

Comment s'adapter aux impacts du changement climatique sur le littoral ?

Virginie DUVAT, Professeure de Géographie à La Rochelle Université
Membre Senior de l'Institut Universitaire de France
Autrice principale du 6^{ème} rapport du GIEC, Chapitre *Petites îles*



institut
universitaire
de France



Des catastrophes climatiques croissantes partout sur le globe

Exemple de l'été 2020

Evènements climatiques extrêmes de l'année 2021

- Incendie ● Sécheresse ● Fortes chaleurs
- Fonte des glaces ● Inondations ● Déluges d'eau

1 Incendies ravageurs dans l'Ouest américain

Début juillet, les fortes chaleurs et sécheresses dans tout l'ouest de l'Amérique du Nord provoquent des incendies qui ravagent les Etats-Unis et le Canada.

2 Incendies en Grèce et en Turquie

Début août, en raison du manque d'eau et des fortes chaleurs, les feux font rage en Grèce et en Turquie (130 en six jours sur l'ensemble de la Turquie).

3 Incendies historiques en Russie

En juillet, la Russie connaît une série de violents incendies à la suite de plusieurs vagues de chaleur.

4 Sécheresse et canicule aux Etats-Unis

En juillet, une vague de chaleur touche l'ouest de l'Amérique du Nord. Las Vegas bat son record historique en atteignant 47,2 °C.

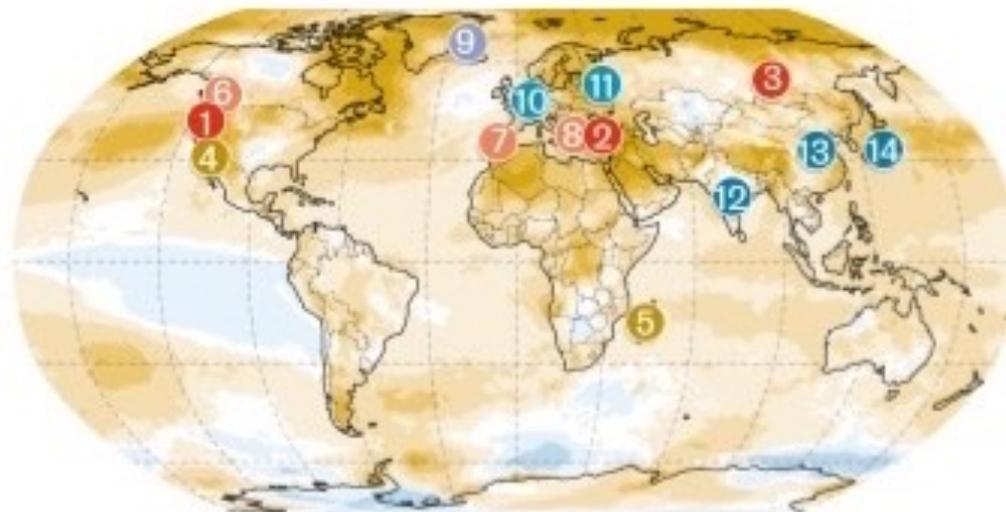
5 Famine à Madagascar

En juin, l'ONU annonce la première famine causée par le réchauffement climatique de l'histoire et due à d'importantes sécheresses.

6 Dôme de chaleur au Canada

Le 30 juin, 49,6 °C sont enregistrés dans le village de Lytton, détruit à 90 % par les feux. La vague de chaleur aurait fait plusieurs centaines de victimes.

Anomalies de température entre août 2020 et juillet 2021 (période de référence : 1981-2010)



7 Dôme de chaleur en Espagne et au Maroc

Début juillet, l'Espagne et le Maroc connaissent des pics de chaleur extrême. Au Maroc, les températures se rapprochent des 50 °C.

8 Chaleur intense en Grèce

Depuis le 29 juillet, la Grèce est frappée par la canicule la plus chaude que le pays ait connue depuis 1987.

9 Fonte accélérée au Groenland

Fin juillet, le thermomètre atteint 23,4 °C, un record. La calotte glaciaire perd alors 8 milliards de tonnes chaque jour, le double du rythme moyen en été.

10 Inondations meurtrières en Allemagne et en Belgique

Les 14 et 15 juillet, l'Allemagne et la Belgique sont frappées par de violentes crues, faisant au moins 224 morts.

11 Inondations en Russie

En juin et juillet, la Russie est marquée par une série d'inondations. Moscou a été victime de pluies torrentielles, quelques jours après une vague de chaleur intense.

12 Déluge en Inde

En pleine mousson, l'Inde est frappée en juillet par des pluies torrentielles, entraînant glissements de terrain et inondations (230 morts).

13 Déluge en Chine

À la mi-juillet, des précipitations record frappent le Henan. En trois jours, il a plu à Zhengzhou l'équivalent d'environ une année de précipitations (302 morts).

14 Glissement de terrain au Japon

Le 3 juillet, après plusieurs jours de déluge, la ville côtière d'Atami subit un glissement de terrain (9 morts et une vingtaine de disparus).



Cyclone Maria, Martinique, septembre 2017



Cyclone Irma, Saint-Martin, septembre 2017



Cyclone Ida, Louisiane, août 2021



Cyclone Dorian, Bahamas, août 2019

1. En quoi peut-on parler de crise climatique ?



Qu'est-ce que le changement climatique ?

Activités humaines



Industrie



Bâtiment



Production alimentaire

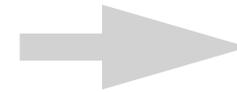


Transport



Déforestation

Ect.



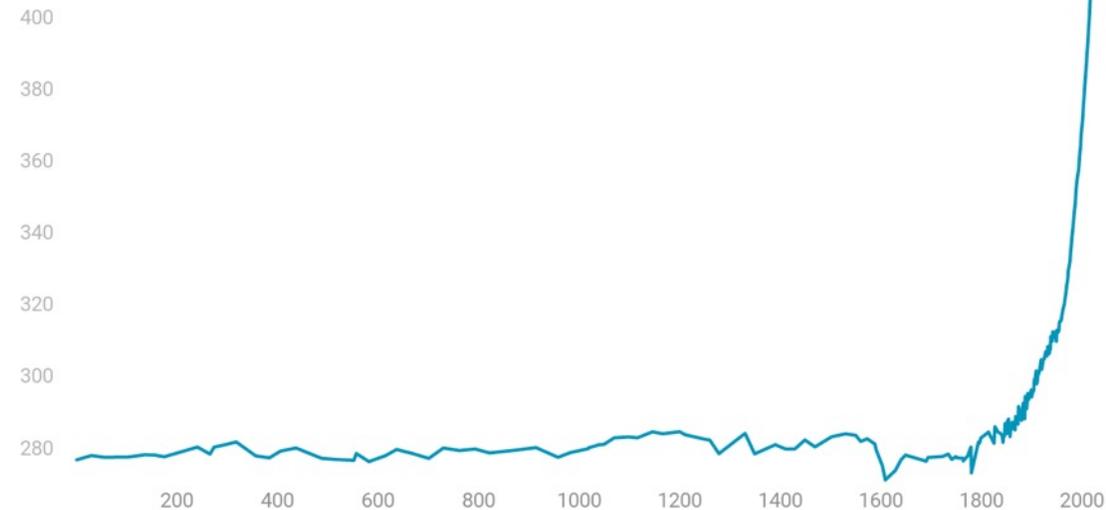
Accentuation de l'effet de serre



Changement climatique

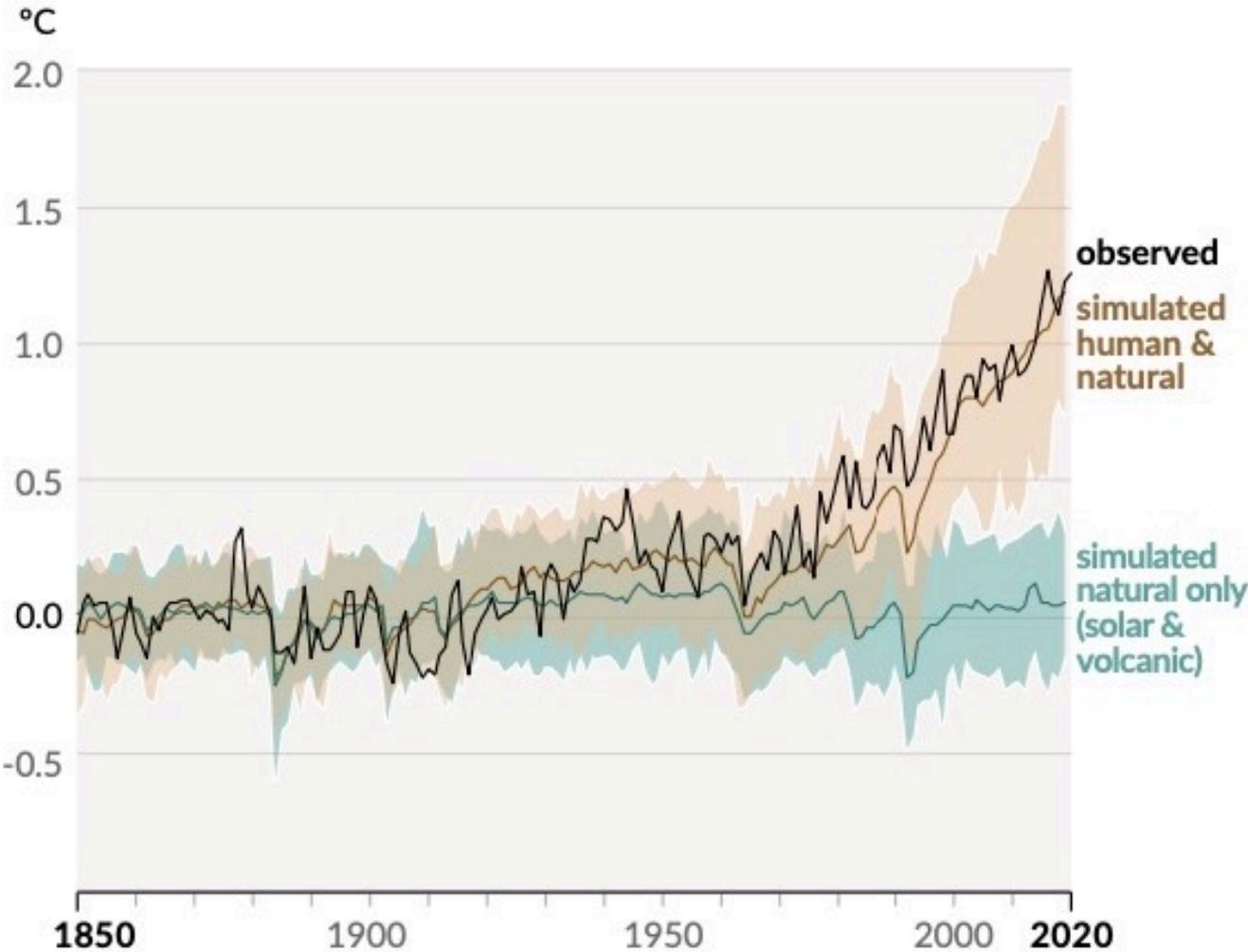
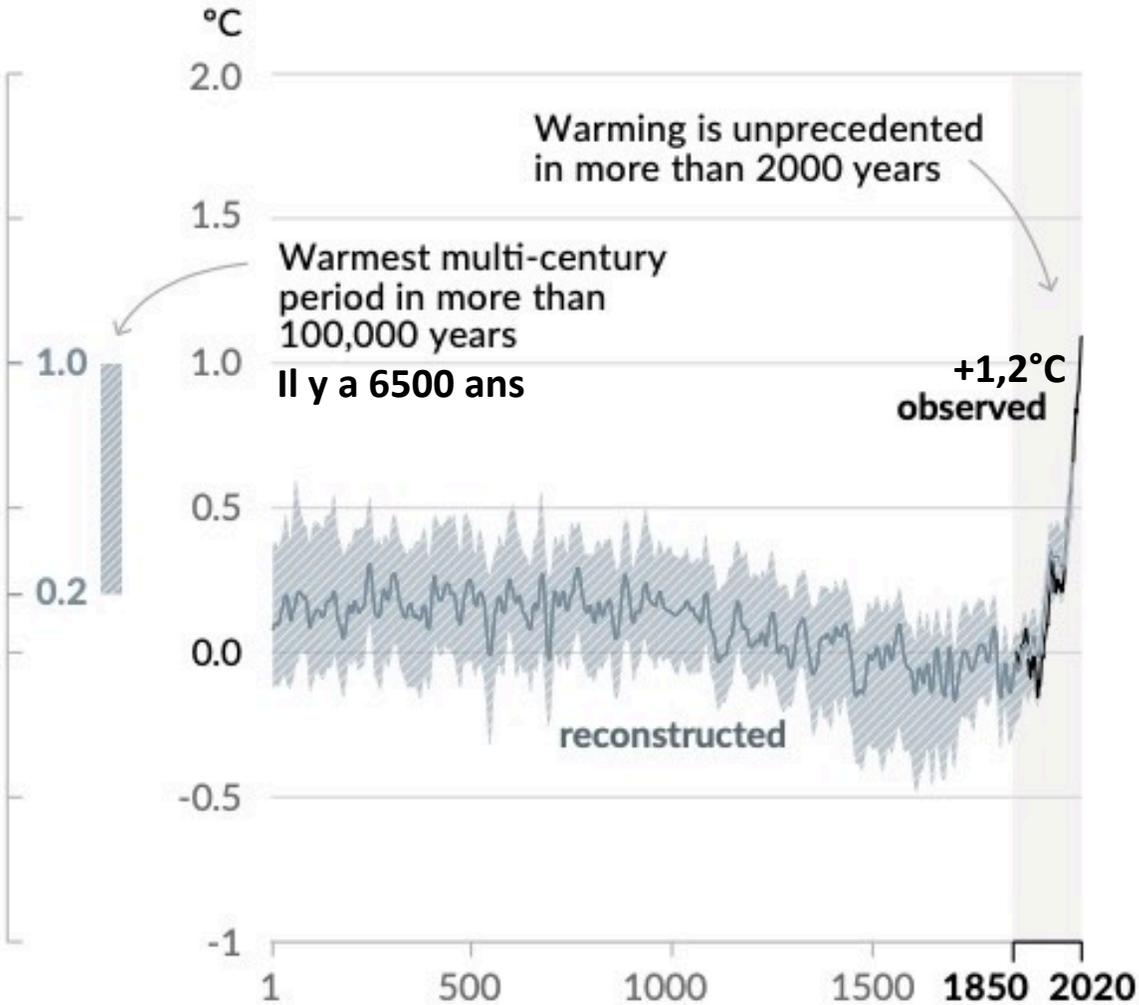
Concentration en CO2 dans l'atmosphère

Moyenne annuelle globale, en ppm (particules par milliers)



Source : Source : NOAA / ESRL • Created with Datawrapper

Un réchauffement du climat sans précédent d'origine anthropique : +1,2°C/1850-1900



Dernières périodes les plus chaudes :

- 6500 ans (+ 0.2 à + 1°/1850-1900)
- 125 000 ans (+ 0,5 à + 1,5°/1850-1900)

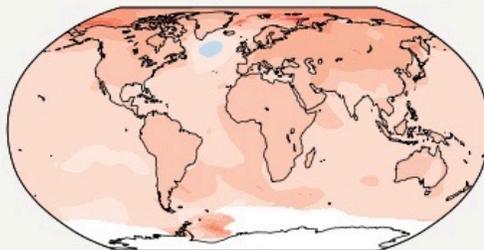
IPCC, 2021

Évolution de la température moyenne à la surface du globe : un réchauffement inégal selon les régions

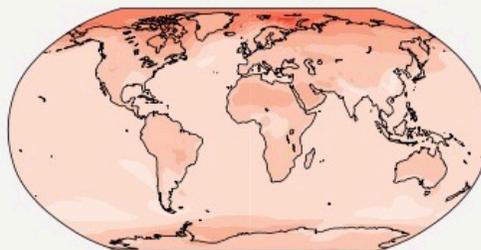
a) Annual mean temperature change (°C) at 1 °C global warming

Warming at 1 °C affects all continents and is generally larger over land than over the oceans in both observations and models. Across most regions, observed and simulated patterns are consistent.

Observed change per 1 °C global warming



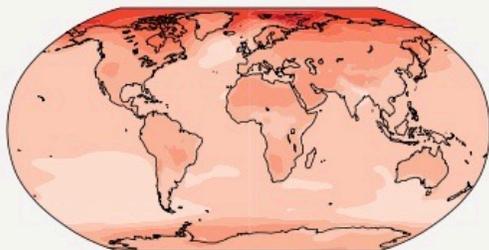
Simulated change at 1 °C global warming



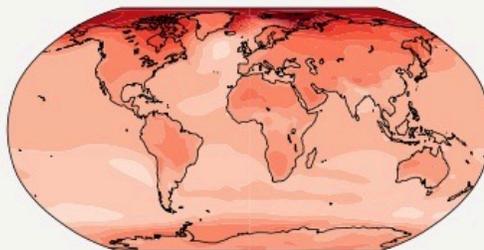
b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850-1900

Across warming levels, land areas warm more than oceans, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.

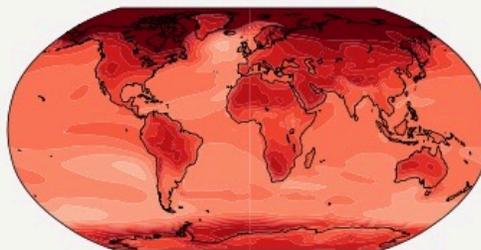
Simulated change at 1.5 °C global warming



Simulated change at 2 °C global warming



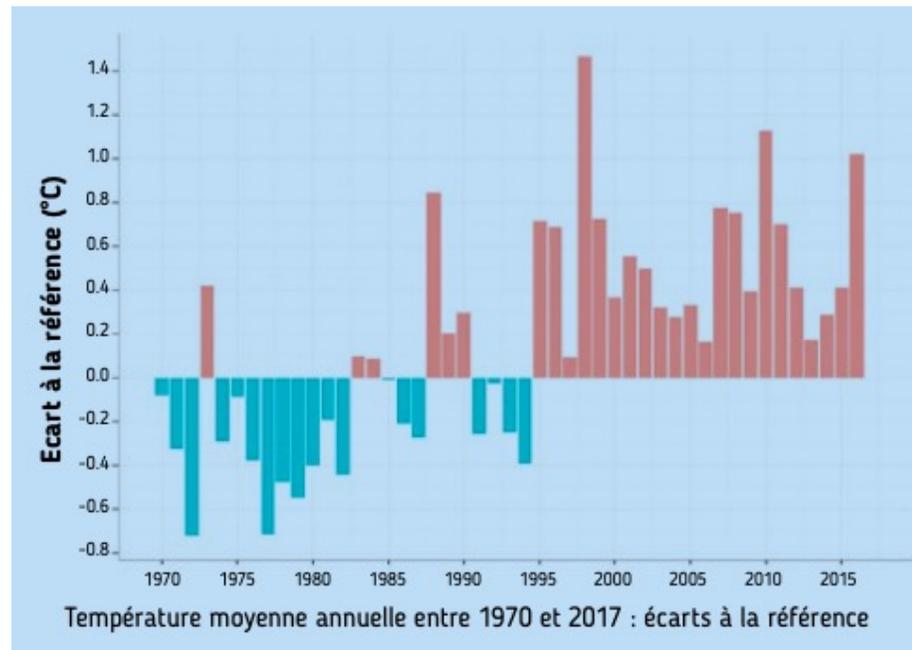
Simulated change at 4 °C global warming



IPCC, 2021

OBSERVATIONS

- **Nouvelle-Calédonie (50 dernières années) : + 1,3°C en moyenne c/ +0,8°C en moy. globale** (Bailly et al., 2023)



Météo-France NC

PROJECTIONS À 2100

- **Poursuite du réchauffement**

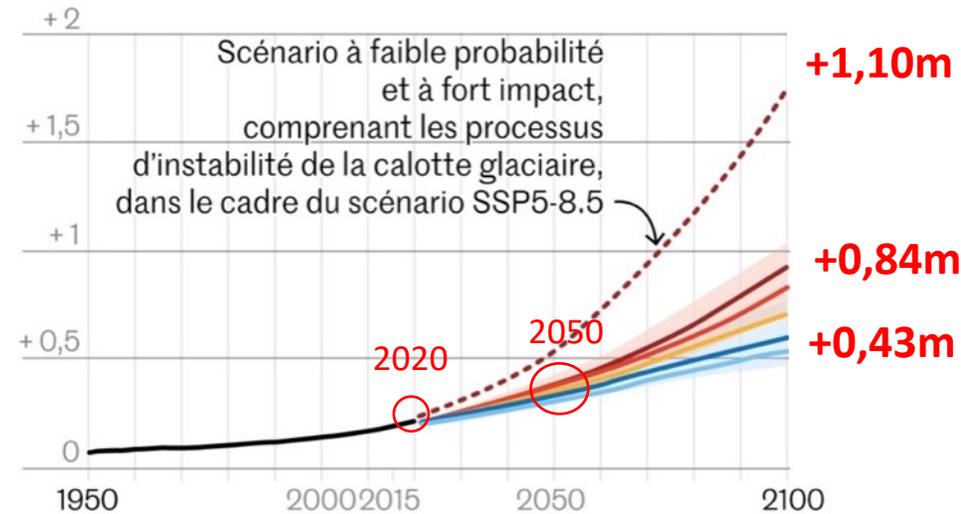


Élévation du niveau marin

Variation du **niveau moyen mondial de la mer par rapport à 1900** selon les différents scénarios de réchauffement*, en mètres

Scénario

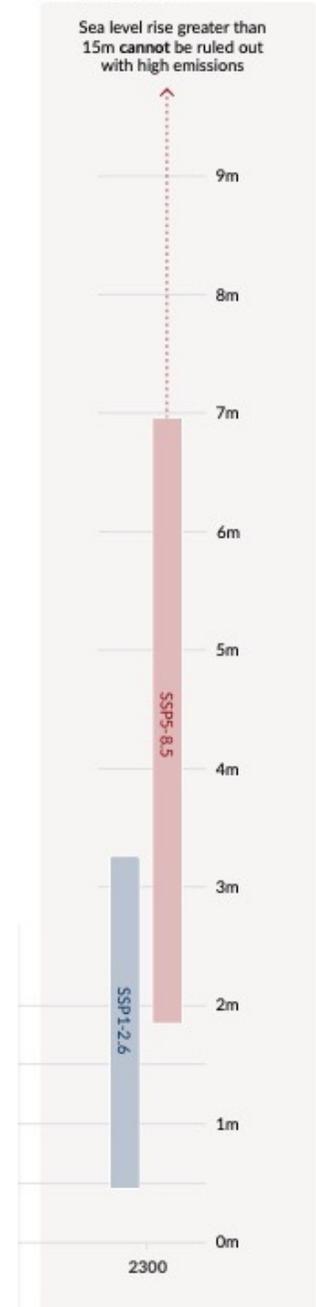
- Très peu émetteur de gaz à effet de serre (SSP1-1.9)
- Peu émetteur (SSP1-2.6)
- Intermédiaire (SSP2-4.5)
- Emetteur (SSP3-7)
- Très émetteur (SSP5-8.5)



-> Plus rapide depuis 1900 qu'au cours des derniers 3000 ans

- **Scénario le plus probable : hausse comprise entre 0,43 m (scénario le moins émetteur) et 0,84 m (scénario le plus émetteur) par rapport à la période 1995-2014**
- **Fortes incertitudes demeurent sur la potentielle contribution des calottes de l'Antarctique Ouest et du Groenland : de + 1,10 m à plusieurs mètres**
- **Estimation à Nouméa : + 3 mm/an depuis 1993 soit + 9 cm sur 30 ans (légèrement < moy globale) (Baillly et al., 2023)**
- **L'élévation du niveau de la mer va se poursuivre pendant des millénaires avec au cours des deux prochains millénaires :**
 - + 2 à + 3 m pour un réchauffement de 1,5°C
 - + 2 à + 6 m pour un réchauffement de 2°C
 - + 19 à + 22 m pour un réchauffement de 5°C

e) Global mean sea level change in 2300 relative to 1900



Dérèglement du système climat-océan global

- Partout sur terre, de nombreux paramètres du climat sont affectés
- Dans 96 % des régions du globe, dont le Pacifique et la NC, plus de 10 paramètres climatiques sont affectés

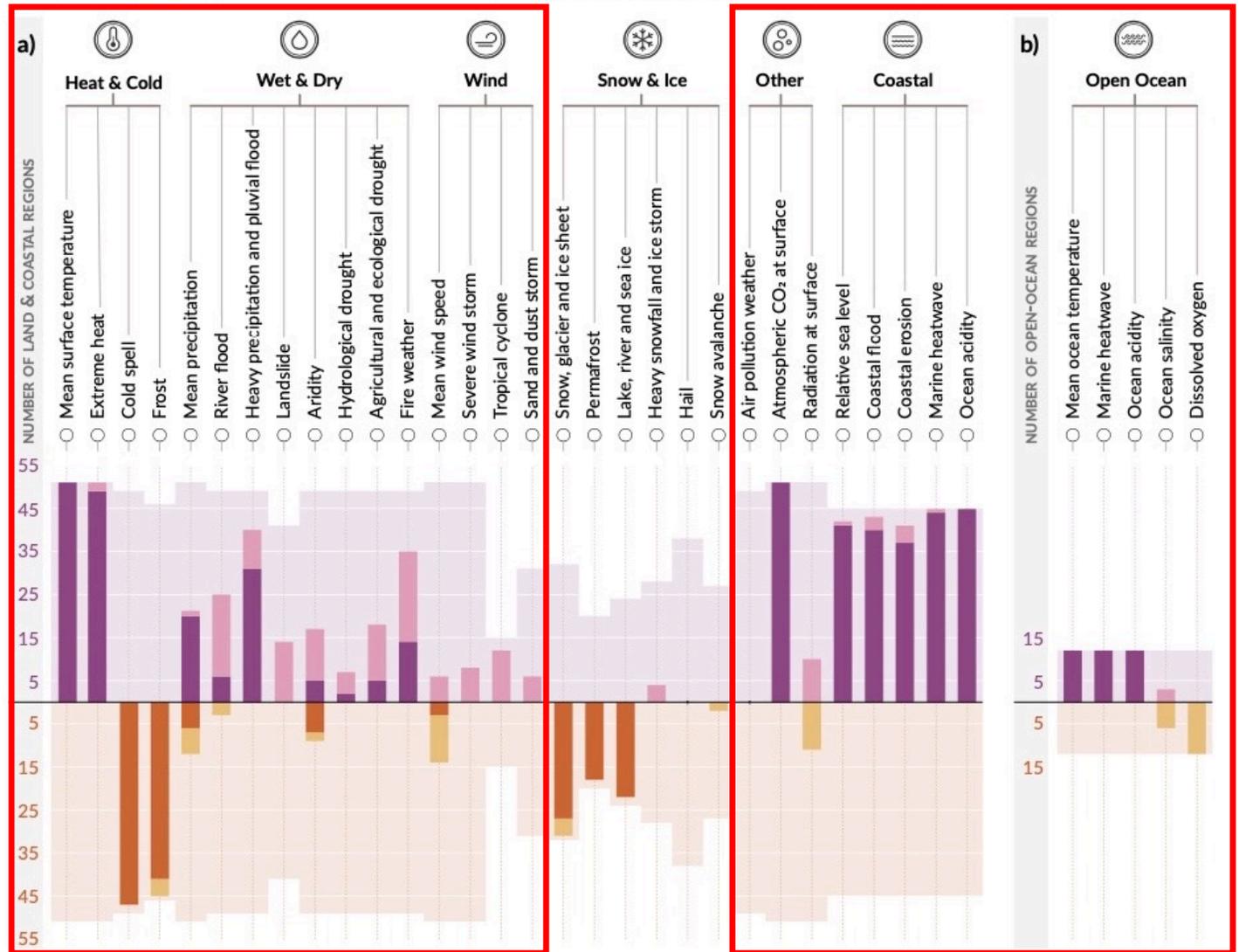
Projections en Nouvelle-Calédonie :

(Bailly et al., 2023, Dutheil et al., 2020)

- Températures atmosph. : ↗
- Précipitations moyennes : pas d'évolution nette observée, possible baisse future (côte Est, saison chaude)
- Précipitations intenses : ↗ de fréquence et d'intensité (pluies cycloniques)
- Sécheresse : ↗
- Cyclones : ↘ fréquence
- Océan : ↗ T°, ↗ acidité, ↘ O2



Number of land & coastal regions (a) and open-ocean regions (b) where each climatic impact-driver (CID) is projected to increase or decrease with high confidence (dark shade) or medium confidence (light shade)



BAR CHART LEGEND

- Regions with **high confidence increase**
- Regions with **medium confidence increase**
- Regions with **high confidence decrease**
- Regions with **medium confidence decrease**

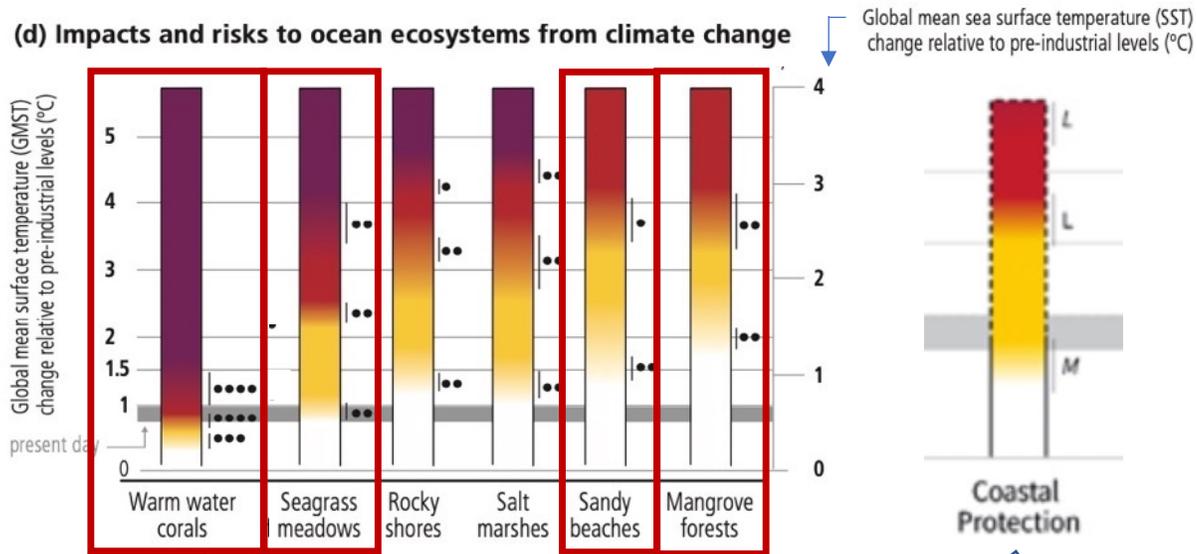
LIGHTER-SHADED 'ENVELOPE' LEGEND

The height of the lighter shaded 'envelope' behind each bar represents the maximum number of regions for which each CID is relevant. The envelope is symmetrical about the x-axis showing the maximum possible number of relevant regions for CID increase (upper part) or decrease (lower part).

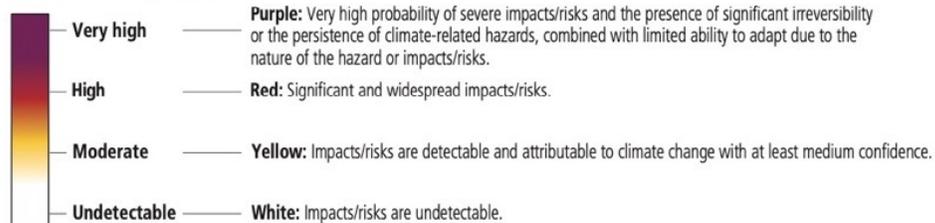
ASSESSED FUTURE CHANGES

Changes refer to a 20–30 year period centred around 2050 and/or consistent with 2°C global warming compared to a similar period within 1960–2014 or 1850–1900.

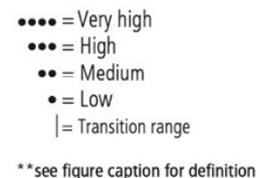
Hausse des pressions sur les écosystèmes



Level of added impacts/risks



Confidence level for transition



- **Modification des paramètres océaniques :** élévation du niveau marin ; réchauffement, acidification, désoxygénation de l'océan ; hausse de la fréquence et/ou de l'intensité des vagues de tempête

En NC, facteurs de contrôle « naturels » prédominant :

- (1) Cyclones :** ex. Erica (2003) récifs de la côte Ouest très affectés, 10 ans pour leur récupération
- (2) Pics thermiques :** ex. 2016 -> blanchissement (source : IFRECOR, 2020)

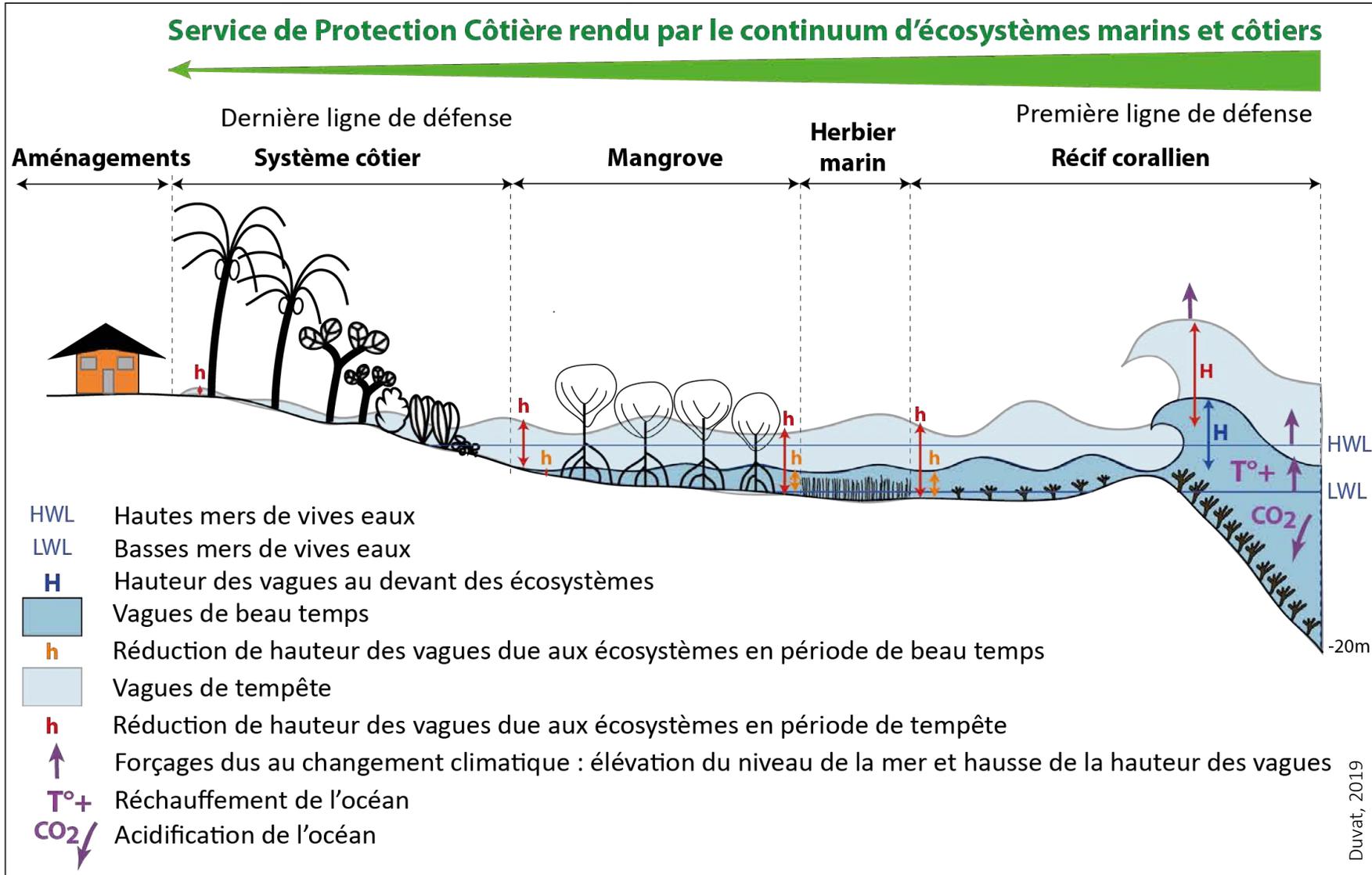
- **Hausse des pressions anthropiques locales dues aux activités humaines :** piétinement, pollution, prélèvements, etc.

En NC, deux grands facteurs de dégradation :

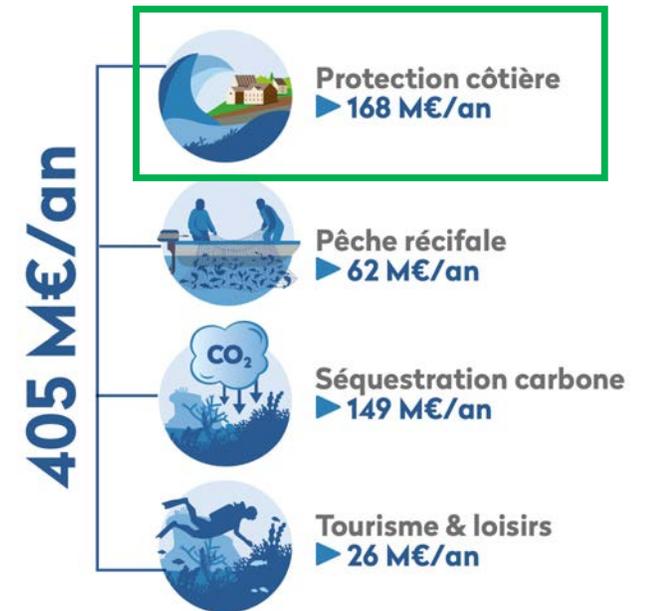
- (1) Apports sédimentaires liés à l'érosion des sols** (agriculture, extraction minière, incendies...)
- (2) Pêche récifo-lagonaire :** forte pression localement (source : IFRECOR, 2020)

+ Impacts des autres usages + pollution + *Acanthaster*

Dégradation du Service de Protection Côtière



150 000 personnes (55% de la population) dépendent des récifs coralliens en NC



Évaluation réalisée en 2010

IFRECOR, 2020

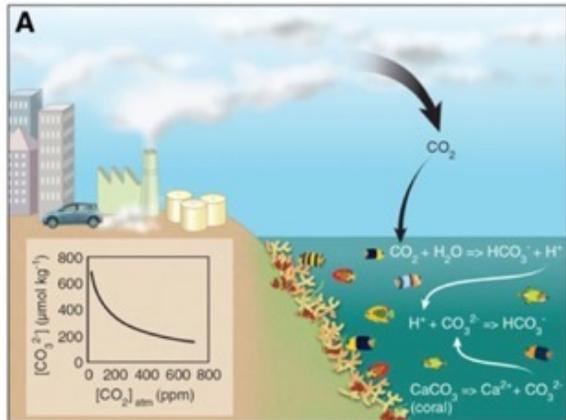
Exemple des récifs coralliens

CLIMATE TIPPING POINTS

The world has already crossed nine 'tipping points' that will lead to catastrophic climate change, scientists have warned.

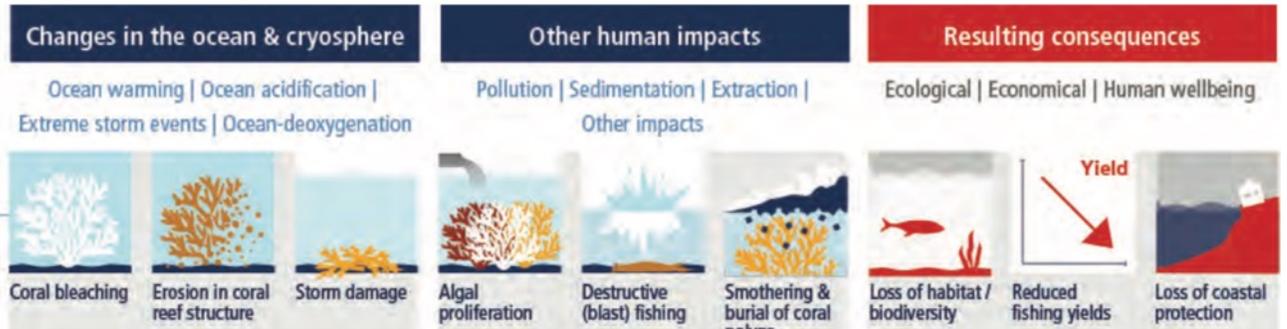


IPCC, 2019



Territoires étendus + faibles pressions anthropiques directes:
70% en bon ou très bon état

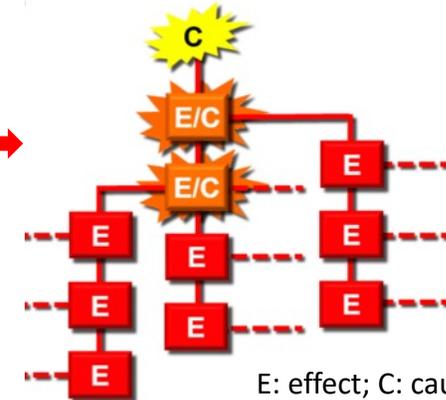
NC : 75% -> bon à très bon état
25% moyen à mauvais état de santé



IPCC, 2019



Amplification

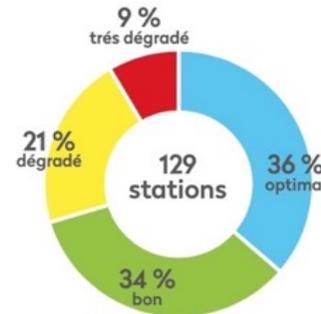


E: effect; C: cause

Pescaroli & Alexander, 2015

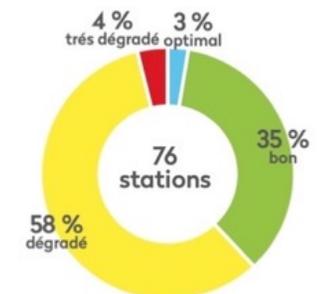
État actuel des récifs (Pacifique et îles Éparses)

IFRECOR, 2020



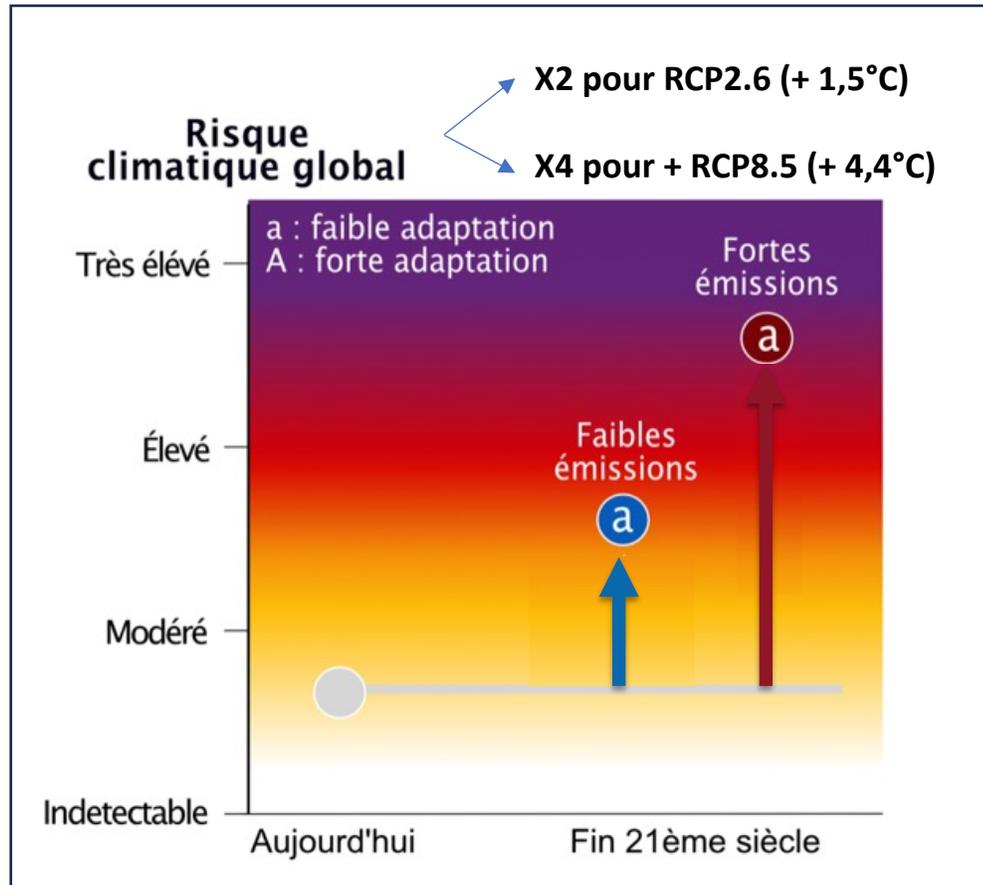
État actuel des récifs (Antilles, Mayotte, La Réunion)

Territoires restreints + fortes pressions anthropiques directes:
62% en mauvais ou très mauvais état

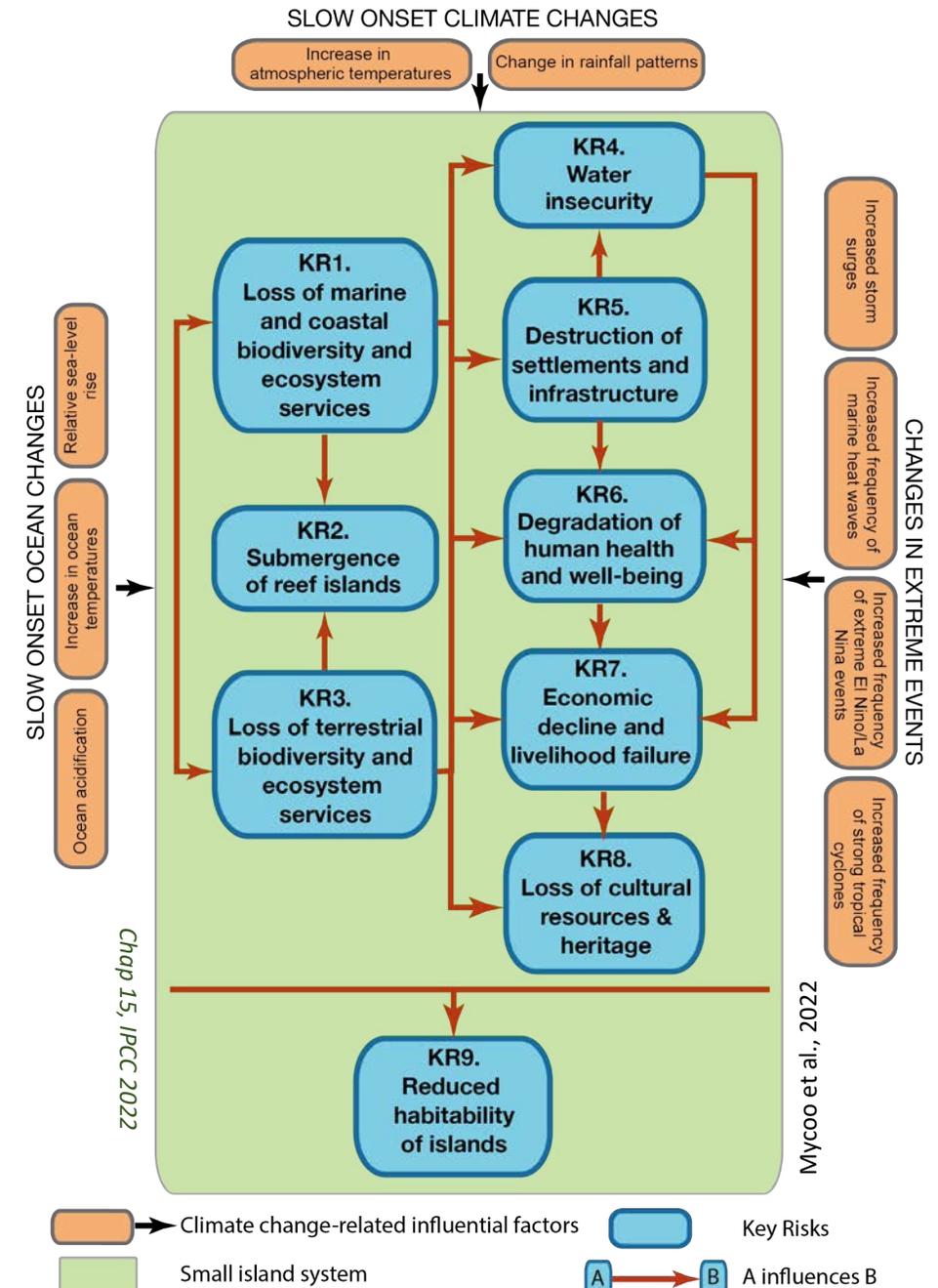


Pourcentages de stations par classe d'état de santé

Hausse du risque climatique global au cours du 21^{ème} siècle



Magnan et al. 2021

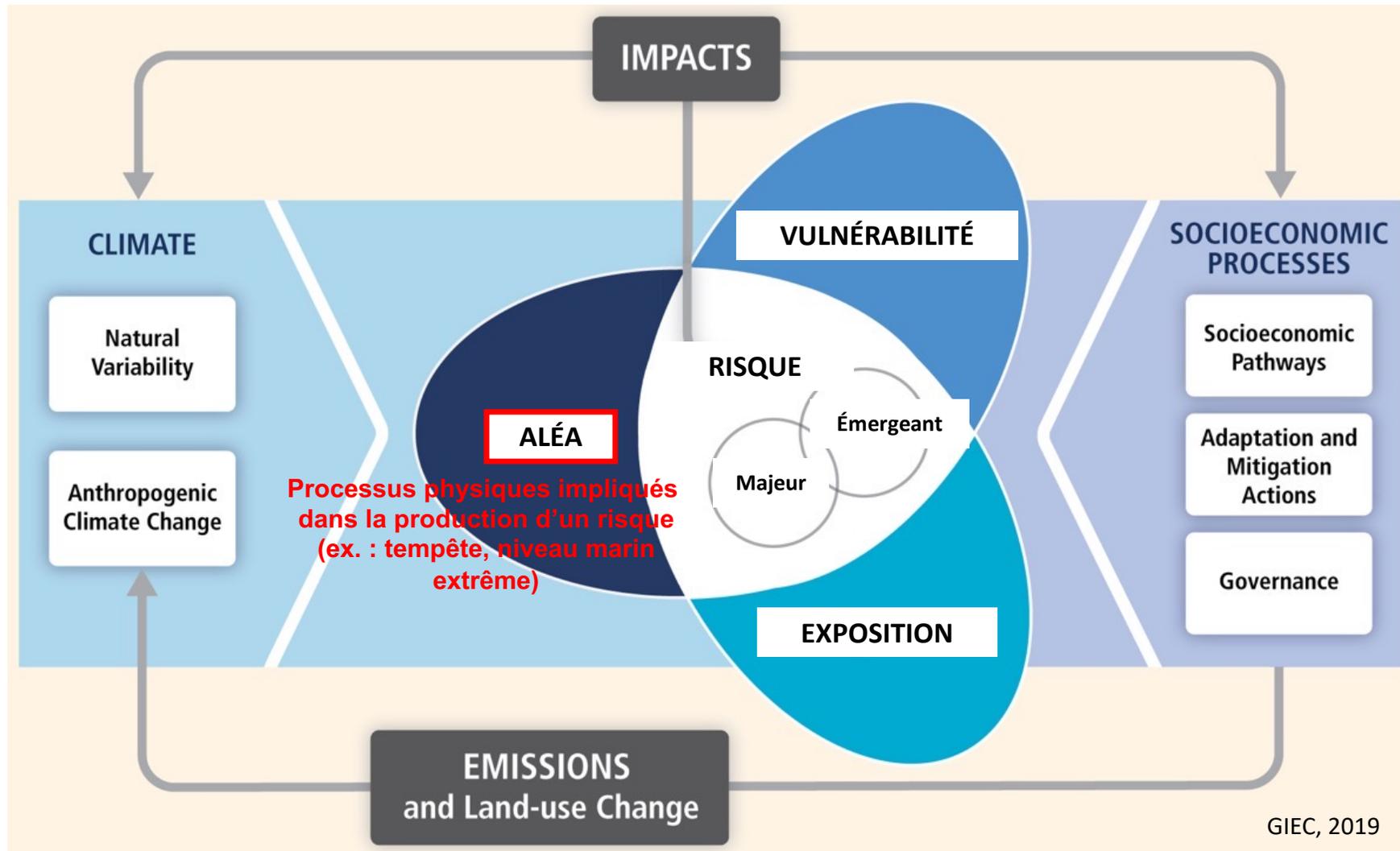


See text sections for detailed description of KR coverage.

2. Augmentation des risques côtiers



Les risques côtiers dépendent des interactions entre 3 grandes catégories de facteurs



Trois aléas côtiers vont augmenter



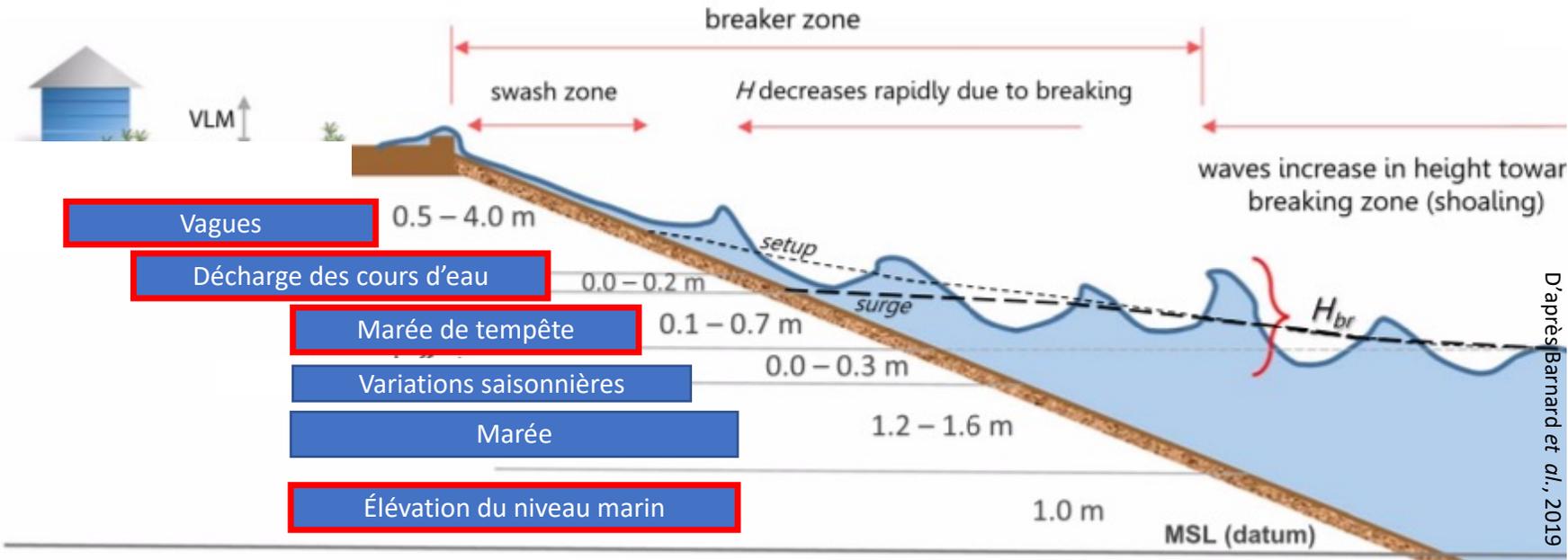
**SUBMERSION MARINE : fréquence, étendue,
hauteur d'eau**

Cyclone Oma (fév. 2019)

Source : Outre-Mer la 1ère

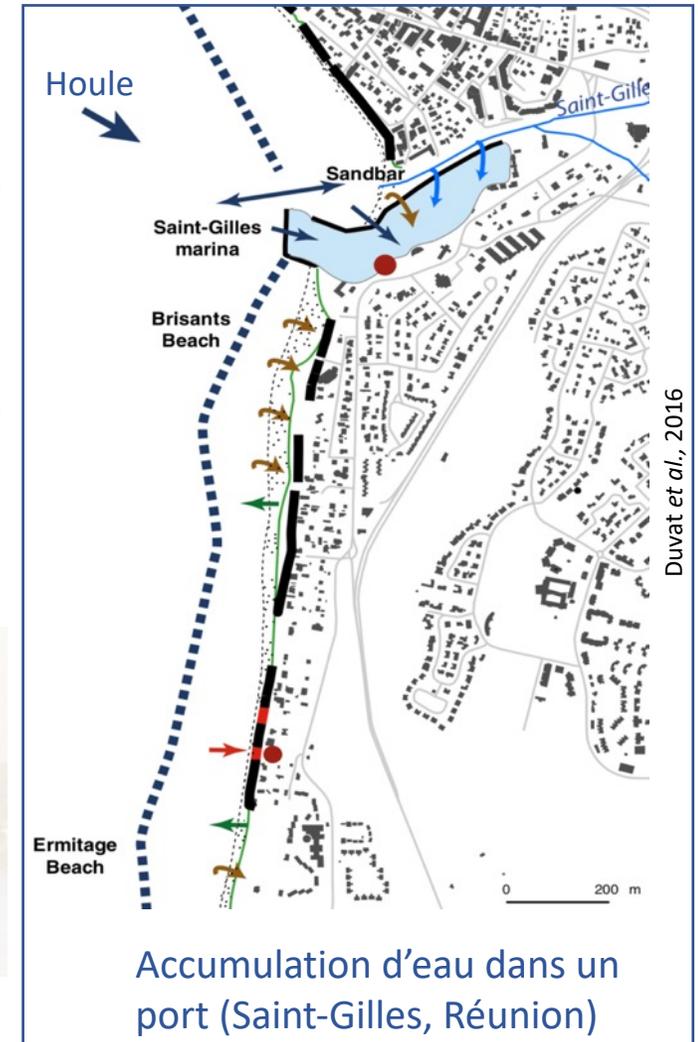
Niveaux marins extrêmes

+ Effet amplificateur des perturbations anthropiques locales



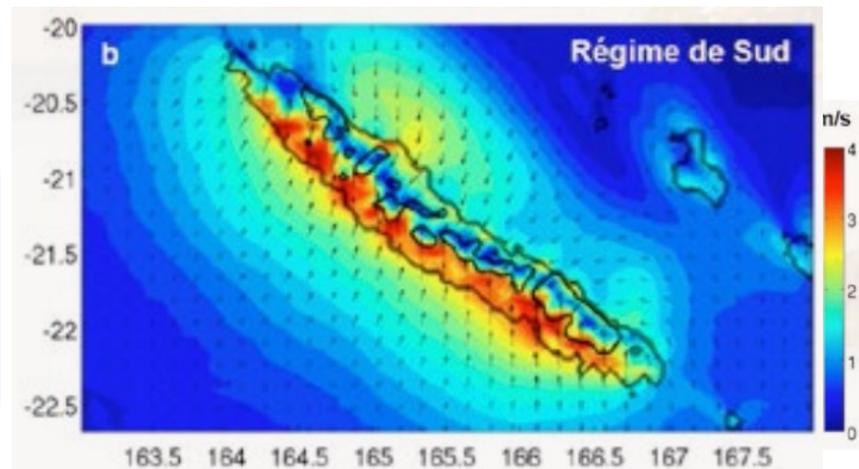
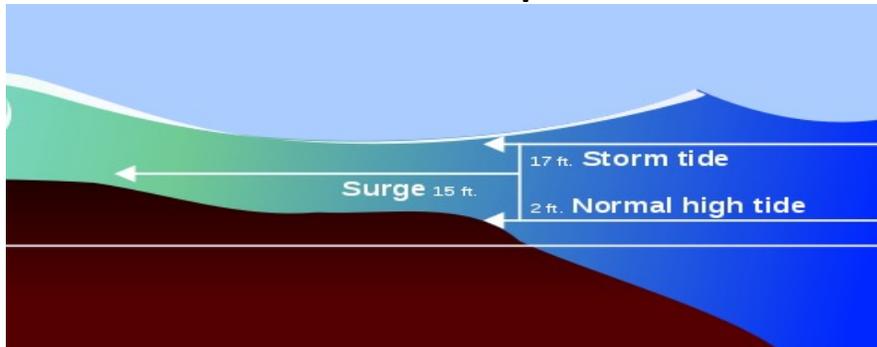
VLM: vertical land motion; H : wave height; H_{br} : breaking wave height

Ex. : aménagements tels que ports, chenaux et/ou dégradation des écosystèmes marins



Accumulation d'eau dans un port (Saint-Gilles, Réunion)

Marée de tempête



Source : Météo-France

Une exposition croissante partout

Sandy, Etats-Unis © M. Olsen Us Air EFE



Xynthia, France © Le Moniteur



Aujourd'hui : 770 M de personnes dans des régions côtières situées à moins de 5 m d'altitude, dont **250 M subissent chaque année une submersion marine**

Sur la base d'une population constante (valeur 2010) qui sous-estime l'exposition future :

- **150 M de pers. en 2050, et 190 M (RCP2.6) à 340 M de personnes (RCP8.5) en 2100** seront touchées par la submersion définitive des espaces littoraux sous l'effet de l'élévation graduelle du niveau marin

- **300 M de pers. en 2050, et 340 M (RCP2.6) à 500 M de pers. (RCP8.5) en 2100** seront touchées par une submersion de tempête chaque année

ÉROSION CÔTIÈRE

Après le cyclone Oma, Fév. 2019



Crédit : Outre-Mer la 1ère

Côte lagonaire d'Ouvéa



Crédit : V. Duvat, avril 2022

Touho, Tewaadé, côte est



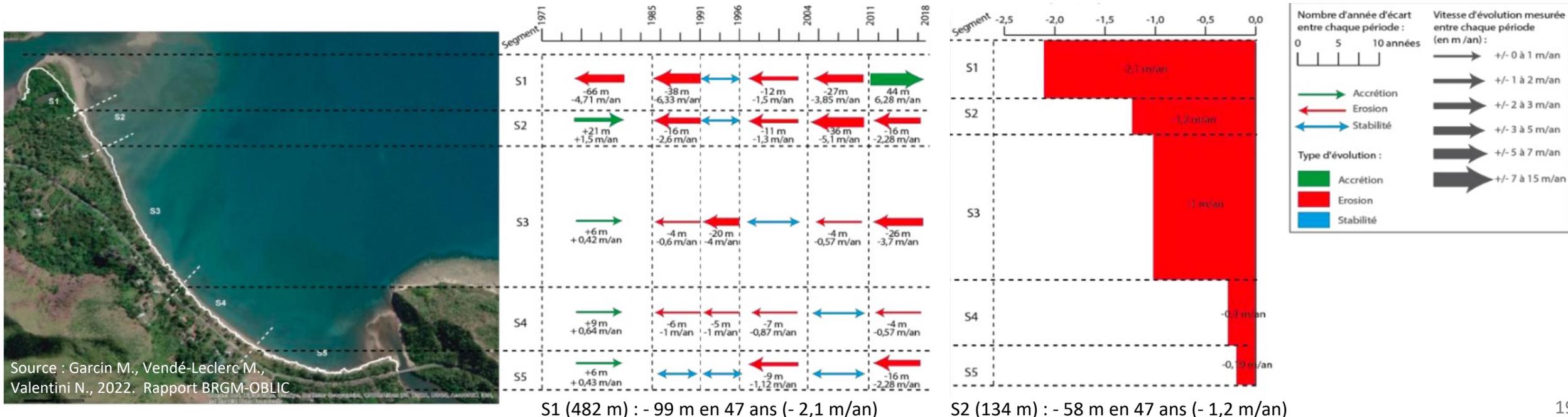
Crédit : V. Duvat, avril 2022

Risque érosion actuel

- **Le trait de côte ne recule pas partout** (il avance dans certains secteurs), **ni forcément de manière continue** (pics d'érosion liés à des événements tempétueux et phases d'érosion pluriannuelles séparées par des phases de stabilité ou d'avancée)
- **Certains secteurs** (forte exposition à la houle, estuaires) **sont très affectés par l'érosion** :
 - **Sur 50 ans**, vitesses de recul moyennes maximales (phases de recul + phases d'avancée + phases de stabilité) atteignant **jusqu'à -3,5 m/an**
 - **Sur 5 ans**, valeurs moyennes annuelles de recul atteignant **jusqu'à 23 m** par endroits

Tawaadé-Tipindjié (côte Est)

Vitesse moyenne d'évolution mesurée par période (en m cumulé sur la période et en m/an)



Source : Garcin M., Vendé-Leclerc M., Valentini N., 2022. Rapport BRGM-OBLIC

Site de Tiakan, Ponérihouen



Crédit : V. Duvat, 2023



Crédit : V. Duvat, 2023

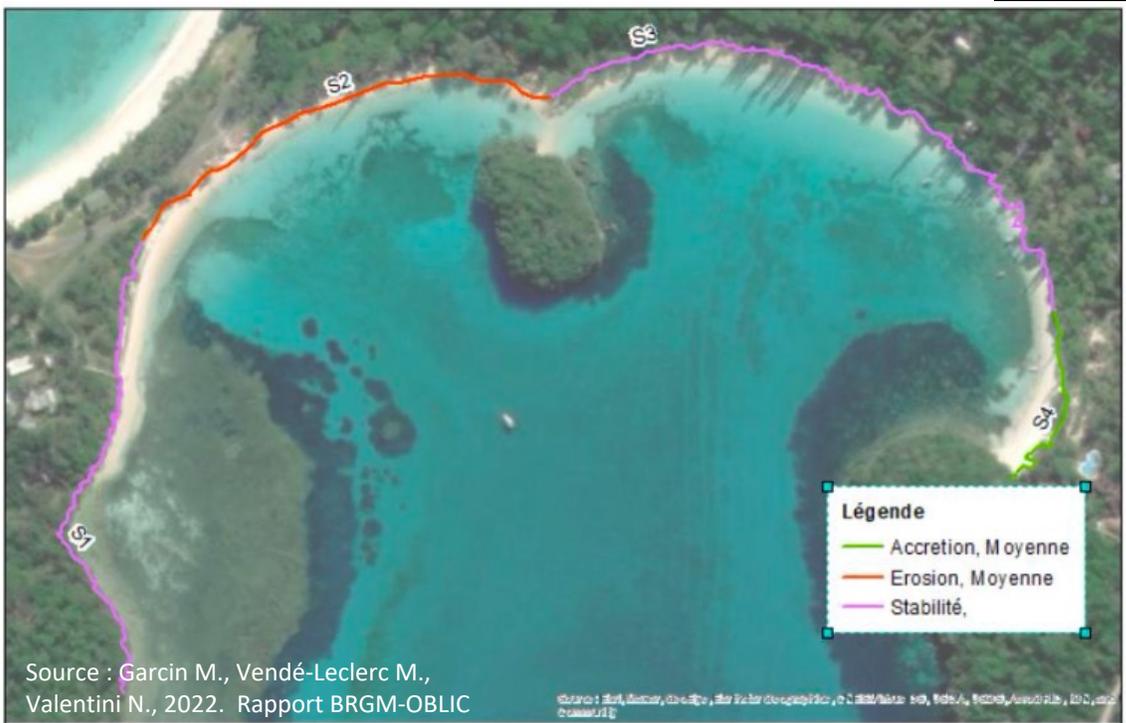


Source : Garcin M., Vendé-Leclerc M., Valentini N., 2022. Rapport BRGM-OBLIC

0 500 1000 2000 Mètres

S8 (1744 m) : - 56 m en 32 ans (- 1,75 m/an)

Baie de Kanumera, Ile des Pins



S2 (339 m) : - 23 m en 64 ans (- 0,36 m/an)





Crédit : V. Duvat, 2023



Crédit : V. Duvat, 2023



Crédit : V. Duvat, 2023



Crédit : V. Duvat, 2023

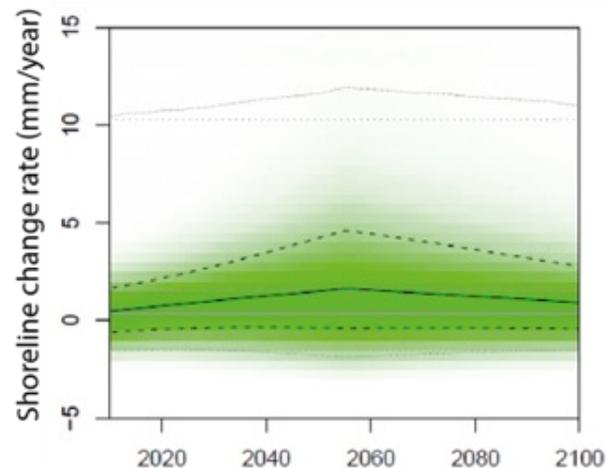
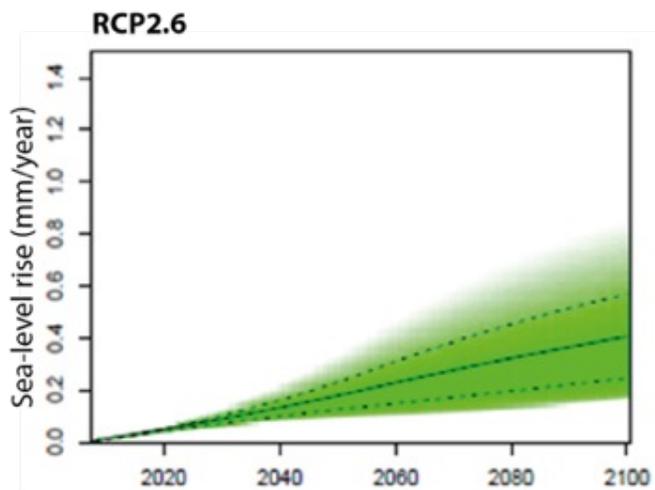
SUBMERSION-INONDATION + ÉROSION CÔTIÈRE

Site de la Roche Percée, Bourail

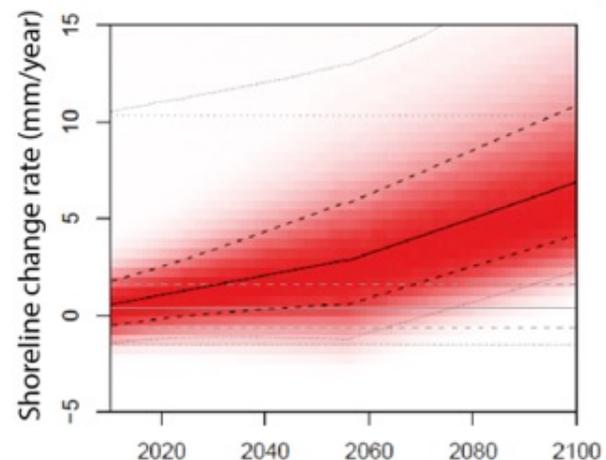
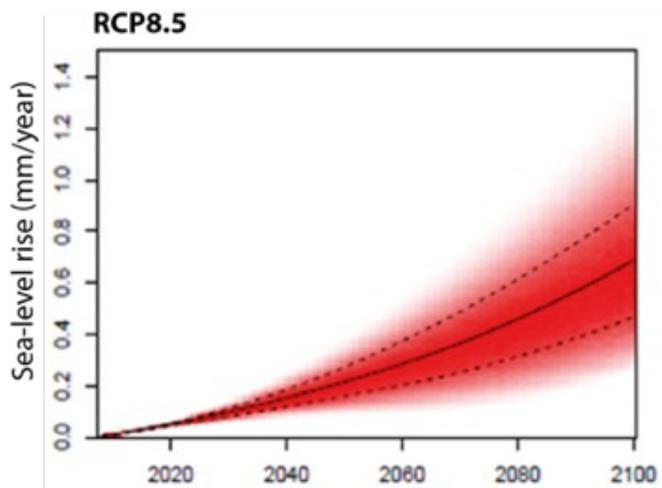


S2 (1108 m) : - 72 m en 64 ans (- 1,1 m/an)

Impacts projetés de l'élévation du niveau de la mer sur le comportement du trait de côte



0.43 m d'élévation du niveau de la mer en 2100
(scénario RCP2.6) : **taux de recul du trait de côte**
<2 mm/an en 2100

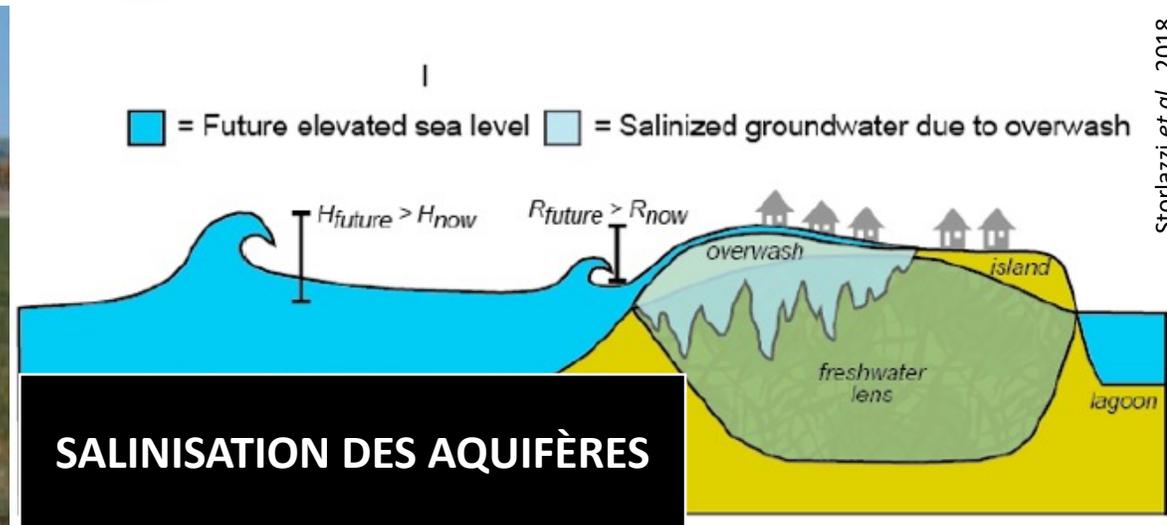


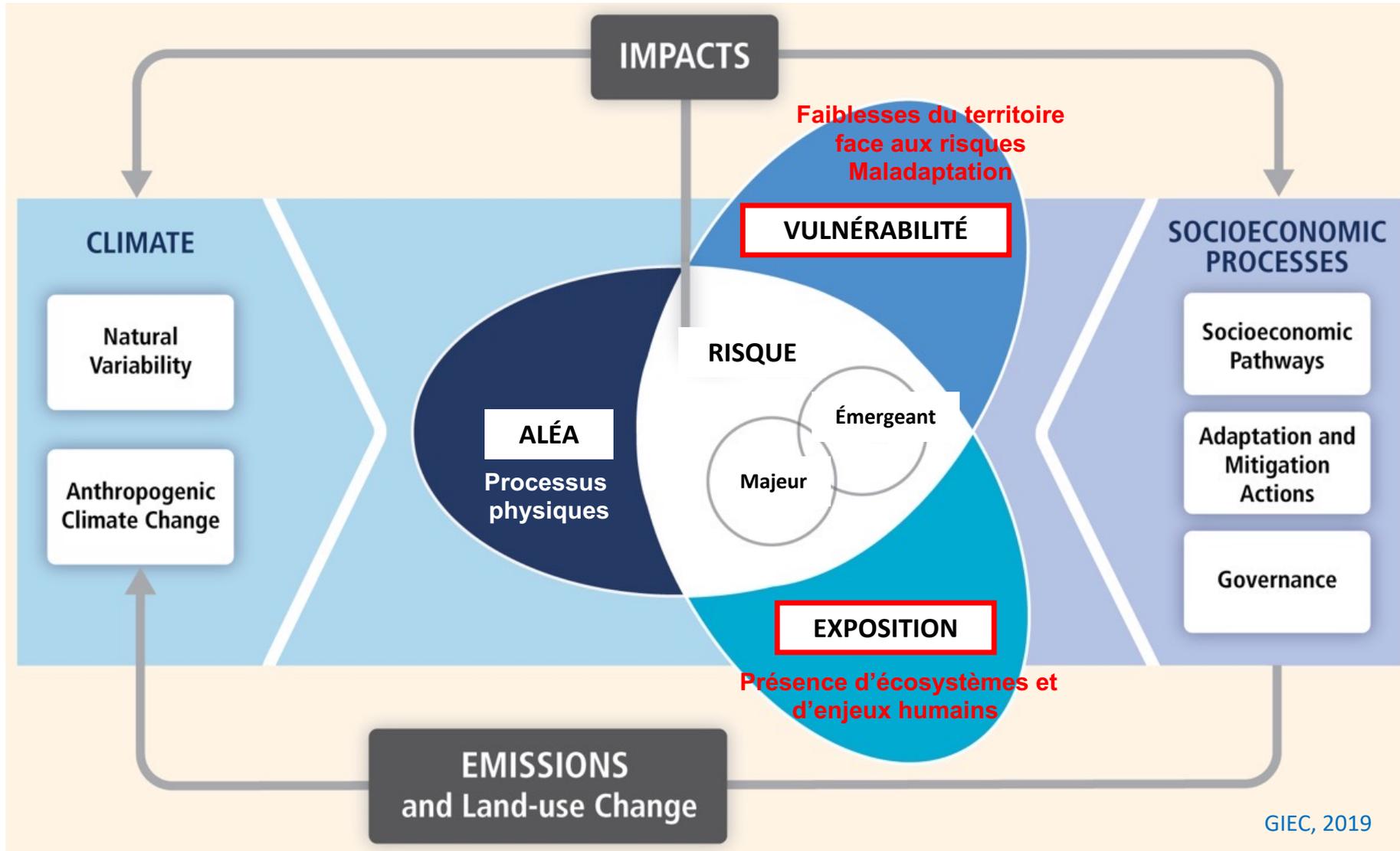
~0.84 m d'élévation du niveau de la mer en 2100
(scénario RCP8.5) : **taux de recul du trait de côte**
maximum de ~10 mm/an en 2100

SLR rates are based on IPCC scenarios

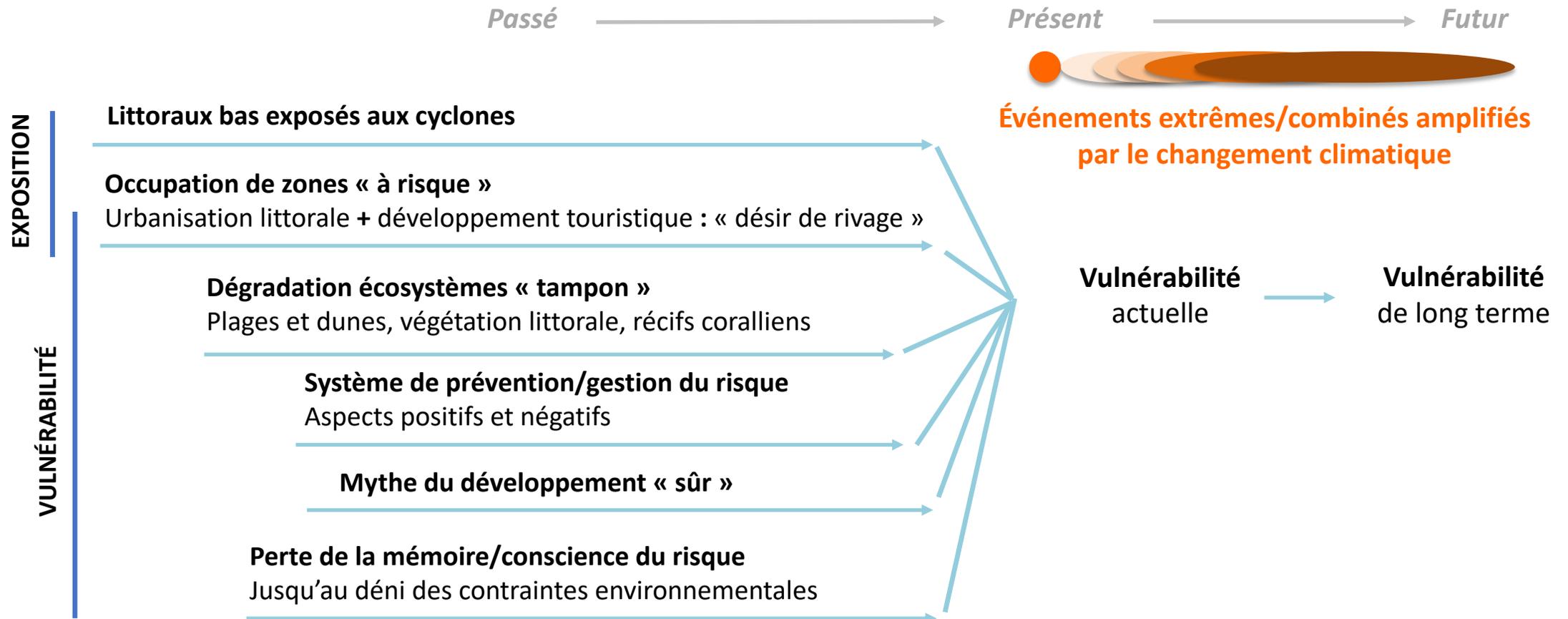


SALINISATION DES SOLS

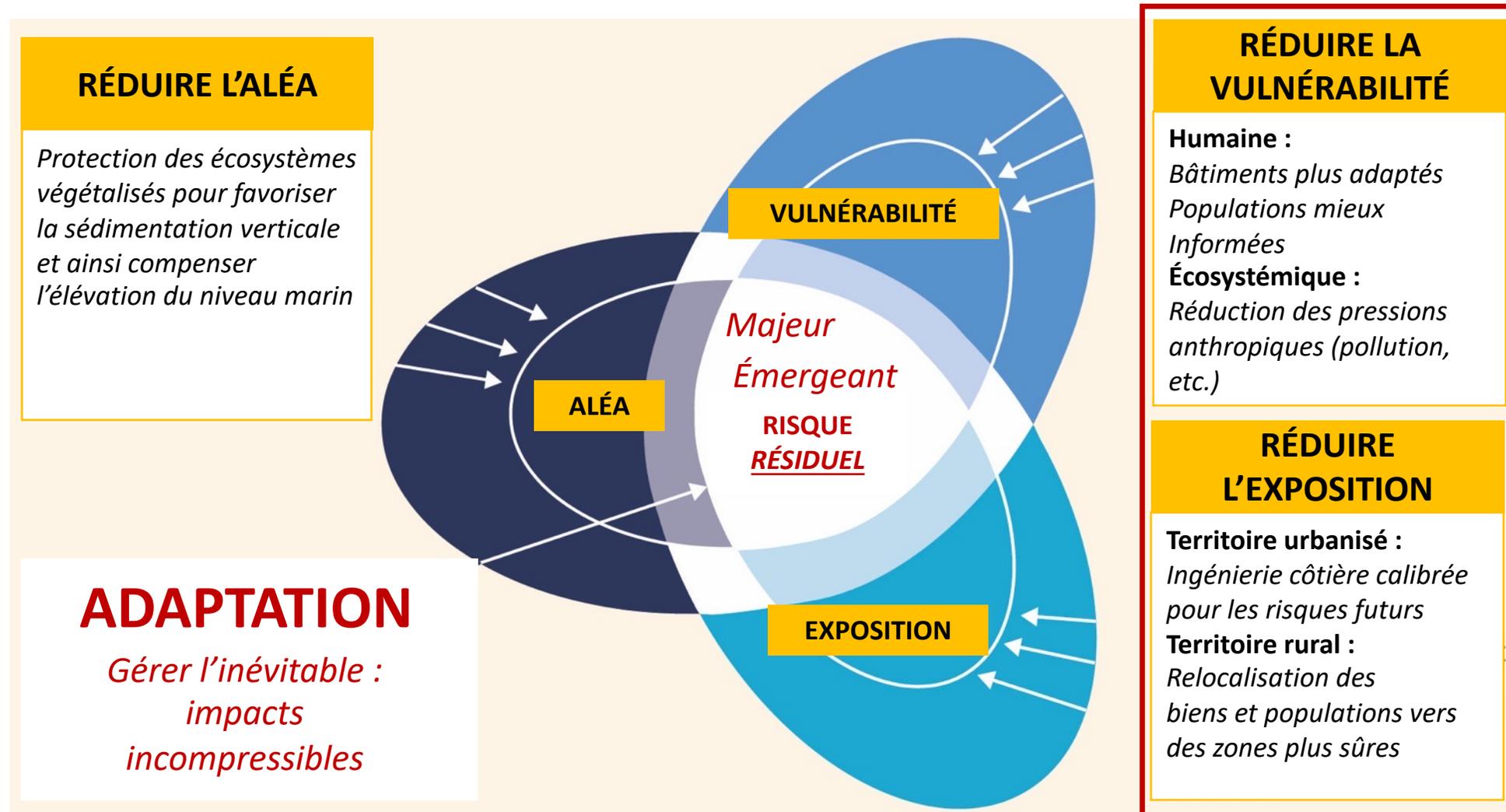




Des trajectoires d'exposition et de vulnérabilité...

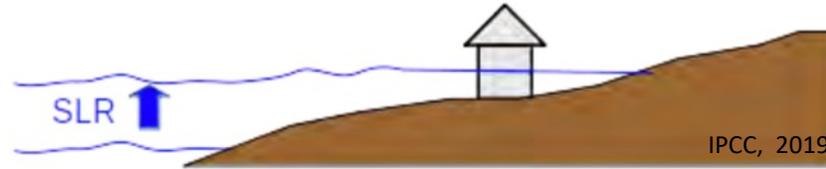


L'adaptation : réduire le risque climatique en agissant sur ses trois grandes composantes



D'après GIEC, 2019

Laisser-faire *accepter, ne pas intervenir*



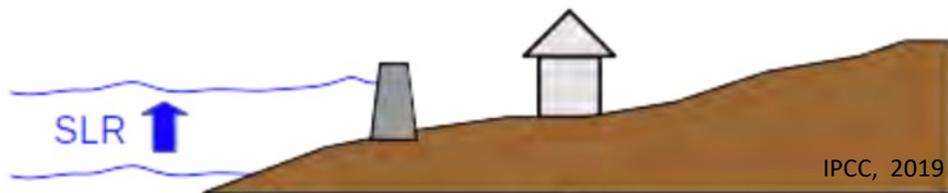
Touho village, côte est, Nouvelle-Calédonie



- Acceptable que là où il n'existe pas d'enjeux exposés
- Inaction/Déficit d'adaptation => Augmentation du risque sur les sites sur lesquels des enjeux sont exposés

Protection lourde

Murs, digues, cordons d'enrochement, etc.



- Échec : conception/réalisation
- Perte de biodiversité et disparition des plages
- Dégradation du paysage et de l'accès à la mer



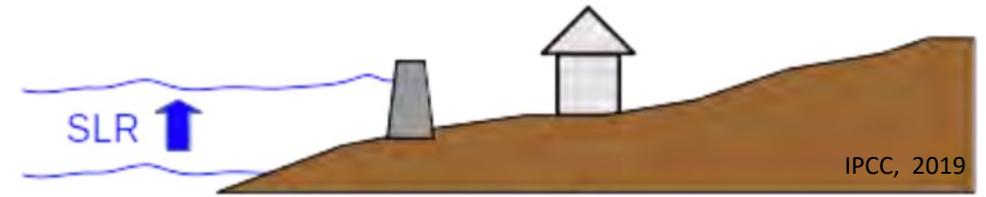
Ouvéa



Protection lourde

Murs, digues, cordons d'enrochement, etc.

- Maladaptative : accroît l'exposition et la vulnérabilité
- Coûteuse (entretien + mise à niveau) : comment financer ?
- Pose des questions de justice sociale (urbain/rural)
- Le risque « zéro » n'existe pas !



Accommodation

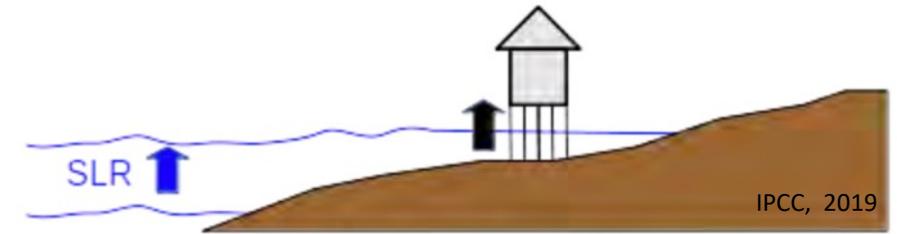
Rester sur place en adaptant ses pratiques

Aménagements littoraux montés sur pieux vissés

La Saline, Gosier, Guadeloupe

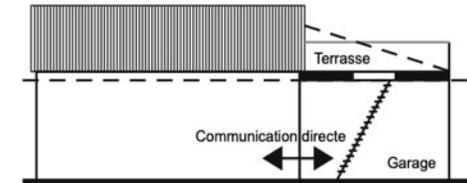


- S'applique principalement aux nouvelles constructions
- Coûteux pour l'habitat (subventionnement, aides publiques)



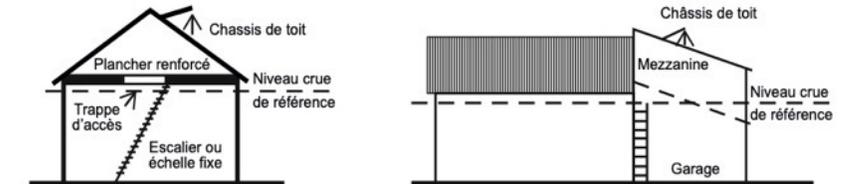
Exemples de zone refuge (non exhaustifs) :

- Terrasse construite sur un garage :



Adaptation de l'habitat

- Aménagement dans le volume existant :



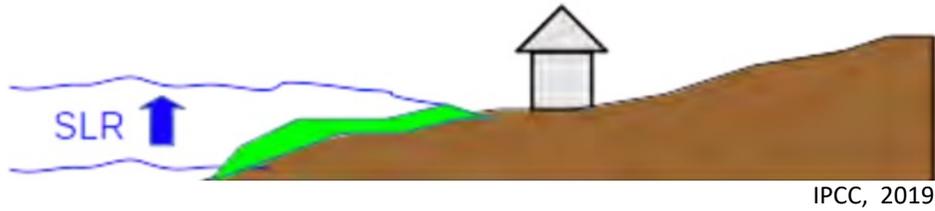
Syndicat Mixte du bassin du Lay



Adaptation fondée sur les écosystèmes

Solutions fondées sur la nature

Protection, gestion durable, restauration ou création des/d'écosystèmes



MANGROVE



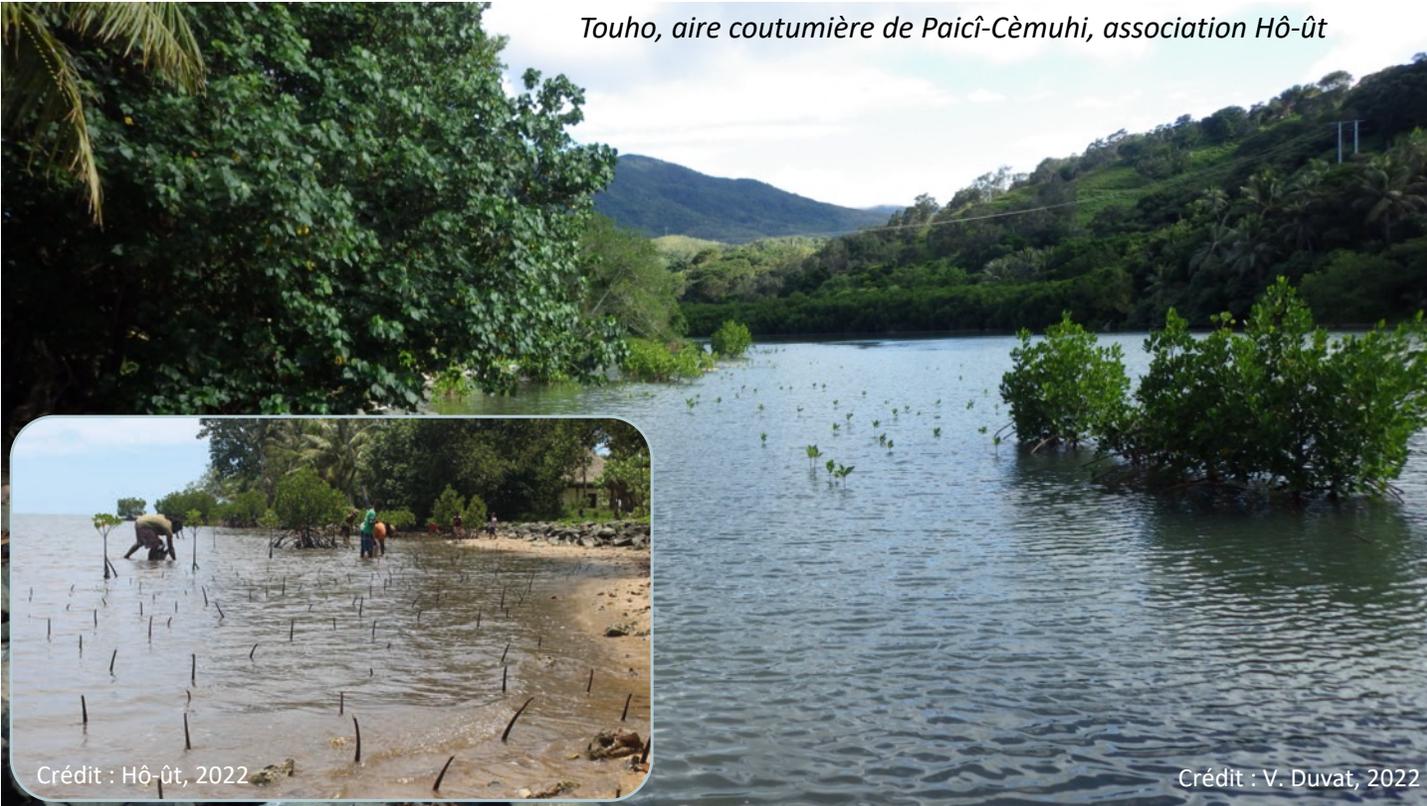
Poindimié, association Popwadene & tribu de Saint-Denis



-  Zone de restauration de la mangrove (environ 250m²)
-  Revégétalisation du haut de plage (environ 300m linéaires)
-  Lieu d'intérêt culturel (présence de zones «tabu»), récréatif et nourricier (cocoteraie et sites utilisés pour la pêche)
-  Village de la Tribu de Saint-Denis (environ 120 habitants) situé sur la côte Nord-Est en Nouvelle-Calédonie

Localisation des différentes actions de lutte contre l'érosion menées par la tribu de Saint-Denis et l'association Popwadene

Touho, aire coutumière de Paicî-Cèmuhi, association Hô-ût

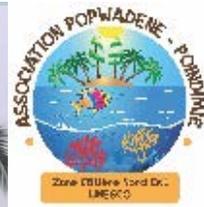


Crédit : Hô-ût, 2022

Crédit : V. Duvat, 2022



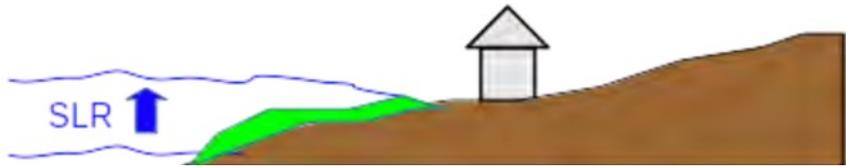
Crédit : Popwadene, 2022



Crédit : Popwadene, 2022

Adaptation fondée sur les écosystèmes

Solutions fondées sur la nature

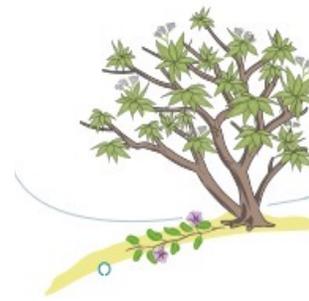


IPCC, 2019

Bourail, association Bwära Tortues Marines



Crédit : Hatton, 2023



VÉGÉTATION DE PLAGE



Crédit : Hatton, 2023



Crédit : Hatton, 2023

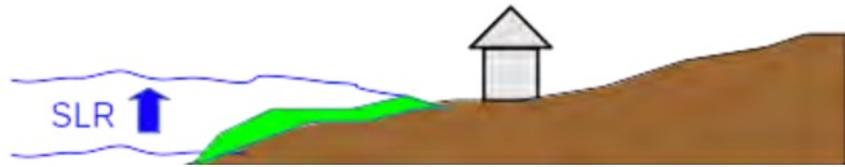


Crédit : Hatton, 2023

Adaptation fondée sur les écosystèmes

Solutions fondées sur la nature

Protection, gestion durable, restauration ou création des/d'écosystèmes



IPCC, 2019



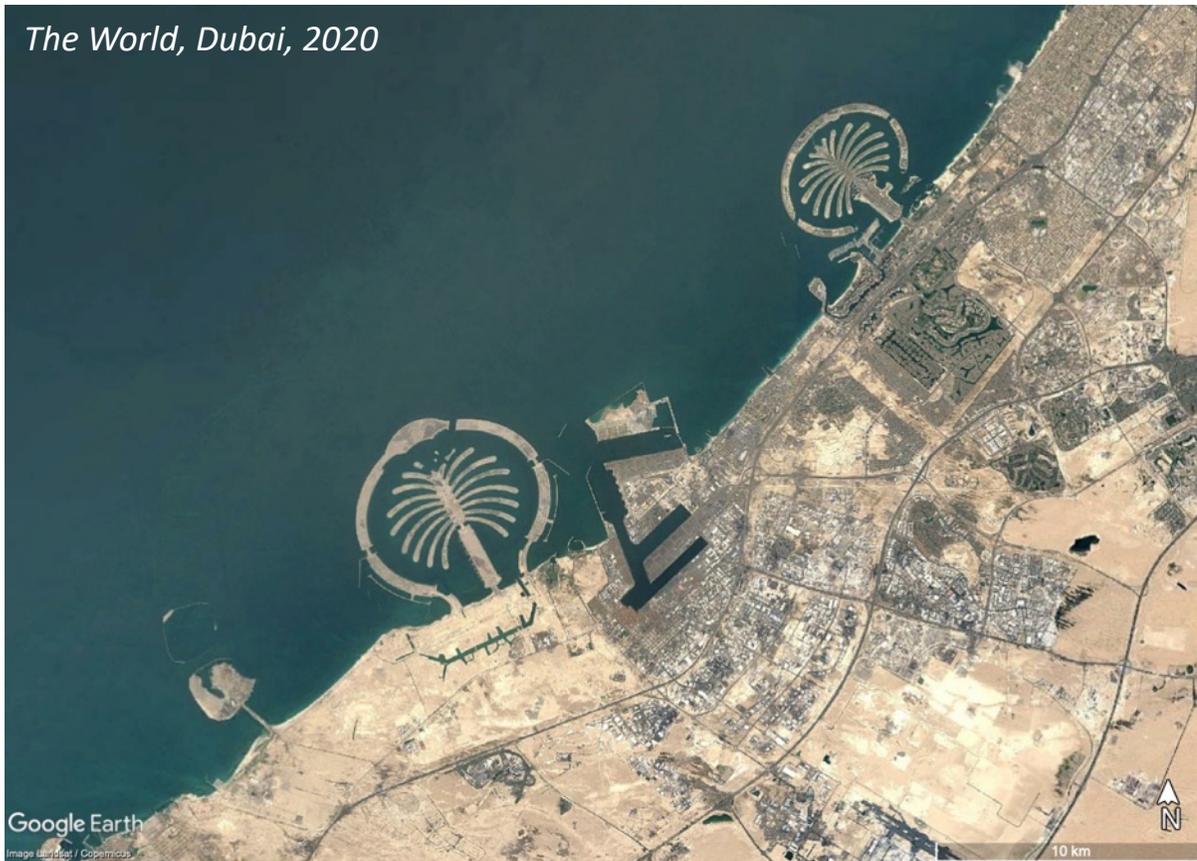
Crédit : V. Duvat, 2023



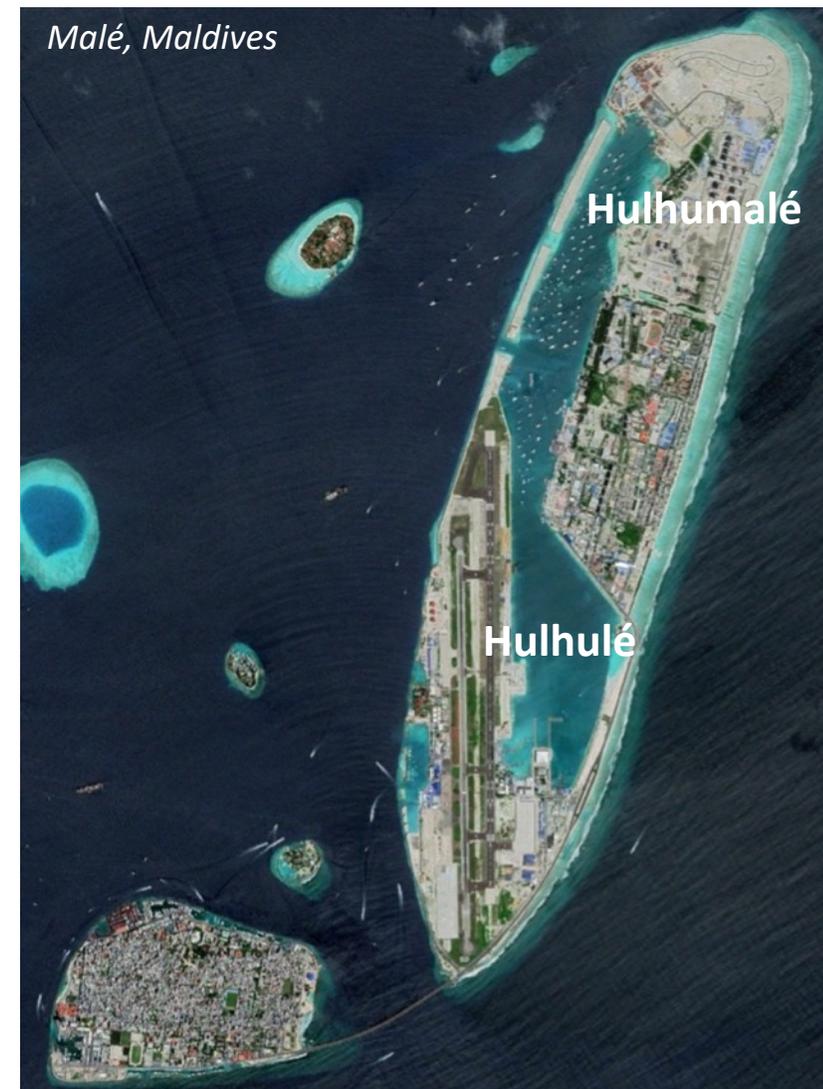
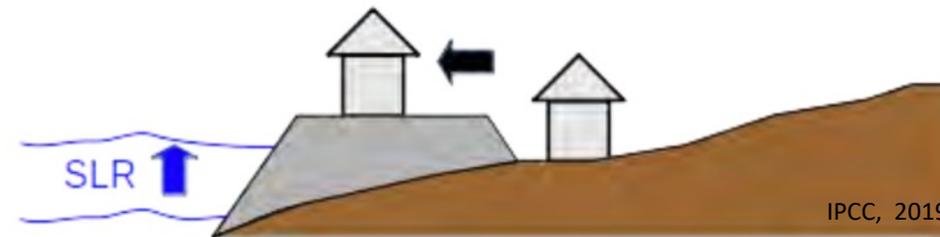
Crédit : Duvat, 2023

Saint-Joseph, Ouvéa, Green Cross

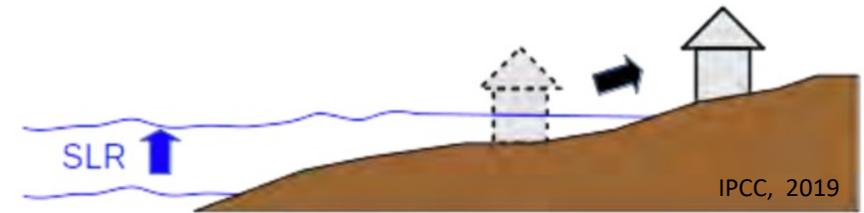
Contre-attaque Avancée avec surélévation



- Coût élevé : contexte urbain ou industrialo-portuaire
- Inadaptée sur les sites déjà urbanisés : croissance urbaine et développement futurs)



Relocalisation des personnes et des biens exposés vers des zones sûres



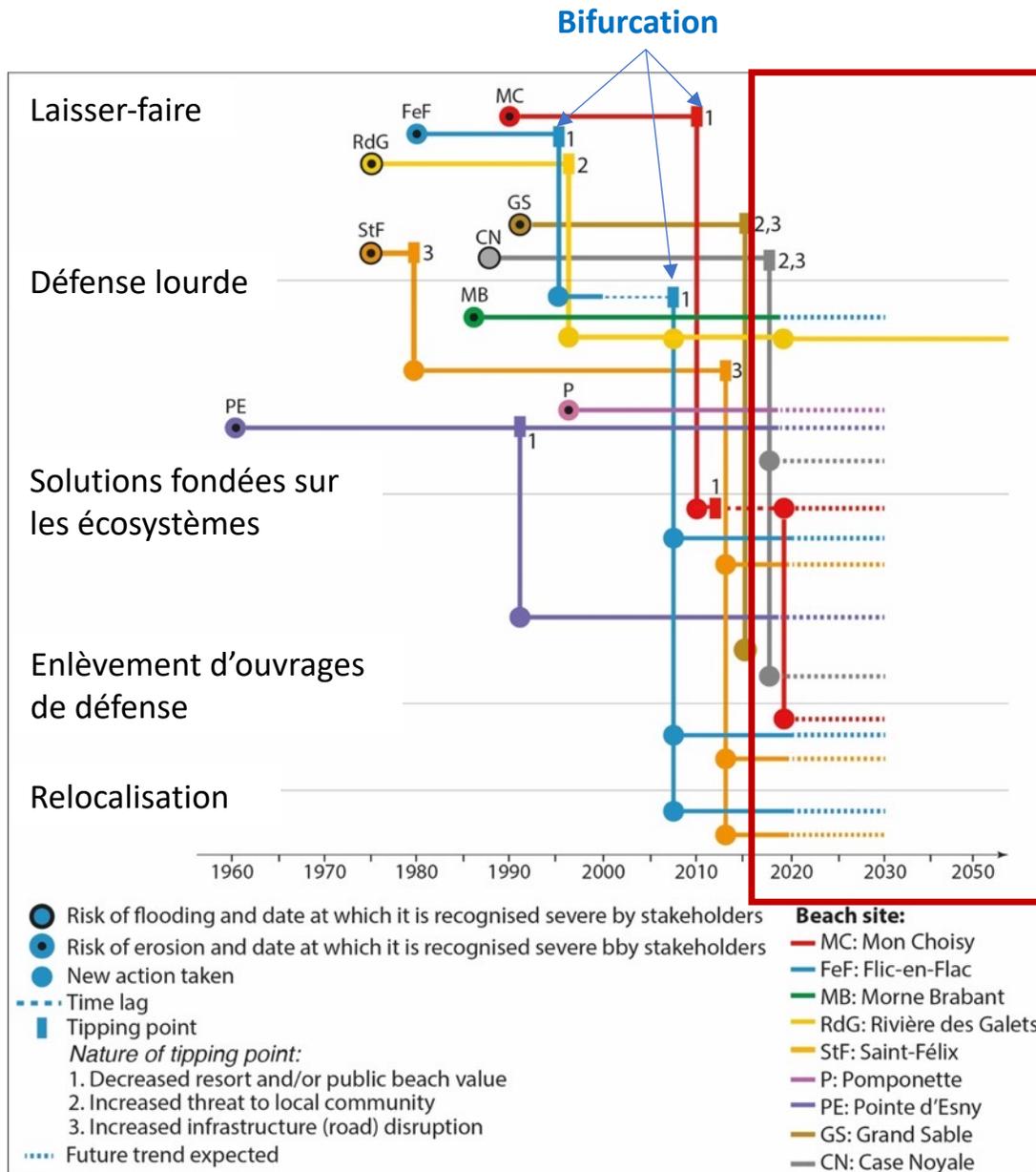
Touho Village, Nouvelle-Calédonie



Mouli, atoll d'Ouvéa, Nouvelle-Calédonie

- Acceptabilité sociale
- Coût
- Foncier
- Gouvernance : planification long terme, portage

Penser des combinaisons de solutions contextes-spécifiques



Duvat et al., 2020

Trajectoires d'adaptation

Destination :
projet de territoire

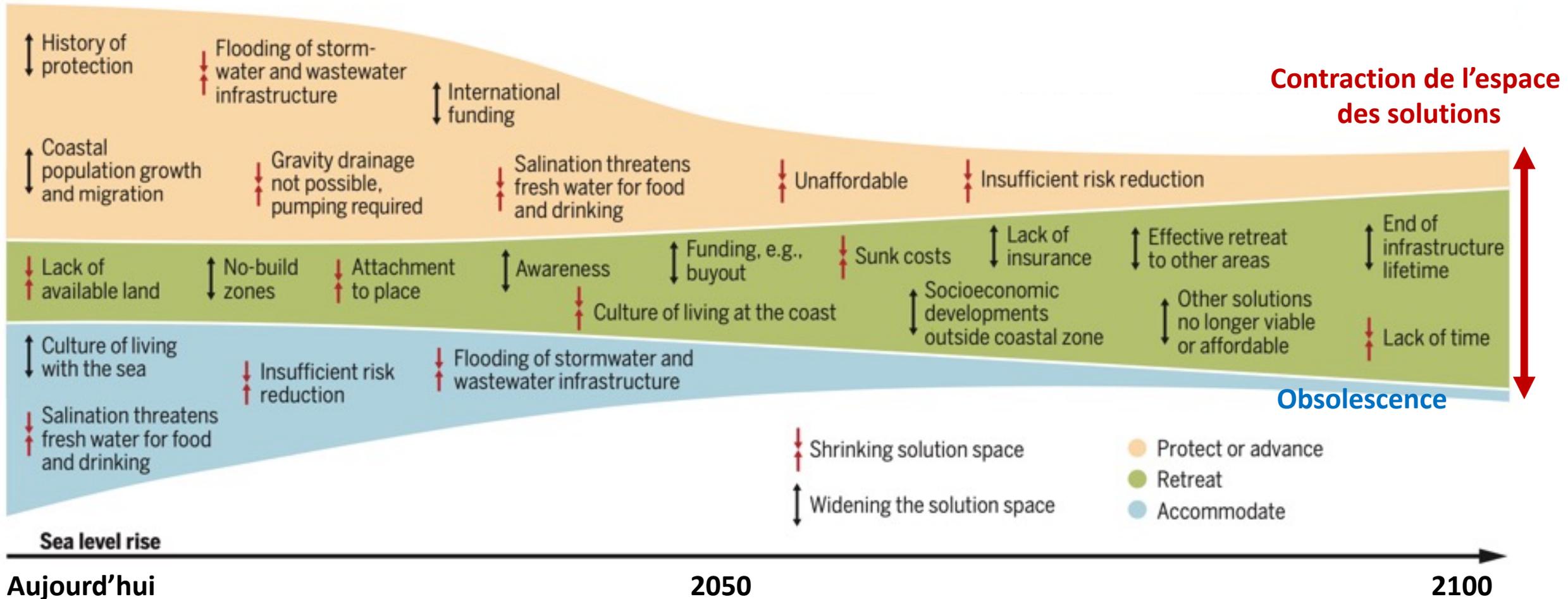
Portefeuille de solutions:
options disponibles

Chemins possibles :
trajectoires d'adaptation



Engagement politique et citoyen

Anticiper la réduction future des marges de manœuvre



Prendre en compte les facteurs temporels

Sur le temps court : certaines mesures sont immédiatement efficaces alors que d'autres non

Sur le temps long : certaines mesures deviendront rapidement obsolètes alors que d'autres ont une durée de vie plus longue

Temps nécessaire pour la planification et la mise en œuvre

Durée de vie des mesures

* Dépendance de sentier

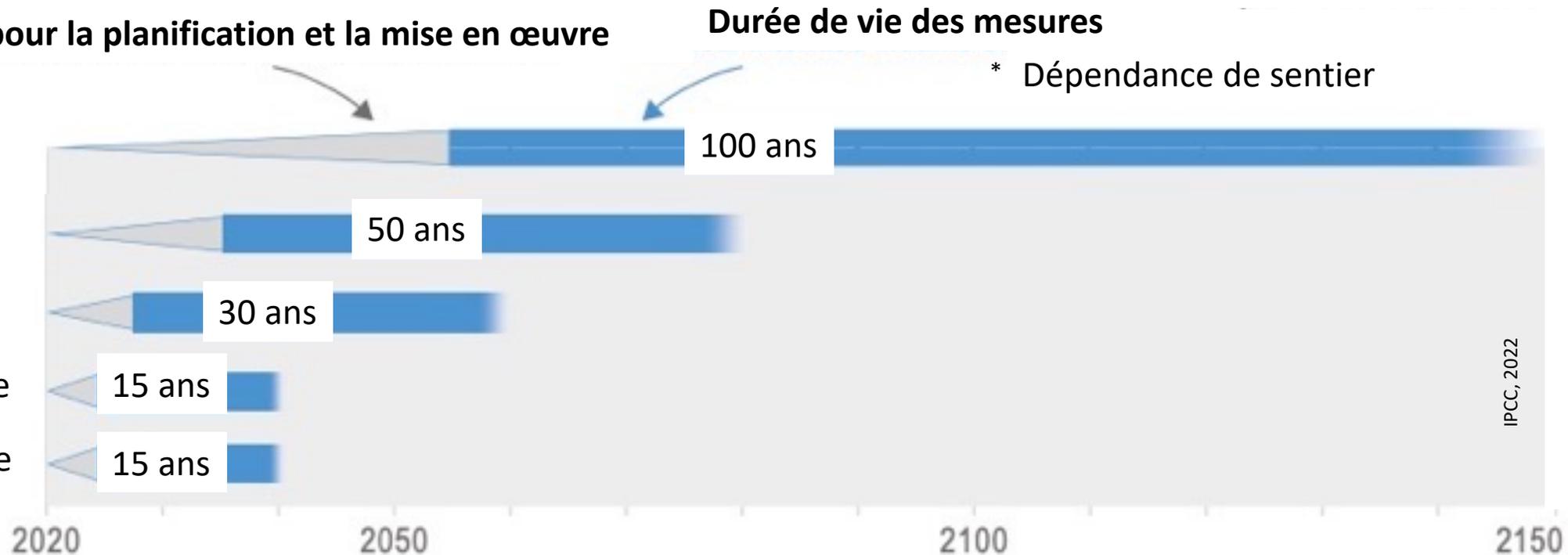
* Relocalisation planifiée

* Ouvrages lourds

Habitat surélevé

Rechargement en sable

Replantation de mangrove



Renforcer la faisabilité de l'adaptation : repousser les limites souples

TROIS LIMITES « SOUPLES » :

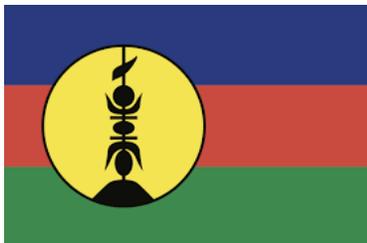
**Moyens financiers et humains
(nombre et niveau de qualification)**



**Politiques et outils
réglementaires**

PPGR

Capacités institutionnelles

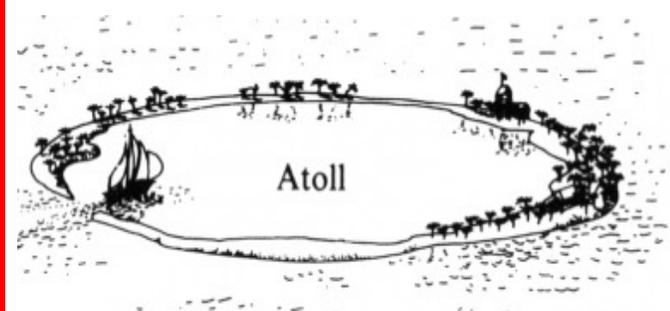


Acceptabilité sociale

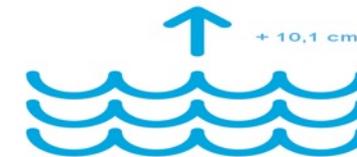


LIMITES « DURES » :

Biophysiques

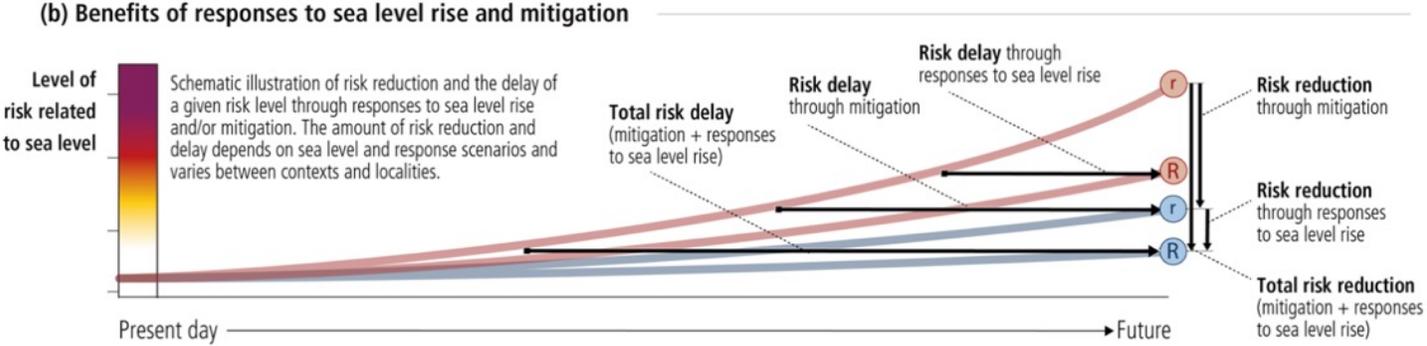


Récif
corallien



Conclusion

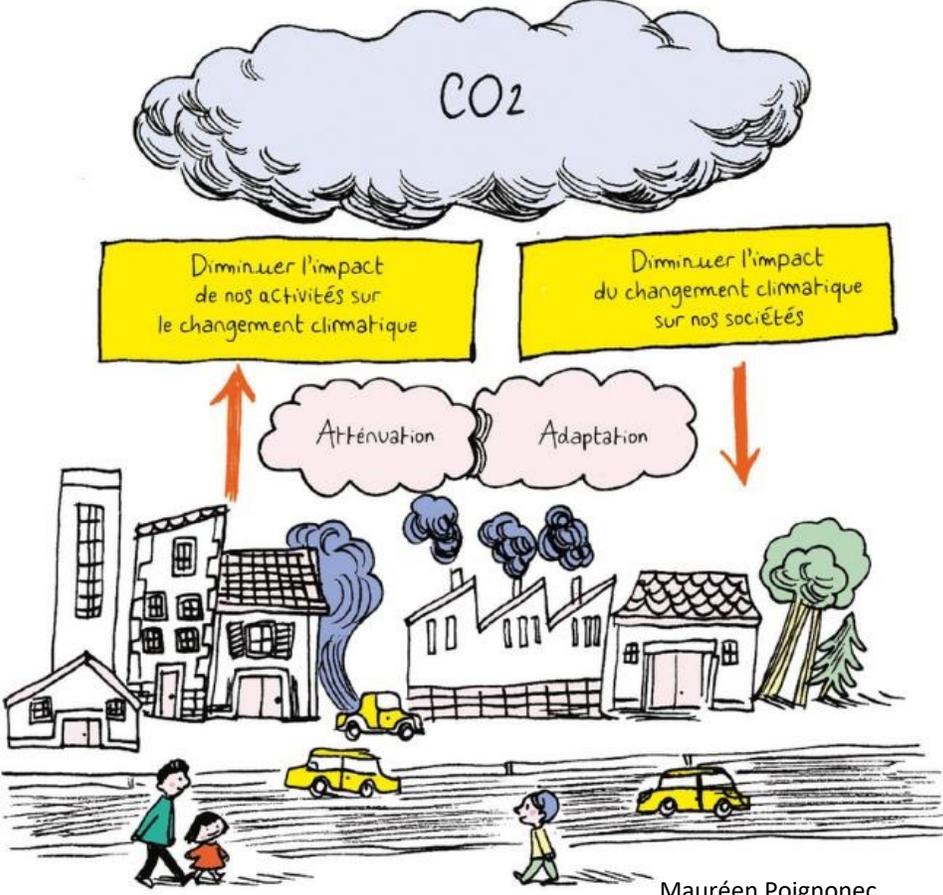
Adaptation = gain de temps + réduction du risque



r: n to moderate response
 R: maximum response

In red: High emission scenario (RCP8.5)
 In blue: Low emission scenario (RCP2.6)

GIEC, 2022



Mauréen Poignonec

Marge de manœuvre & succès de l'adaptation : dépendent des efforts d'atténuation !



Merci pour votre attention

Virginie DUVAT

virginie.duvat@univ-lr.fr

