

#SROCC



EPOC

**Rapport special du GIEC sur**

# L'océan et la cryosphère dans un climat qui change (SROCC)

présenté par **Didier Swingedouw**



**ipcc**

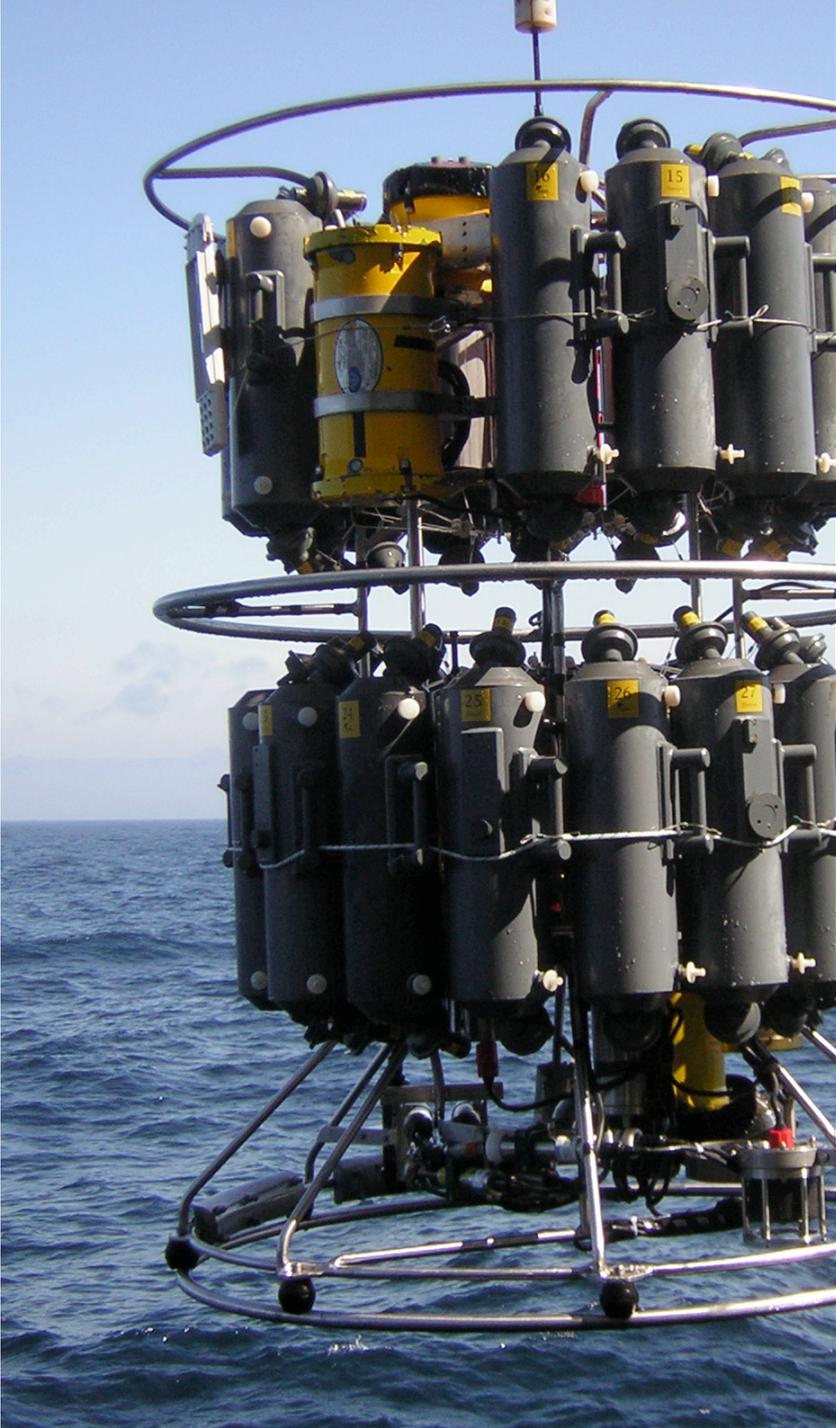
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change



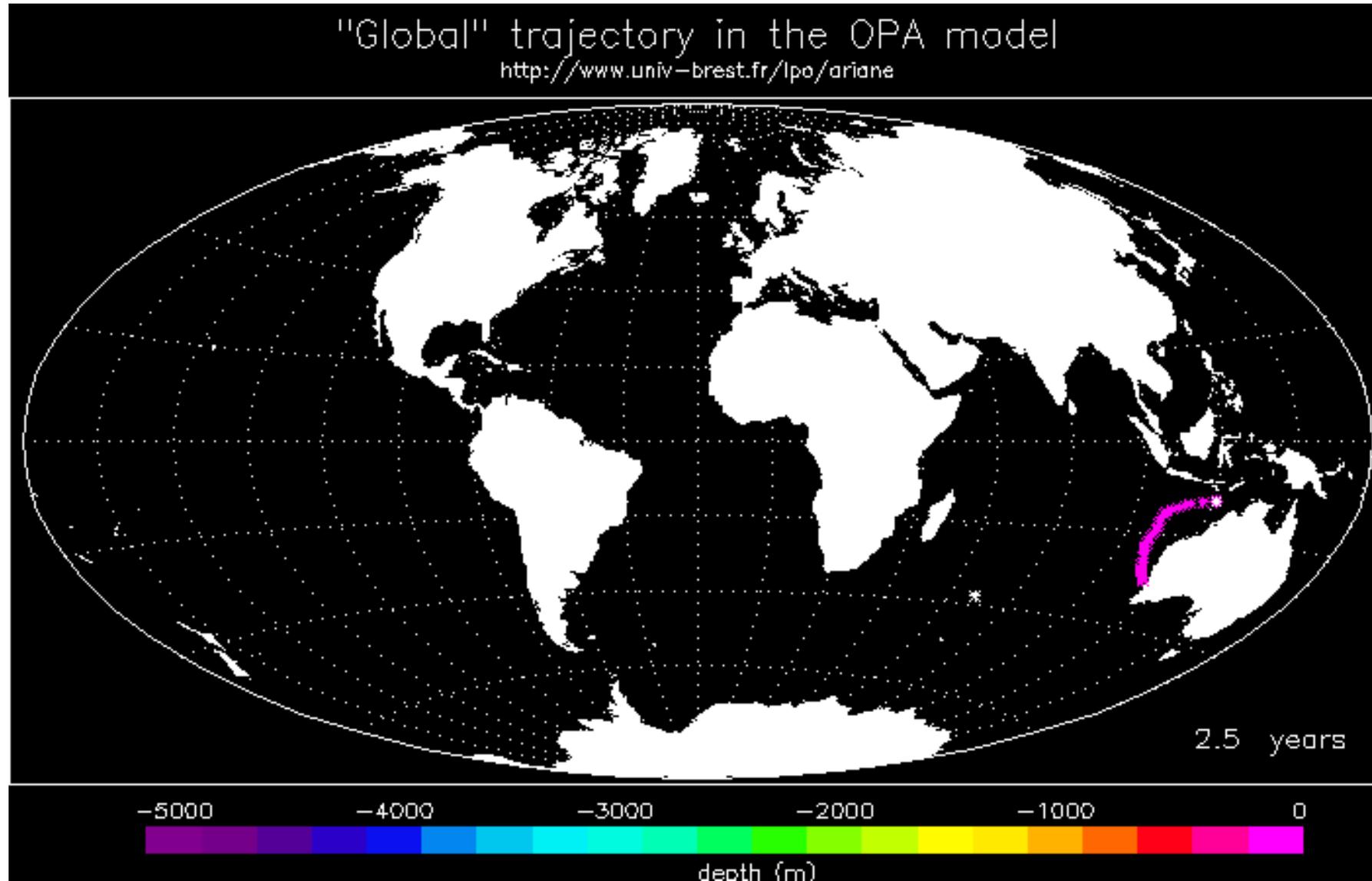


Campagne océanographique OVIDE en 2010 : Lisbonne – pointe du Groenland





# Une bouteille à la mer

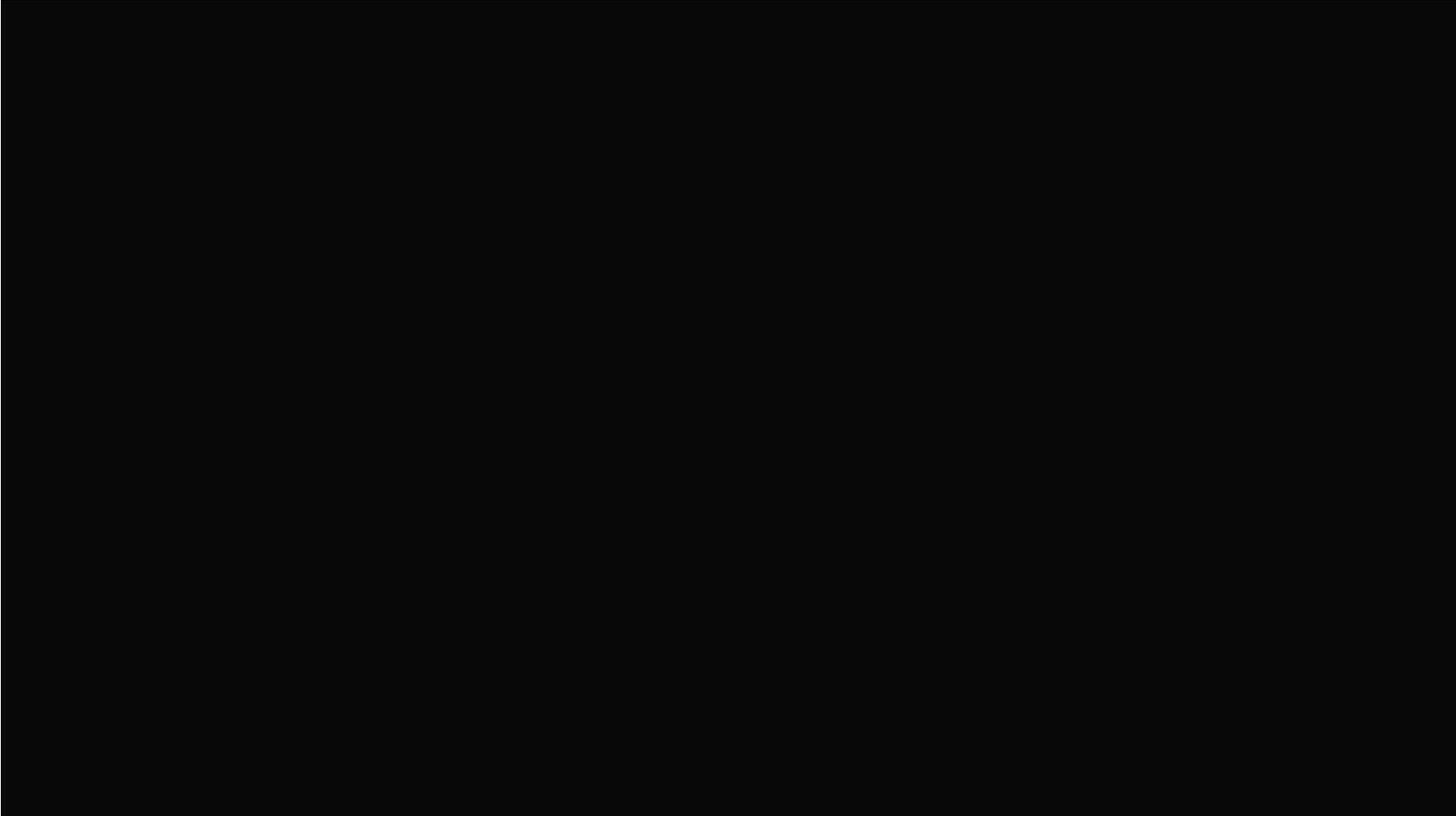


NE PAS DÉRANGER

UN GÉNIE  
DÉFIE  
L'ORDINATEUR ...



# Circulation océanique

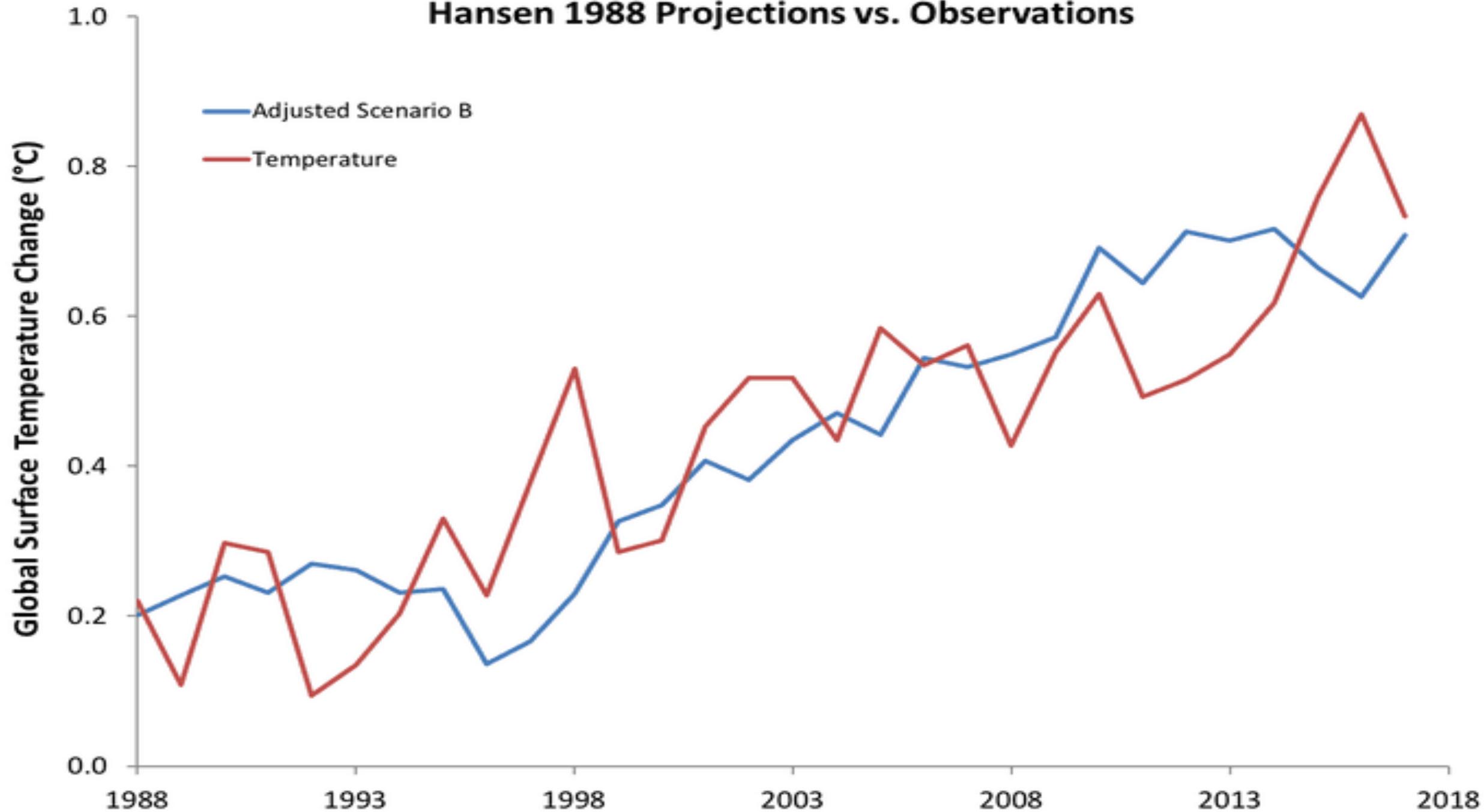


# Qu'est ce que le GIEC ?

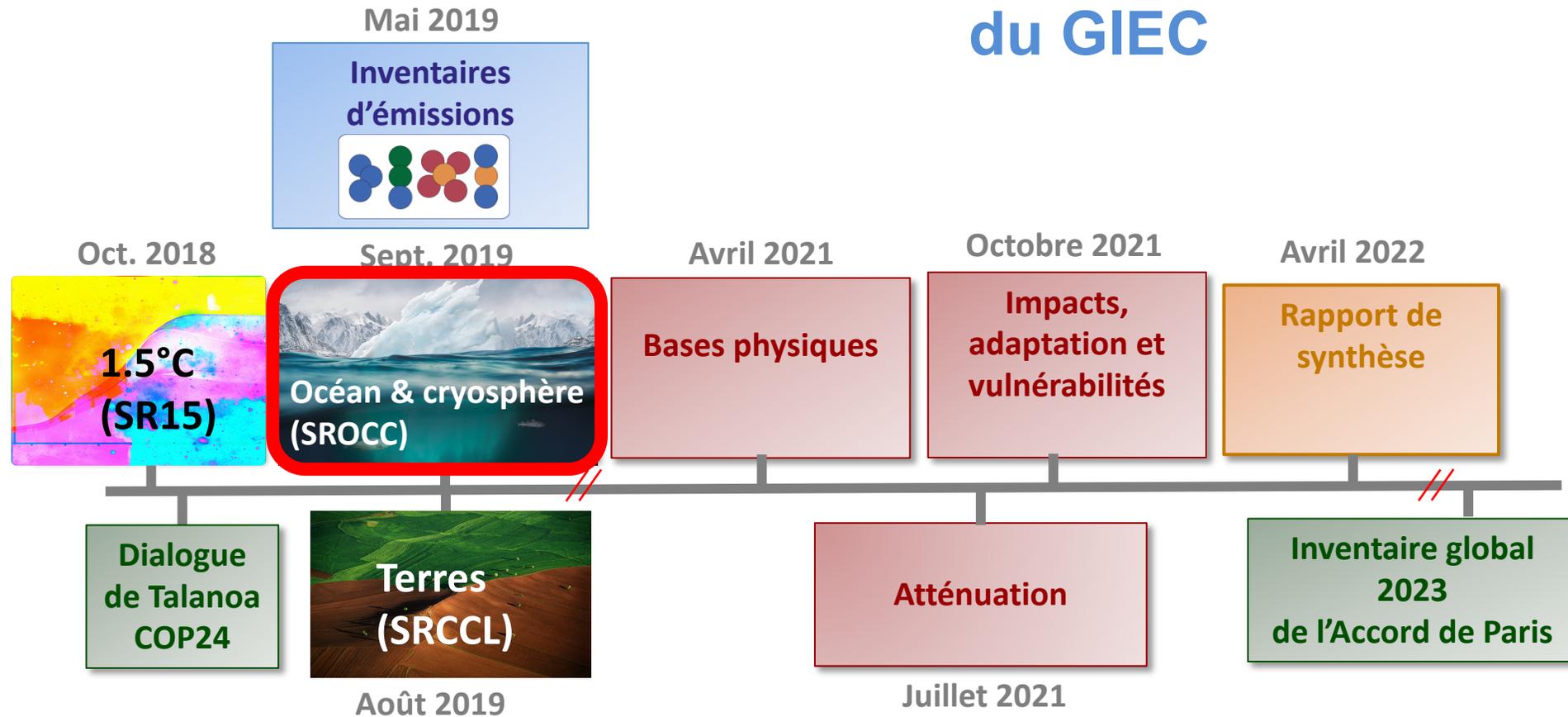


- Le GIEC est une organisation qui a été mise en place en **1988**, à la demande du G7 par :
  - L'organisation météorologique mondiale
  - Le Programme pour l'Environnement des Nations Unies
- C'est donc une **organisation onusienne** qui émet des rapports d'expertises sur le changements climatique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

# Hansen 1988 Projections vs. Observations



# Le 6ème cycle d'évaluation du GIEC



[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)  
[@IPCC\\_CH](https://twitter.com/IPCC_CH)

# Le SROCC en quelques chiffres



104 auteurs



31% des  
auteurs sont  
des femmes



36 pays

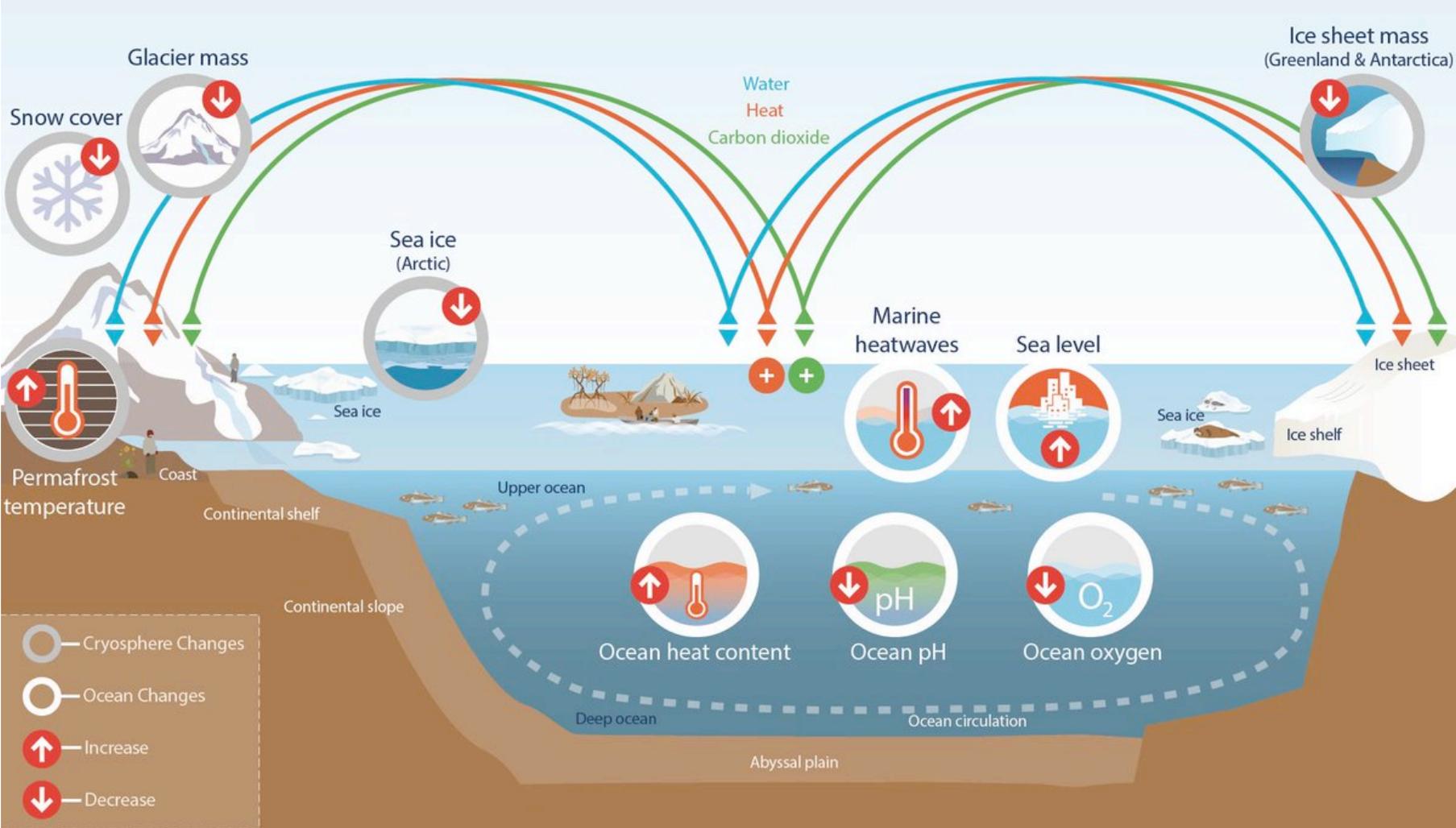


6981 articles  
cités



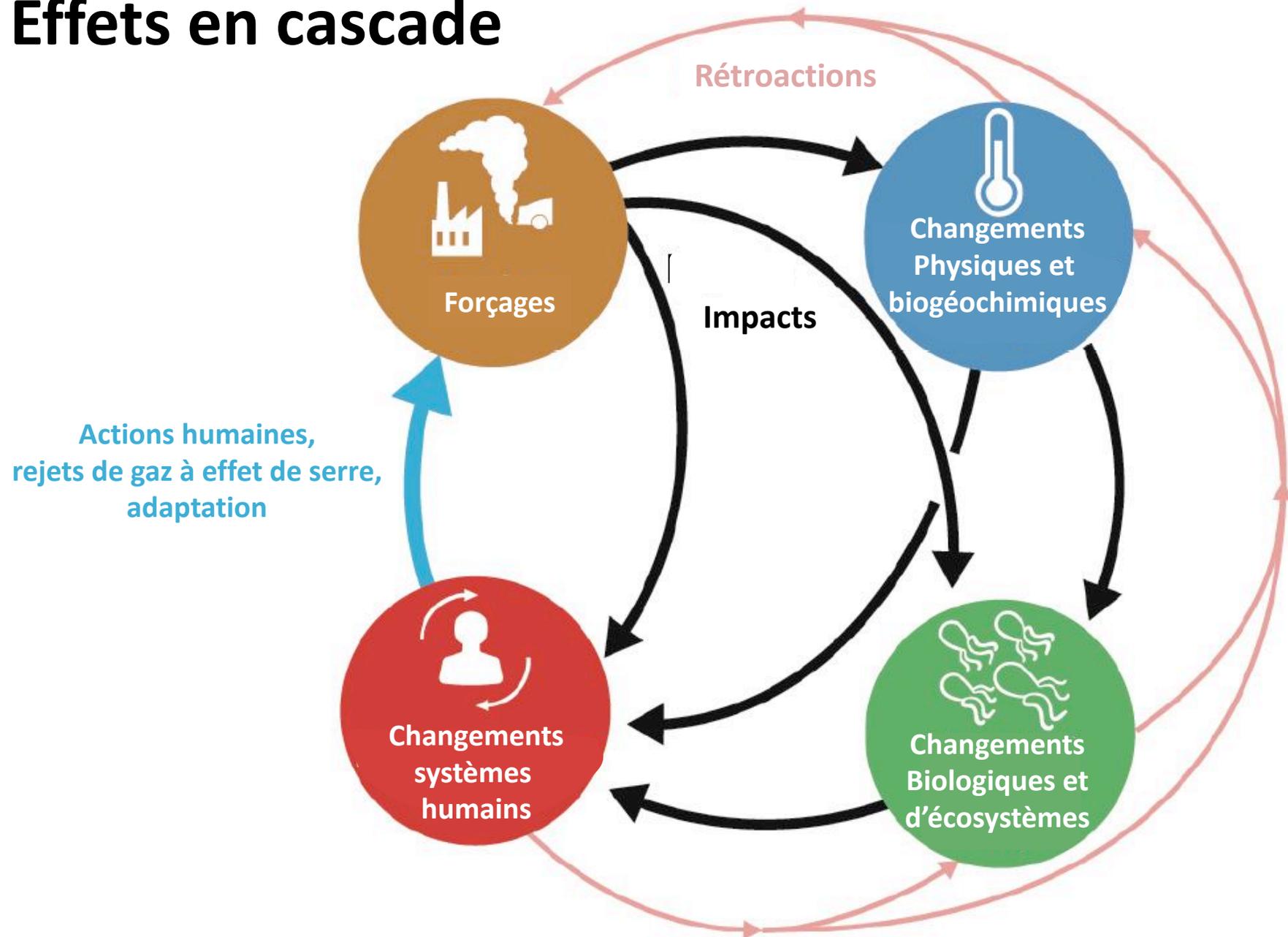
31176  
commentaires  
traités

Le rapport met en évidence que le changement climatique induit par l'humanité a une empreinte majeure sur les systèmes dont nous dépendons, **du sommet des montagnes au fond de l'océan**. Ces changements se poursuivront pour les générations à venir.



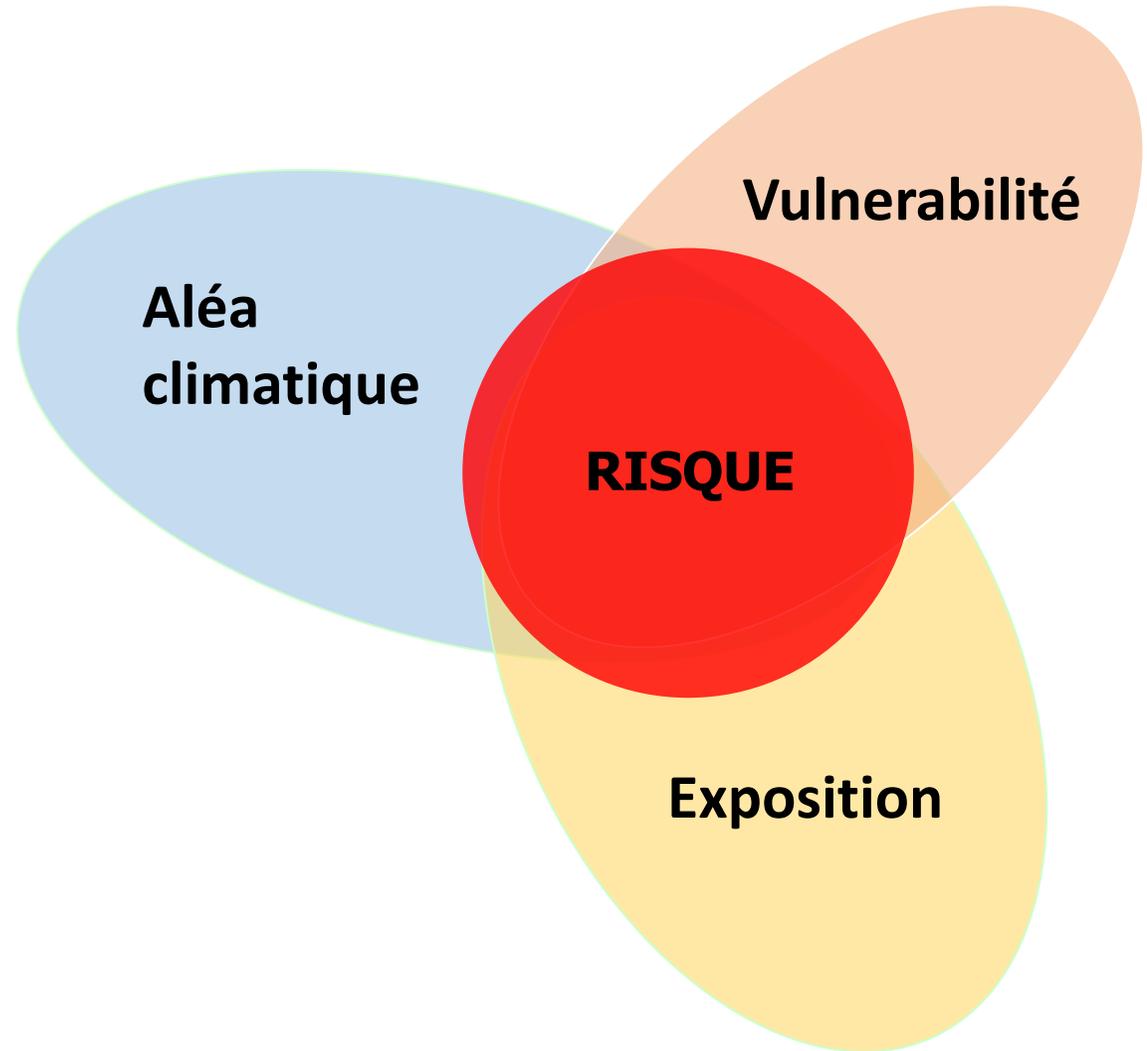
Plusieurs milliards de personnes dépendent de ces milieux

# Effets en cascade



# Notion de risque

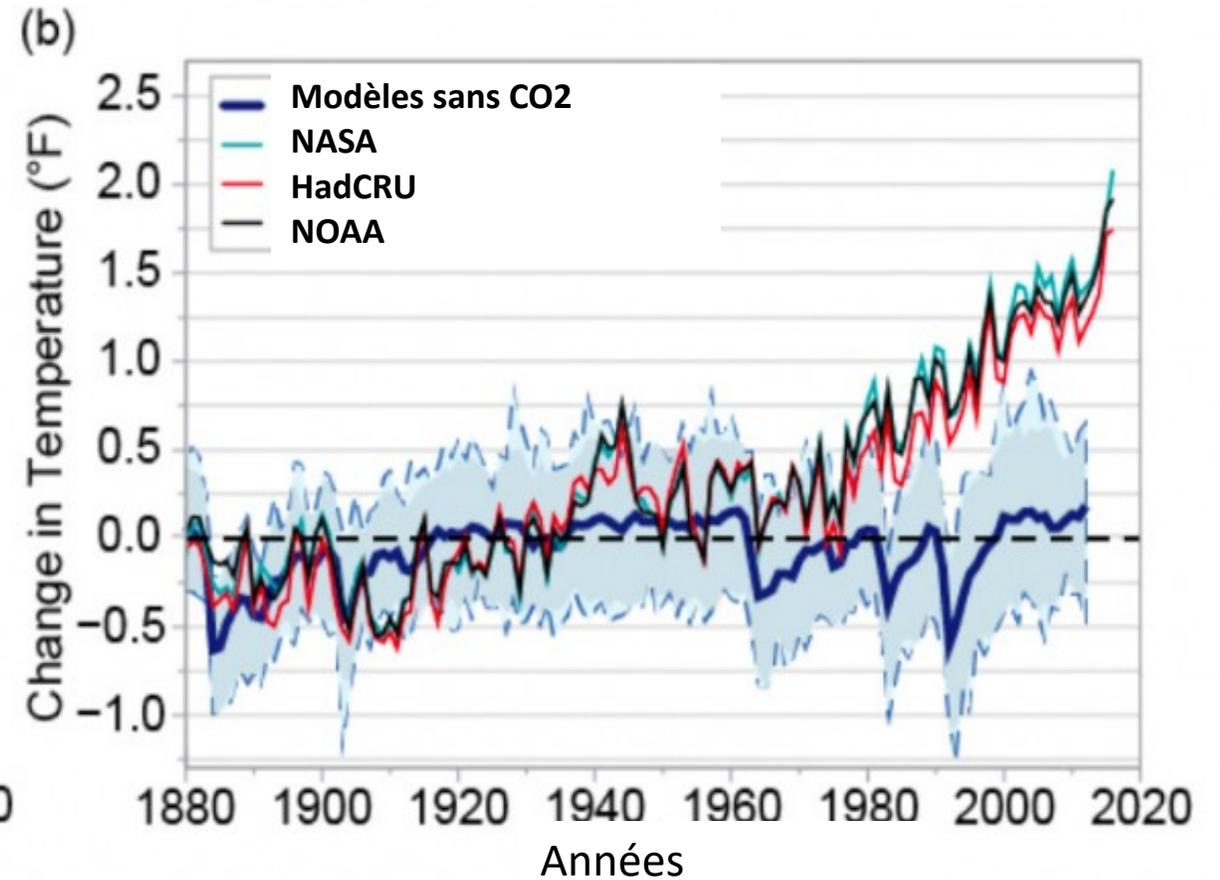
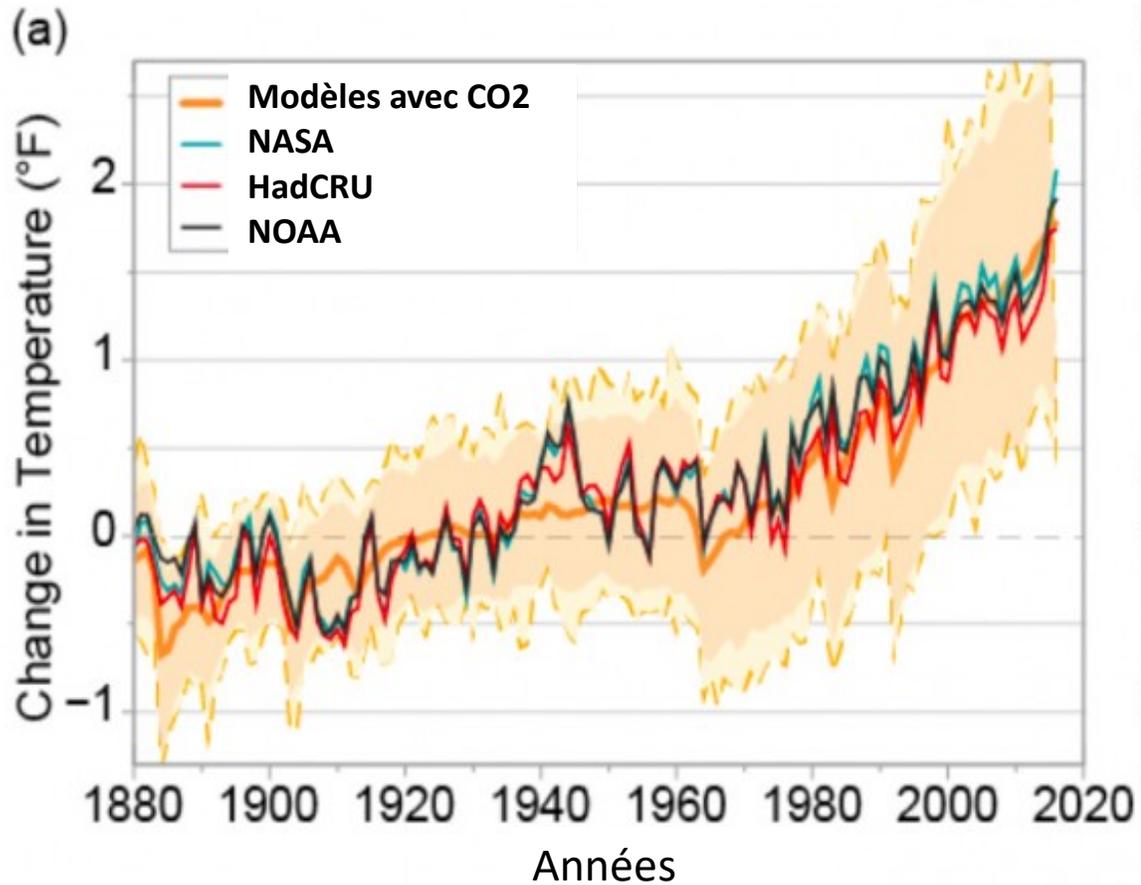
Le risque, c'est la rencontre d'un aléa climatique (ex. : tempête) pour un système exposé (ex. : maison proche des côtes) et vulnérable (ex. : digue de protection trop petite)



# Un climat qui se réchauffe...

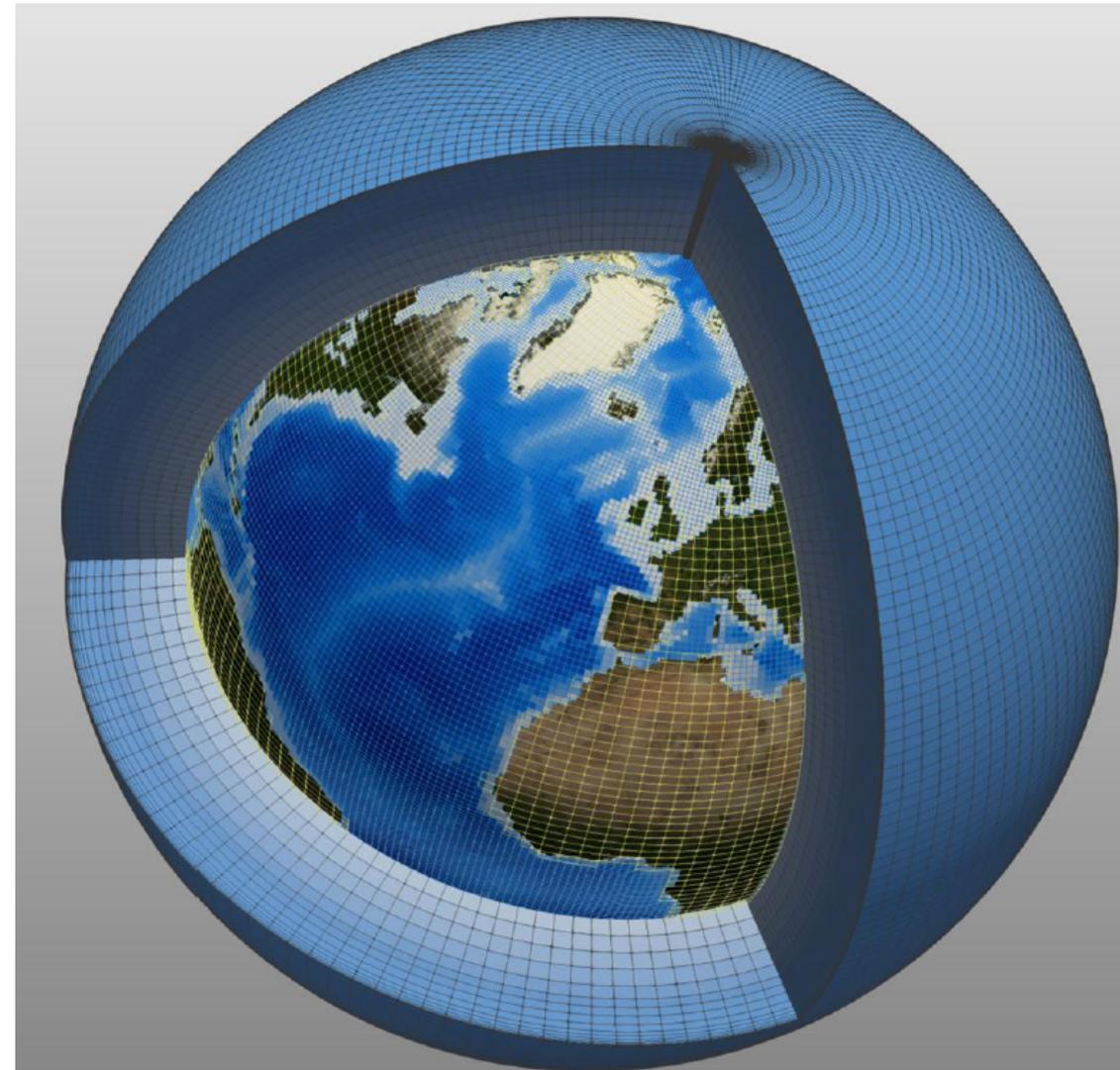
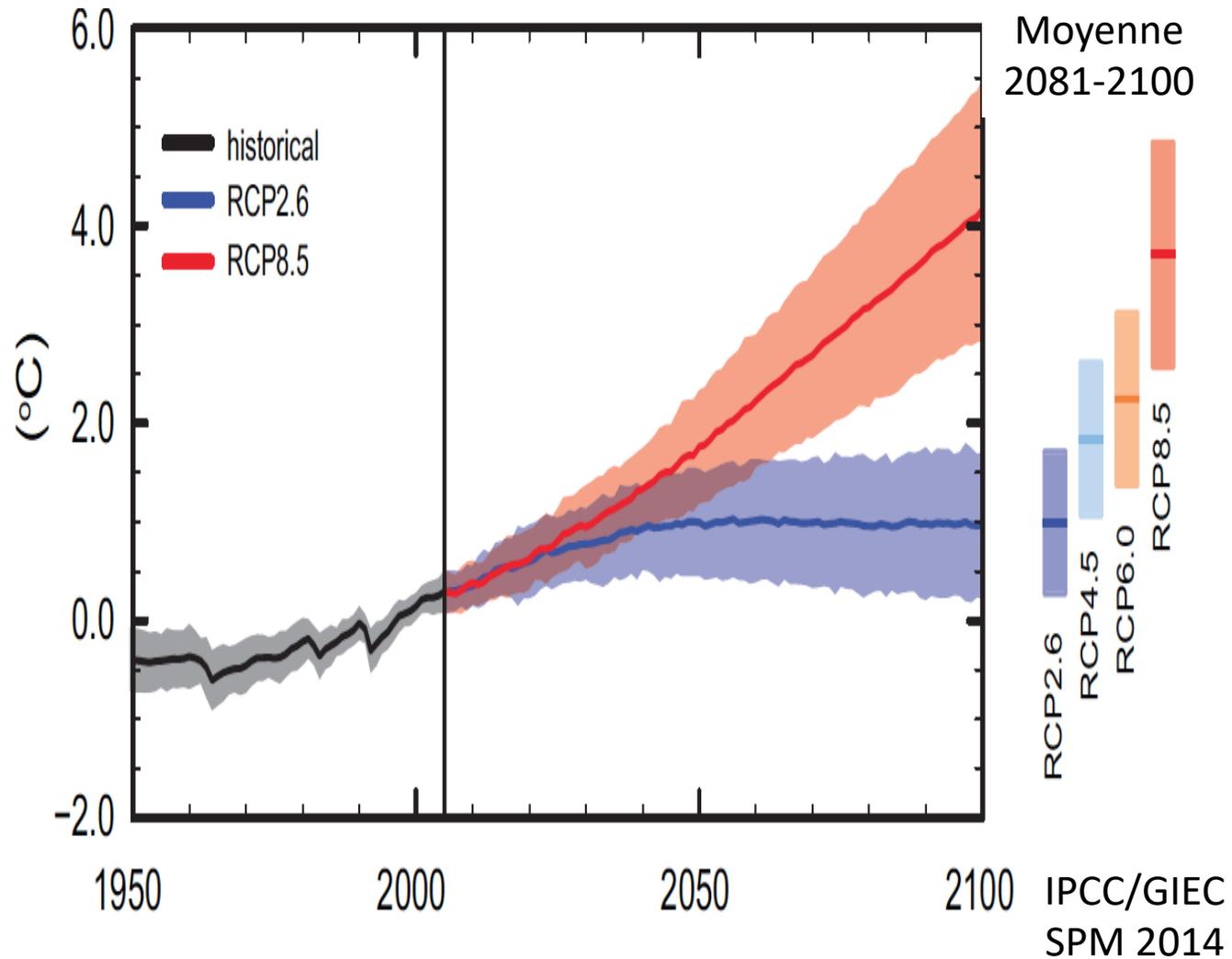


## Changement de température globale



# Projections climatiques

Température globale





Océan  
“physique”

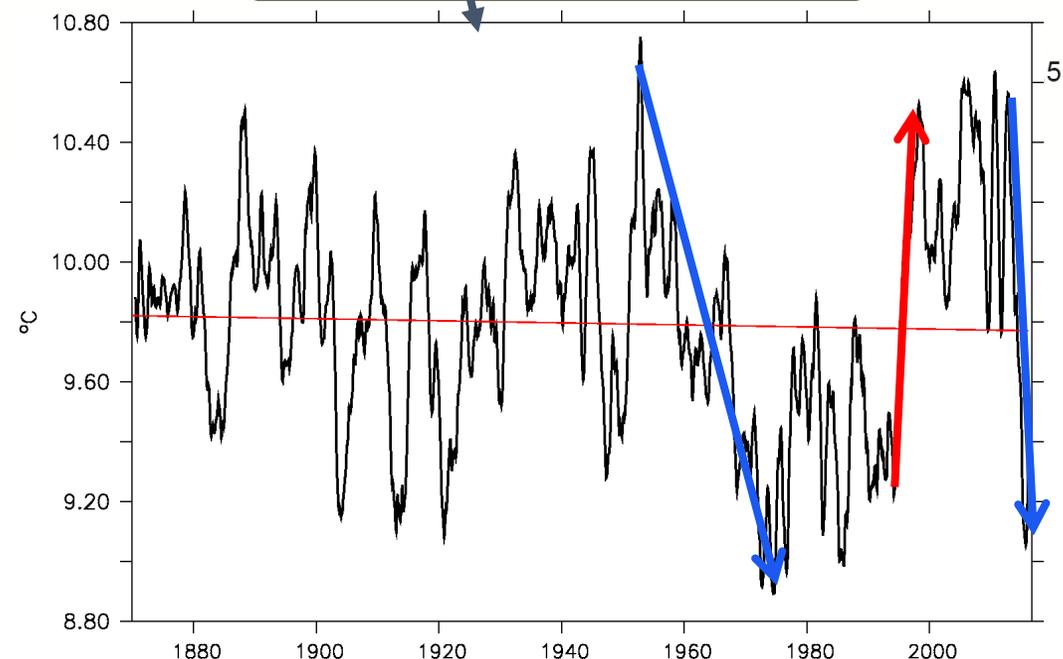
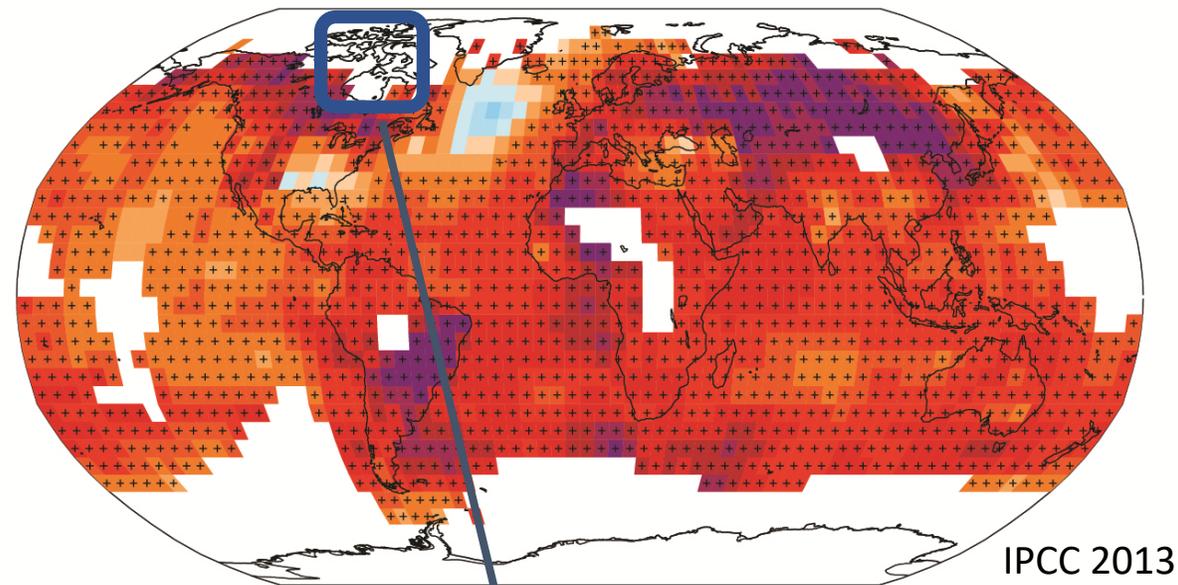
Photo: Marcos Fontela



## Un climat qui se réchauffe partout ?

- La plupart des régions se réchauffent très clairement
- L'Atlantique fait figure d'exception et voit même un léger refroidissement sur le siècle passé
- Cette tendance négative est surtout marquée par de grandes variations :
- Un refroidissement important dans les années 1960 et 1970
- Un réchauffement rapide en 1995
- Un refroidissement rapide vers 2010

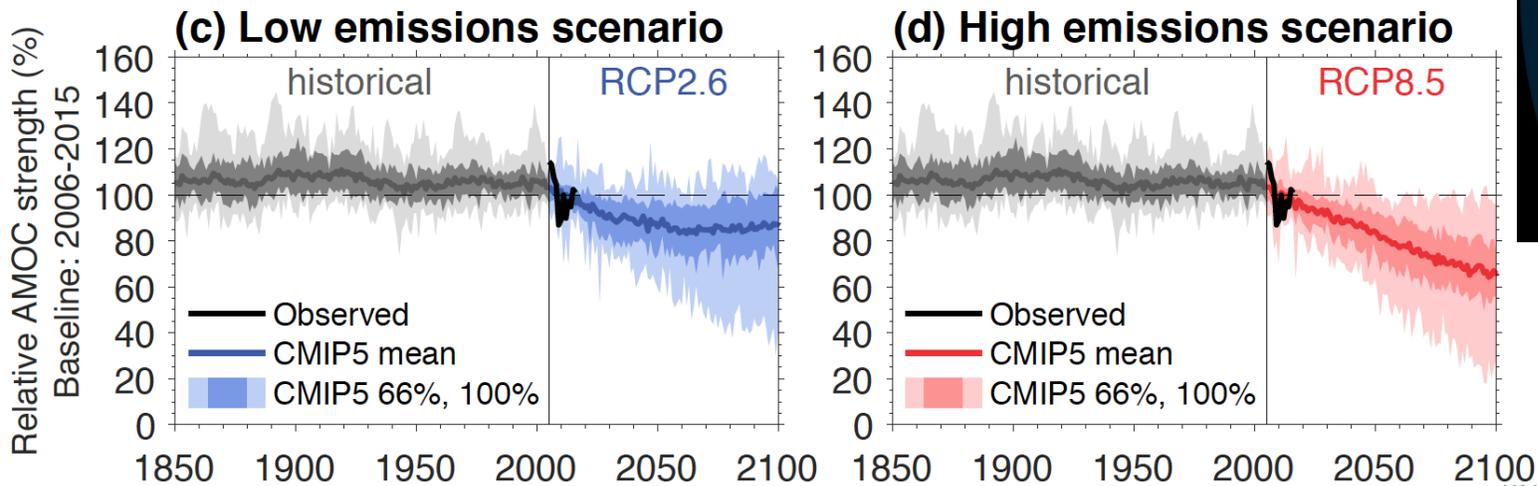
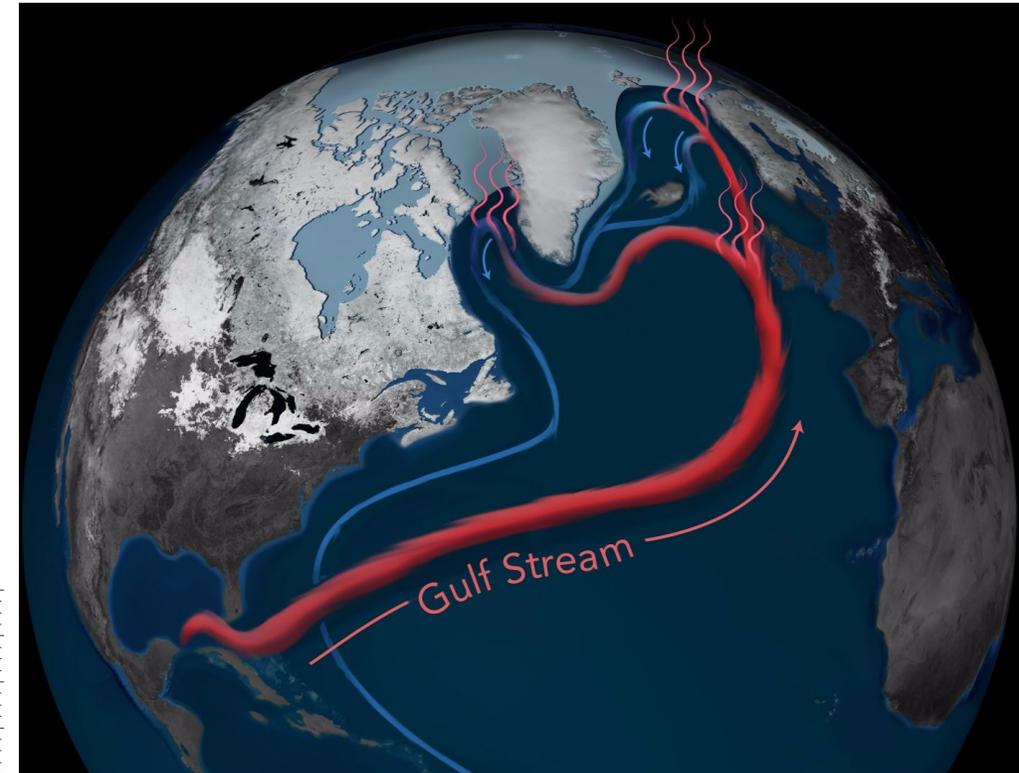
Tendance (1901-2012) de température de surface (HadCRUT4)





# Changement de circulation en Atlantique Nord

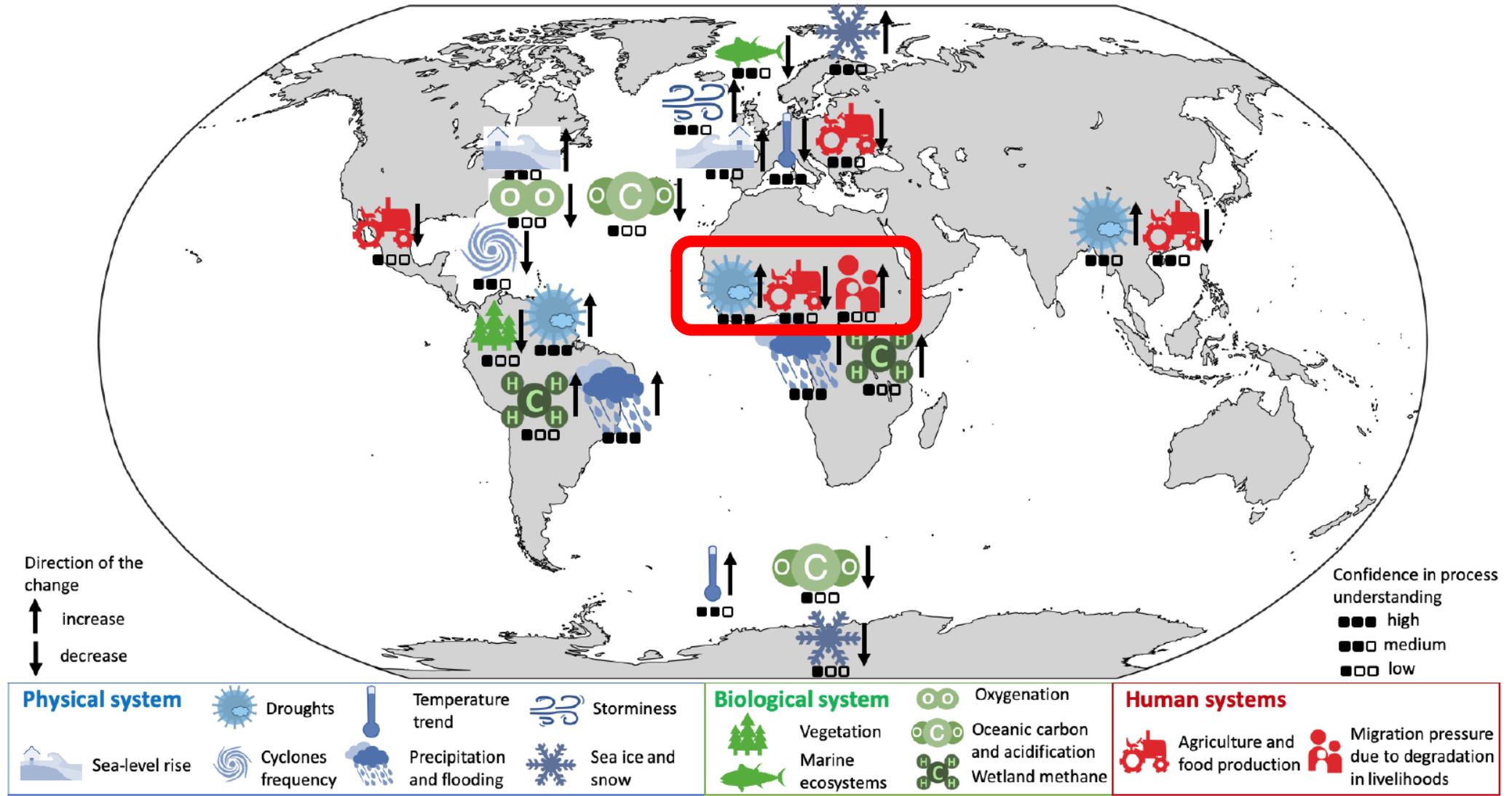
- La circulation en Atlantique Nord est peut être déjà en train de diminuer
- Cette diminution va se poursuivre quelque soit le scénario d'émission
- Le risque d'arrêt total croît avec les émissions





# Impacts associés

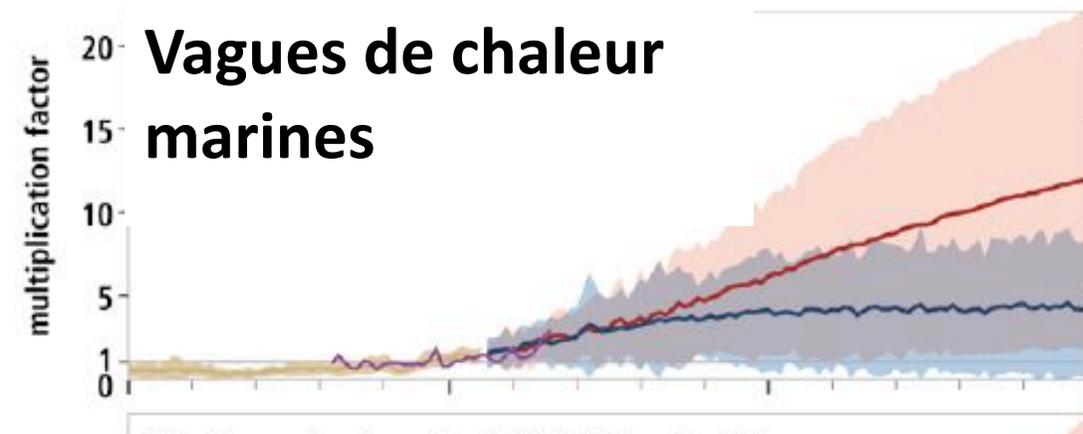
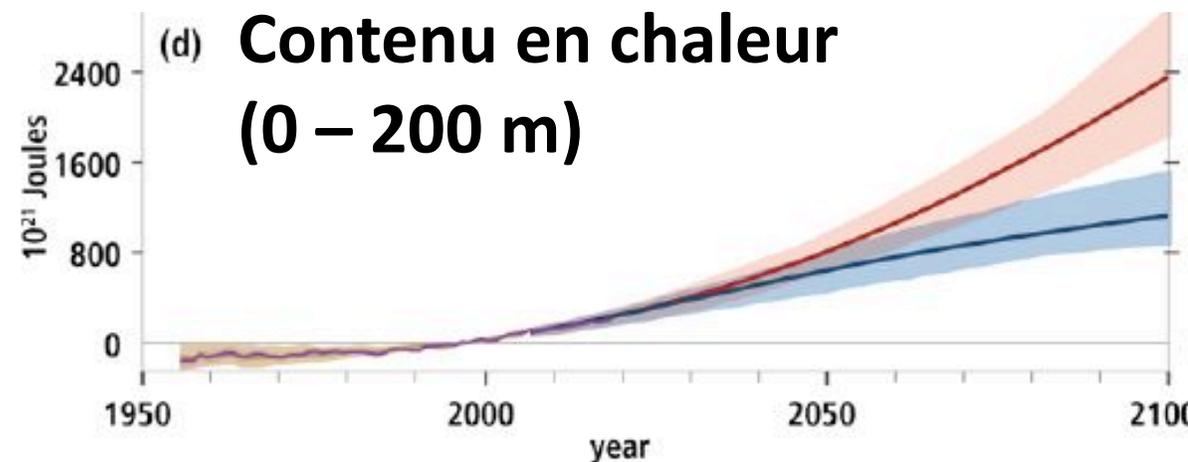
Impacts d'un changement substantiel de la circulation de retournement océanique





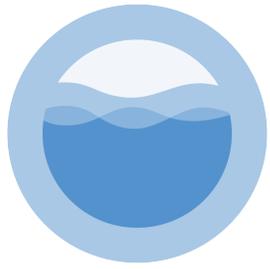
# Changement de température

- Jusqu'à présent, l'océan a absorbé plus de 90% de la chaleur excédentaire dans le système climatique.
- D'ici 2100, l'océan absorbera 2 à 4 fois plus de chaleur si le réchauffement planétaire est limité à 2°C et jusqu'à 5 à 7 fois plus si les émissions sont plus élevées.
- Les vagues de chaleur marines deviennent de plus en plus fréquentes et sévères

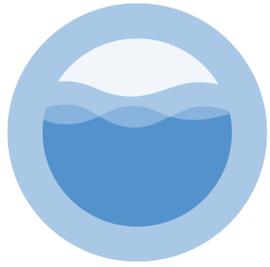




Vie marine



- La fréquence des vagues de chaleur marines 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.



# Changements géochimiques

Changements historiques (observés et/ou simulés) et projections selon les scénarios RCP2.6 et RCP8.5



Historique (observé)



Historique (simulé)

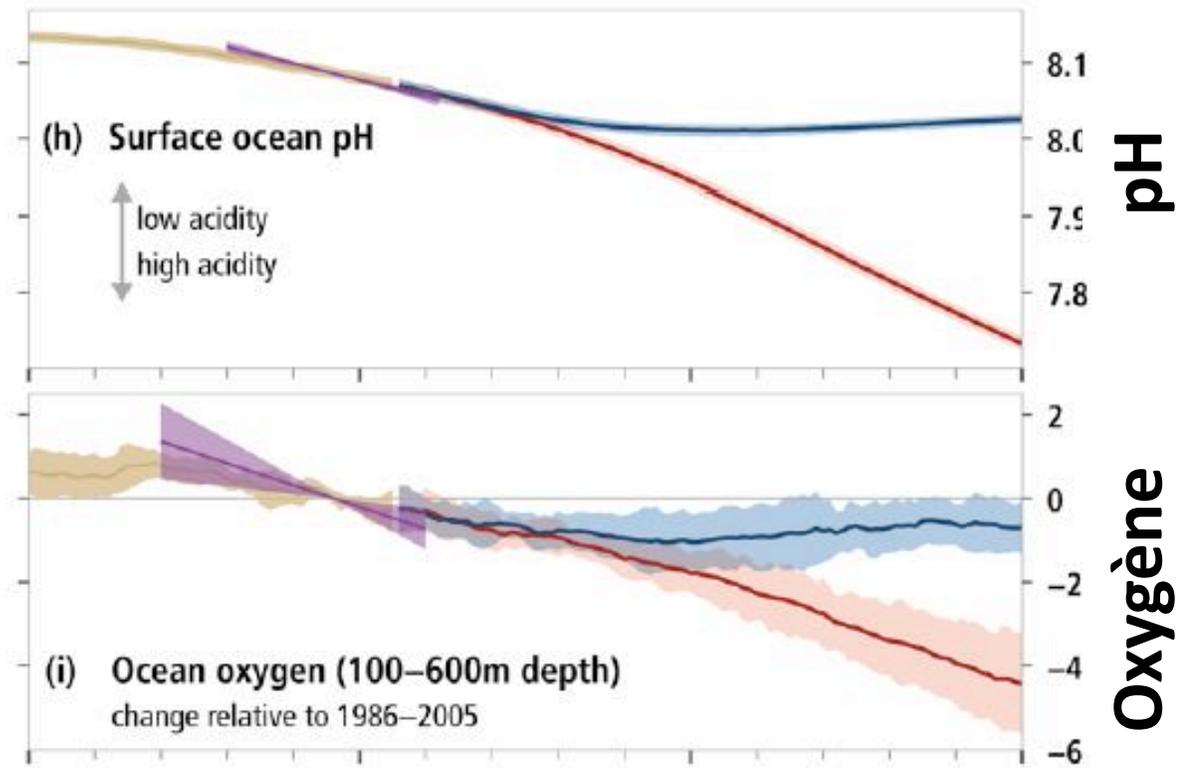


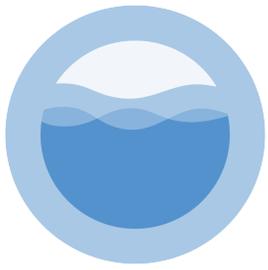
Projections RCP2.6



Projections RCP8.5

- En absorbant les émissions de carbone d'origine humaine, l'océan s'acidifie. Cela rend déjà plus difficile pour certaines espèces marines la construction de leurs coquilles et de leurs squelettes.
- L'océan a absorbé entre 20 et 30 % de nos émissions de dioxyde de carbone, et la poursuite de cette absorption exacerbera l'acidification des océans d'ici 2100.





# Un océan plus chaud, qui s'acidifie et qui perd de l'oxygène a des répercussions sur la vie marine, sa répartition et sa productivité.

Impacts régionaux observés dus a changement dans les océans et la cryosphère

Ocean	Arctic	EBUS <sup>1</sup>	North Atlantic	North Pacific	South Atlantic	South Pacific	Southern Ocean	Temperate Indian Ocean	Tropical Atlantic	Tropical Indian Ocean	Tropical Pacific
Température	●●	●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●
Oxygène		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
pH	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Banquise	●●●						●				
Niveau marin	●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
Colonne d'eau	●●	●	●●●	●●	●●	●●	●●	●	●●	●	●●
Coraux			●			●●●			●●●	●●●	●●●
Marais salant			●●	●●	●●	●●		●●	●●	●●	●●
Herbier sous marin	●●	●●	●●	●●	●	●		●			●
Côtes rocheuses			●●●	●●				●			
Océan profond				●							
Benthos polaire	●●						●●				
Biologie dans la glace de mer	●●						●●				
Pêcheries	●●	●	●●●	●	●	●	●	●	●●	●	●
Tourisme	●●	●		●		●	●	●	●		●
Habitation	●●	●	●●	●●	●	●●	●		●●	●●	●●
Transport	●●										
Culture	●●		●	●		●					
Séquestration carbone			●●	●●	●	●		●	●	●●	●

**LEGEND**

**Physical changes**

- increase
- decrease
- increase and decrease

**Systems**

- positive
- negative
- positive and negative

**no assessment**

**Attribution confidence**

- high
- medium
- low

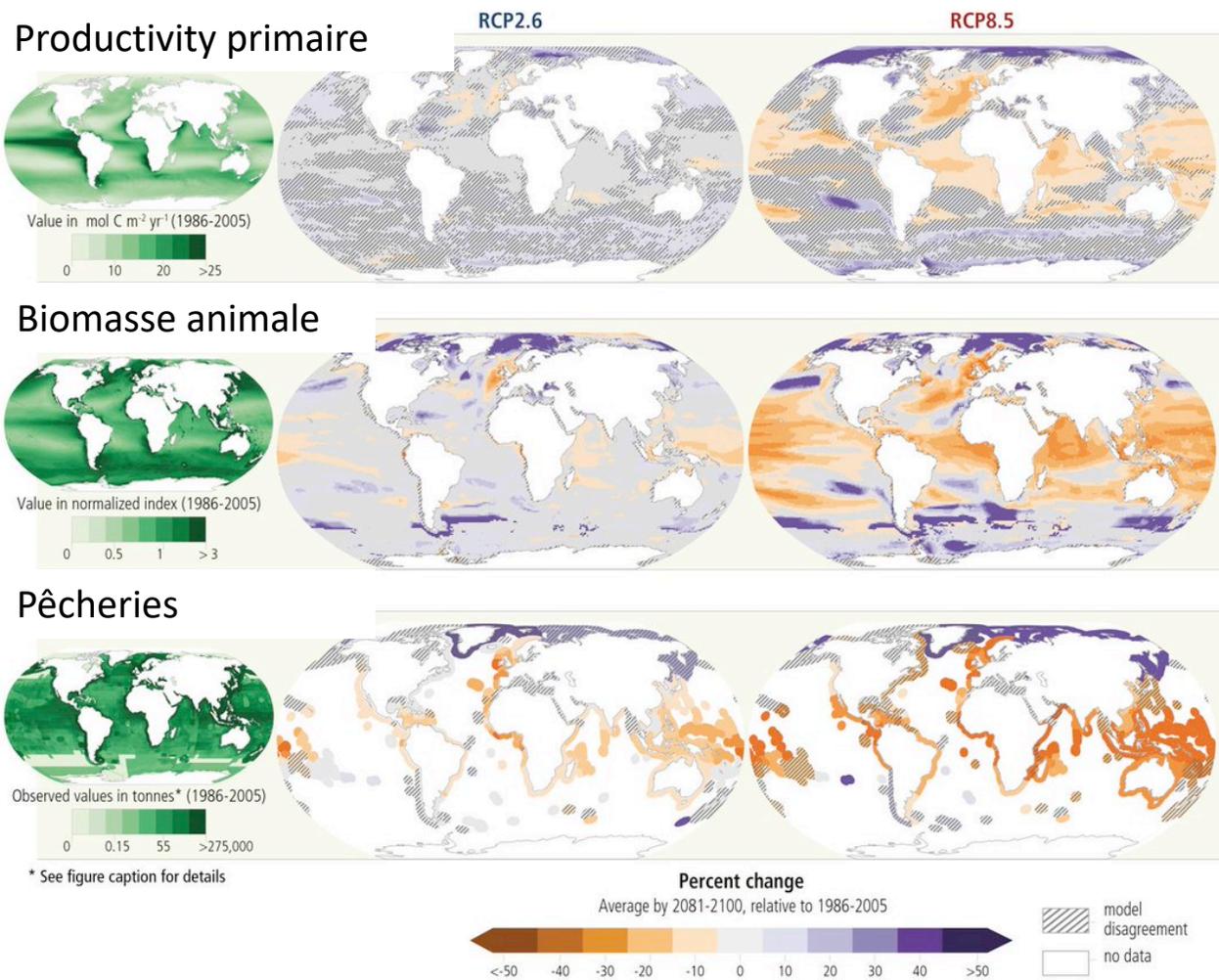
<sup>1</sup> Eastern Boundary Upwelling Systems (Benguela Current, Canary Current, California Current, and Humboldt Current); {Box 5.3}

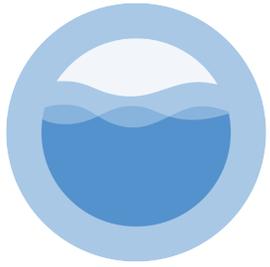


# Biomasse marine

- Les changements dans l'océan entraînent des changements dans la répartition des populations de poissons. Cela a réduit le potentiel de pêche. Cette baisse se poursuivra dans les tropiques. Par contre, il y aura une augmentation en Arctique.
- Les communautés qui dépendent fortement des produits de la mer peuvent être confrontées à des risques pour leur santé nutritionnelle et leur sécurité alimentaire.

Changements projetés et risques pour les écosystèmes océaniques en résultat du changement climatique





# 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
- En ce sens, ils sont particulièrement vulnérables au réchauffement de l'eau
- Fort risque de disparitions dans de nombreuses régions



# Sensibilité au niveau de réchauffement

Impacts et risque pour les écosystèmes océaniques selon le niveau de réchauffement

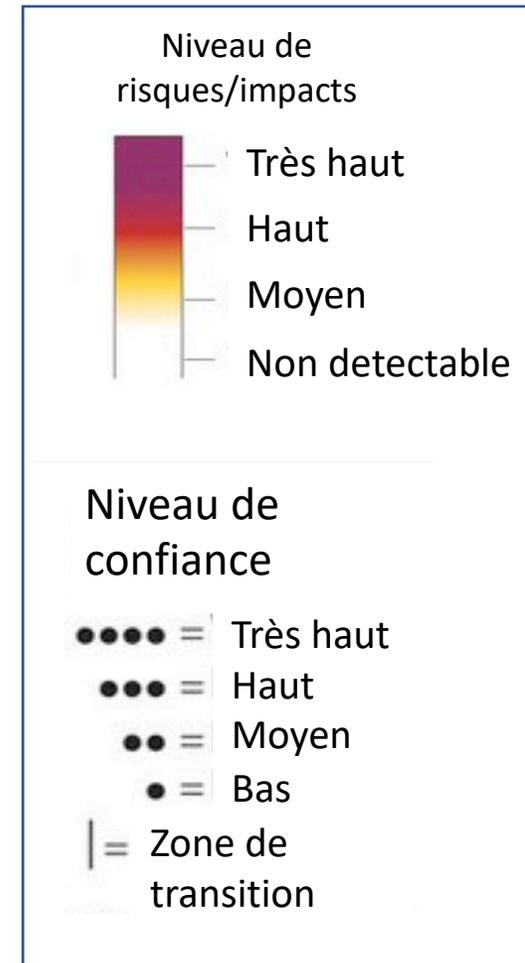
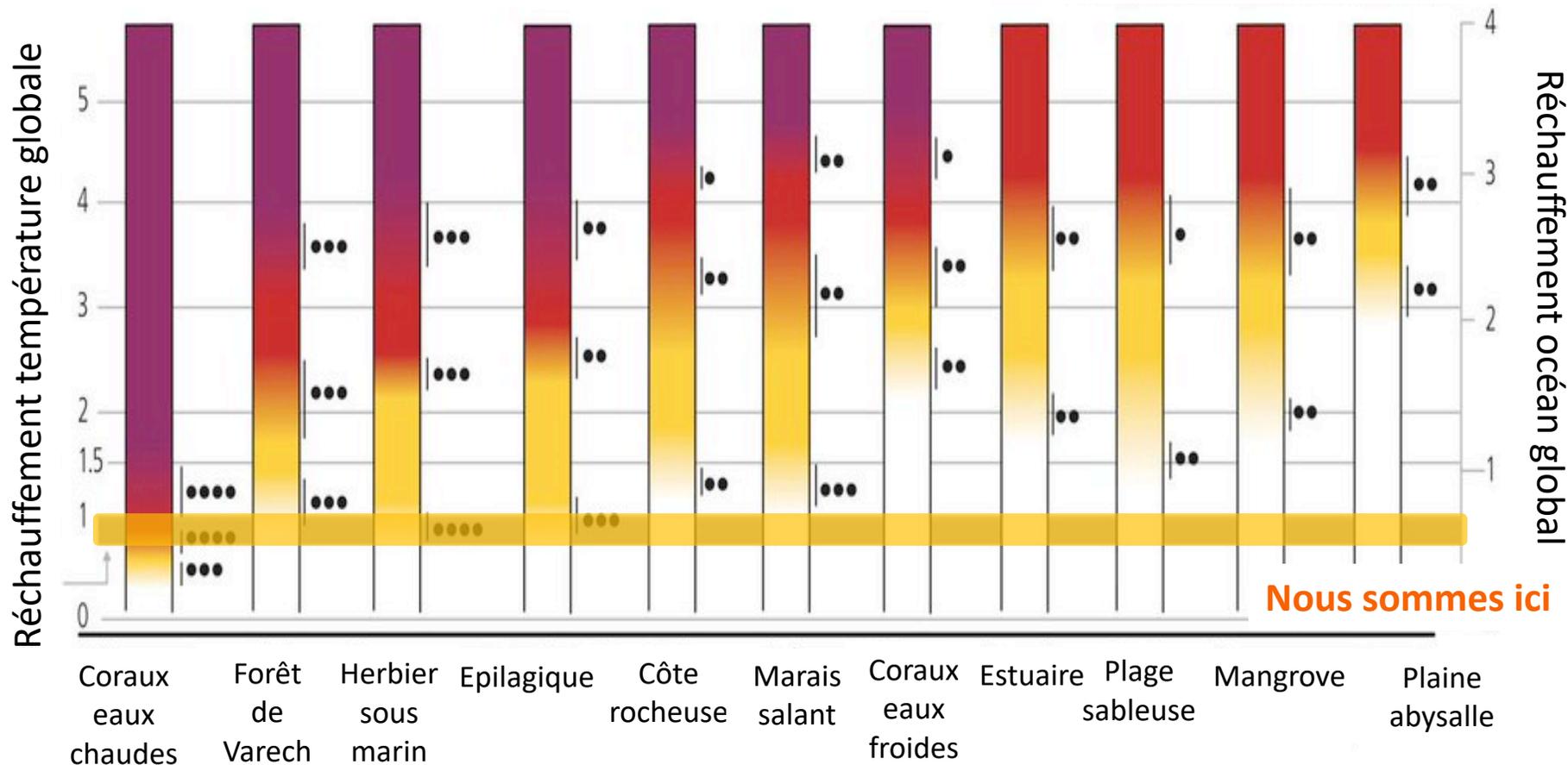


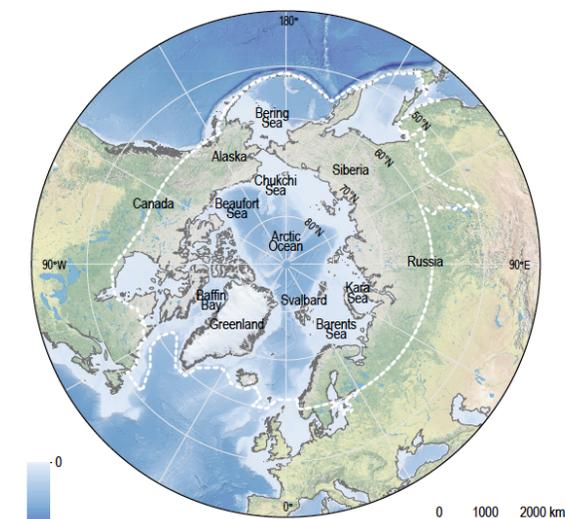


Photo: Jess Melbourne Thomas

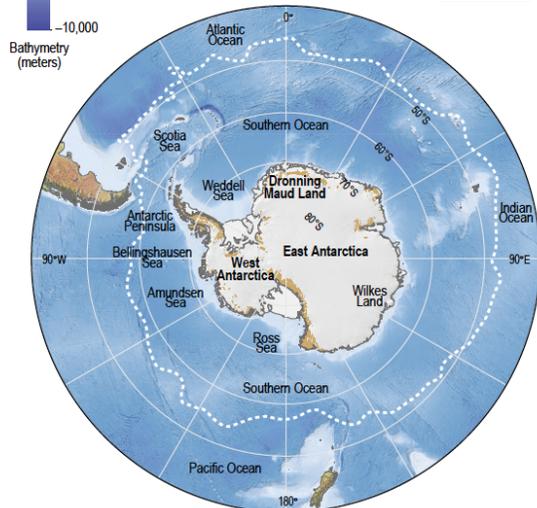
Régions polaires



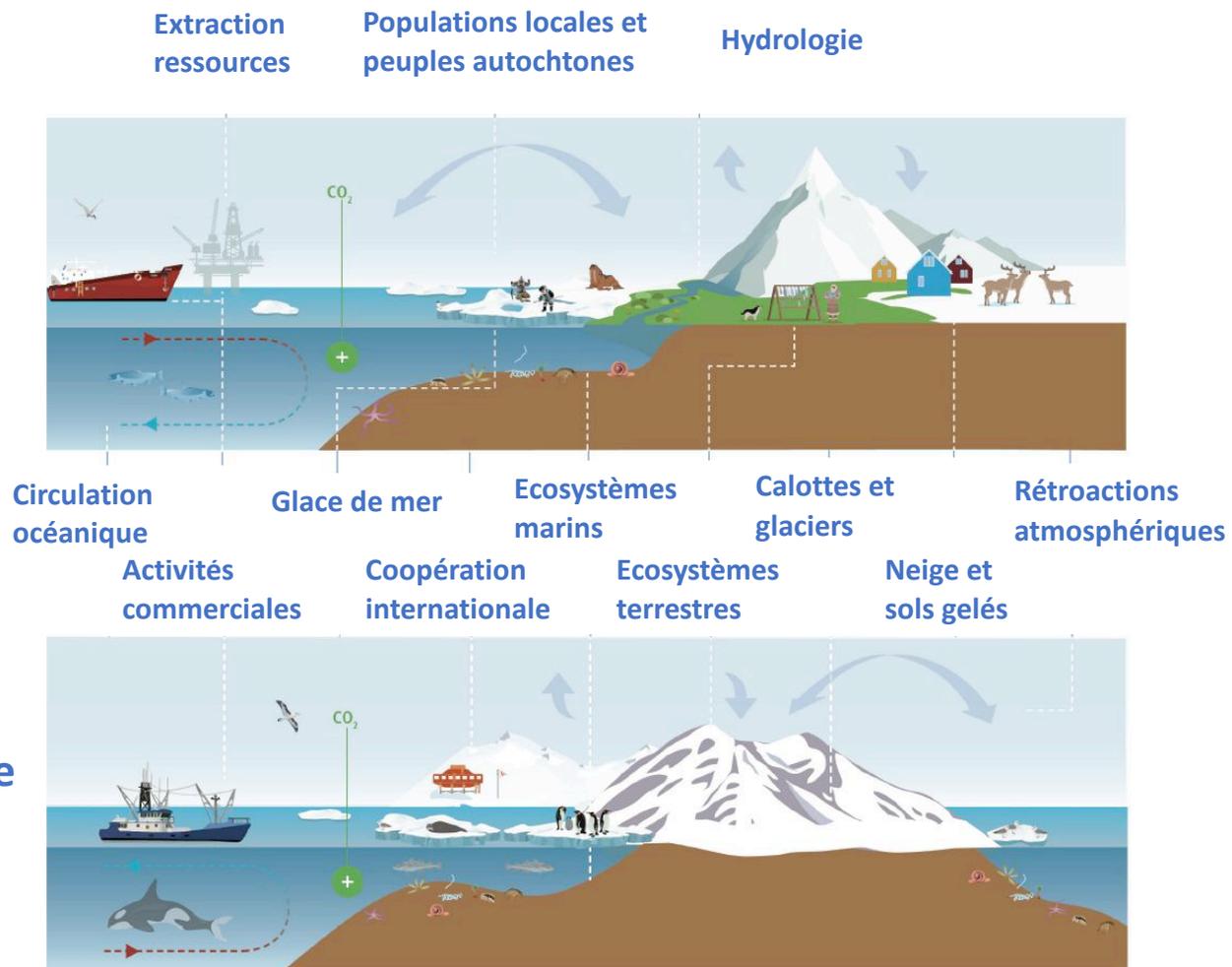
# Changements dans les régions polaires



Arctique



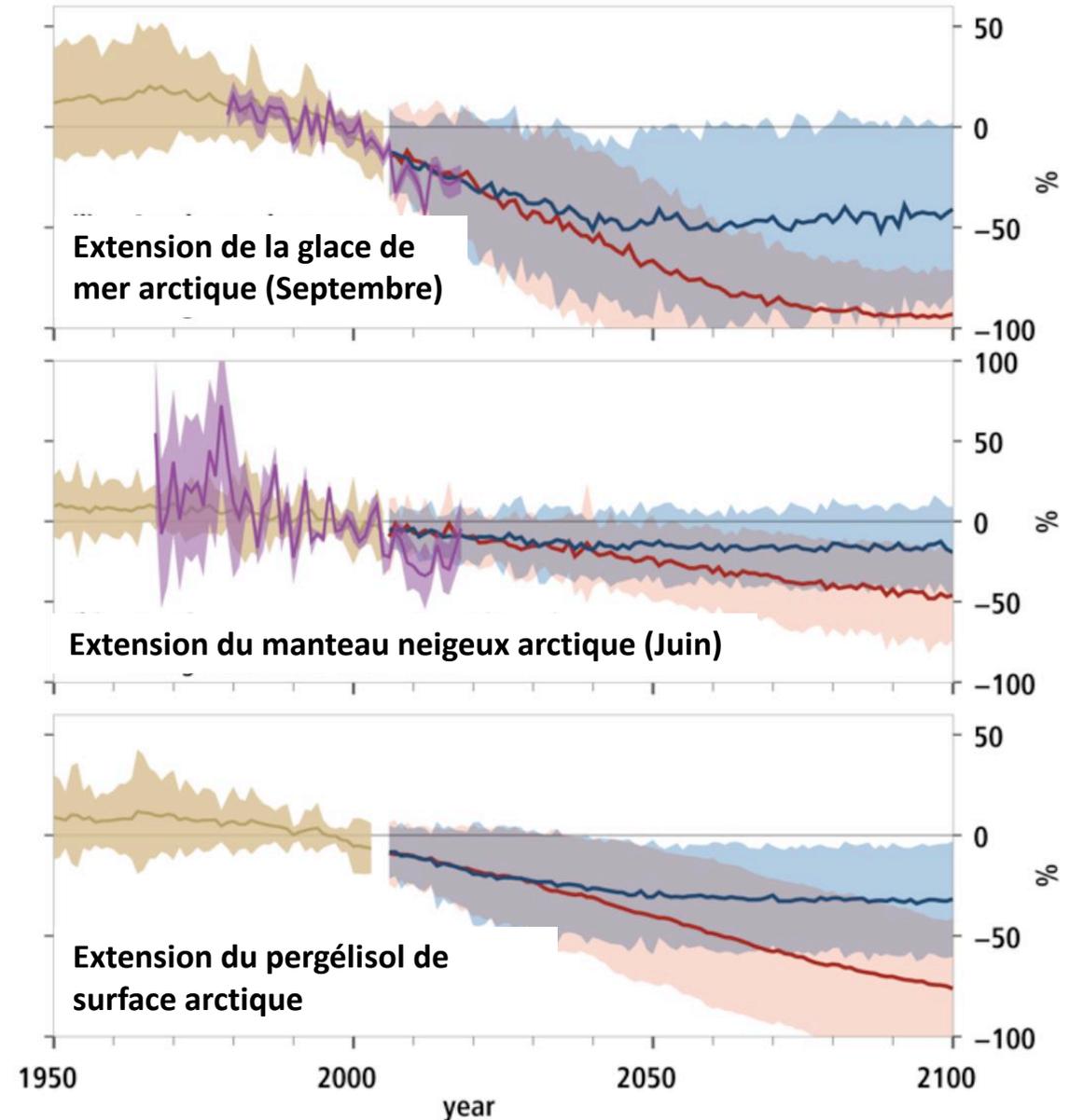
Antarctique





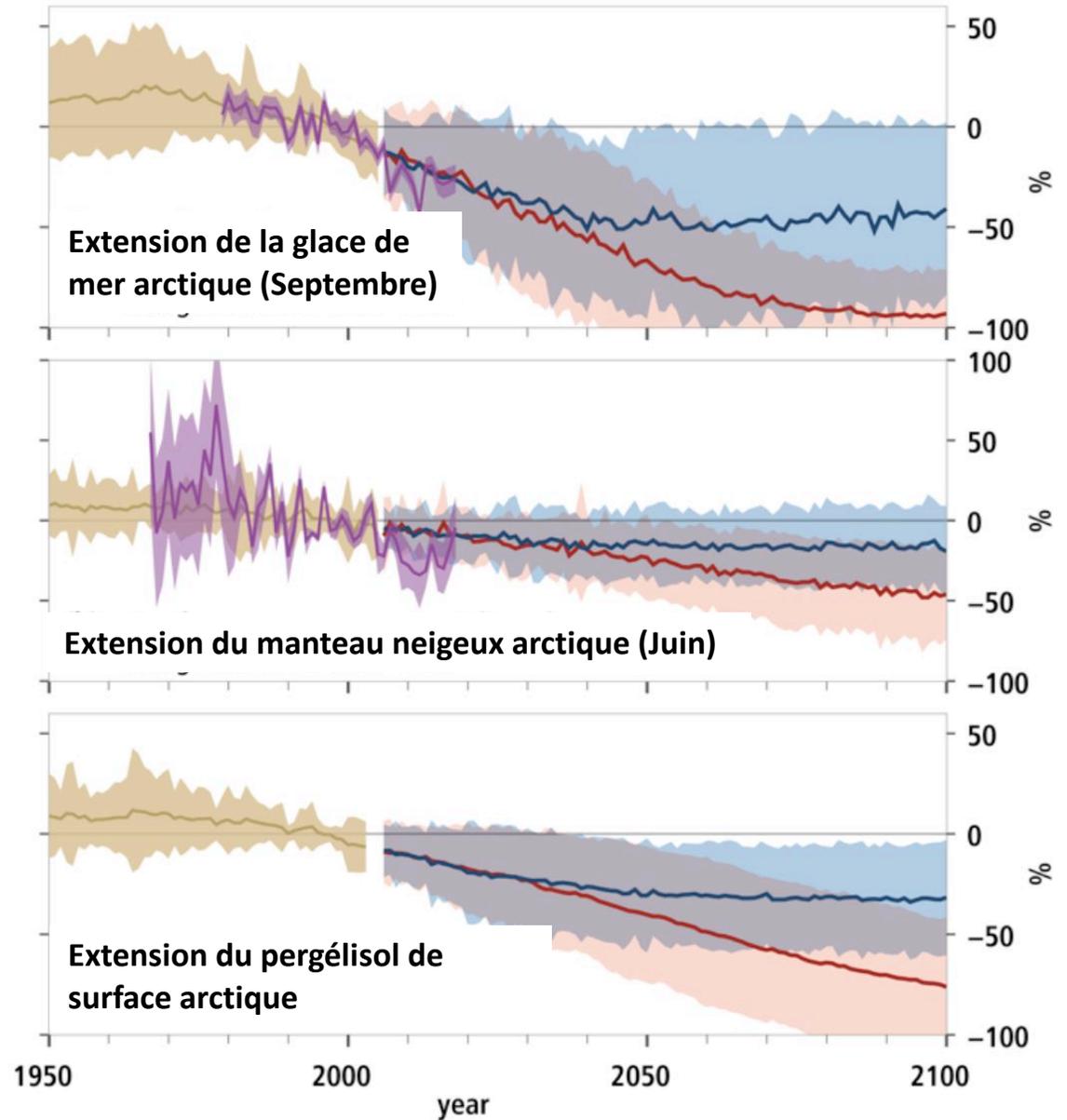
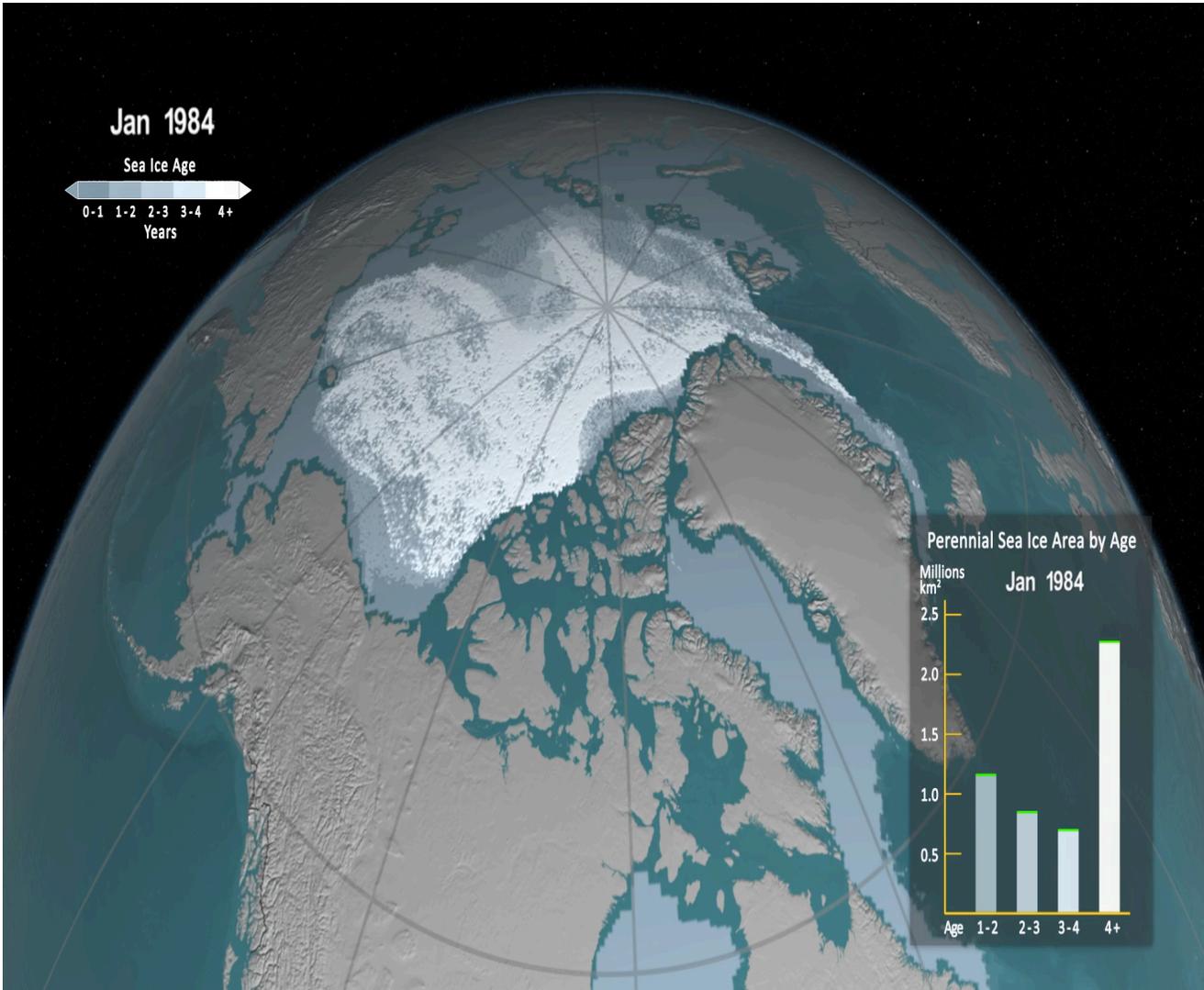
# Changements dans les régions polaires

- Le permafrost/ 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 planétaire largement inférieur à 2°C, environ un quart du permafrost de surface fondra d'ici 2100. Si les émissions continuent à croître, environ 70% du permafrost de surface pourra être perdu.





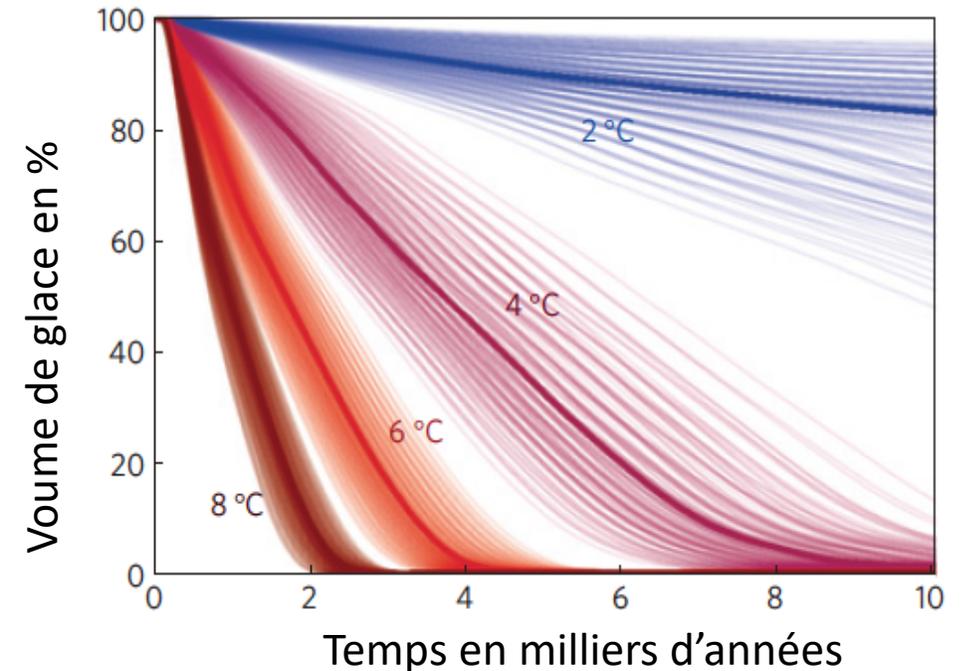
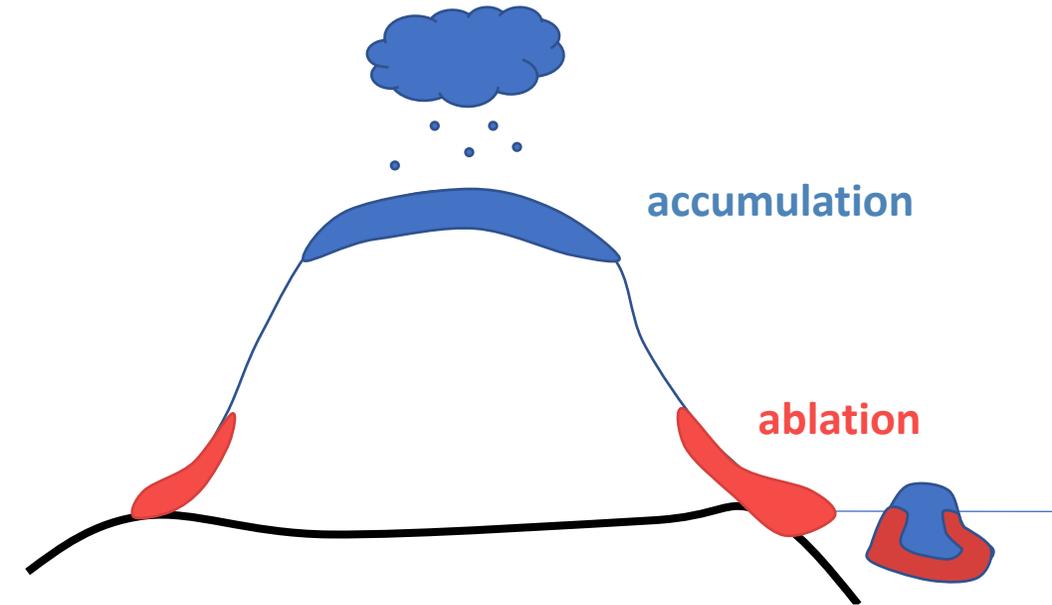
# Changements dans les régions polaires





# 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 centaine à milliers d'années.



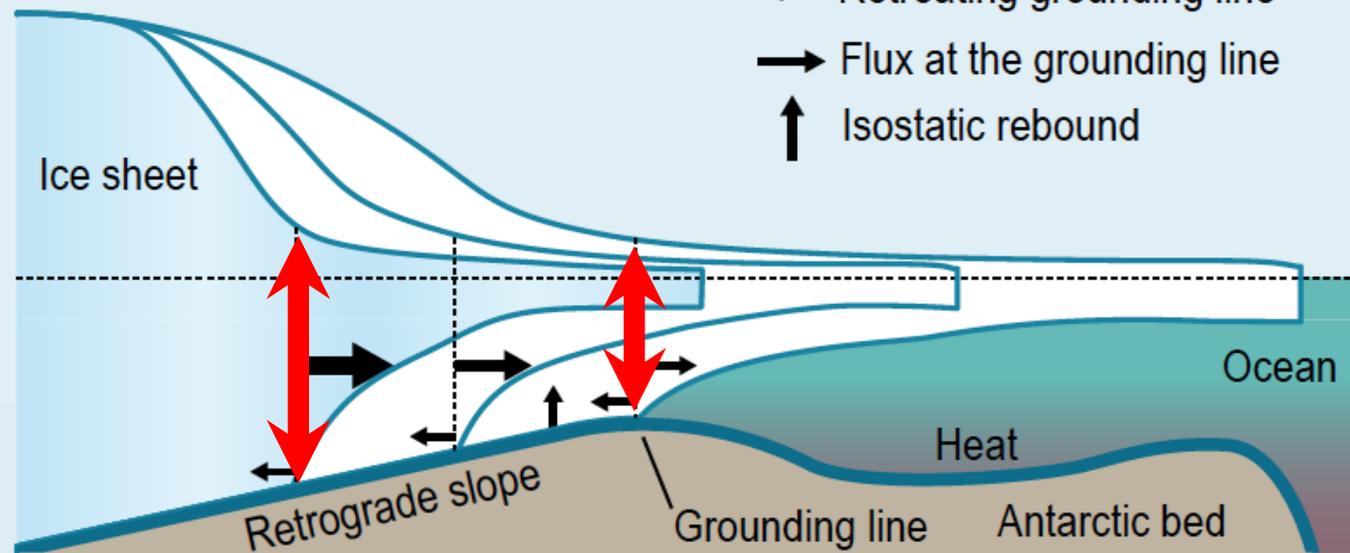


# Antarctique

- 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

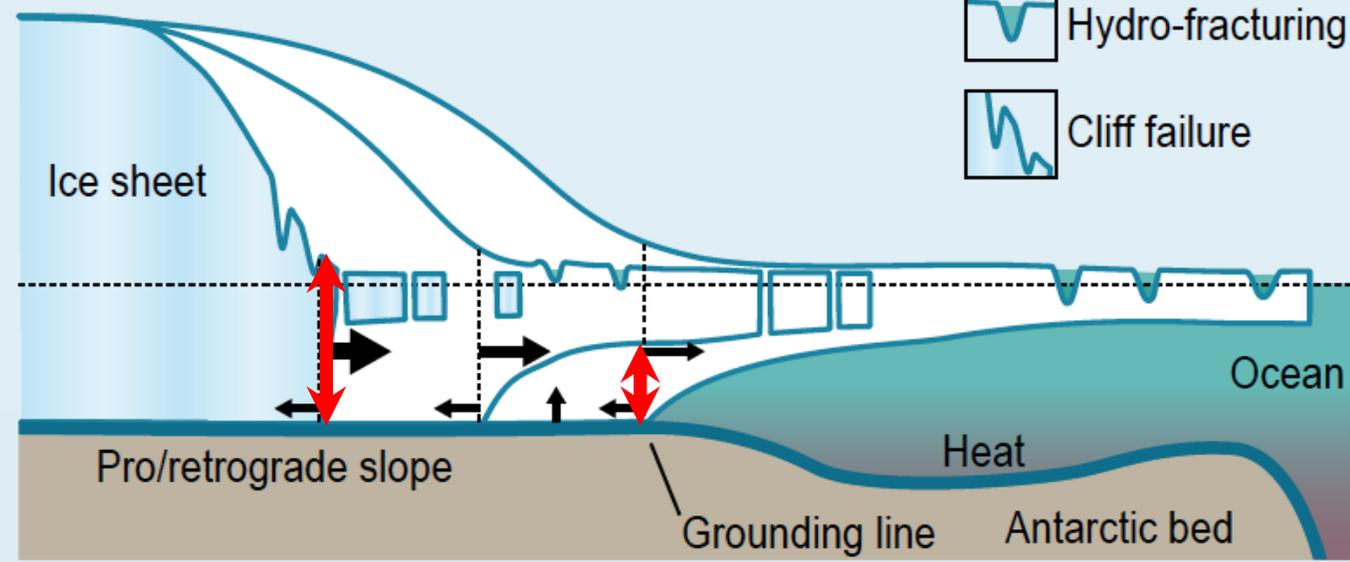
(a) Marine Ice Sheet Instability (MISI)

Retrograde slope

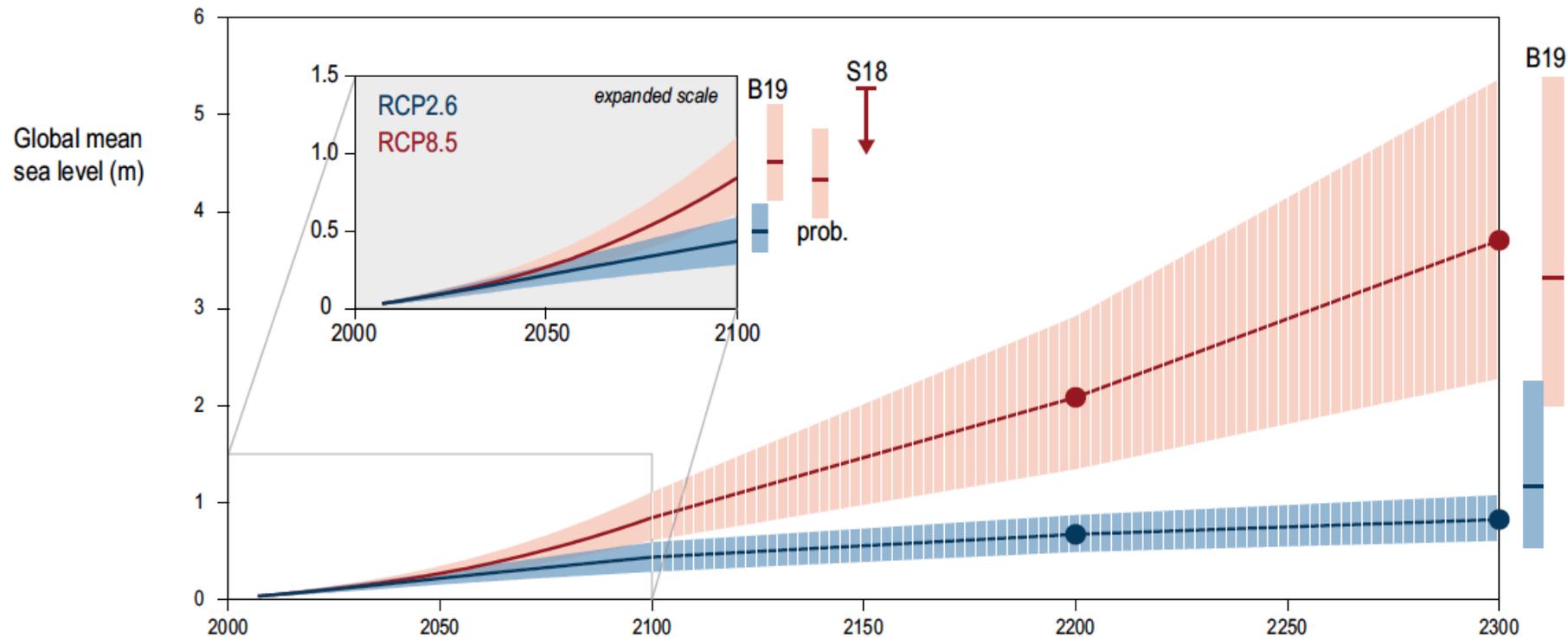


(b) Marine Ice Cliff Instability (MICI)

Pro/retrograde slopes



# Impact sur le niveau marin



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

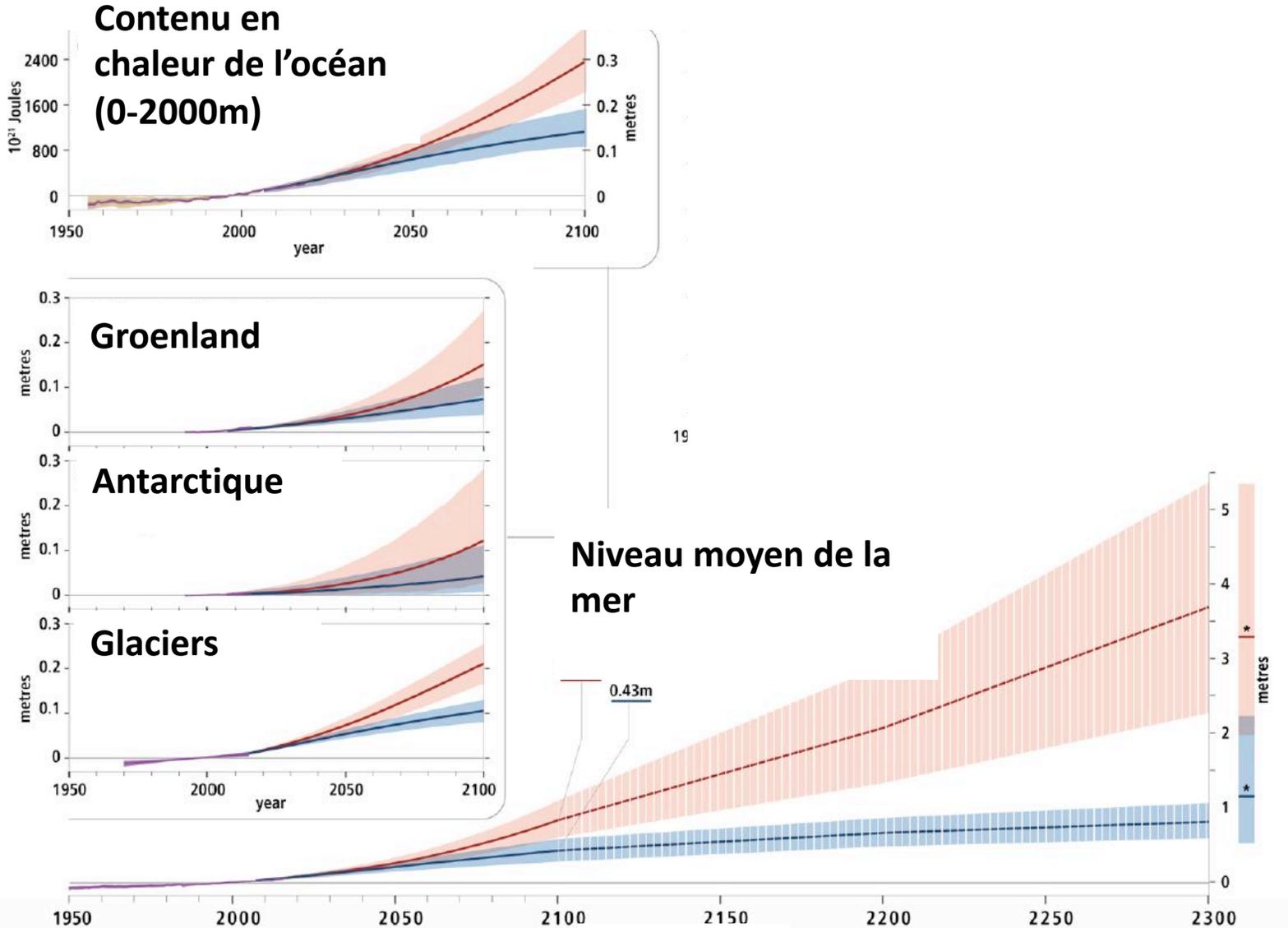


Photo: Glenn R. Specht

Hausse du  
niveau des  
mers

# Changements historiques (observés et/ou simulés) et projections selon les scénarios RCP2.6 et RCP8.5

■ Historique (observé)   
 ■ Historique (simulé)   
 ■ Projections RCP2.6   
 ■ Projections RCP8.5



- 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.



# Hausse du niveau des mers et événements extrêmes sur les côtes

- Les événements extrêmes du niveau de la mer, qui se produisent maintenant rarement (typiquement une fois par siècle) pendant les fortes marées et les fortes tempêtes, deviendront plus fréquents (typiquement une fois par an, pour des tempêtes moins intenses).
- Au cours du siècle, et sans efforts majeurs d'adaptation, de nombreux littoraux seront exposés à des risques élevés de submersion marine, d'érosion côtière et de salinisation des sols.

# Impacts en Aquitaine



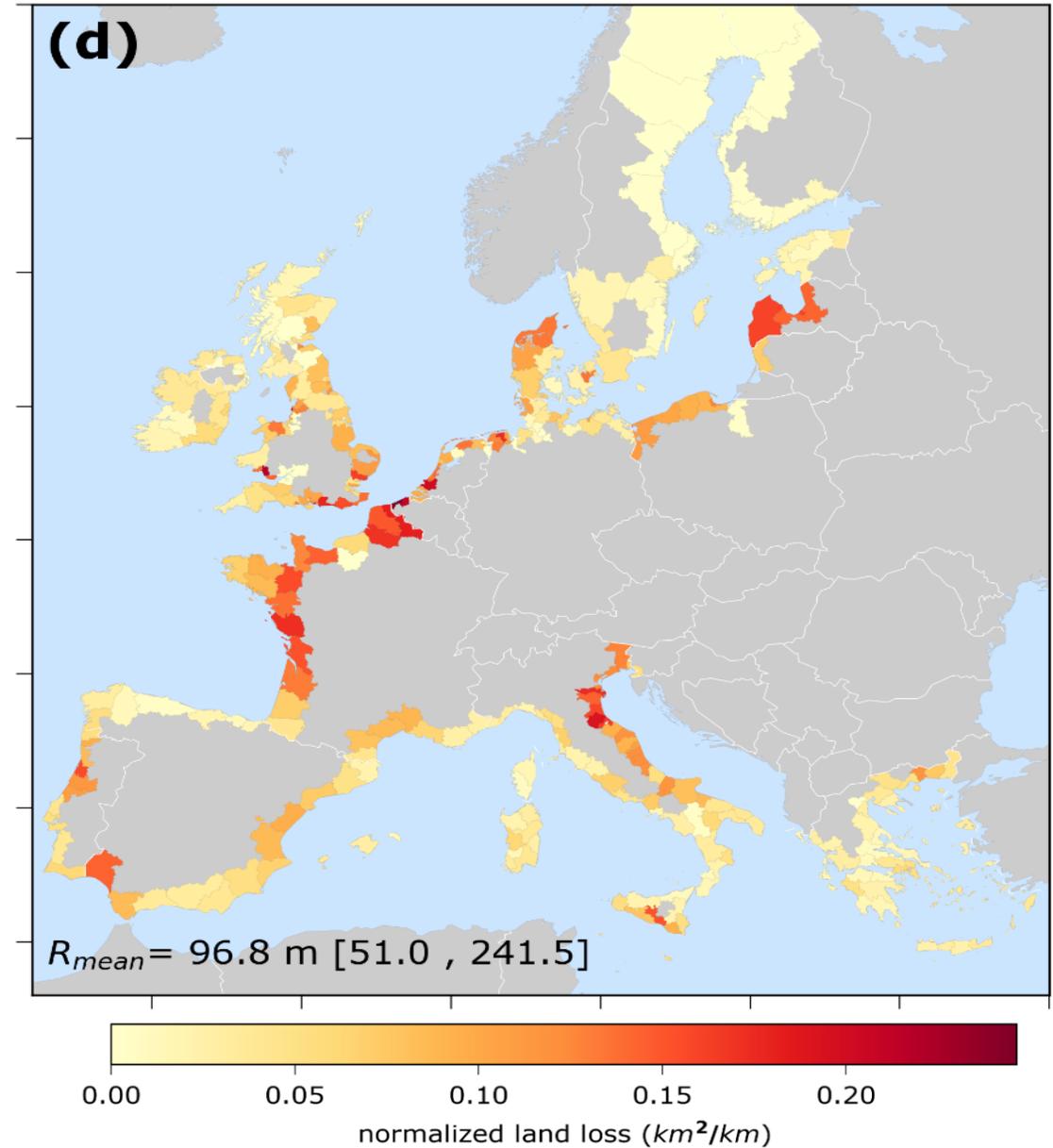
- Rapports Acclimatera disponibles gratuitement en ligne
- Agriculture, viticulture
- Forêt
- Conchiliculture (acidification, vague de chaleur marine), pêche...
- Niveau marin, érosion...



# 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



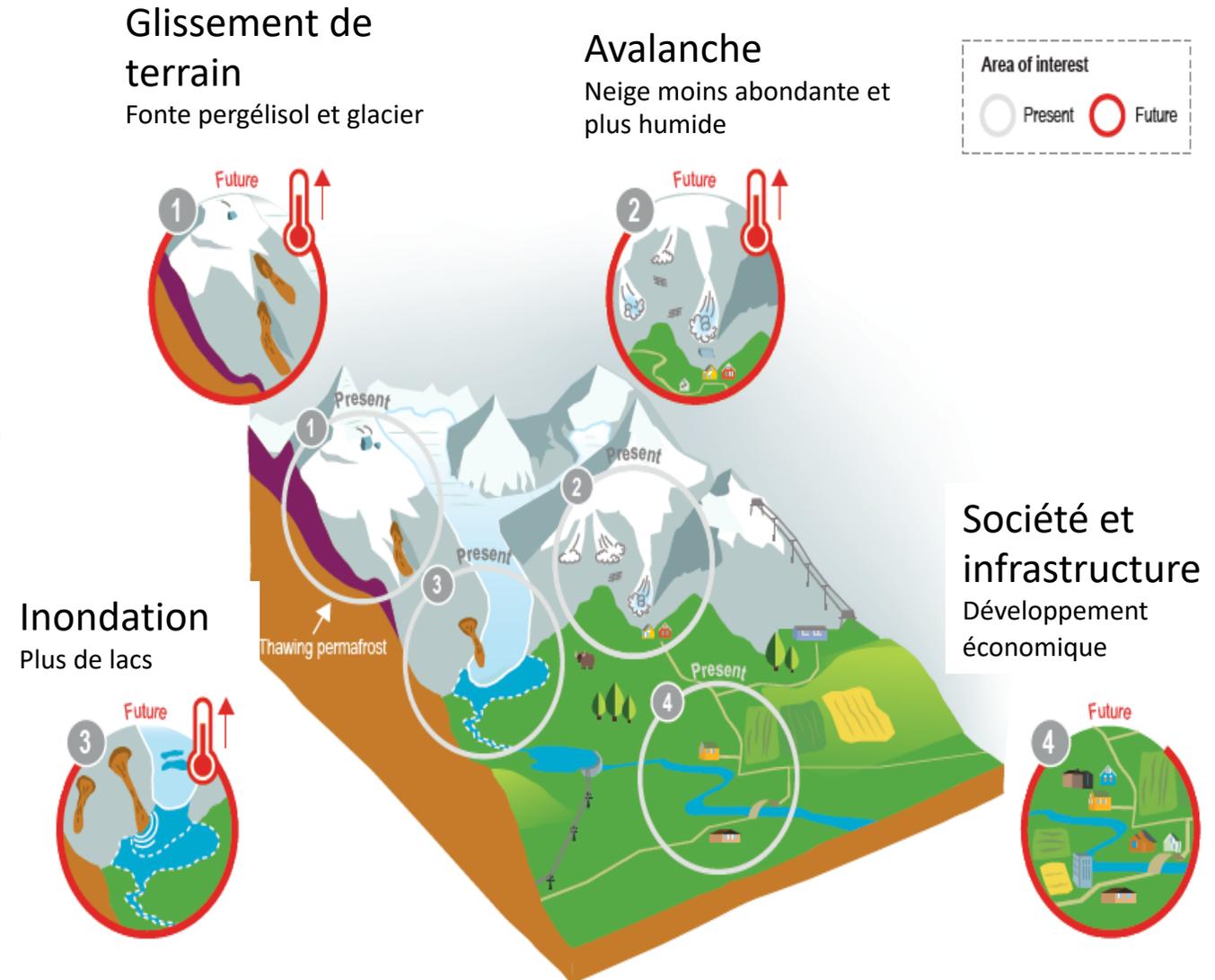
An aerial photograph of a mountain valley. In the foreground, there are terraced green fields. A small village with white and grey buildings is situated on a hillside. A wide, light-colored river flows through the valley. In the background, there are large, rugged mountains, some with snow-capped peaks under a clear blue sky.

670 millions de personnes

Hauts  
montagnes

# Des changements complexes en montagne

- Les glaciers, la neige, la glace et le pergélisol sont en déclin et continueront à diminuer.
- Cela affecte les risques naturels locaux : glissements de terrain, éboulements, avalanches, inondations, et la biodiversité.
- L'emplacement et la saison d'occurrence des risques sera modifiée.
- L'évolution de la disponibilité de l'eau pour les ménages, l'agriculture et l'énergie n'affectera pas seulement les populations de ces régions de haute montagne, mais aussi les communautés situées largement en aval.



# Les effets observés du recul de la cryosphère terrestre

## Hautes montagnes et régions polaires

	Himalaya, Tibetan Plateau and other High Mountain Asia <sup>2</sup>	Low Latitudes <sup>3</sup>	Southern Andes	New Zealand	Western Canada and USA	European Alps and Pyrenees	Caucasus	Scandinavia <sup>4</sup>	Iceland	Russian Arctic	Alaska <sup>5</sup>	Arctic Canada and Greenland	Antarctica
Disponibilité en eau	●●●	●●●	●●		●●●	●●●	●	●●	●●	●●	●●●		
Inondation	●				●	●	●						
Glissement terrain	●			●	●	●●●		●	●		●●		
Avalanche	●					●●	●						
Affaissement sol										●●	●●	●●	
Toundra	●●●	●			●●	●●		●●		●●	●●	●●	●
Forêt	●●				●●					●●	●●	●●	
Lac										●	●	●	
Rivière		●	●	●	●●	●●●			●	●	●	●	
Tourisme	●●	●		●	●●	●●●	●	●	●		●		
Agriculture	●●	●	●					●					
Infrastructure	●●●					●●●				●●	●●	●●	
Migration	●	●									●●		
Culture	●●	●●			●	●●●		●		●	●	●●	

### LEGEND

Physical changes

●	increase
●	decrease
●	increase and decrease

### Systems

●	positive
●	negative
●	positive and negative

□	no assessment
---	---------------

### Attribution confidence

●●●	high
●●	medium
●	low

**Les régions relativement peu englacées, par exemple l'Europe, l'Afrique de l'Est, les Andes tropicales et l'Indonésie devraient perdre plus de 80% de leur masse glaciaire actuelle d'ici 2100 si les émissions de gaz à effet de serre continuent à augmenter fortement.**

**La disparition de nombreux glaciers est inéluctable au cours du 21<sup>ème</sup> siècle.**

**Le recul de la cryosphère de haute montagne continuera à avoir des effets négatifs sur l'identité culturelle, les loisirs, le tourisme.**

**limiter le réchauffement au niveau le plus bas possible aiderait les gens à s'adapter aux changements dans l'approvisionnement en eau et à limiter les risques liés aux aléas en montagne.**

**La gestion intégrée de l'eau et la coopération transfrontalière offrent des possibilités de faire face aux impacts de ces changements sur les ressources en eau.**

**La diversification touristique limite les impacts négatifs de la baisse de l'enneigement sur l'industrie du ski.**

**L'océan et la cryosphère –**

**Nous dépendons d'eux.**

**Ils sont sous pression.**

**Leurs changements affectent nos vies.**

**Il est urgent d'agir.**

Plus nous agirons **rapidement** et de manière décisive, plus nous serons en mesure de faire face aux changements inévitables, de gérer les risques, d'améliorer nos vies et d'assurer la durabilité des écosystèmes et des populations du monde entier, aujourd'hui et à l'avenir.

Ce nouveau rapport spécial du GIEC souligne l'urgence de donner la priorité à une action immédiate, ambitieuse, coordonnée et tenace

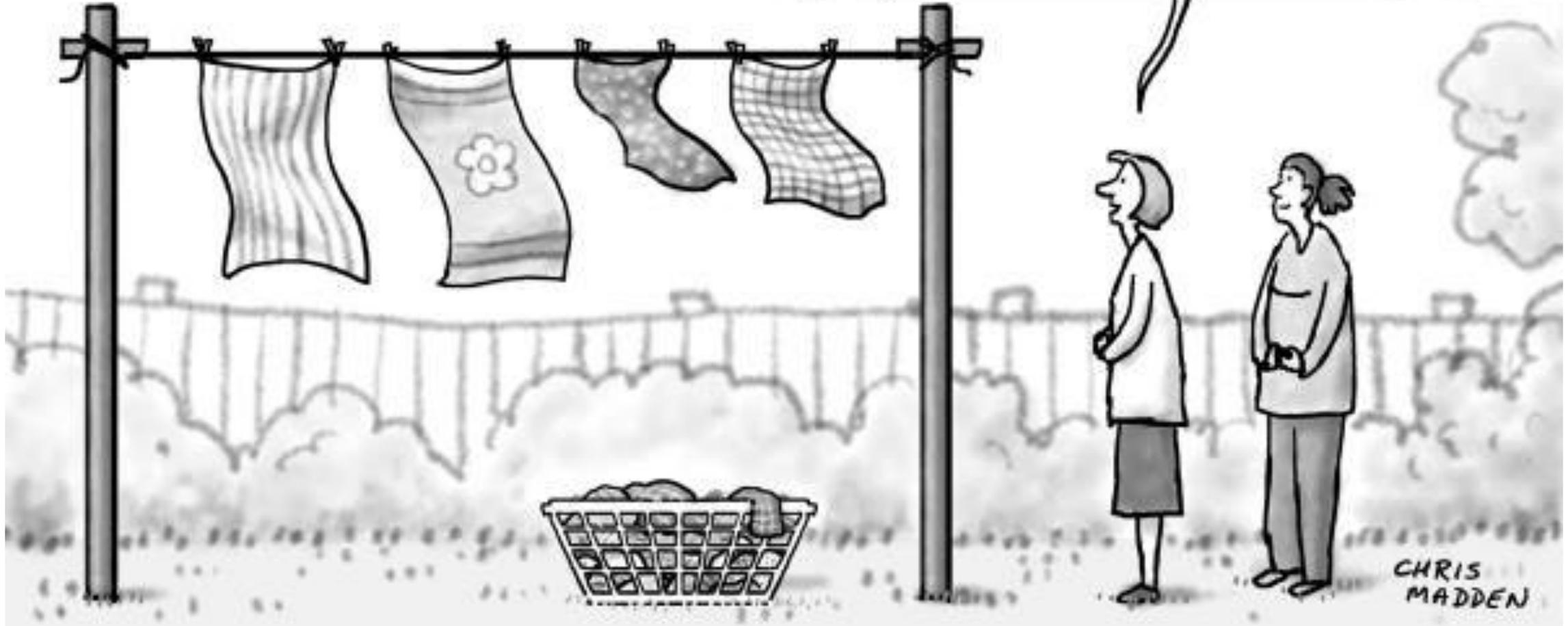


**Merci !**

comment faire?

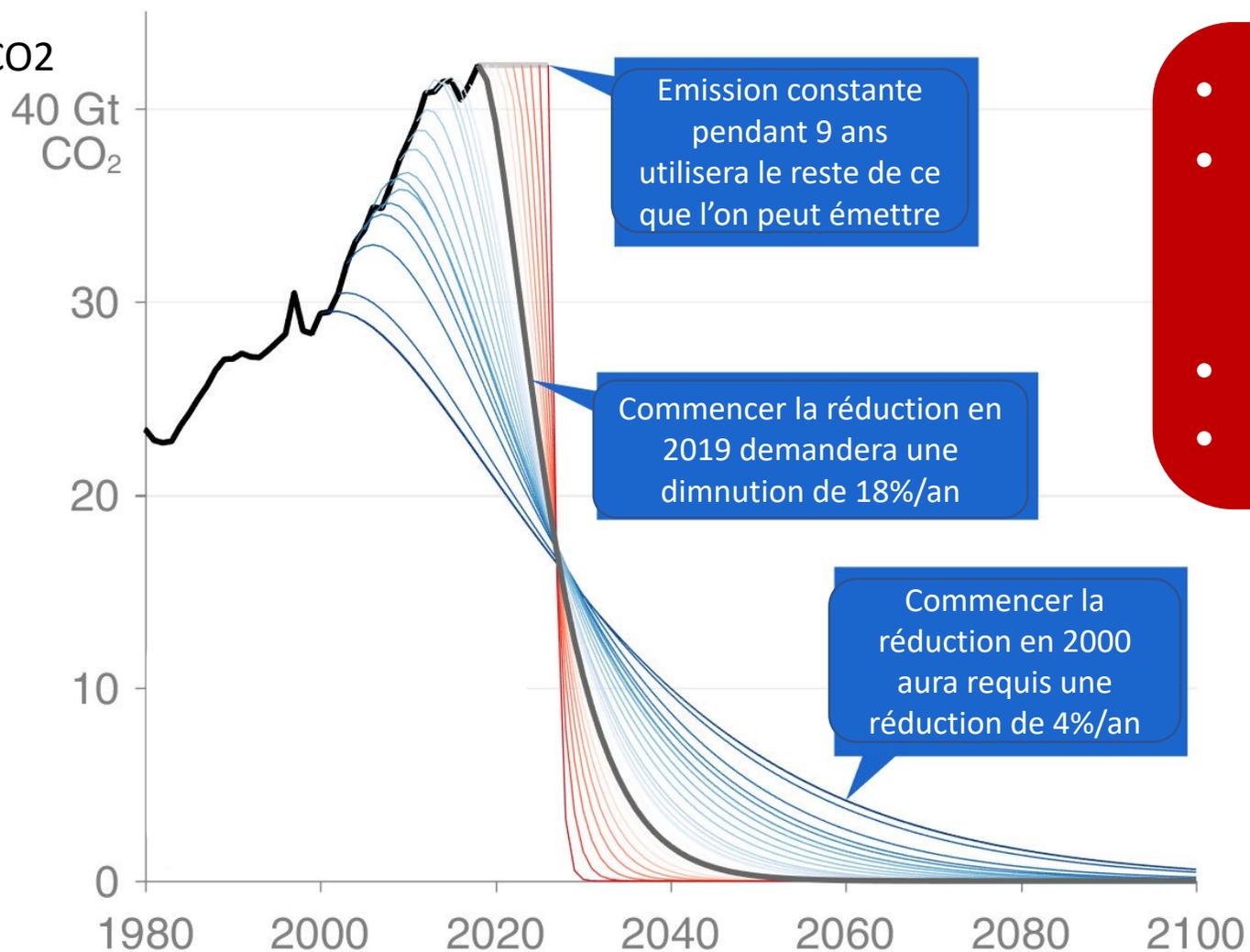


Ca sèche le linge en utilisant les dernières technologies – une combinaison de solaire et d'éolien



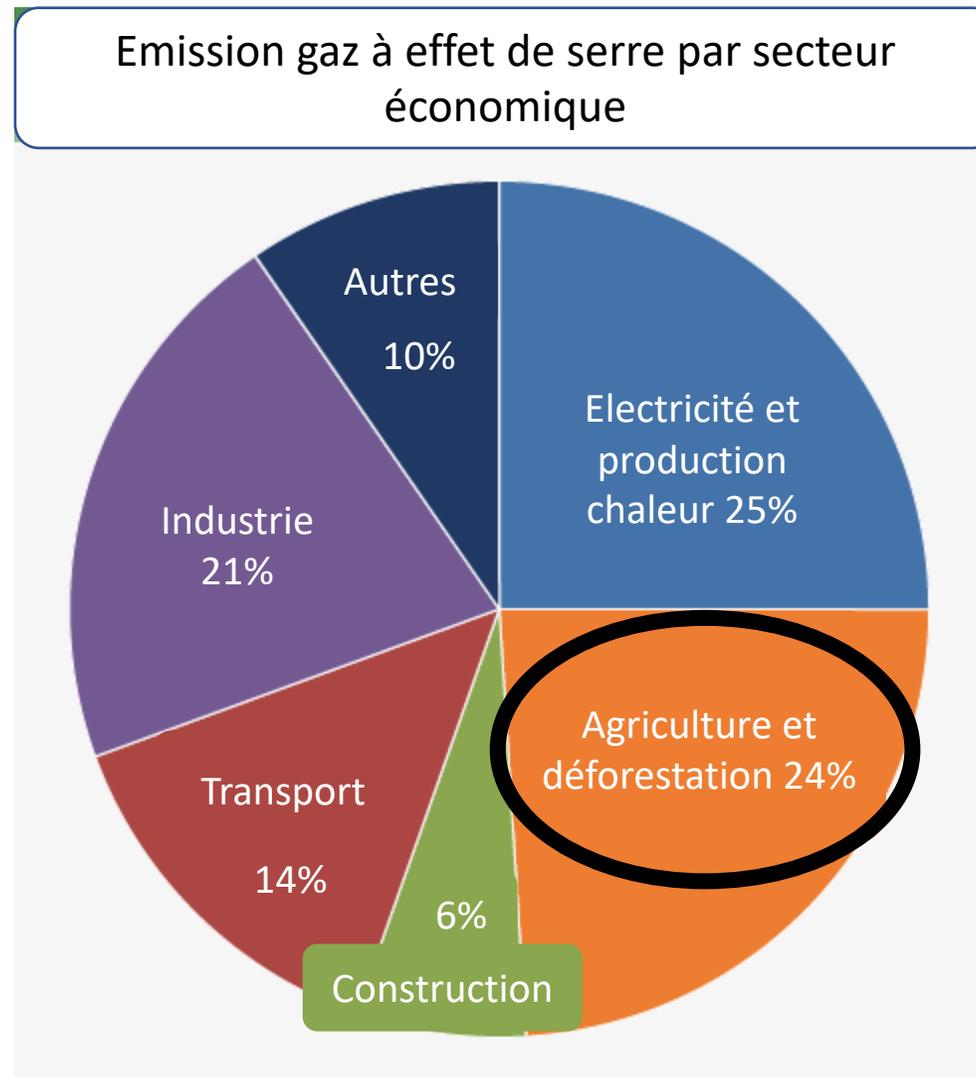
# Comment atteindre les objectifs de l'accord de Paris sur 1.5°C ?

Emission en équivalent CO<sub>2</sub>



- C'est maintenant !
- Voir même déjà tard car 18% de réduction par an paraissent difficile à atteindre
- Besoin d'émissions négatives...
- Et d'une volonté politique forte !

# Source de gaz à effet de serre à l'échelle globale



Manger moins ou pas de viande pourra faire décroître de moitié ces 24% d'émission...

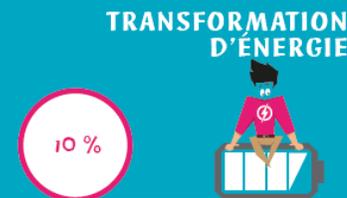
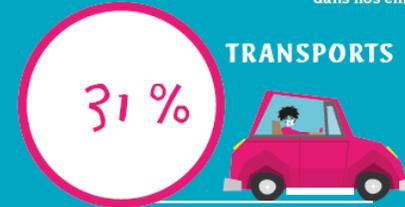
Source:  
IPCC 2014

# A l'échelle individuel ?

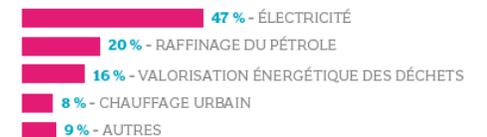
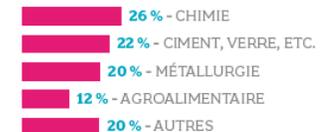
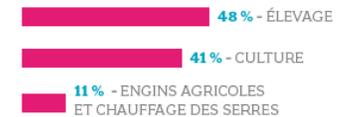
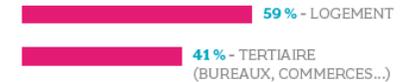
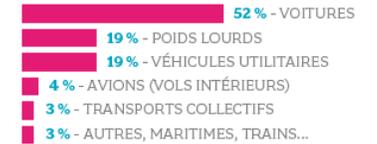
- Les principales sources d'émissions françaises (voir rapport Haut conseil pour le climat)
- Evolution récente des émissions à la baisse en France, mais en deçà de l'objectif des accords de Paris

## 4 D'OÙ VIENNENT LES ÉMISSIONS FRANÇAISES AUJOURD'HUI ?

Quel poids de chaque secteur dans nos émissions ?



De quelles activités proviennent ces émissions ?





# PACTE FINANCE-CLIMAT



Mettre la finance au service du climat.

- Porté par Jean Jouzel (climatologue) et Pierre Larrourou (économiste)
- Vous pouvez le signer/soutenir en ligne:

<https://climat-2020.eu/l-appel/>

JEAN JOUZEL  
PIERRE LARROUTUROU

**POUR ÉVITER  
LE CHAOS**  
CLIMATIQUE ET FINANCIER



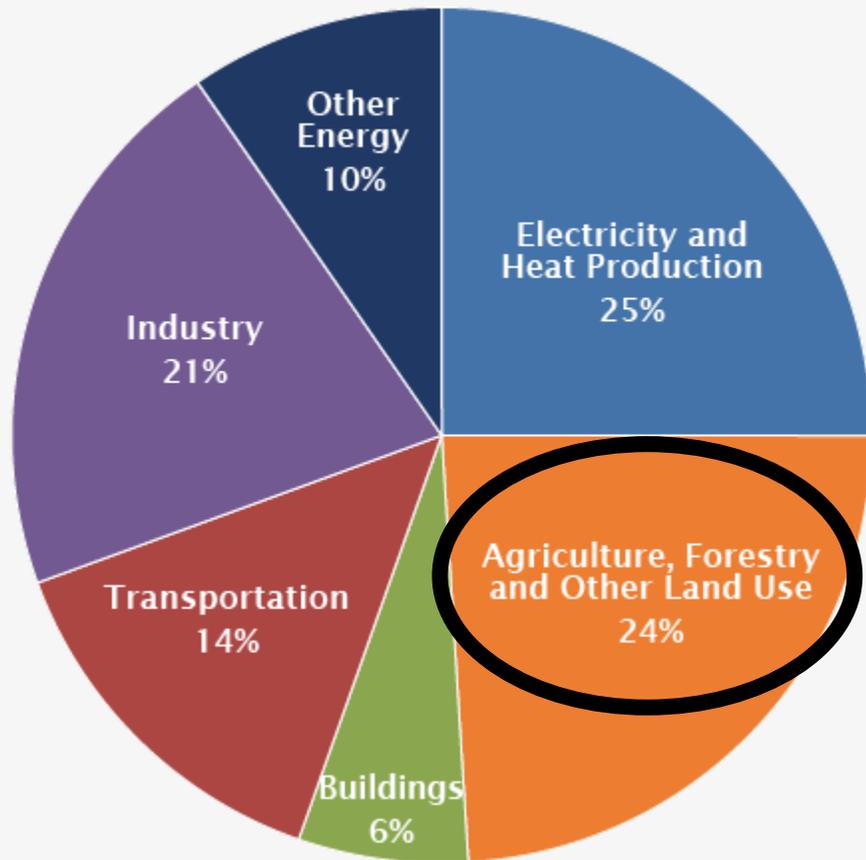
Une solution  
scandaleusement  
SIMPLE

# Combattre les émissions de gaz à effet de serre au quotidien

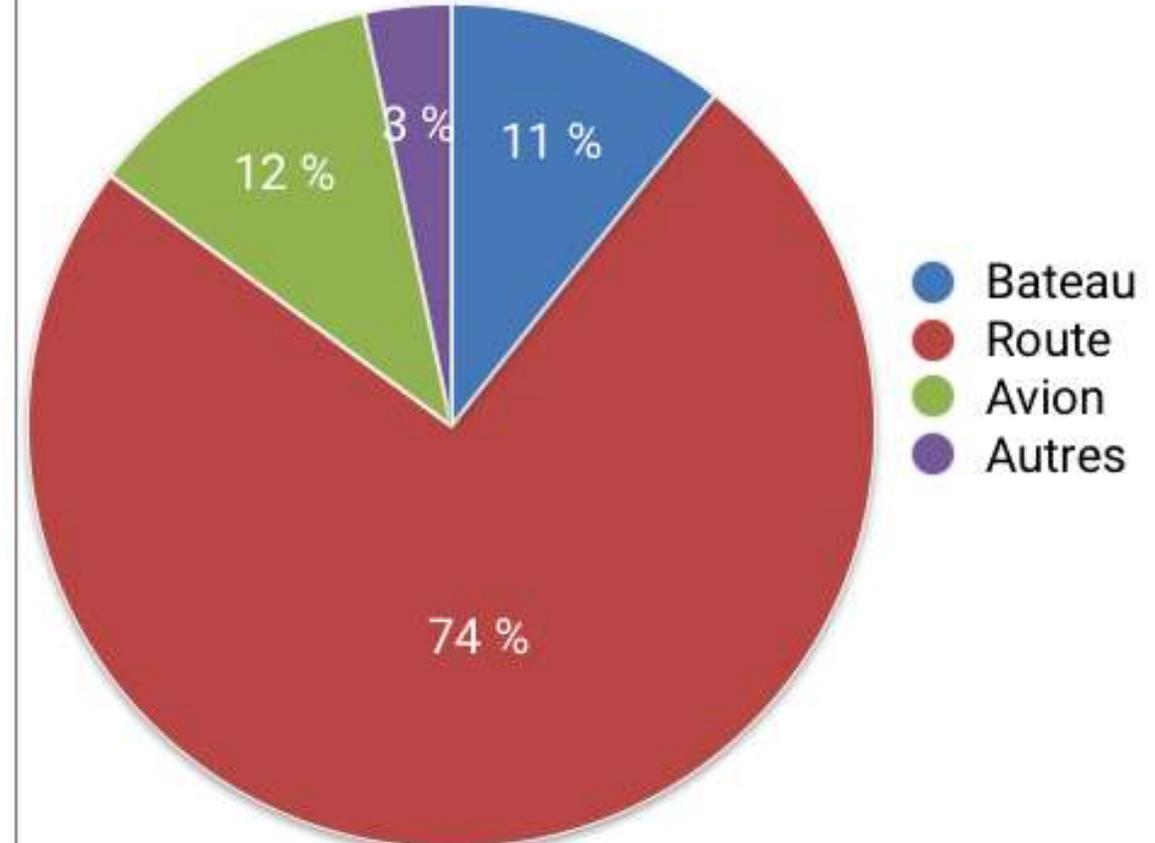
- S'enthousiasmer pour le défi qui est devant nous (éviter la culpabilité)
- En parler autour de soi (émulation positive)
- Voter ... pour une personne/un parti qui met ces enjeux en avant
  
- Manger moins de viande
- Faire isoler son logement
- Planter des arbres
- Faire du vélo
- ...

# Source gaz à effet de serre à l'échelle globale

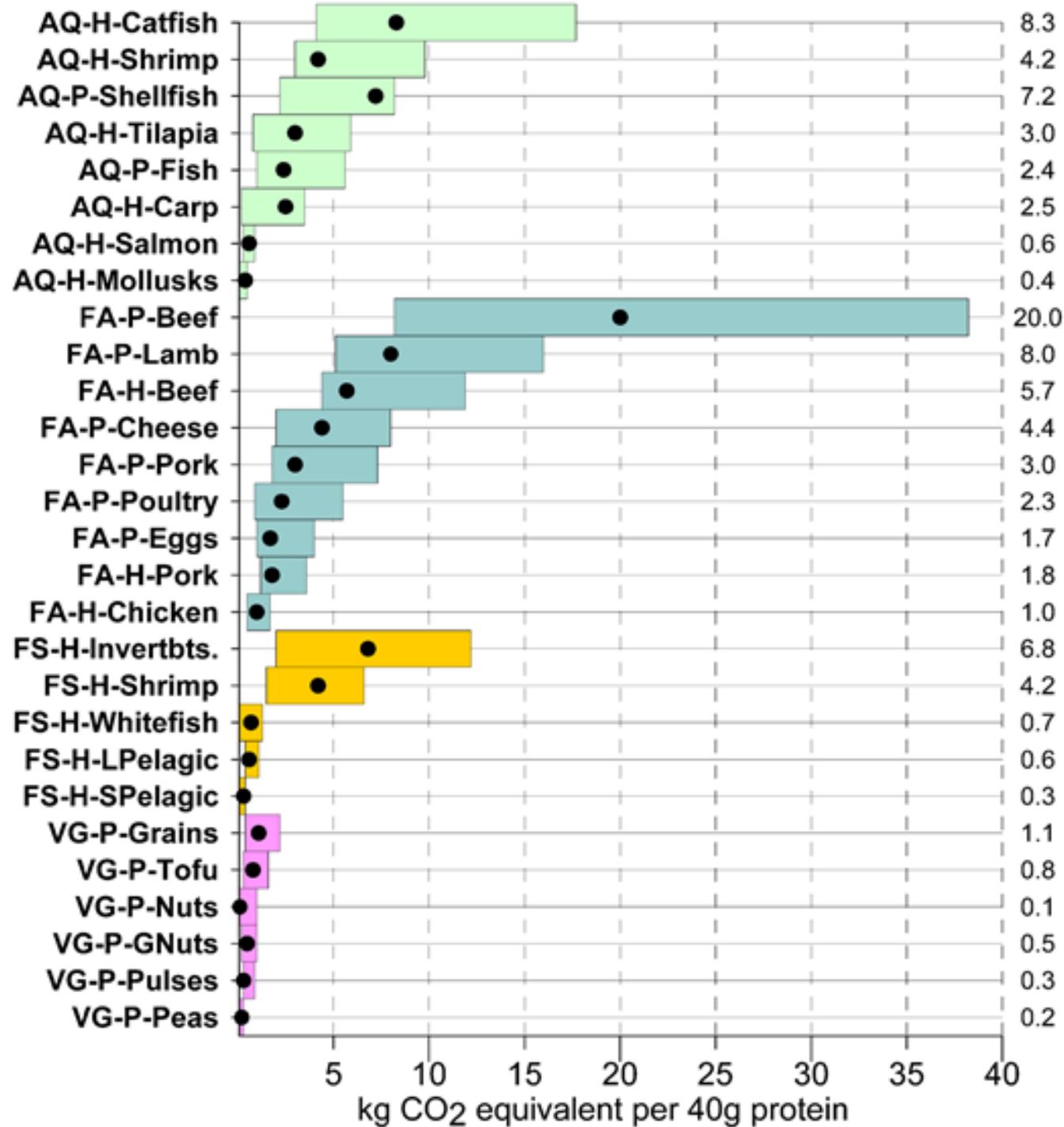
Emission gaz à effet de serre par secteur économique



Part des émissions de CO2 par type de transport



Source:  
IPCC 2014



Turrell, Journal of  
 Marine Science  
 2019

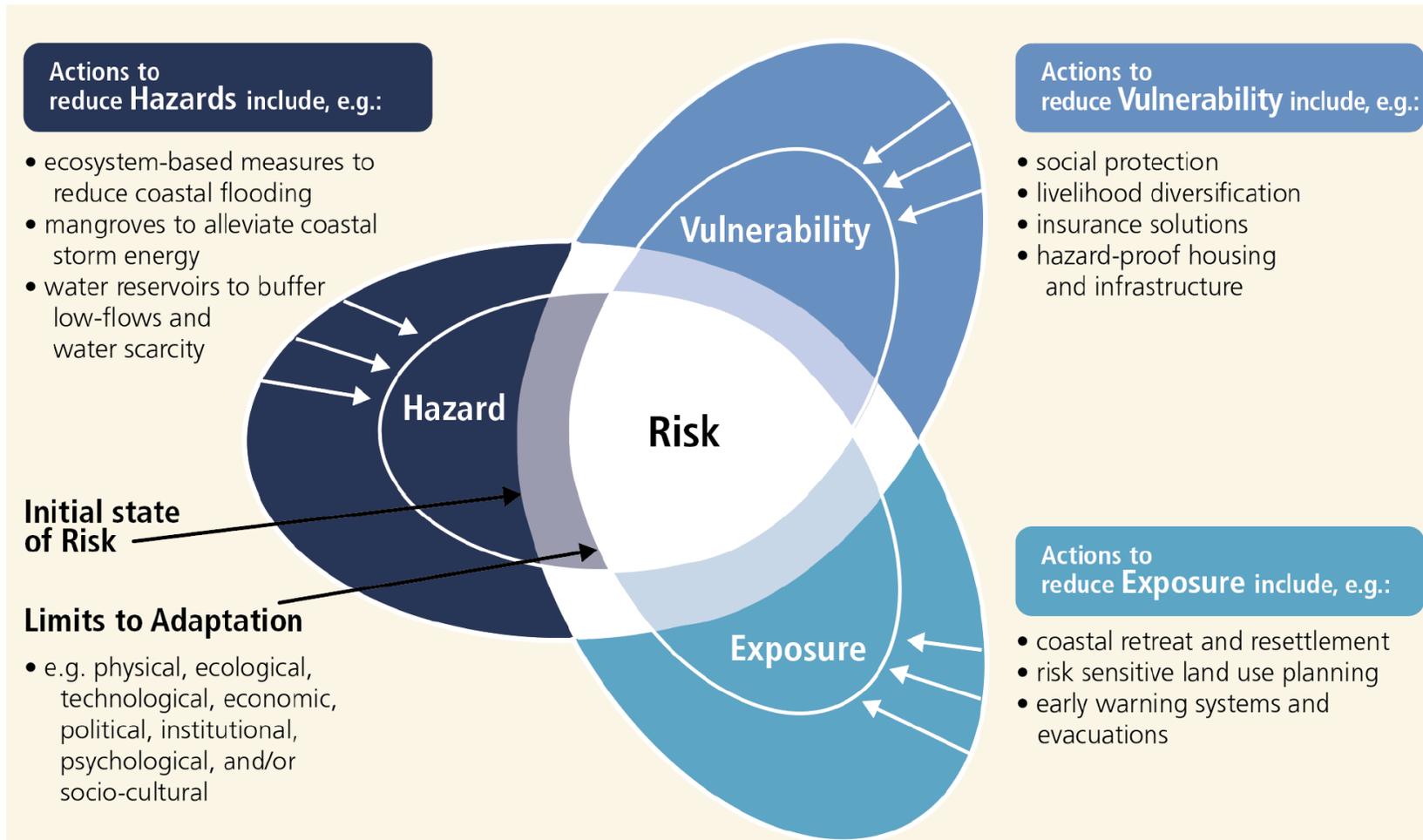
Le rapport identifie l'éducation, la croisement des savoirs scientifiques et autochtones, et l'information climatique régionale comme des leviers d'appropriation particulièrement puissants.

C4 : Enabling climate resilience and sustainable development depends critically on **urgent and ambitious emissions reductions** coupled with coordinated sustained and increasingly ambitious adaptation actions (*very high confidence*). Key enablers for implementing effective responses to climate-related changes in the ocean and cryosphere include **intensifying cooperation and coordination among governing authorities across spatial scales and planning horizons**. Education and climate literacy, monitoring and forecasting, use of all available knowledge sources, sharing of data, information and knowledge, finance, addressing social vulnerability and equity, and institutional support are also essential. [...] (*high confidence*)

C4.4 Specific activities include utilization of **multiple knowledge systems and regional climate information into decision making**, and the engagement of **local communities, Indigenous peoples, and relevant stakeholders** in adaptive governance arrangements and planning frameworks (medium confidence).



# Impacts et risques climatiques



# Sources d'informations en France et en Europe



A screenshot of the Drias website. The header is blue with the Drias logo (a stylized 'D' with three colored dots) and the text "Drias les futurs du climat". Below the header is a navigation menu with tabs for "ACCUEIL", "ACCOMPAGNEMENT", "DÉCOUVERTE", and "DONNÉES ET PRODUITS". The main content area shows a breadcrumb trail: "Accompagnement &gt; Les données disponibles &gt; Expériences d'impact &gt; Montagne et Enneigement - Simulations ADAMONT". The main heading is "Montagne et Enneigement - Simulations ADAMONT". The text below discusses the link between snow cover and temperature/precipitation changes, mentioning the SCAMPEI and ADAMONT simulation periods. On the right side, there is a sidebar with links to "Sècheresse - Simulations ClimSec", "Définition des indices de sécheresse", "Feux de forêt - Simulations IFM2009", and "Définition des indices de Feux de forêt". The footer includes the French flag and the text "MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE".

Développement de services climatiques pour répondre aux enjeux de prise de conscience, de soutien à l'adaptation etc.

Mobilisation de la communauté scientifique, des opérateurs, du secteur privé etc.

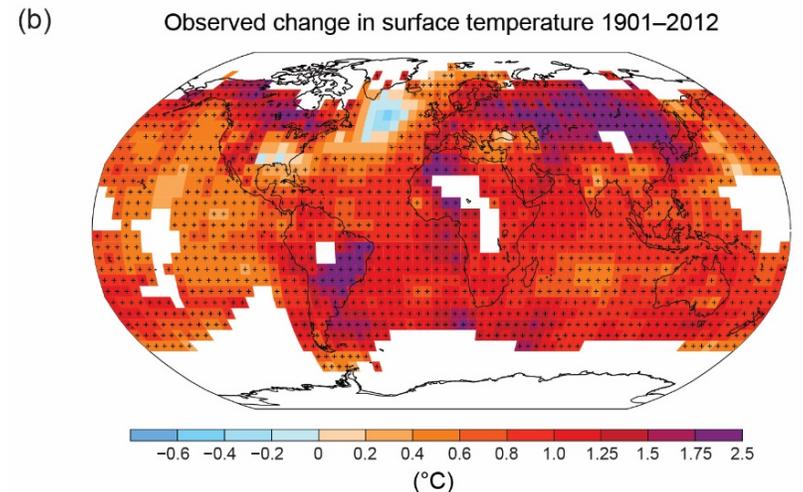
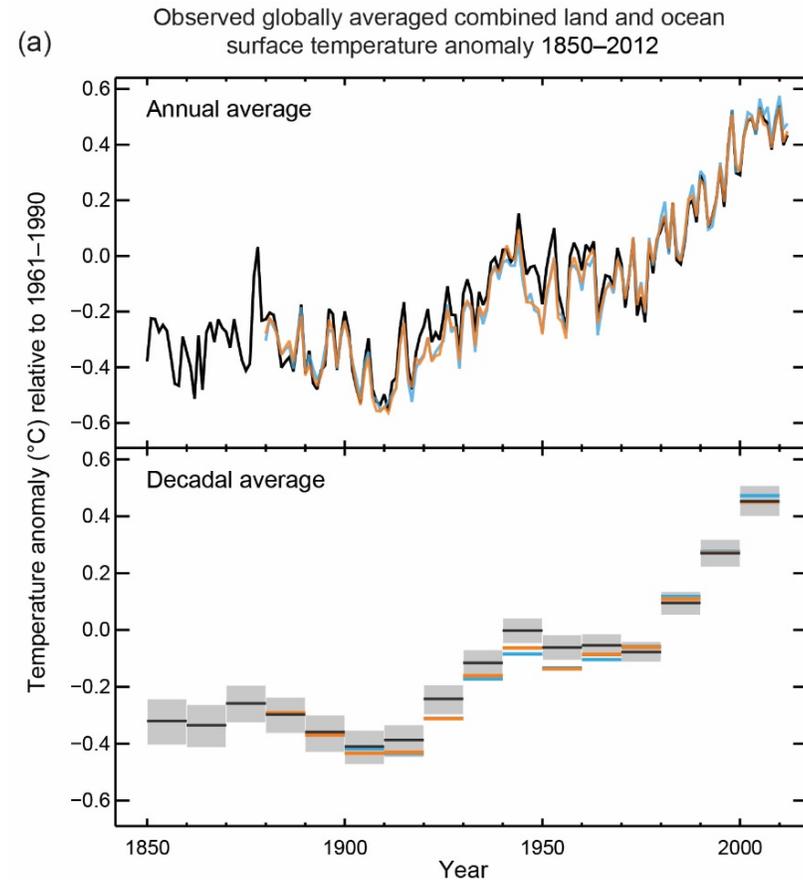
# Le changement observé de la température moyenne globale depuis 1850 (océan + surfaces continentales)

IPCC/GIEC AR5/I-2013



avancée de la date moyenne des vendanges sur un panel de vignobles français: -18 jours en 40 ans !

source ONB



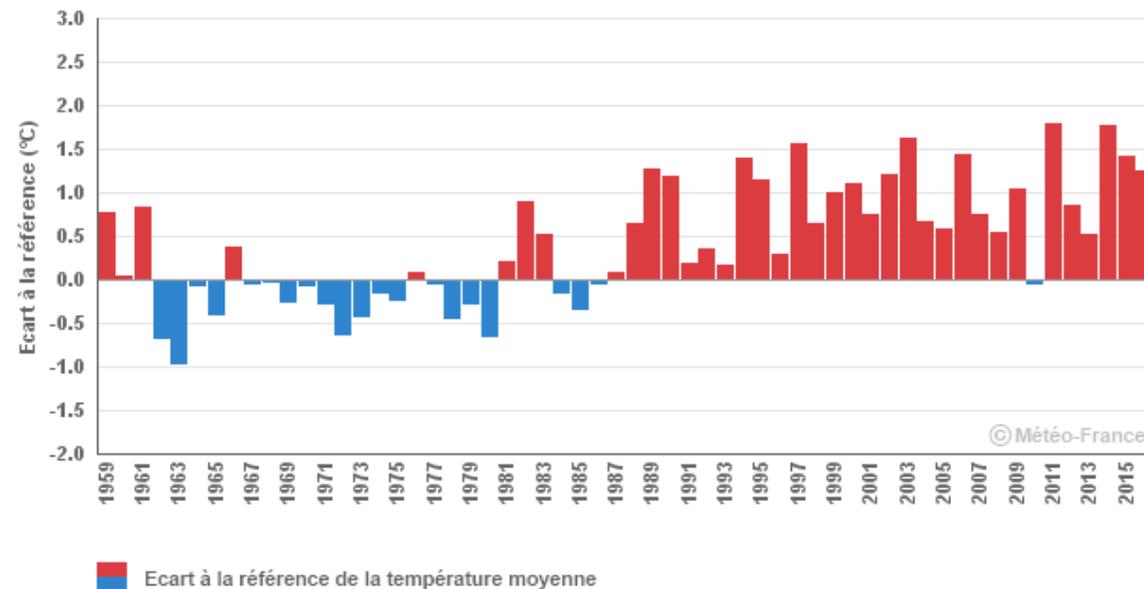
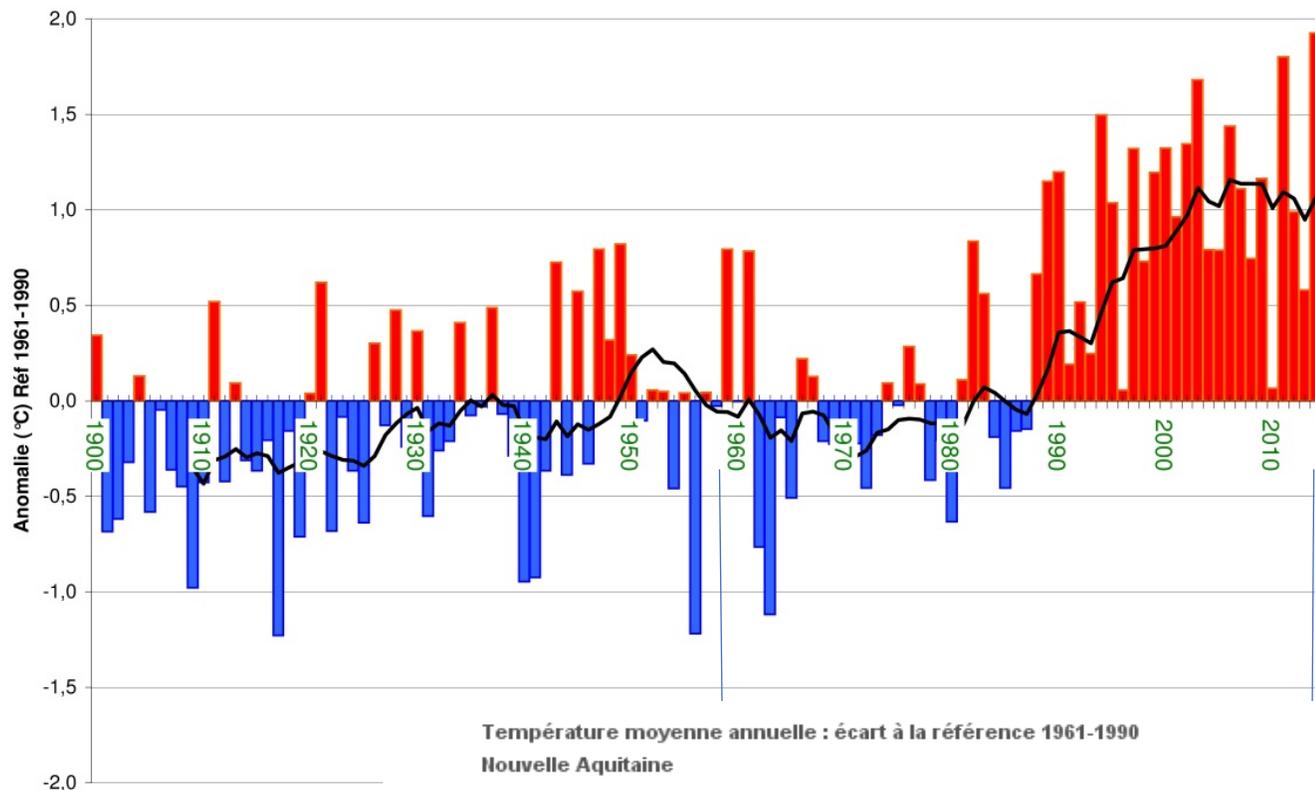
# Anomalie de température annuelle en France

(l'indicateur est constitué de la moyenne des températures de 30 stations météorologiques. Le zéro correspond à la moyenne de l'indicateur sur la période 1961-1990, soit 11,8 °C).

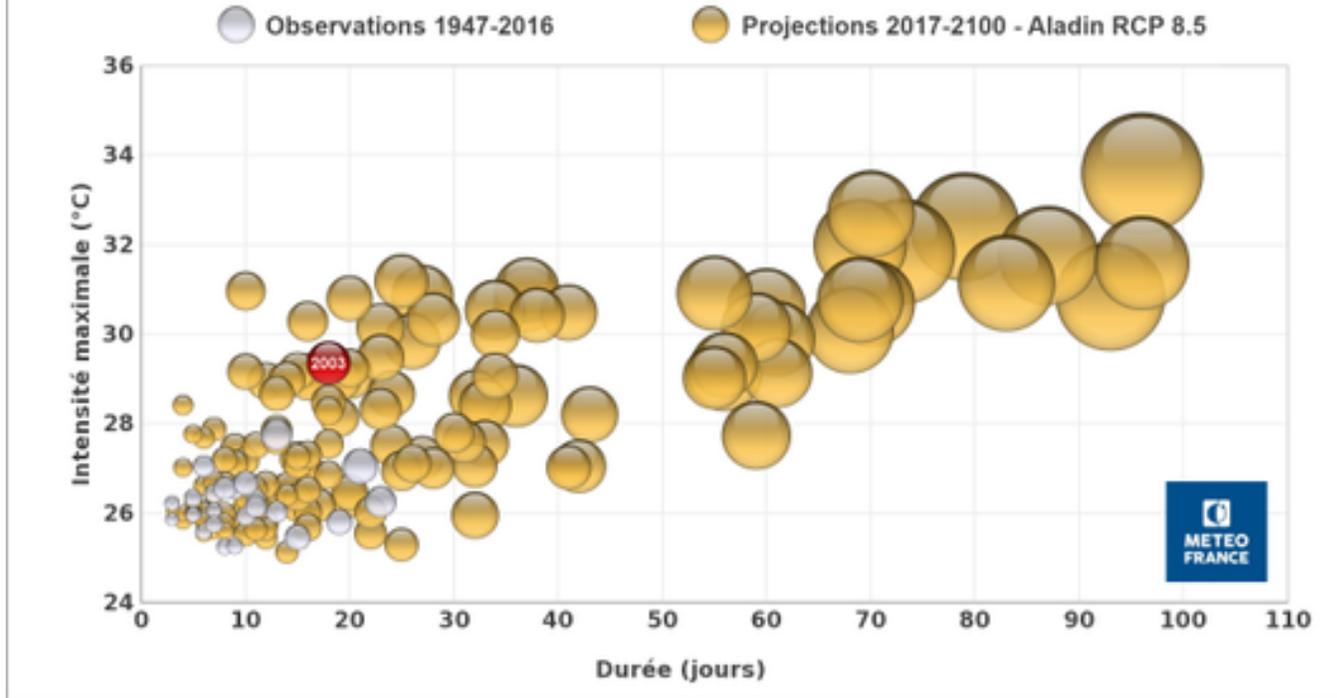
© MEDDE/Meteo France/IPSL/CERFACS

et en Nouvelle Aquitaine !  
(rapport Acclimaterra 2018)

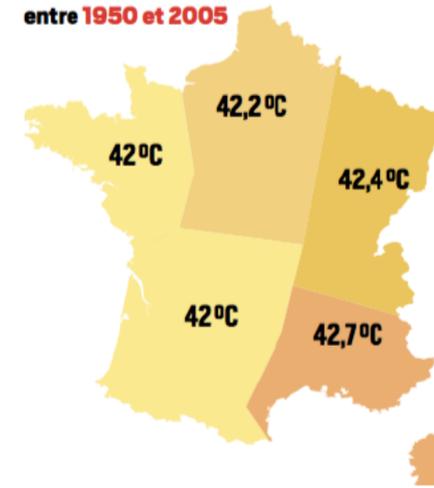
+1,4°C entre 1959 et 2016



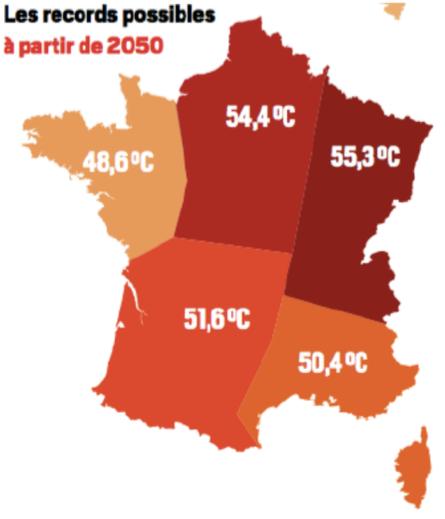
# Evolution possible des vagues de chaleur en France ?



Les records observés  
entre 1950 et 2005



Les records possibles  
à partir de 2050



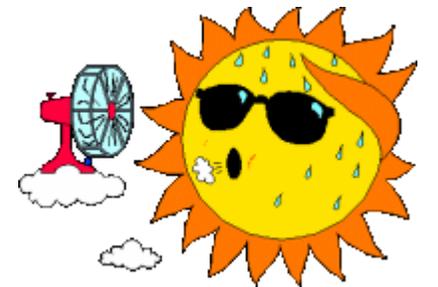
En 2050, des pics à 55 °C dans l'Est et le Nord

Bador et al. (2017), *Environmental Research Letters*

Vagues de chaleur observées en France entre 1947 et 2016 (en gris) et projetées entre 2017 et 2100 (en doré), dans un scénario de poursuite des émissions de gaz à effet de serre à leur rythme actuel

Le Monde 22/7/2017

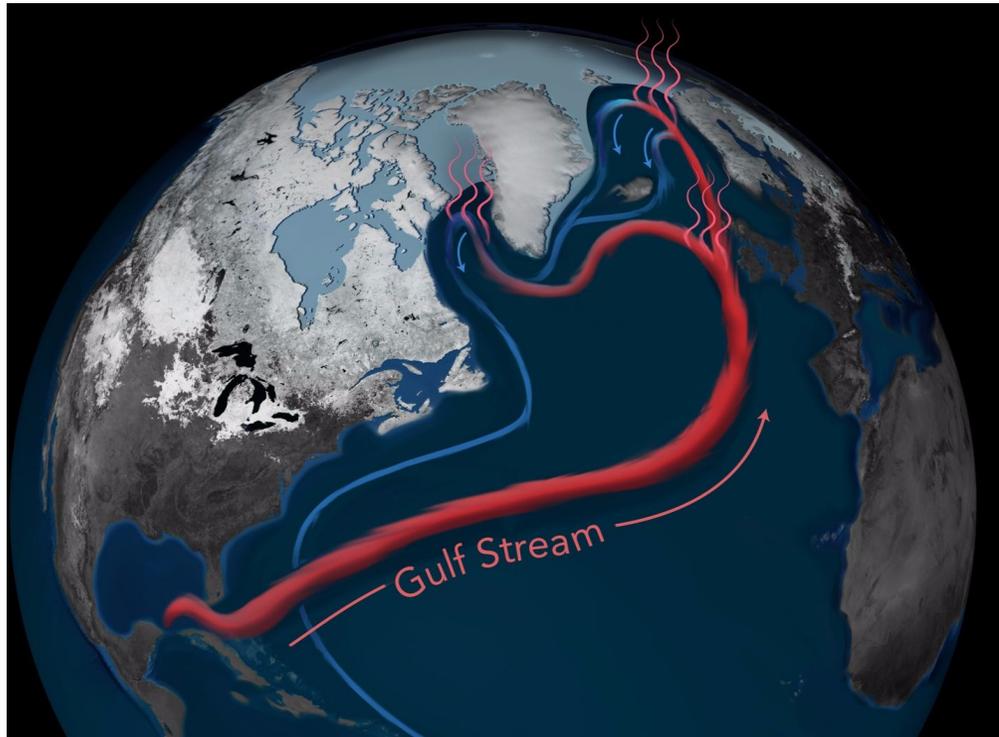
Issue d'un article à *Environmental Research Letters* publié le 19 juillet 2017



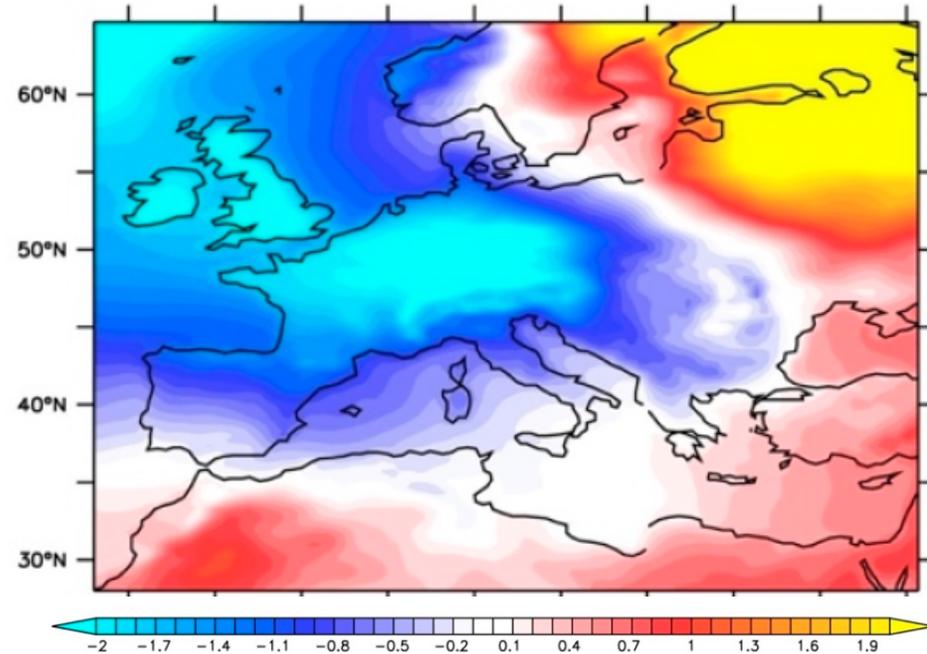
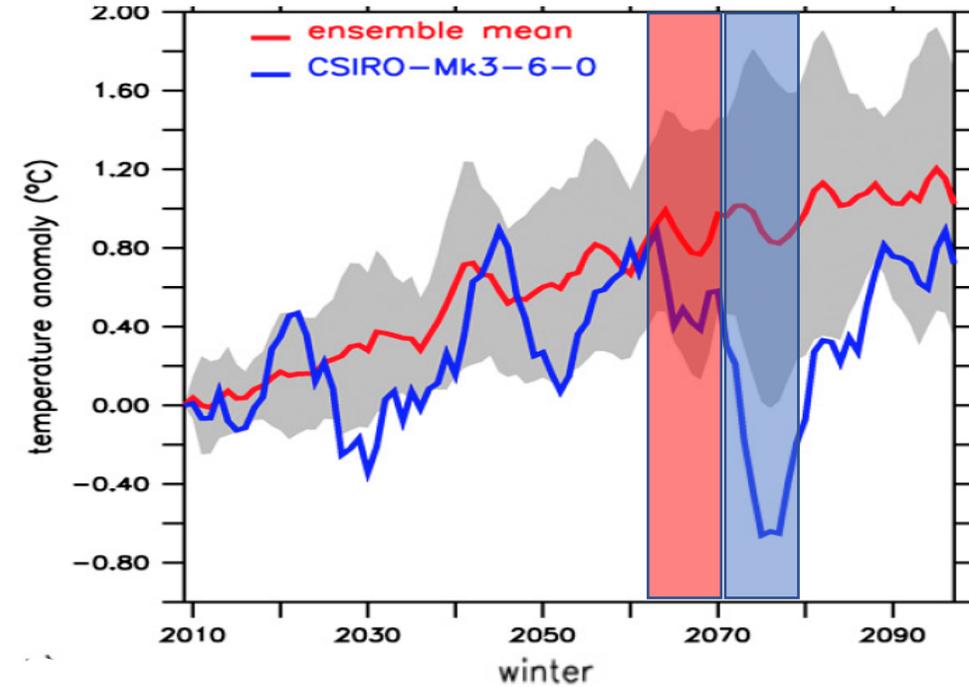
Source MEDDE/Meteo France/IPSL/CERFACS

# Circulation océanique et changement climatique

- Le possible changement de la circulation de retournement (dont fait partie le Gulf Stream) est une source majeure d'incertitude pour le devenir climatique
- La variabilité naturelle joue aussi un rôle dans le climat



Anomalie de température en Angleterre



# Un monde plus instable

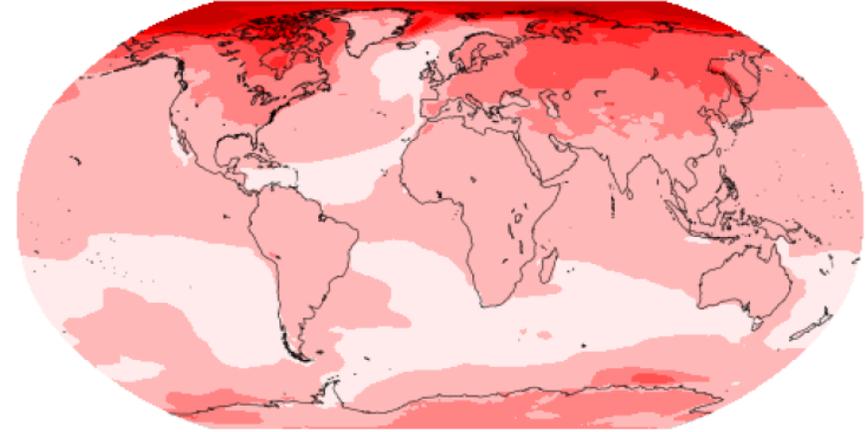
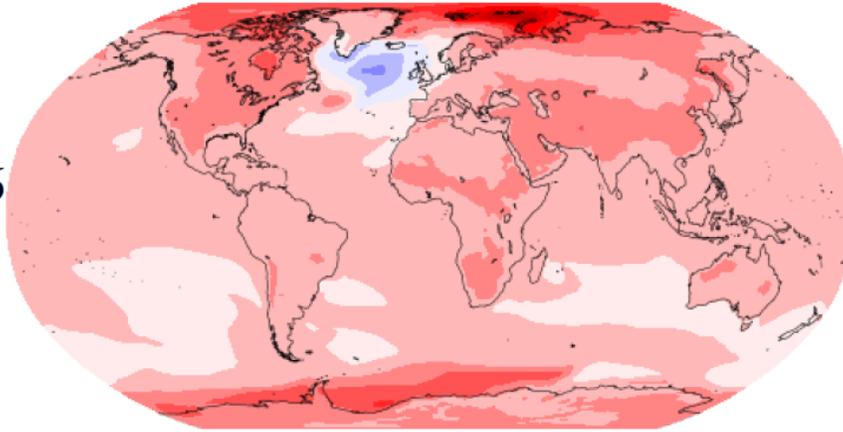
- Le changement climatique risque fortement d'induire de fortes instabilités politiques
- Exemple : Changement de circulation océanique (Gulf Stream) pourrait amener des sécheresses terribles dans la zone sahélienne
- Pression migratoire accrue... réfugiés climatiques
- La crise syrienne a été en partie liée à une forte sécheresse qui a touché ce pays induisant un exode rural massif et des tensions dans les villes
  
- Au delà du changement climatique, il faut bien comprendre que les énergies fossiles ne sont pas pour toujours et il faut se préparer à avoir une énergie plus cher, ce qui anéantira toute possibilité de croissance durable...

# Changements de température (°C) entre 1981-2010 et 2071-2100

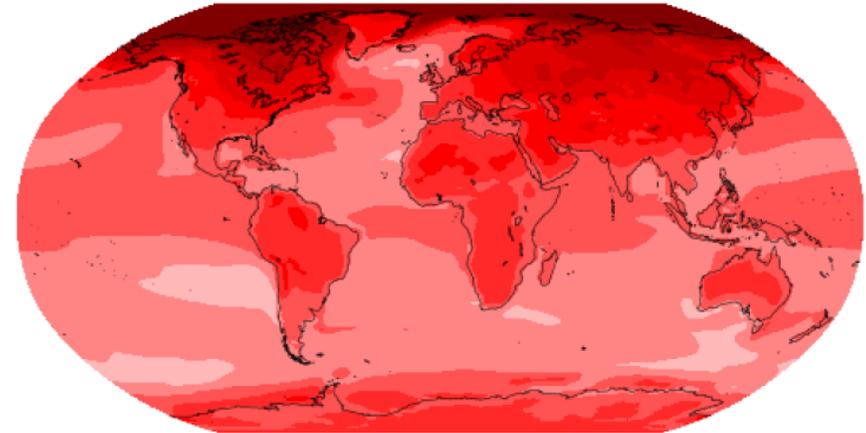
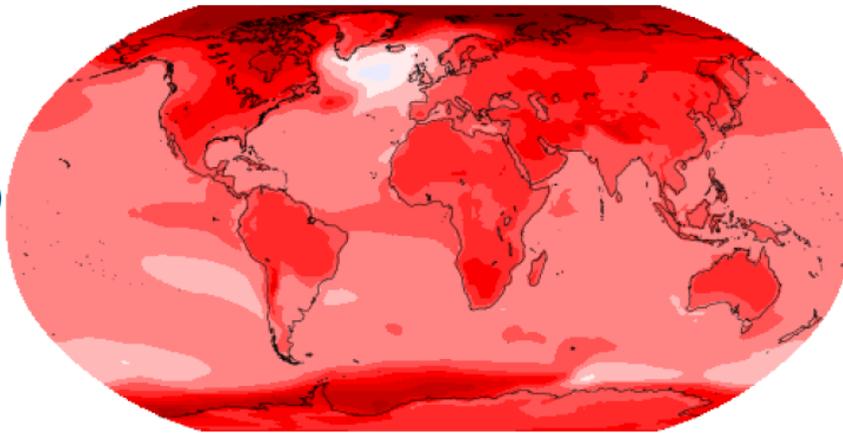
CNRM-CM6-1

IPSL-CM6A-LR

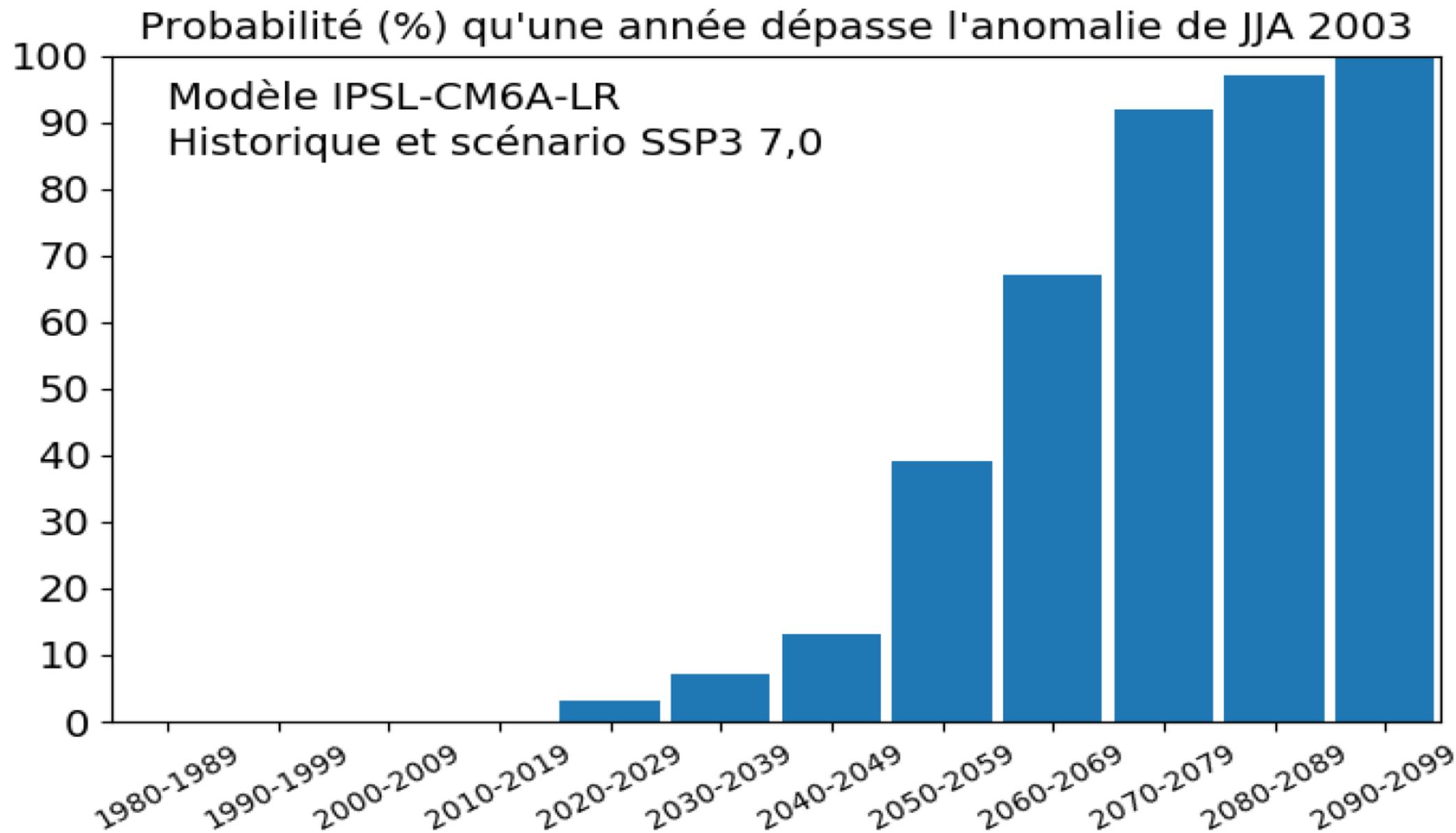
SSP1 2,6



SSP3 7,0

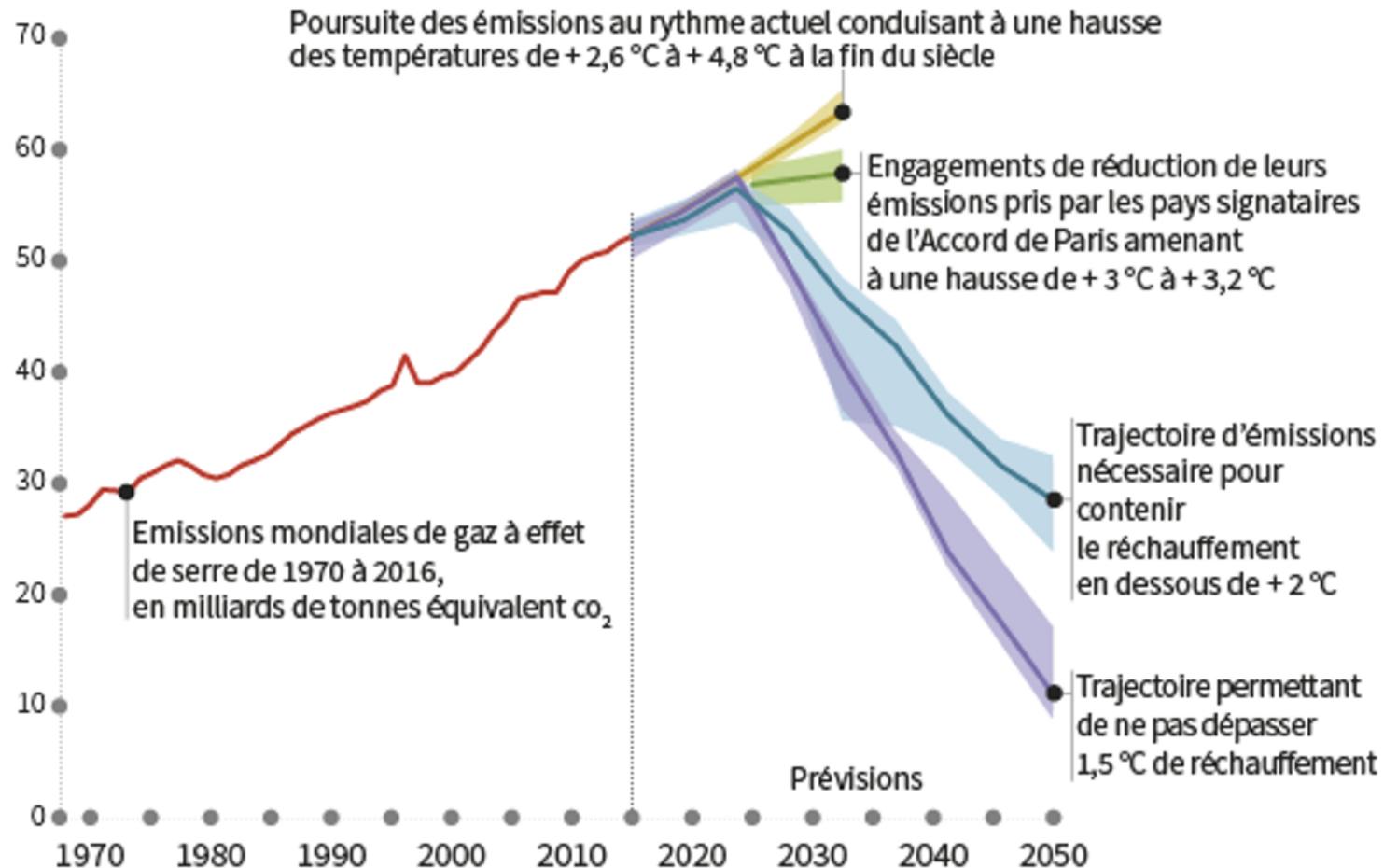


# Étés chauds en France (métropole)



# Accord Paris : une réduction drastique nécessaire maintenant !

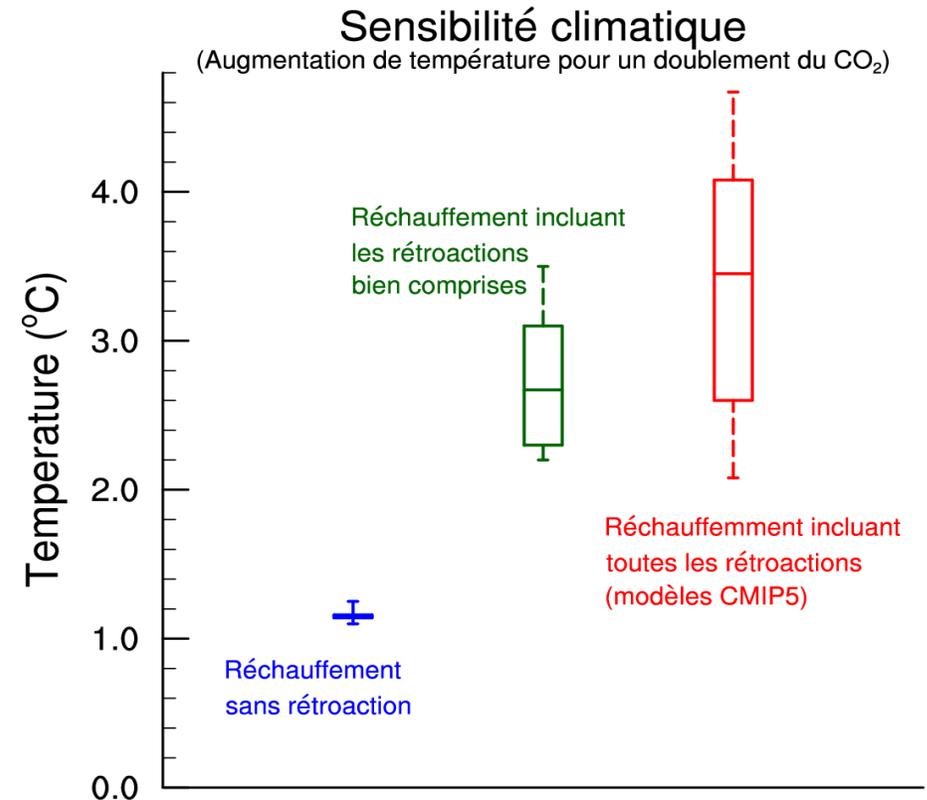
HAUSSE PRÉVISIBLE DES TEMPÉRATURES EN FONCTION DES TRAJECTOIRES D'ÉMISSIONS

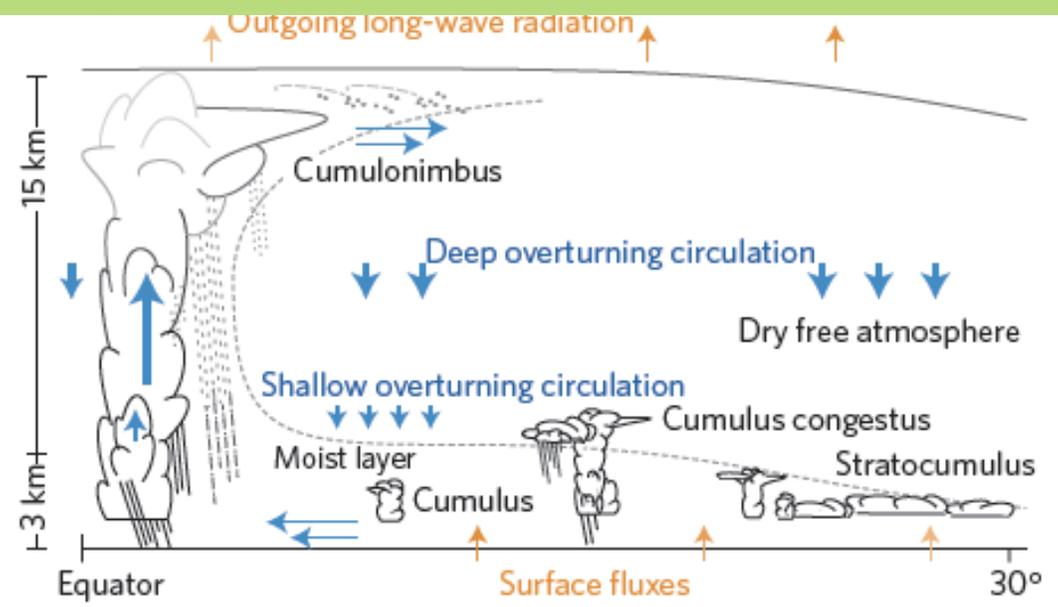
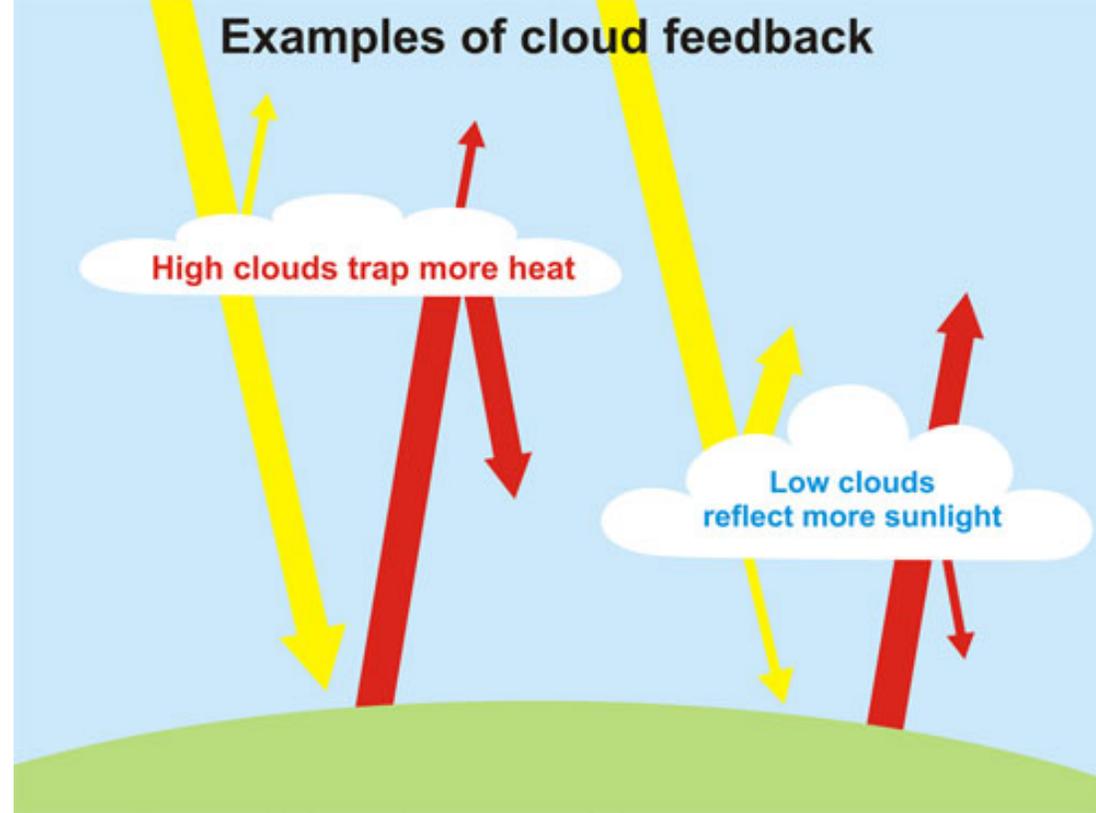


SOURCE : EDGAR V4.3.2 FT2016 (OLIVIER ET AL., 2017)

# Notion de sensibilité climatique

- Augmentation de température pour un doublement de CO<sub>2</sub> (de 280 à 560 ppm par ex.)
- Evaluation des rétroactions robustes :
  - Albedo
  - Vapeur d'eau
  - Nuages





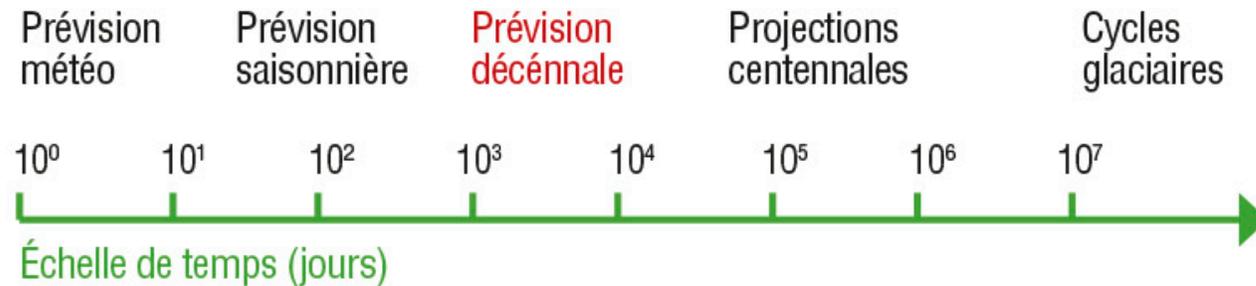
# Prévision décennale

© D. Swingedouw

**Importance  
conditions initiales**

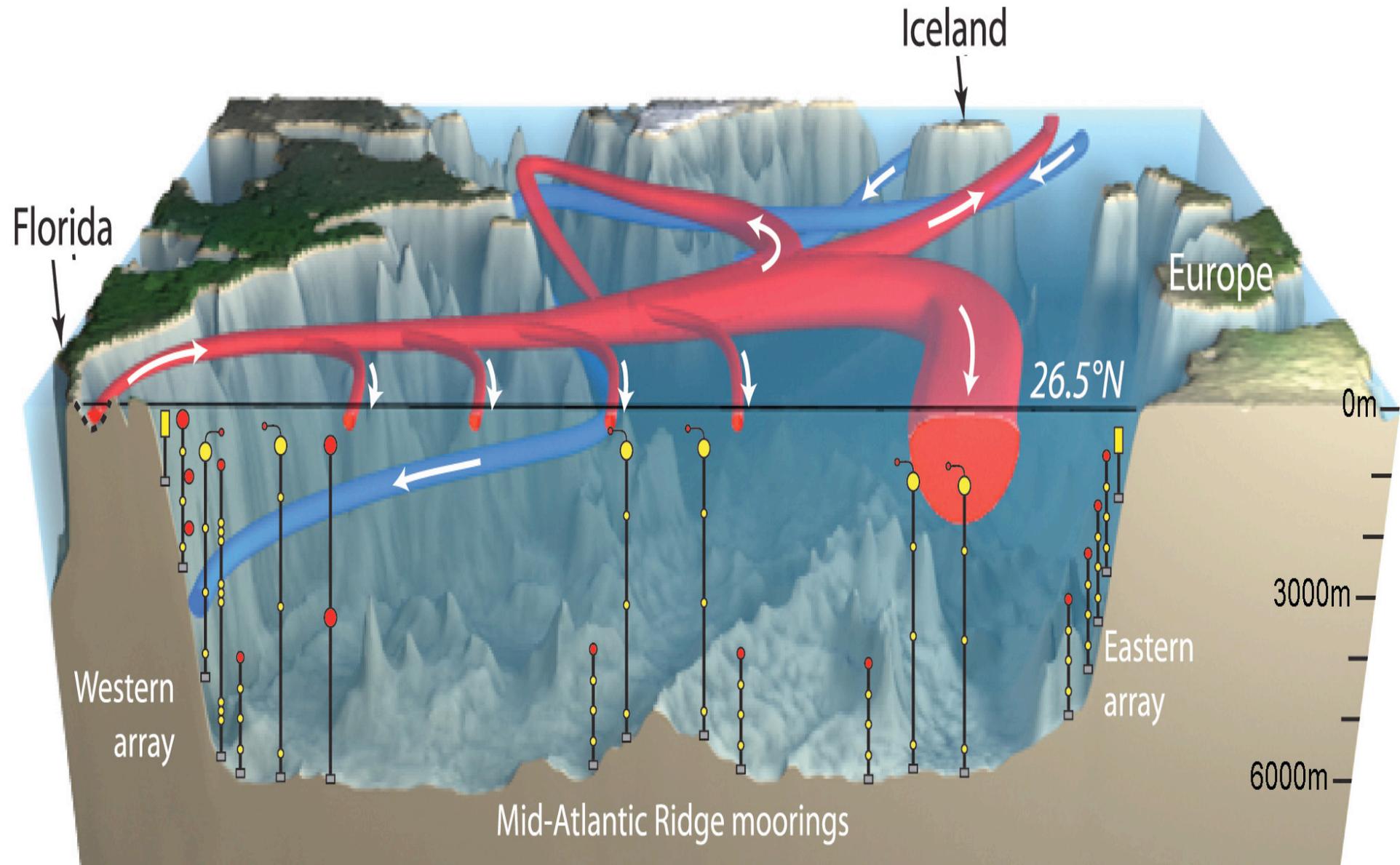


**Importance  
conditions aux limites**

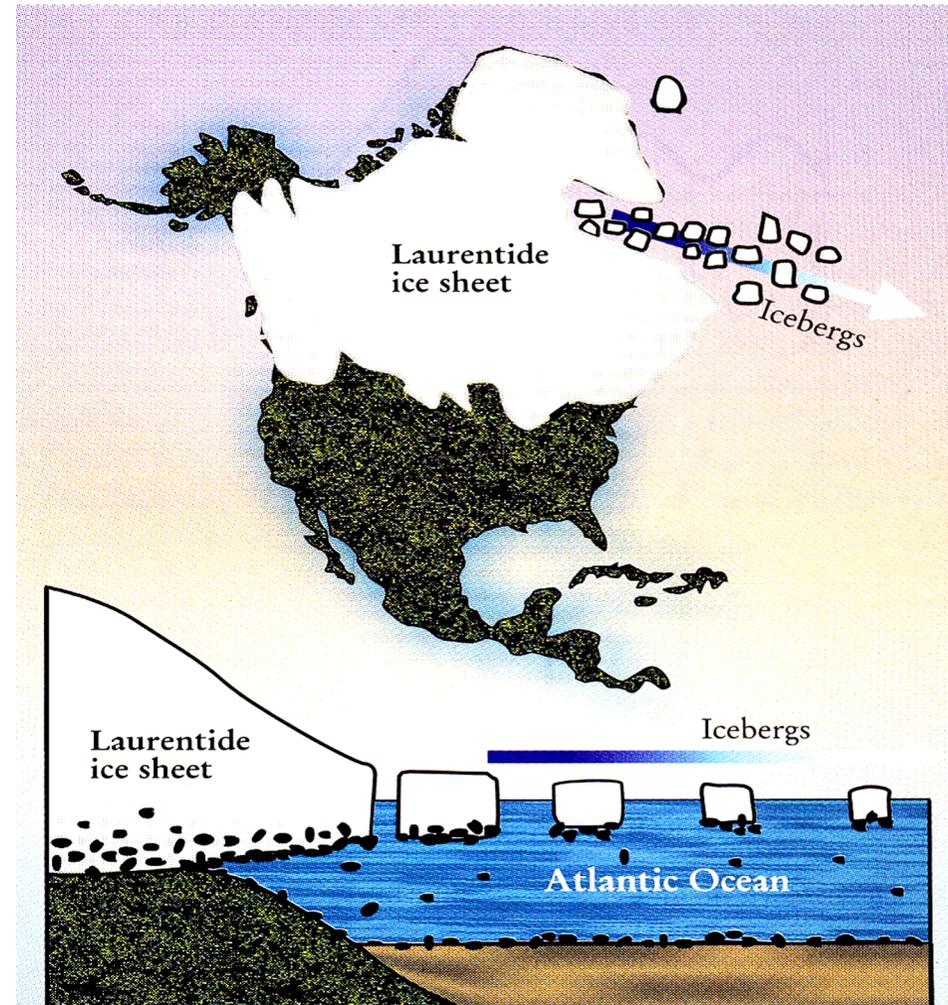
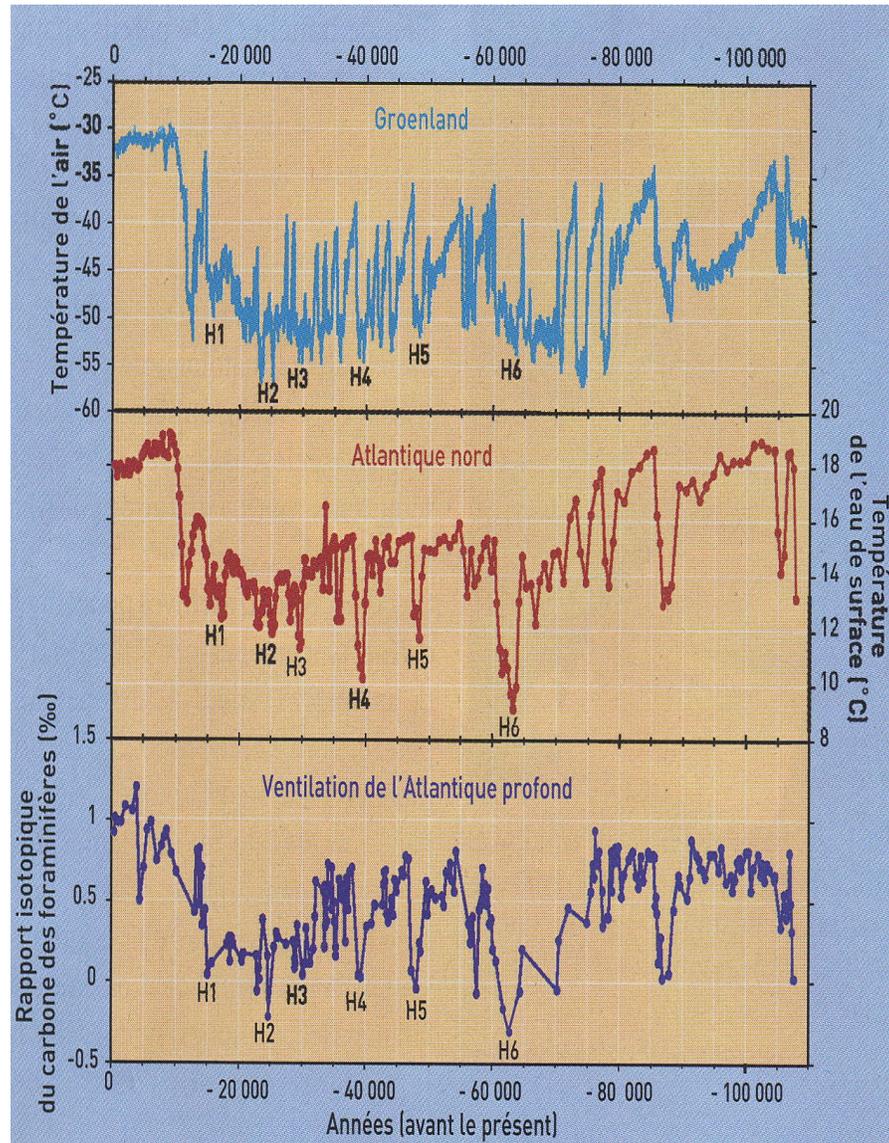


► Schéma montrant l'importance relative des conditions initiales et aux limites pour le climat selon les échelles de temps.

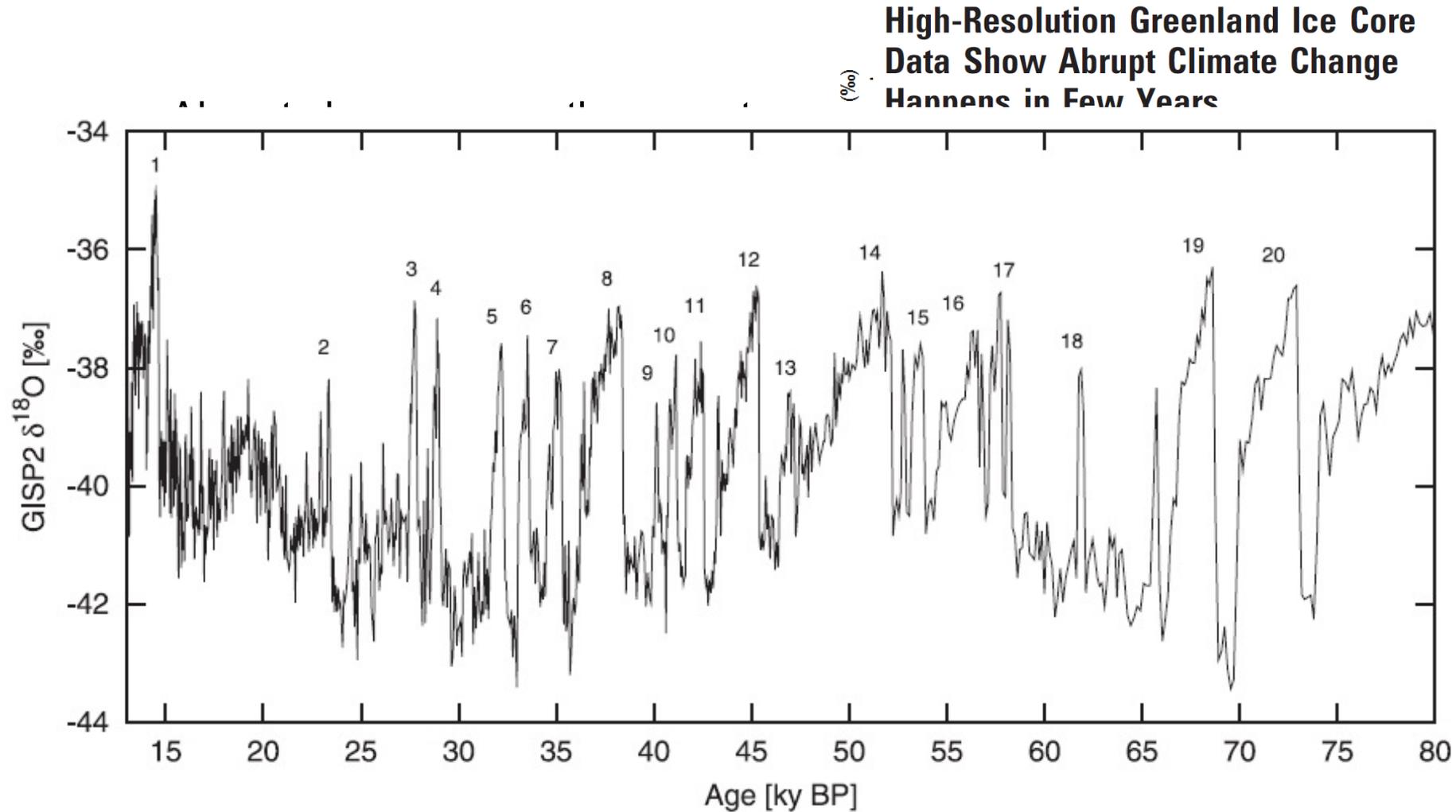
# Observation de l'AMOC



# Événement de Heinrich



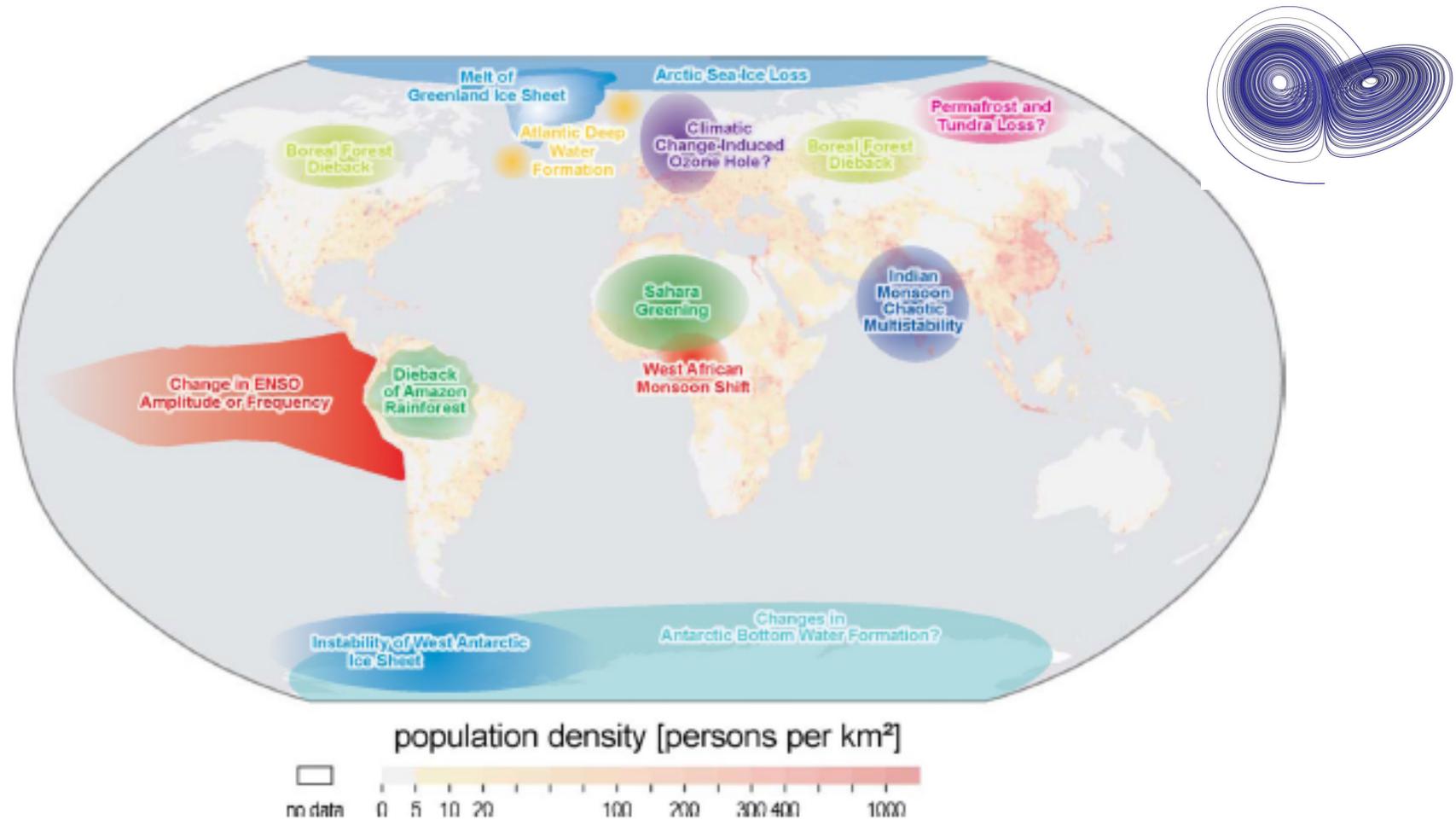
# Instabilités climatiques



**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].

# Instabilités climatiques

Point de bascule (Lenton et al. 2008): Terme qui se réfère à un seuil pour lequel une petite perturbation peut amener un grand changement.



# Points de bascule

