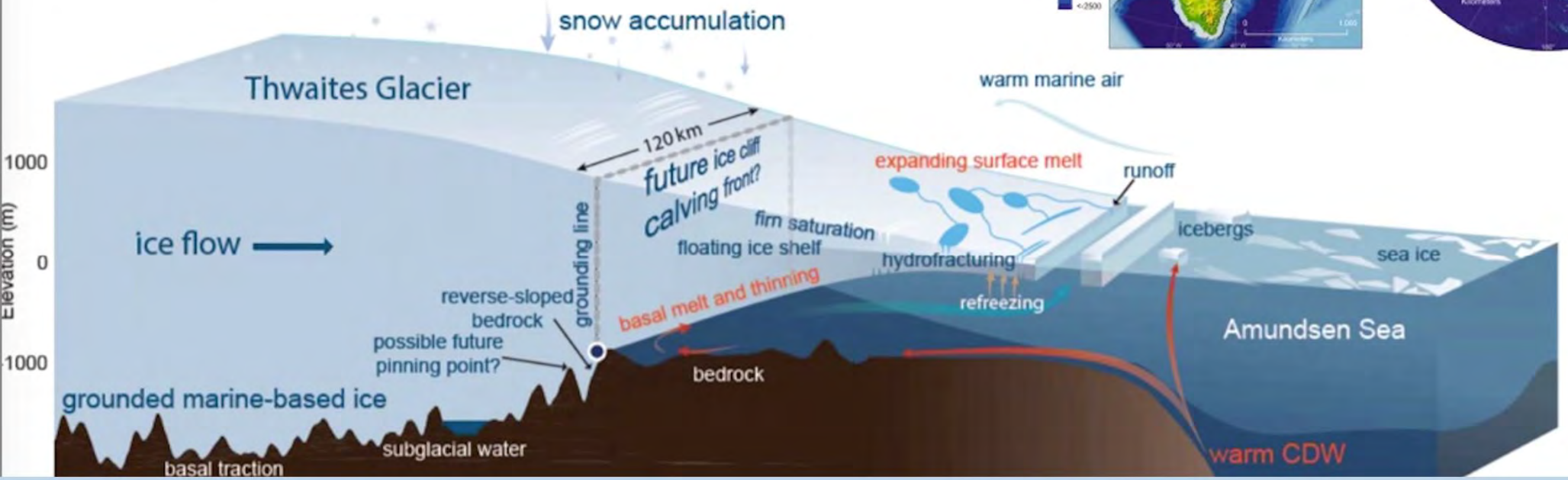
⇒ *quelles implications pour l'adaptation?*

On ne peut pas exclure que le niveau de la mer s'élève de:

- 1,7m en 2100
- 3 ou 4m en 2150
- 15m en 2030

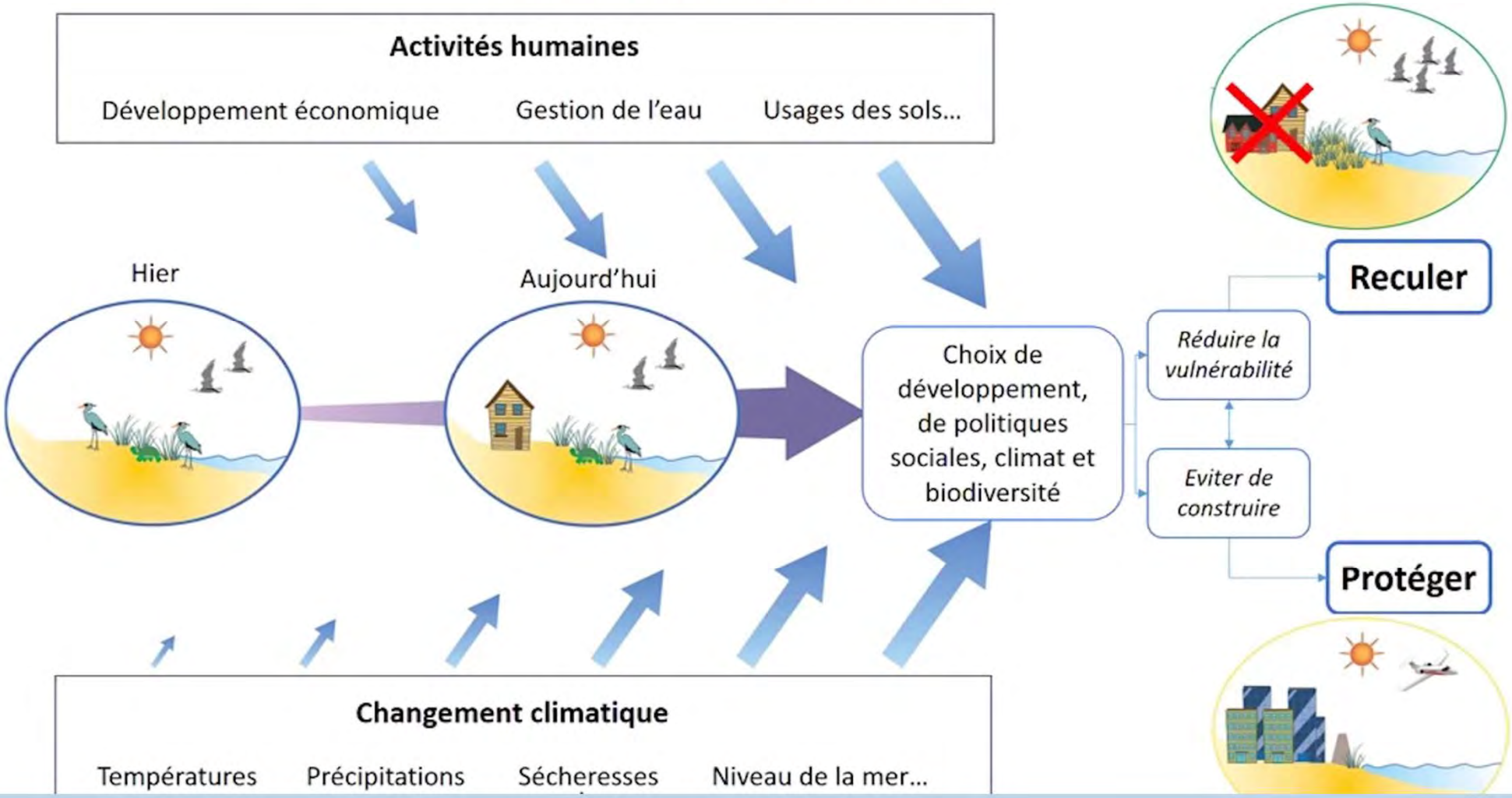






Capture d'écran

A mesure que le niveau de la mer s'élève, l'efficacité des options d'adaptation se réduit



Capture d'écran

Adaptation ou gestion des pertes et dommages?

Malgré l'adaptation et l'atténuation, des risques résiduels subsistent

Capture d'écran

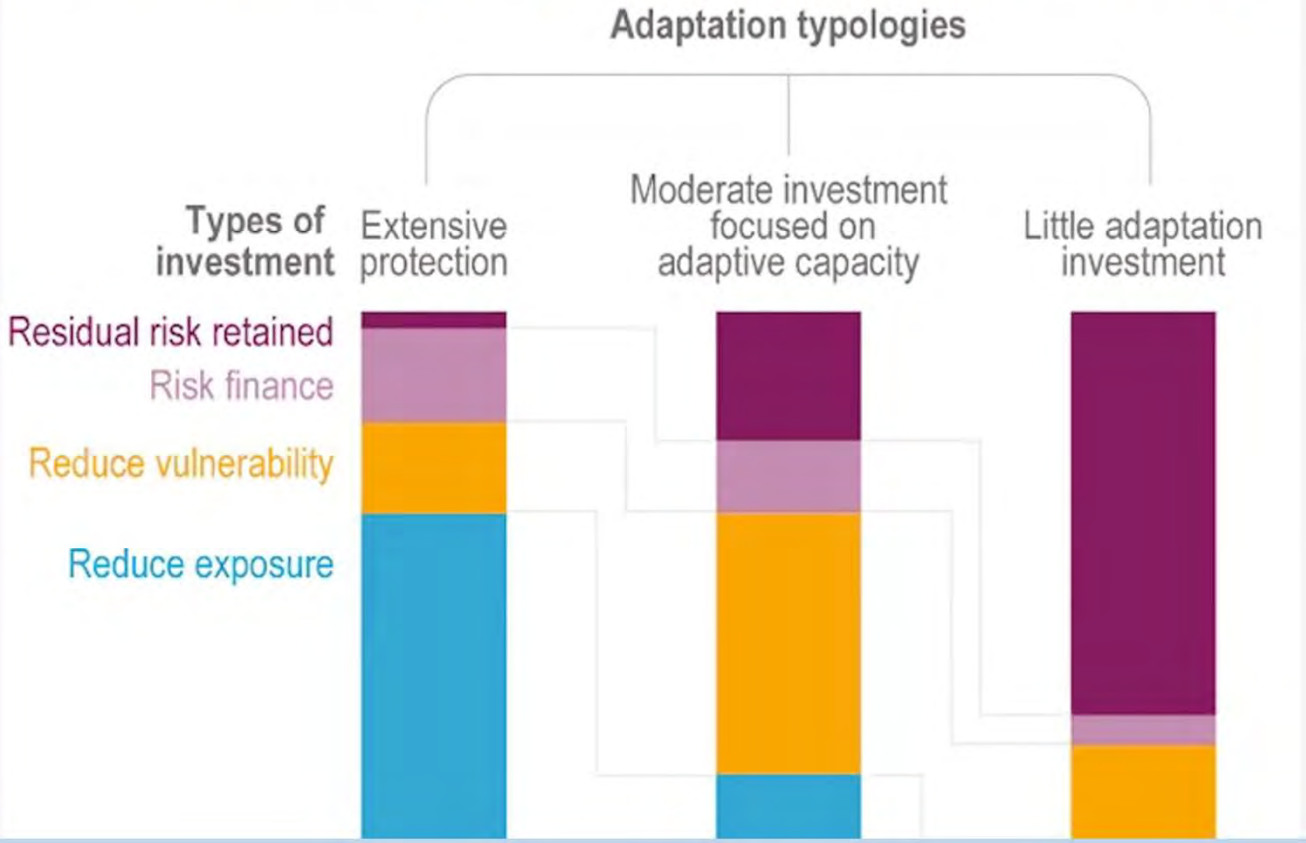
Une adaptation insuffisante
=> davantage de pertes et dommages

Instruments :
- assurance?
- fonds de compensation?
- …

Risques résiduels:
- pertes humaines, économiques et d'écosystèmes

Mais aussi:
- contentieux
- conflits sociaux
- …

Several illustrative typologies for how risk has been managed



Conditions favorables à l'adaptation côtière

Confiance haute

- Cohérence avec les priorités de développement et les valeurs socio-culturelles
- Un processus d'engagement inclusif des acteurs et des personnes exposées
- Une gouvernance et des institutions capables d'anticiper et d'accompagner les transformations

L'adaptation et sa gouvernance mettent typiquement une ou plusieurs décennies à se mettre en place

Capture d'écran

Statut de l'adaptation côtière

61 cas d'adaptation

- Les villes s'adaptent davantage que les côtes rurales
- Risques généralement bien compris
- Peu d'actions portées localement, peu de retour d'expérience
- Peu d'approches stratégiques à long terme

⇒ L'adaptation incrémentale domine

et les solutions locales à bas coût collectif

Réduire la vulnérabilité

- Des coûts faibles à modérés
- Faisabilité dépendante du contexte (vagues…)
- L'efficacité décroit avec l'élévation du niveau de la mer

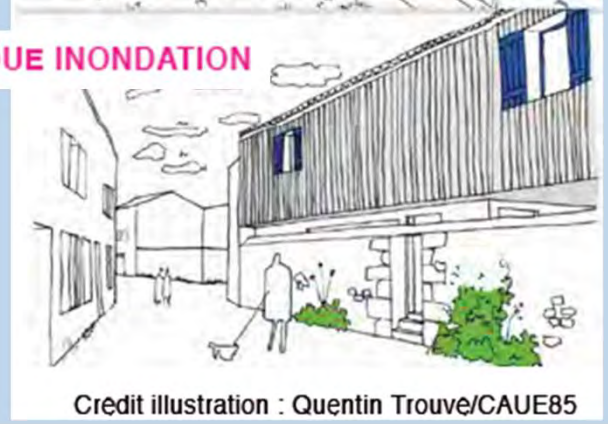
Exemple Inondations : on peut agir « avants dégâts"

protections « au coup par coup »

Et construire différemment : par exemple Noirmoutier

Concours d'idées du CAUE 85

CONSTRUIRE DES RÉSIDENCES DE QUALITÉ ET ADAPTÉES AU RISQUE INONDATION

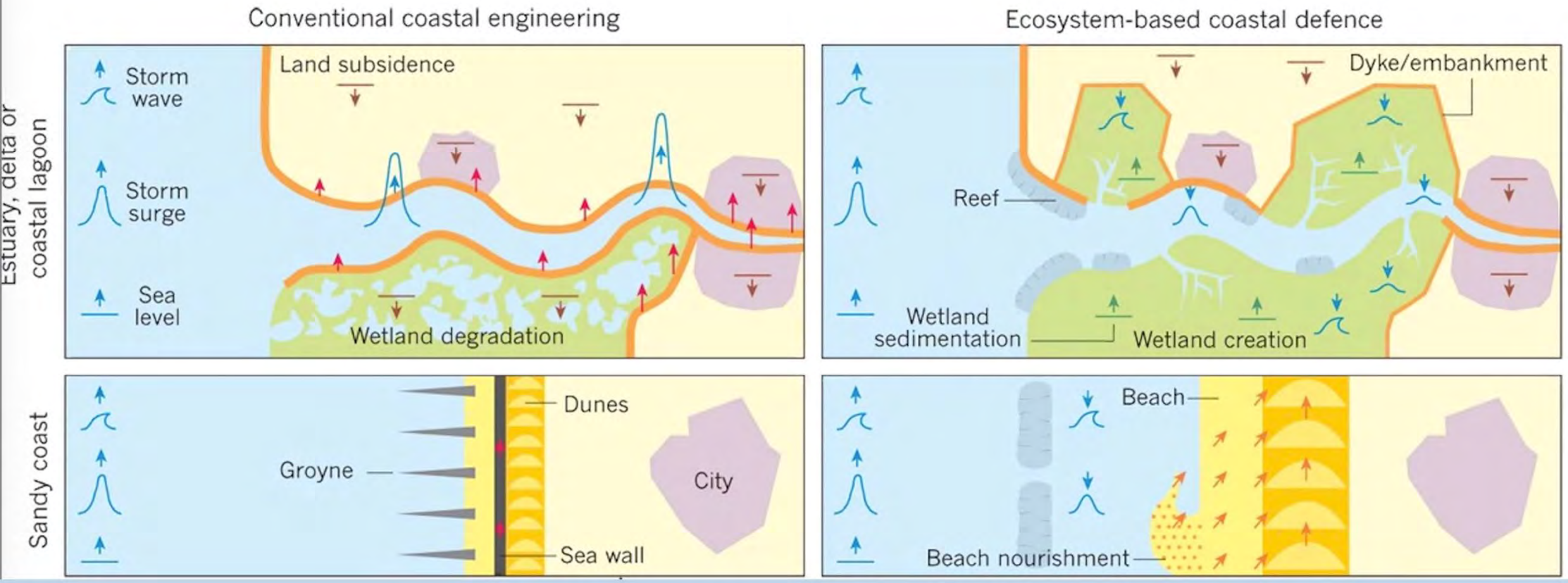


Credit illustration : Quentin Trouve/CAUE85

Capture d'écran

Solutions fondées sur la nature

- Bénéfices immédiats pour la biodiversité
- Faisabilité: besoin d'espace pour les sédiments et les écosystèmes
- L'efficacité décroit avec les pressions humaines et l'élévation du niveau marin



Lorient agglomération a été récompensé pour l'aménagement dunaire visant à protéger les habitations de la presqu'île de Gâvres de l'érosion et de la submersion marine.

© Trophée Artisan

Des solutions variées

Certaines, comme Sète et Villeneuve-lès-Maguelone (Hérault) ou encore Monster (Pays-Bas..**rechargent les plages en sable** pour lutter contre l'érosion et permettre aux dunes de se former. Cette technique permet de mieux absorber les tempêtes, mais elle demande de l'entretien et risque de ne pas durer dans le temps. D'autres villes ont **restauré des dunes ou des zones humides**). C'est le cas du Grau du Roi, dans le Gard ; de Quinta Roo, État du Mexique et de Wallasea Island, une île du Royaume-Uni.

franceinfo:

3 bretagne

Aller à la page régionale

Carte. Érosion, vagues submersions, comme Saint-Malo, Dinard ou Plouha, 93 communes font partie des zones vulnérables du littoral de Bretagne

Publié le 03/08/2023 à 11h42
Mis à jour le 03/08/2023 à 12h28

Écrit par Benoit Thibaut

Le Télégramme

n

Accueil › Ille-et-Vilaine › Saint-Malo

À Saint-Malo, les travaux du futur terminal ferry vont-ils vraiment commencer en janvier ?

T Article réservé aux abonnés

Par Sylvie Vennéguès
Le 31 juillet 2024 à 07h00

En janvier prochain, les travaux du terminal ferry du Naye doivent débuter à Saint-Malo. Mais suite aux réserves de la commission d'enquête publique, l'emblématique projet de la région Bretagne ne devra-t-il pas être révisé ?

Dépenser beaucoup pour des réponses inadaptées On peut faire mieux

Des réponses souvent dans l'urgence

(Meur Férec 2009)

Figure empruntée de C. Le Gourvello)

Conclusions 1

- **La mer va continuer à monter**

  De combien? Cela dépend de nos émissions de gaz à effet de serre

- **D'après la référence TRACC issue des travaux du GIEC (au 87 percentile), ~80 cm en 2100 et ~110 cm en 2120 (+/- 20 cm régionalement) avec risques possibles d'un emballement des fontes des calottes à partir de la fin du 21ème siècle, d'autant plus important que le réchauffement global est fort;**

- **On observe que la hausse de la mer à la côte diffère significativement de la hausse au large, au moins en certains sites**

- **Les projections actuelles ne prennent pas encore en compte les subsidences côtières**

- **Difficulté supplémentaire pour estimer les impacts dans les régions côtières**

Anny Cazenave LEGOS, Toulouse + Rémy Thieblemont BRGM

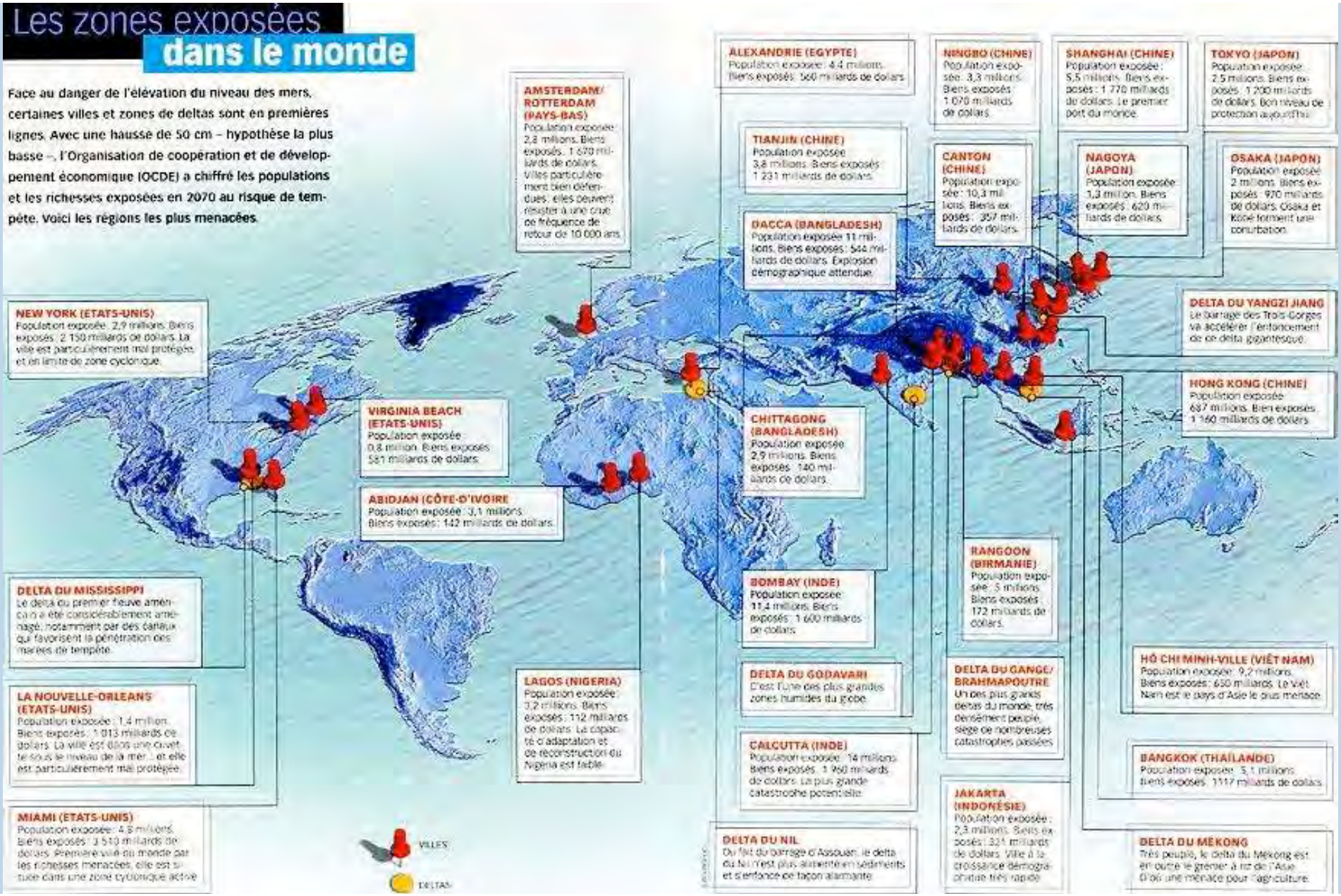
Conclusion 2

- **On ne peut donc pas ignorer les effets du changement climatique et de la montée du niveau de la mer. Ils se manifesteront d'abord par des évènements exceptionnels, de plus en plus fréquents, forts, dangereux et couteux**
- **S'en protéger coutera aussi de plus en plus cher**
- **s'adapter peut ouvrir des opportunités de développement**
- **Les élus et techniciens doivent décider quand agir et à quel niveau, sachant que la non action aura des conséquences sur l'économie, la santé, et la vie. Ils en partageront la responsabilité**

Conclusion 3

- **tout projet doit maintenant prendre en compte l'évolution climatique, et ses impacts sur les évènements extrêmes associés**:
- impacts directs: submersions, inondations, vents très forts, canicules...
- impacts indirectes :
  - choix économiques, coût et disponibilité de l'énergie et de l'eau, réglementation, assurances..
  - alimentation-agriculture, transports, qualité de vie, pollution, santé..
  - environnement, biosphère, paysages...

questions...

Les zones exposées dans le monde

Face au danger de l'élévation du niveau des mers, certaines villes et zones de deltas sont en premières lignes. Avec une hausse de 50 cm – hypothèse la plus basse –, l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) a chiffré les populations et les richesses exposées en 2070 au risque de tempête. Voici les régions les plus menacées.