

19 septembre 2022

Changement climatique et élévation du niveau de la mer: quelles conséquences pour les estuaires?

Gonéri Le Cozannet, BRGM, Lead Author WGII.

Merci à mes 269 coauteurs!



Journées
REFMAR.shom.fr
Réseaux marégraphiques français

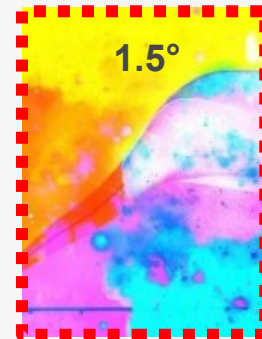
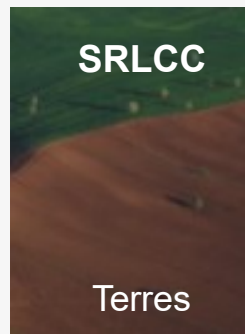


Observation du niveau marin
au profit des politiques publiques et de la recherche
Colloque international francophone
17 - 19 octobre 2022
à Océanopolis
#JR2022

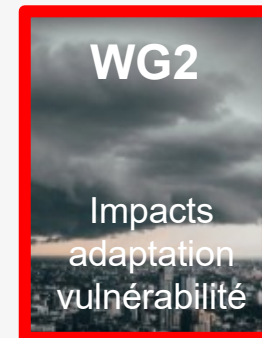
Le 6ème rapport du GIEC

- Synthèse la plus récente et la plus précise sur la science du climat, les conséquences du changement climatique, l'adaptation et l'atténuation
- Informe les gouvernements et les autres acteurs sur les conséquences de leurs décisions (pas de recommandations dans les rapports)
- 6ème rapport d'évaluation: 721 scientifiques de 90 pays
- WGII: 270 auteurs de 67 pays ont analysé 34,000 études en 4 ans
- Adaptation à l'élévation du niveau de la mer dans le WGII: CCB dans le Ch3, CCP2, autres chapitres (régionaux notamment)

Rapports spéciaux



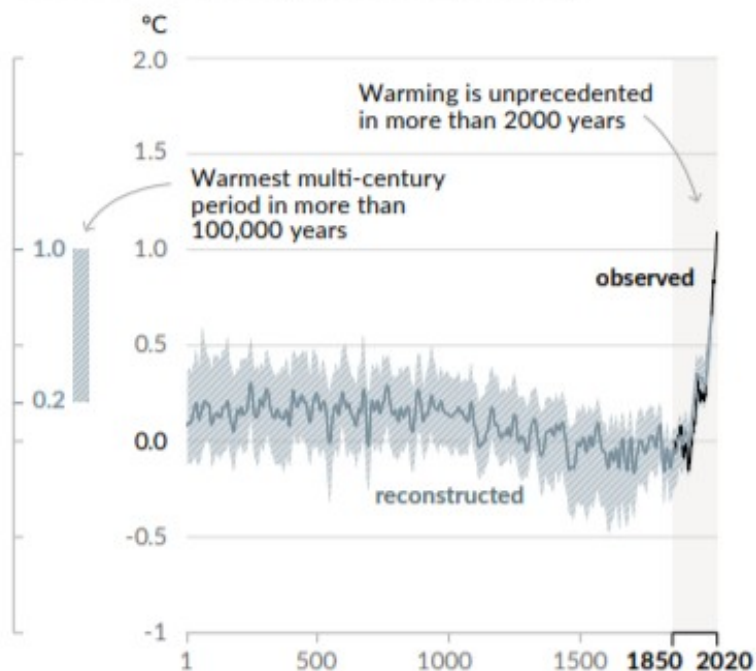
Rapports d'évaluation



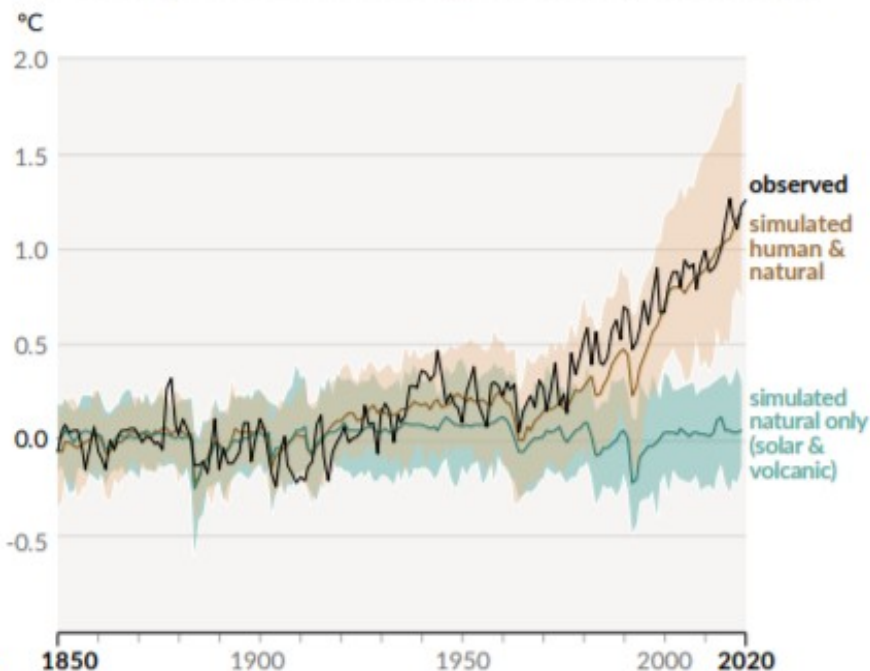
Depuis 1850, le climat s'est réchauffé de 0,8 à 1,3°C

WGI – July 2021

a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and **observed** (1850-2020)



b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850-2020)



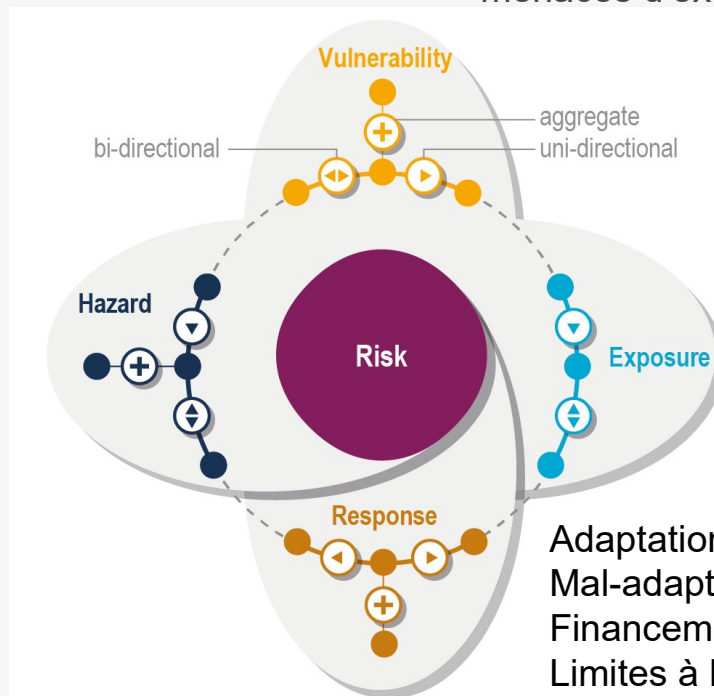
Risques liés au changement climatique

3,3-3,6 milliards de personnes dans des contextes hautement vulnérables

25% des espèces de la plupart des groupes d'animaux et de végétaux étudiés sont déjà menacés d'extinction (IPBES, 2019)

Chaque incrément de réchauffement supplémentaire intensifie les aléas climatiques

- Vagues de chaleur
- Ressources en eau
- Inondations
- Impacts en cascade (société, écosystèmes)



Pression sur les terres
Expansion urbaine

Adaptation
Mal-adaptation
Financements
Limites à l'adaptation



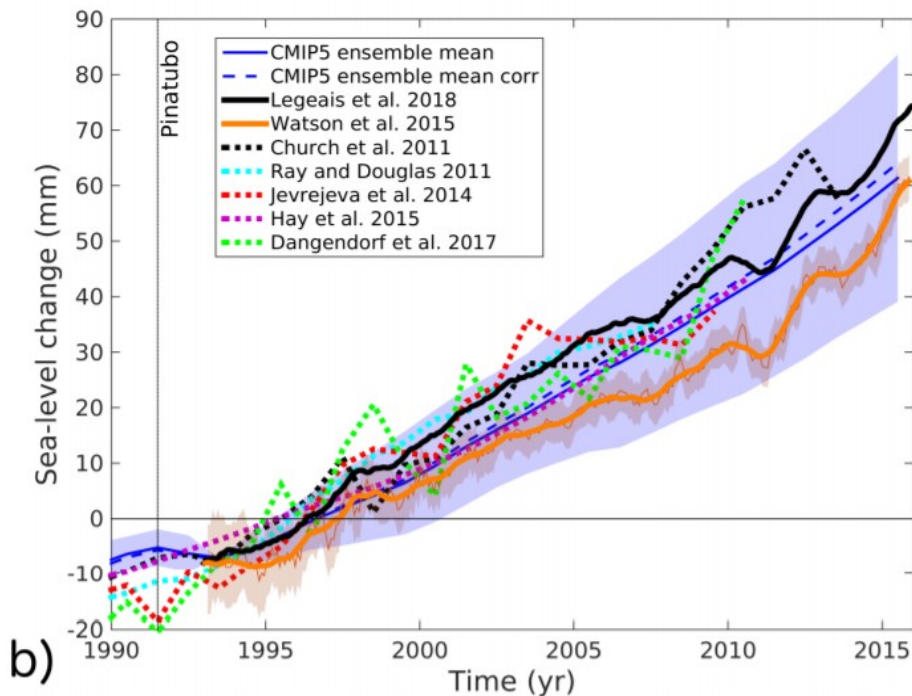
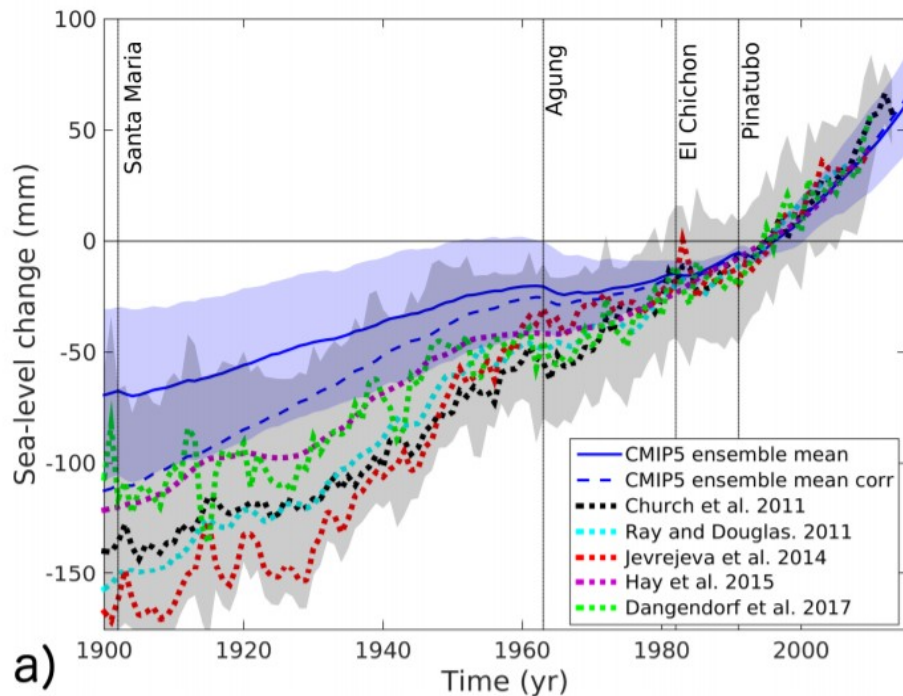
Elévation du niveau de la mer: qu'apprend-on dans le 6ème rapport du GIEC?

[Photo: GLC, Brest]

Les observations montrent que l'élévation du niveau de la mer s'accélère

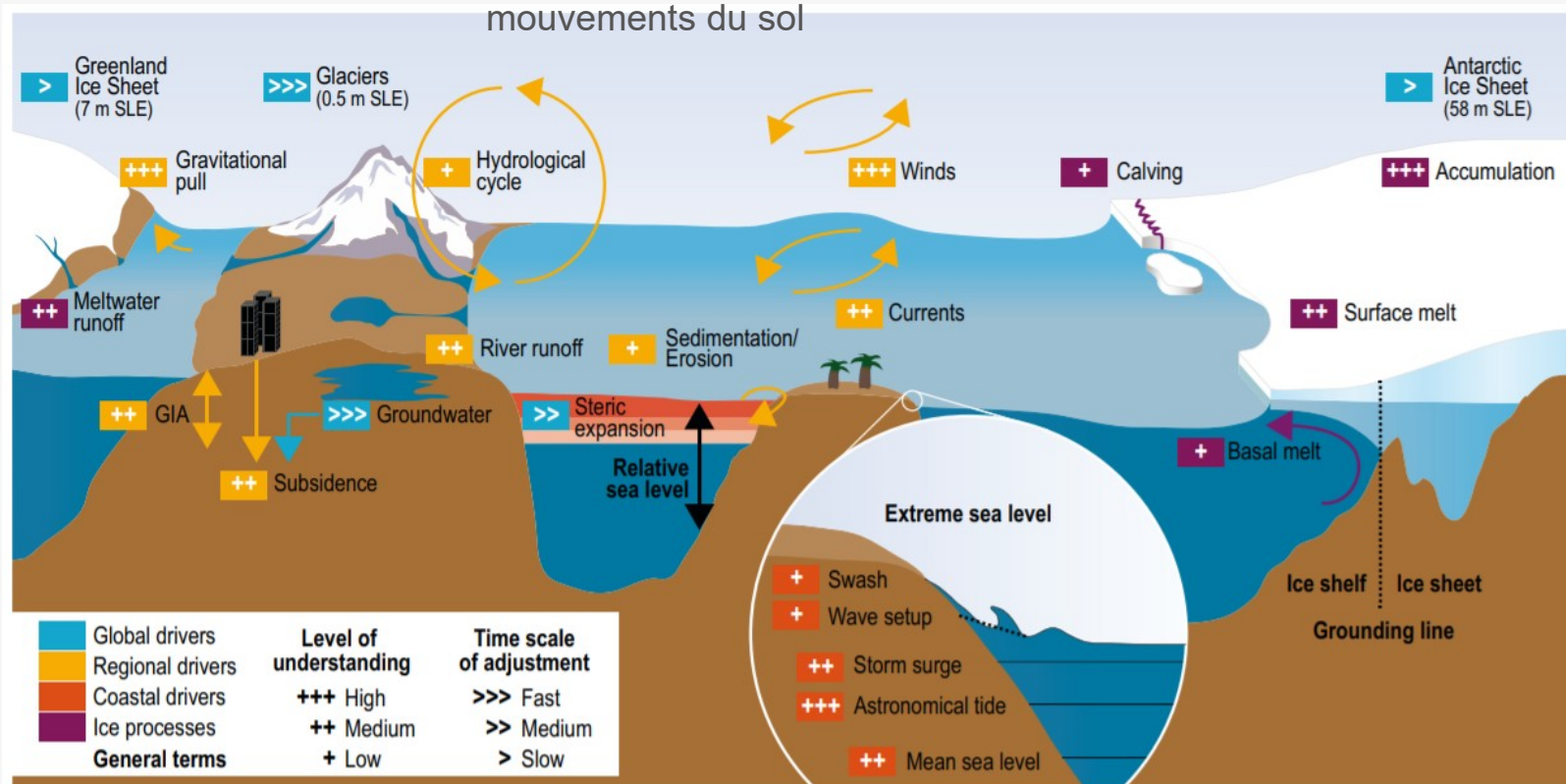
1901-1990: $1.4 \pm 0,5 \text{ mm/an}$
 1971-2018: $2.3 \pm 0,8 \text{ mm/an}$
 2006-2018: $3.7 \pm 0,5 \text{ mm/an}$

Les modèles de climat parviennent à reproduire l'élévation du niveau de la mer global de manière satisfaisante, au moins depuis 1980



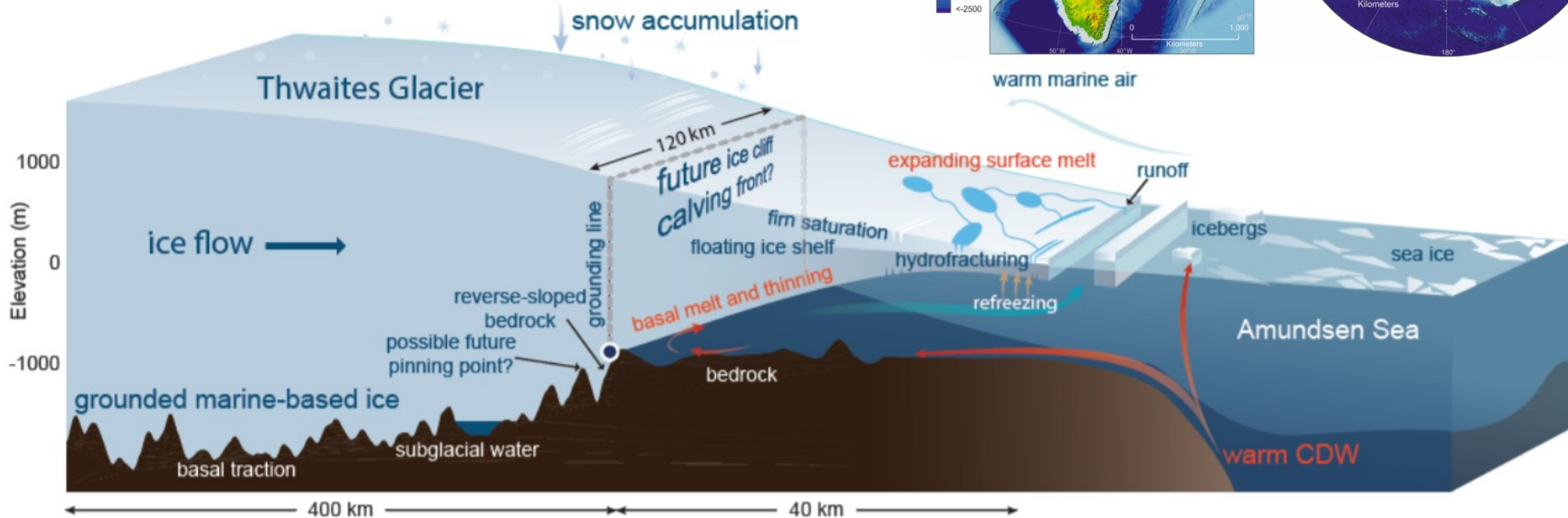
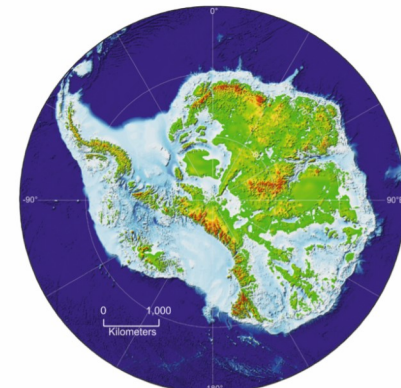
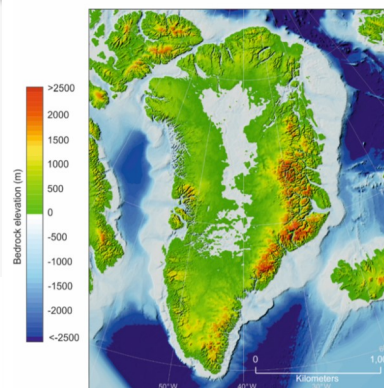
Causes de l'élévation du niveau de la mer

- Global: expansion thermique, fonte des glaces, eaux souterraines et de surface
- Regional/local: circulation océaniques, changements gravitationnels, mouvements du sol



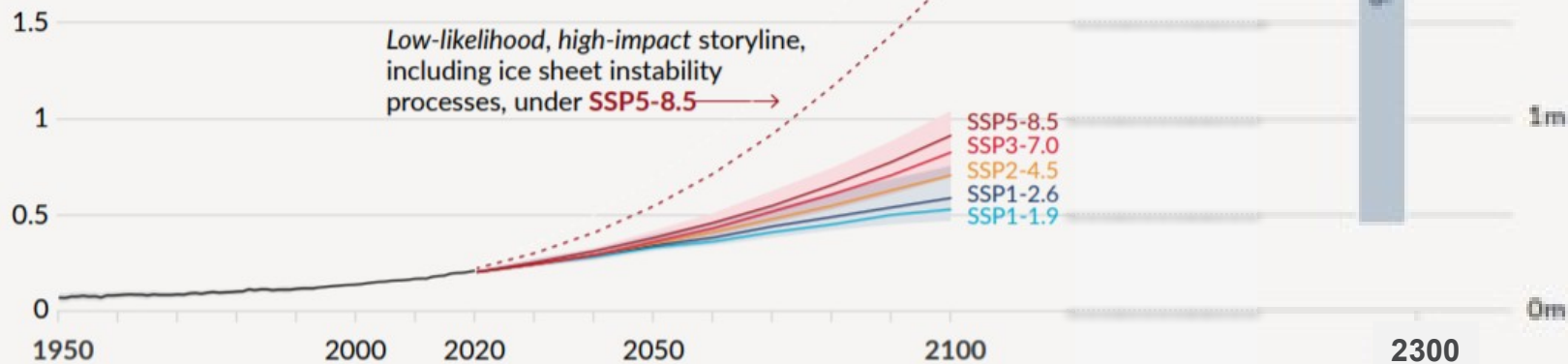
Des changements abrupts ne peuvent pas être exclus

Exemple: calotte de glace en Antarctique

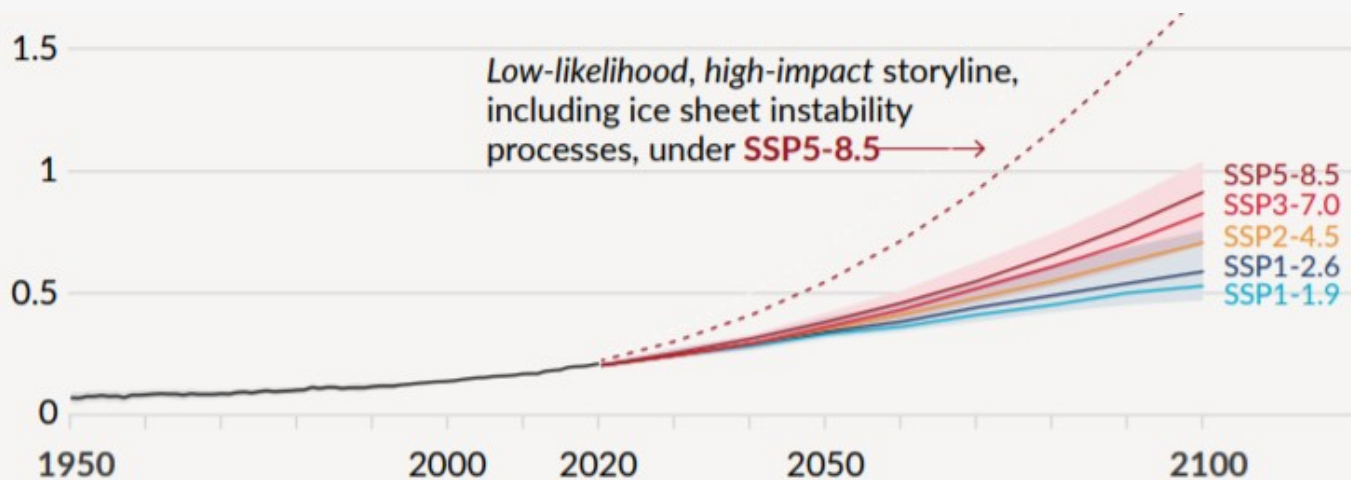


L'élévation du niveau de la mer se poursuivra pendant des siècles

- On ne peut pas exclure un scénario d'élévation du niveau de la mer très rapide (1,7m en 2100, 15m en 2300).
- Atténuer le changement climatique donne du temps à l'adaptation



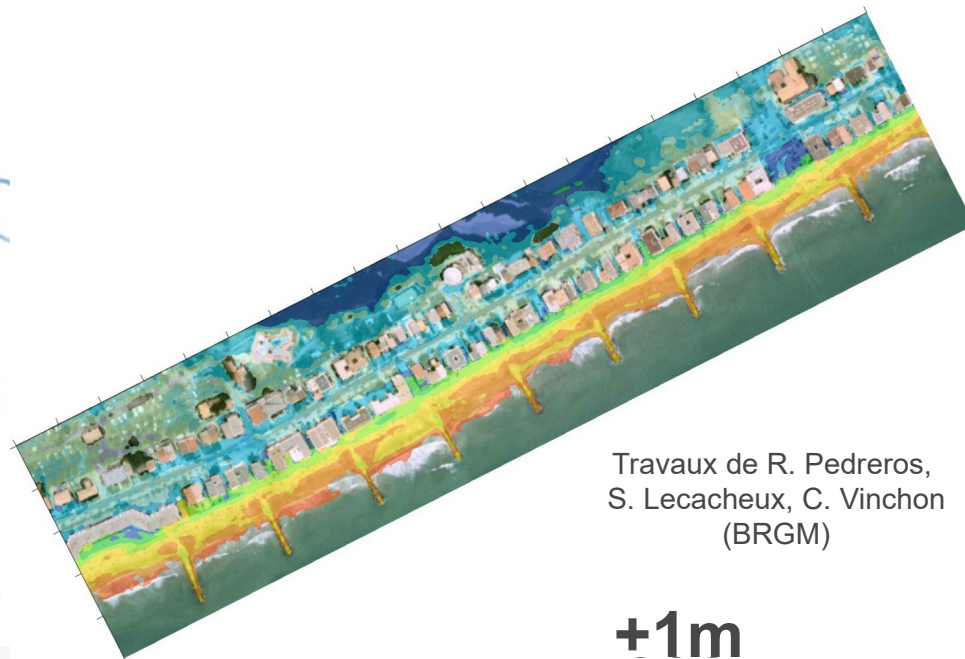
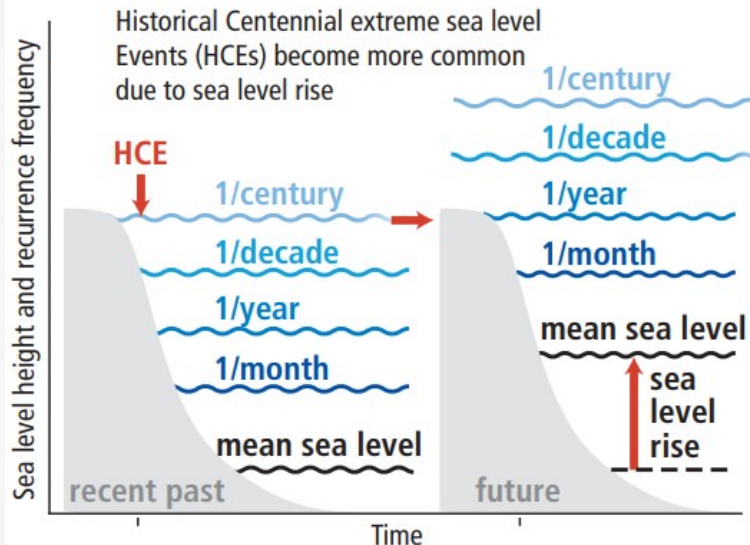
Les risques côtiers affectés par l'élévation du niveau de la mer



- Submersions chroniques à marée haute
- Augmentation des submersions lors de tempêtes
- Accentuation de la salinisation
- Sites les plus sensibles
- Aggravation de l'érosion
- Submersion permanente

Sans adaptation, les risques côtiers augmenteront considérablement bien avant 2100 du fait de l'élévation du niveau de la mer (confiance: très haute)

(a) Schematic effect of regional sea level rise on projected extreme sea level events (not to scale)



Travaux de R. Pedreros,
S. Lecacheux, C. Vinchon
(BRGM)

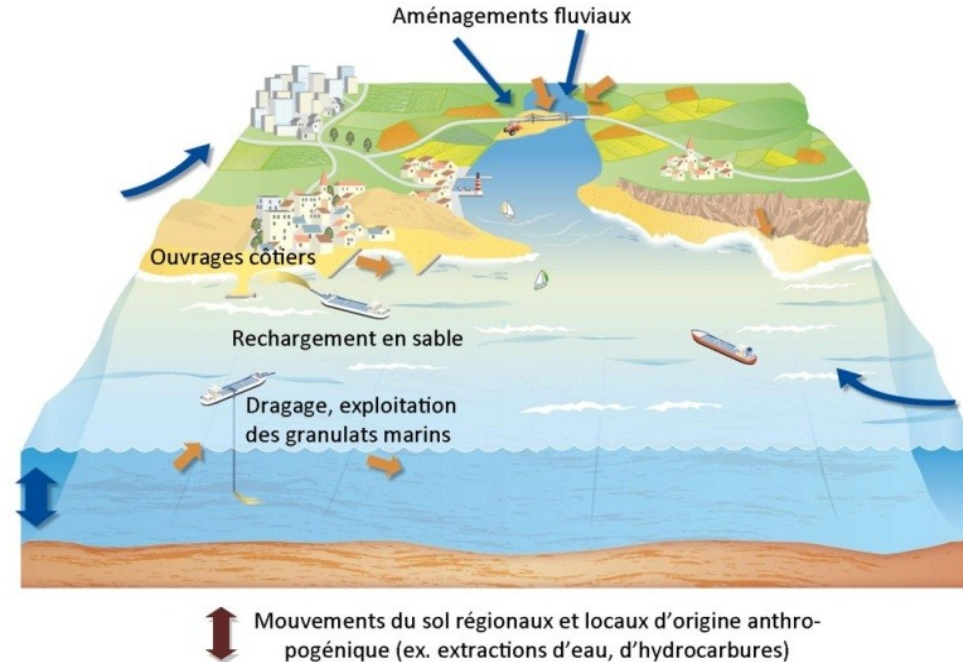
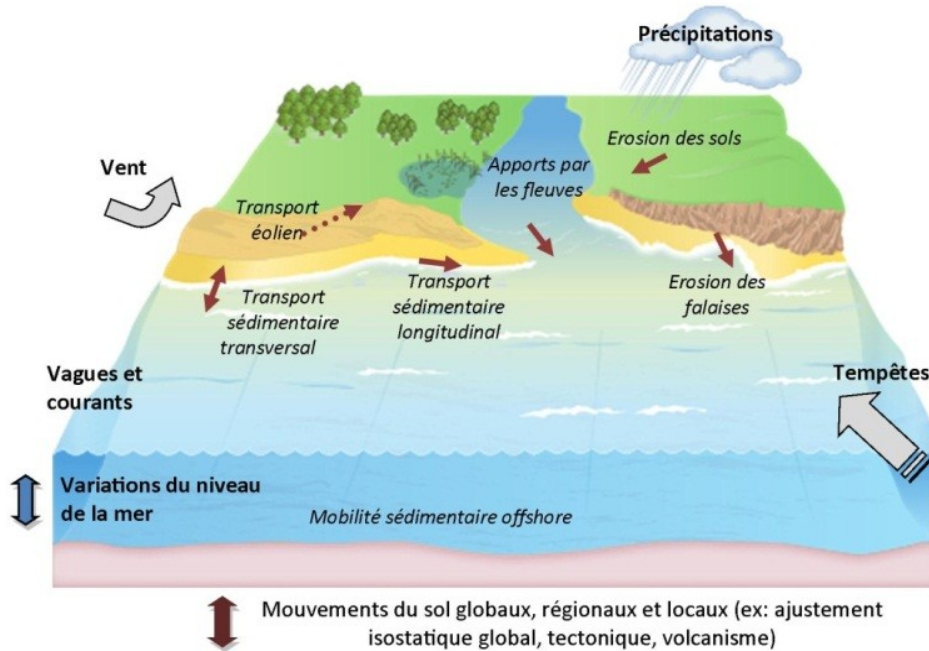
+1m

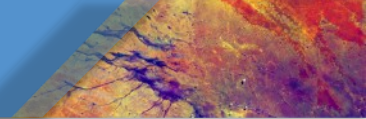


Changement climatique et élévation du niveau de la mer: conséquences pour les estuaires

Les socio-écosystèmes estuariens sont très vulnérables au changement climatique

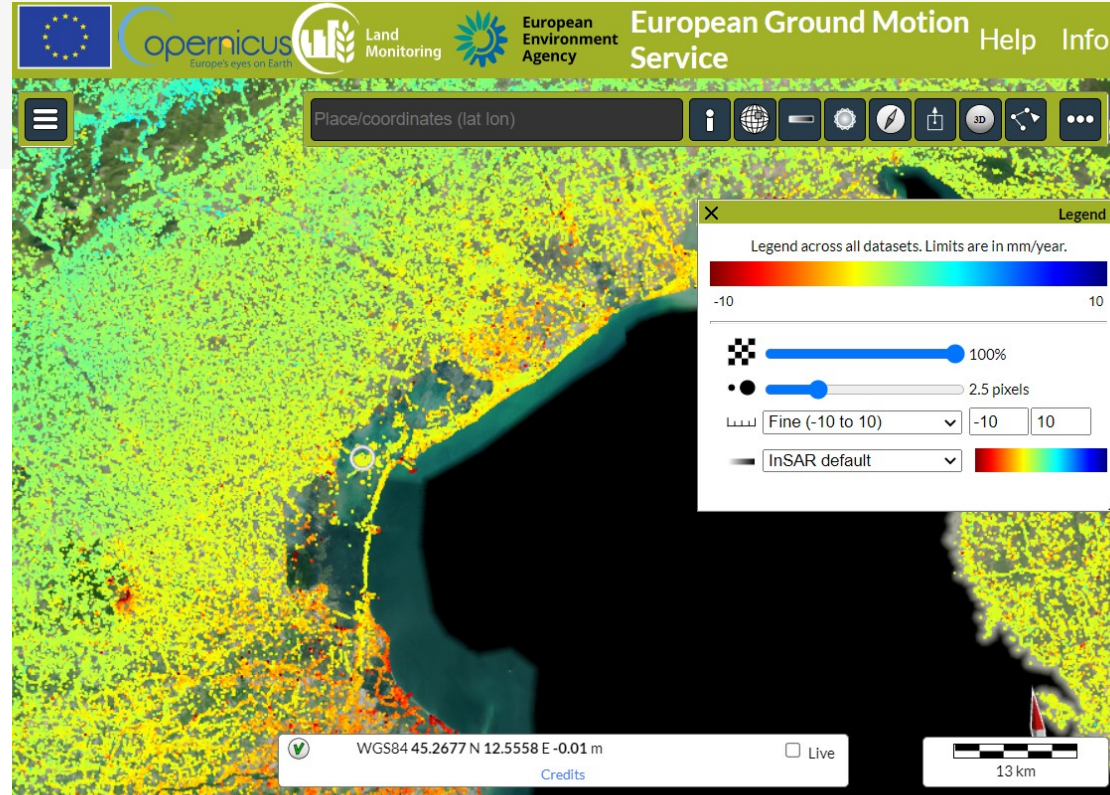
- Niveau de la mer, sécheresses, températures, salinisation, eutrophisation, hypoxie, acidification...
- Au 20^{ème} siècle, les changements les plus importants sont liés aux activités humaines
- Les effets du changement climatique deviennent de plus en plus évidents depuis quelques décennies.





Un exemple: Venise, Italie

(d) Venice and its lagoon

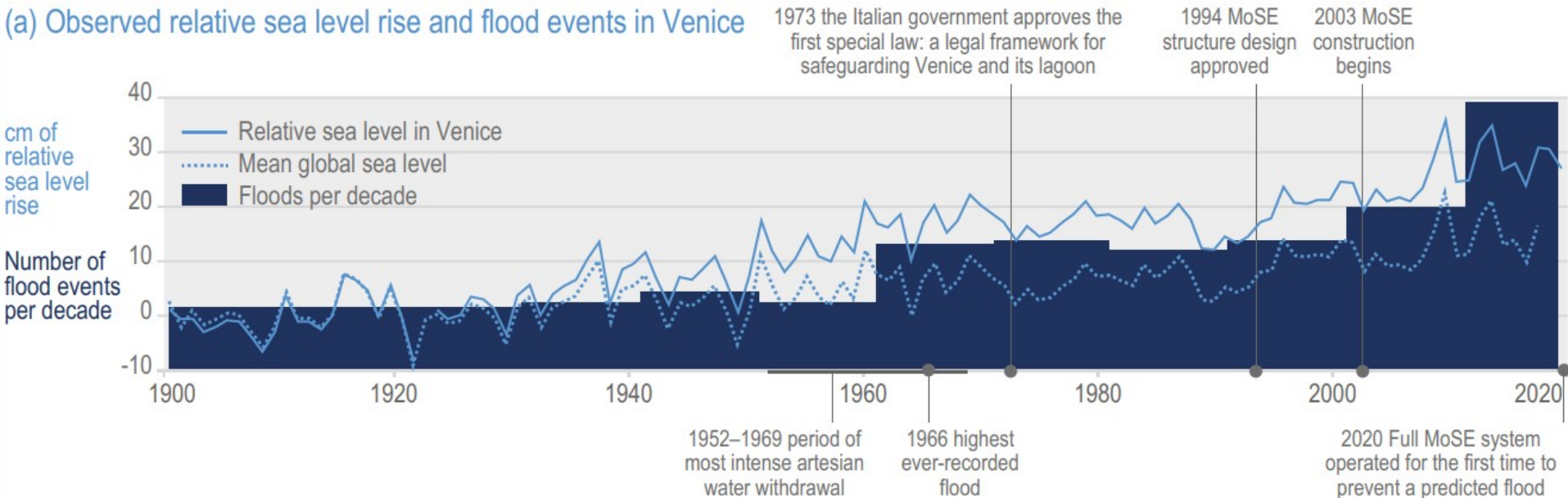


Effets de l'élévation du niveau de la mer sur les submersions chroniques

Fréquence des inondations: **(acqua alta)**

- 1 par décennie au début du 20ème siècle
- 40 entre 2010 et 2019

(a) Observed relative sea level rise and flood events in Venice





Depuis 2020, la barrière MOSE, un système de barrières mobiles, permet d'éviter les submersions de Venise

[Photo: <https://www.mosevenezia.eu/>]

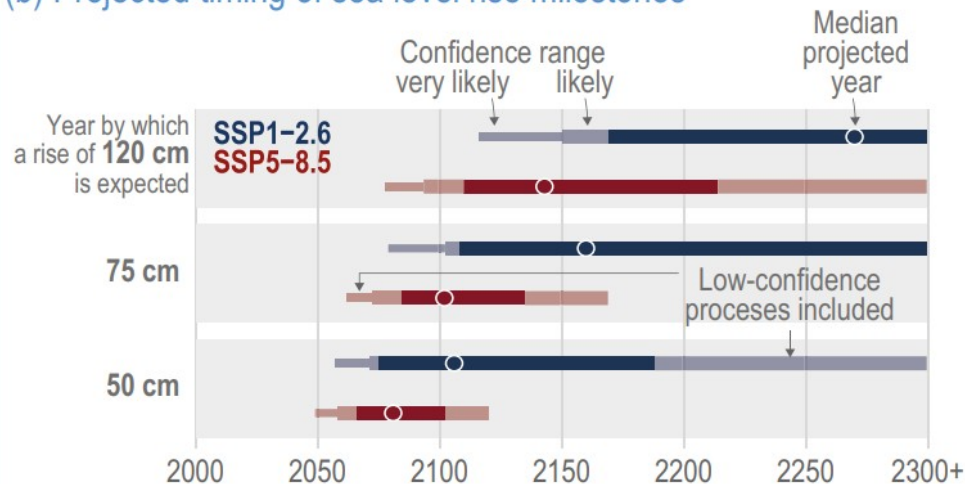


Combien de temps la barrière MOSE sera-t-elle efficace?

Autres mesures d'adaptation proposées:

- Expansion des marais salants
- Recharge artificielle des aquifères salins profonds

(b) Projected timing of sea level rise milestones



Expected annual duration of the closures of the lagoon inlets if sea level thresholds are exceeded:

- 10.5 months** → The lagoon is transformed in a coastal lake, only occasionally subjected to the tides
- 6 months** → The lagoon is disconnected from the sea for the larger part of the year
- 2 months** → Severe limitation of ship traffic and lagoon water exchange

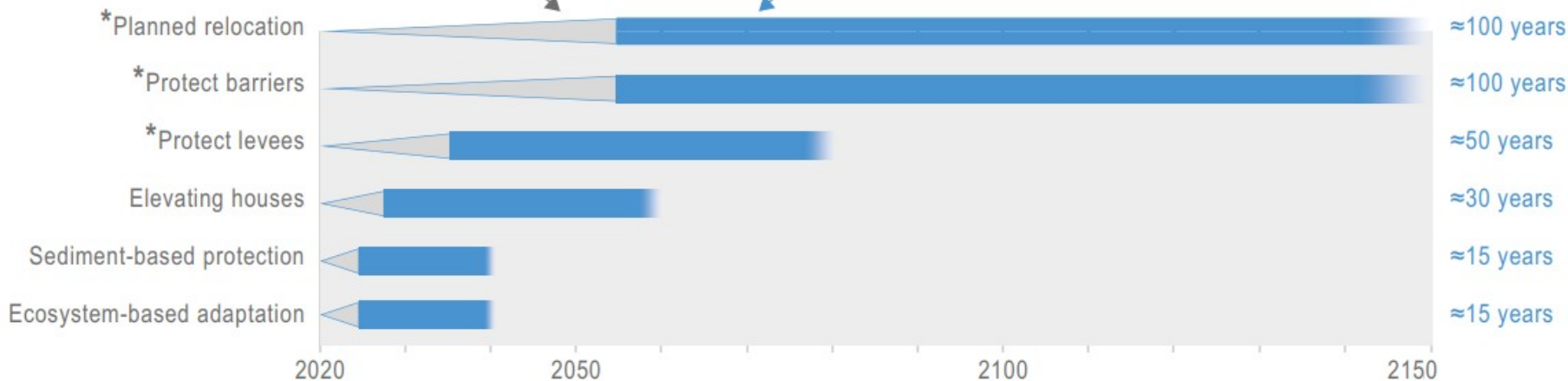
Les mesures d'adaptation côtières et estuariennes mettent typiquement des décennies à être mises en place

(a) Typical timescales of coastal risk management

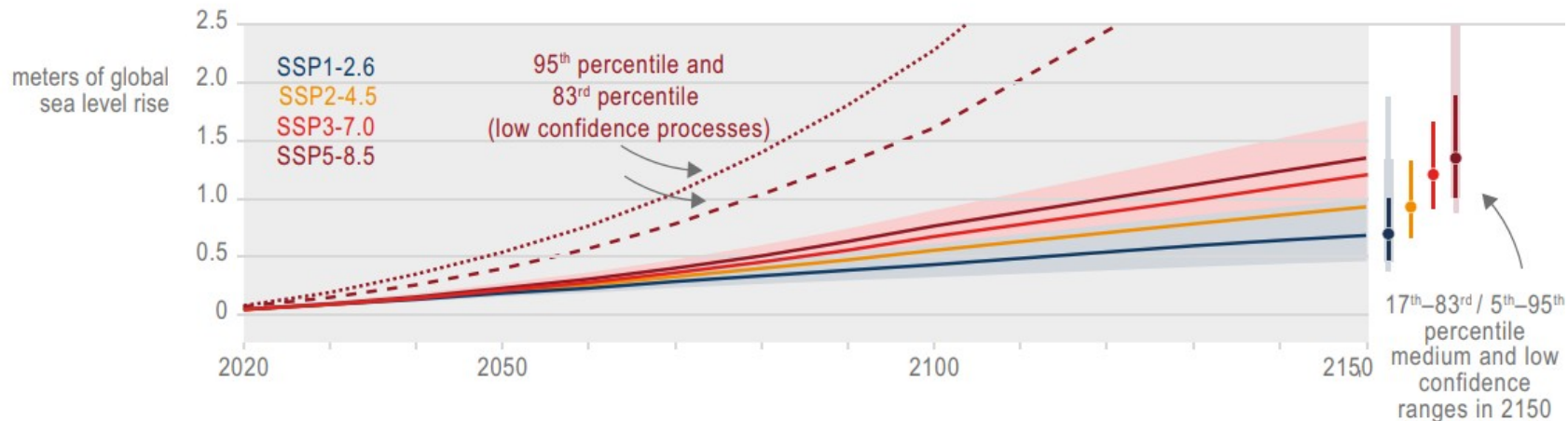
Indicative time for planning and implementation

Typical intended lifetime of measures

*Measures with long-living societal legacy

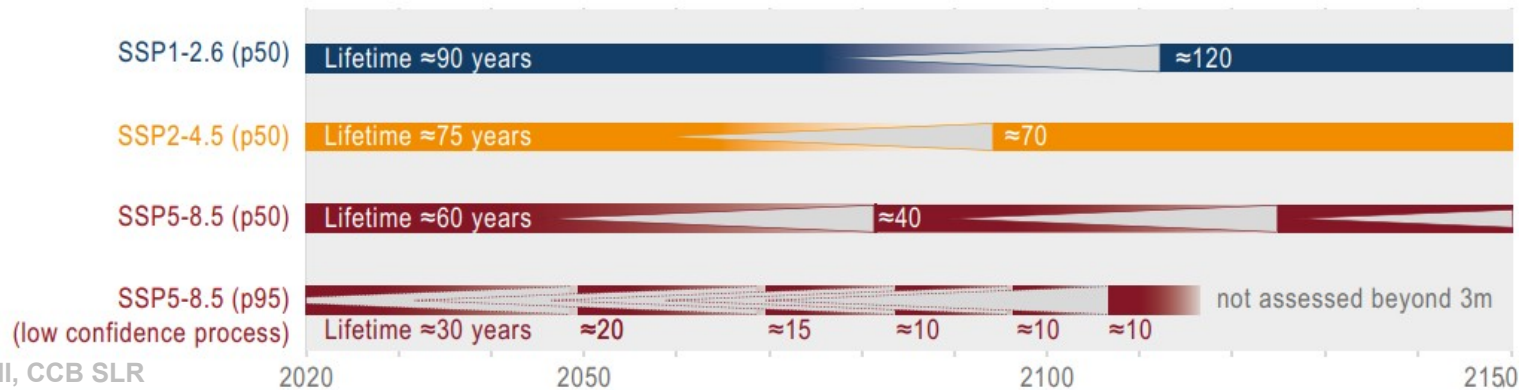


(b) Sea-level rise projections



(c) Projected sea level rise demands earlier or larger adaptation actions and reduces the lifetimes of measures

Illustrative example with measures for 0.5m of additional sea level rise:



Pendant des prochaines décennies et siècles: des enjeux importants menacés

- Menace existentielle pour des états insulaires
- Infrastructures à longue durée de vie: énergie, transport, ports, villes...
- Sites culturels
- Sites et sols pollués



World Heritage sites

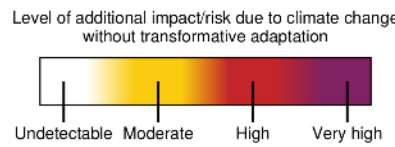
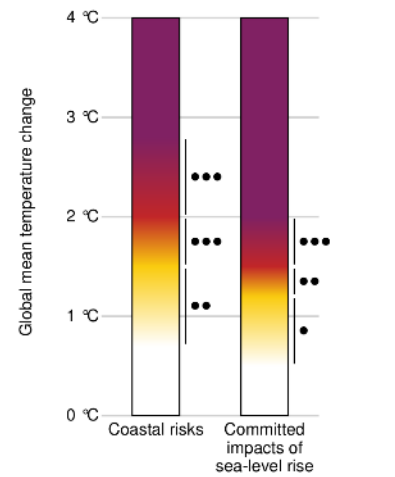
Number at risk

- 1 site
- 4 sites

Population
per km²

- < 50
- 50 - 100
- 100 - 200
- 200 - 300
- 300 - 500
- 500 - 1,000
- > 1,000

Confidence
High Medium Low

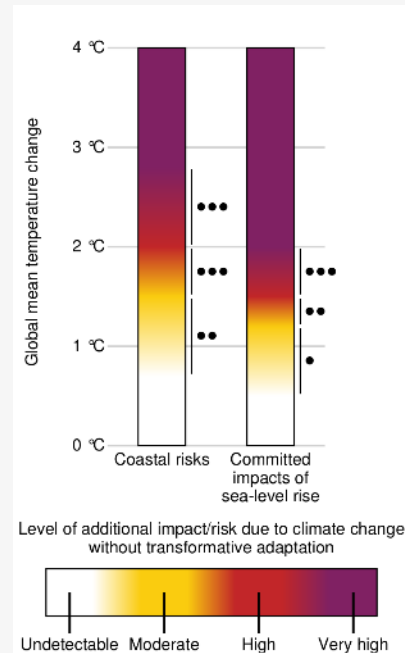


Pendant des prochaines décennies et siècles: des enjeux importants menacés

- Menace existentielle pour des états insulaires
- Infrastructures à longue durée de vie: énergie, transport, ports, villes...
- Sites culturels
- Sites et sols pollués



A) Situation prior to waste removal in 2016
B) November 2017
C) After rehabilitation in May 2018



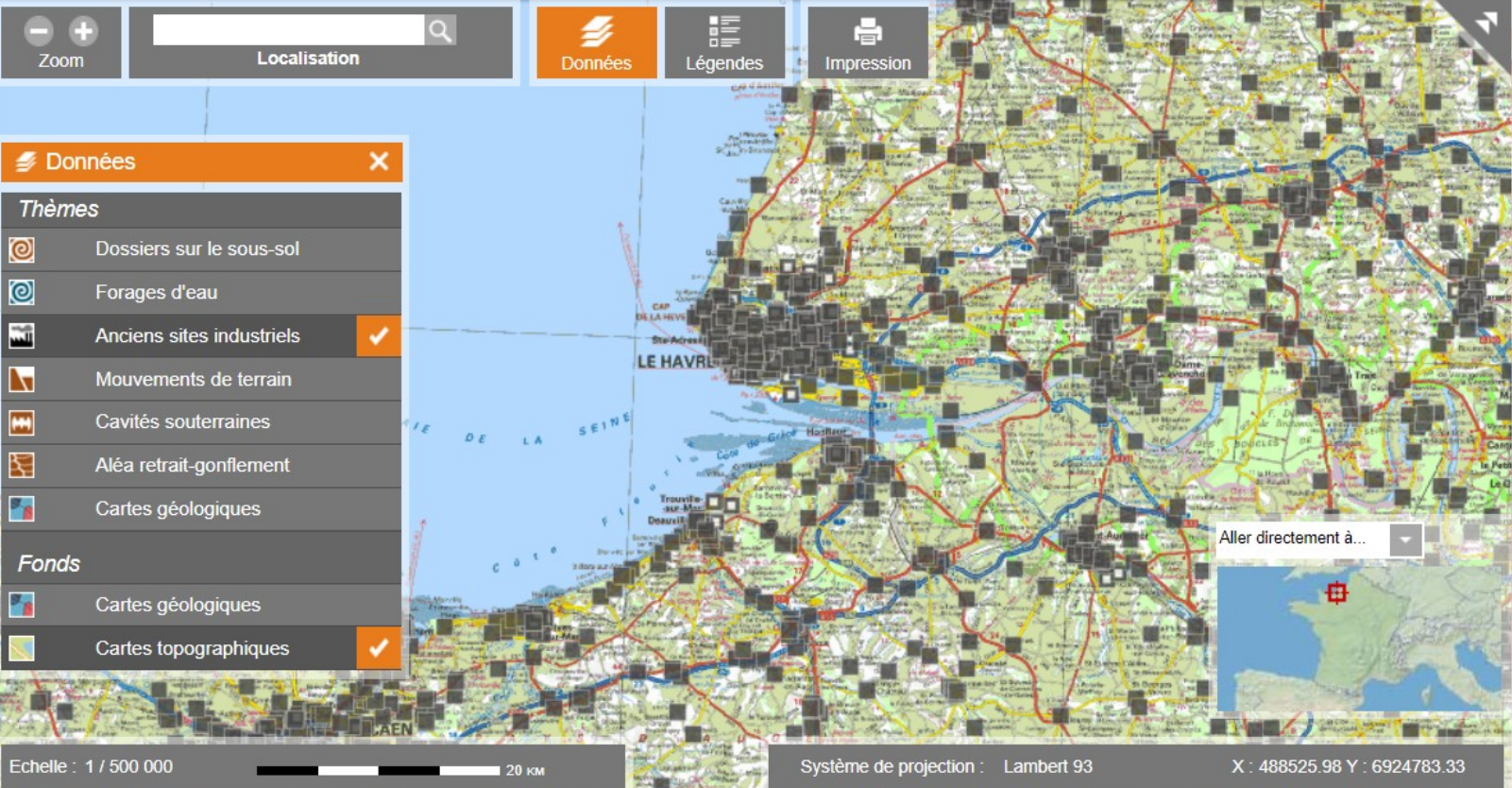
VISUALISER LES DONNÉES

RECHERCHER DES DONNÉES

DONNÉES ET SERVICES

THÉMATIQUES

MOBILES



Me
- Inf

Zoom Localisation Données Légendes Impression

Données

Thèmes

- Dossiers sur le sous-sol
- Forages d'eau
- Anciens sites industriels
- Mouvements de terrain
- Cavités souterraines
- Aléa retrait-gonflement
- Cartes géologiques

Fonds

- Cartes géologiques
- Cartes topographiques

Echelle : 1 / 500 000 20 KM

Système de projection : Lambert 93 X : 488525.98 Y : 6924783.33

Allez directement à...

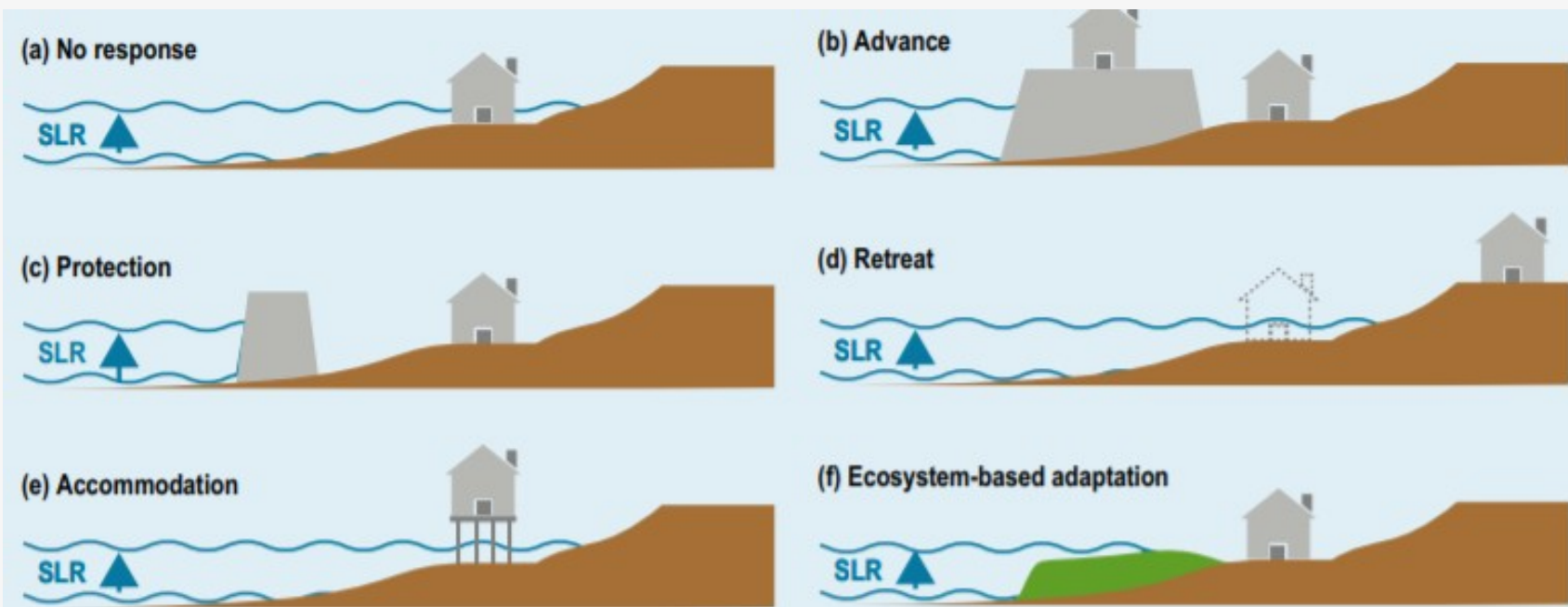


Comment s'adapter?

[Photo: The Guardian]

Réponses à l'élévation du niveau de la mer pour les infrastructures existantes

Eviter l'urbanisation de zones côtières basses permet de limiter les risques futurs



GM RP-63182



(c) Protection



**Coûts?
Calendrier?
Effets verrou?
Désirable?**



(e) Accommodation



Teignmouth, UK



Source: France Info - MANUEL SILVESTRI / REUTERS



Source: Grimshaw – WE Forum

(e) Accommodation



Teignmouth, UK

**Faisabilité selon le
contexte local?
Efficacité?**



Source: France Info - MANUEL SILVESTRI / REUTERS



Source: Grimshaw – WE Forum

(f) Ecosystem-based adaptation



(f) Ecosystem-based adaptation



Faisabilité selon le
contexte local?
Efficacité?

1999

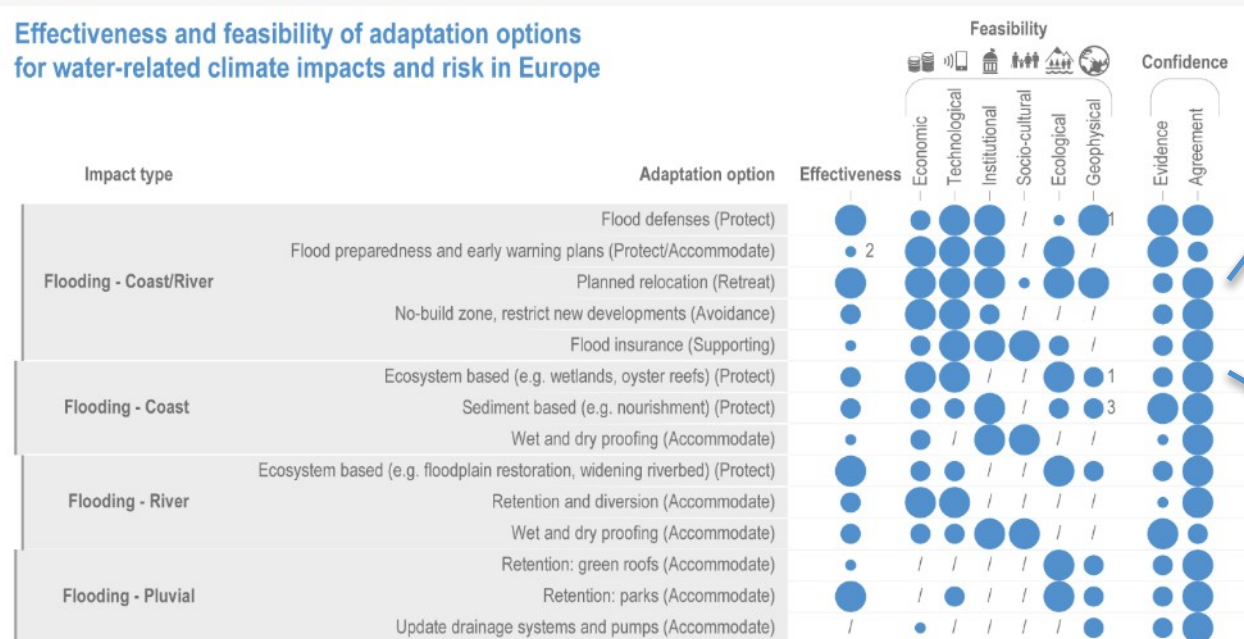
2009

2018

Adapto Conservatoire du Littoral

De nombreuses mesures d'adaptation sont disponibles, mais leur faisabilité et leur efficacité sont variables

Effectiveness and feasibility of adaptation options for water-related climate impacts and risk in Europe



Assesment score

● Medium ● High

Low Medium High

/ = no/limited evidence

1 = Physically hampered in highly urbanized regions.
 2 = Low on preventing damage, medium on preventing fatalities.
 3 = Availability of sand can hamper feasibility in Southern Europe.
 4 = In Southern Europe, no evidence for other parts of Europe.
 5 = Medium in Southern Europe and high in Western and Central Europe/Northern Europe.

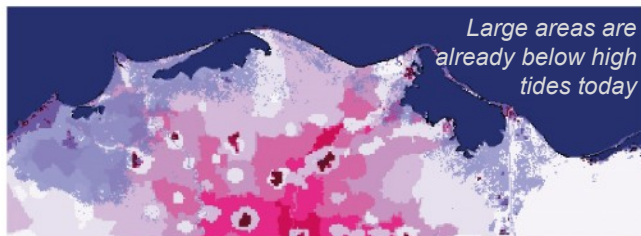


Pour chaque site, des scénarios très contrastés avec des enjeux différents

Exemple: Delta du Nil, Égypte.

Present-day and projected land below high-tides in the Nile delta, due to sea-level rise and land subsidence

(a) Today (current sea levels)



(b) 2100, with 0.43m sea-level rise (SSP1-2.6)



Largest subsidence rates

(c) 2100, with 0.75m sea-level rise (SSP5-8.5)



Urbanization as in SSP5?

(d) 2100, with 1.7m sea-level rise (SSP5-8.5, with additional ice-sheet melting)



Exposed area



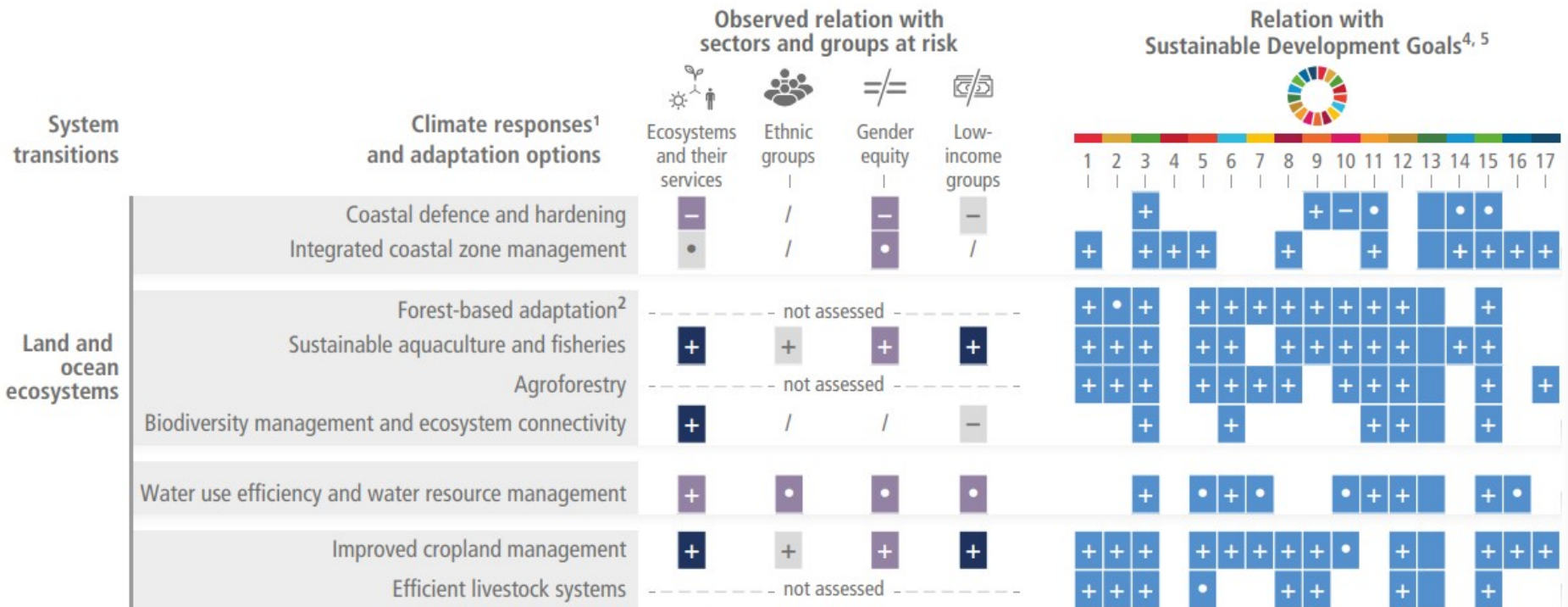
L'adaptation et la transition ont des effets bénéfiques pour l'atteinte objectifs de développement durable

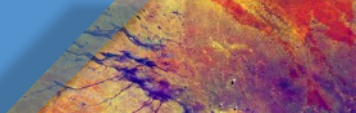


France



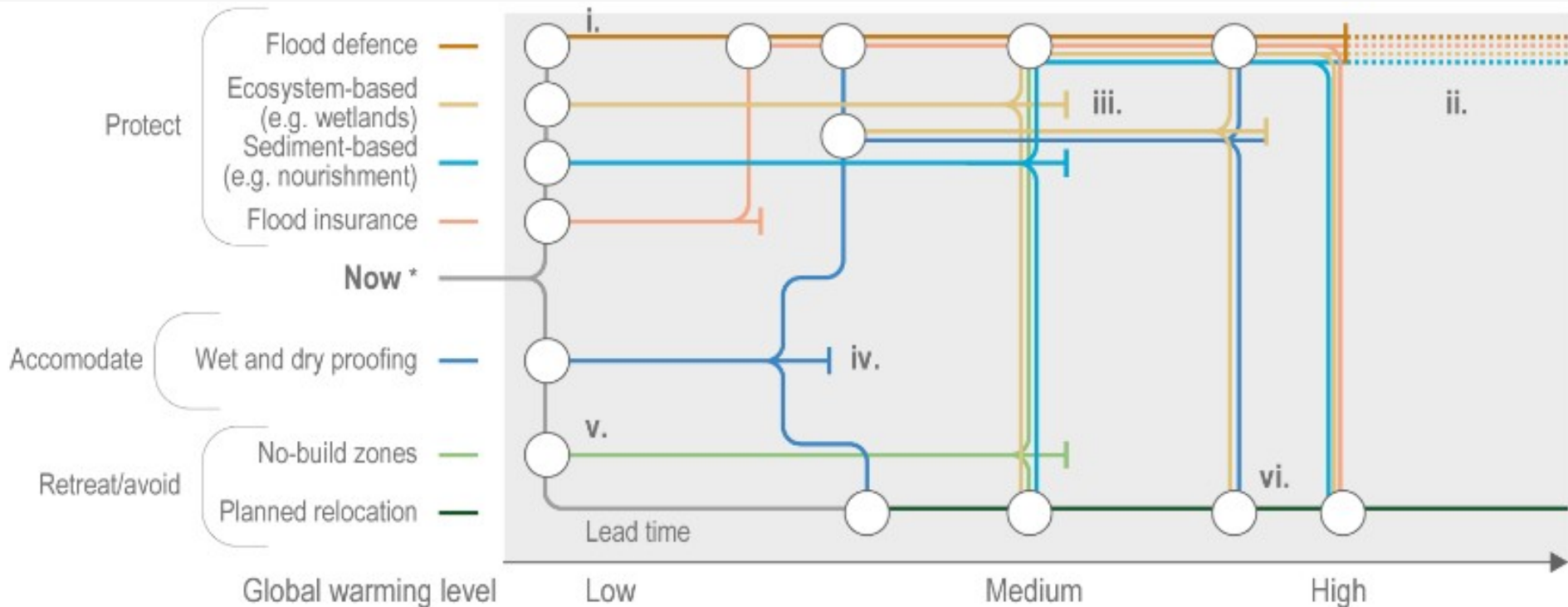
La plupart des mesures d'adaptation sont bénéfiques à l'homme, l'économie et l'environnement





Une réponse séquencée, planifiée bien en amont est plus efficace

Confiance haute



Conditions favorables à l'adaptation côtière

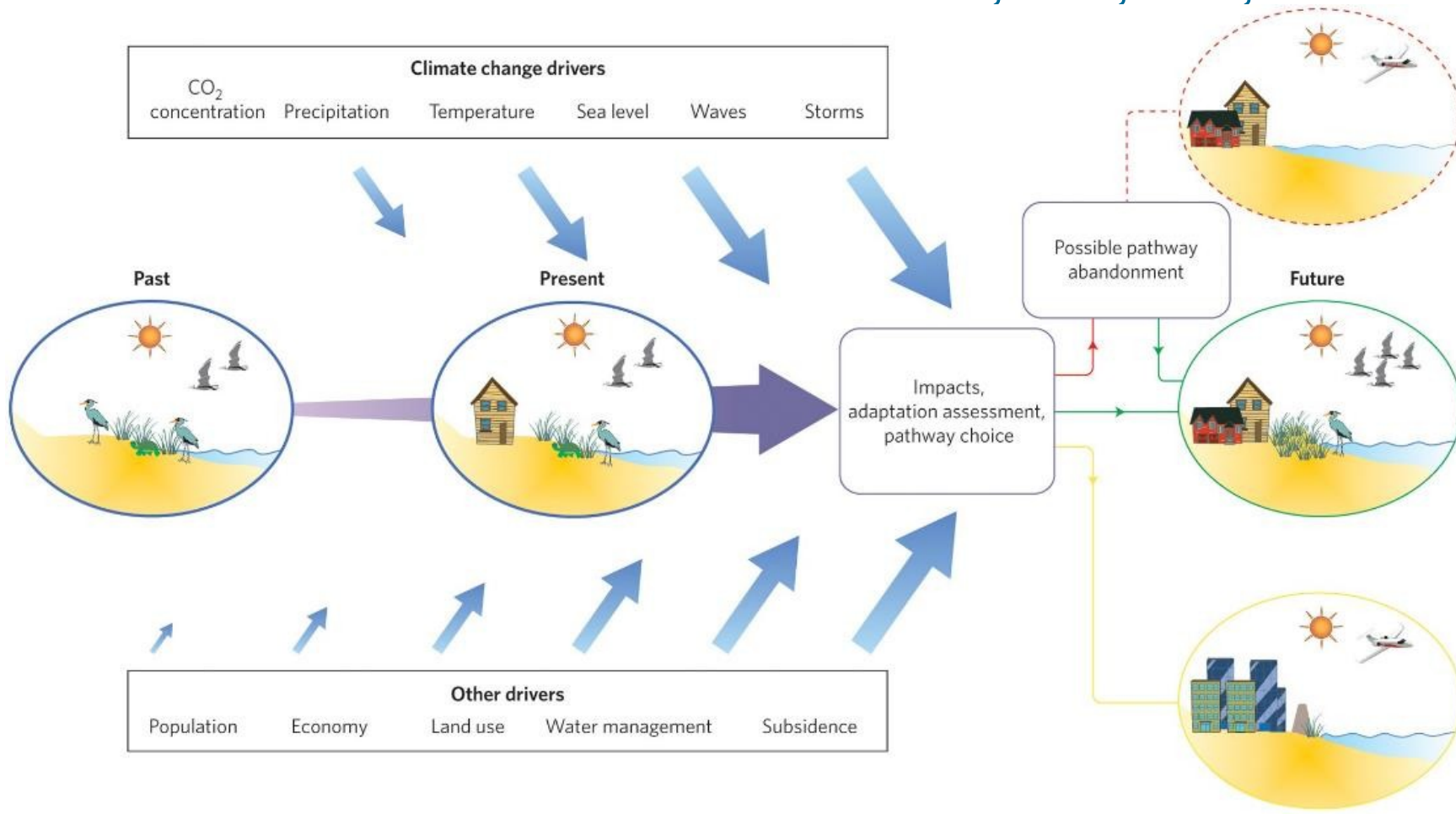
Confiance haute

- 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



La question clé: quelle vision avons-nous des estuaires en 2030, 2050, 2100, au-delà?

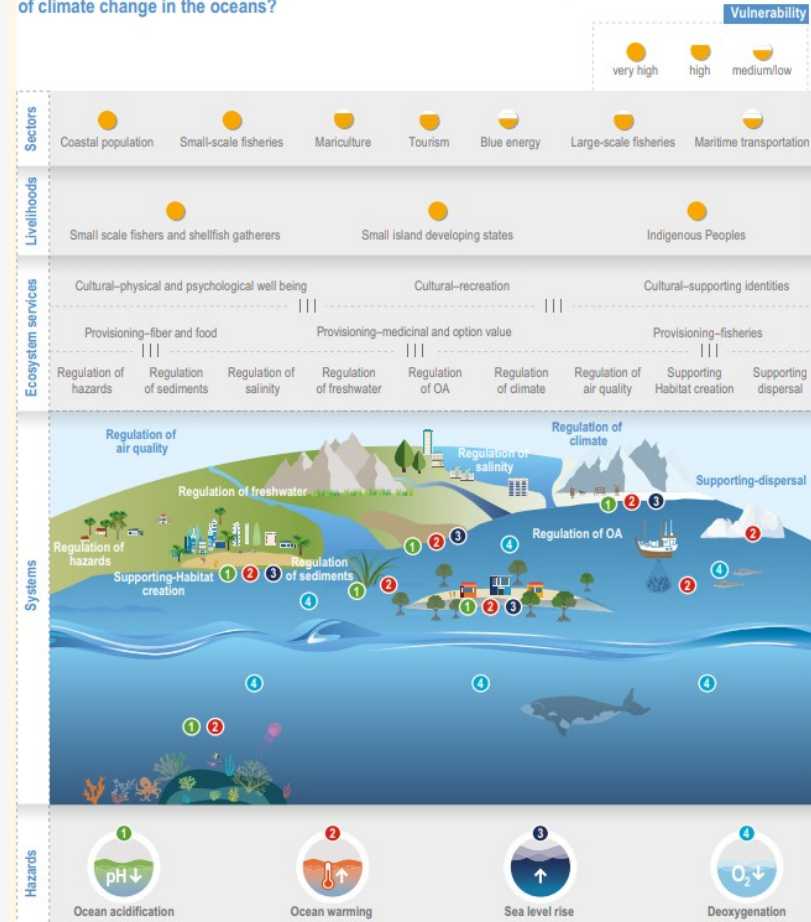


L'avenir des zones côtières dépend d'actions immédiates

- Atténuation: pour stabiliser le réchauffement climatique et la vitesse d'élévation du niveau de la mer, peut-être autour de 4mm/an
- Adaptation: aux conséquences inévitables (notamment inondations), 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

Which livelihoods and economic sectors are most vulnerable to the impacts of climate change in the oceans?



MERCI



Gonéri Le Cozannet

BRGM

g.lecozannet@brgm.fr  @goneri76

For More Information:

 www.ipcc.ch

 IPCC Secretariat: ipcc-sec@wmo.int

IPCC Press Office: ipcc-media@wmo.int

Follow Us:

 /  @IPCC

 @IPCC_CH #IPCCReport

 [linkedin.com/company/ipcc](https://www.linkedin.com/company/ipcc)

Réhausser le sol ou des bâtiments peut limiter les risques

Individual buildings, can avert flooding and artificially or by nature-based interventions protection and control in estuarine and deltaic

Nature-based land elevation is limited by sediment supply and can address SLR rates of up to 10 mm yr^{-1} (Kleinhans et al., 2010; Kirwan et al., 2016; IPCC, 2019). It also assumes that existing land-use patterns permit land raising (e.g., in rural or newly developed areas; Scussolini et al., 2017). Artificial land raising can achieve significant elevations and be implemented over a large spatial scale (Esteban et al., 2015; Esteban et al., 2019). Raising land can be cost beneficial for small areas or where lower safety levels are satisfactory, but protection is usually more economical for larger areas, although both strategies are often combined (Lendering et al., 2020).



Changement climatique et élévation du niveau de la mer : quelles conséquences pour les estuaires ?

Gonéri Le Cozannet¹

Le changement climatique et l'élévation du niveau de la mer sont une menace importante pour les zones côtières. Le 6^e rapport du GIEC marque un tournant dans la communication de la science de l'adaptation côtière et estuarienne vers les décideurs. En effet, les projections de niveau marin ont été étendues bien au-delà de 2100, rappelant que nous sommes devant plusieurs siècles d'élévation du niveau de la mer, plus ou moins rapide selon le succès des politiques climats à venir. De plus, un scénario d'effondrement de l'Antarctique de l'Ouest est désormais présenté de manière explicite et quantifiée dans le rapport du GIEC. Pour les estuaires, cette élévation du niveau de la mer signifie en premier lieu une aggravation des risques de submersions chroniques à marée haute et lors de tempêtes. Ces risques peuvent être aggravés par une modification des régimes de pluie, de l'hydrologie fluviale ou de l'estuaire lui-même, que ce soit par des processus sédimentaires ou des interventions humaines. Historiquement, une réponse à ces risques a été de renforcer les défenses côtières telles que la barrière estuarienne de la Tamise, qui protège Londres en Angleterre des submersions à marée haute. Ce type d'approche présente le risque de réaliser l'adaptation au détriment des écosystèmes côtiers. Une autre réponse consiste à dé-poldériser des marais estuariens, afin d'atténuer les pics de tempêtes, mais l'efficacité de cette approche n'est pas garantie pour une élévation du niveau de la mer très rapide. Tous ces modes de gestion ont des conséquences importantes pour les personnes et les écosystèmes, et l'adaptation dans ce domaine reste souvent incrémentale, focalisée sur un aspect particulier de l'adaptation, tel

1. fr

zone

re
22

lis
EST
ide

irin
les
che

22

Brexit
Estuaries



Les solutions fondées sur la nature peuvent limiter les risques côtiers

Confiance haute

Co-bénéfices: restauration des écosystèmes côtiers

Mais:

- Besoin d'espace pour les processus sédimentaires et les écosystèmes
- Selon les sites, les solutions fondées sur la nature ont des limites particulièrement au-dessus de 1,5°C

Dune restoration



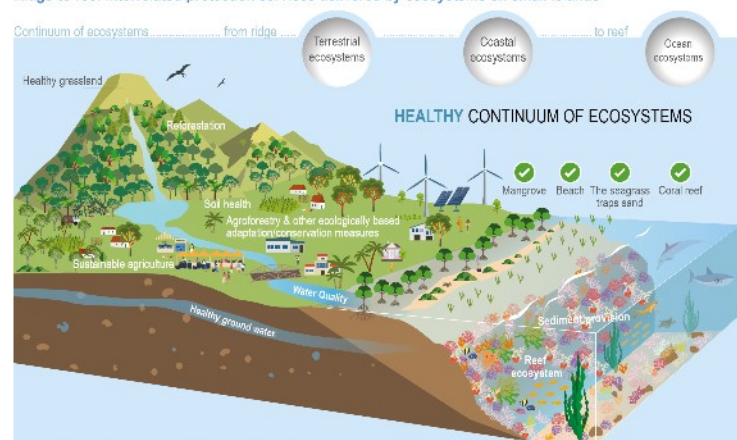
Gonéri, BRGM

Posidonia banks



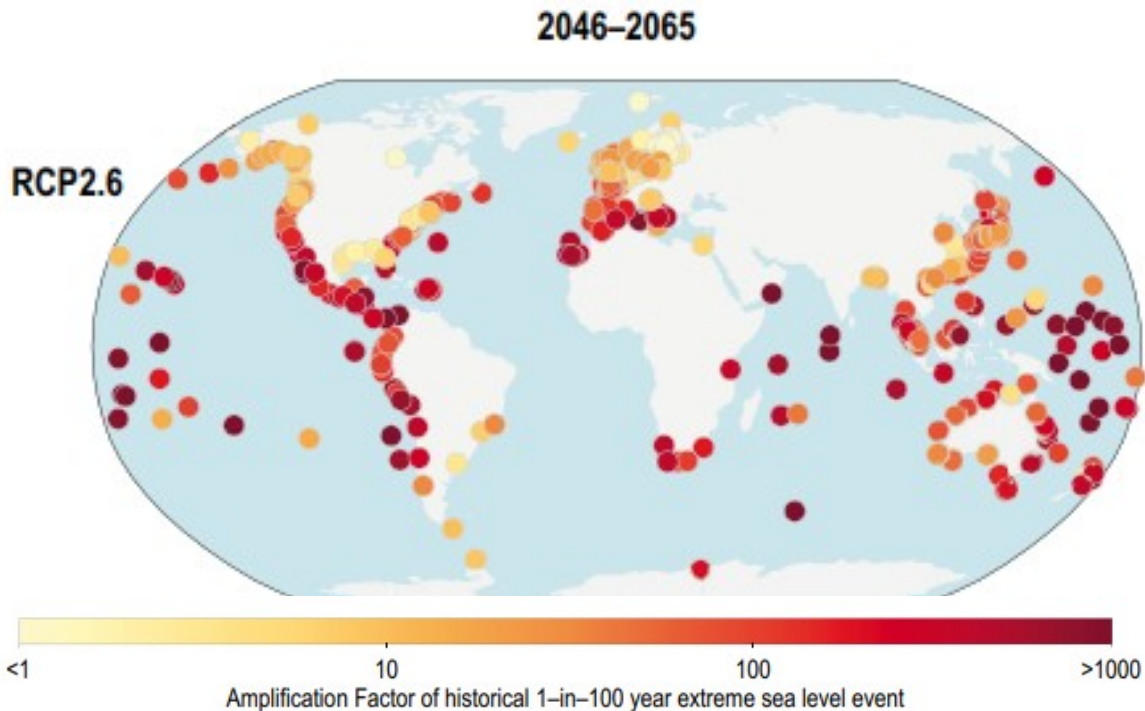
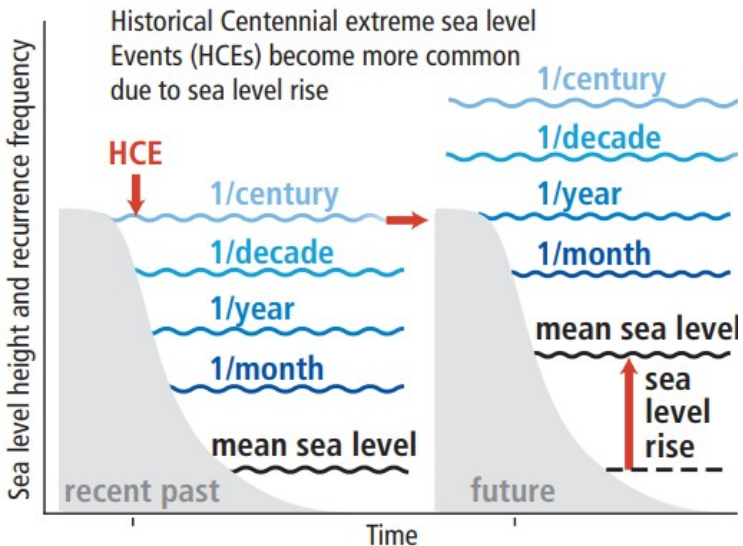
Gonéri, BRGM

Ridge-to-reef interrelated protection services delivered by ecosystems on small islands



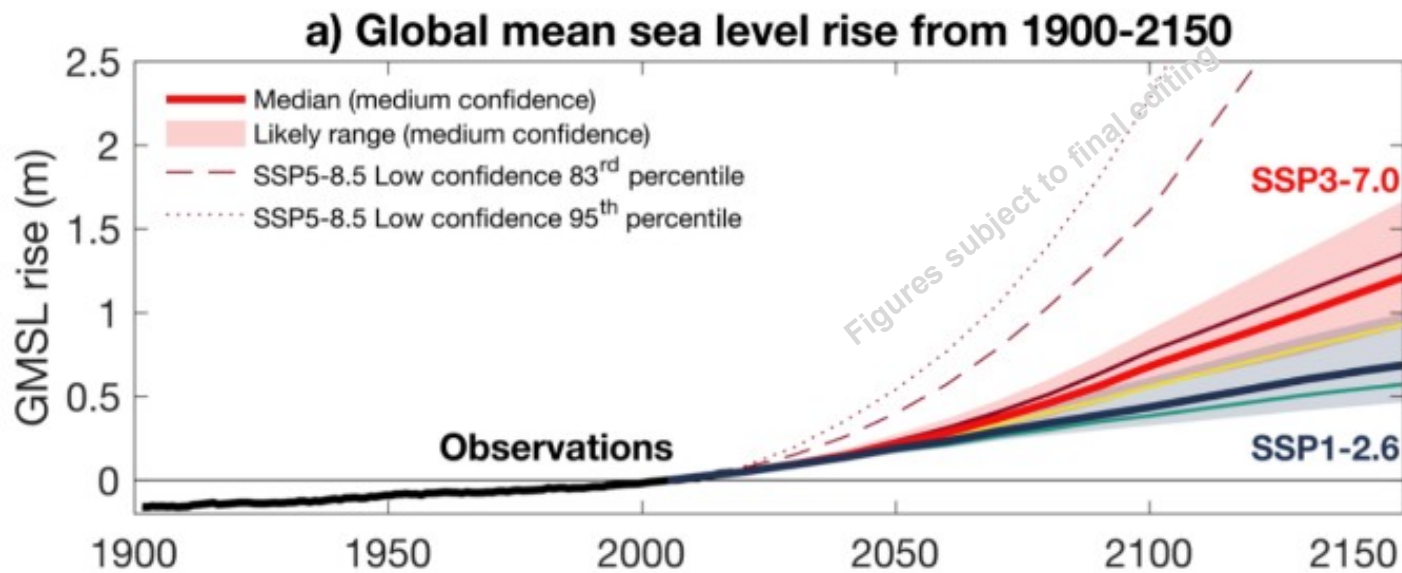
Sans adaptation, les risques côtiers augmenteront considérablement bien avant 2100 du fait de l'élévation du niveau de la mer (confiance: très haute)

(a) Schematic effect of regional sea level rise on projected extreme sea level events (not to scale)



What is new in AR6 sea-level projections?

- Medium confidence projections extended to 2150
- Commitments for exceedance of specific global warming levels



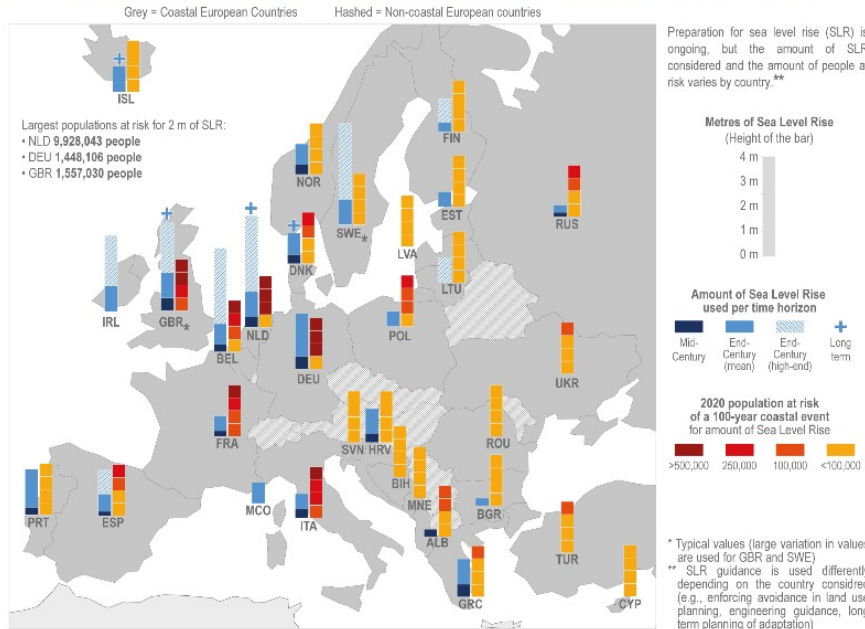
↑T	2,000 years	10,000 years
1,5°C	2 - 3m	6 - 7m
2°C	2 - 6m	8 - 13m
3°C	4 - 10m	10 - 24m
4°C	12 - 16m	19 - 33m
5°C	19 - 22m	28 - 37m

L'adaptation côtière est en progrès

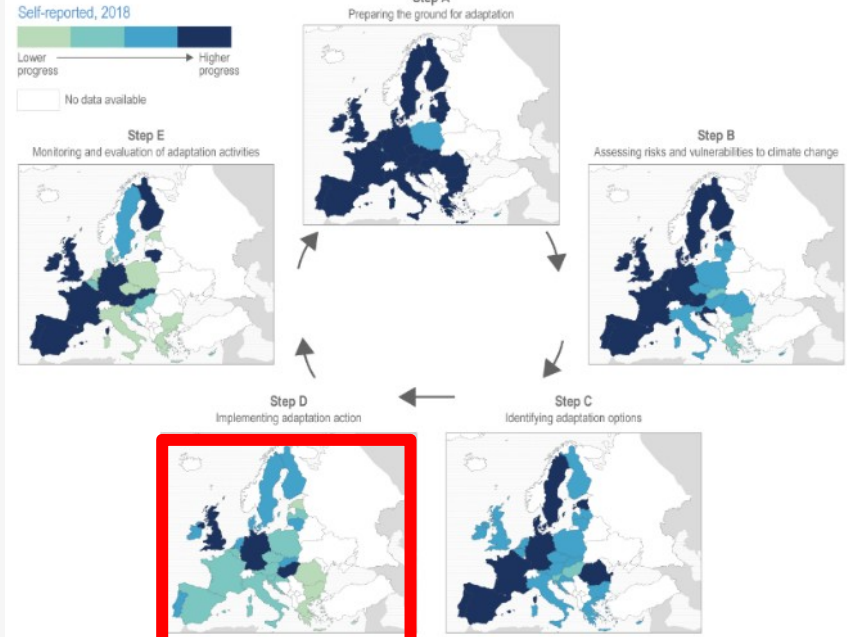
Mais elle s'effectue de manière inégale selon les pays, les régions et les localités
D'une manière générale, la mise en œuvre est en retard

Risk and national adaptation planning to sea level rise in Europe

(a) Amount of sea level rise used in national level planning per country and population at risk by amount of sea level rise per country

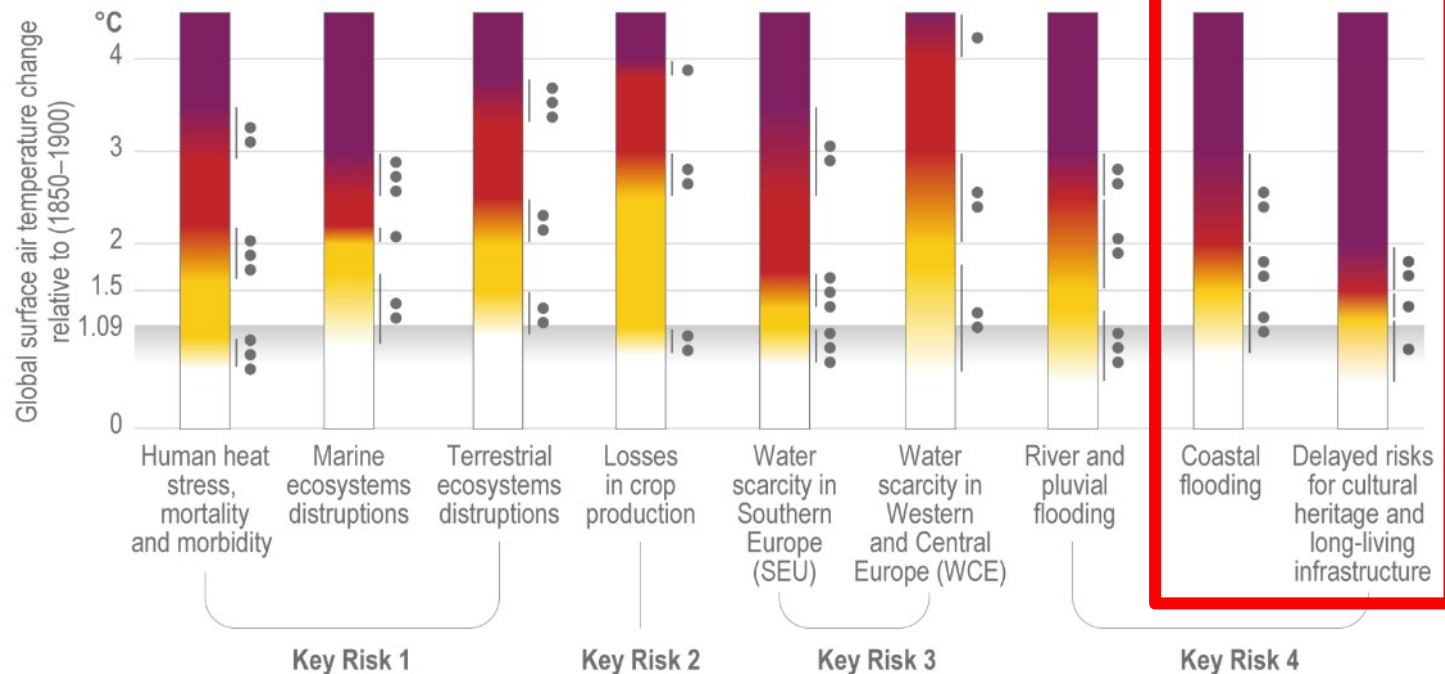


Progress of National Adaptation in Europe



Risques clés - Europe

Key risks for Europe under low to medium adaptation



- Confiance: haute

Level of risk

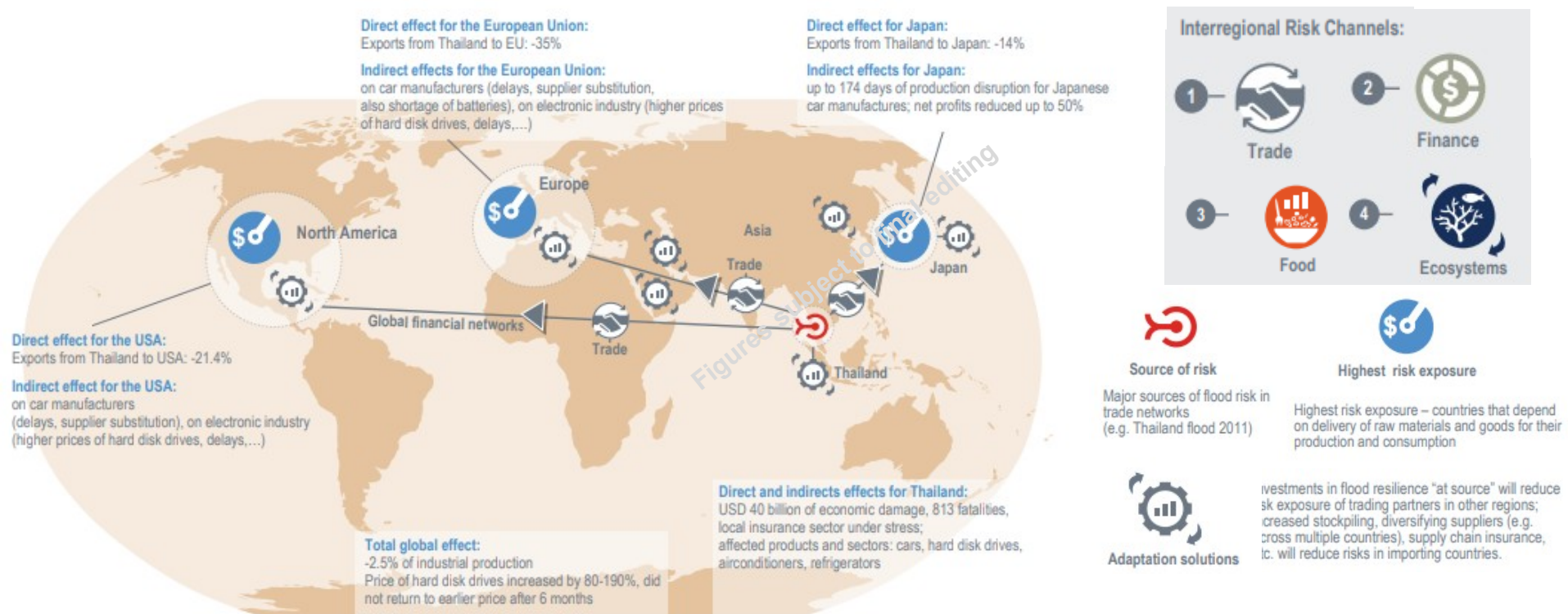


Confidence



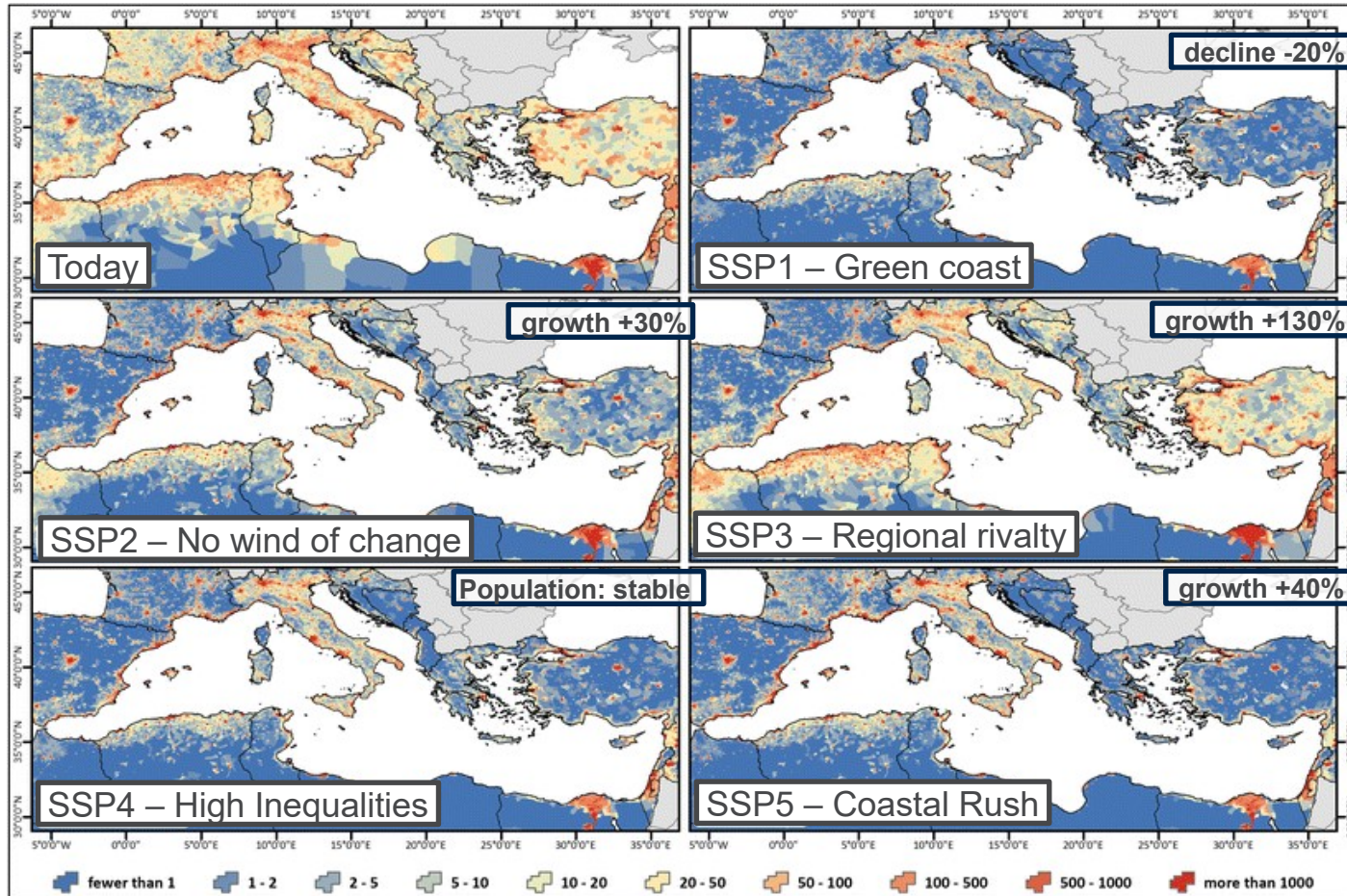
The ember colour gradient indicates the level of additional risk to society and ecosystems as a function of global temperature change. Confidence is provided for the change of risk level at given temperature ranges.

Multiple climate hazards and risks will occur simultaneously and interact, resulting in compounding risk and risks cascading across sectors and regions



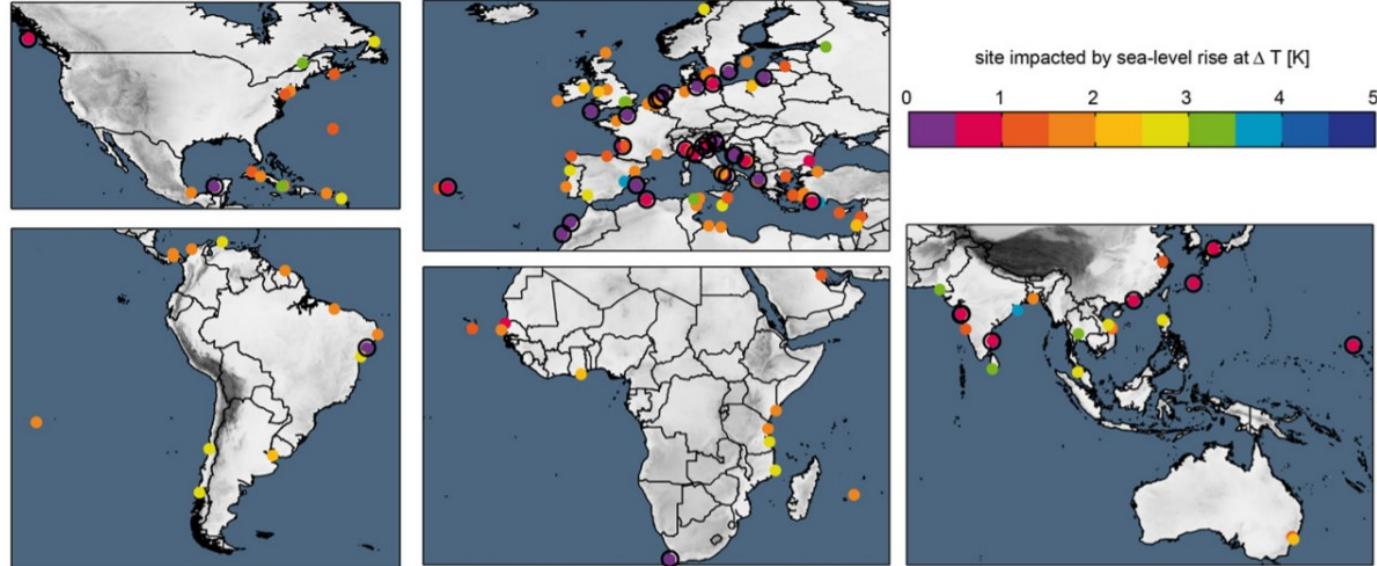
5 chemins socio-économiques contrastés pour évaluer les risques futurs

Reimann et al., 2017



Au-delà de 2070/2100: des enjeux importants sont menacés

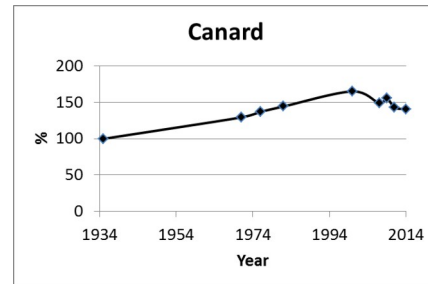
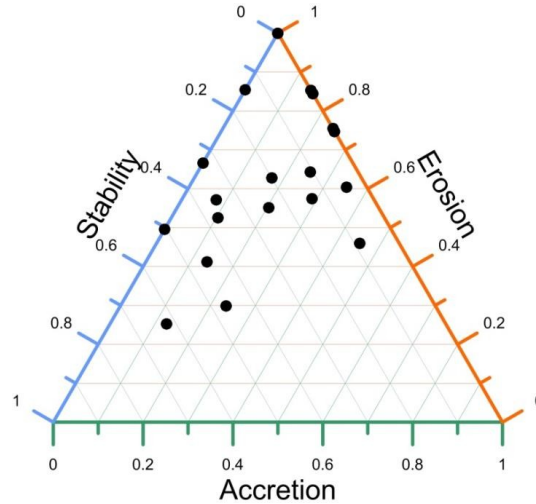
- Sites culturels (Marzeion et Levermann, 2014; Reimann et al., 2018)
- Infrastructures à longue durée de vie: énergie, transport, ports, villes...(Clark et al., 2016)
- Risques pour les sites et sols pollués (Nicholls et al., 2021)
- Menace existentielle pour des états insulaires (SROCC, 2019)



Unesco cultural heritage sites committed to be impacted for a stabilization of climate warming at ΔT

Marzeion et al., 2014

Signes précurseurs? Exemple: les îlots de Nouvelle Calédonie semblent basculer vers un régime d'érosion

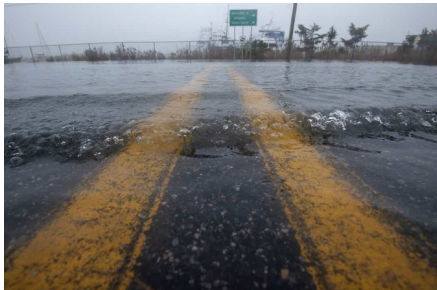


SUBMERSIONS CHRONIQUES A MAREE HAUTE

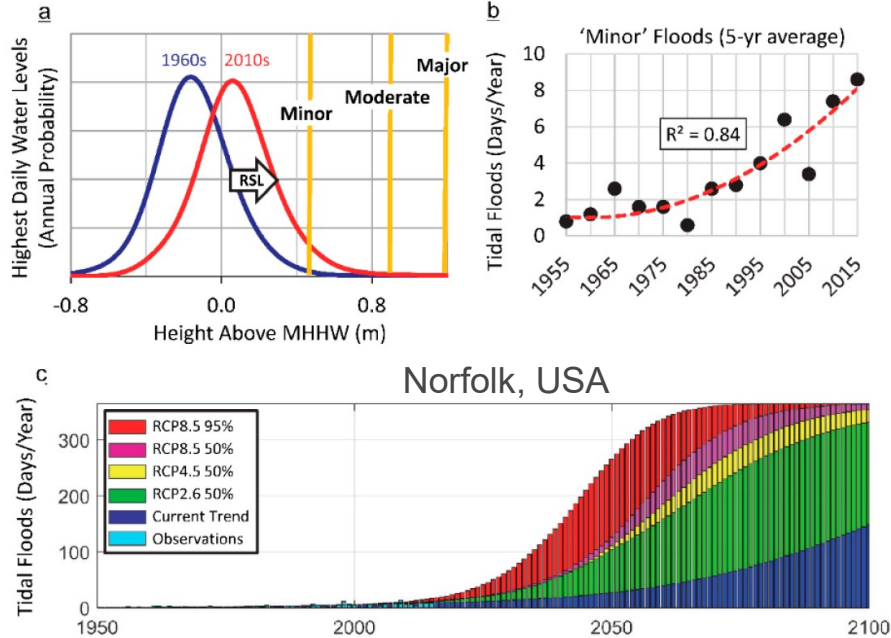
San Francisco Bay Keeper - Robb Most



Jason Minto/Delaware News Journal

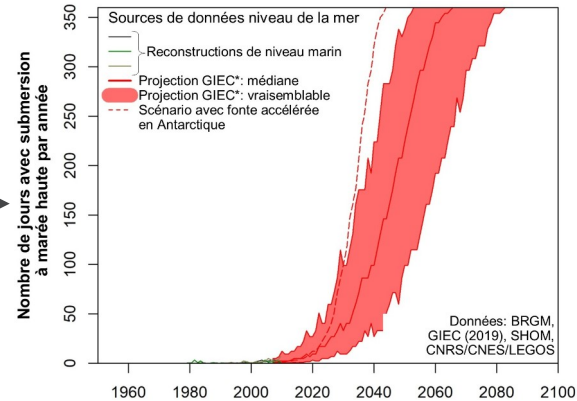
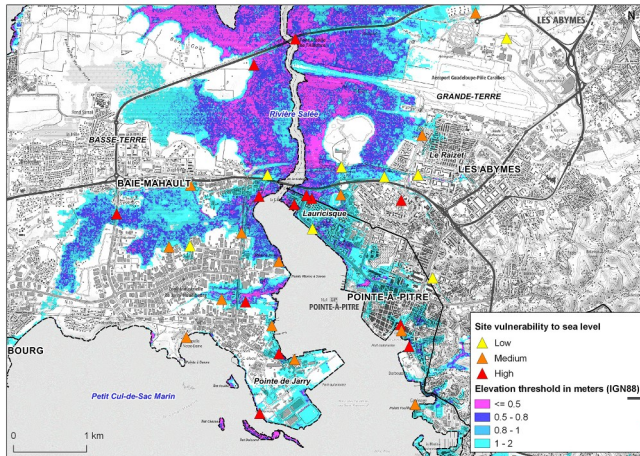
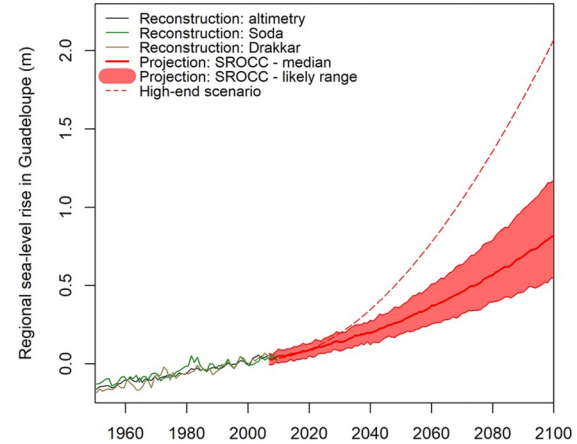
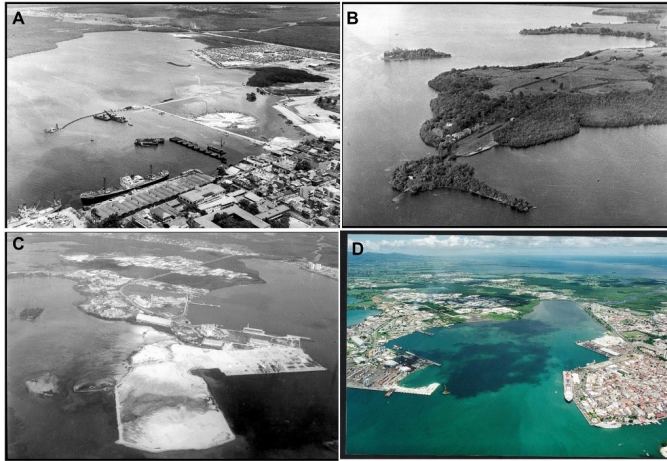


- **Submersions marines chroniques**, à marée haute, dans des conditions météorologiques calmes (Sweet and Park, 2014, Moftakhari et al., 2015, Karegar et al., 2017)
- **Perturbations sur les activités économiques**: infrastructures portuaires, aéroportuaires, industrielles ou commerciales, situées en zones basses (Hino et al., 2019)



Sweet and Park, 2015; Le Cozannet et al., 2017

SUBMERSIONS CHRONIQUES: L'EXEMPLE DE LA GUADELOUPE

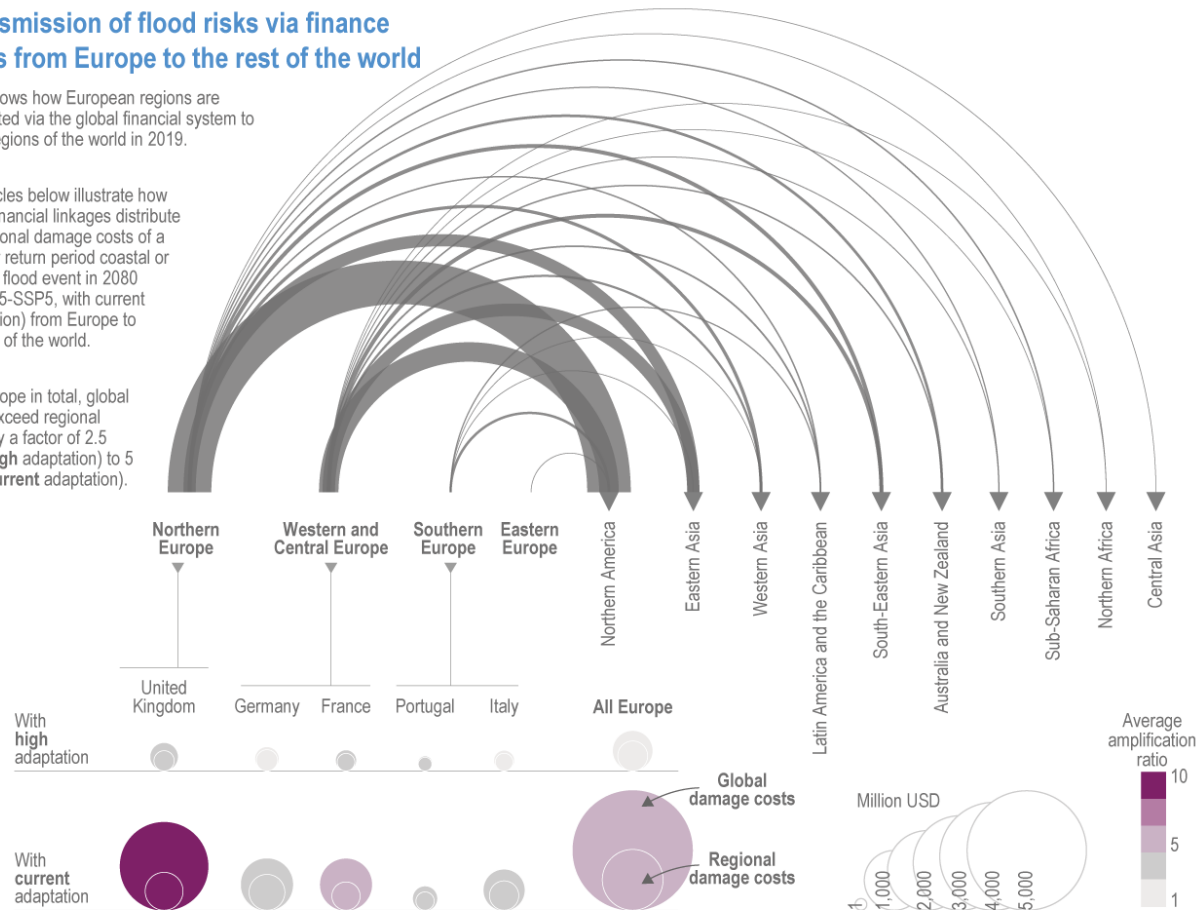


Transmission of flood risks via finance flows from Europe to the rest of the world

Arcs shows how European regions are connected via the global financial system to other regions of the world in 2019.

The circles below illustrate how these financial linkages distribute the regional damage costs of a 20-year return period coastal or riverine flood event in 2080 (RCP8.5-SSP5, with current adaptation) from Europe to the rest of the world.

For Europe in total, global costs exceed regional costs by a factor of 2.5 (with high adaptation) to 5 (with current adaptation).



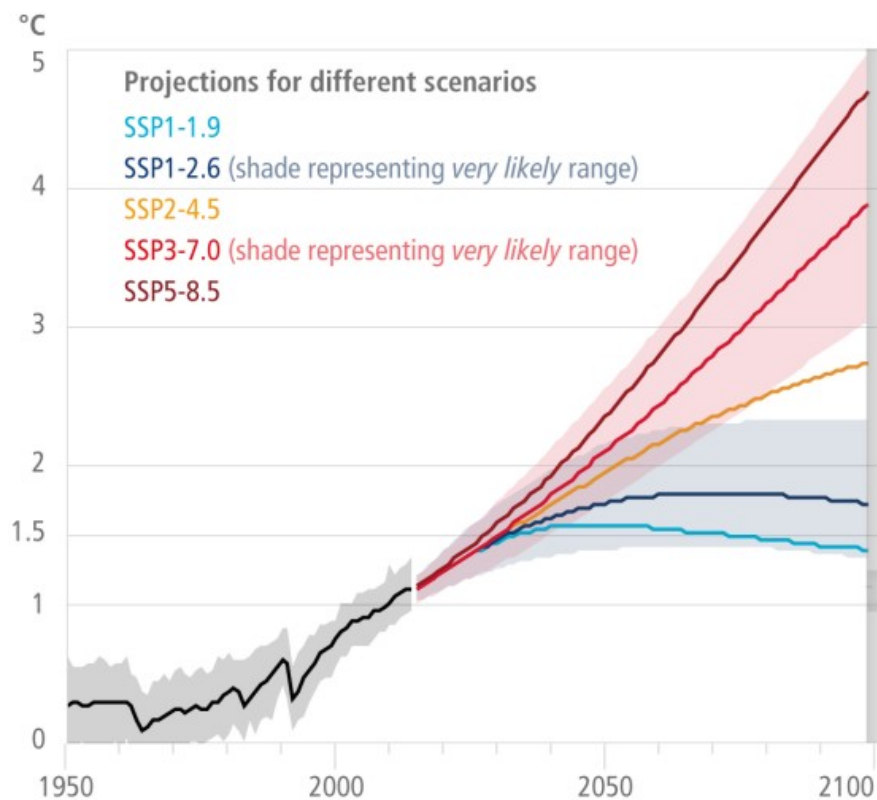
Des crises systémiques induites par des événements côtiers ne peuvent pas être exclues (évidence émergente)

Les inondations côtières ou fluviales peuvent causer des défauts dans les secteurs assurantiels et financiers.

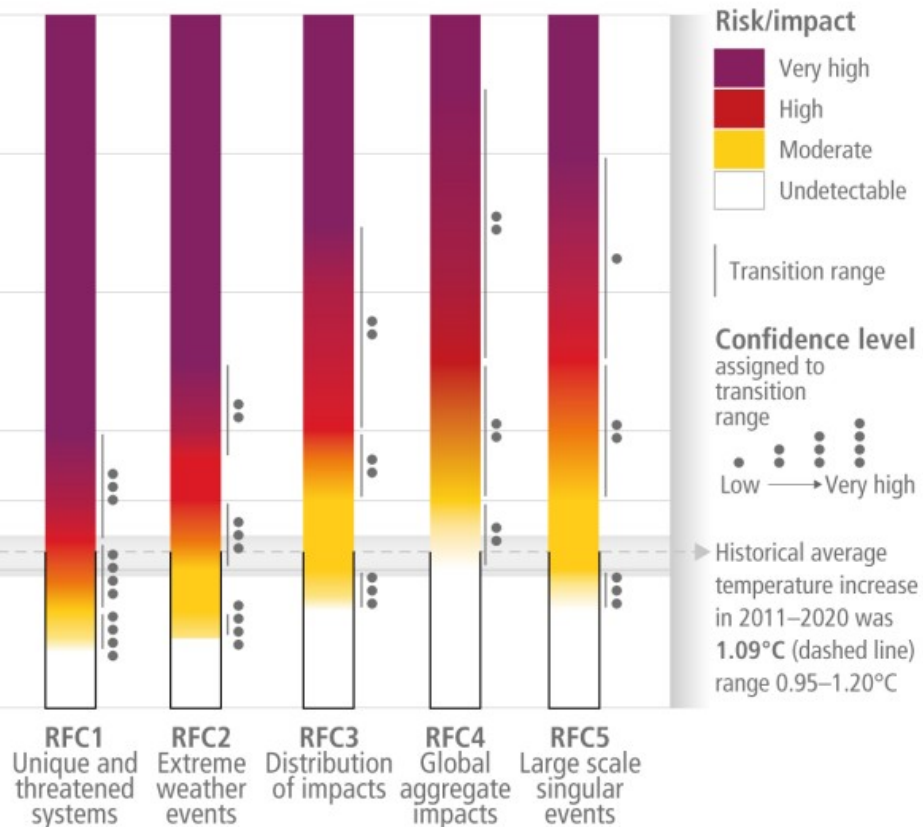
(c.f. Mandel et al., 2021)

Global and regional risks for increasing levels of global warming

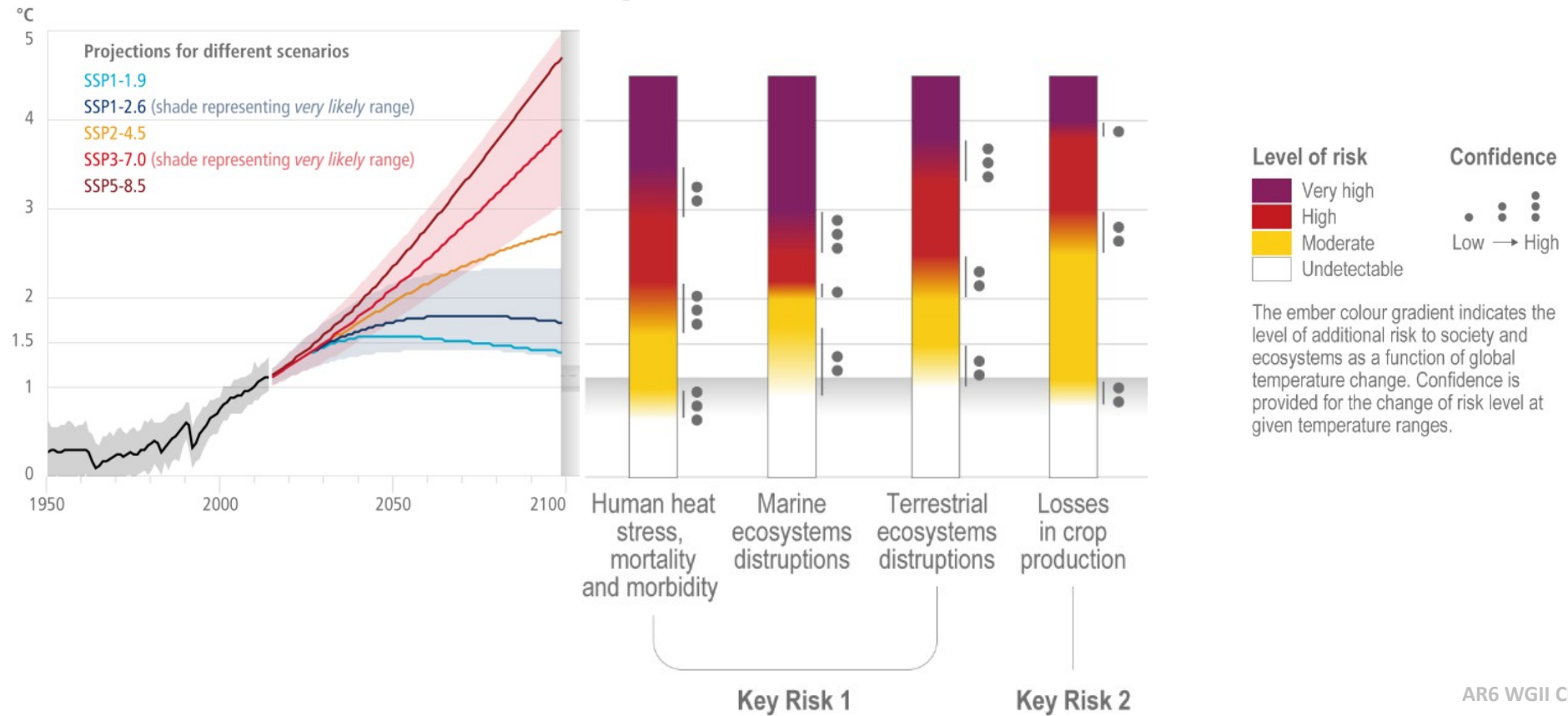
(a) Global surface temperature change
Increase relative to the period 1850–1900



(b) Reasons for Concern (RFC)
Impact and risk assessments assuming low to no adaptation



3. Seriez-vous en capacité de nous expliquer quelle va être la fourchette temporelle de l'impact du changement climatique sur notre territoire ? et avec quelle intensité ?



3. Seriez-vous en capacité de nous expliquer quelle va être la fourchette temporelle de l'impact du changement climatique sur notre territoire ? et avec quelle intensité ?

