

Impacts du changement climatique

Didier Swingedouw

Plan du cours

- ⇒ Objectif : comprendre la légitimité du GIEC et la variété des impacts liés aux changements climatiques dans différents milieux
 - a. Qu'est-ce que le GIEC ?
 - b. Impacts CC sur les extrêmes
 - c. Impacts CC sur la cryosphère
 - d. Impacts CC sur les littoraux et l'océan
 - e. Impact CC sur la santé



Qu'est ce que le GIEC ?

- ❖ Le GIEC est une organisation qui a été mise en place en **1988**, à la demande du G7 par :
 - L'organisation météorologique mondiale
 - Le Programme pour l'Environnement des Nations Unies
- ❖ C'est donc une **organisation onusienne** qui émet des rapports d'expertises sur le changement climatique
- ❖ Ce n'est donc pas un laboratoire, il ne fait pas de recherches mais photographie l'état des connaissances à un instant donné

Le GIEC : Son mandat, ses rapports, ses auteurs, ses piliers

- **Evaluer** (synthèse, analyse critique...) l'information **scientifique, technique et socio-économique** disponible dans la littérature scientifique pour comprendre/documenter
 - les empreintes géophysiques du changement climatique en cours et ses **causes** (Groupe1 –les bases physiques du climat),
 - les **conséquences** du changement climatique, les **risques** et les options d'**adaptation** aux risques déjà présents et émergents (Groupe2 –Impacts, adaptation et vulnérabilités),
 - les options d'**atténuation** visant à diminuer nos émissions de gaz à effet de serre afin de **limiter** le changement climatique (Groupe3 –Solutions) .
- **Fournir** une **aide objective** à la prise de décision via **des rapports périodiques** écrits de manière neutre et donc **non prescriptive**.
- Les rapports (méta-analyses à différentier avec un papier scientifique) sont un **socle commun de connaissances** pour le monde entier et tous les acteurs (politiques, grands groupes industriels et économiques, finances, syndicats, éducation, ONG, etc.) pour l'action. Ils assurent la différence entre des **faits scientifiques** et des **opinions**.

Un processus de distillation (écriture + approbation)

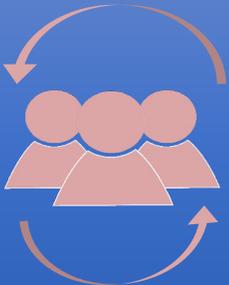


Éléments probants de
66,000 publications
scientifiques examinés



Auteurs et autrices (membres)

782 scientifiques de 90 pays
30% femmes environ
 $\frac{2}{3}$ nouveaux auteurs et autrices



Processus de relecture

200,000+ commentaires (~70k par Grp)
3000+ experts relecteurs de 92 pays
~50 gouvernements sur la dernière version



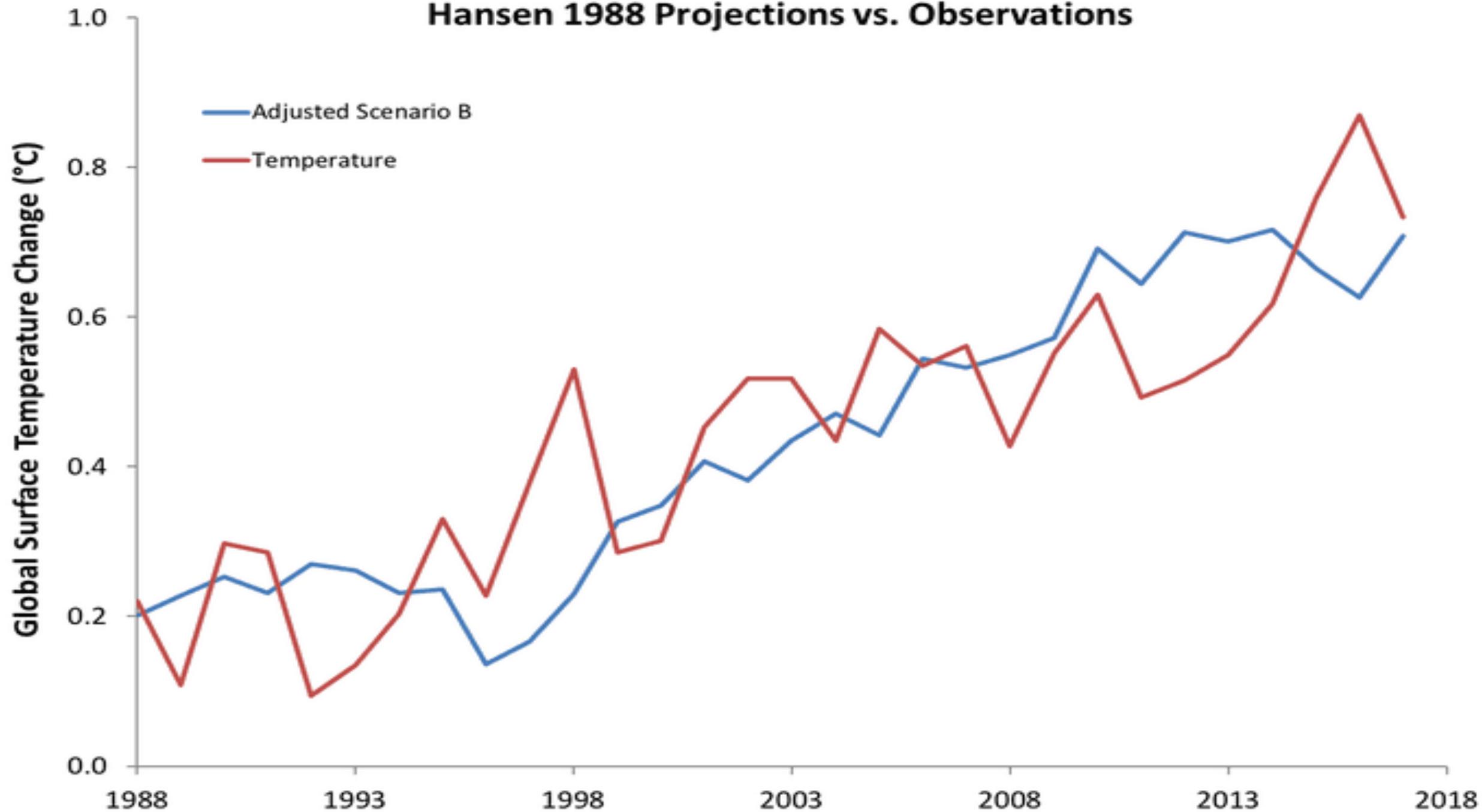
Approbation

1e fois en virtuel
186h zoom en 11j
(WG1)

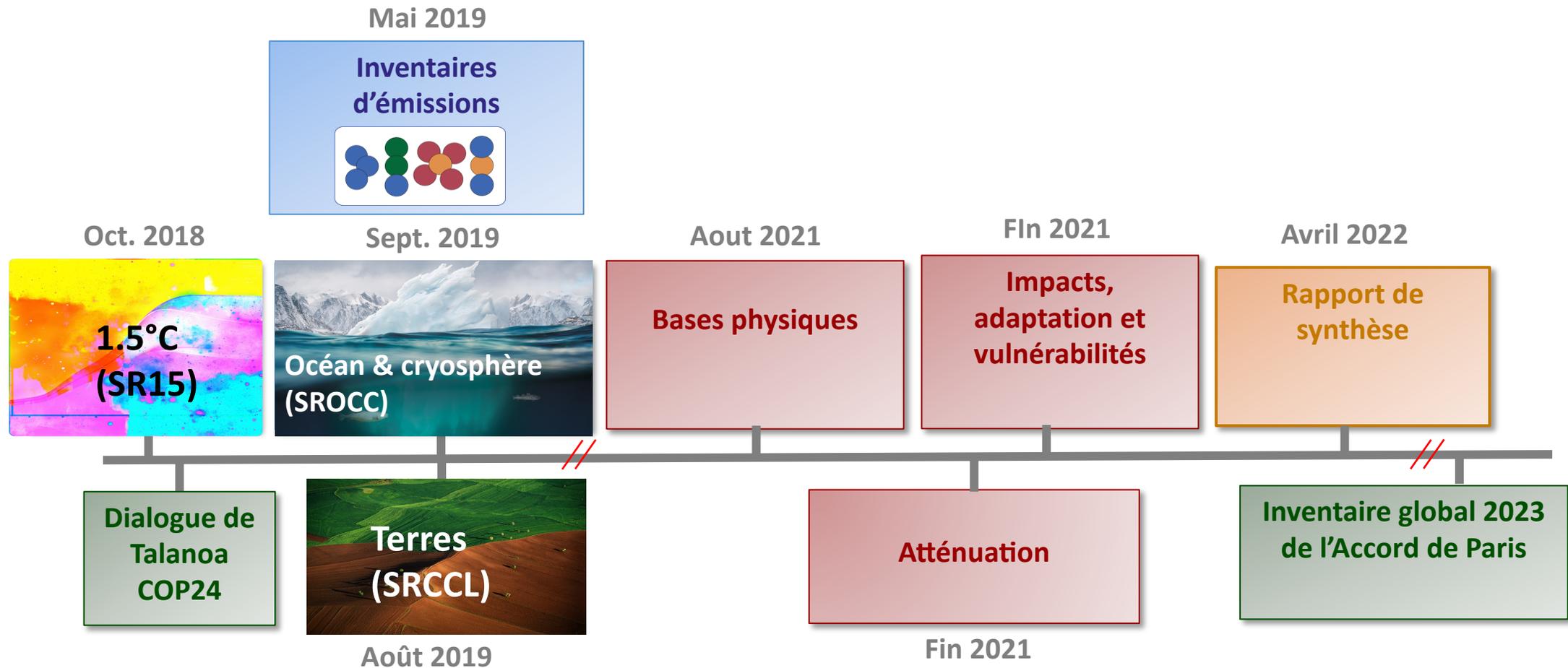
Qui assure:

- Exhaustivité, Objectivité, Rigueur, Robustesse, Transparence
- Force des conclusions via le **processus d'approbation** (ligne par ligne du résumé à l'intention des décideurs -70 mots/heure-, à l'unanimité) qui assure que le socle commun des connaissances est reconnu par tous les gouvernements

Hansen 1988 Projections vs. Observations



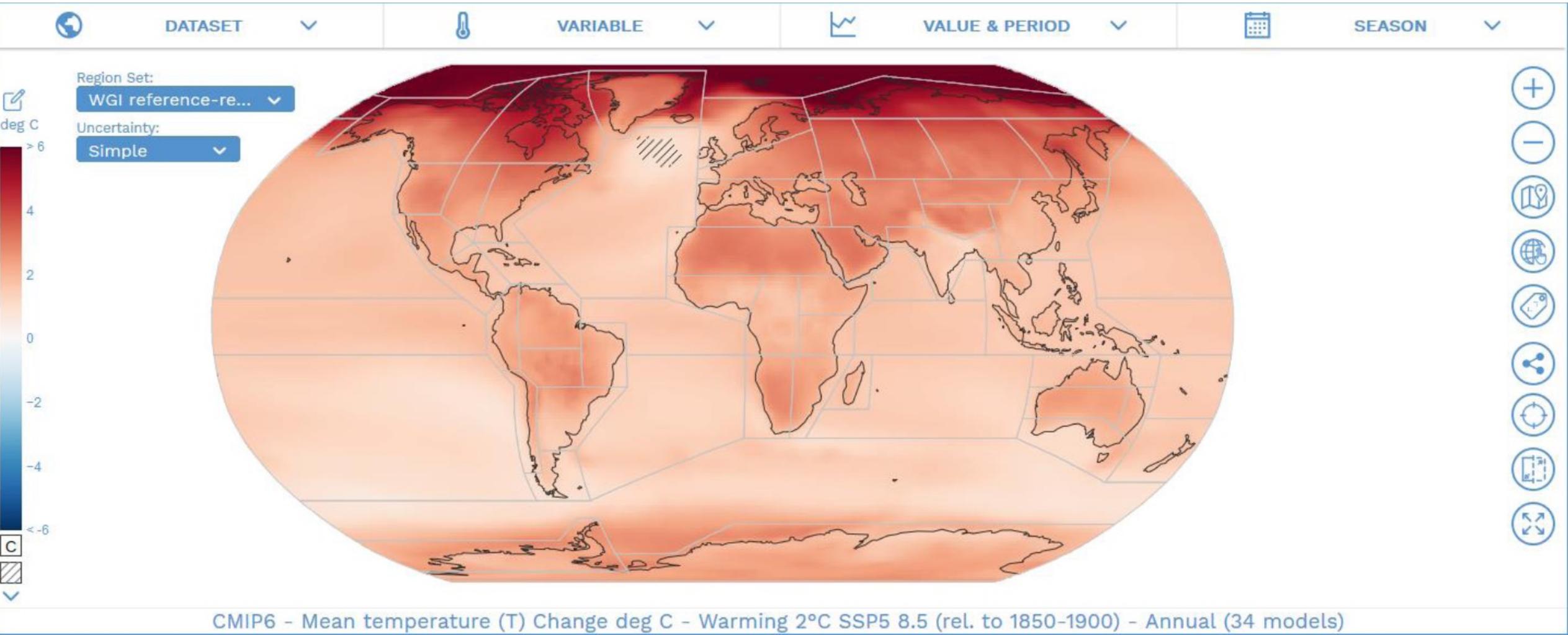
Le 6ème cycle d'évaluation du GIEC



Terminologie du GIEC

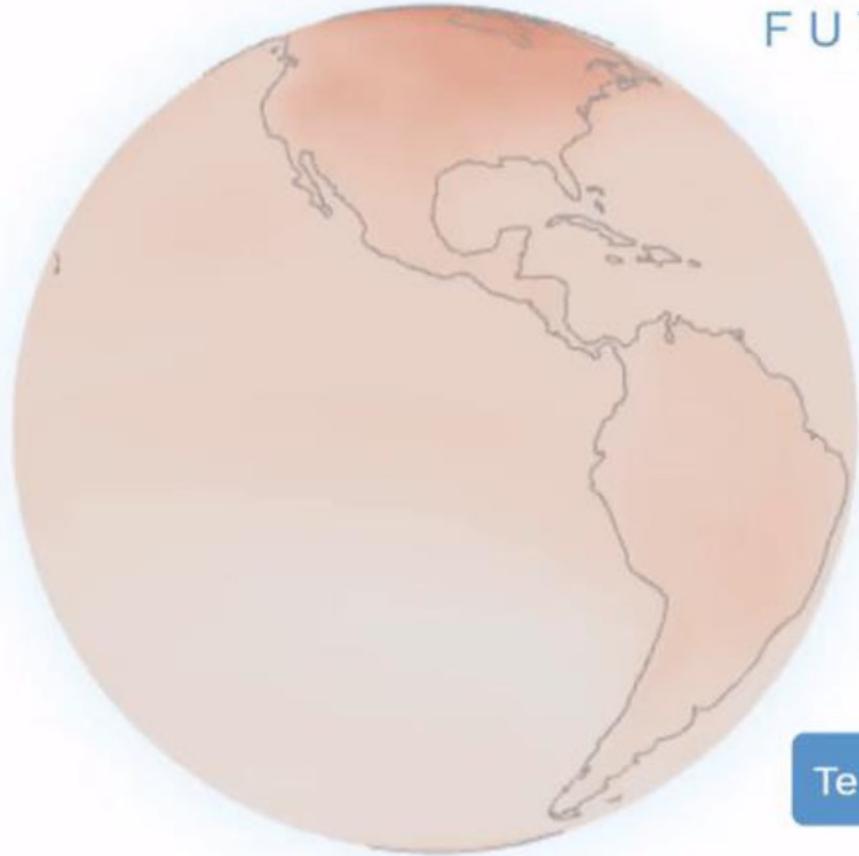
Table 1. Likelihood Scale	
Term*	Likelihood of the Outcome
<i>Virtually certain</i>	99-100% probability
<i>Very likely</i>	90-100% probability
<i>Likely</i>	66-100% probability
<i>About as likely as not</i>	33 to 66% probability
<i>Unlikely</i>	0-33% probability
<i>Very unlikely</i>	0-10% probability
<i>Exceptionally unlikely</i>	0-1% probability

Atlas interactif en ligne !



Atlas interactif en ligne !

OUR POSSIBLE
CLIMATE
FUTURES



+1.5°C

+2°C

+3°C

+4°C

Temperature

Precipitation

<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

#IPCCData

#IPCCAtlas

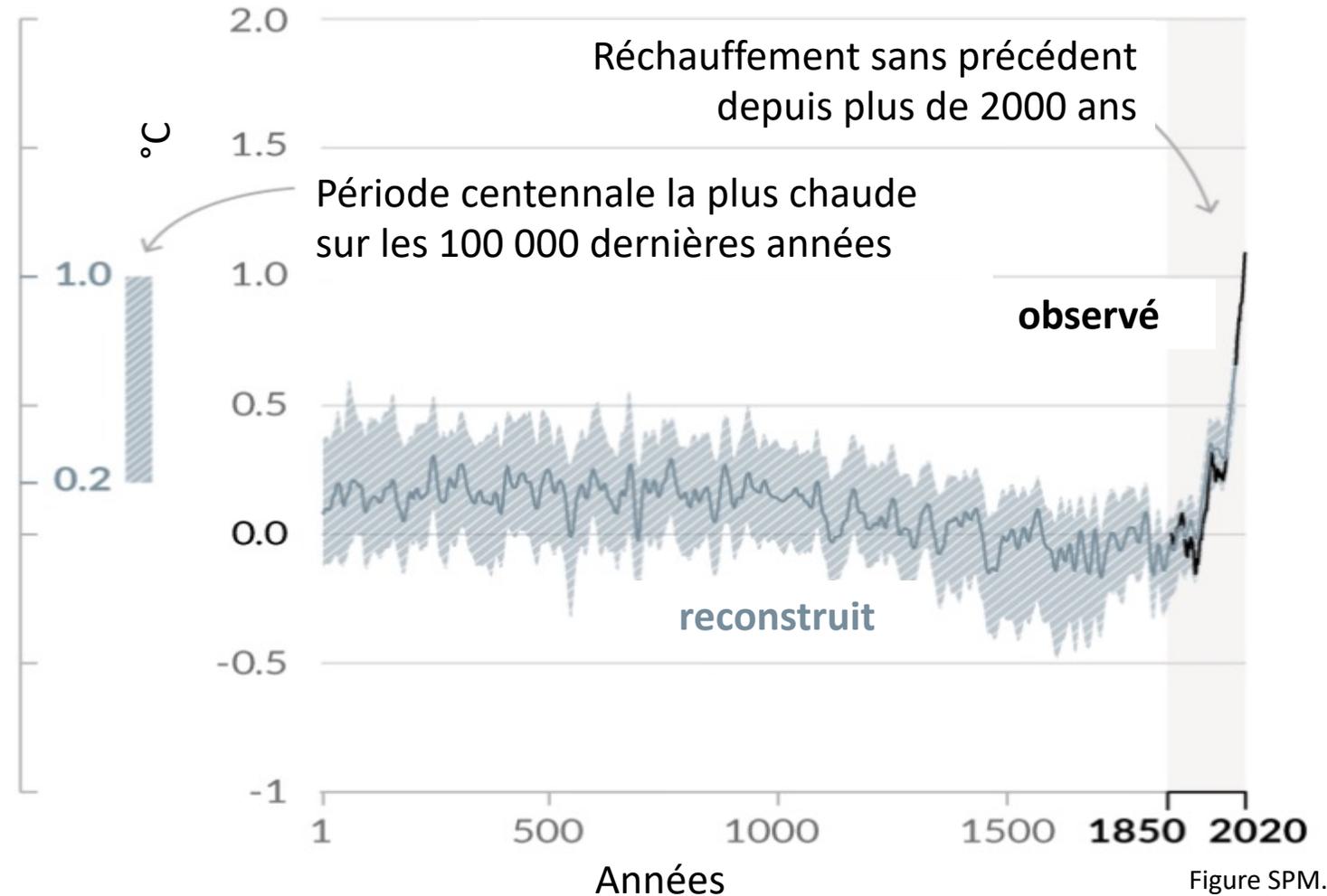
Un réchauffement sans précédent...



Changement de température globale
reconstruit (1-2000) et **observé** (1850-2020)

❖ Les changements récents dans le climat sont globaux, rapides et ils s'intensifient

❖ Ils sont sans précédents depuis plusieurs millénaires

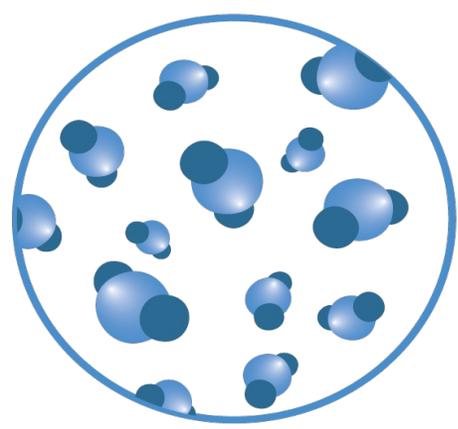




Le monde du sans-précédent depuis...

Nous vivons une rupture à l'échelle de l'espèce humaine.

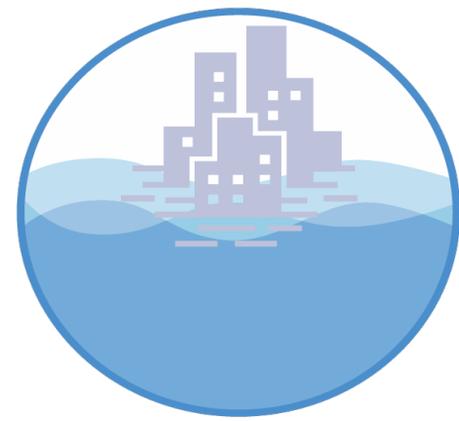
concentration
CO₂



la plus élevée
depuis au moins

2 millions d'années

montée du
niveau des mers



la plus rapide
depuis au moins

3000 ans

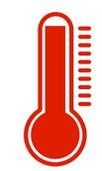
recul des
glaciers



sans précédent
depuis au moins

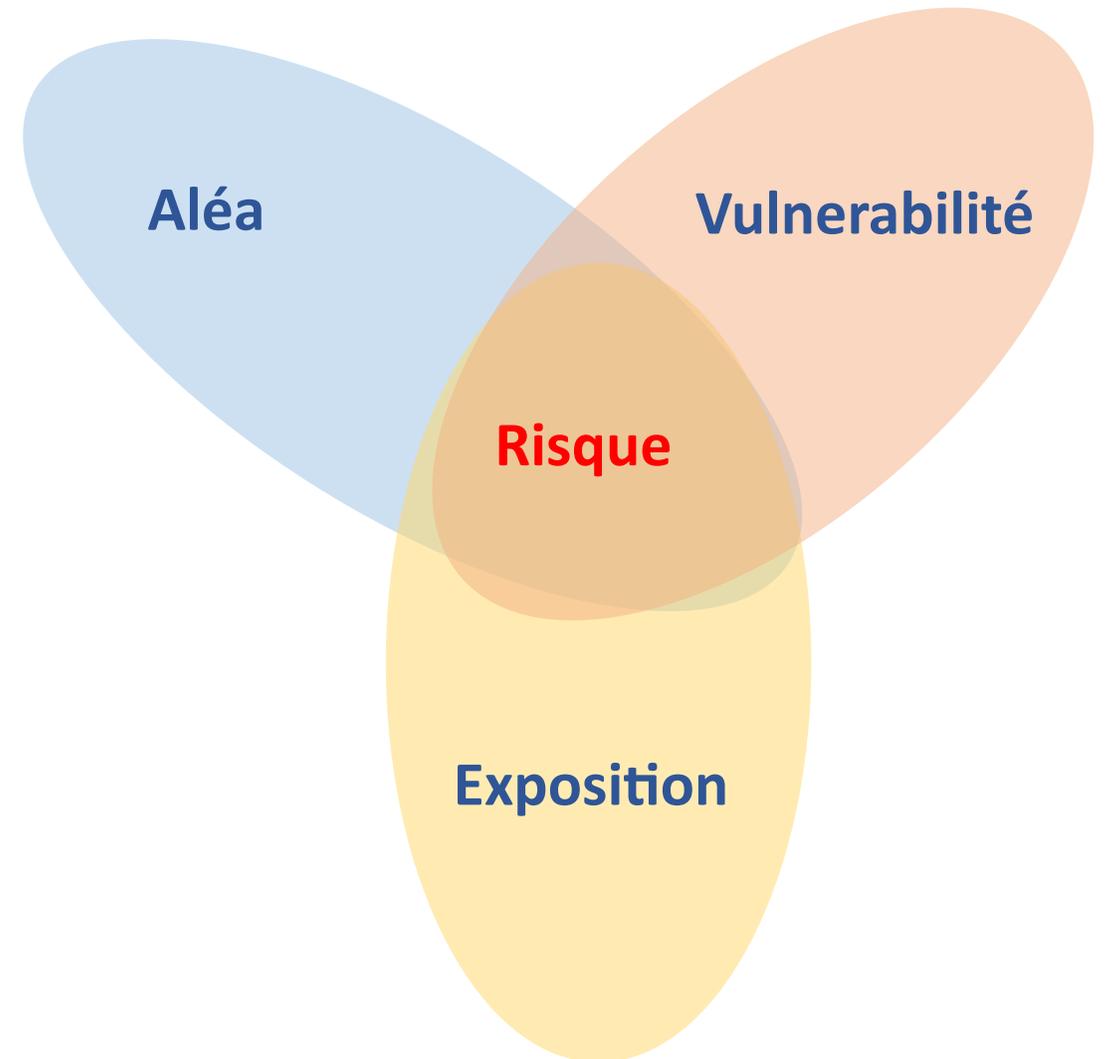
2000 ans

Réchauffement global
et niveau de température



Notion de risque

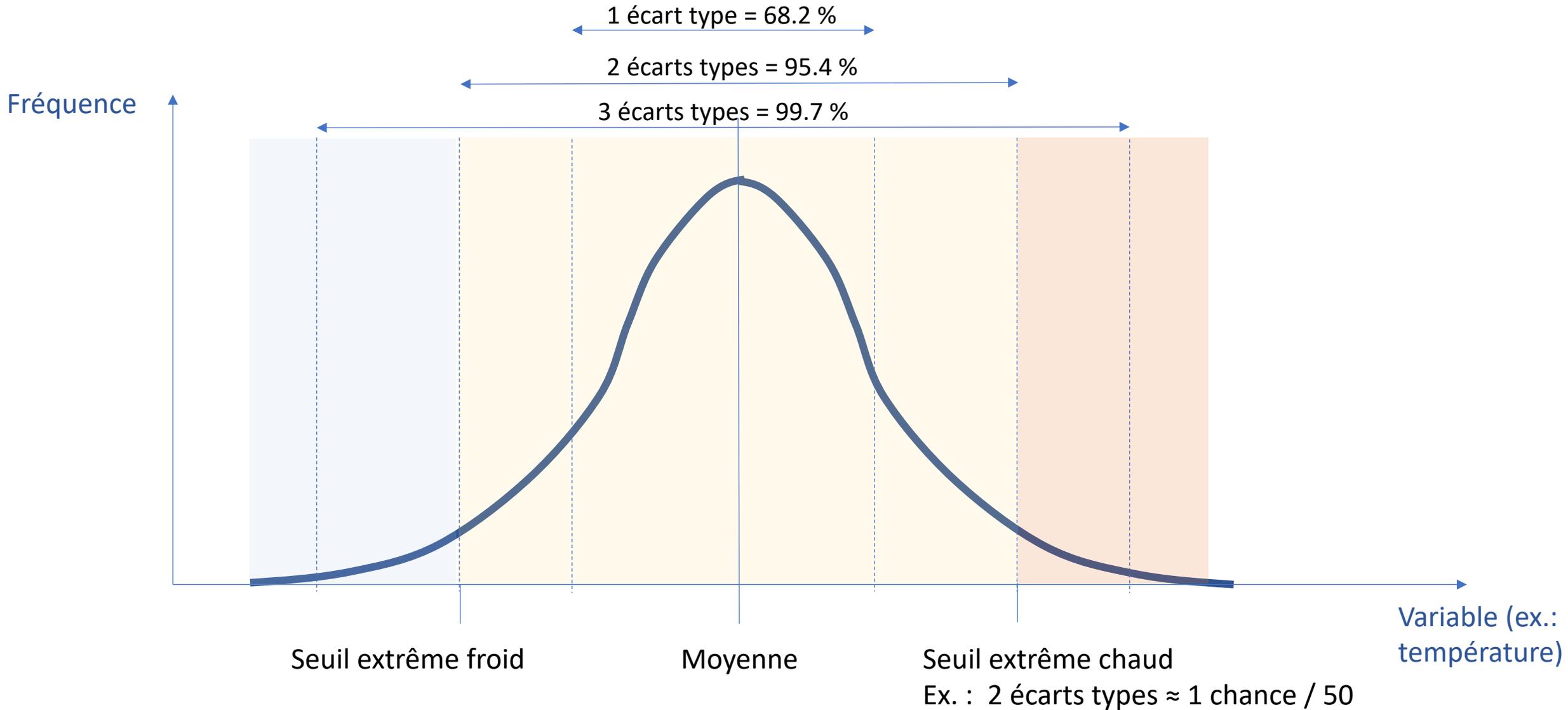
- ❖ Le risque, c'est la rencontre d'un aléa climatique pour un système exposé et vulnérable
- ❖ Exemple : tempête (aléa) près de maison proche des côtes (exposition) et qui n'est pas sur pilotis (vulnérable)



Plan du cours

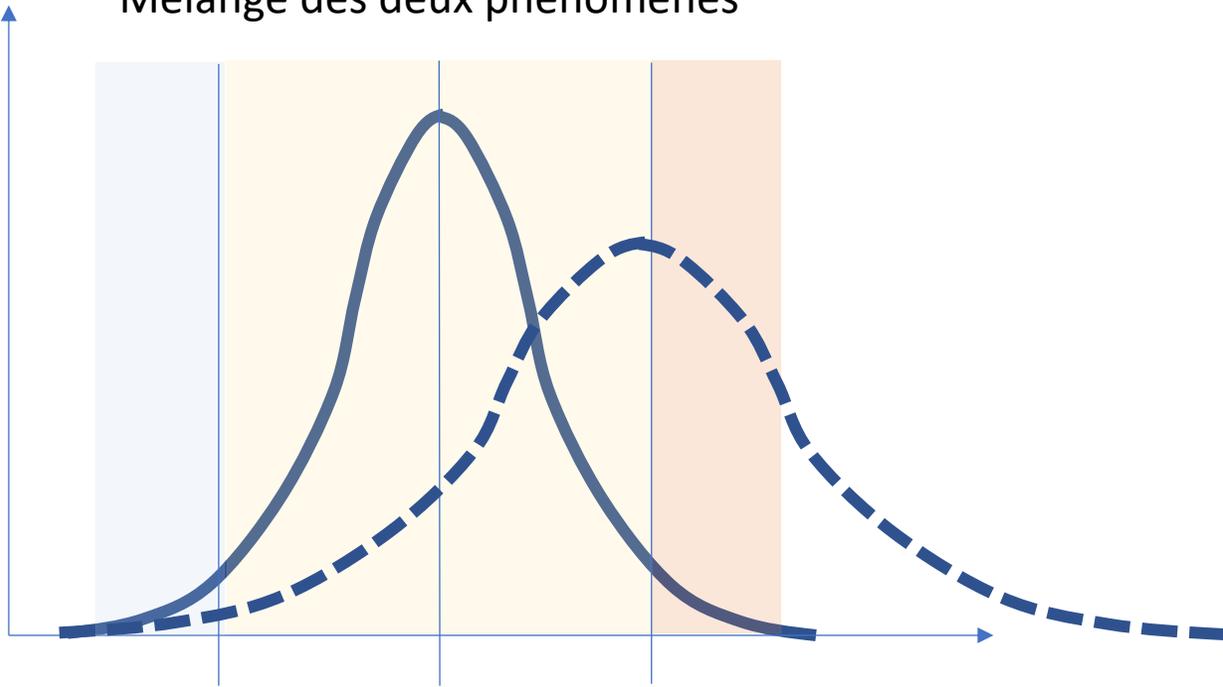
- ⇒ Objectif : comprendre la légitimité du GIEC et la variété des impacts liées aux changements climatiques dans différents milieux
 - a. Qu'est-ce que le GIEC ?
 - b. Impacts CC sur les extrêmes**
 - c. Impacts CC sur la cryosphère
 - d. Impacts CC sur littoraux et l'océan
 - e. Impact CC sur la santé

Definition des extremes

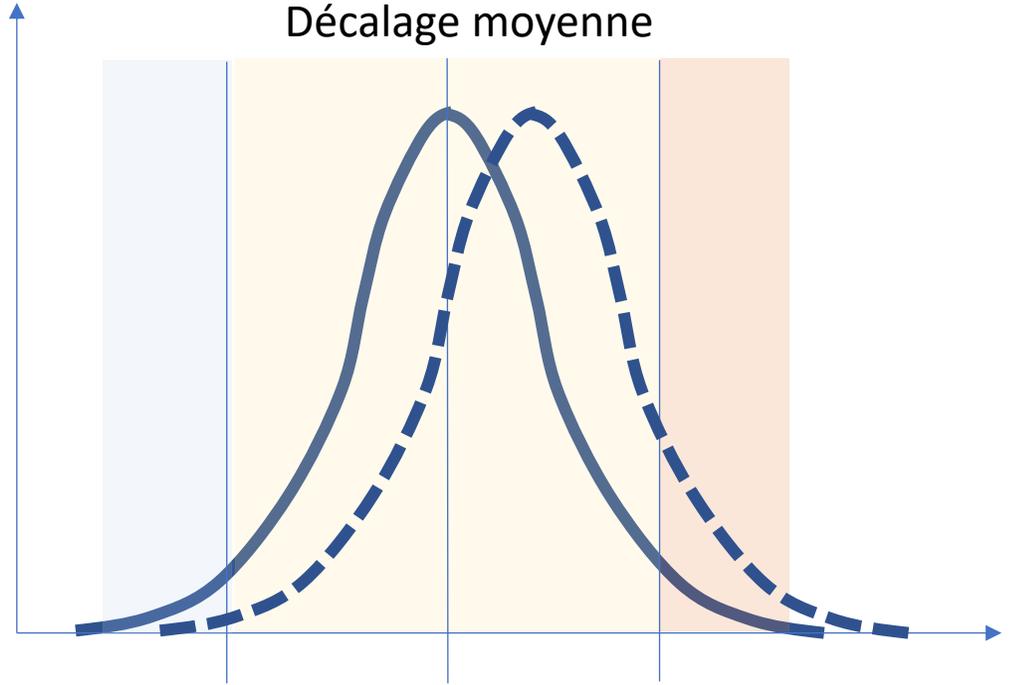


Changement des extrêmes

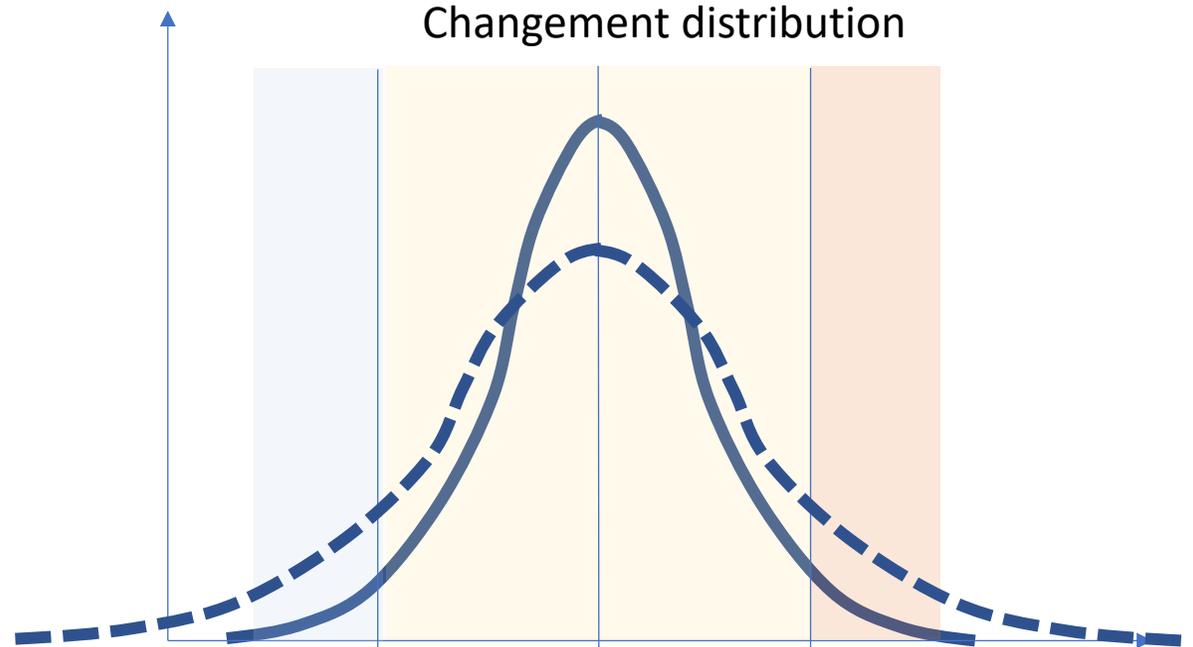
Mélange des deux phénomènes



Décalage moyenne



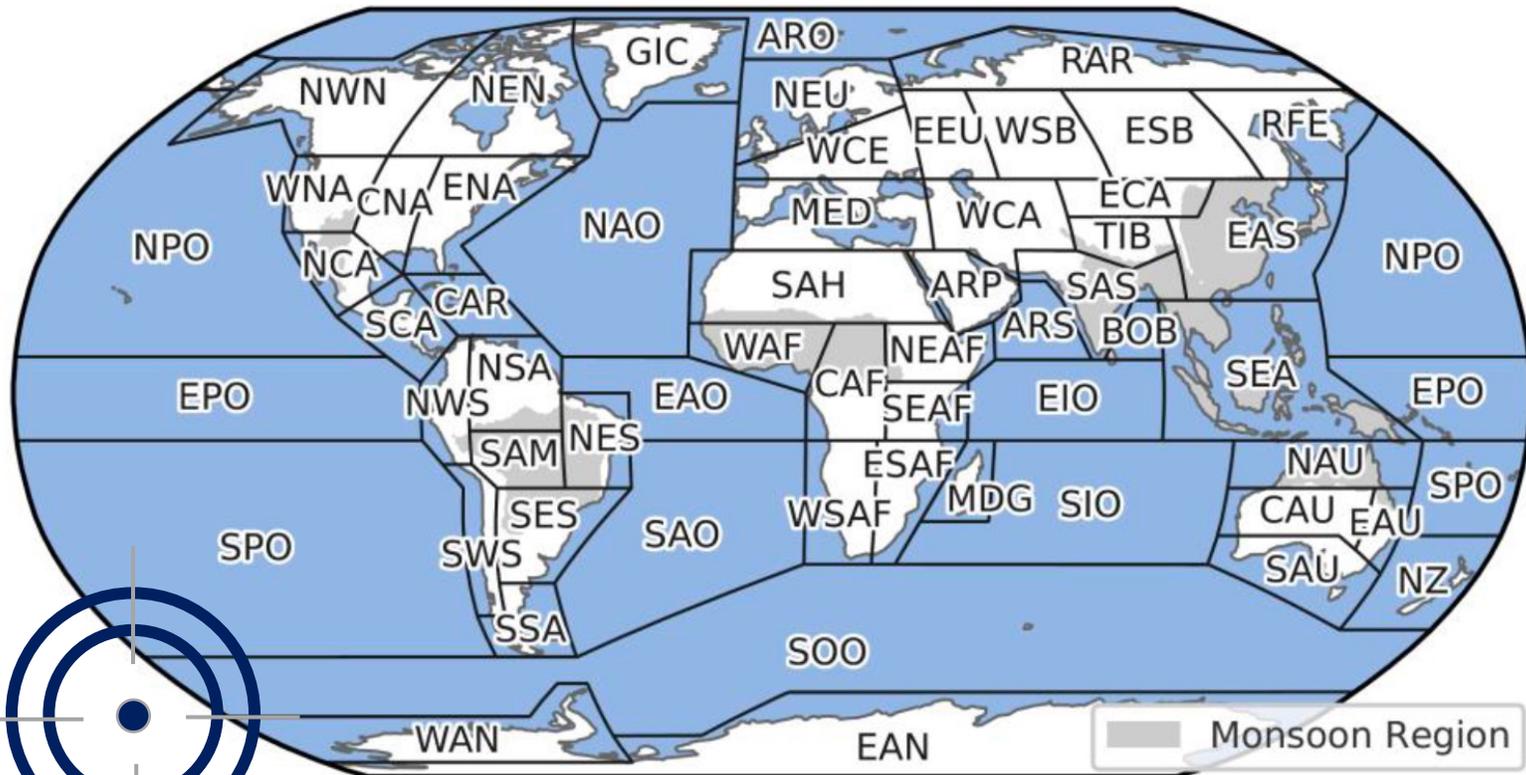
Changement distribution



Comment détecter un changement d'extrêmes

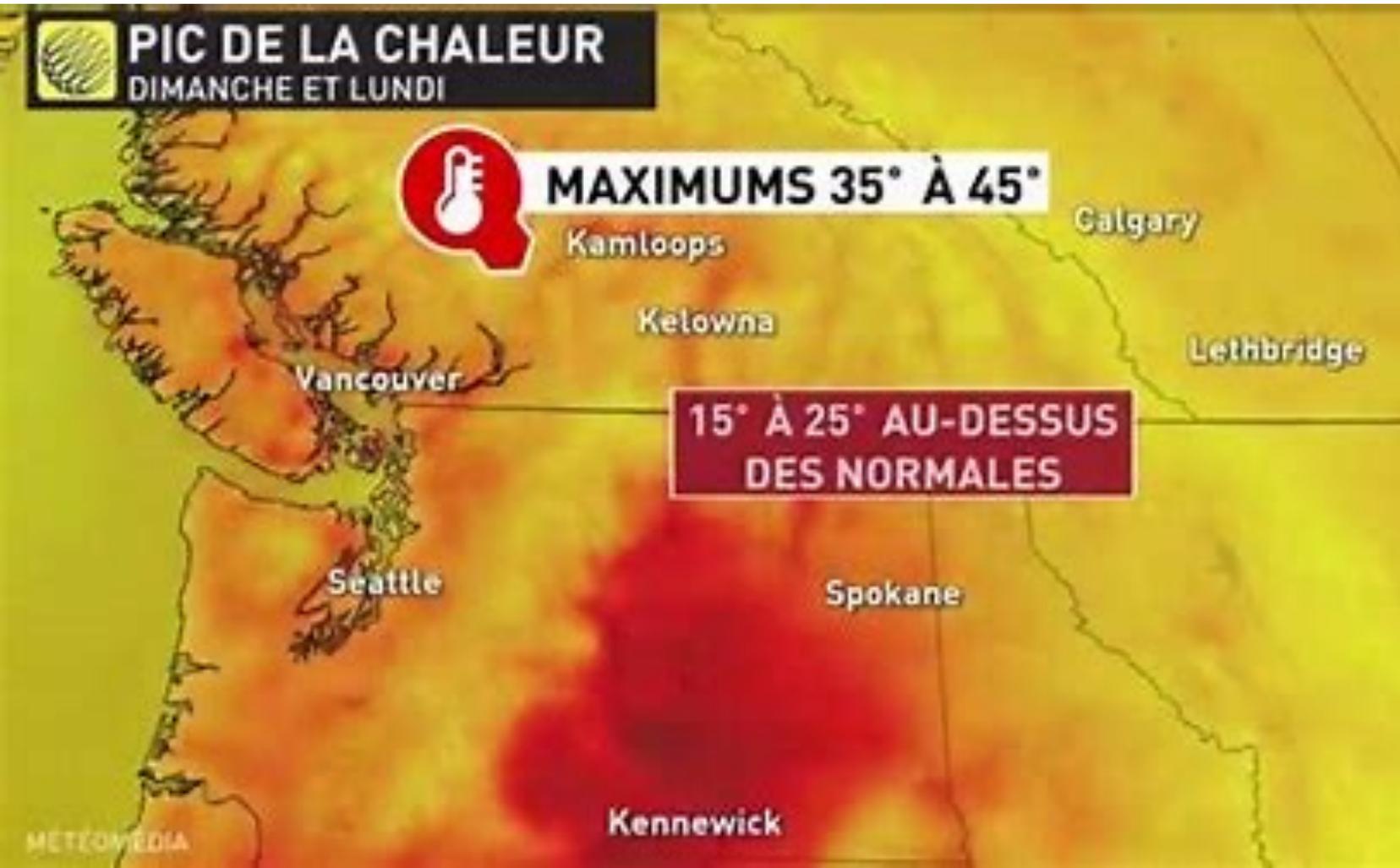
- ❖ On s'intéresse à des probabilités d'occurrence et au temps de retour d'événements extrêmes
- ❖ Par exemple
 - Une vague de chaleur (+ de 38°C sur 10 jours) avait une probabilité de 5% par été en 1900 = elle devait revenir tous les 20 ans en moyenne
 - Si sur les 20 dernières années, on en remarque 3, c'est qu'il y a un souci : la distribution a sans doute changé
 - On estime la nouvelle distribution à l'aide de modèle et on en déduit la probabilité de l'événement chaud
 - On compare les deux probabilités = $1/20$ vs $1/7$ => la vague de chaleur qui l'on a vécu n'est plus exceptionnelle, elle a donc été fortement influencé par le changement climatique en cours.
- ❖ Implications concernant les responsabilités en cas de sinistre

Echelles régionales

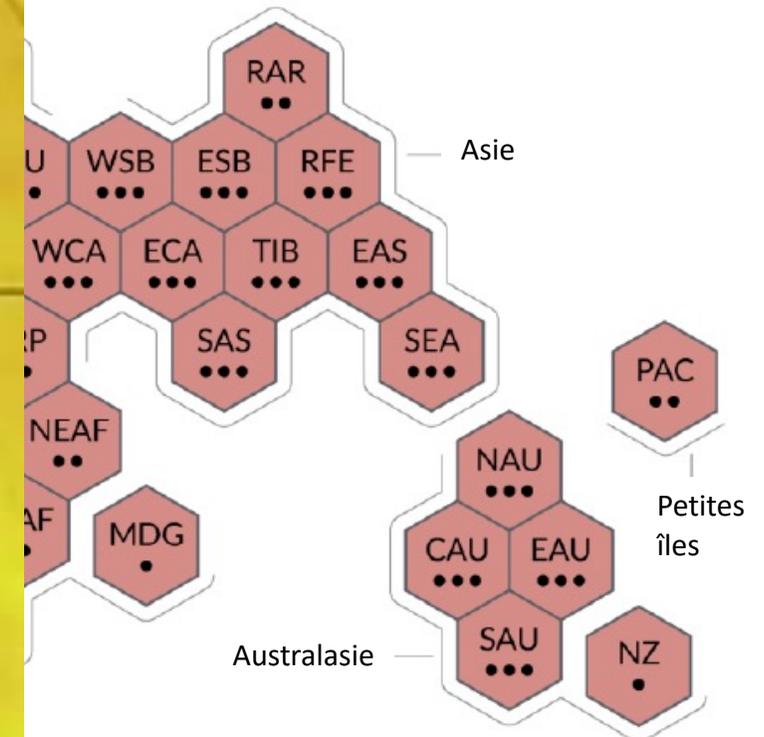


- ▶ Nécessaire pour les décisions relatives à la gestion de risques et à l'adaptation
- ▶ Un tiers du rapport du GIEC est consacré aux informations climatiques régionales

- Le changement climatique affecte déjà chaque région habitée du globe
- L'influence anthropique contribue à de nombreux changements de météo et d'extrêmes



s extrêmes chauds et niveau de
angements observés



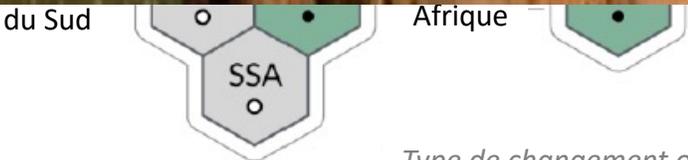
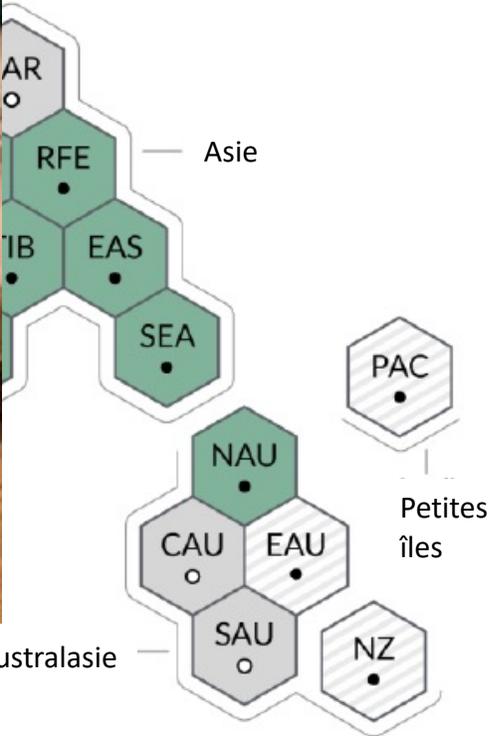
observé depuis 1950

Figure SPM.3

- Le changement climatique affecte déjà chaque région habitée du globe
- L'influence anthropique contribue à de nombreux changements de météo et



Synthèse des changements observés dans les précipitations extrêmes et changements observés



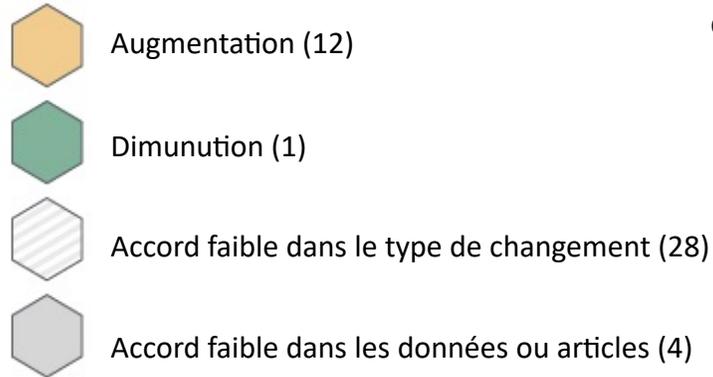
limités
nités

Type de changement observé depuis 1950

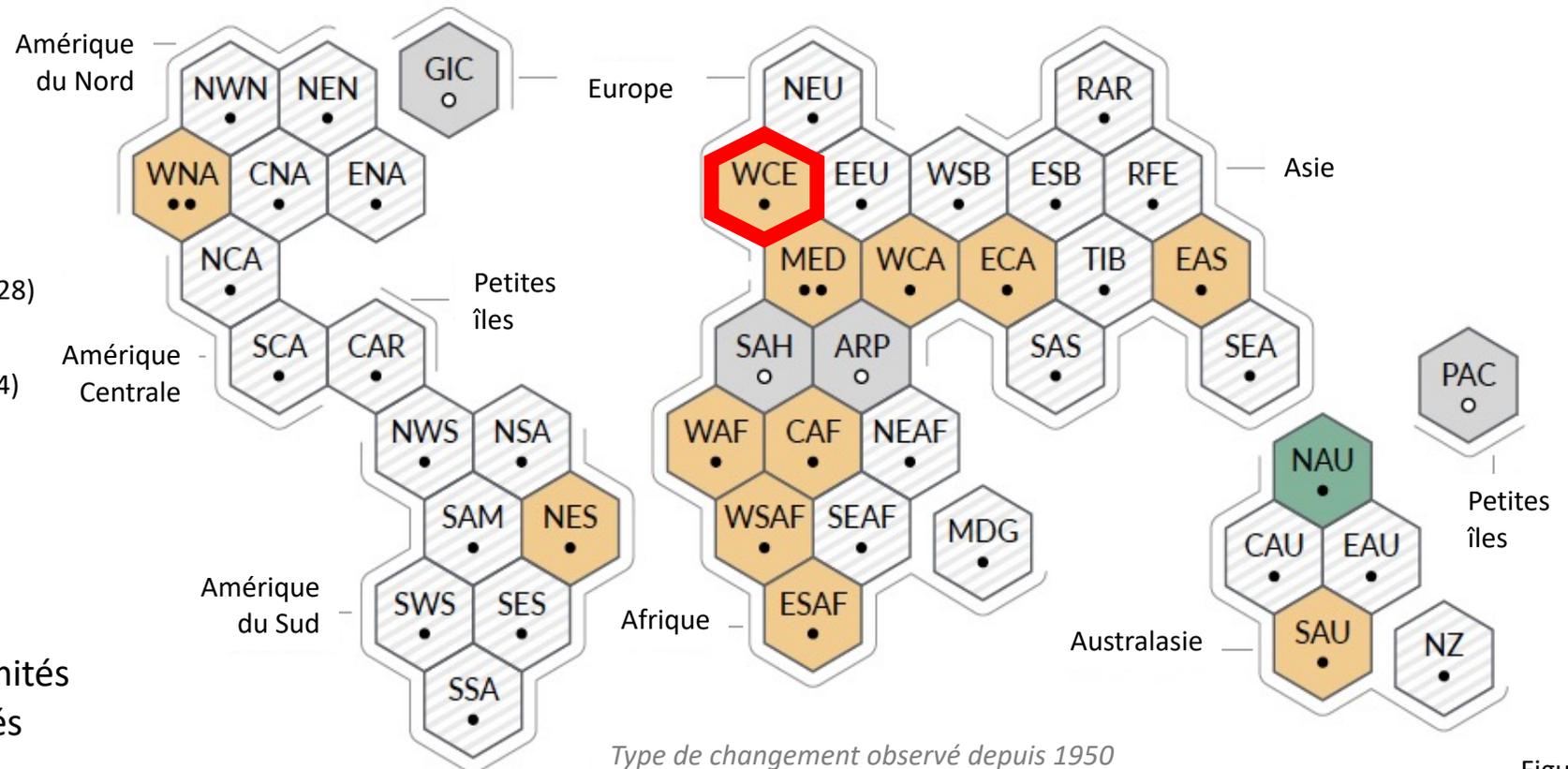
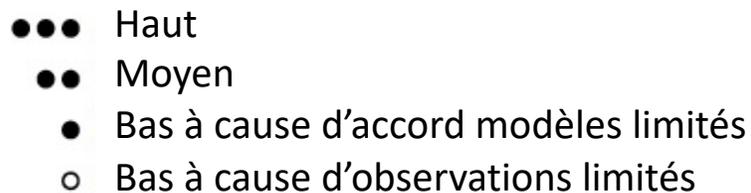
- Le changement climatique affecte déjà chaque région habitée du globe
- L'influence anthropique contribue à de nombreux changements de météo et d'extrêmes

Synthèse des changements observés pour les sécheresses et niveau de confiance de la contribution humaine aux changements observés

Type des changements observés dans les **sécheresses**



Confiance dans la contribution anthropique aux changements observés



Extrêmes climatiques déjà +probables et +intenses dus à l'influence humaine 1.1-1.2°C de réchauffement = *avant-gout* d'un climat futur très impactant



Chaleur extrême (canicules terrestres et marines)

3x plus probable
Et plus intense



Fortes précipitations

30 % plus probable
Et plus intenses



Sécheresse

Augmentation dans
certaines régions (+70%
subtropicales)

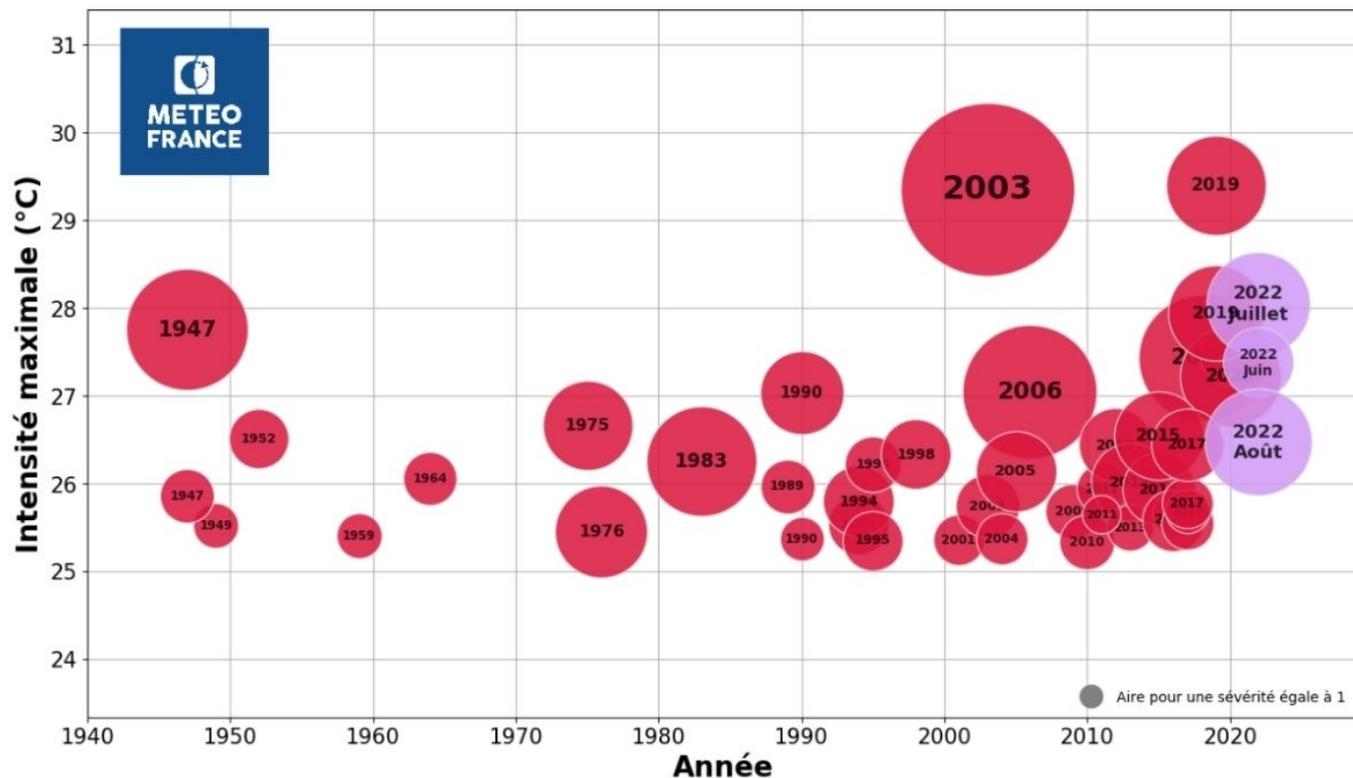


Conditions météorologiques propices aux incendies

plus fréquentes

Les vagues de chaleur en France avec 1.1°C de réchauffement global mais ~1.8°C à l'échelle France, ont été multipliées par 4 en 50 ans

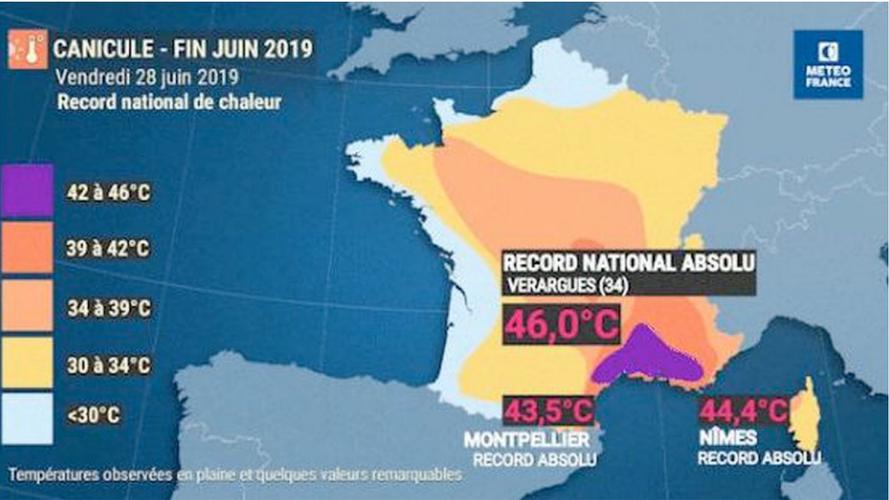
**Vagues de chaleur observées en France
1947 à 2022 : 46 épisodes identifiés**



23 épisodes de canicule enregistrés en France sur 2000-2021 (*en 21 ans*) contre seulement 17 cas sur 1947-1999 (*en 53 ans*).

+3 en 2022...!!

La canicule de Juin 2019: mise en contexte en climat se réchauffant



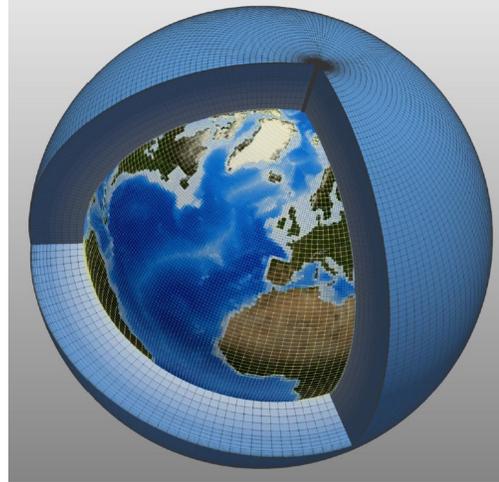
• Probabilité de l'aléa:

- +1.1°C (aujourd'hui): 1 sur 50
- +1.5°C (avant 2040): 1 sur 10
- +2°C (vers 2050-60): 1 sur 4

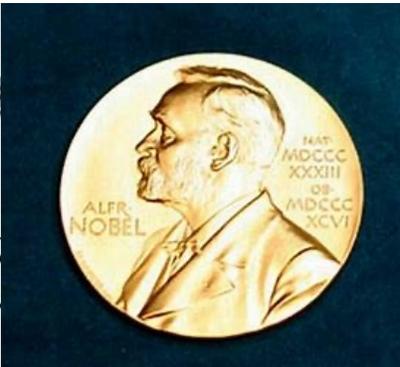
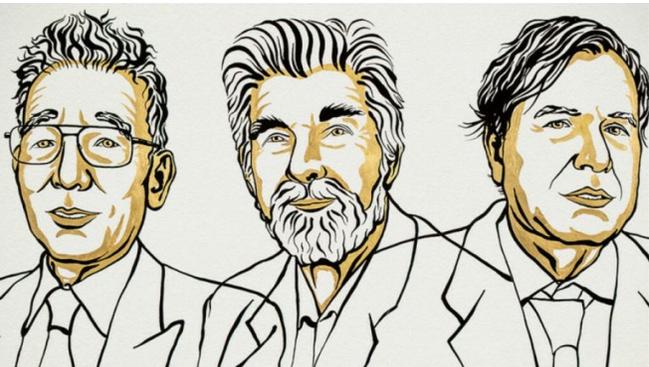
[Source Météo-France].

• et des intensités proches de 50°C possible à des niveaux de réchauffement global « bas » (Augmentation de la probabilité d'occurrence d'événements inédits)

Courtesy of Christophe Cassou

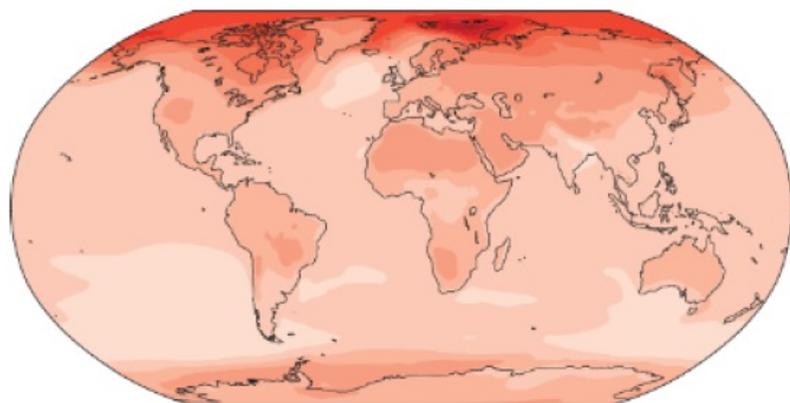


B. Futurs possibles

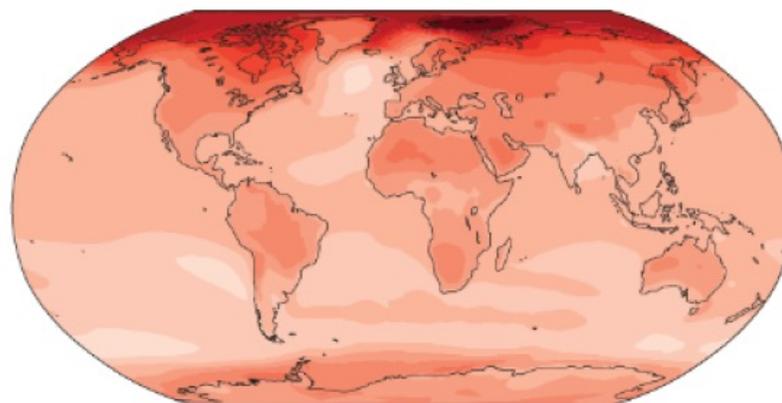


Chaque $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ de plus en température globale amène plus d'extrêmes de température, précipitations et sécheresses

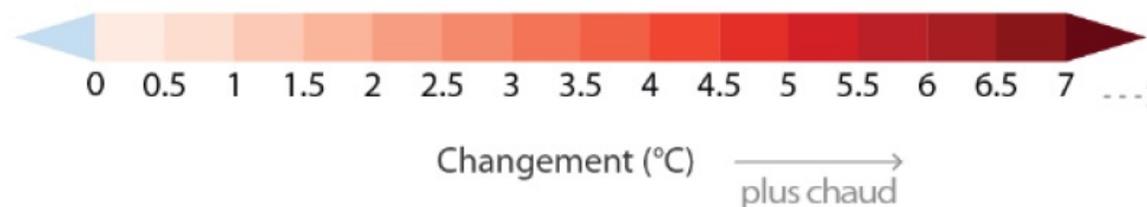
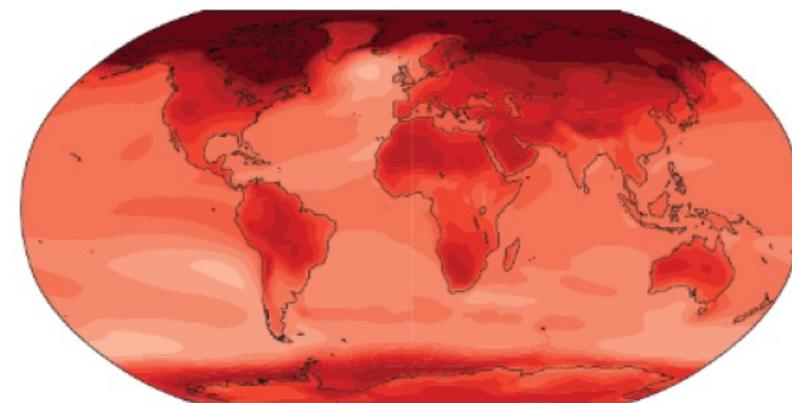
Changement simulé pour un réchauffement mondial de 1.5°C



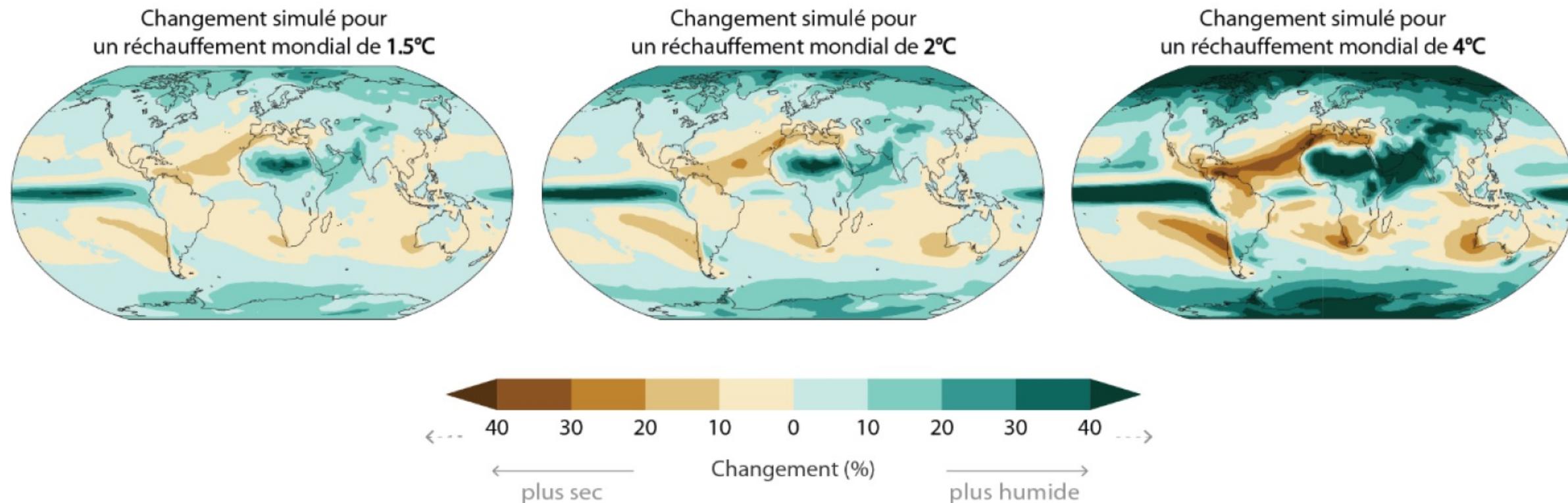
Changement simulé pour un réchauffement mondial de 2°C



Changement simulé pour un réchauffement mondial de 4°C



Chaque ½°C de plus en température globale amène plus d'extrêmes de température, précipitations et sécheresses

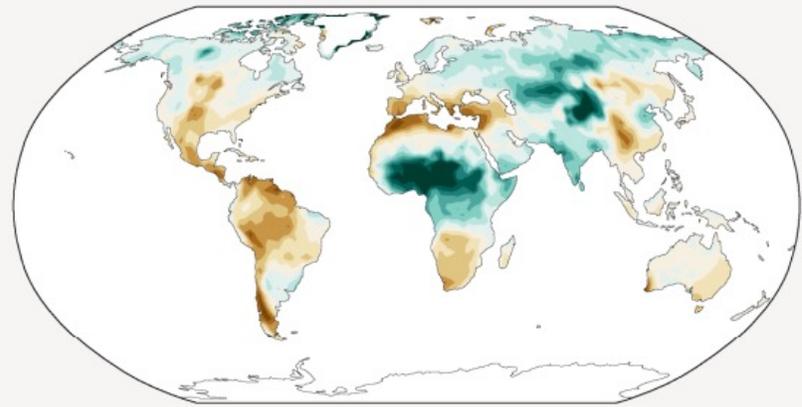


Chaque ½°C d'incrément au changement global amène plus d'extrêmes de températures, précipitations et humidité des sols

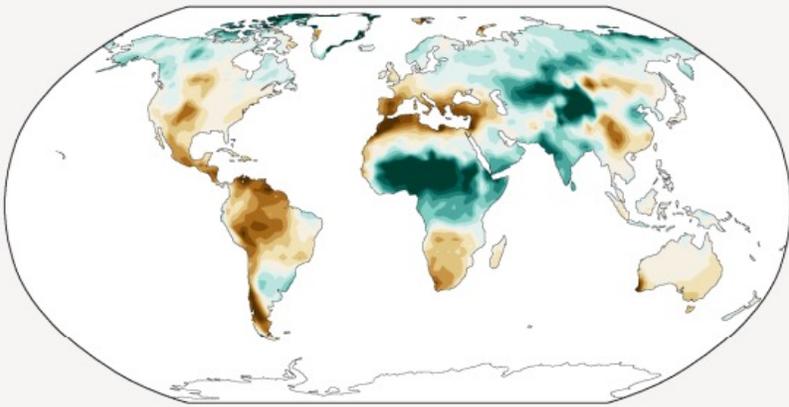
d) Annual mean total column soil moisture change (standard deviation)

Across warming levels, changes in soil moisture largely follow changes in precipitation but also show some differences due to the influence of evapotranspiration.

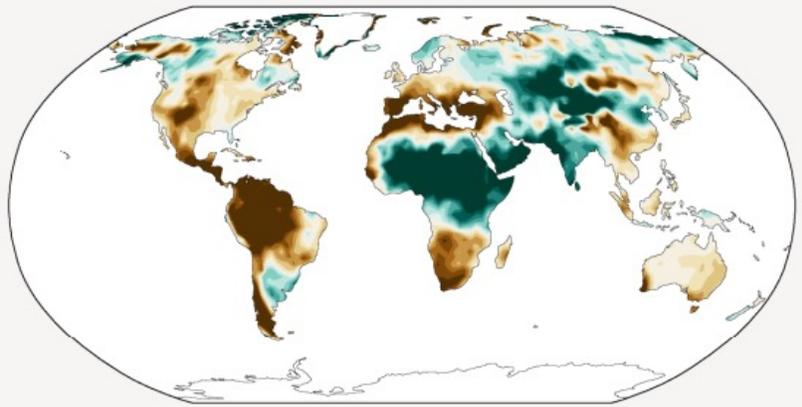
Simulated change at 1.5 °C global warming



Simulated change at 2 °C global warming



Simulated change at 4 °C global warming

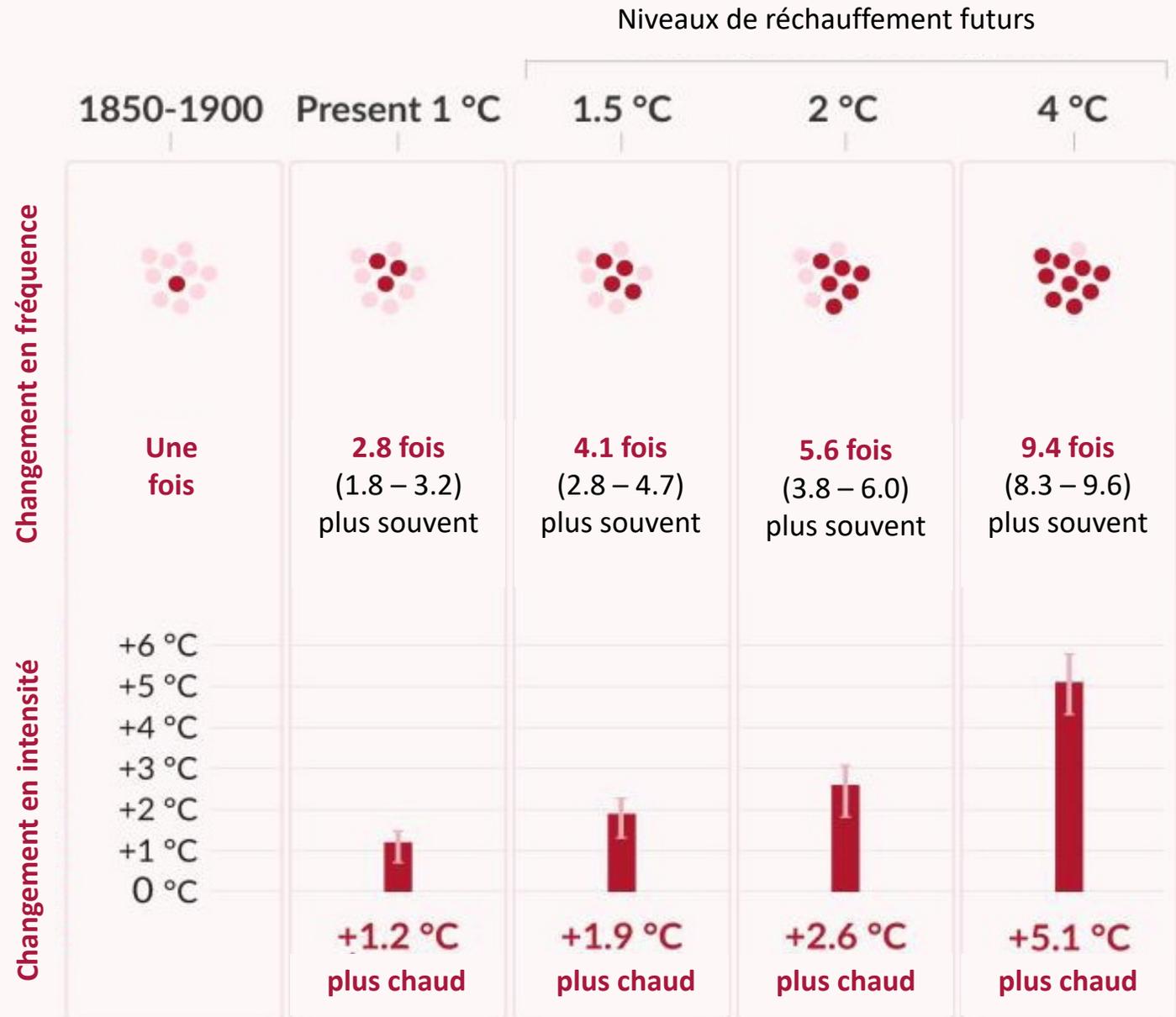


Relatively small absolute changes may appear large when expressed in units of standard deviation in dry regions with little interannual variability in baseline conditions



Changement d'extrêmes

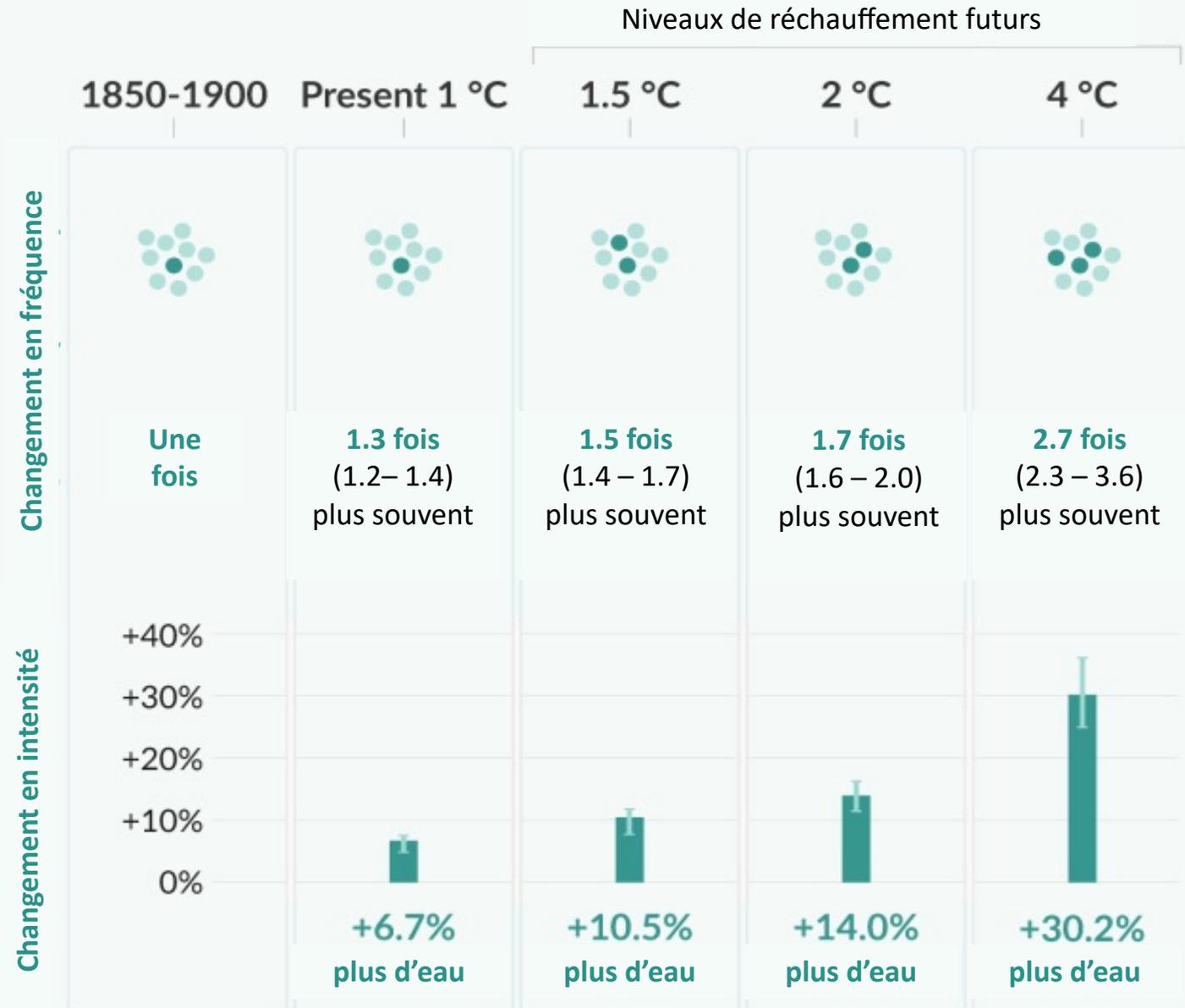
Changement **d'extrêmes de température** ayant lieux tous les 10 ans dans un climat pré-industriel



Changement d'extrêmes



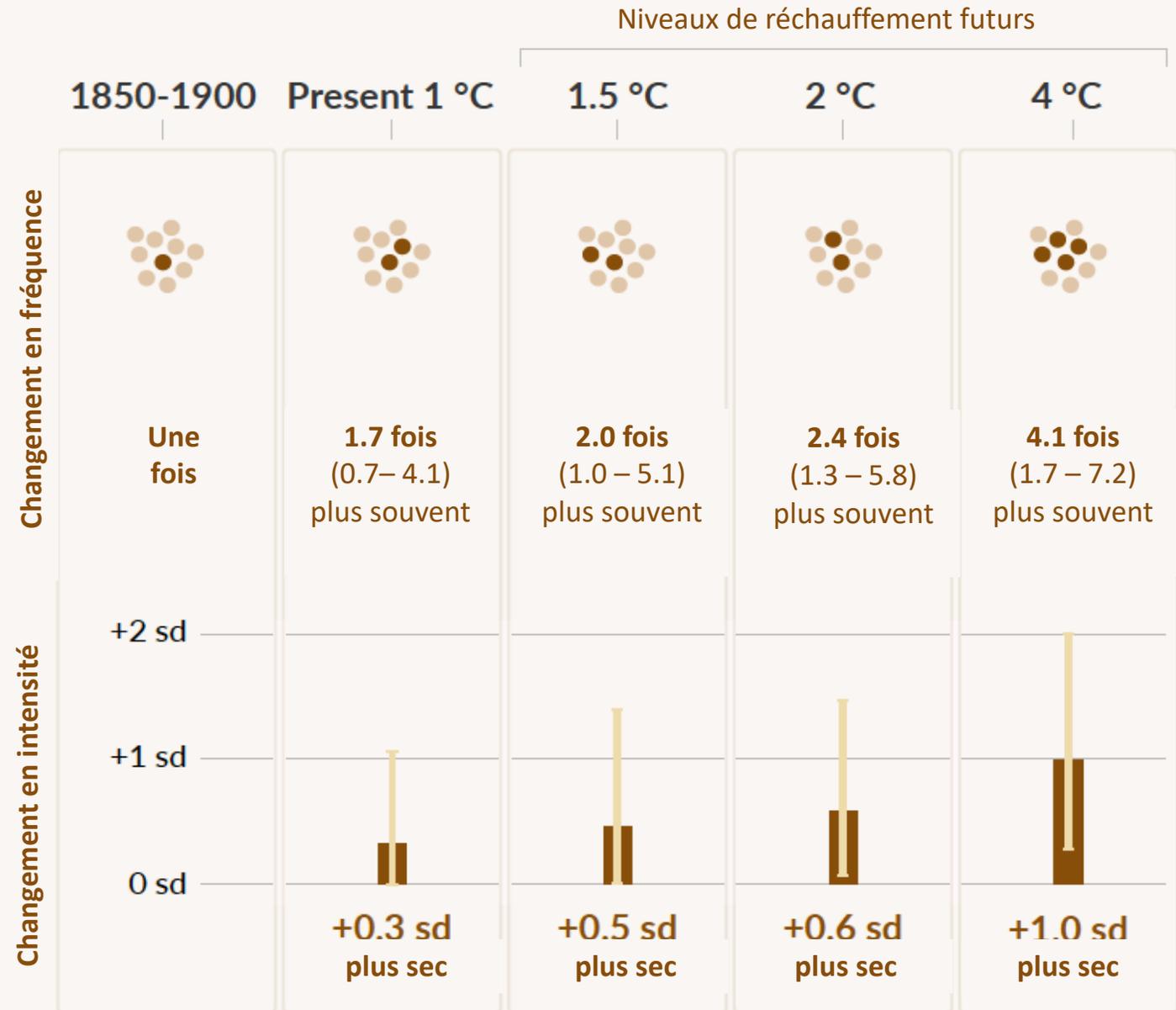
Changement d'extrêmes de précipitation ayant lieu tous les 10 ans dans un climat pré-industriel



Changement d'extrêmes

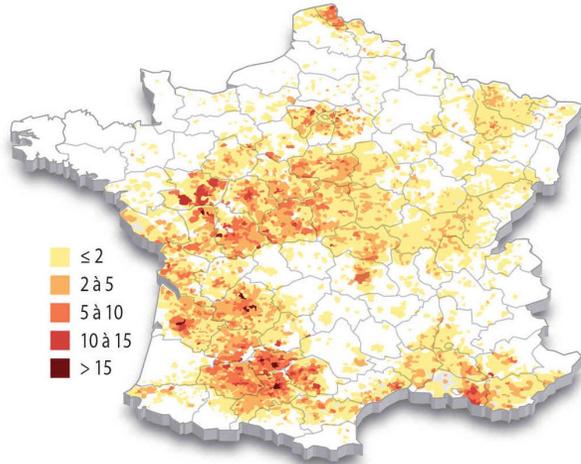


Changement d'extrêmes de sécheresses ayant lieu tous les 10 ans dans un climat pré-industriel



Extrêmes secs

Sécheresse : danger à venir en sous-sol

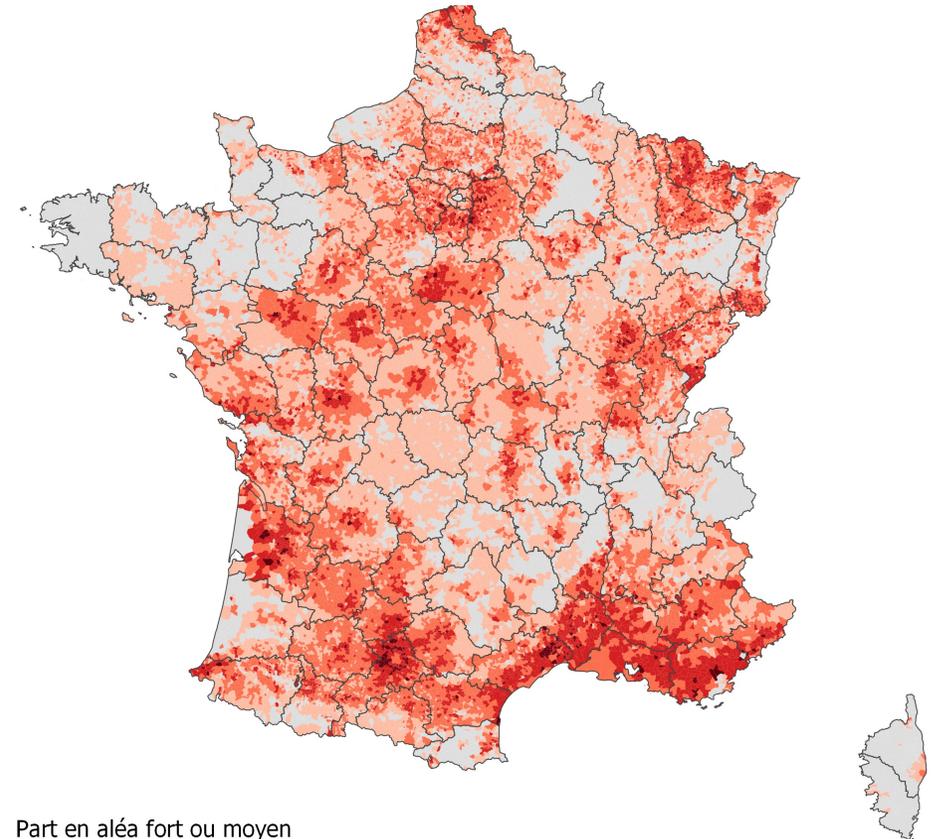


Sécheresse. Le nombre de reconnaissances de catastrophes naturelles par commune pour la période 1982-2019.



Le risque argile. La carte de France des sinistres dus à la sécheresse (à gauche) suit les territoires où le gonflement et la rétraction de l'argile provoquent des désordres dans les structures des bâtiments (à droite). Près de 80 départements sont et seront concernés.

Exposition au retrait ou gonflement des argiles
 ■ Exposition moyenne
 ■ Exposition forte



Part en aléa fort ou moyen

Part des maisons construites après 1976 exposées (en %)

■ 75 - 100

■ 50 - 75

■ 25 - 50

■ 1 - 25

■ Pas de maison exposée

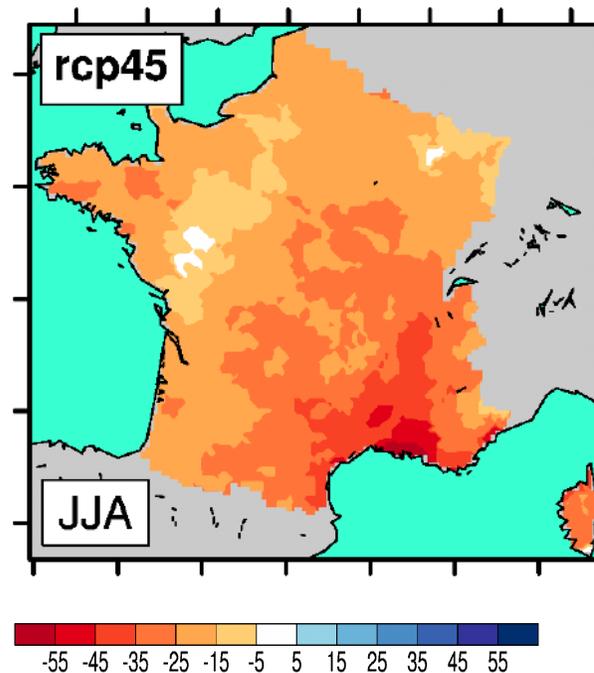


Sources : BRGM, 2019 ; Fideli, 2017. Traitements : SDES, 2021

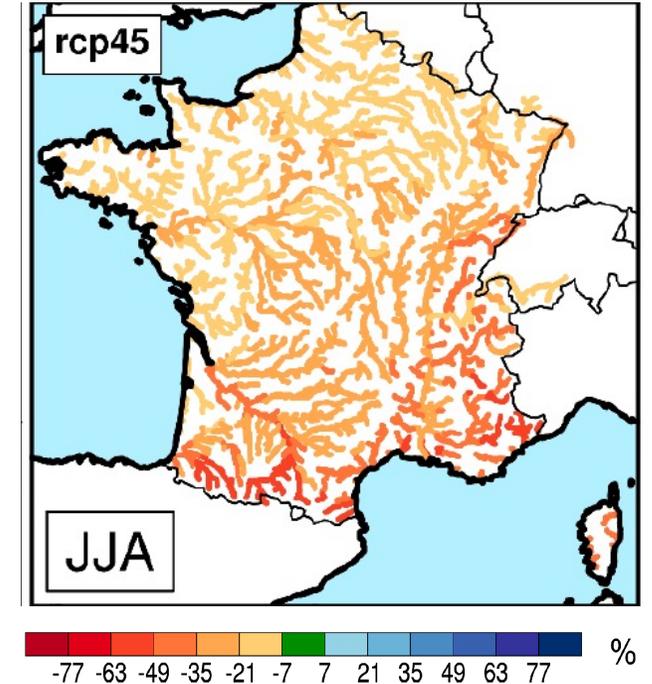
Les étés pour un réchauffement de 3°C

- Baisse des précipitations estivales mais aussi la hausse de l'évaporation et évapotranspiration en climat plus chaud sont en grande partie responsable des changements de débits
- Conséquences sur les ressources en eau: tension sur agriculture, énergie, eau potable, etc. *de facto* systémique.

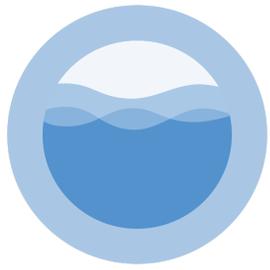
Changements de précipitation



Changements de débits

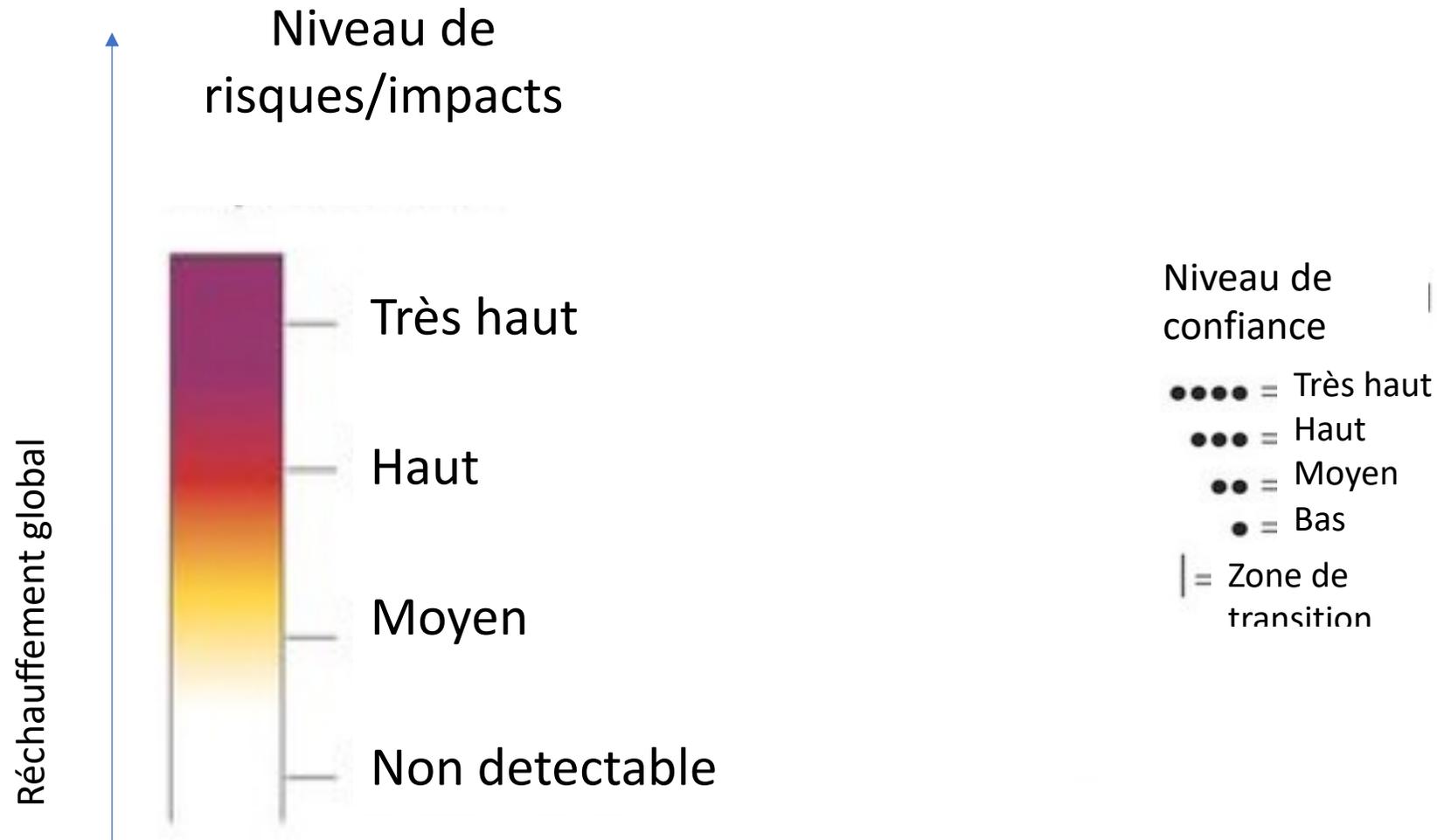


maladaptation (actions peu résilientes, mauvaise prise en compte du partage des ressources – prb à dimensions multiples etc..)

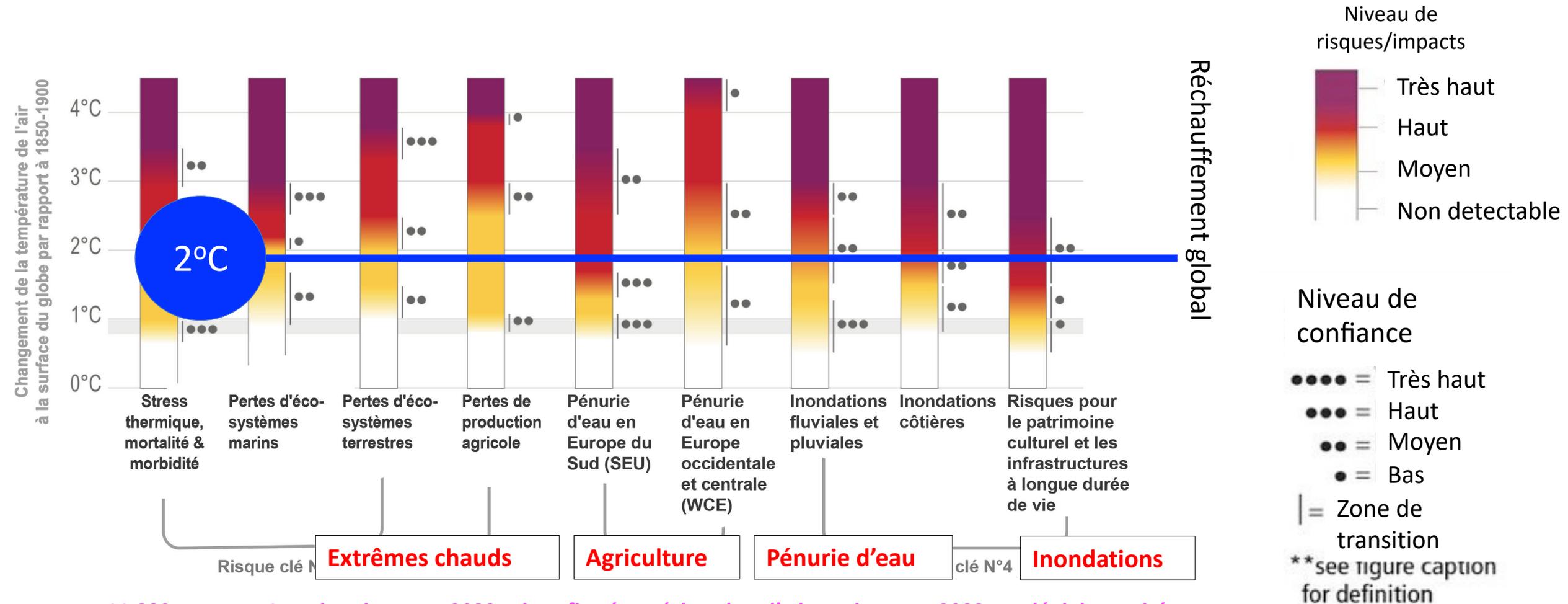


- La fréquence des vagues de chaleur marine a **doublé depuis 1982** et leur intensité augmente. Ils devraient encore augmenter en fréquence, en durée, en étendue et en intensité.
- Par rapport à 1850-1900,
 - leur fréquence sera **20 fois plus élevée** pour un monde 2°C plus chaud.
 - Ils se produiraient **50 fois plus souvent** si les émissions continuent d'augmenter fortement.
- Ces vagues de chaleur marines sont particulièrement dommageables pour les coraux d'eau chaude, les forêts de laminaires et pour la répartition de la vie marine.

Evaluation des risques : diagramme de “*Burning Amber*”

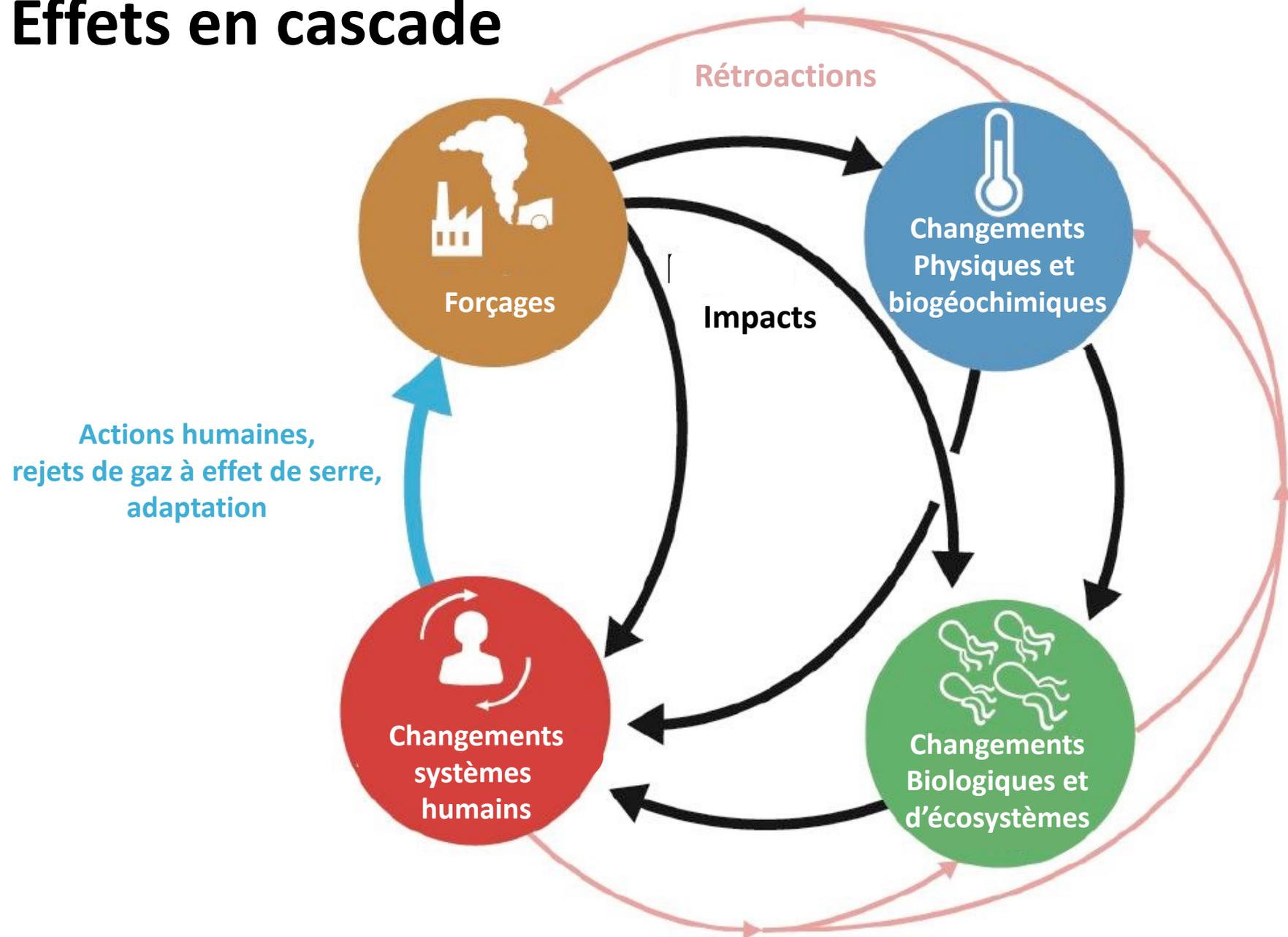


Risques clefs en Europe



11.000 morts en 1^{ère} estimation pour 2022 : si confirmé, un échec dans l'adaptation post-2003, un déni de gravité pour expliquer l'absence totale de communication institutionnelle

Effets en cascade

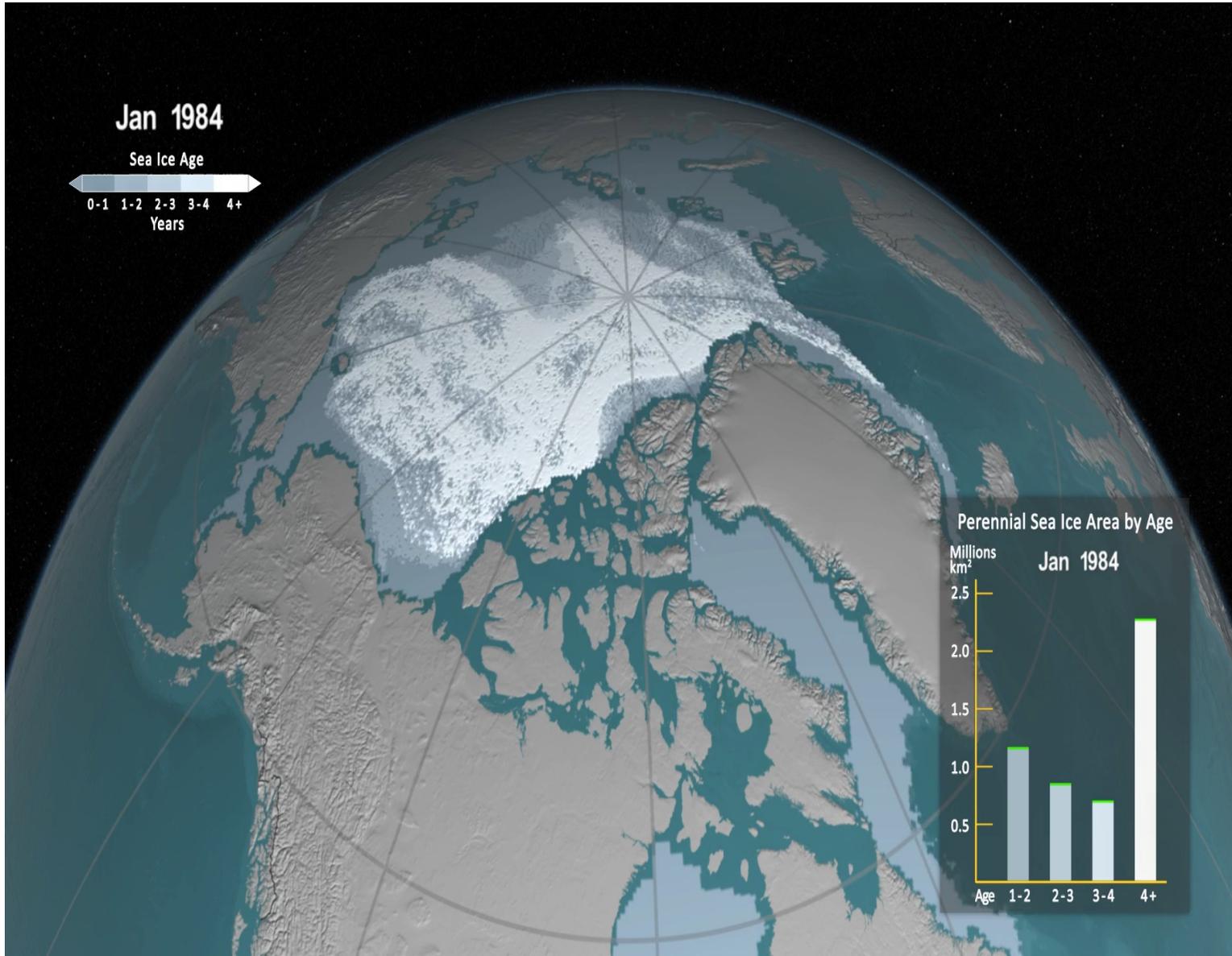


Plan du cours

- ⇒ Objectif : comprendre la légitimité du GIEC et la variété des impacts liées aux changements climatiques dans différents milieux
 - a. Qu'est-ce que le GIEC ?
 - b. Impacts CC sur les extrêmes
 - c. Impacts CC sur la cryosphère**
 - d. Impacts CC sur littoraux et l'océan
 - e. Impact CC sur la santé



Changements dans les régions polaires



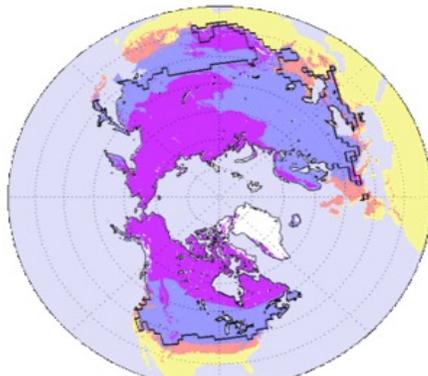


Changements dans les régions polaires

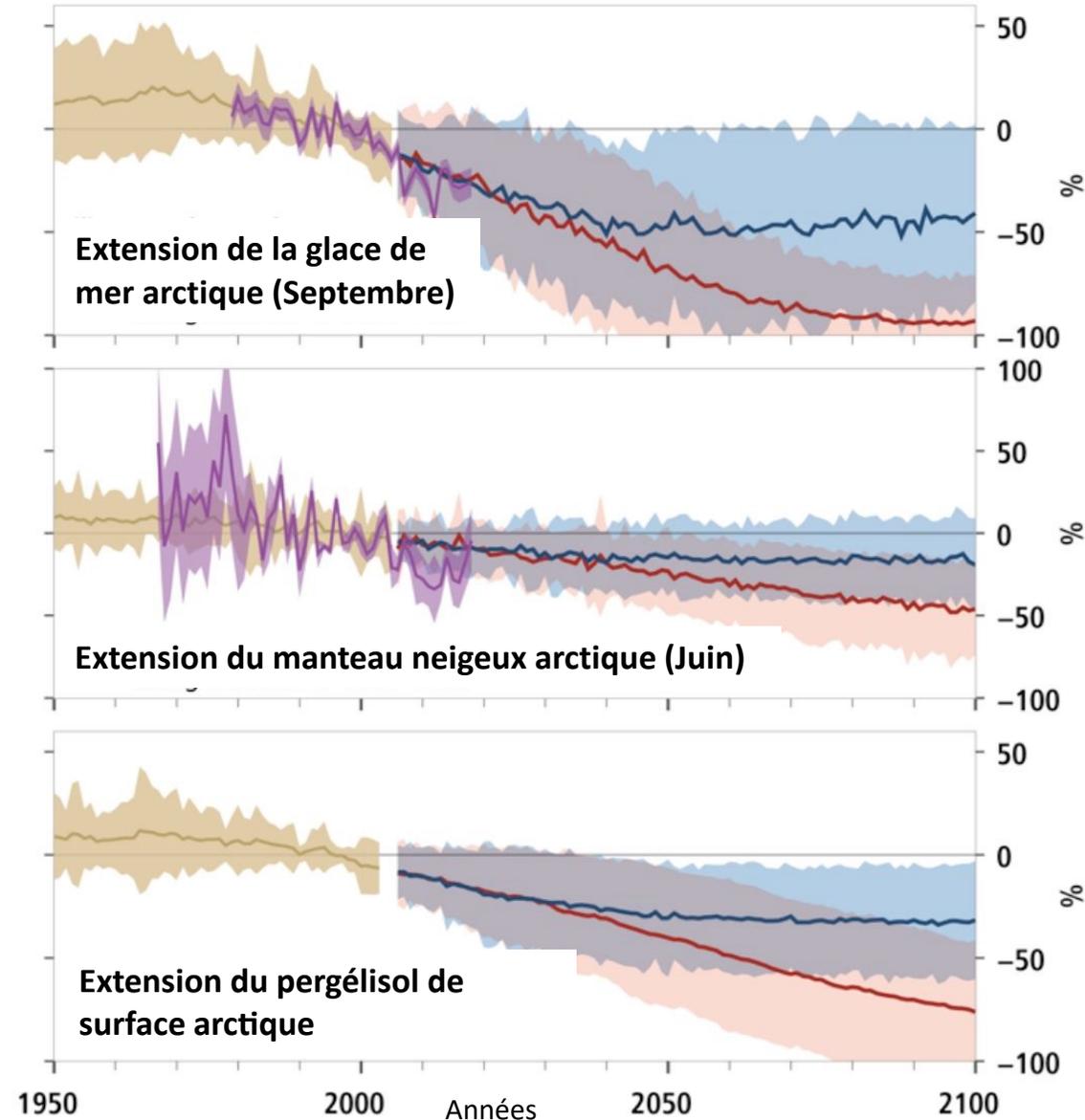
- La **banquise arctique** pourrait disparaître en été dès 2050
- Le **pergélisol** fond et se dégrade, avec le potentiel d'ajouter des gaz à effet de serre dans l'atmosphère
- Dans le cas d'un réchauffement de 2°C, ¼ du pergélisol de surface fondra d'ici 2100. Si les émissions continuent à croître, environ 70% pourrait être perdu



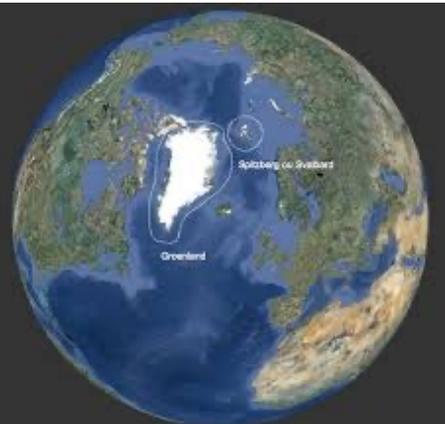
pergélisol



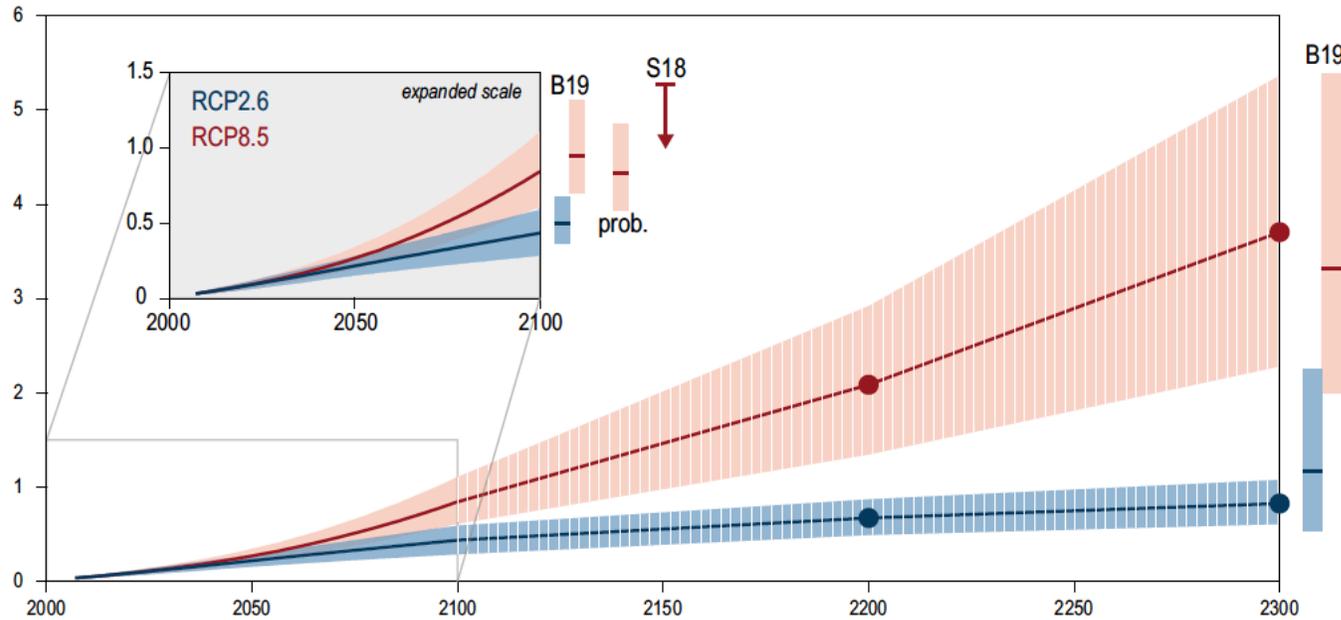
Extension pergélisol



Changement des calottes : impact sur le niveau marin



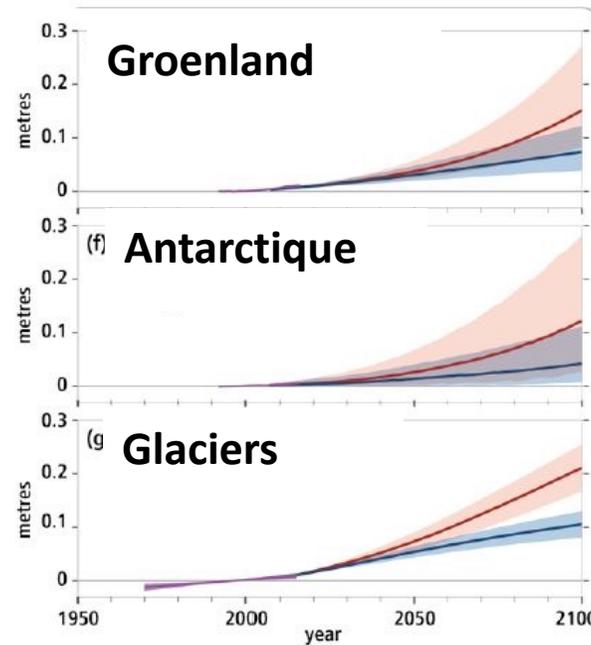
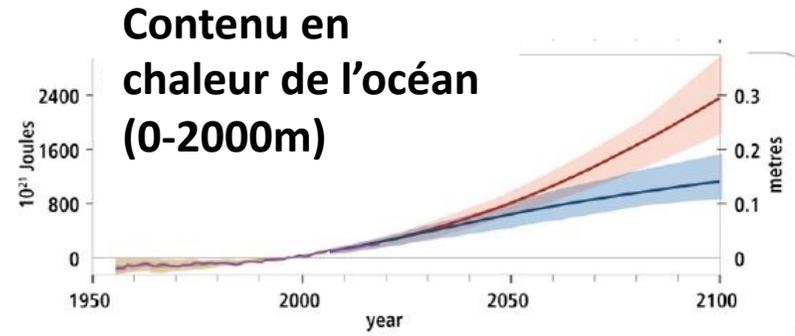
Changement niveau marin en mètres



- Plus de 600 millions d'habitants vivent sur des littoraux peu élevés
- De nombreuses villes très vulnérables (New York, Alexandrie, Miami...)

Sources de la hausse du niveau marin

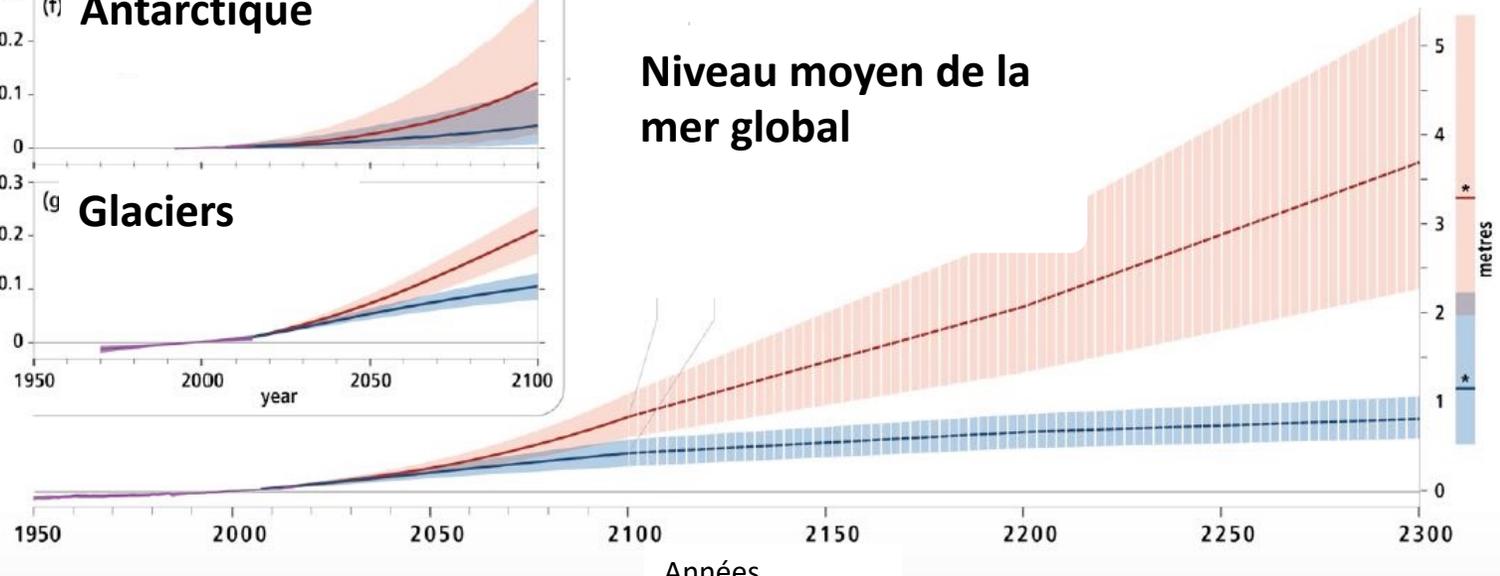
- Au cours du XXe siècle, le niveau moyen global de la mer a augmenté d'environ 15 cm.
- Le niveau de la mer augmente actuellement plus de deux fois plus rapidement qu'au cours du XXème siècle
- Cela va s'accélérer pour atteindre jusqu'à 1,10 m en 2100 si les émissions ne sont pas fortement réduites.



Changements observés et simulés, dans les projections, selon niveau d'émissions

- Historique
- Historique simulé
- Projections RCP2.6
- Projections RCP8.5

Niveau moyen de la mer global





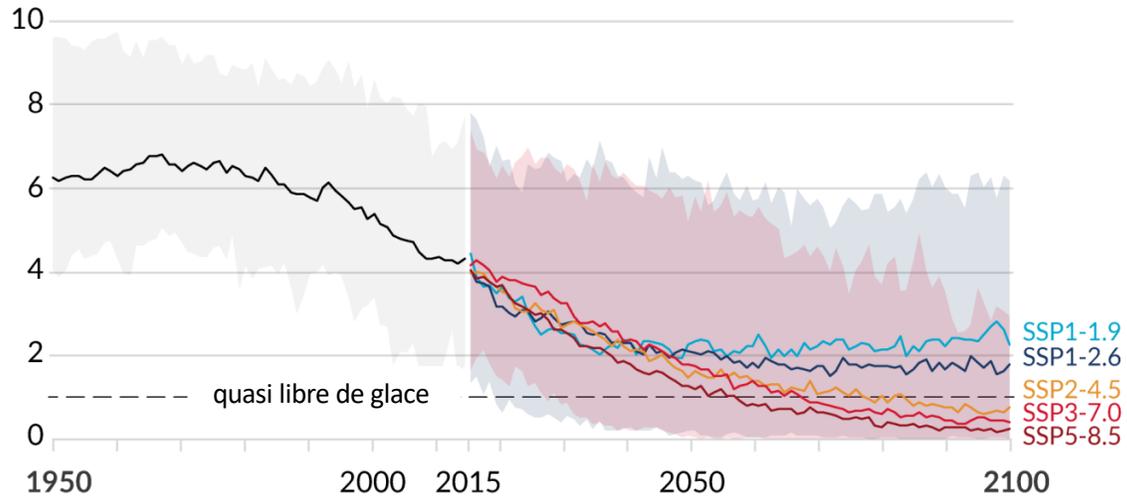
Hausse du niveau des mers et évènements extrêmes sur les côtes

- Les événements extrêmes du niveau de la mer deviendront plus fréquents.
- Au cours du siècle de nombreux littoraux seront exposés à des risques élevés de submersion marine, d'érosion côtière et de salinisation des sols.

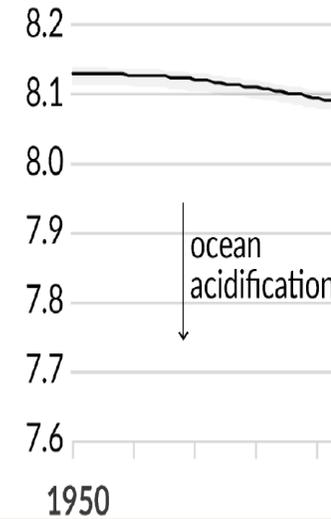


Changements en cascades

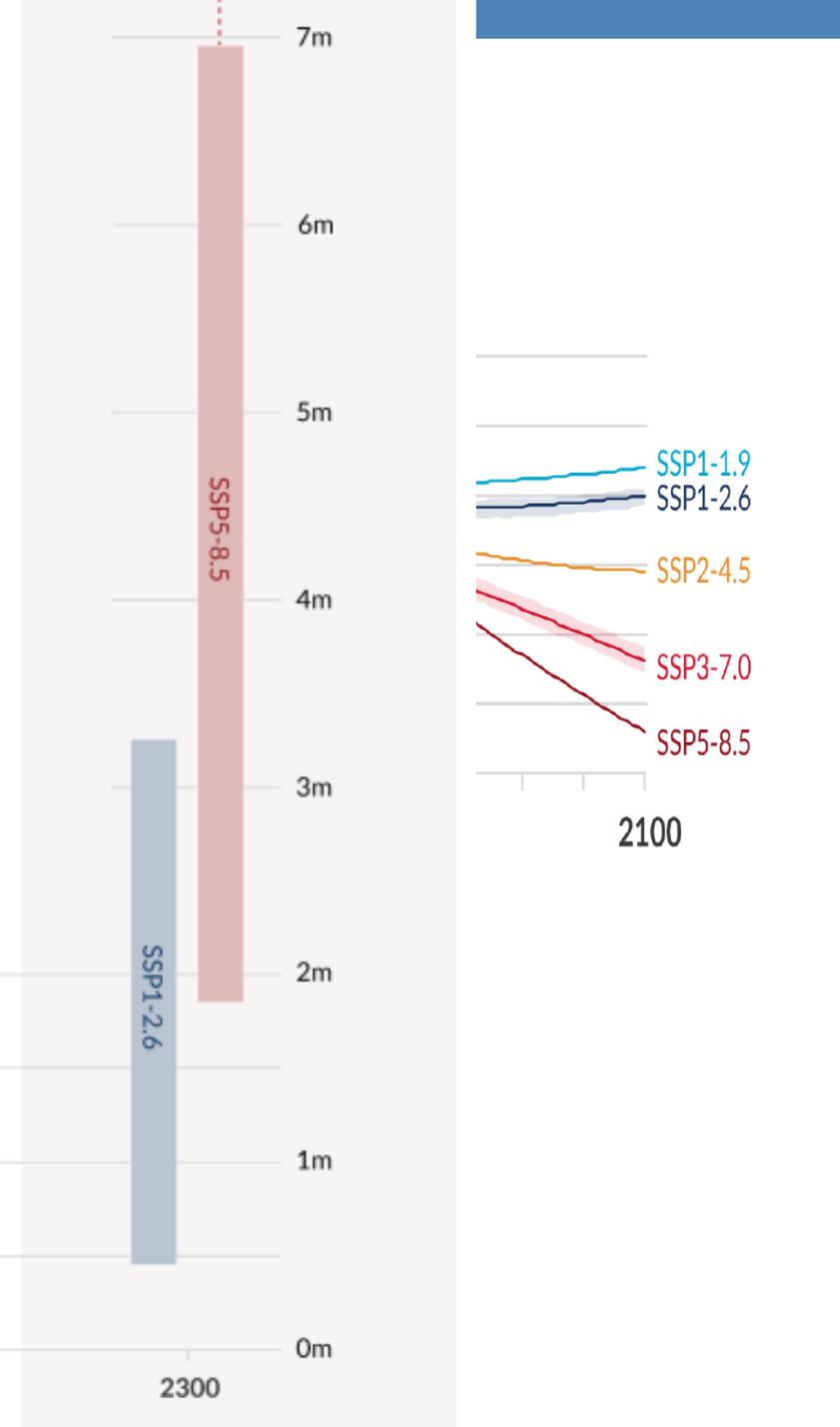
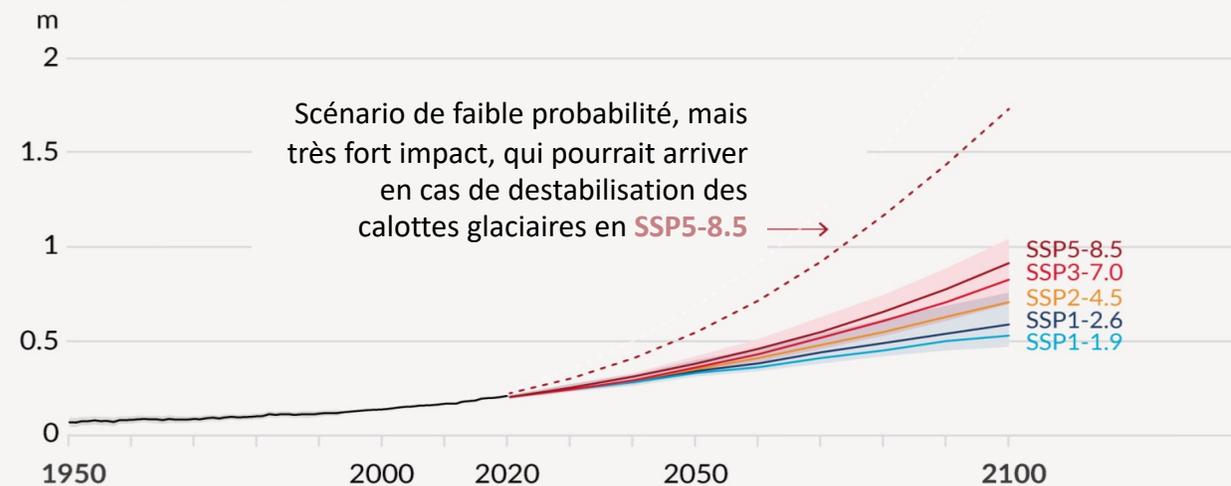
Couverture de banquise arctique en Septembre
(en millions de m³)



pH océanique glc



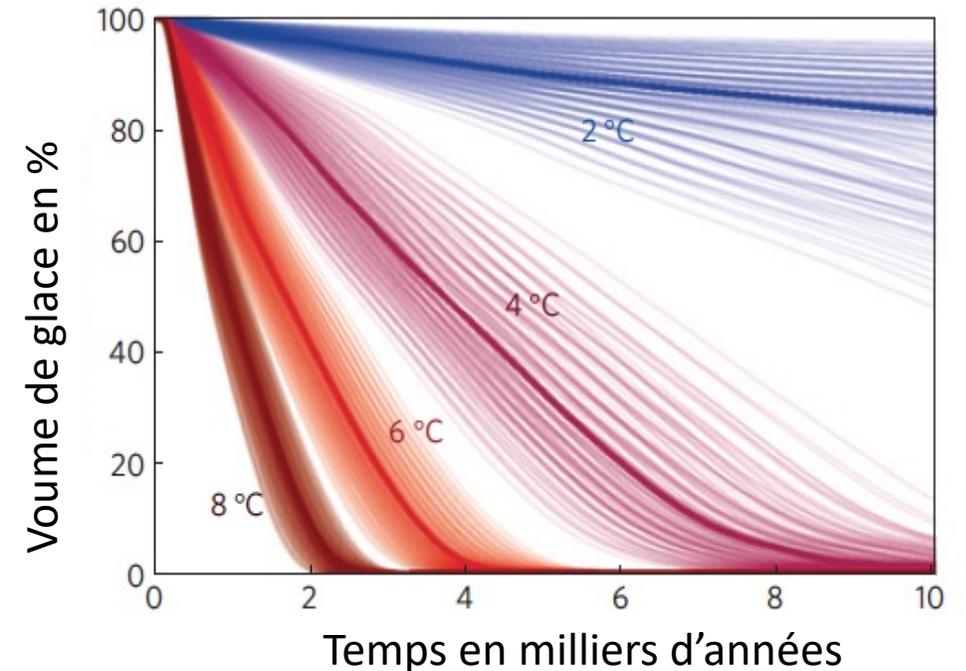
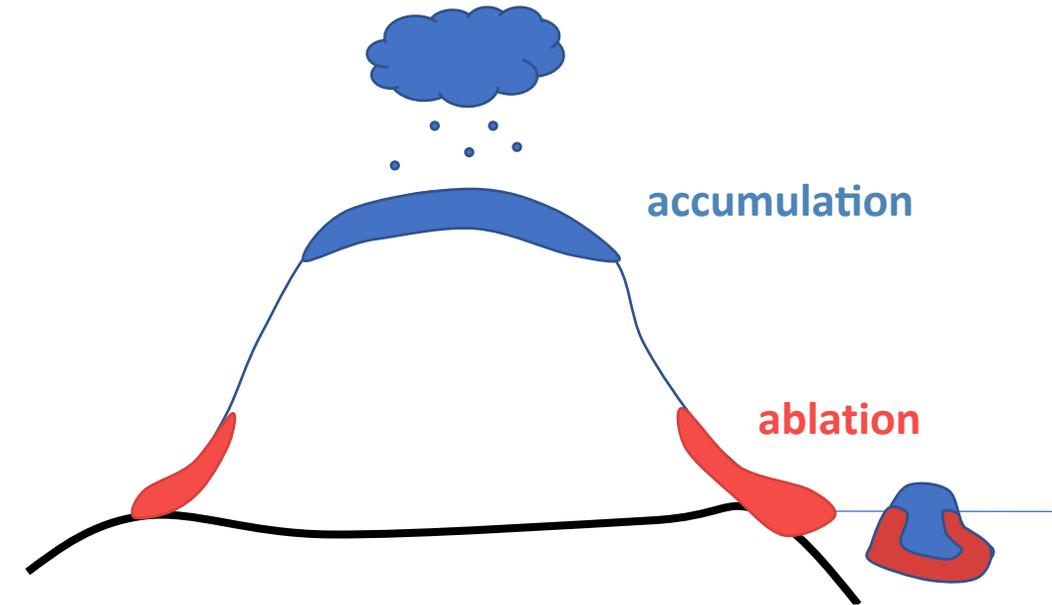
Changement global de niveau marin par rapport à 1900





Groenland

- ❖ Accumulation de la neige en altitude
- ❖ Fonte sur les marges en été
- ❖ Vélage iceberg lié à l'écoulement
- ❖ Rétroactions positives en réponse à une augmentation de température estivale :
 - Élévation (moins on est haut, plus il faut chaud)
 - Albedo
- ❖ Risque de fonte totale **dès 2°C de réchauffement global**
- ❖ Temps de fonte difficile à estimer, mais a priori centaines à milliers d'années.



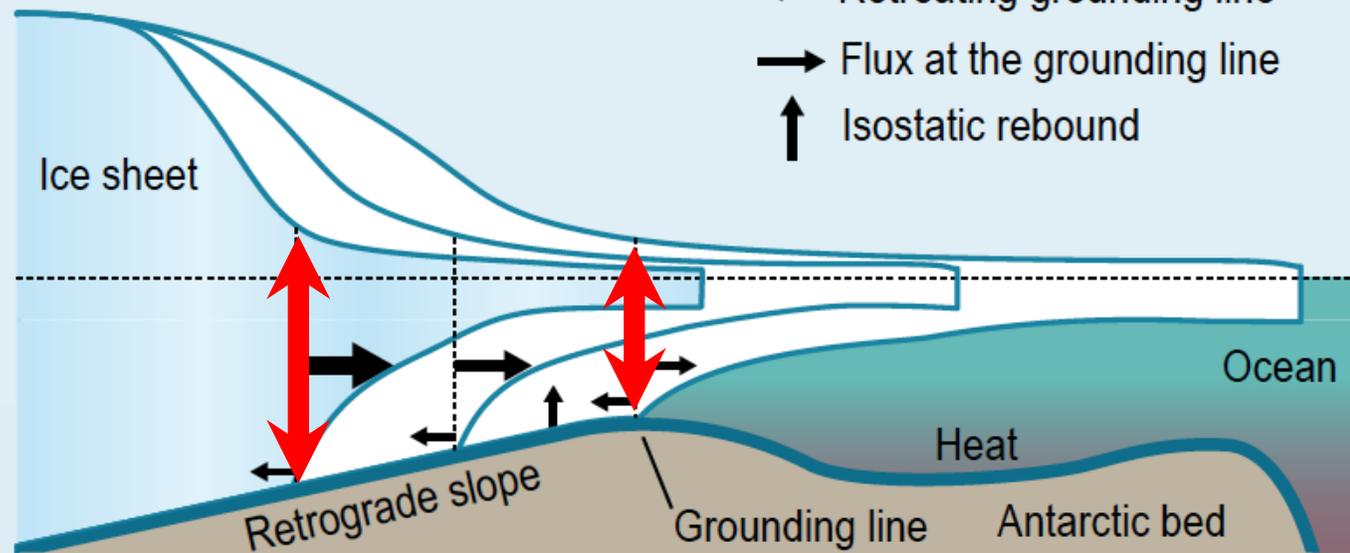


Antarctique

- ❖ Accumulation quasiment partout
- ❖ Perte masse principalement par vélage iceberg lié à l'écoulement
- ❖ Fonte basale importante
- ❖ Rétroactions positives :
 - Instabilité des calottes marimes (posé sous le niveau marin)
 - Instabilité liée aux falaises de glace

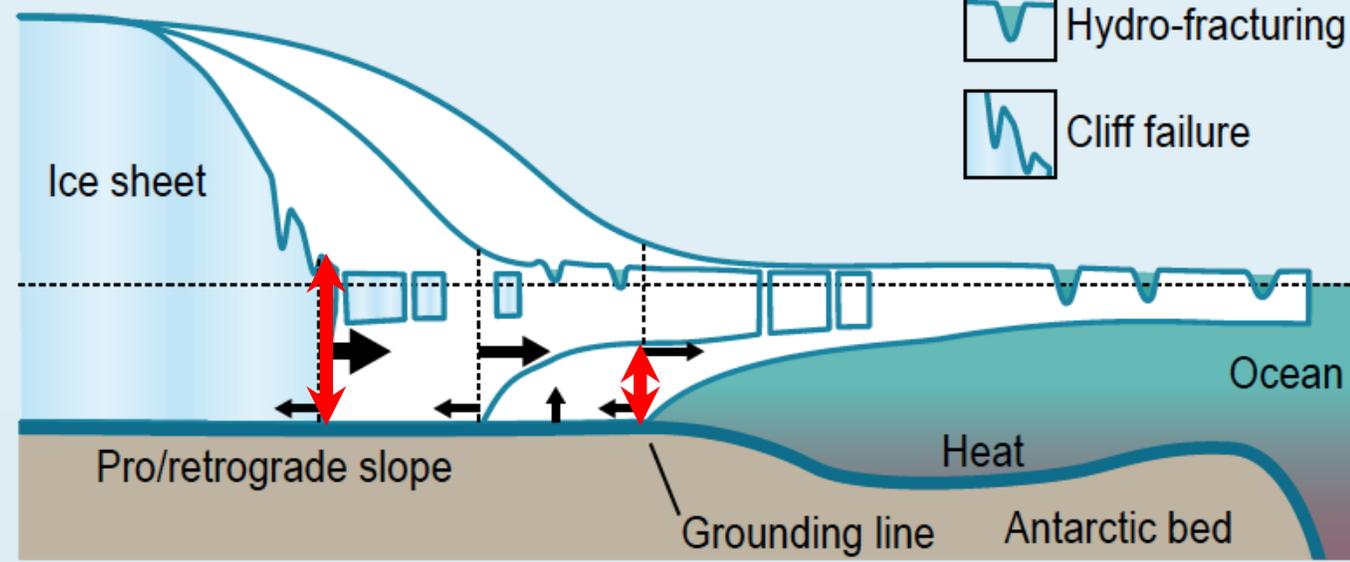
(a) Marine Ice Sheet Instability (MISI)

Retrograde slope



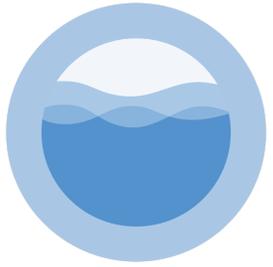
(b) Marine Ice Cliff Instability (MICI)

Pro/retrograde slopes



Plan du cours

- ⇒ Objectif : comprendre la légitimité du GIEC et la variété des impacts liées aux changements climatiques dans différents milieux
 - a. Qu'est-ce que le GIEC ?
 - b. Impacts CC sur les extrêmes
 - c. Impacts CC sur la cryosphère
 - d. Impacts CC sur littoraux et l'océan**
 - e. Impact CC sur la santé



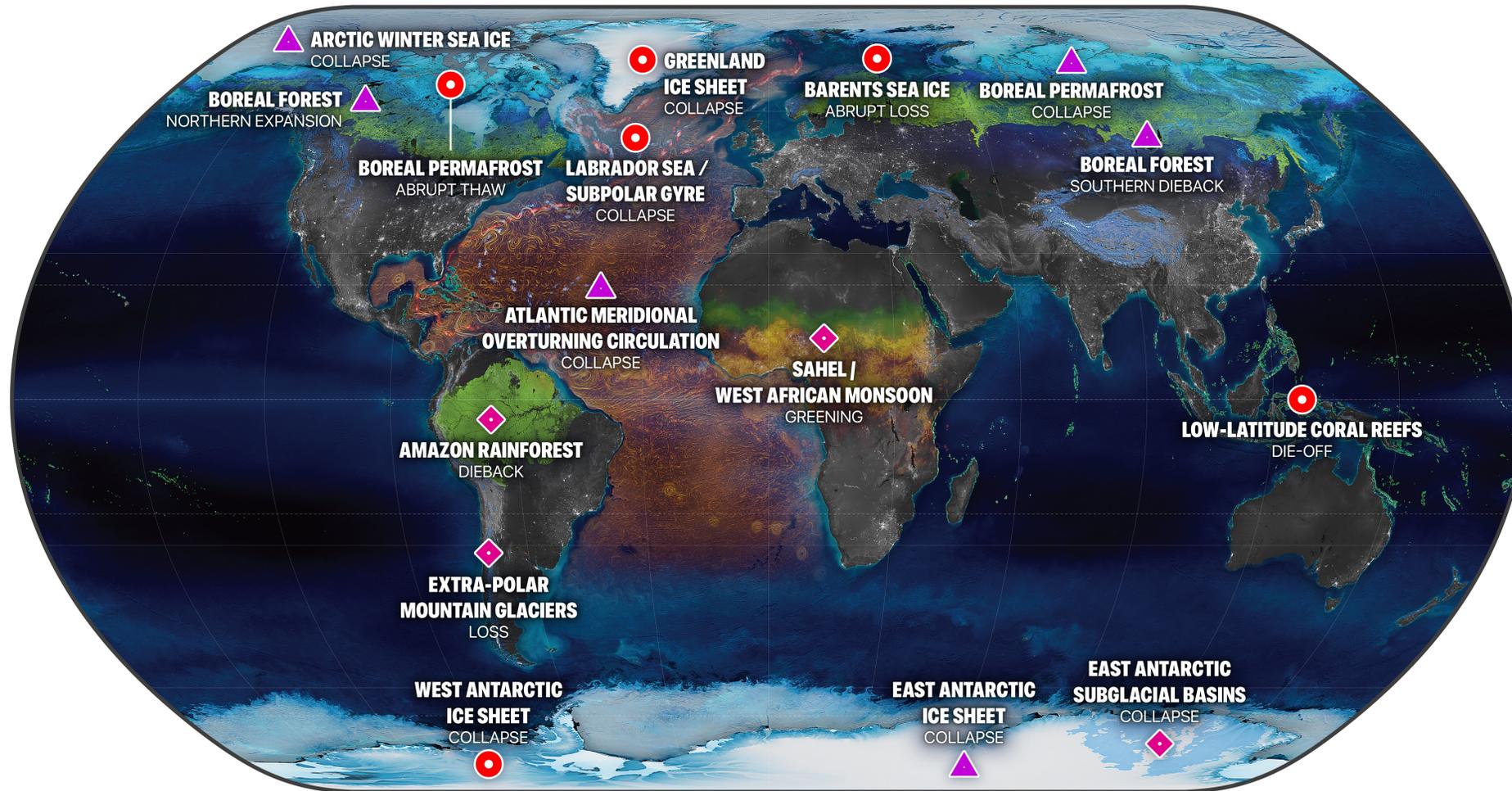
Le cas particulier des coraux

- ❖ Les coraux occupent 1% de la des océans, mais abritent **30% de la biodiversité**
- ❖ Les coraux sont des animaux qui ne peuvent se déplacer
- ❖ Ils sont donc particulièrement vulnérables au réchauffement de l'eau
- ❖ **Fort risque de disparition** dans de nombreuses régions



Le risque des points de bascule

CLIMATE TIPPING ELEMENTS



GLOBAL WARMING THRESHOLDS

$< 2^\circ\text{C}$

$2\text{--}4^\circ\text{C}$

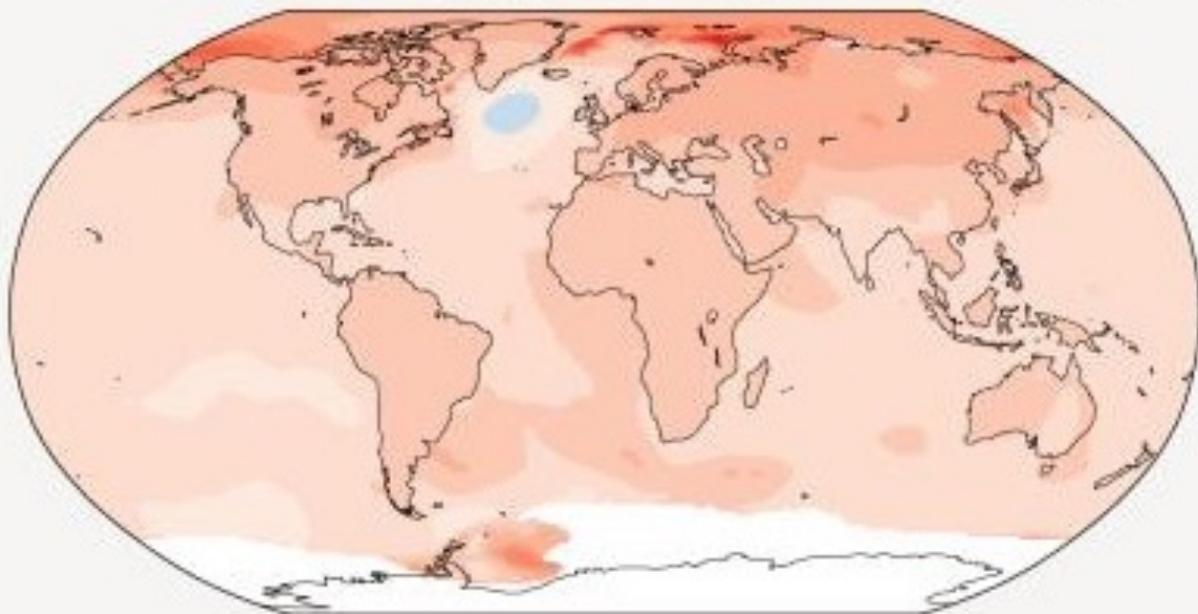
$\geq 4^\circ\text{C}$



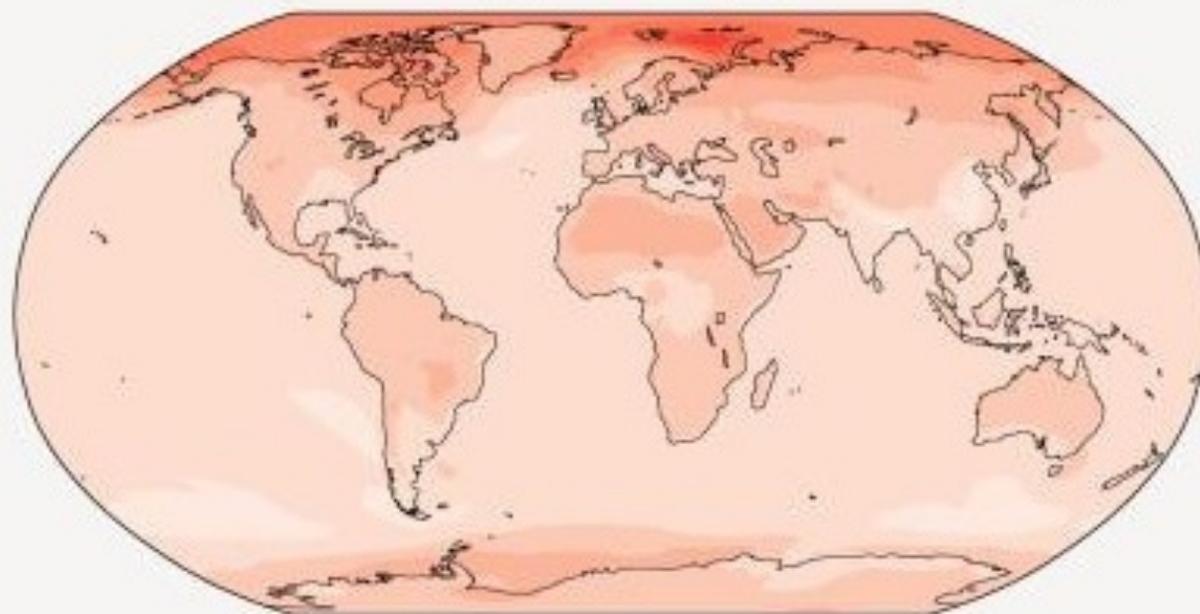
Un climat qui se réchauffe partout ?

Tendance (1901-2012) de temperature de surface (HadCRUT4)

Observed change per 1 °C global warming



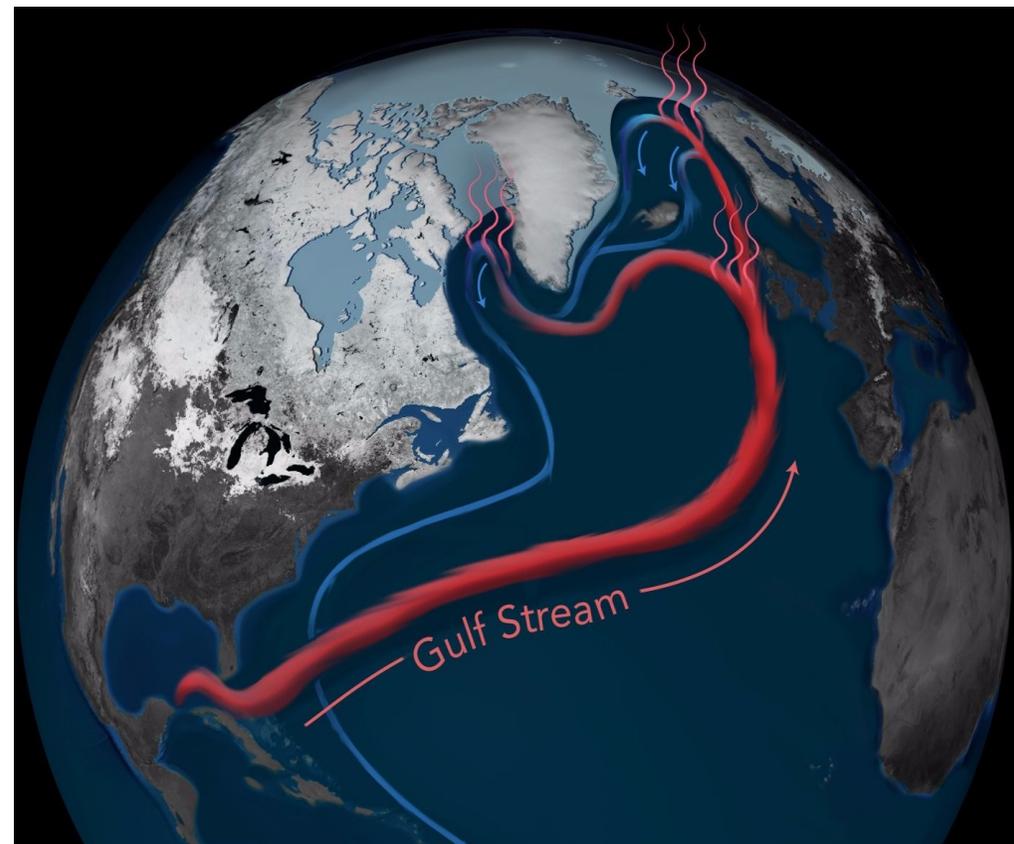
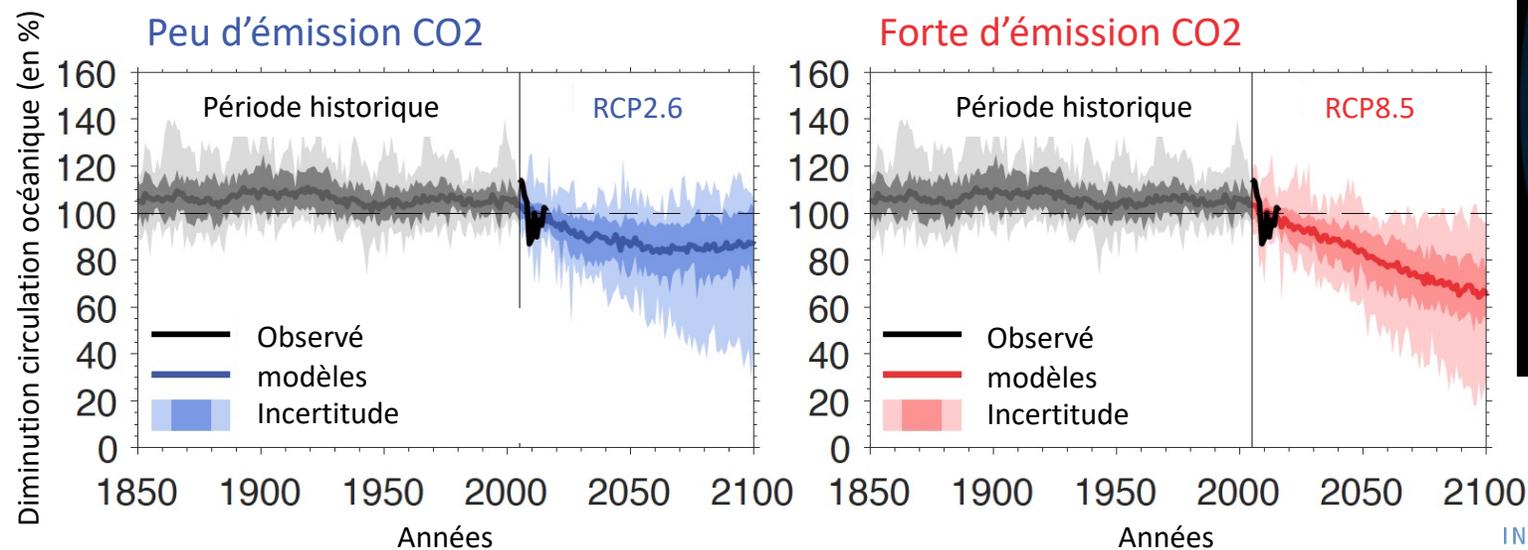
Simulated change at 1 °C global warming





Changement de circulation en Atlantique Nord

- Cette diminution va se poursuivre quelque soit le scénario d'émission de gaz à effet de serre
- Le risque d'arrêt total croît avec les émissions



Instabilités climatiques



High-Resolution Greenland Ice Core
Data Show Abrupt Climate Change
Happens in Few Years

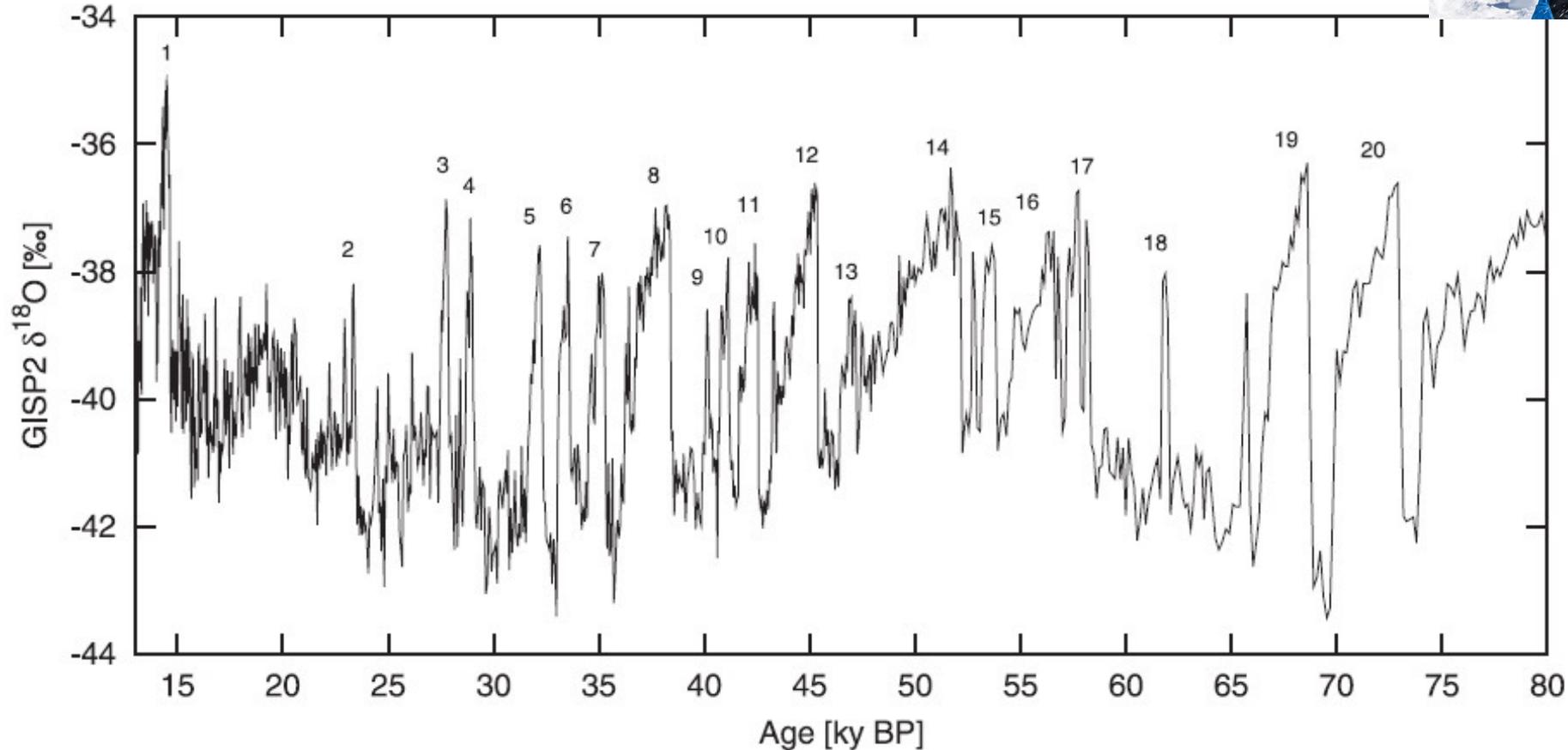
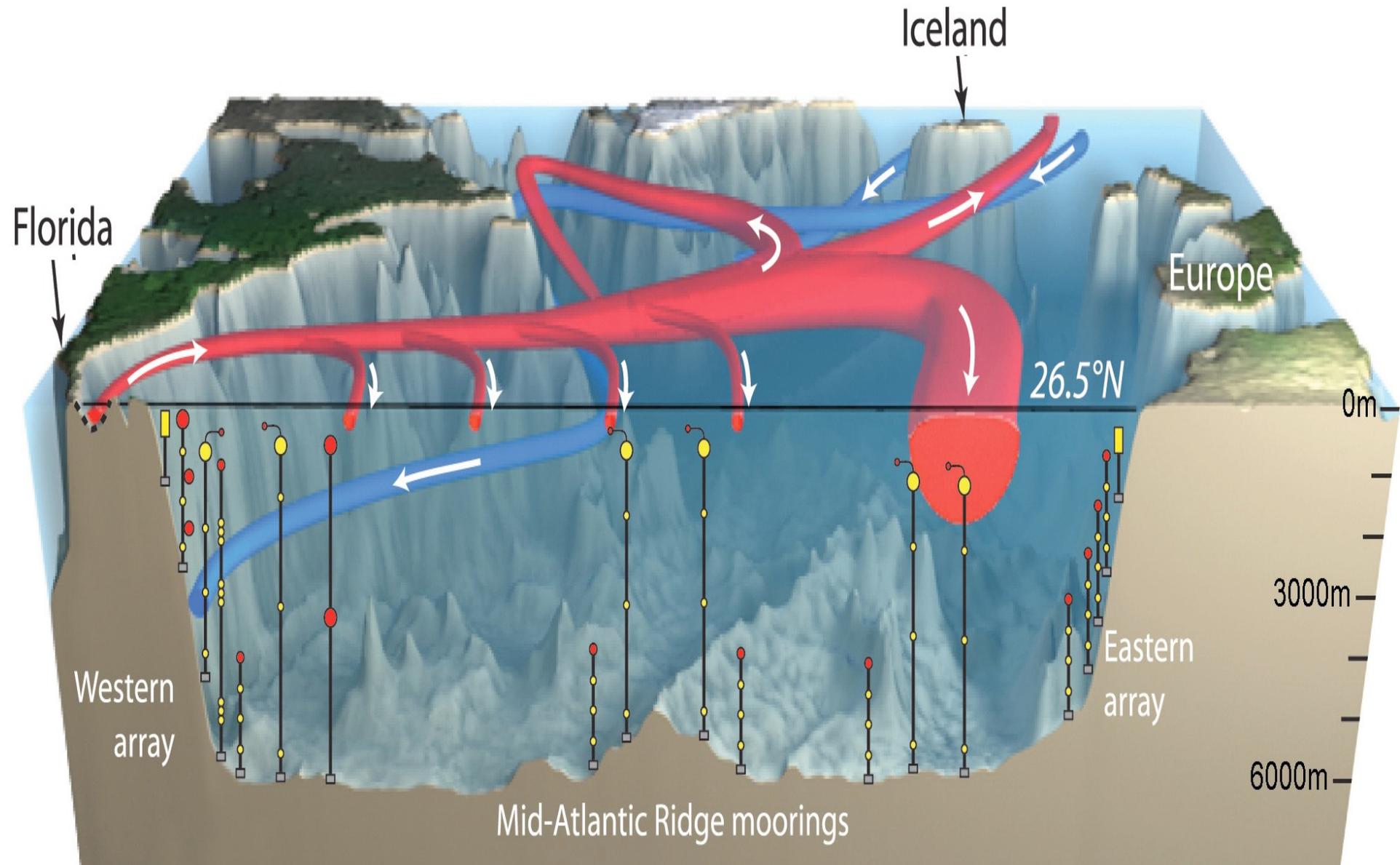


Figure 1. Oxygen isotope ($\delta^{18}\text{O}$) record from Greenland (GISP2 ice core [Grootes and Stuiver, 1997]). Numerals above $\delta^{18}\text{O}$ maxima denote the “classical” Dansgaard-Oeschger interstadial events [Johnsen et al., 1992; Dansgaard et al., 1993].

Observation de la circulation de retournement (AMOC)





Impacts associés à un fort changement de circulation océanique en Atlantique Nord



Système physique

- Sécheresse
- Hausse température
- Niveau marin
- Fréquence cyclone
- Banquise et neige
- Précipitation et inondations
- Tempêtes

Système biologique

- Végétation
- Écosystèmes marins
- Zones humides
- Oxygénation
- Acidification et stockage carbone

Système humains

- Agriculture
- Pression migratoire

Direction des changements

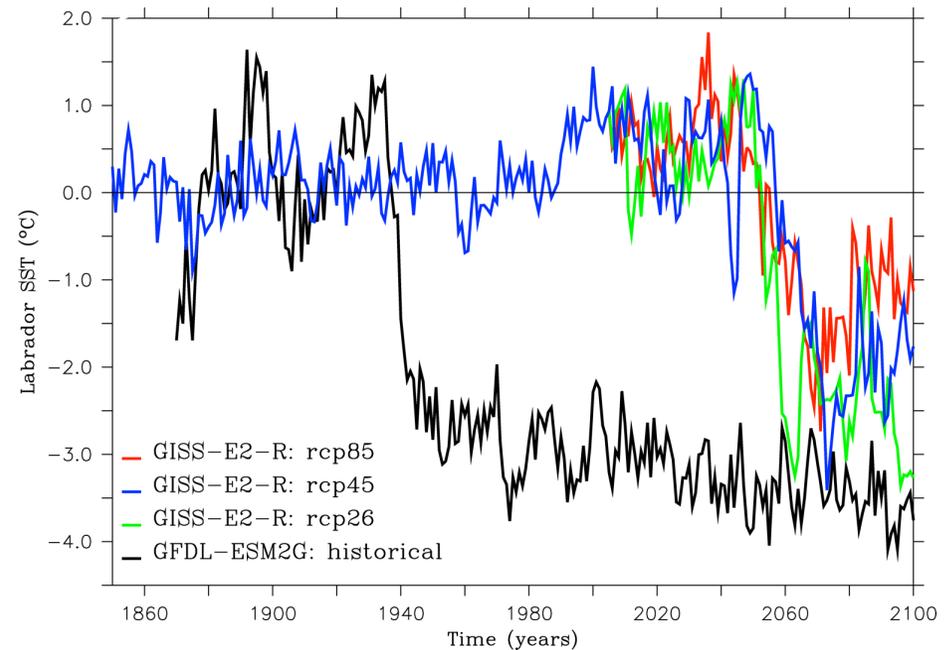
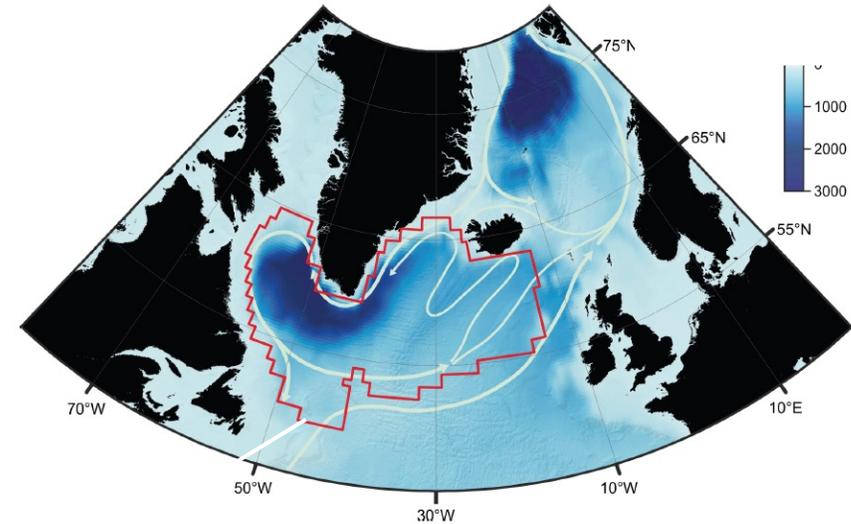
- Augmentation
- Diminution

Niveau de confiance

- Haut
- Moyen
- Bas

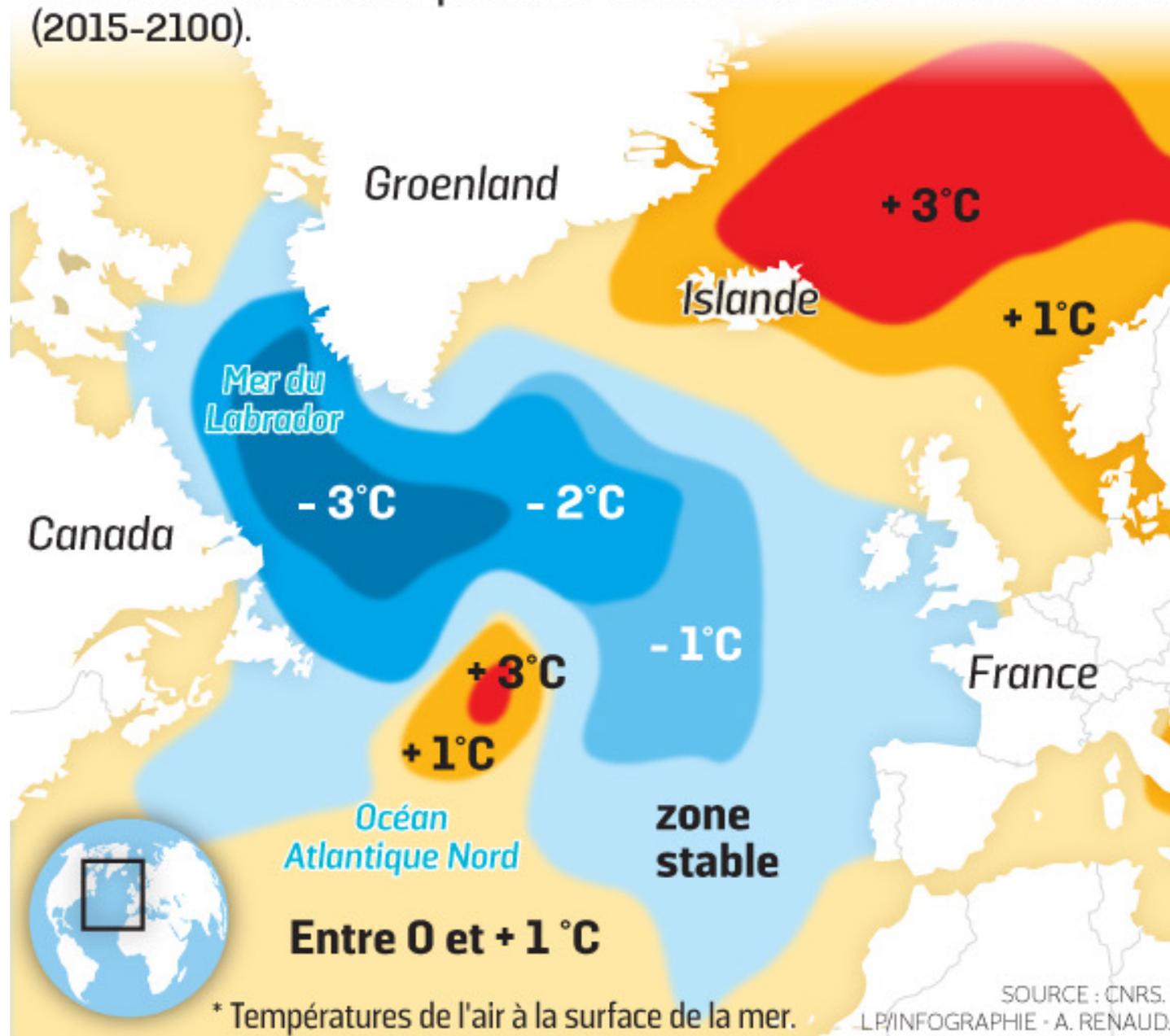
Surprise climatique ?

- Certains modèles de climat prévoient des changements abrupts de température, avec un refroidissement de 2-3°C en moins de 10 ans dans la gyre subpolaire.



L'étonnant scénario du refroidissement

Estimation d'écart de températures* entre le début et la fin du XXI^e siècle (2015-2100).

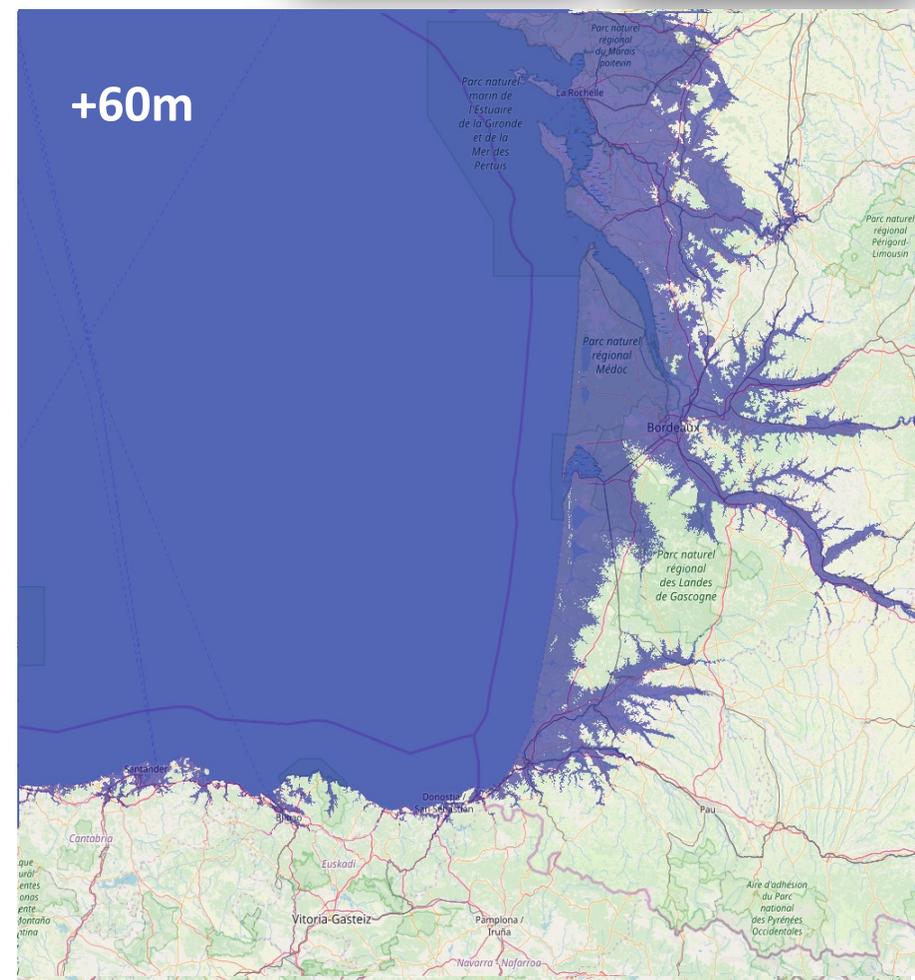


C. Informations climatiques pour l'évaluation des risques et l'adaptation régionale

Impacts en Aquitaine



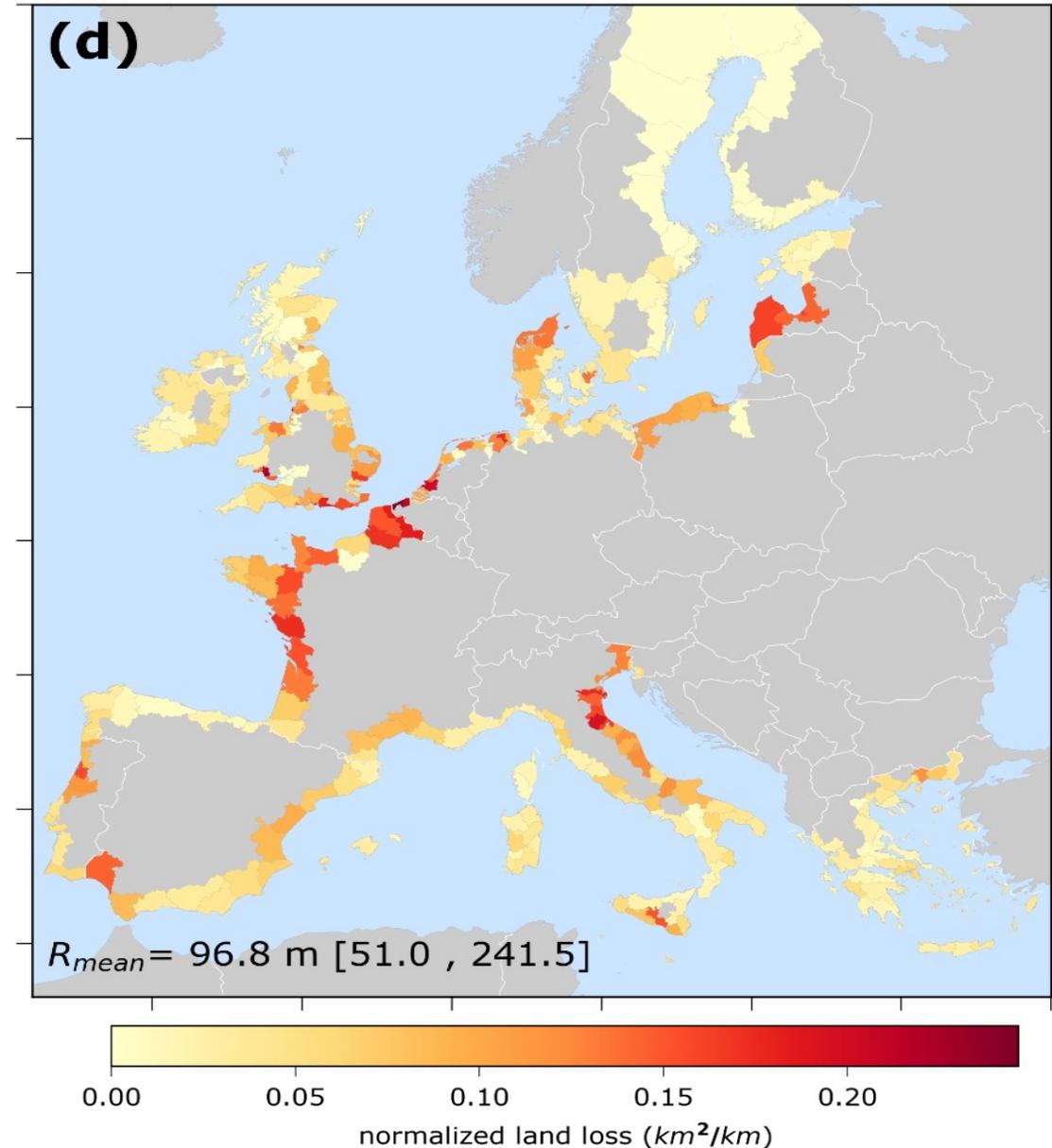
- ❖ Rapports Acclimaterra disponibles gratuitement en ligne
- ❖ Agriculture, viticulture
- ❖ Forêt
- ❖ Conchiliculture (acidification, vagues de chaleur marine), pêche...
- ❖ Niveau marin, érosion...



Erosion



- ❖ Côte française potentiellement parmi les plus touchées en Europe
- ❖ Recul du trait de cote de plus de 200 m en 2100 sur la plupart des côtes atlantique

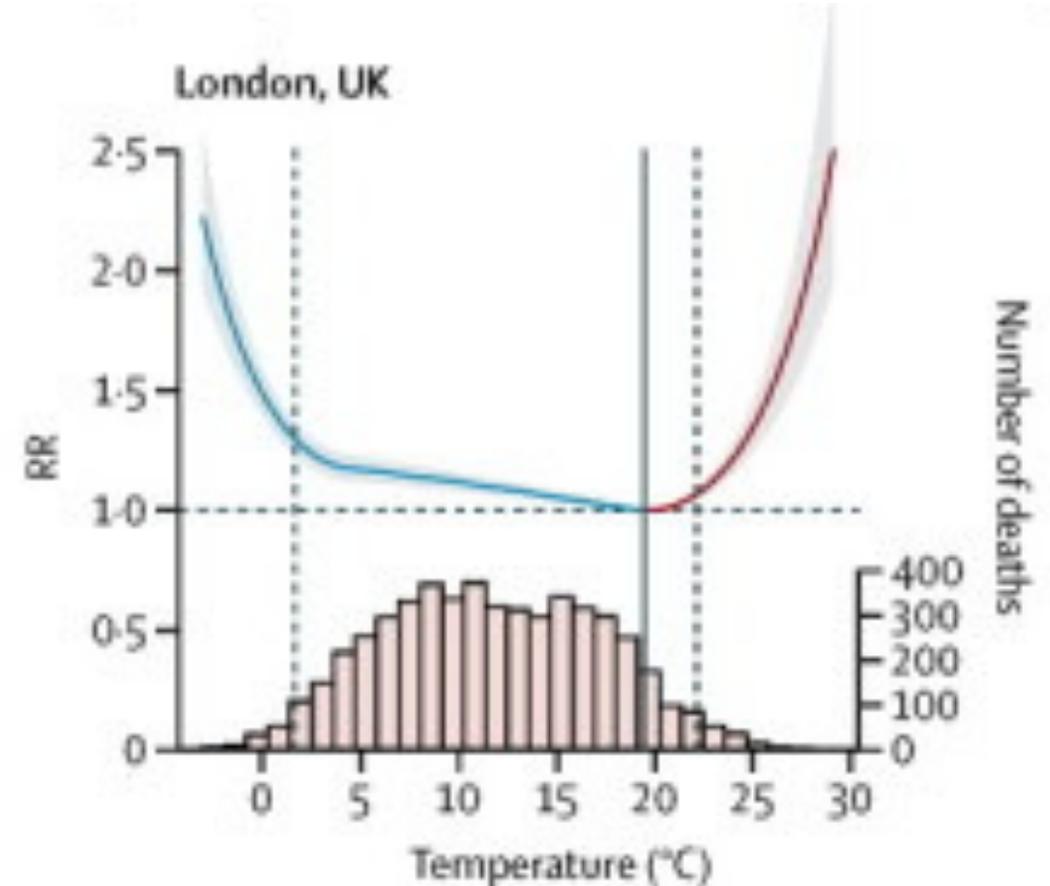


Plan du cours

- ⇒ Objectif : comprendre la légitimité du GIEC et la variété des impacts liées aux changements climatiques dans différents milieux
 - a. Qu'est-ce que le GIEC ?
 - b. Impacts CC sur les extrêmes
 - c. Impacts CC sur la cryosphère
 - d. Impacts CC sur littoraux et l'océan
 - e. Impact CC sur la santé

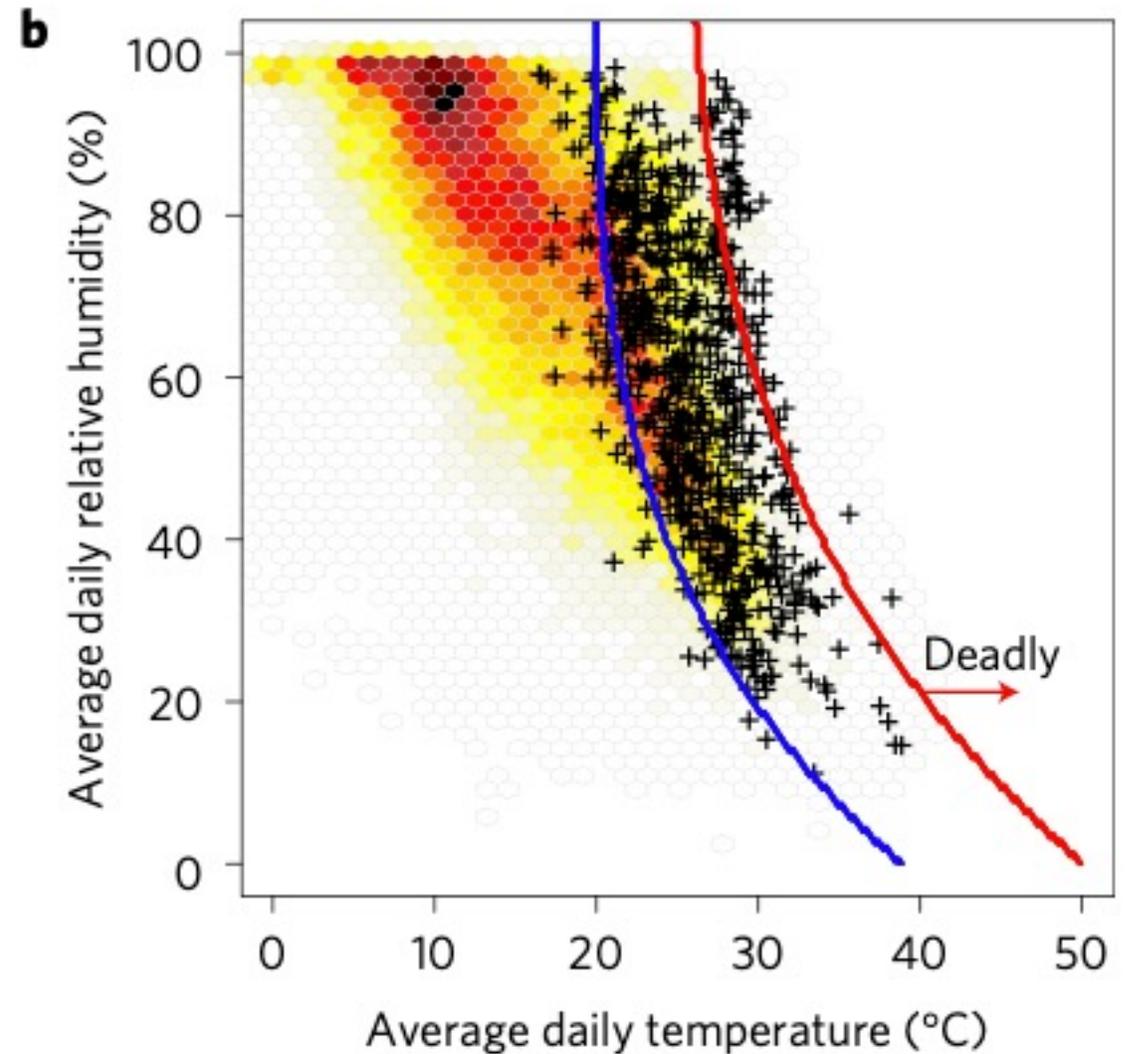
Santé humaine

- Le changement climatique a déjà un effet sur la santé humaine (15 000 morts lors de la vague de chaleur de 2003)
- Il peut également affecter la santé mentale
- Le multi-risque est un facteur aggravant (e.g. été 2022 en Gironde)

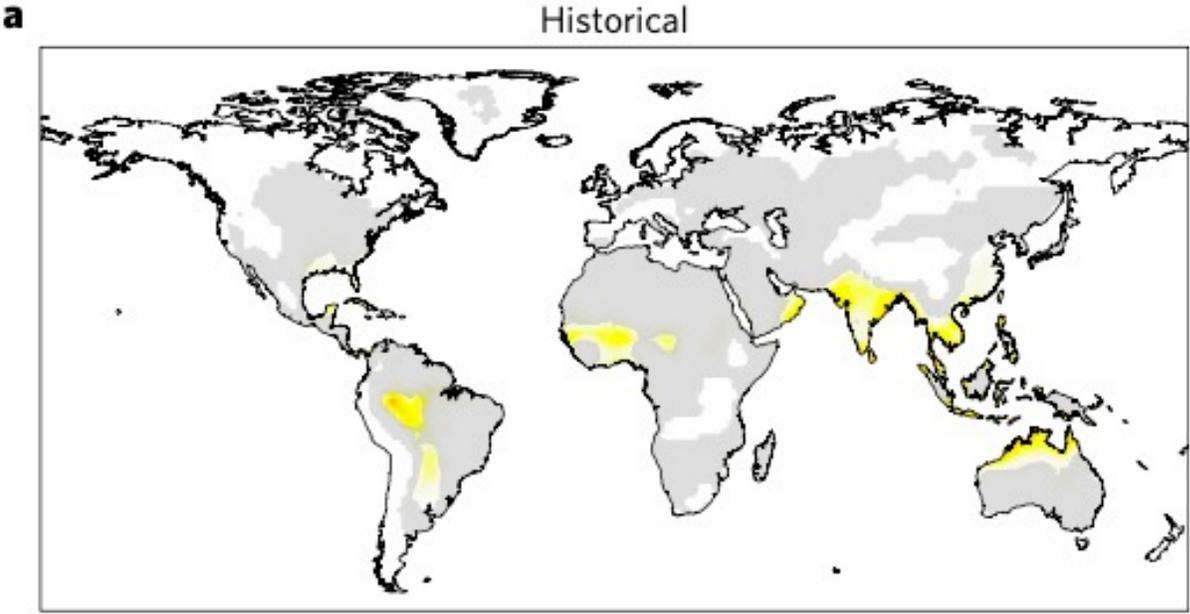


Santé humaine

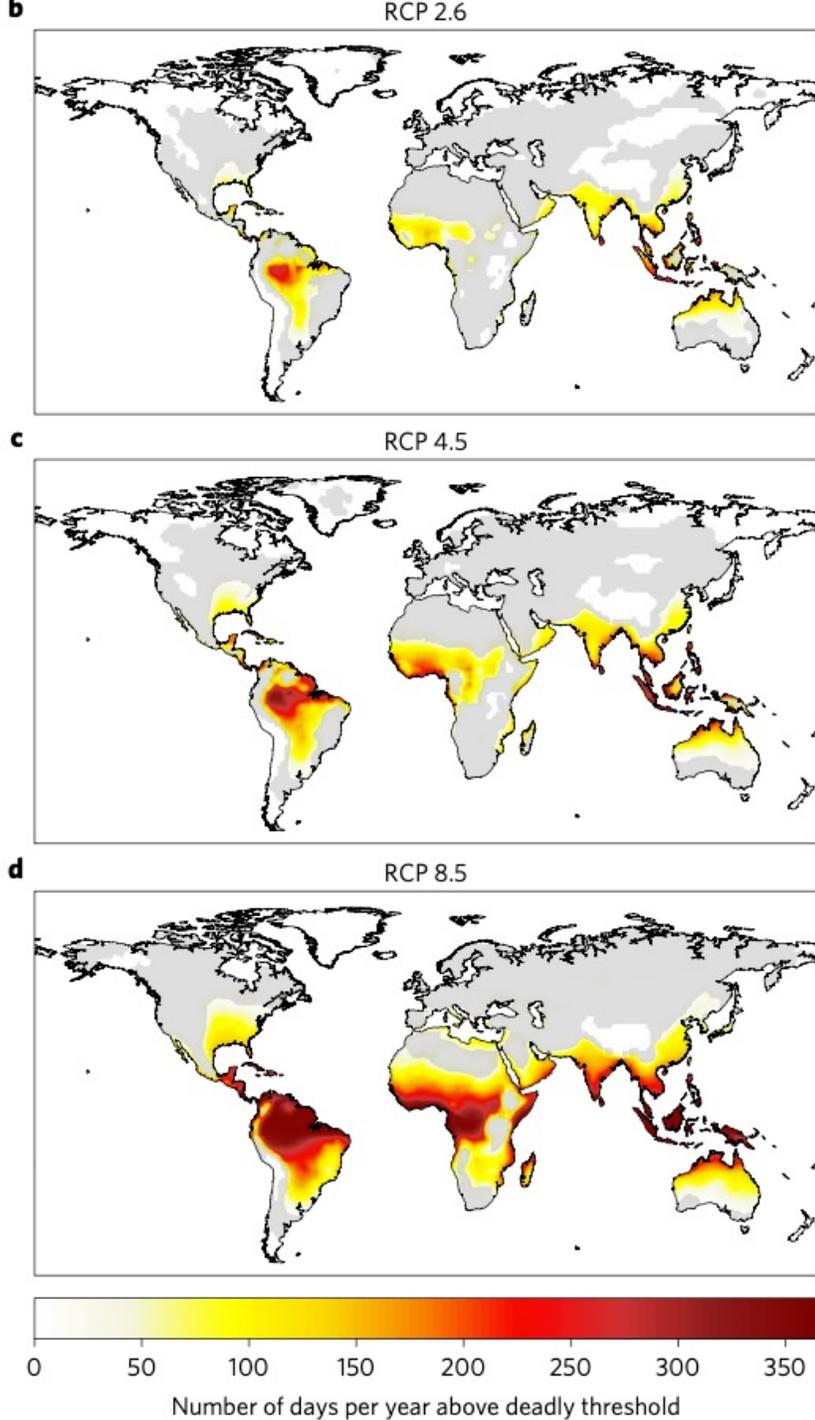
- De nombreuses zones dans le monde risquent de devenir physiologiquement invivable
- En effet, au delà d'une certaine température et d'un certain niveau d'humidité, notre corps ne sait plus comment se refroidir



Zone physiologiquement inhabitable



Mora et al. 2017, NCC

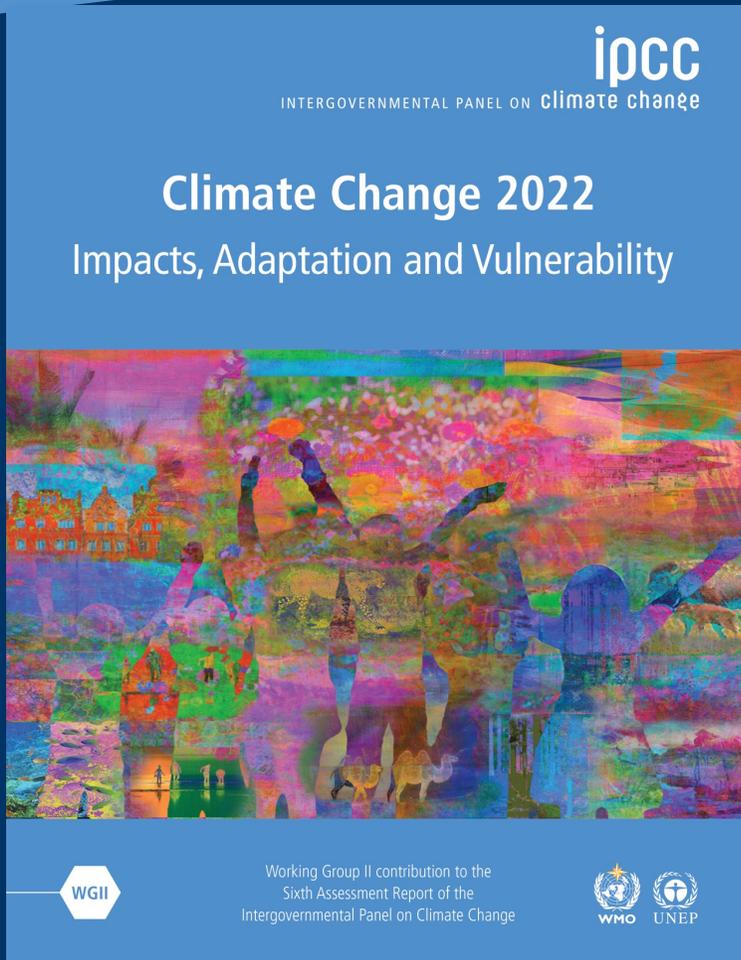


Justice climatique

- Certaines régions qui émettent actuellement assez peu de gaz à effet de serre risquent d'être les plus impactées par les différents impacts (zones tropicales, côtières...)
- Certains extrêmes risquent notamment d'induire de très gros dégâts et pourraient être entièrement imputés au changement climatique
- Face à cela, émerge des questions de responsabilité assez délicates (notion de "*loss and damages*" discutée à présent aux COPs)
- La question de la justice climatique est également clairement posée, avec des implications géopolitiques qui vont aller grandissantes.

Etc.

- ❖ Il existe beaucoup d'autres impacts potentiels, notamment concernant la biodiversité, qui comme l'humain peut être très fortement affecté.
- ❖ Cela s'ajoute à d'autres pressions anthropiques, qui expliquent la disparition accélérée et sans précédent de nombreuses espèces, comme répertorié par les rapport de l'IPBES



Groupe 2 -GIEC

Le changement climatique est une **menace** pour le bien-être humain et la santé planétaire.

3.3 – 3,6 milliards de personnes vivent aujourd’hui dans des zones à forte vulnérabilité vis-à-vis du changement climatique

Tout retard supplémentaire vis-à-vis d’une action **mondiale et concertée**, nous fera manquer la brève fenêtre d’opportunité que nous avons pour assurer un **avenir viable**.

Conclusions

- ❖ Le GIEC offre une évaluation objective et rigoureuse de la littérature scientifique concernant le climat
- ❖ Au vu des changements en cours et des projections possibles, le changement climatique est bien un risque majeur pour le siècle à venir
- ❖ Il n'est cependant pas inéluctable, car certains seuils permettent d'éviter les effets les plus nocifs et irréversibles.
- ❖ Chaque demi degré de réchauffement comptent pour les impacts potentiels

Merci !

