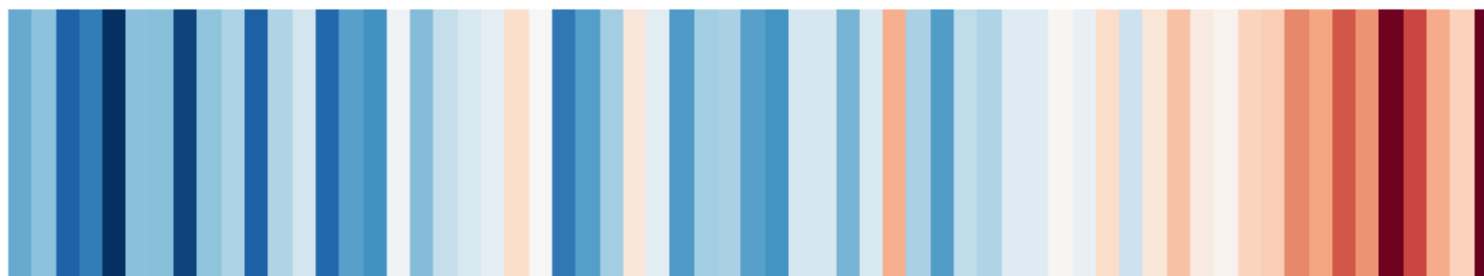


Changement climatique à la Réunion

Clotilde Dubois, Marie-Dominique Leroux (DIROI/EC)
Direction Interrégionale de Météo France pour l'Océan Indien

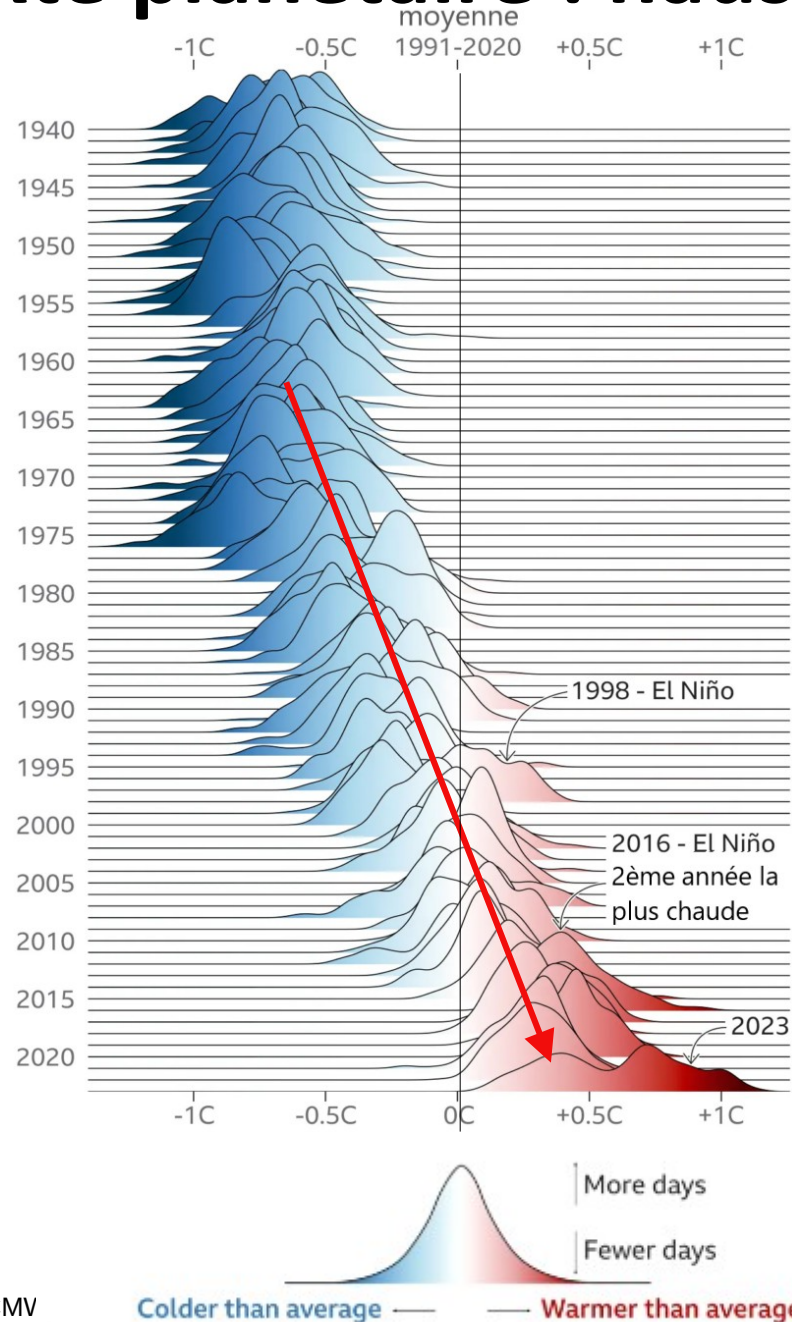


Evolution des températures à la Réunion



Ce que nous dit le passé?

Contexte planétaire : hausse de la température moyenne



OBSERVATIONS

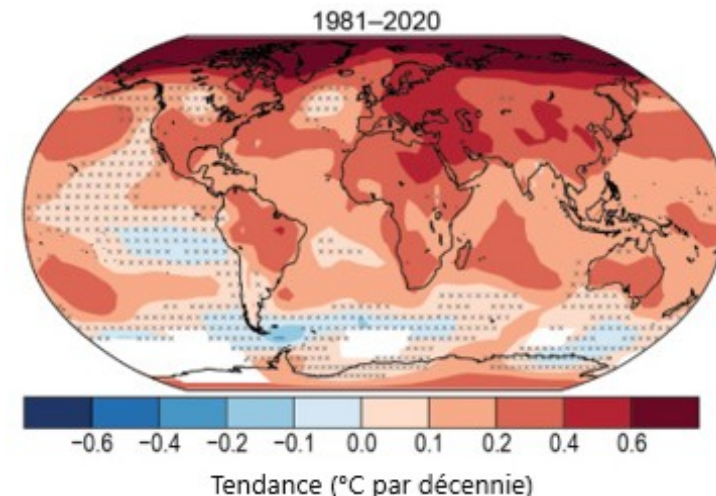
+1,2°C depuis 1850-1900 (période pré-industrielle)

Réchauffement inégal

- plus élevé sur les continents (1.7°C) que sur les océans (0.9°C)
- plus élevé aux pôles (arctique notamment)

La Réunion :

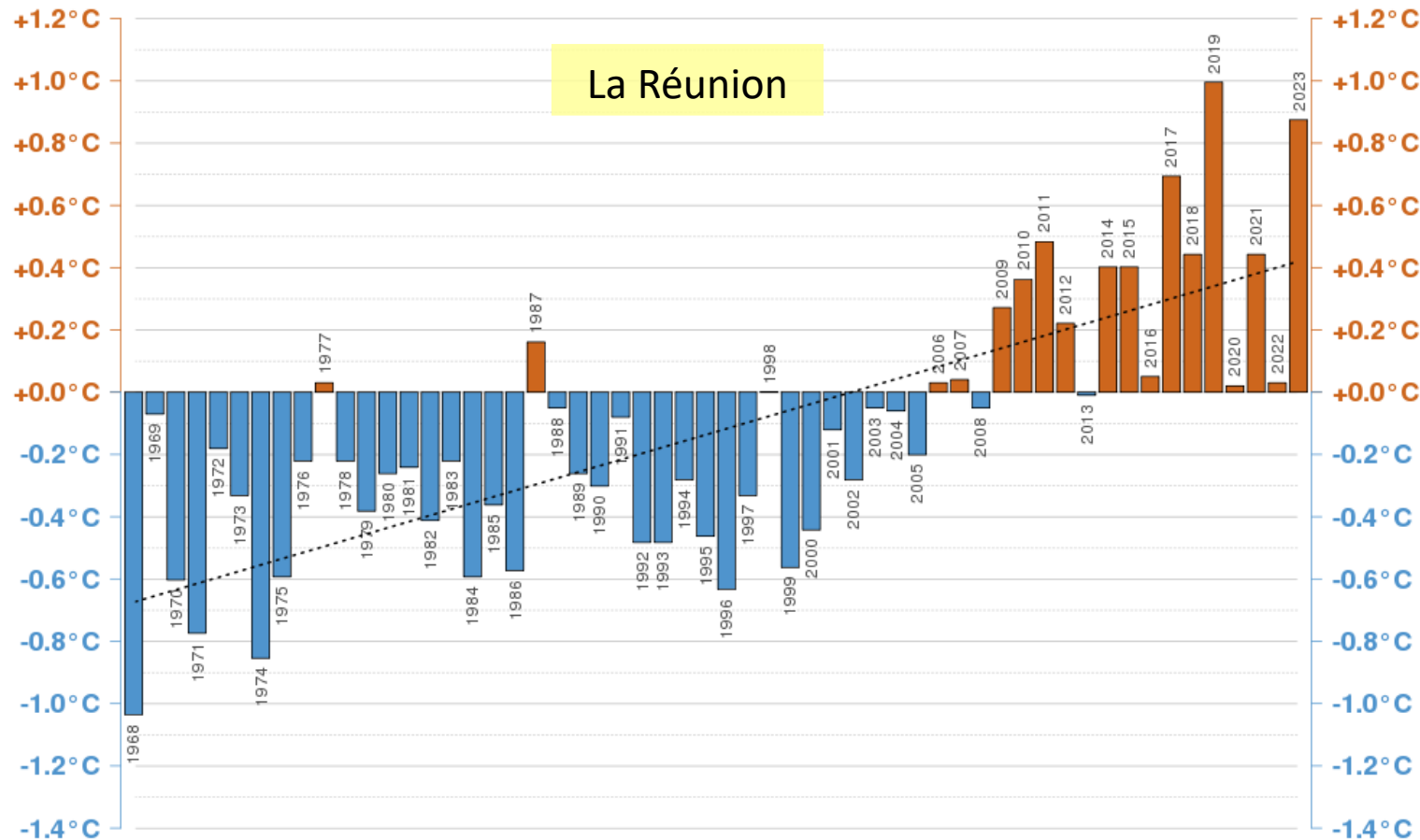
- Une île au milieu de l'océan : +1°C (en 56 ans)



SOOI : Hausse de la température moyenne

Température moyenne annuelle de 1968 à 2023

Ecart à la normale homogénéisée 1991-2020 (INDICATEUR THERMIQUE pour LA REUNION basé sur 3 stations)



Tendance significative : +0.18°C par décennie (p-value : 0.00)

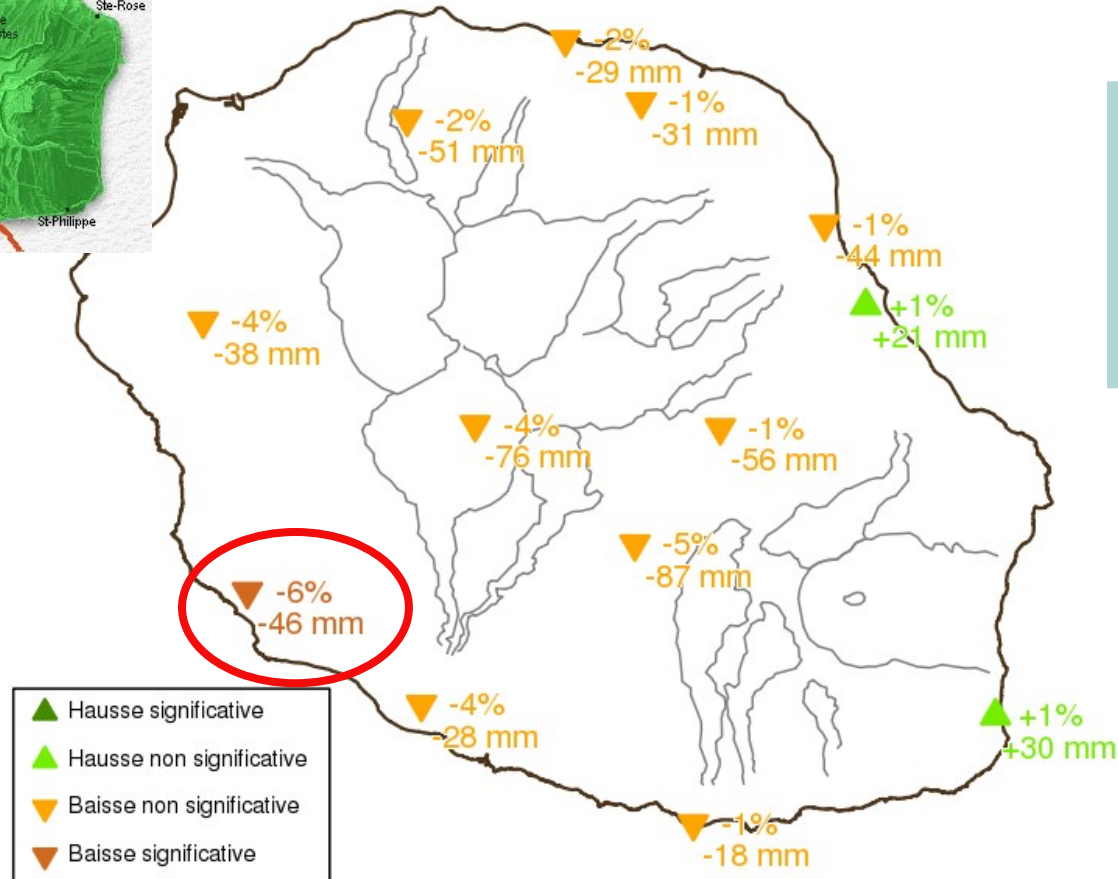
OBSERVATION

- **Réunion** : +1°C en 56 ans de mesures (+0,18°C/décennie)
- **OCEAN superficiel [-25S/0/40E/70E]** : +0.6°C en 50 ans (océan réchauffe moins vite que la Terre)

SOOI : Evolution des précipitations (année ou saison)



Tendance du cumul annuel de pluie
par décennie entre 1961 et 2022



OBSERVATION

- **Réunion** : Pas de baisse annuelle sauf dans le sud-ouest (-36% en 60 ans de mesures)

Elévation du niveau marin

OBSERVATION dans le SOOI

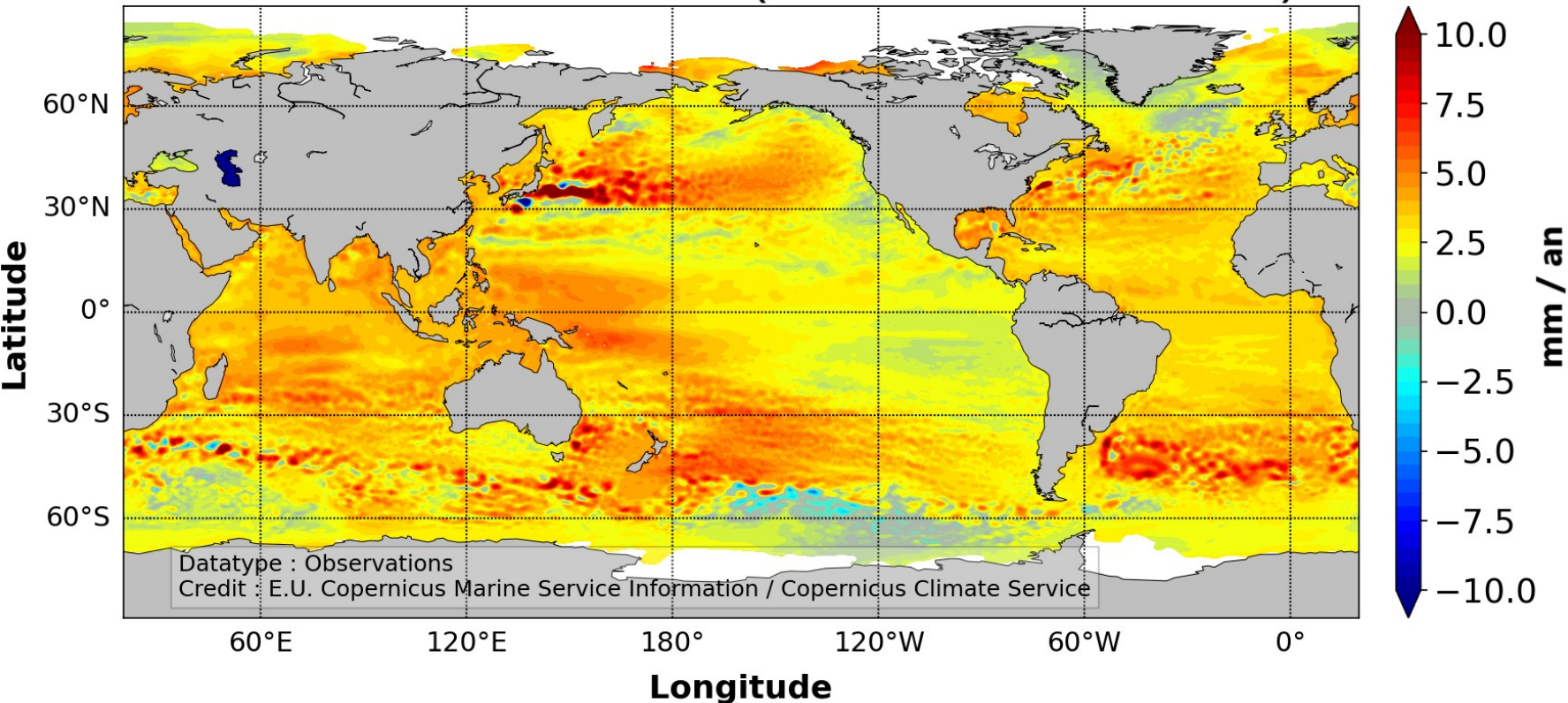
+5 mm/an (+14 cm depuis 1993)

Pas homogène à la surface des océans : plus élevé que la moyenne globale (+3,7 mm/an)

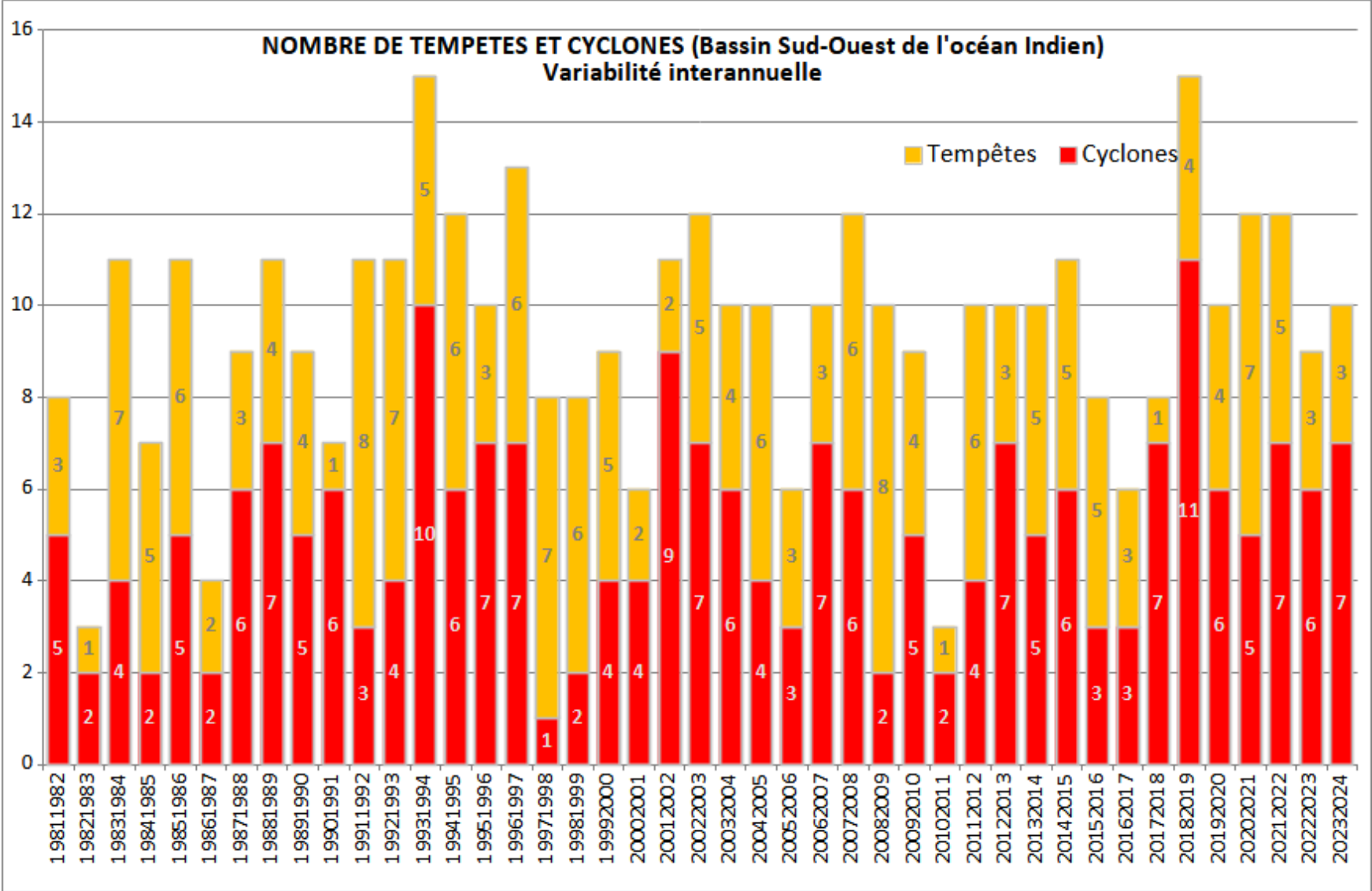
Causes :

- Fontes des glaces continentales : glaciers, calottes (Groenland)
- Dilatation thermique (exemple thermomètre au mercure)

Elévation annuelle du niveau marin (Période Janvier 1993 - Août 2021)



Evolution des cyclones et tempêtes du bassin SOOI



OBSERVATION

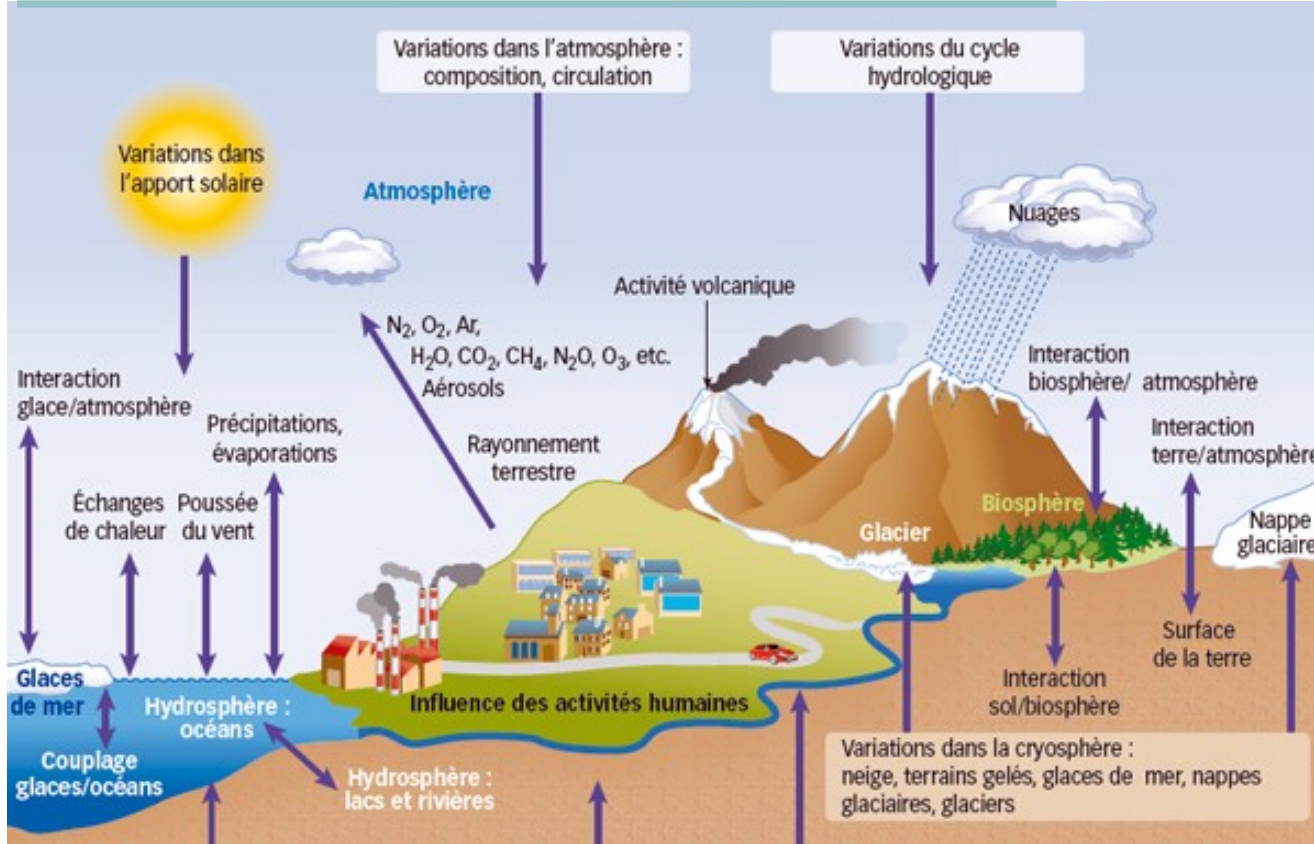
- **Forte variabilité** interannuelle et inter décennale de l'activité cyclonique (El Nino, IOD : Indian Ocean Dipole)
- **Aucune tendance** décelable sur le nombre de systèmes tropicaux sur **les 40 dernières années**



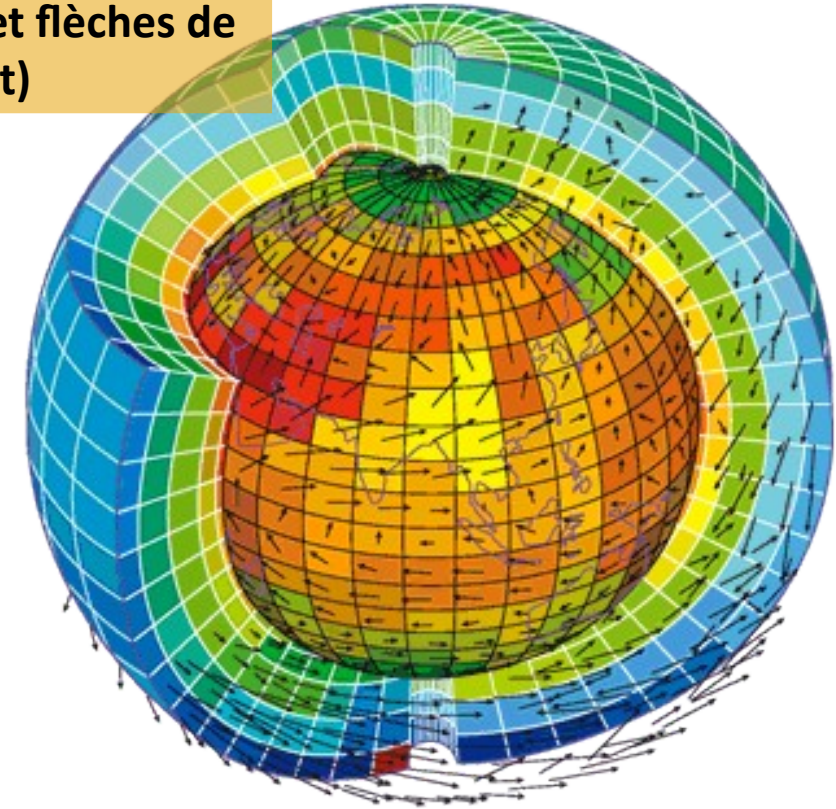
Et dans le futur ?

Simulations climatiques du système climatique

Composantes du système climatique



Maillage tridimensionnel
d'un modèle climatique (ici
température et flèches de
vent)

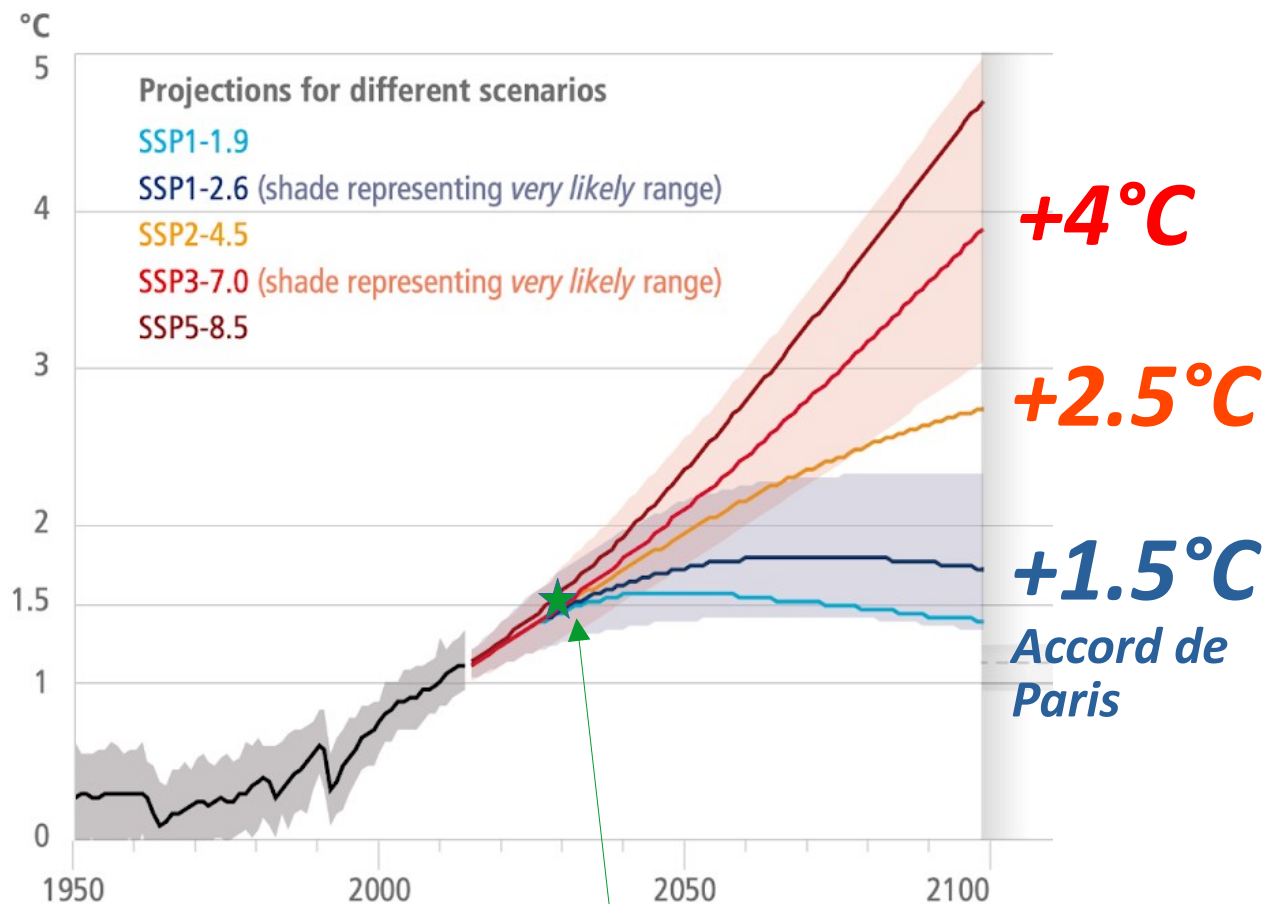


Une vingtaine de centres développent des modèles climatiques. En France : 2 modèles : IPSL et Météo France (Toulouse). Exercice coordonné de simulations climatiques : AR6 (GIEC)

Emissions de CO₂ annuelles pour les 5 principaux scénarios de trajectoires socio-économiques partagées (shared Socio-economic Pathway) ou SSPs (très basses : **SSP1-1.9**, basses : **SSP1-2.6**, modérées : **SSP2-4.5**, élevées : **SSP3-7.0**, très élevées **SSP5-8.5**)

Températures futures....

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



Aujourd'hui entre la courbe orange et la courbe rouge

Les SSPs : narratifs décrivant des évolutions de la société future.

SSP1 et SSP5 : optimistes sur le développement humain : investissement éducation, santé, croissance rapide. SSP5 basée sur les énergies fossiles, SSP1 : pratiques durables.

SSP3 et SSP4 : développement plus pessimistes : inégalités croissantes. SSP3 : priorité à la sécurité régionale. SSP4 : grandes inégalités dans les pays et entre pays dominant, conduisant dans les deux cas à des sociétés hautement vulnérables au changement climatique.

Niveau de réchauffement +1.5°C: court terme atteint dès 2030 quel que soit le scénario.

Niveau de réchauffement +2°C: SSP2-4.5 à environ 2050 ou SSP5-8.5 à environ 2040

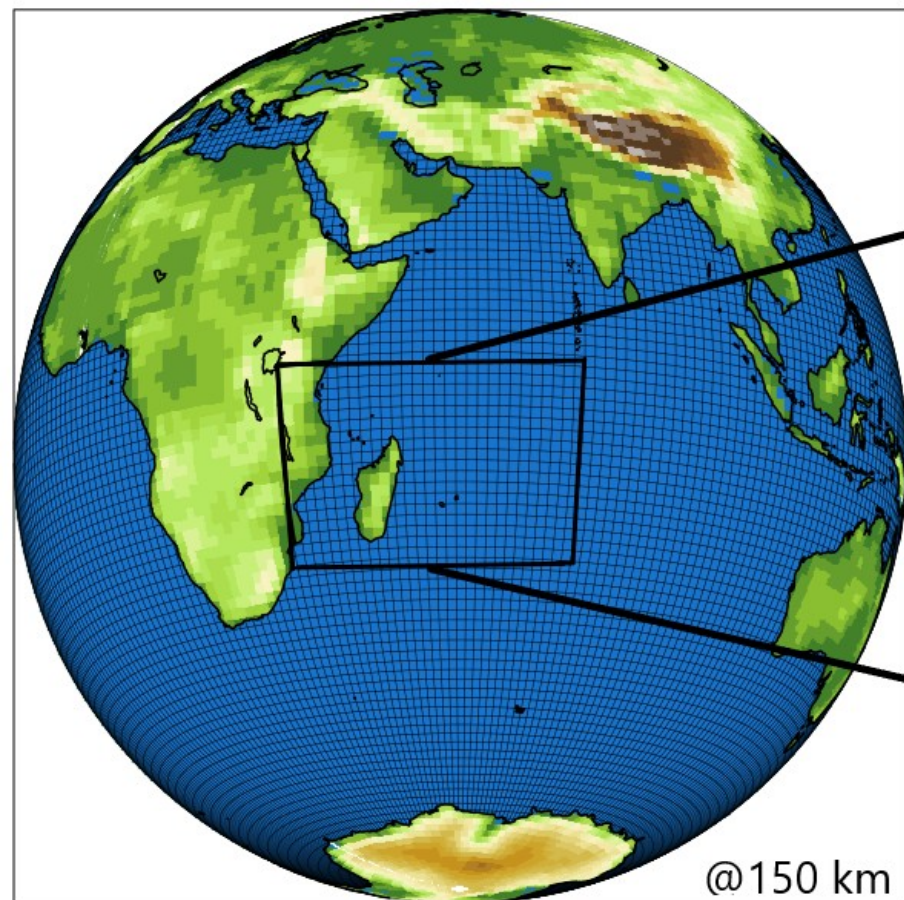
Niveau de réchauffement +4°C: fin de siècle scénarios pessimistes

Aujourd'hui, on est sur une trajectoire à +3°C global et +4°C France (le fameux +4°C et PNACC-3 : plan national d'adaptation au changement climatique) par rapport à 1850-1900

Du global à la Réunion

Chaîne de modélisation dynamique à Météo France dans l'océan Indien

Relief MODELE GLOBAL CNRM-ESM2-1

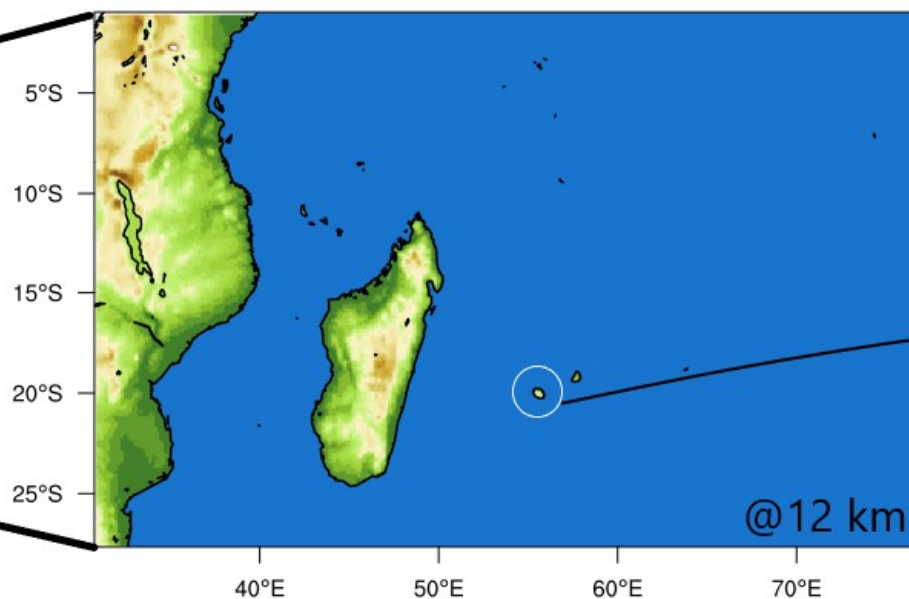


Simulations climatiques à partir des modèles de Météo-France

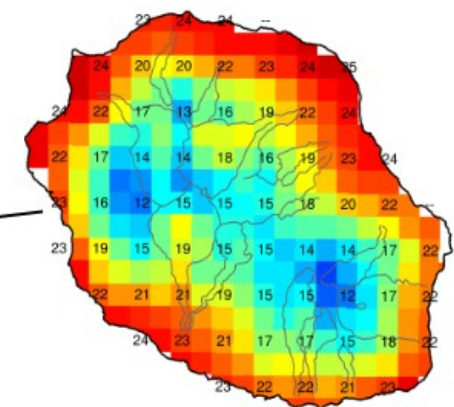
Les îles ne sont pas ou mal représentées dans les modèles globaux. Informations insuffisantes pour évaluer les risques et stratégies d'adaptation.

Besoin d'un modèle de plus fine échelle

Relief MODELE REGIONAL ALADIN-CLIMAT



Températures ALADIN corrigées



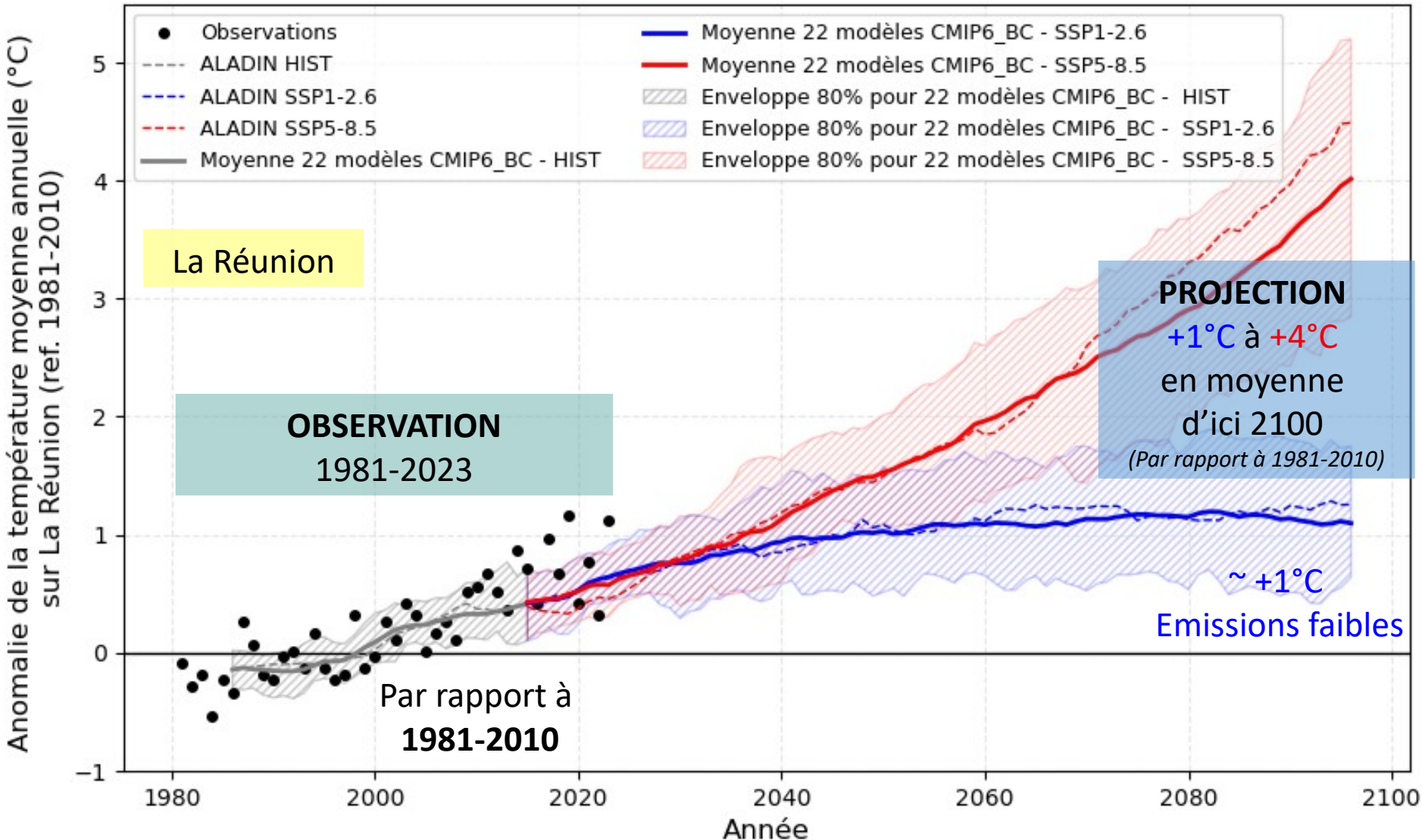
+ 22 GCMs corrigés à 3 kms

Historique 1981-2014

Futur 2015-2100 : **SSP1-2.6** + **SSP2-4.5** + **SSP3-7.0** + **SSP5-8.5**

Aléa climatique sur la température : Hausse graduelle de la température moyenne

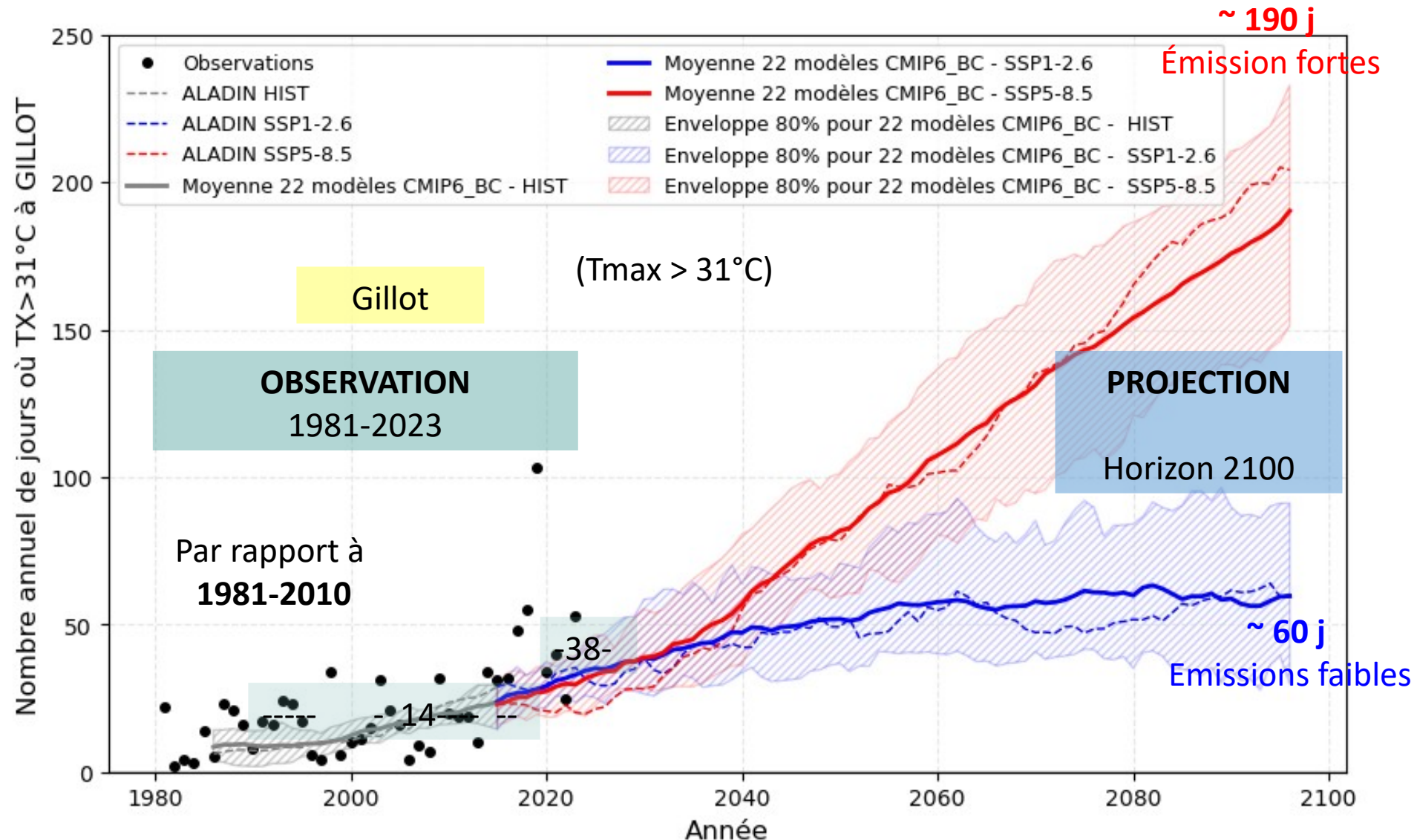
~ +4°C
Emissions fortes



Intensifications des aléas:

- **Surchauffe dans les bâtiments : collectivités, écoles, bureaux, îlot de chaleur en ville**
- **Dilatation des structures : routes, aéroport, grues**
- **Portances des avions, + de turbulence : longueur des pistes de décollage**
- **Maladies à transmission vectorielle (ex : dengue) et environnementale (ex : leptospirose)**

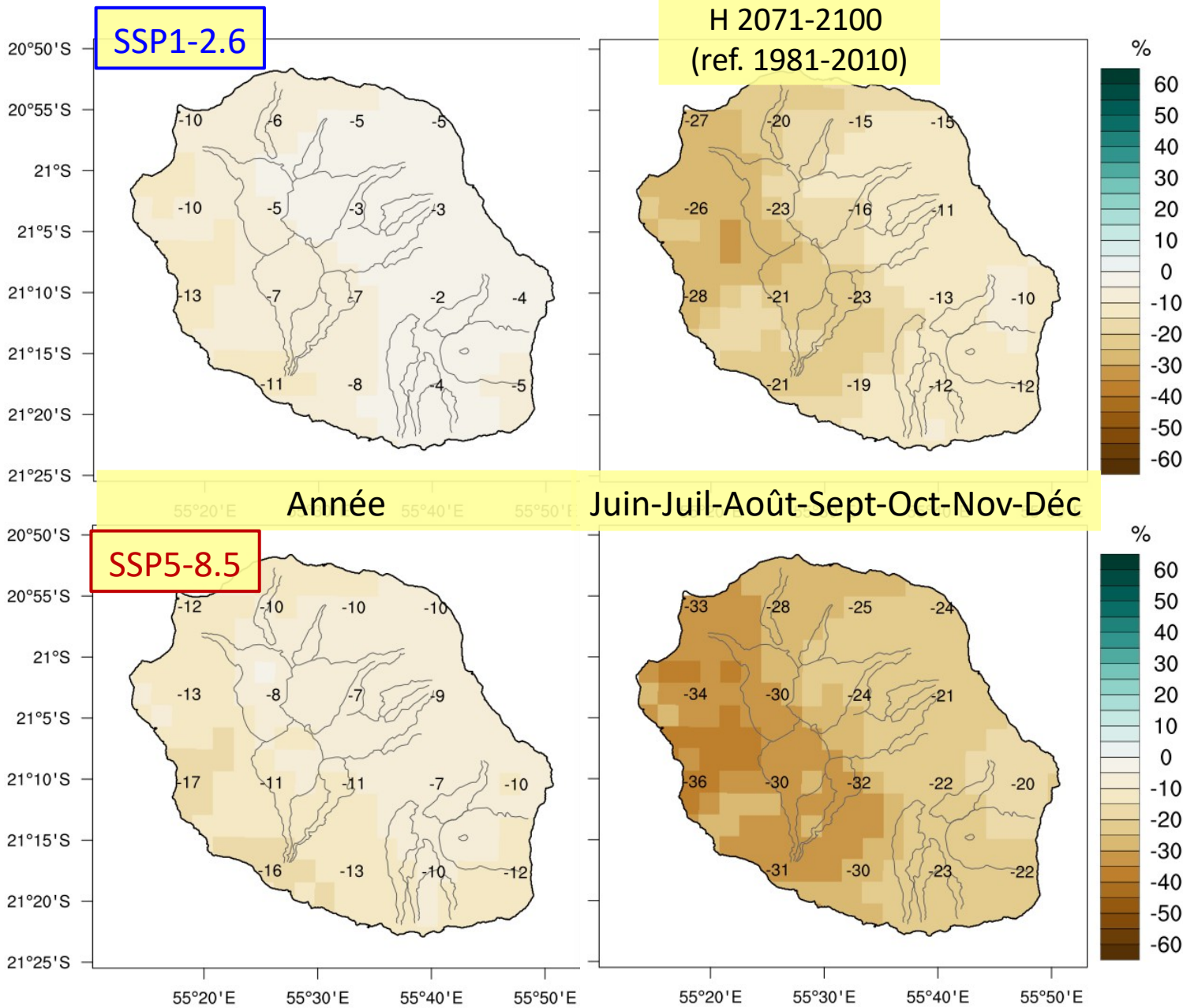
Aléa climatique sur la température : Hausse du nombre de jours chauds : extrême, brutal



Intensifications des aléas:

- Santé du personnel: pause l'après-midi, aménagement du temps de travail, fatigue, hyperthermie (+ risques en contexte de chaleur humide restants à quantifier)

Aléa climatique sur les précipitations impact graduel



PROJECTION

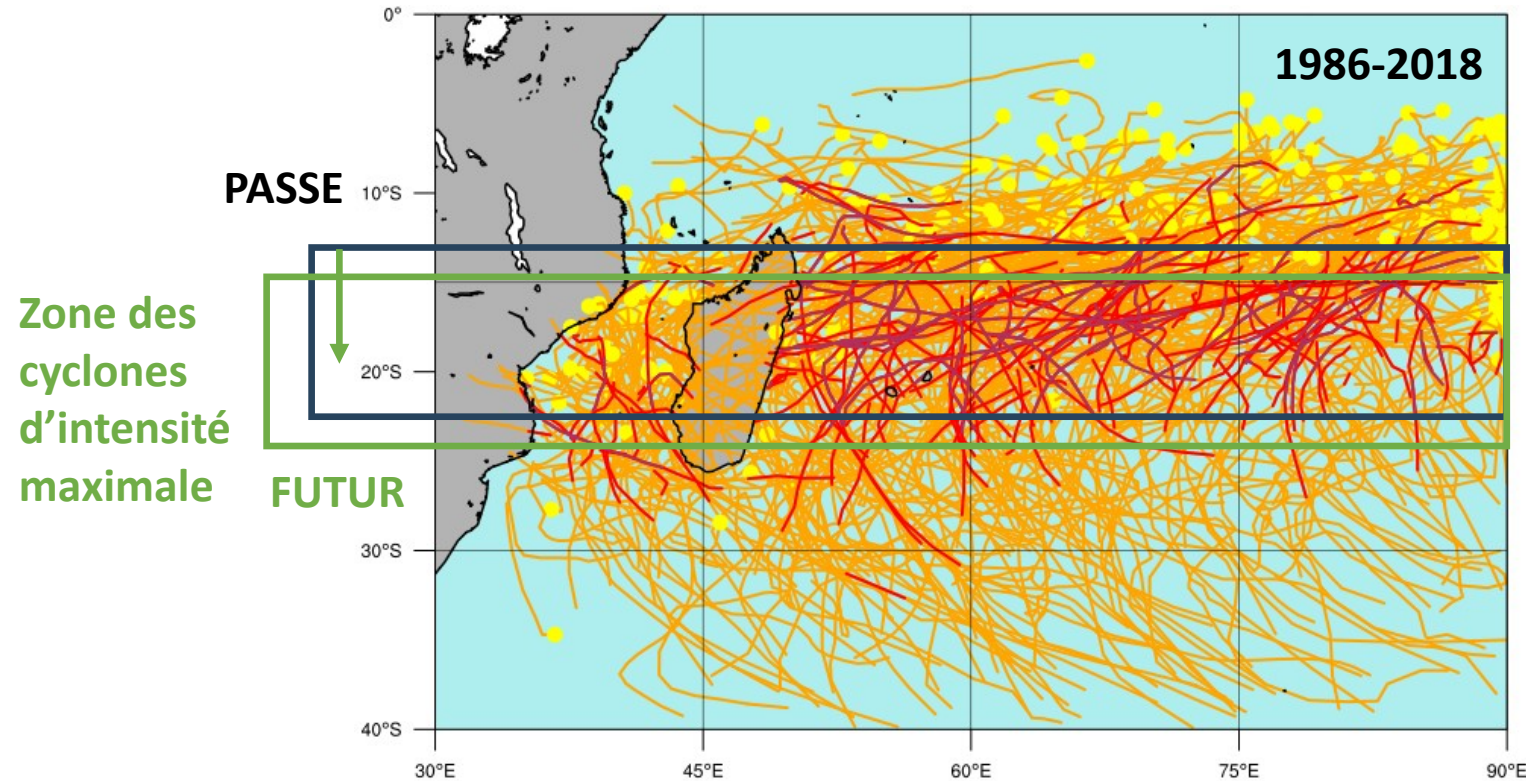
- **Baisse** des pluies
Au 2nd semestre
- Plus prononcée dans **l'ouest**
- **Allongement** de la saison sèche,
augmentation de la sécheresse

Pas d'information sur les pluies extrêmes hors cyclones (mais a priori leur intensité augmentera dans un air réchauffé, selon Clausius-Clapeyron)

Intensification des aléas sur:

- Disponibilité de la ressource en eau (dans le temps et dans l'espace)
- Agriculture : restrictions d'eau, pratiques agricoles
- Sécheresses, feux de forêts

Aléa climatique sur les précipitations impact extrême



PROJECTIONS

- Diminution possible du nombre de systèmes
- Augmentation de la proportion des systèmes intenses
- Renforcement de l'intensité des systèmes les plus intenses
- Augmentation des précipitations cycloniques
- **Migration vers le pôle du maximum d'intensité cyclonique** : exposition à l'aléa cyclonique renforcée sur La Réunion

Intensification des aléas sur:

- Fortes houles et surcote : Structures côtières, ports, digues, pêche, érosion côtière, lagons
- Pluies intenses : routes, inondations, érosion, pollution, agriculture, infiltrations dans les bâtiments, mouvements de terrain
- Forts vents : structures, bâtiments, agriculture

Aléa climatique sur le niveau marin

Pas de modèle haute résolution sur la Réunion ou le bassin de l'océan indien.
Modèles globaux du GIEC (AR6)

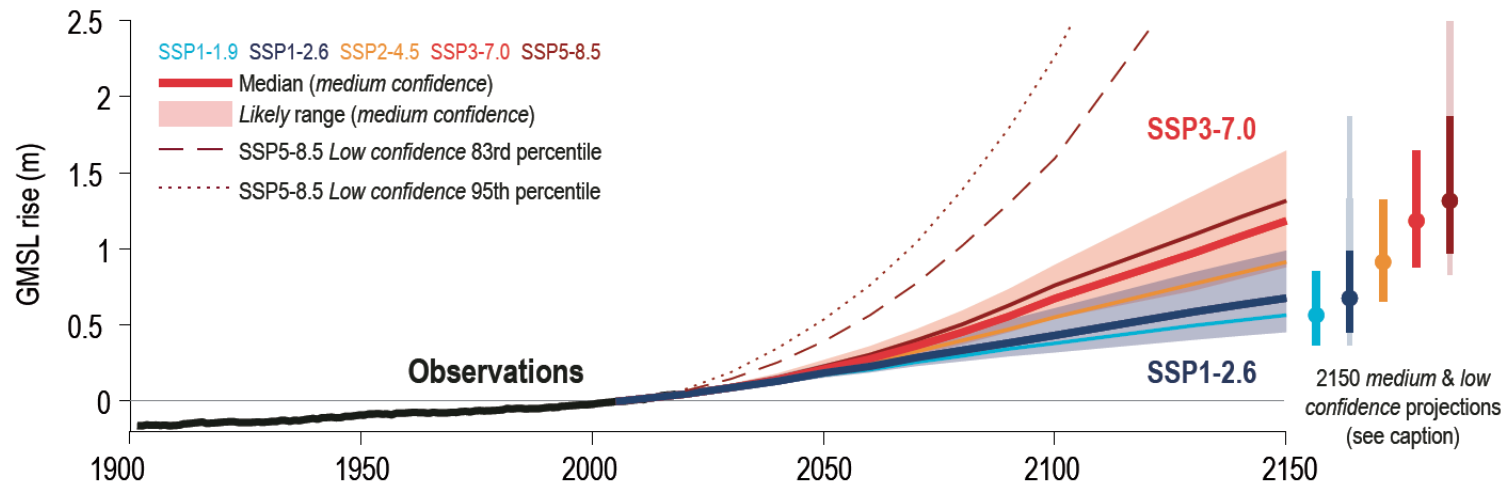
PROJECTION

+50cm à +1m d'ici 2100
(+20 cm déjà observés depuis 1850-1900)

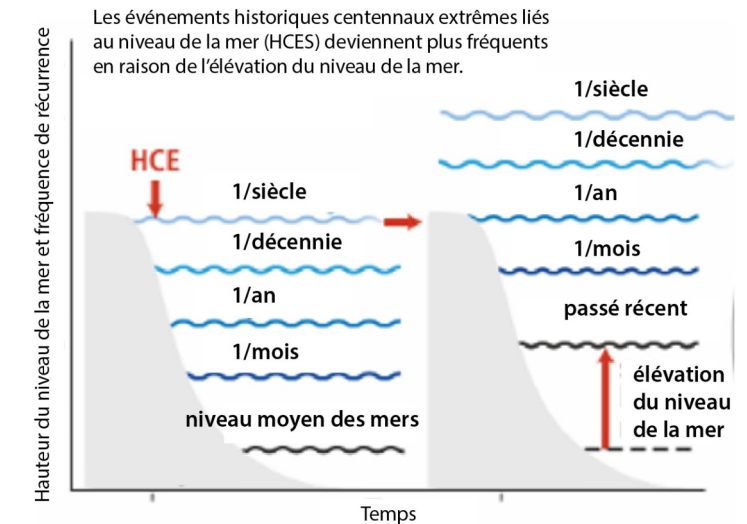
Événements extrêmes:

- Facteur **additionnel** aux autres facteurs : houles, vent, surcote
- change la **fréquence** des événements extrêmes.

(a) Global mean sea level rise from 1900–2150



Effet schématisque de l'élévation régionale du niveau de la mer sur les événements extrêmes de niveau de la mer projetés



Intensification des aléas sur:

- Pertes des éco-systèmes : lagons, infiltrations saline, érosion côtière

d'ici 2050 :

1 milliard
de personnes
exposées

Des événements extrêmes de niveau marin, qui se produisaient une fois par siècle, seront **20 à 30 fois plus fréquents**



** Par rapport à la période 1995-2014

* Par rapport à la période 1981-2010

Les messages à retenir (pour La Réunion)

- ❑ Hausse de la température moyenne : $+1^{\circ}\text{C}$ à $+4^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ à 1°C) en fin de siècle*
- ❑ Hausse du nombre de jours chauds sur le littoral : 60 à 190 (± 25 à 35) jours en fin de siècle
- ❑ Hausse du niveau marin : $+30\text{ cm}$ à $+1\text{ m}$ ** en fin de siècle (en sus des $+20\text{ cm}$ observés)
- ❑ Baisse des précipitations annuelles : -5 à -10% ($\pm 15\%$) en moyenne au cours du siècle*
- ❑ Baisse des précipitations au 2nd semestre : -10 à -40% ($\pm 15\%$) au cours du siècle*
- ❑ Intensification des aléas climatiques : cyclones, inondations, submersion marine, sécheresse, canicule en chaleur humide

➤ Politiques d'atténuation (actuelles + futures) -> minimiser l'ampleur des risques (l'intensité, fréquences et l'augmentation des aléas climatiques)

➤ Politiques d'adaptation (en parallèle) -> diminuer le risque (exposition & vulnérabilité)

Ressources pédagogiques & données

❖ Changement climatique

- ☐ France et Outre-Mer



<https://météofrance.com/climathd>

<https://météo.data.gouv.fr>

<https://www.drias-climat.fr>



- ☐ Sud-ouest Océan Indien



[Géoportail BRIO](#), [Rapport BRIO](#), [Article BRIO](#)

- ☐ Europe et Monde



<https://climate.copernicus.eu>

<https://atlas.climate.copernicus.eu/atlas>

❖ GIEC (changement climatique, atténuation, adaptation)

- ☐ Rapports <https://www.ipcc.ch>
- ☐ Atlas Interactif <https://interactive-atlas.ipcc.ch>

❖ Bilan Carbone et émissions anthropiques

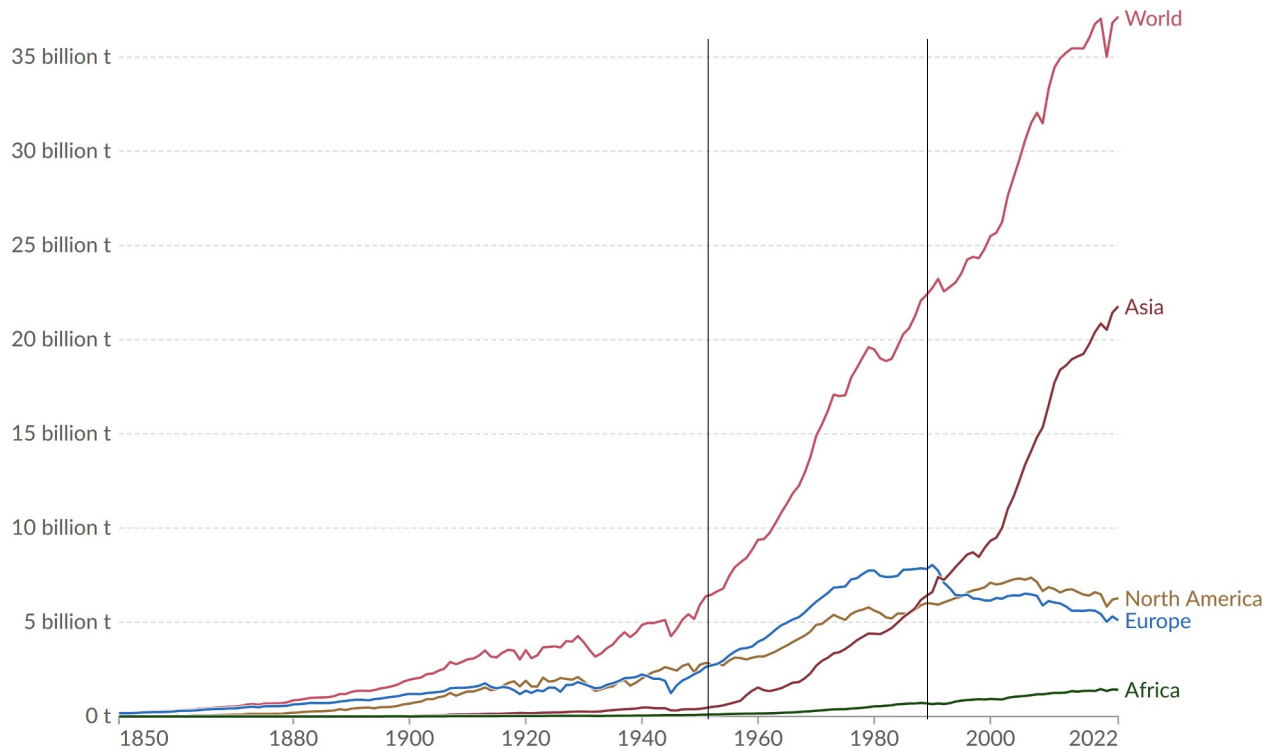
- ☐ <https://globalcarbonbudget.org>
- ☐ <https://www.globalcarbonproject.org>
- ☐ <https://globalcarbonatlas.org> (émissions de carbone des divers pays du monde)
- ☐ Rapport HCC (France) <https://www.hautconseilclimat.fr>
- ☐ Rapport CITEPA (France) <https://www.citepa.org/fr>

Cause du réchauffement: émissions passées

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land-use change is not included.

Our World
in Data



Data source: Global Carbon Budget (2023)

OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

Depuis 1850, augmentation des émissions de CO₂ dans l'atmosphère

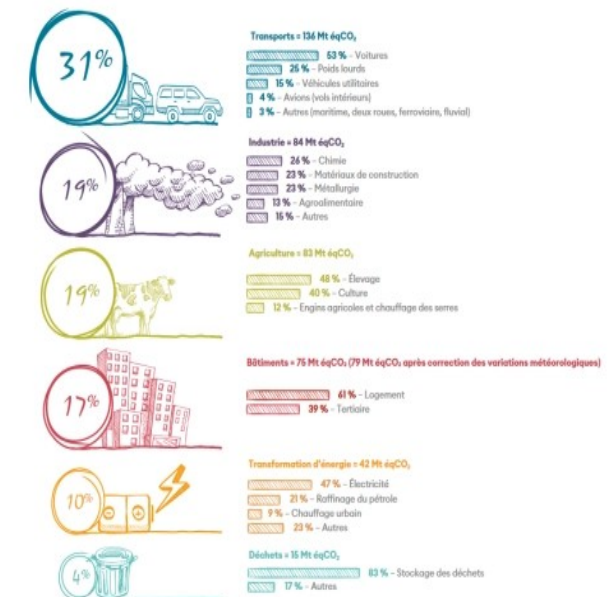
Exponentielle depuis 1950

Avant 1950 : émissions émises principalement par l'Europe et l'Amérique du Nord

Après 1990, délocalisation des industries en Asie. Les produits ainsi manufacturés seront transportés dans le reste du monde généralement par porte-conteneurs.

Activités humaines
par secteur
pour **la France**.
Probablement
légèrement différent
pour **la Réunion**
(Source : Rapport du
haut conseil pour le
climat)

Les émissions territoriales de gaz à effet de serre de la France sont estimées à 436 Mt éqCO₂ pour 2019.

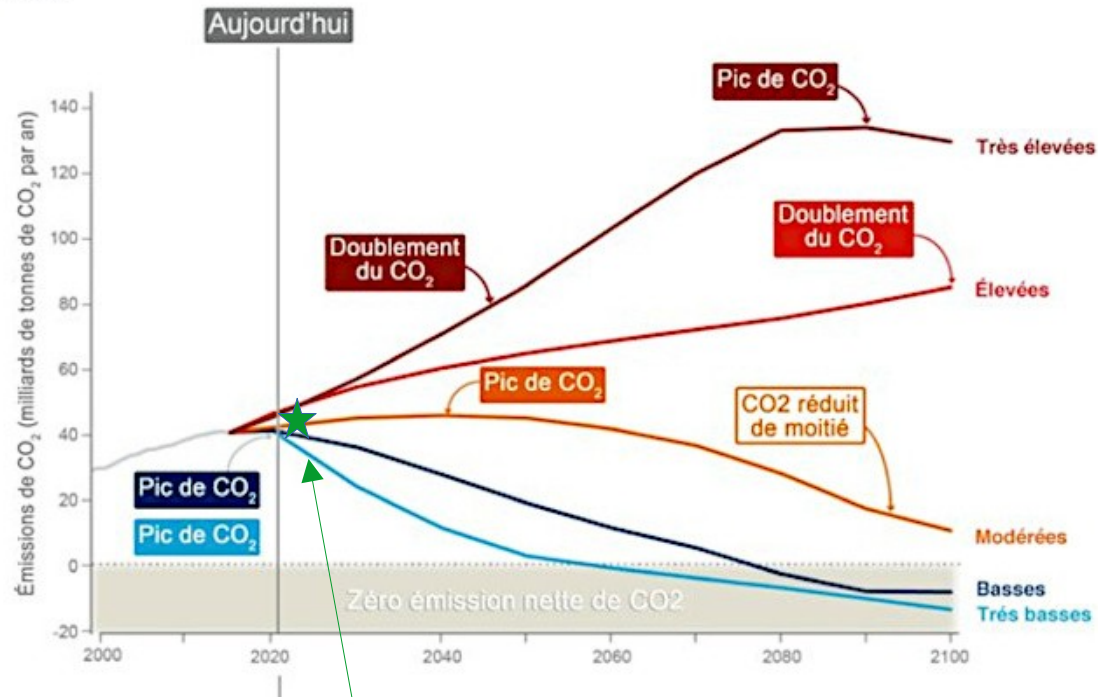


Et le futur ?

Le changement climatique que les gens connaîtront au cours de ce siècle et au-delà dépendra de nos **émissions de gaz à effet de serre**, de l'ampleur du **réchauffement climatique** et de la **réponse du système climatique** à ce réchauffement.

Trajectoires d'émission

Les différentes évolutions sociales et économiques peuvent conduire, à la fin du siècle, à des émissions de dioxyde de carbone (CO₂), d'autres gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques sensiblement différentes.



Aujourd'hui entre la courbe orange et la courbe rouge

Emissions de CO₂ annuelles pour les 5 principaux scénarios de trajectoires socio-économiques partagées (shared Socio-economic Pathway) ou SSPs (très basses : **SSP1-1.9**, basses : **SSP1-2.6**, modérées : **SSP2-4.5**, élevées : **SSP3-7.0**, très élevées **SSP5-8.5**)

Les SSPs : narratifs décrivant des évolutions de la société future.

SSP1 et SSP5 : optimistes sur le développement humain : investissement éducation, santé, croissance rapide. SSP5 basée sur les énergies fossiles, SSP1 : pratiques durables.

SSP3 et SSP4 : développement plus pessimistes : inégalités croissantes. SSP3 : priorité à la sécurité régionale. SSP4 : grandes inégalités dans les pays et entre pays dominant, conduisant dans les deux cas à des sociétés hautement vulnérables au changement climatique.

Les récentes élections auront certainement un fort impact sur les émissions futures.

Risques physiques....

Pour évaluer les risques physiques sur un site ou une organisation, il est nécessaire de qualifier la probabilité d'occurrence et l'intensité (ou gravité) de ce risque à travers trois facteurs :

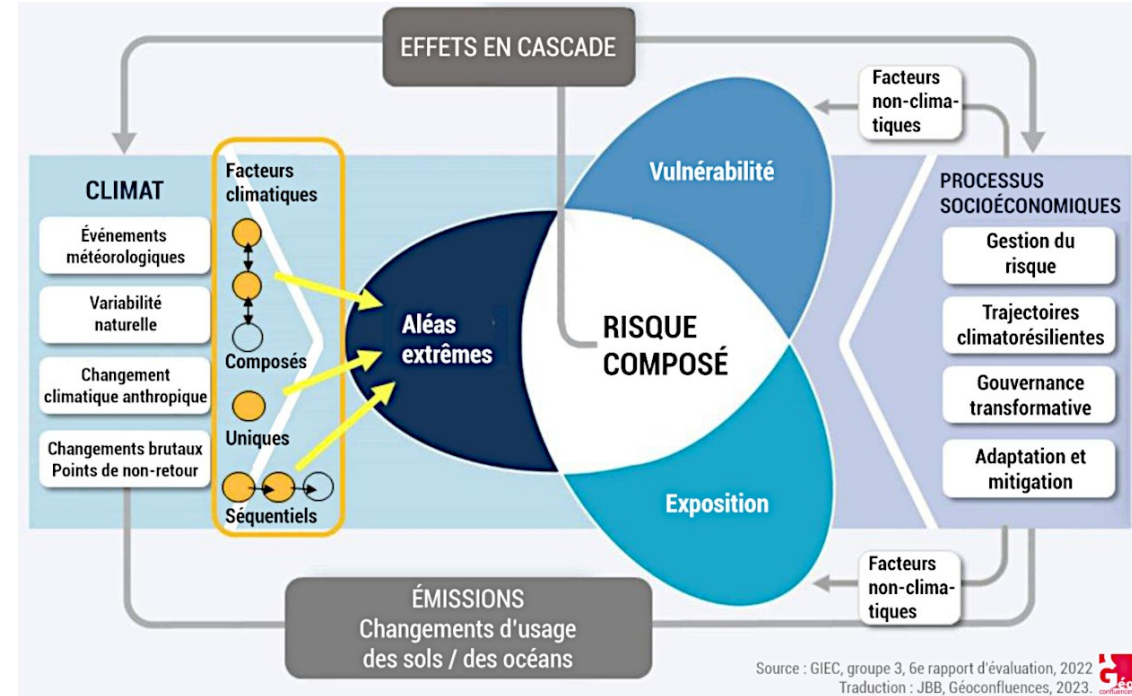
- un facteur « aléa climatique »
- un facteur « exposition »
- un facteur de « vulnérabilité » à cet aléa.

Aléa climatique : phénomène ou événement climatique susceptible d'engendrer des dommages.

Il peut être ponctuel et brutal (aléa extrême) ou progressif (aléa graduel)

Caractérisé par :

- Fréquence
- Intensité
- Probabilité
- Incertitude



La prise en compte de l'exposition induit des changements d'usage :

➔ Changement dans les émissions, usages des sols