

Réchauffement climatique : Quels impacts physiques ?

ECOCLIM 2018

Orsay, 13 juin 2018

Pascal Maugis



LSCE

**Laboratoire des Sciences du Climat et de
l'Environnement**



IPSL, CEA-CNRS-UVSQ

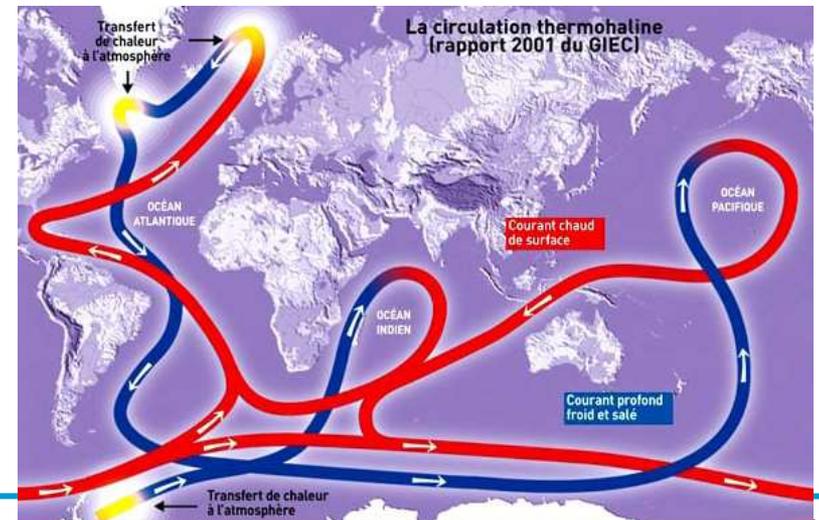
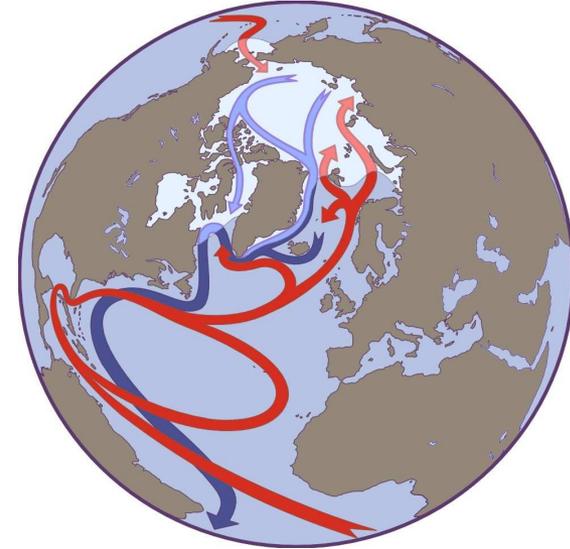
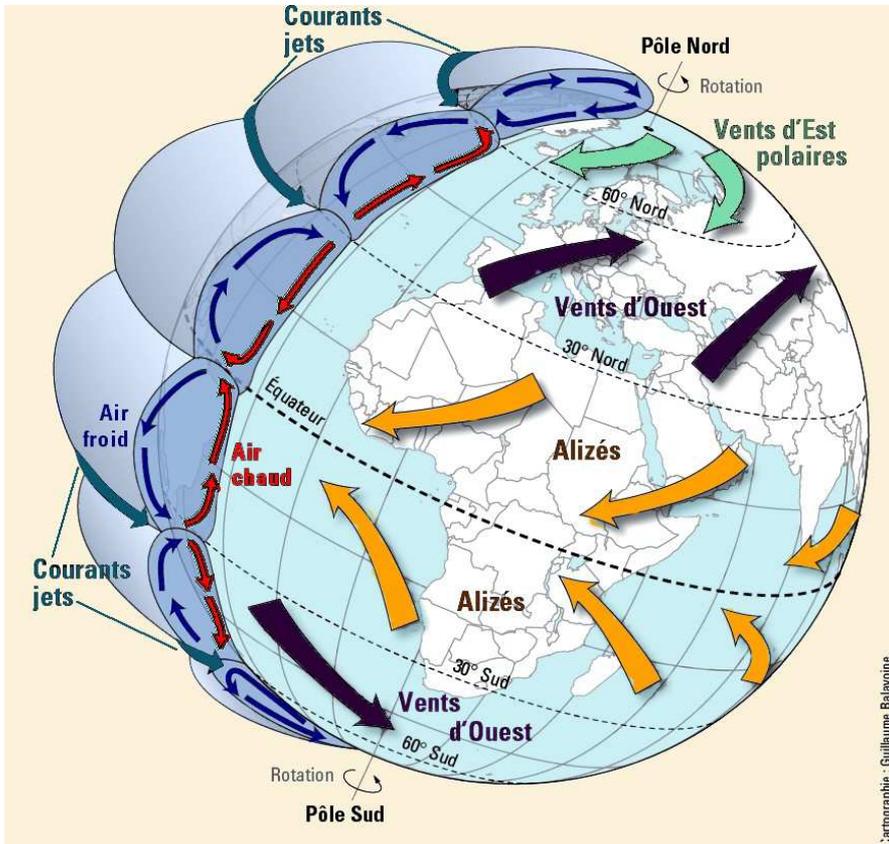


I

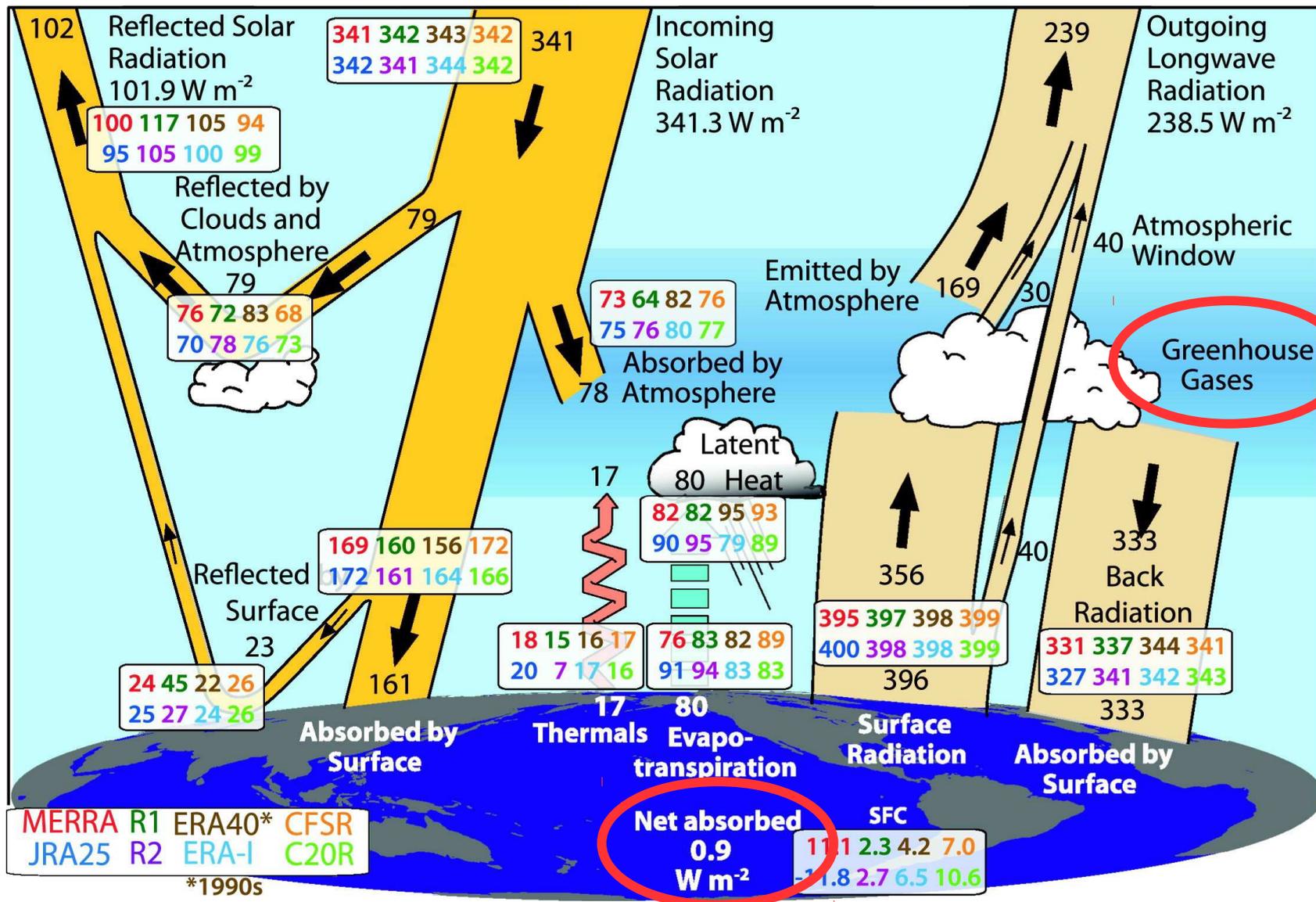
Le Climat, qu'est-ce que c'est ?

La machine climatique terrestre

Transport de chaleur par l'océan et par l'atmosphère



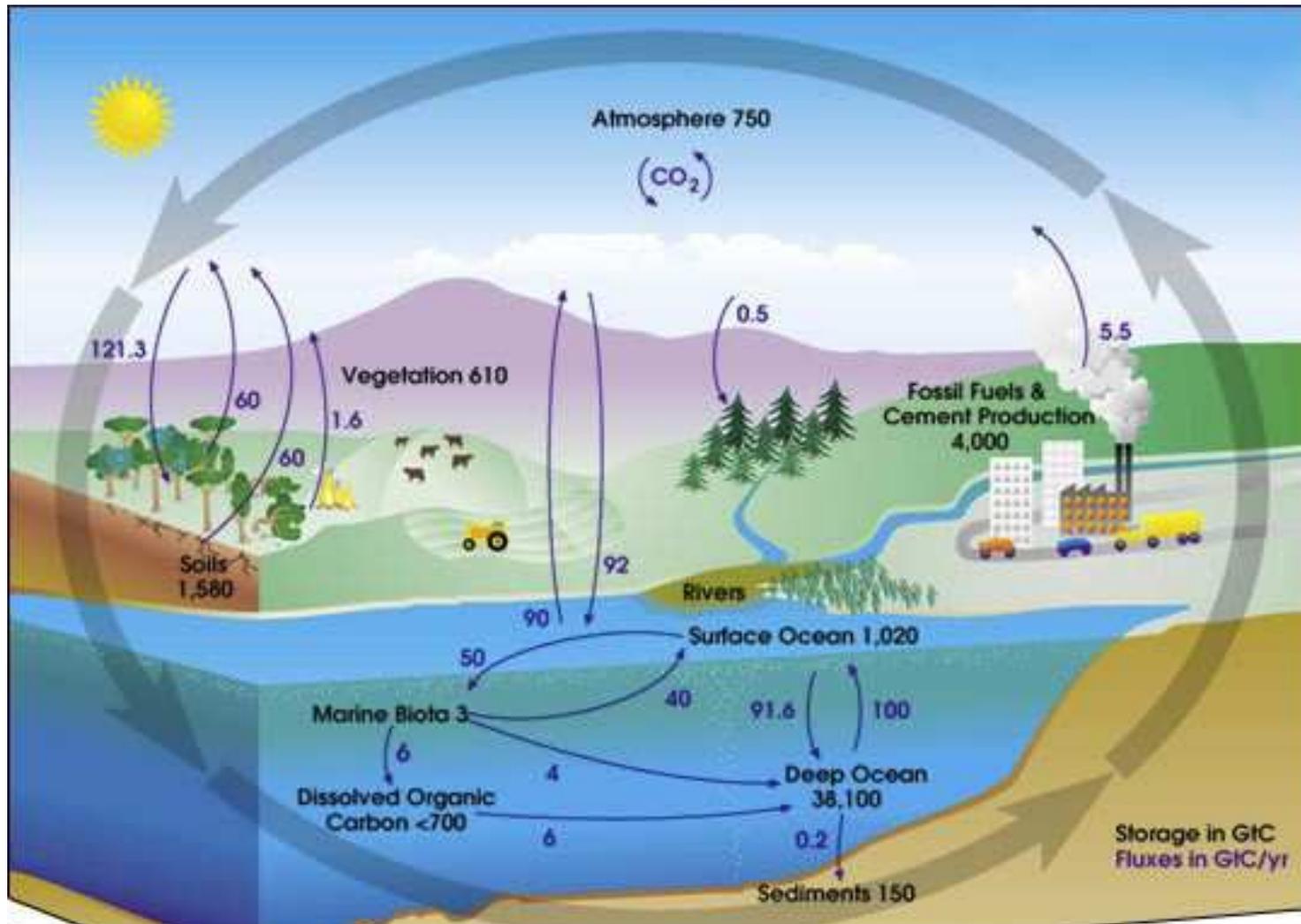
Plusieurs cycles emboîtés énergie



Plusieurs cycles emboîtés carbone

Des flux faibles au regard des stocks.

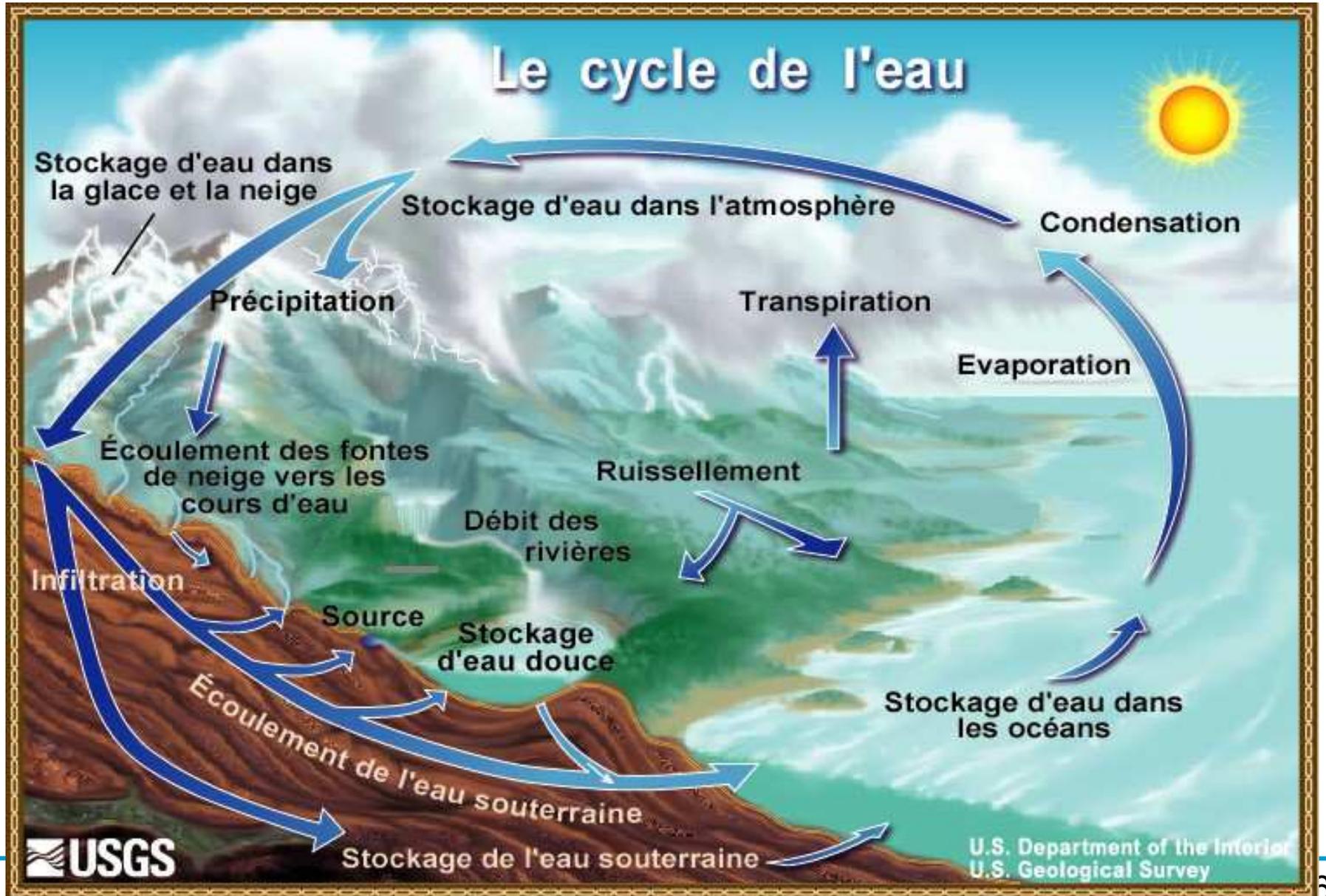
Attention au dégazage !



The Carbon Cycle

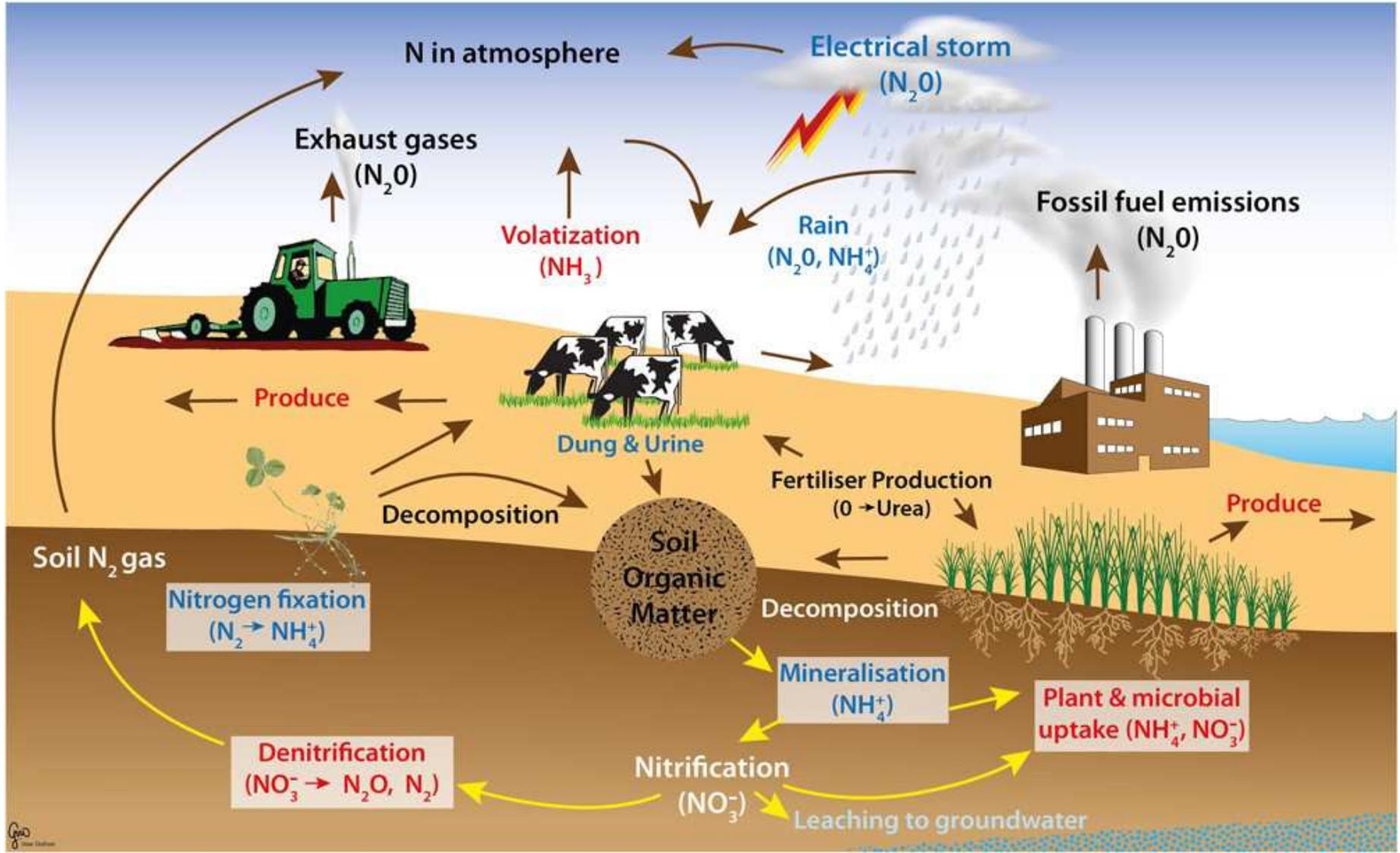
Plusieurs cycles emboîtés eau

Le cycle de l'eau



Plusieurs cycles emboîtés azote

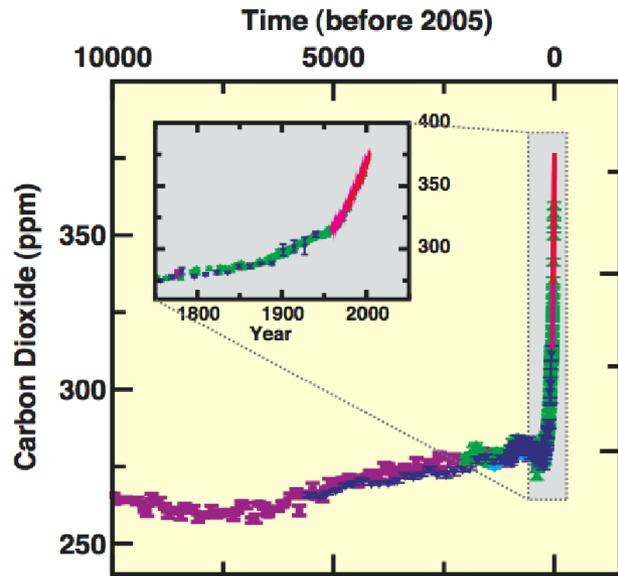
important pour le cycle végétal et comme gaz à effet de Serre



II

*Un changement climatique est en cours
Et l'homme en est principalement responsable*

Les activités humaines modifient la composition de l'atmosphère en gaz à effet de serre

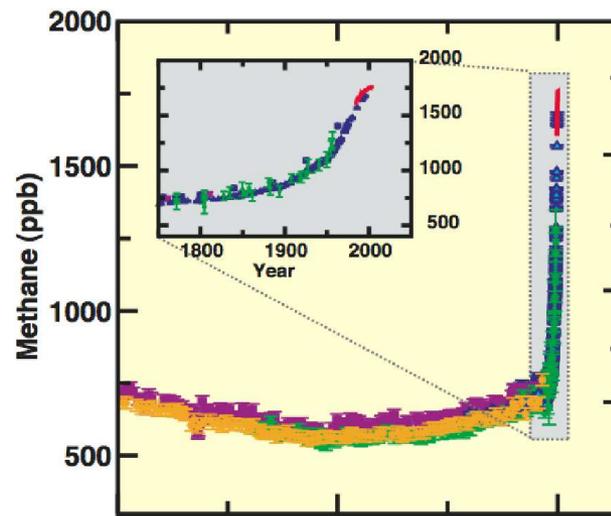


Gaz carbonique : CO_2

variation $\sim + 40\%$

émissions $\sim 75\%$ des GES

sources : combustibles
fossiles (90%)

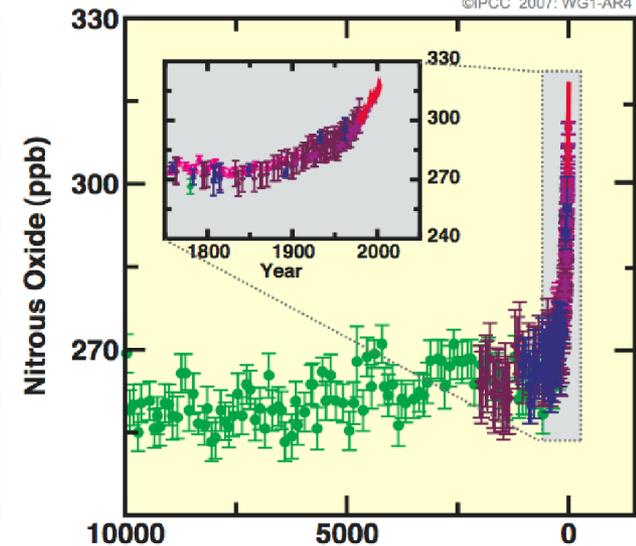


Méthane : CH_4

variation $\sim \times 2,5$

émissions $\sim 14\%$ des GES

source : rizières, décharges,
ruminants



Protoxyde d'azote : N_2O

variation $\sim + 20\%$

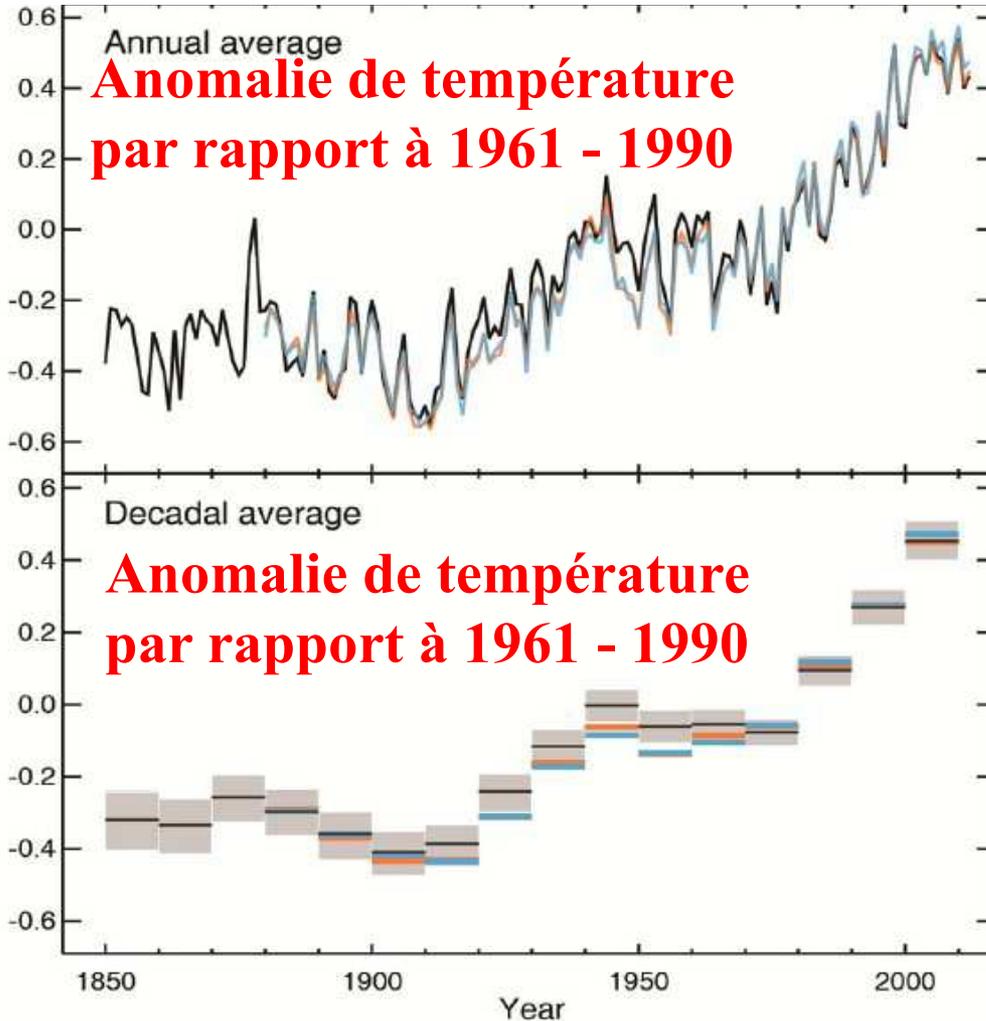
émissions $\sim 8\%$ des GES

source : engrais, fumier,
énergies fossiles

Depuis le début de l'ère industrielle la quantité d'énergie disponible pour « chauffer » les basses couches de l'atmosphère a augmenté de 1% (+2,3 W/m^2).

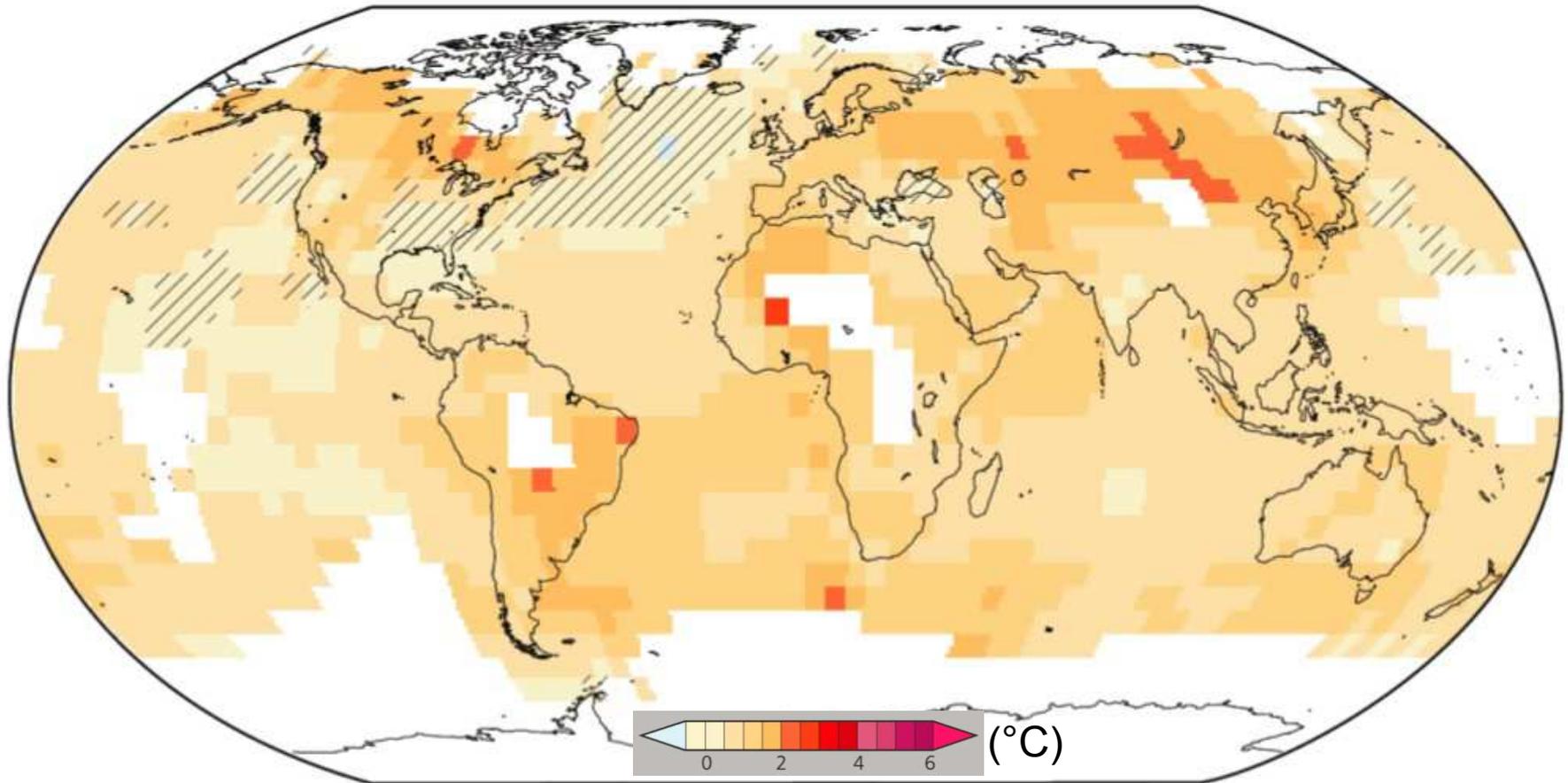
Ce chiffre tient compte de l'augmentation de l'effet de serre (+3 W/m^2) et de l'effet de refroidissement des aérosols (-0.7 W/m^2).

Le réchauffement est sans équivoque et sans précédent



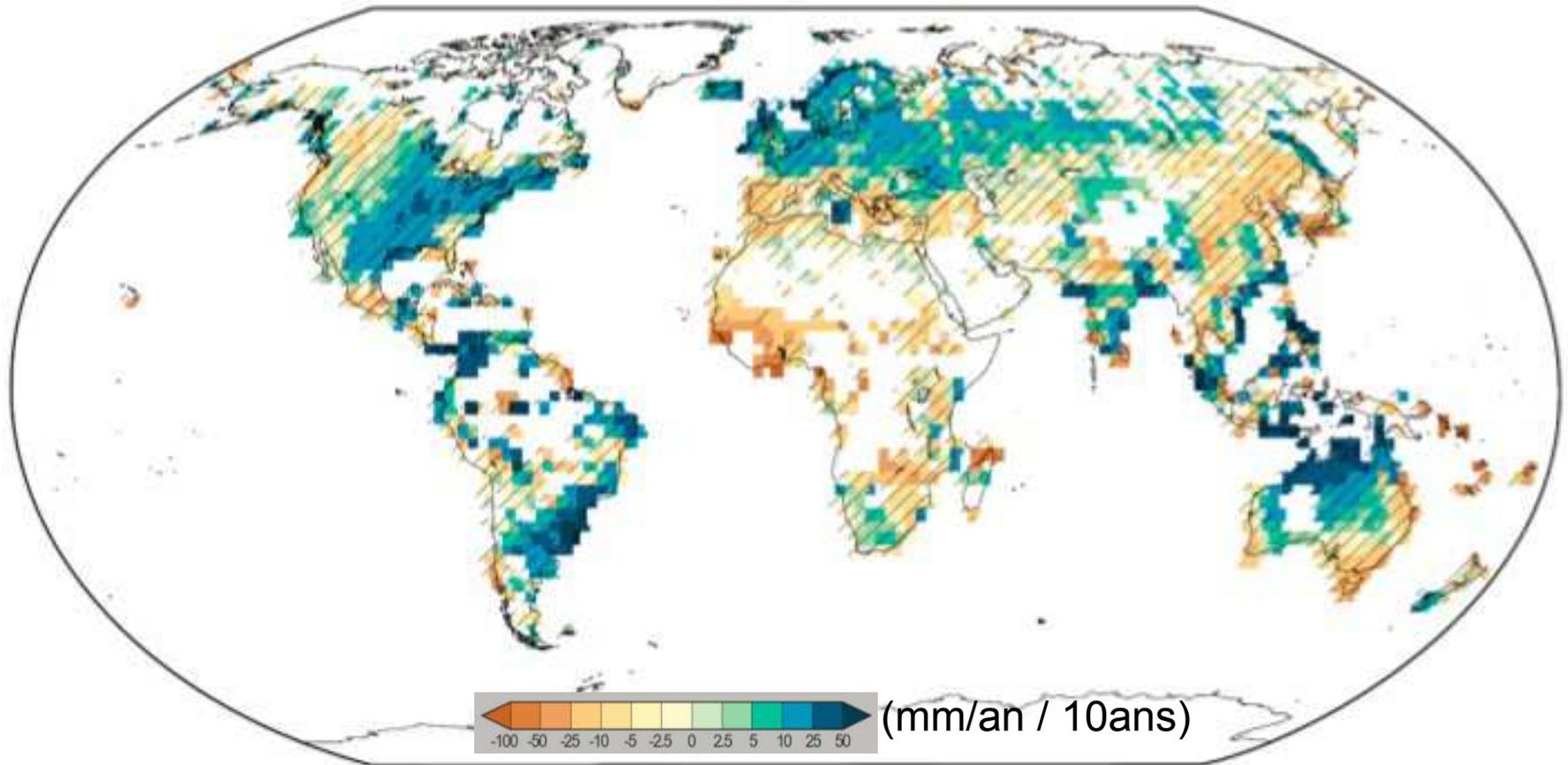
Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes les décennies précédentes depuis 1850.

Elévation des températures mondiales depuis 1901



- => Une hausse significative partout, en moyenne $+0,8^{\circ}\text{C}$ excepté ~ Atlantique nord (fonte calotte?)
- => plus forte sur les continents

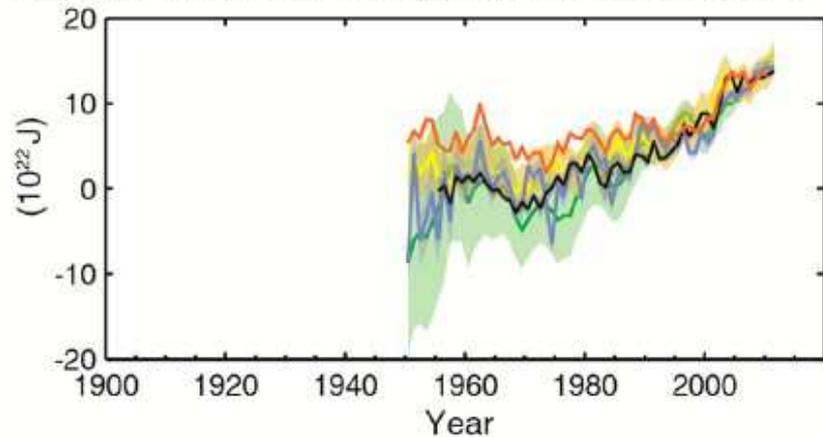
Accentuation du contraste des précipitations depuis 1951



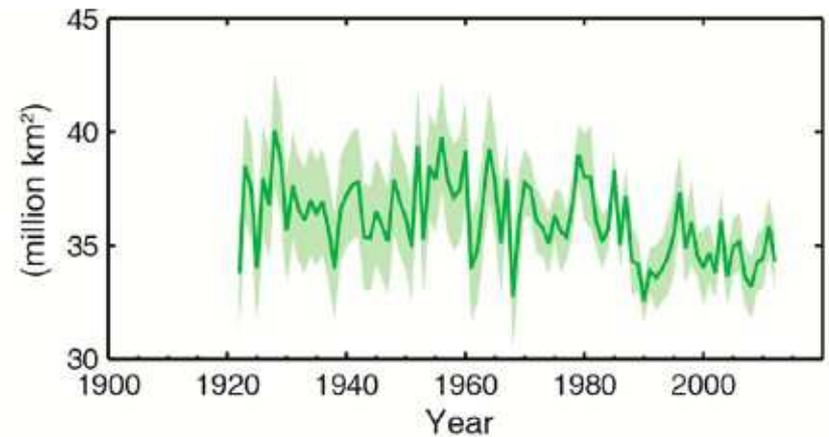
- => P ↓ robuste au Sahel
- => P ↑ robuste nord-Eurasie
- => suspicion de variations ailleurs

De nombreux indicateurs du réchauffement

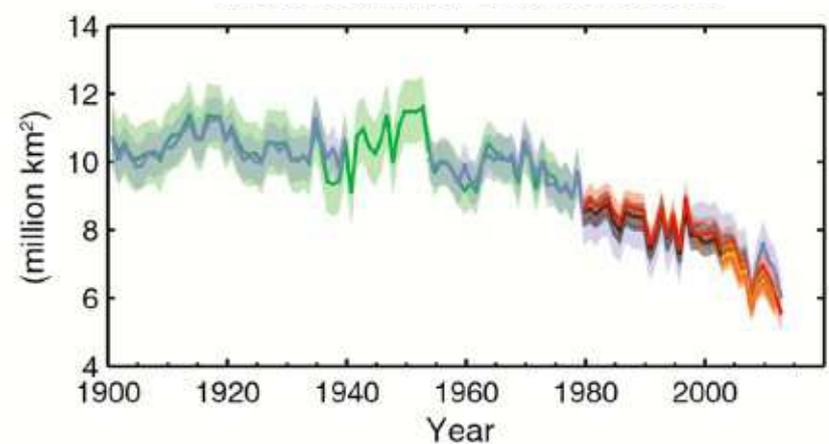
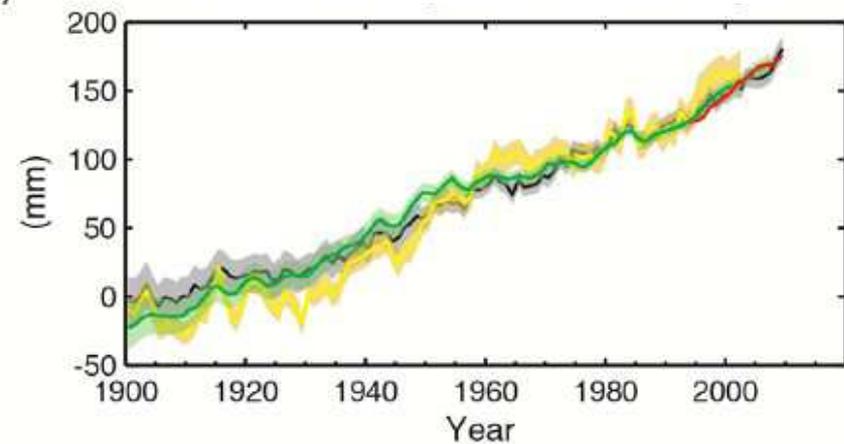
Chaleur dans l'océan



Couverture de neige au printemps



)



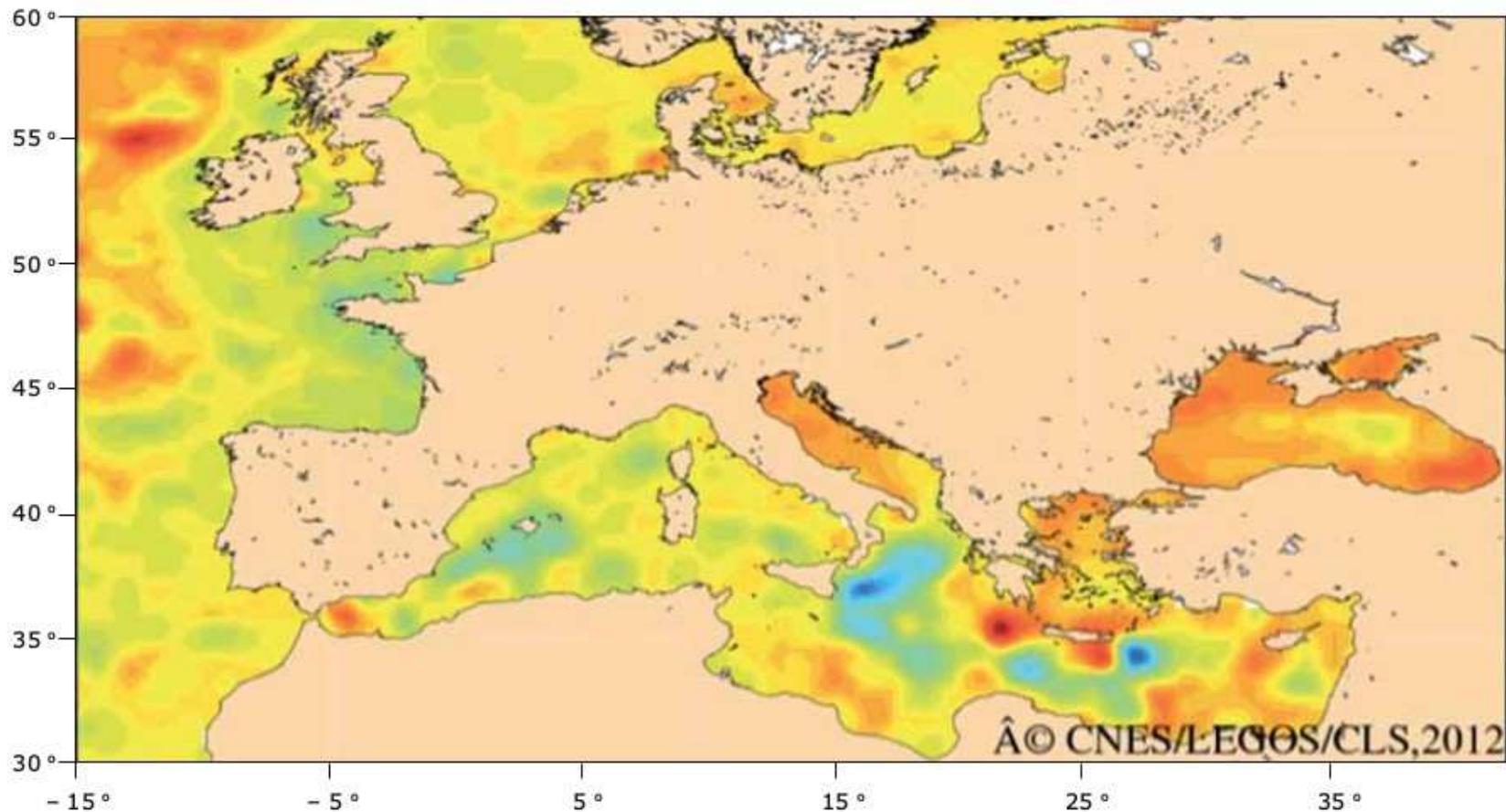
Niveau moyen de la mer

Minimum de la banquise en Arctique

Montée du niveau marin

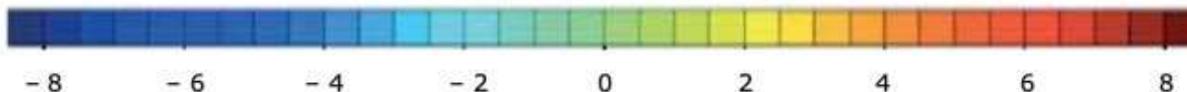
Variations observées 1991 – 2011 (mm/an)

AEE (2012)



Trend in absolute sea level across Europe based on satellite measurements, 1992–2011

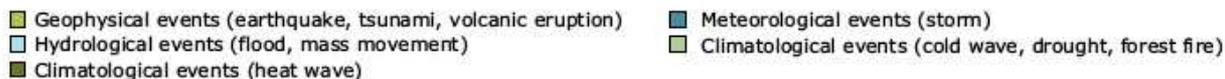
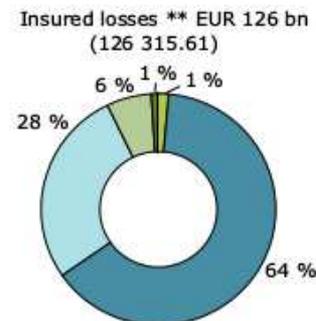
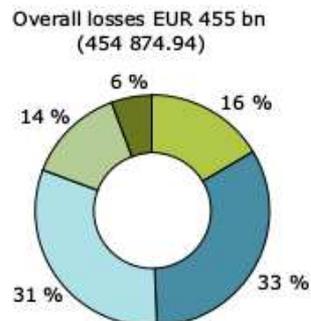
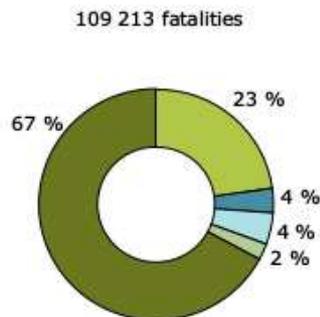
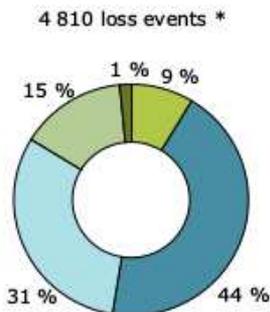
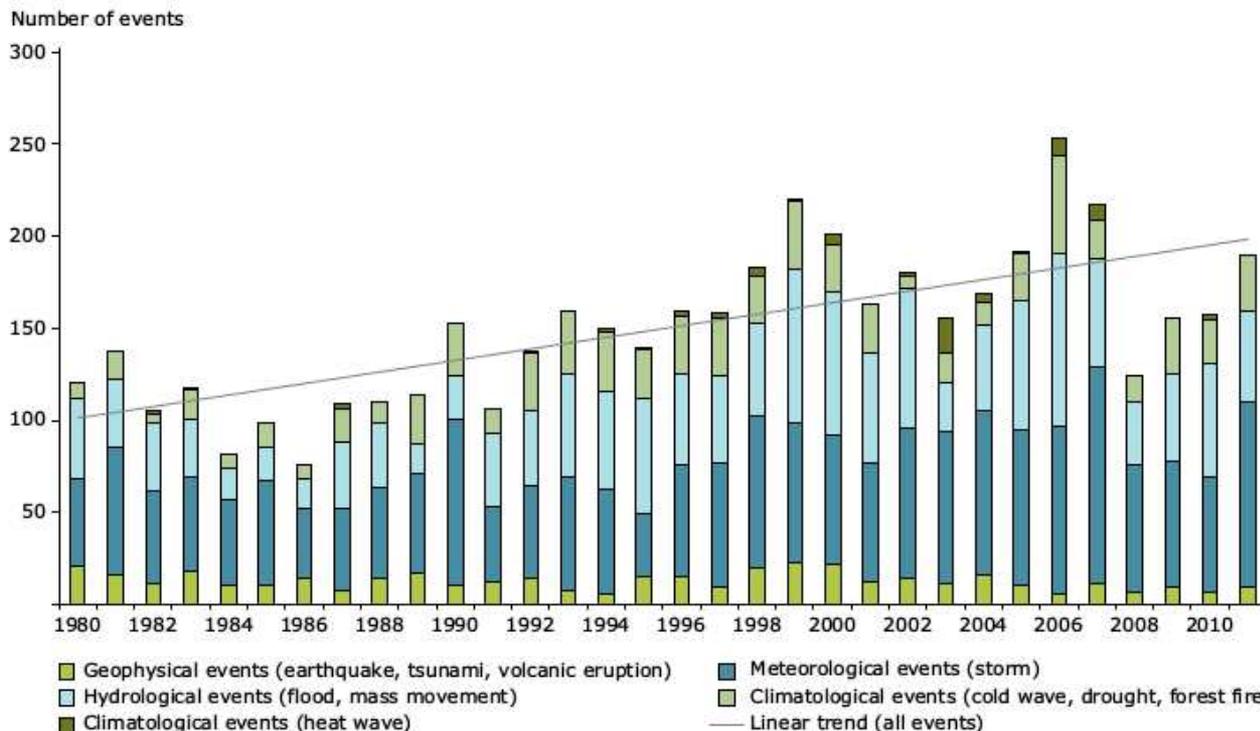
MSL trends (mm/year)



Evénements extrêmes

Occurrences en hausse (1980-2011) et coût élevé

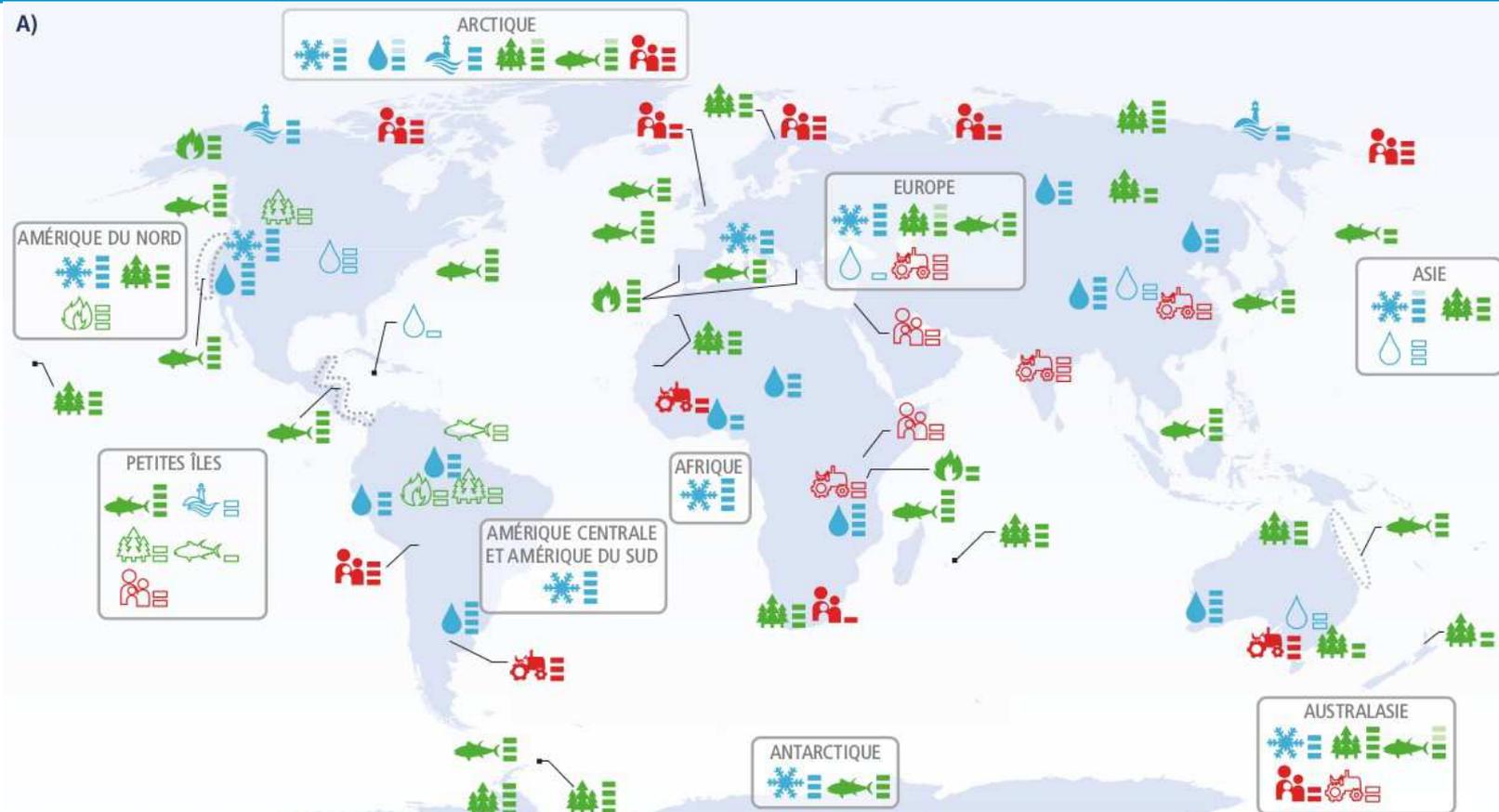
NatCatSERVICE (2012)



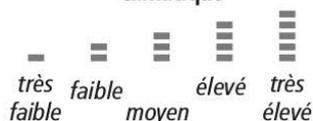
II -1

Les impacts actuels du changement climatique dans le monde

Certains des changements observés peuvent déjà être attribués au réchauffement climatique



Degré de confiance associé à l'attribution au changement climatique



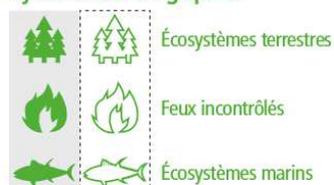
≡ intervalle de confiance

Incidences observées attribuées au changement climatique

Systèmes physiques



Systèmes biologiques



Systèmes humains et aménagés

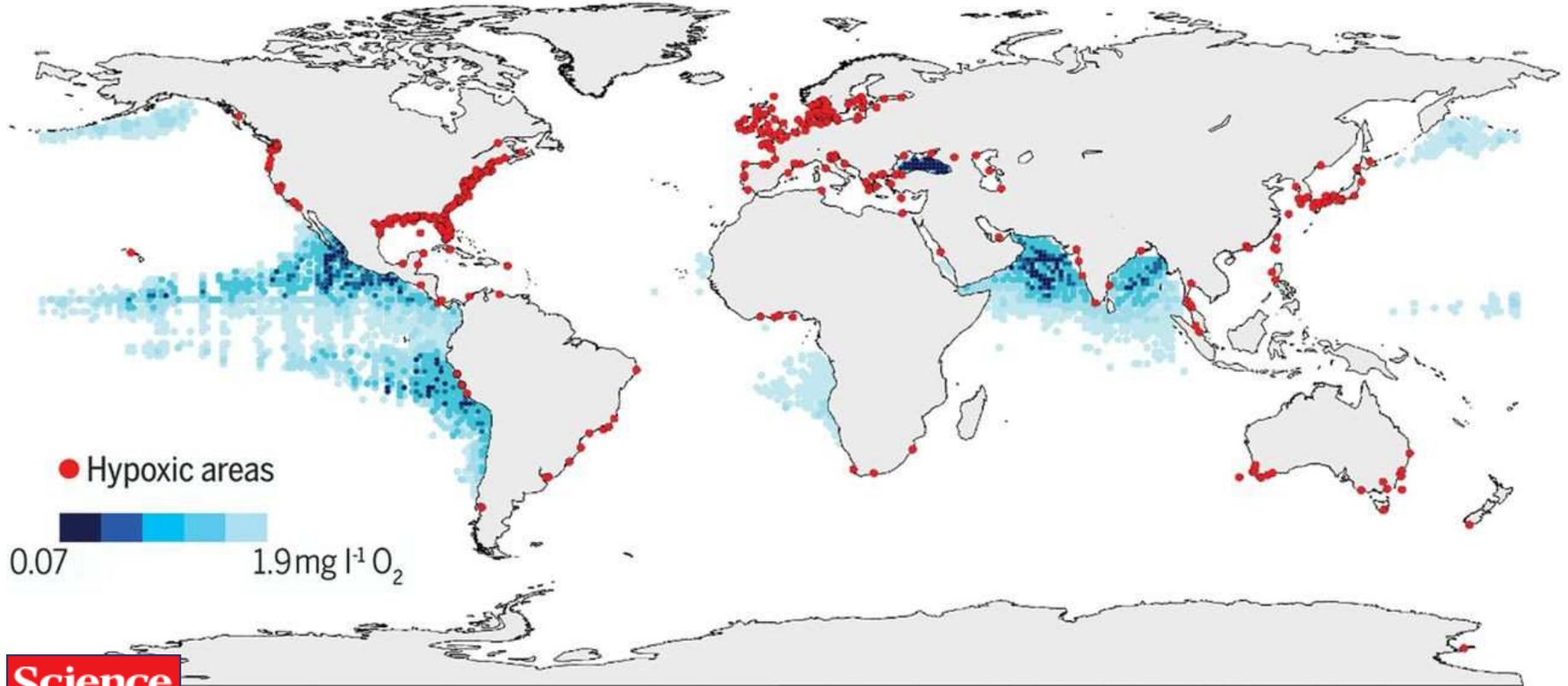


□ Incidences à l'échelle régionale

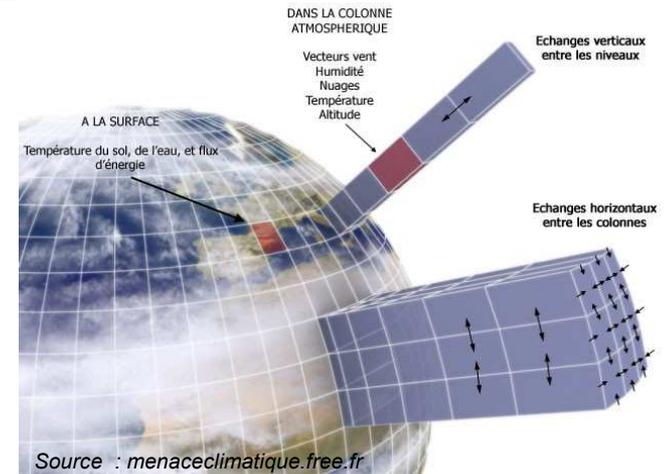
Symboles vides = contribution mineure du changement climatique
 Symboles remplis = contribution majeure du changement climatique

Désoxygénation des océans (zones "mortes")

- due au réchauffement des eaux
 - doublée de l'effet des rejets humains (nutriments)
 - aggrave les émissions (N_2O et SO_2)
- => mortalité des poissons, sur-pêche



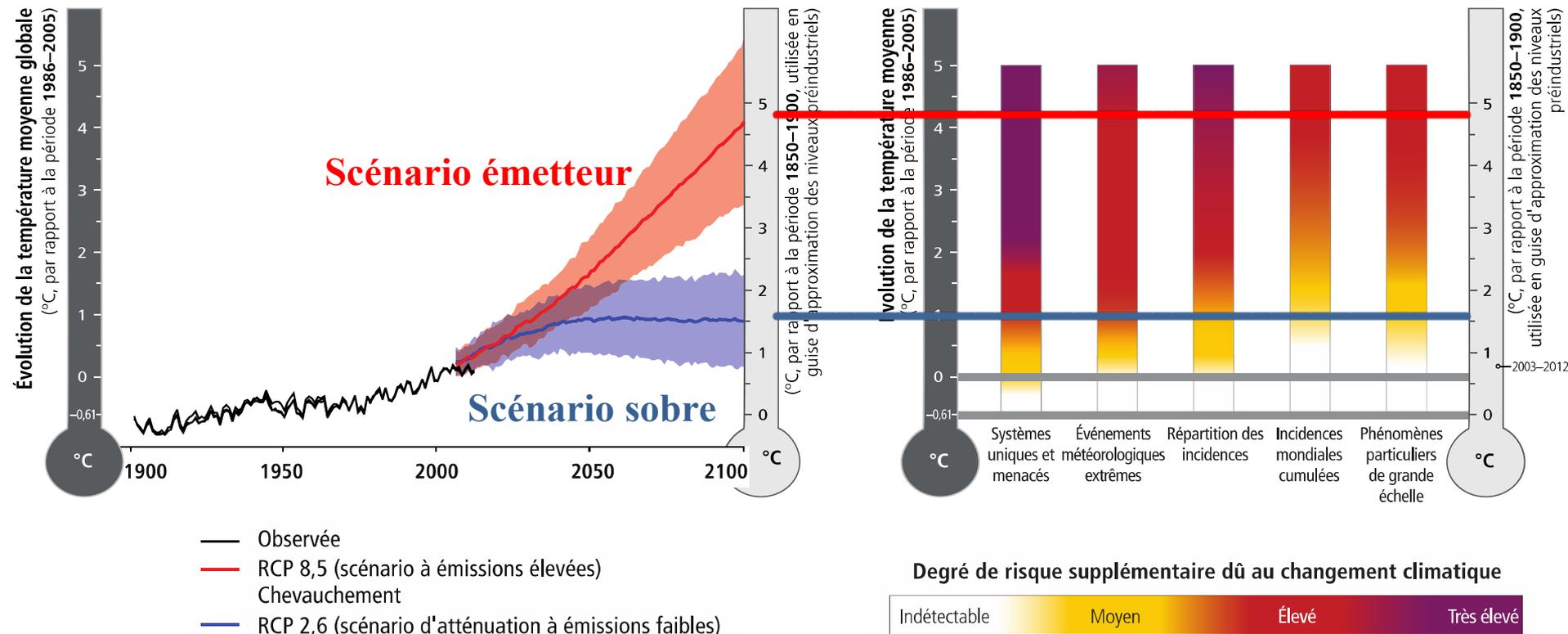
III



Que nous réserve le changement climatique pour le siècle à venir ?

1. Aléas à l'échelle mondiale

Des risques variés et forts pour des scénarios contrastés



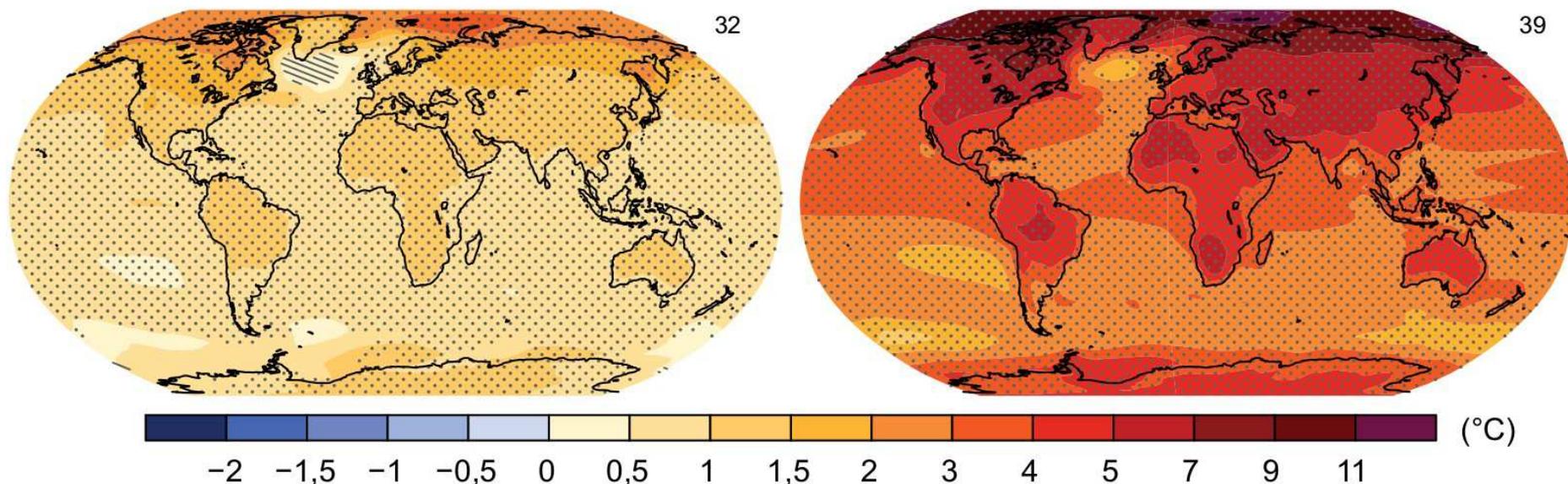
Notre trajectoire est plutôt celle du **scénario émetteur** : ~ **+5°C**
Mais un **scénario sobre volontariste** est encore jouable

Élévation des températures mondiales

RCP 2,6

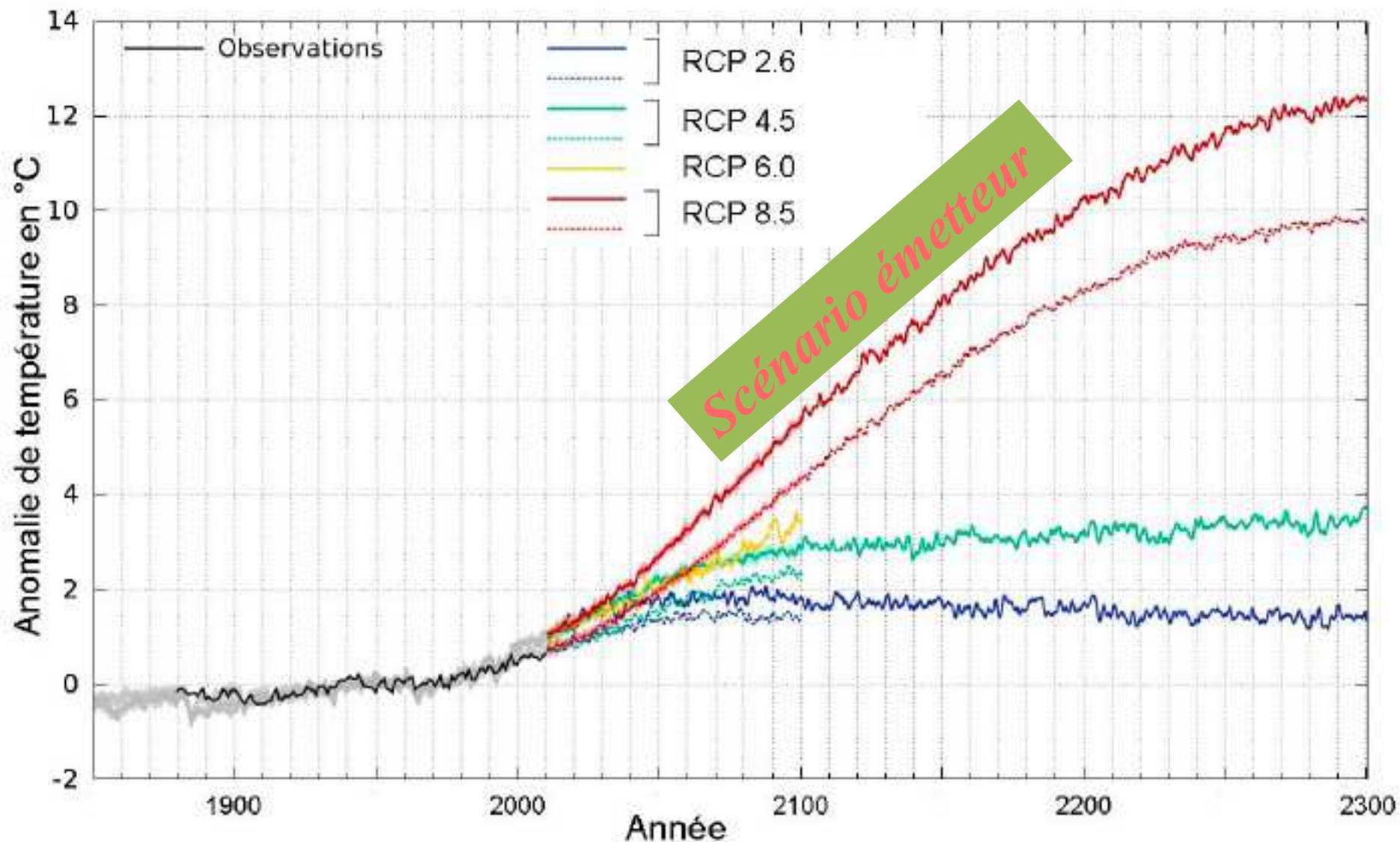
RCP 8,5

Évolution de la température moyenne en surface (entre 1986-2005 et 2081-2100)

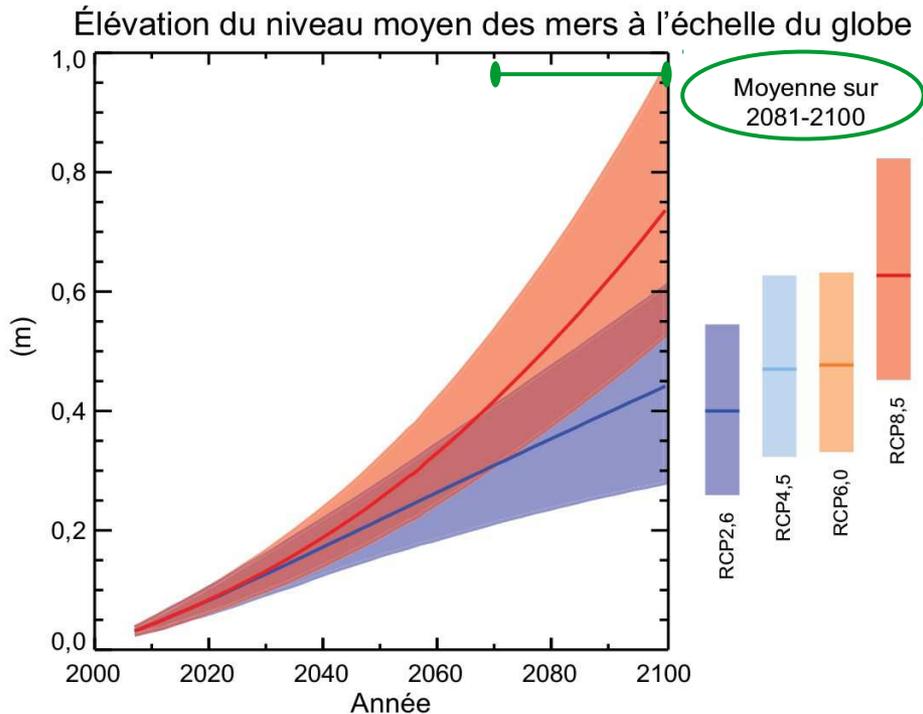


Plus forte sur les continents et aux pôles : jusqu'à + 11°C

Des changements dans la durée



Élévation du niveau marin

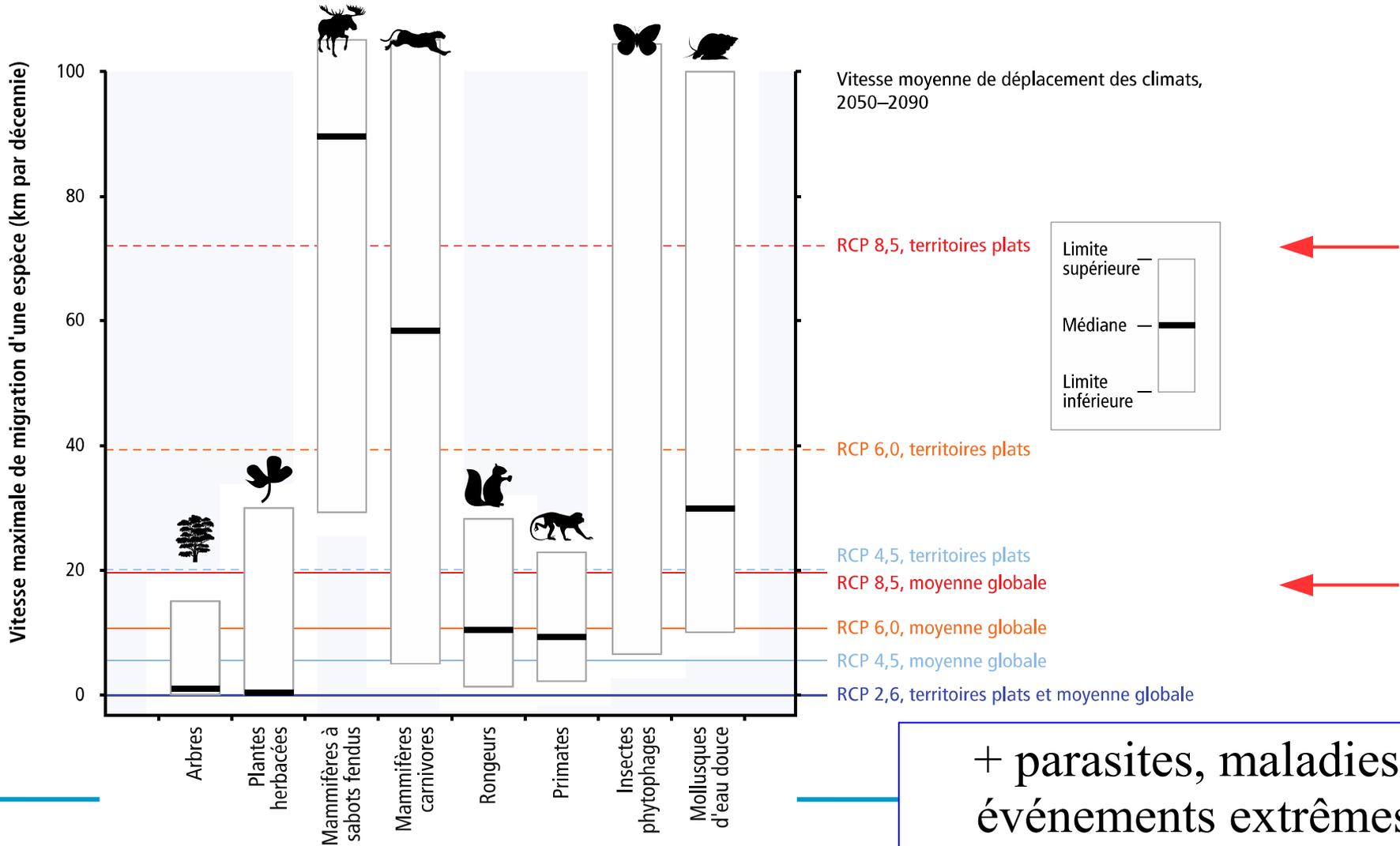


- + fort loin des pôles
- ajouter surverse due aux tempêtes, dépressions, régime de houle
- ajouter déstabilisation des calottes polaires : +40cm à + 1m
- risque de **submersion & érosion**
- **seuil** possible si $T > +1$ à $+2,5^{\circ}\text{C}$
- continuera de monter pendant 1-3 millénaires :
Groenland => +7m
Antarctique => +7m

Des villes (New York, +2m) et des pays (Hollande, +1,5m) anticipent déjà leur adaptation à ce risque ; possibilité d'**abandon de terres**

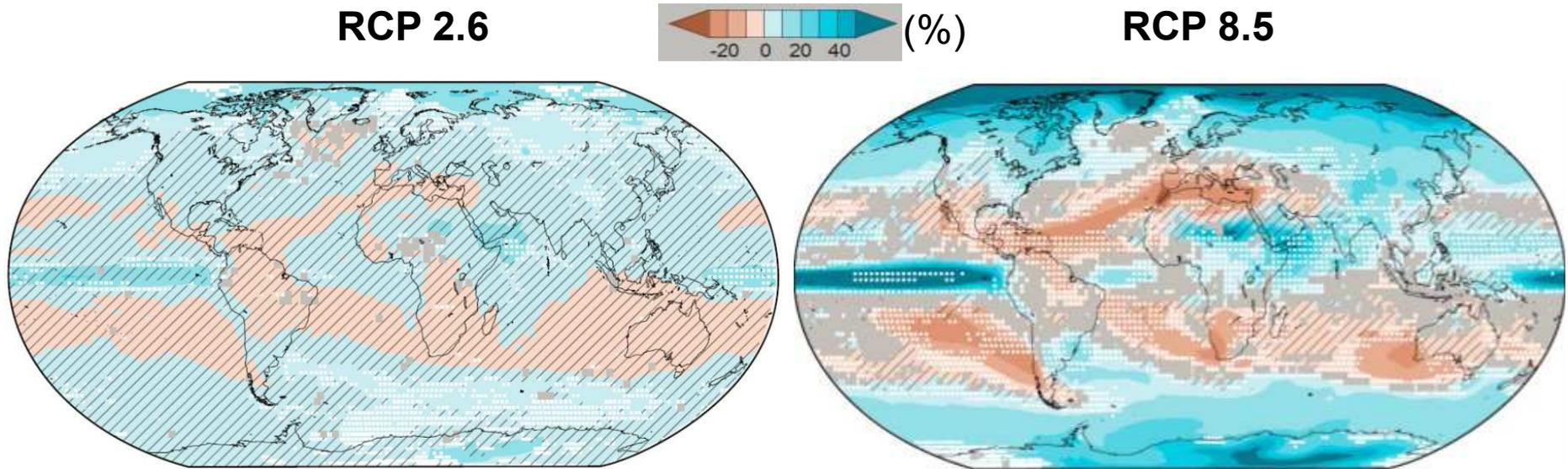
Des changements trop rapides pour certains écosystèmes

Vitesse maximale de déplacement des espèces / à celle de la température



Baisse des ressources en eau les précipitations

évolution des précipitations ~ 2081-2100



légères variations dépendant des modèles

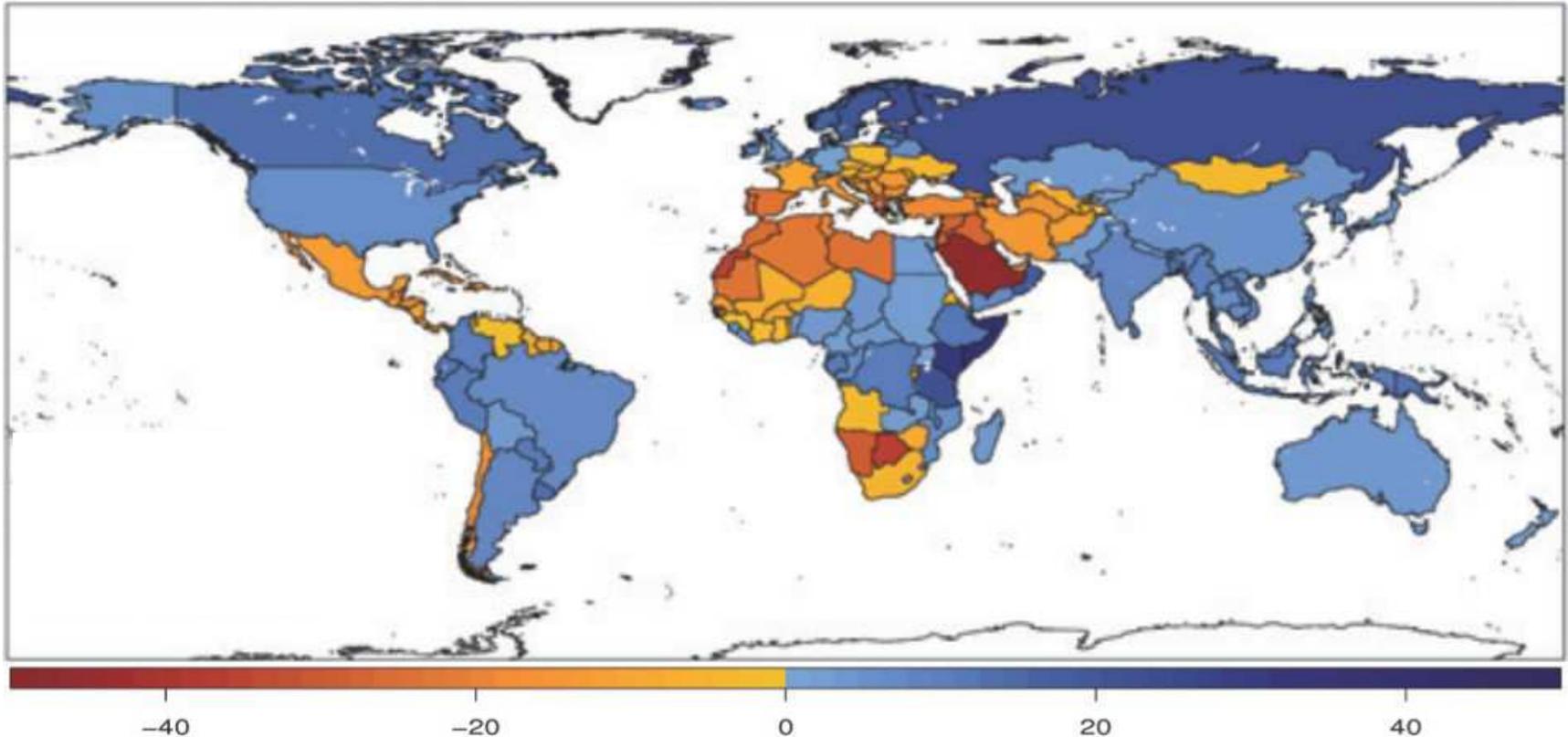
Tendances plus robustes

=> P ↓ régions tropicale & Méditerranée

=> P ↑ mousson indienne, zones boréales

Baisse des ressources en eau **des tensions exacerbées aux tropiques et en Méditerranée**

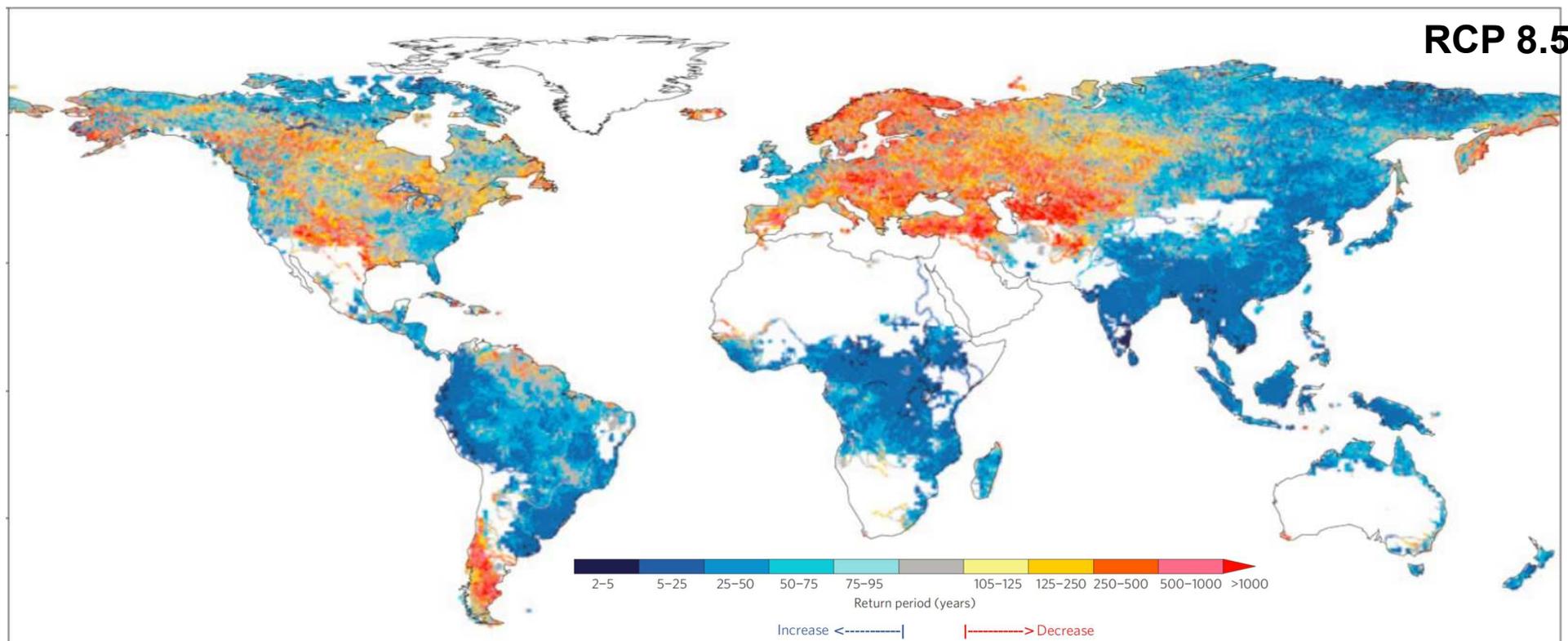
Variation (%) entre 2000 et 2080 des ressources en eau disponibles après prélèvement par la végétation et les **cultures en place** (incluant l'irrigation si l'eau est disponible)



- pression accrue encore par la démographie, et usages émergents (alimentation carnée, agro-carburants, ...)
- haute spécificité de chaque pays / région

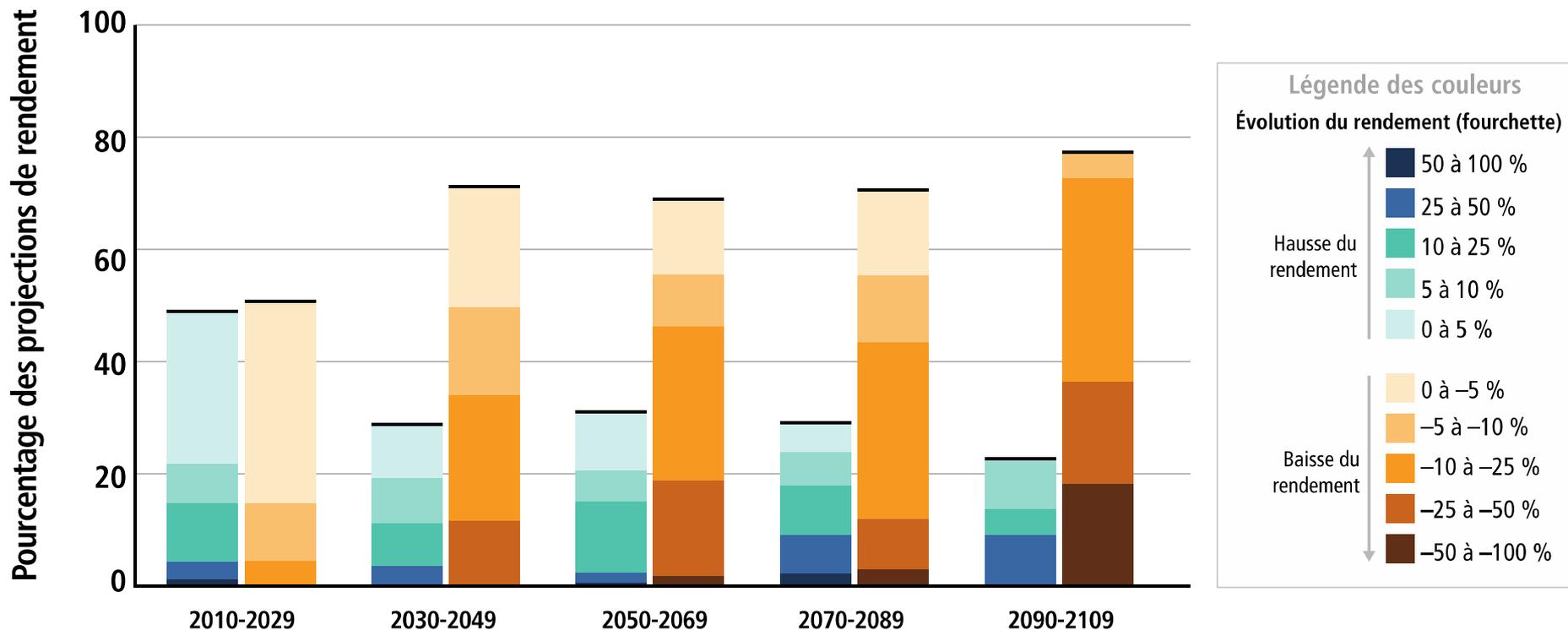
Un peu trop d'eau aussi

Période de retour des crues actuellement centennales ~ 2080



- l'Asie particulièrement touchée (topographie & densité population)
- d'autres estimations régionales => crues ↑ en Europe du Nord

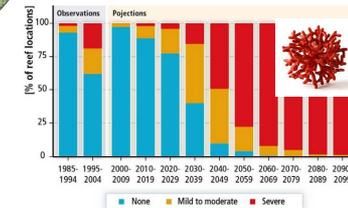
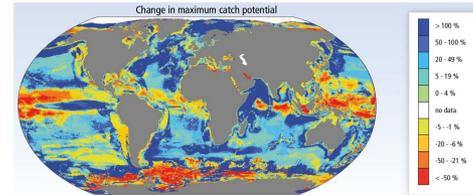
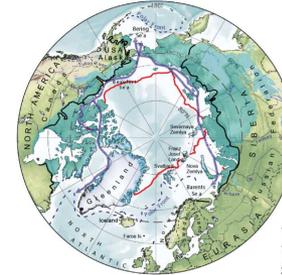
Baisse des rendements agricoles des tendances contrastée globalement négatives



- Enjeu alimentaire mondial
croisé avec échanges internationaux, démographie et habitudes alimentaires

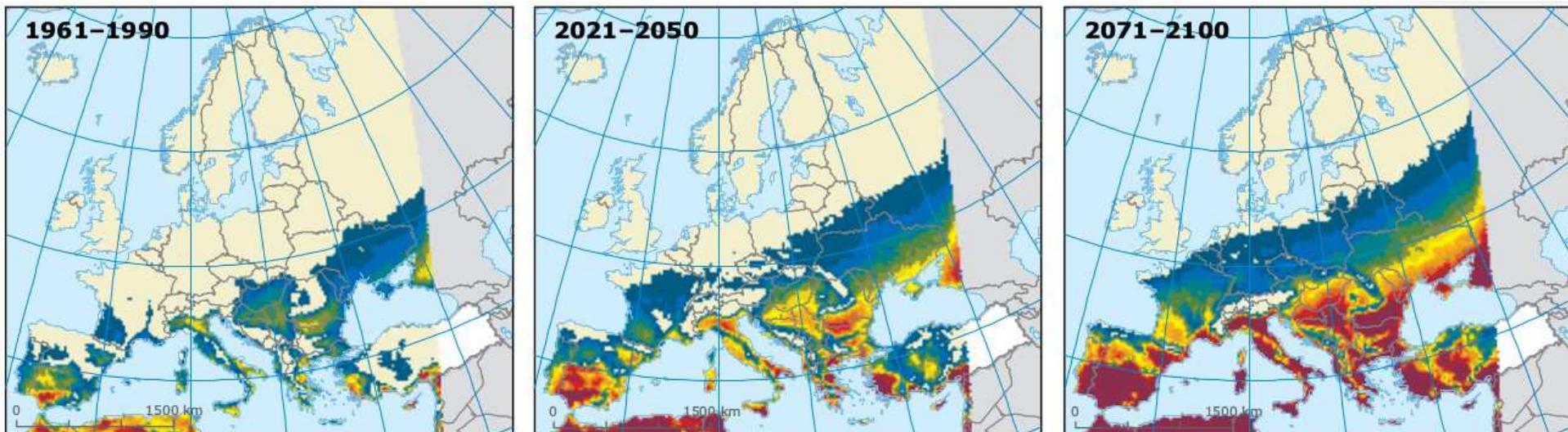
Autres impacts intéressants à l'échelle mondiale

- Fonte du Pergélisol
- Fonte calotte arctique (ouverture de la route du nord)
- Acidification des océans (coraux, mollusques)
- Modification des rendements de la pêche
- Perte biodiversité (6e grande extinction, combinaison avec la pollution)
- Impact sur la santé (direct, indirects, vecteurs, maladies, ...)
- Tremblements de terre, tsunamis, éruptions (rebond glaciaire suite fonte calotte)
- Tempêtes, tornades, inondations, érosion littorale
- Risques alimentaires, migrations, conflits, ...

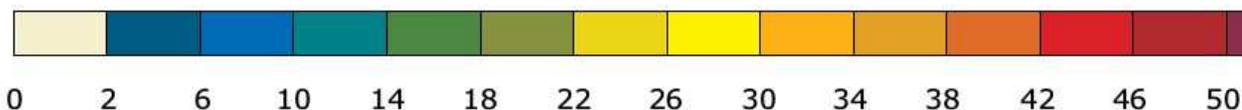


Températures

vagues de chaleur (nb de jours & nuits chauds)



Number of combined tropical nights ($> 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) and hot days ($> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$)



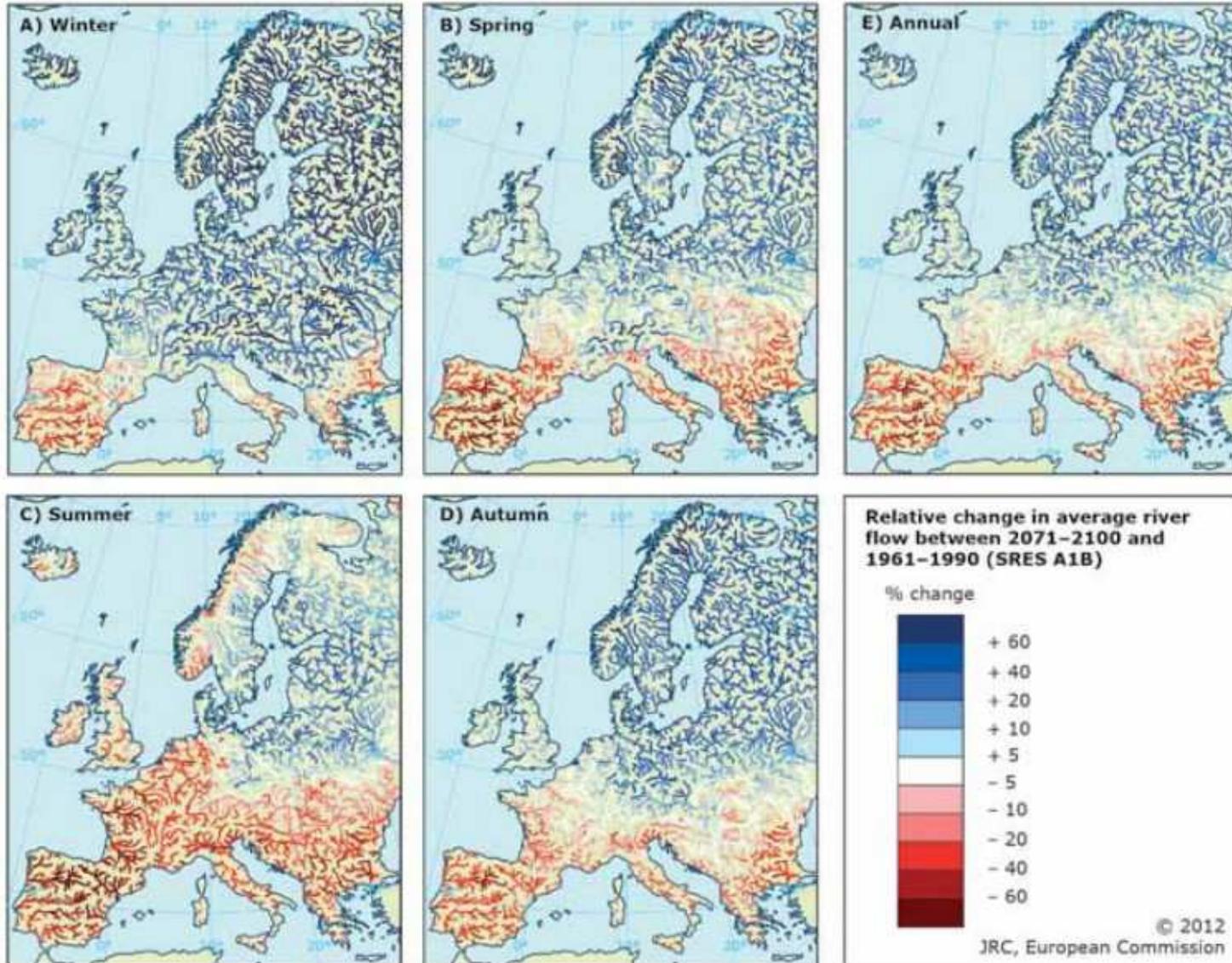
No data

Outside coverage

Débits des rivières

Jusqu'à -60 % à +40 % suivant les lieux et les saisons

Rojas et al. (2012)

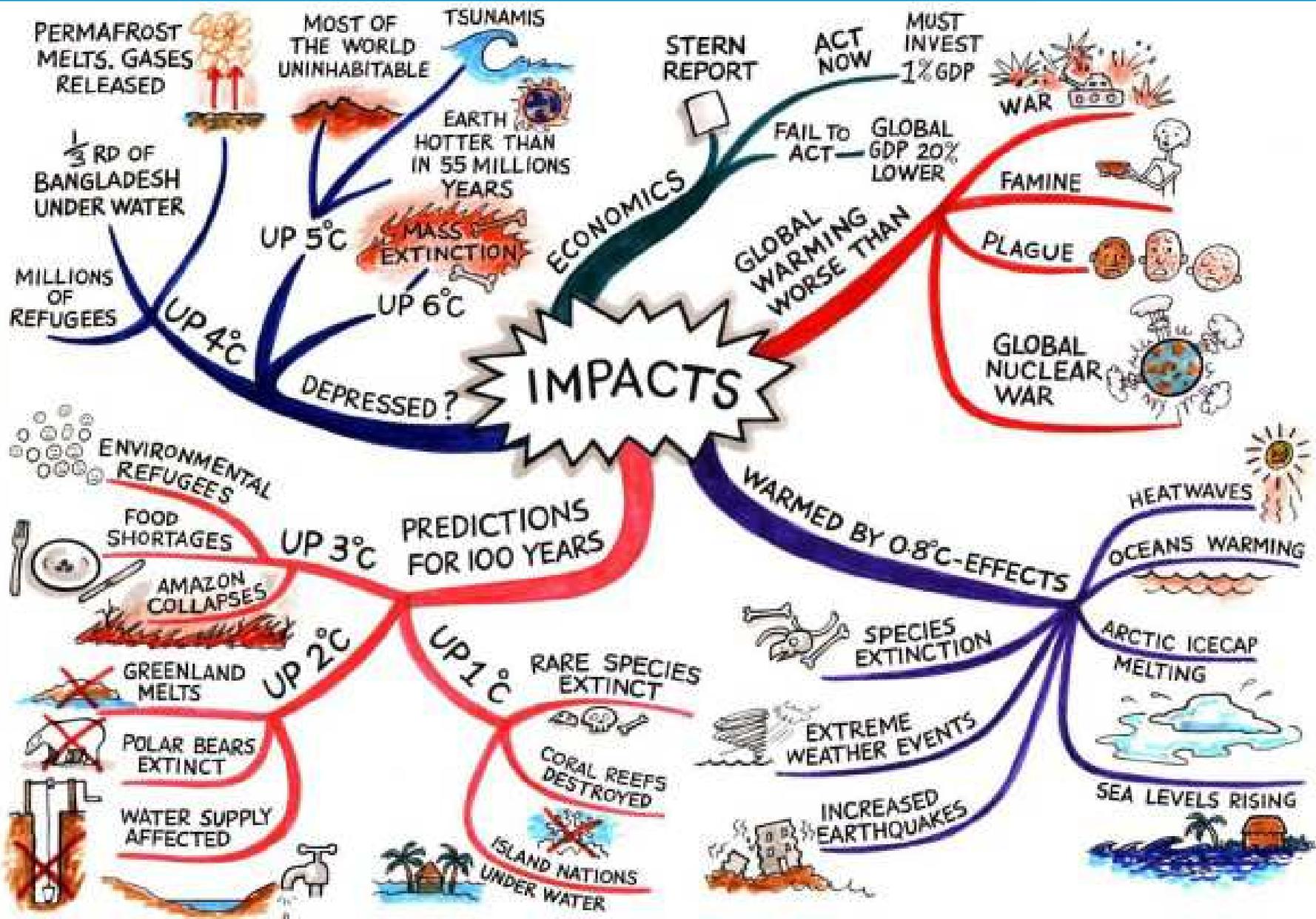


III

*Que nous réserve le changement climatique
pour le siècle à venir ?*

4. Encore de grandes incertitudes

Les impacts du CC seront pires que tout ce que l'on peut imaginer



(Rob Swart, CIRCLE-2, 2010)

Merci de votre attention