

Changements climatiques: Que dit la science ?

Jean-Pascal van Ypersele

**(Université catholique de Louvain, Belgique),
Vice-président du GIEC de 2008 à 2015**

Twitter: @JPvanYpersele

OMM, Marrakech, 9-11-2016

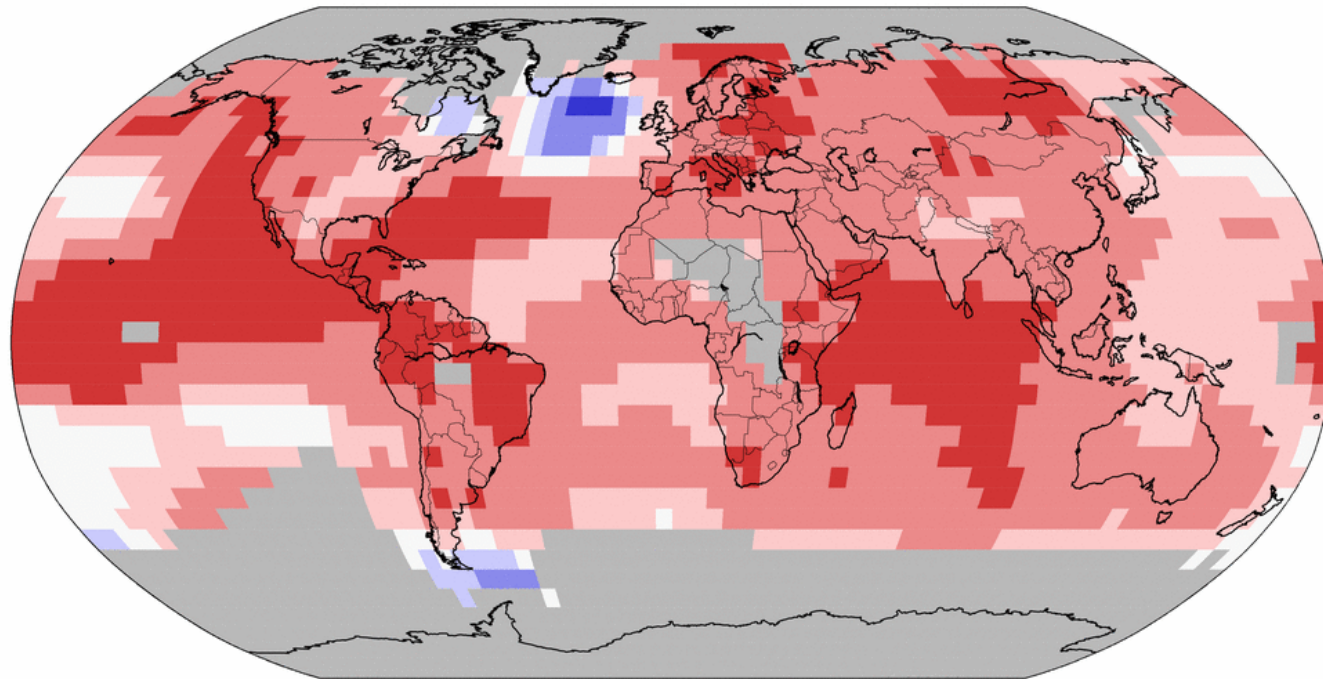
Merci au Gouvernement wallon et à mon équipe à l'Université catholique de Louvain (B. Gaino, P. Marbaix) pour leurs soutien et contributions. Merci à Peter Wittoeck (SPF Environnement) pour certaines des dias sur la COP21 et à Xavier Fettweiss (Ulg) pour certaines dias sur le Groenland

2015= année la plus chaude depuis 1880

Land & Ocean Temperature Percentiles Jan–Dec 2015

NOAA's National Centers for Environmental Information

Data Source: GHCN–M version 3.3.0 & ERSST version 4.0.0



Record Coldest

Much Cooler than Average

Cooler than Average

Near Average

Warmer than Average

Much Warmer than Average

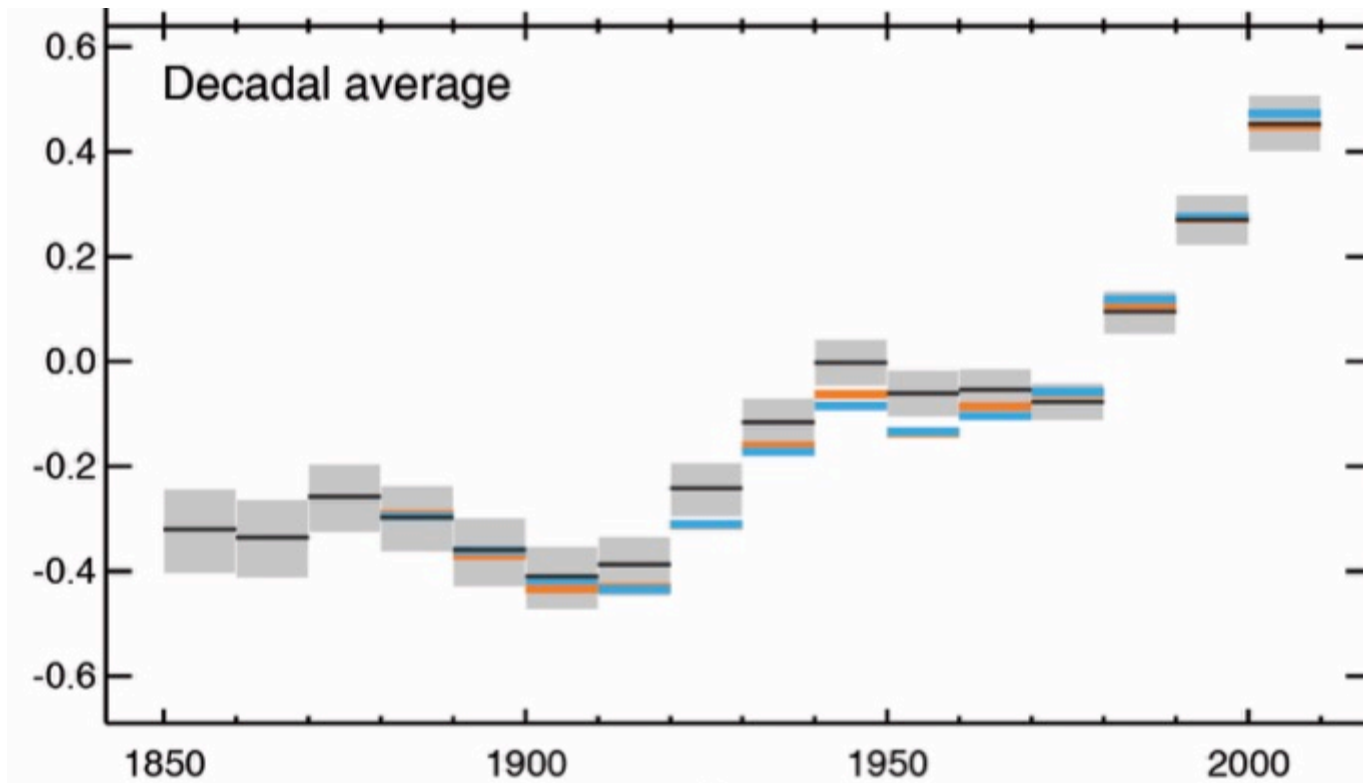
Record Warmest



Wed Jan 13 12:15:02 EST 2016

Global Temperature Anomalies video (1880-2015)

- https://youtu.be/SWPzGo_C010 (30 s)
- From Nasa Climate Change
- This color-coded map in Robinson projection displays a progression of changing global surface temperature anomalies from 1880 through 2015. Higher than normal temperatures are shown in red and lower than normal temperatures are shown in blue. The final frame represents the global temperatures 5-year averaged from 2010 through 2015. Scale in degree Celsius.



(IPCC 2013, Fig. SPM.1a)

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

Dans l'hémisphère nord, la période 1983–2012 a probablement été la période de 30 ans la plus chaude des 1400 dernières années (degré de confiance moyen).

Depuis 1950, les **jours extrêmement chauds** and les **pluies intenses** sont devenues plus courants

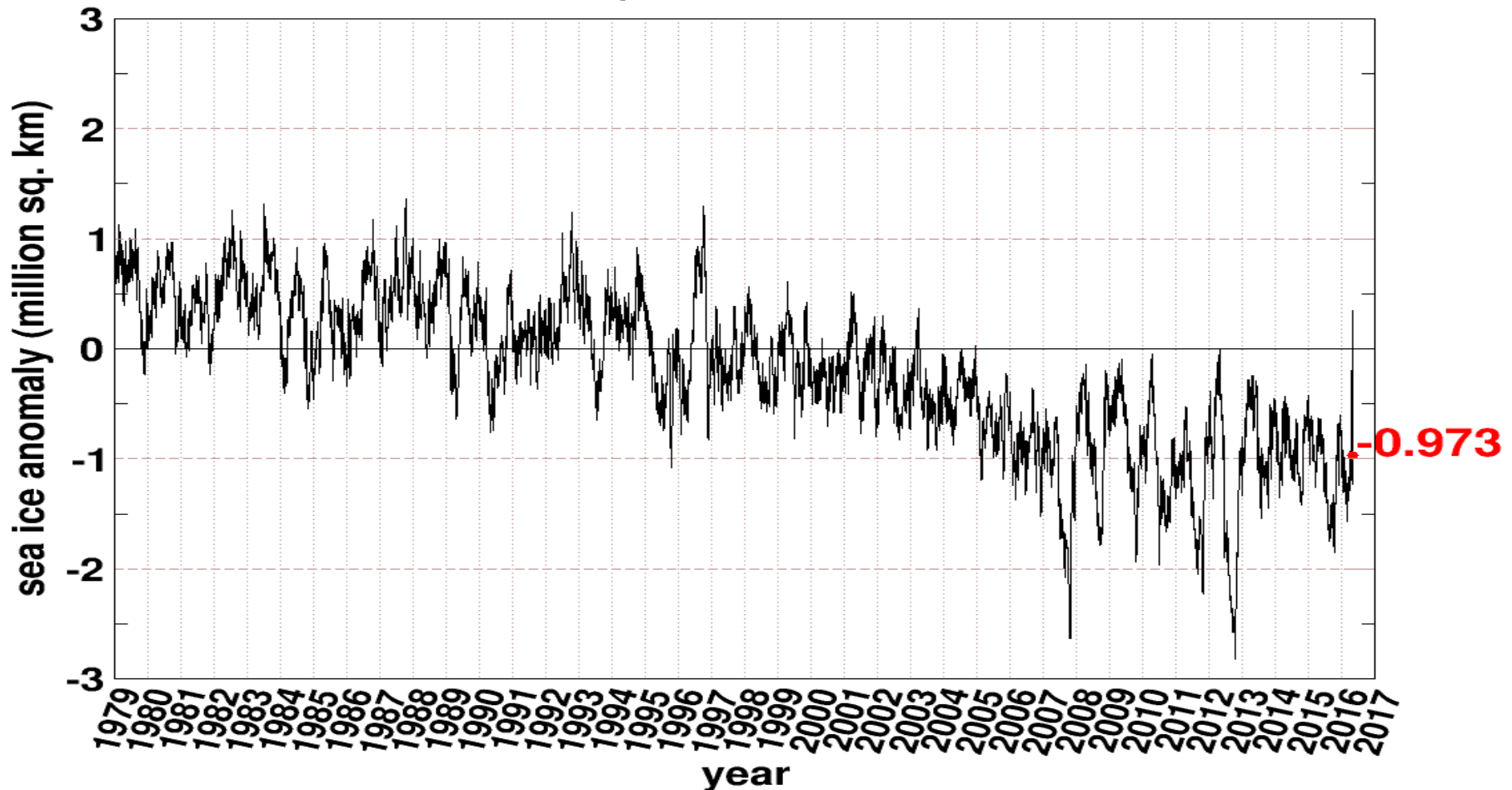


There is evidence that anthropogenic influences, including increasing atmospheric **greenhouse gas concentrations**, have changed these extremes

Surface de la glace de mer arctique (écart par rapport à la moyenne)

Northern Hemisphere Sea Ice Anomaly

Anomaly from 1979-2008 mean



Qori Kalis Glacier (Pérou): juillet 1978



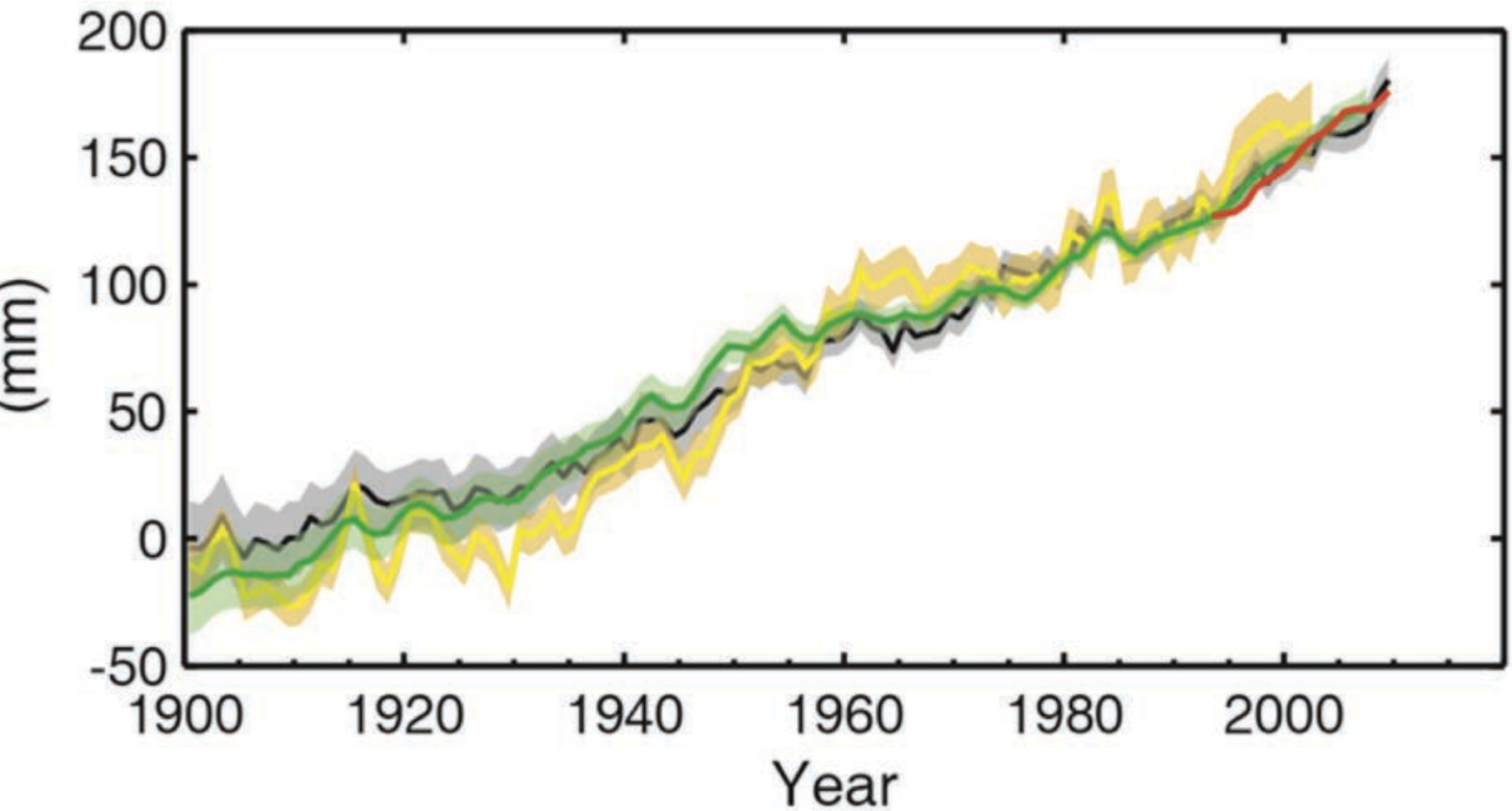
Source: Dr. Lonnie Thompson (OSU),
via <http://climate.nasa.gov/images-of-change#543-melting-qori-kalis-glacier-peru>

Qori Kalis Glacier (Pérou): juillet 2011



Source: Dr. Lonnie Thompson (OSU),
via <http://climate.nasa.gov/images-of-change#543-melting-qori-kalis-glacier-peru>

Evolution du niveau moyen des mers



Résumé (1)

- **C + O₂ = chaleur + CO₂ (inévitabile)**
- **80% de d' énergie mondiale viennent des combustibles fossiles, contenant du "C" (carbone); le déboisement contribue aussi à l' émission de CO₂**
- **Ce gaz "à effet de serre" piège la chaleur**
- **40% du CO₂ émis seront encore présents dans l' atmosphère dans 1000 ans ; il s' y accumule: [CO₂] +40% depuis 1750**

Jean-Pascal van Ypersele

(vanyp@climate.be)

Résumé (2)

- **La température globale augmente (déjà 0.7°C depuis 1900) & augmentera (+0.3 à +4.8°C entre 1986-2005 et 2081-2100, suivant les scénarios)**
- **Niveau des mers: 26 à 82 cm (même période)**
- **Des impacts importants sont attendus**
- **Stabiliser la température requiert de réduire les émissions nettes de CO₂ à zéro dans les décennies à venir**

Pourquoi le GIEC (Groupe d'experts

Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) ?

Etabli par l'OMM et le PNUE en 1988

Mandat: fournir aux décideurs une **source objective d'information** à propos:

- des causes des changements climatiques
- des scénarios possibles d'évolution
- des conséquences observées ou futures pour l'environnement et les activités humaines
- les options de réponse possibles (adaptation & atténuation = réduction des émissions).

OMM = Organisation Météorologique Mondiale
PNUE = Programme des Nations Unies pour l'Environnement



Structure du GIEC



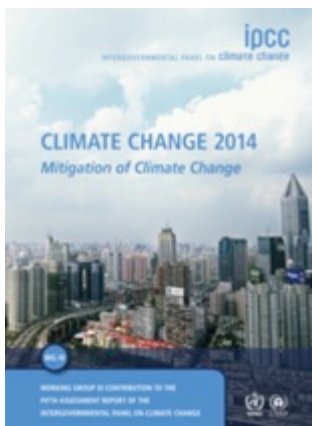
- **3 Groupes de travail, 1 Task Force**
- GT1: Science des changements climatiques
- GT2: Impacts, adaptation & vulnérabilité
- GT3: Atténuation (« Mitigation »)
- TF: Inventaires d'émissions (méthodologies)



Que se passe-t-il dans le système climatique ?



Quels sont les risques ?



Que peut-on faire ?

Messages clés

- **L'influence humaine sur le système climatique est claire**
- **La poursuite des émissions de gaz à effet de serre augmentera le risque d'impacts graves, répandus et irréversibles pour les populations et les écosystèmes**
- **Alors que les changements climatiques représentent une menace pour le développement durable, il existe de nombreuses opportunités pour intégrer l'atténuation, l'adaptation, et la poursuite d'autres objectifs sociétaux**
- **L'Humanité a les moyens de limiter les changements climatiques et de construire un avenir plus durable et plus résilient**

AR5 WGI SPM, AR5 WGII SPM, AR5 WGIII SPM

Définitions

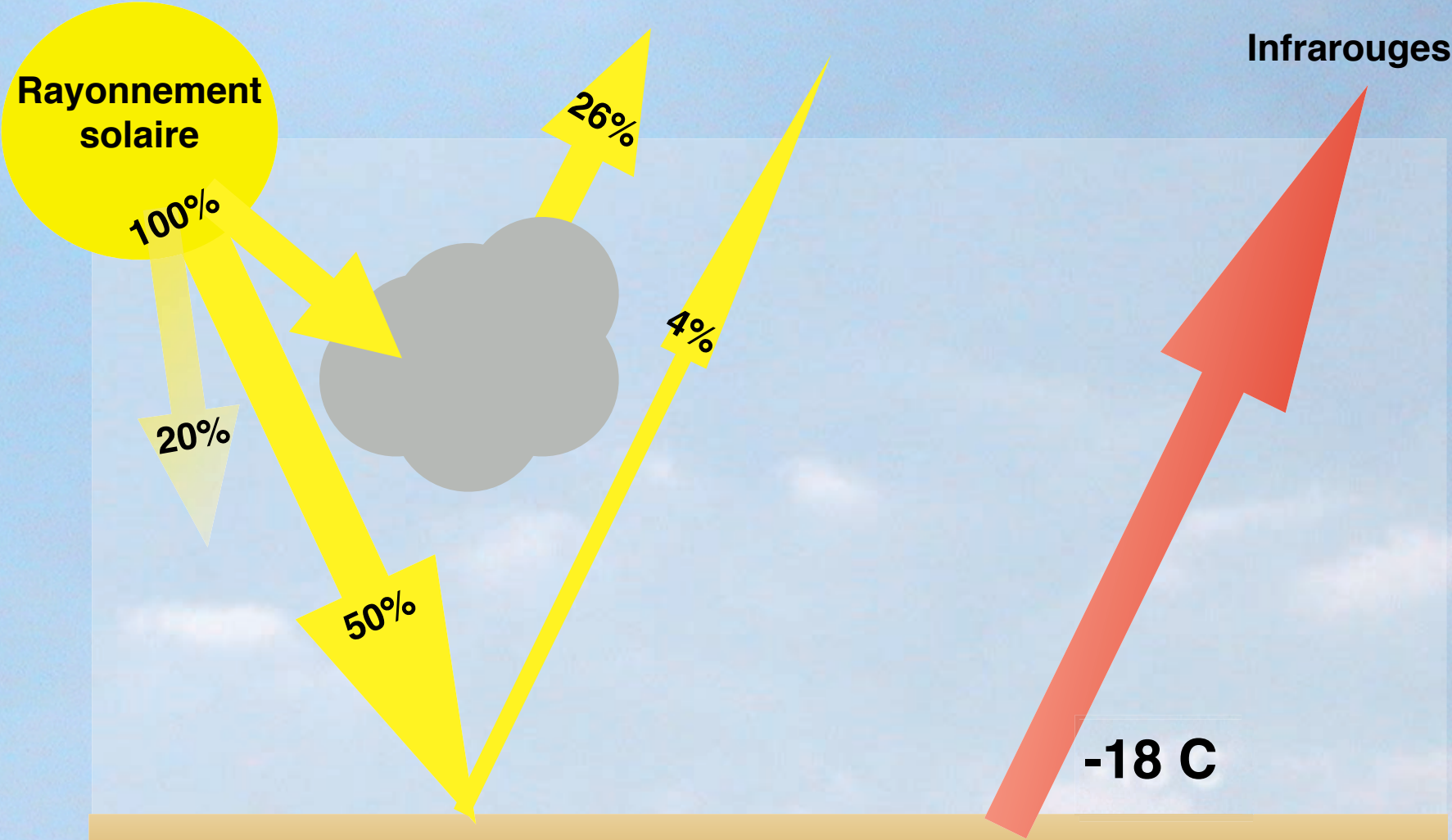


- **Systeme climatique: constitué par l'atmosphère, les océans, la cryosphère (glace), la surface des continents, la biosphère...**
- **Le climat = *moyenne* de l'état de ce système, en particulier du *temps* sur 30 ans, + *variabilité* autour de cette moyenne**

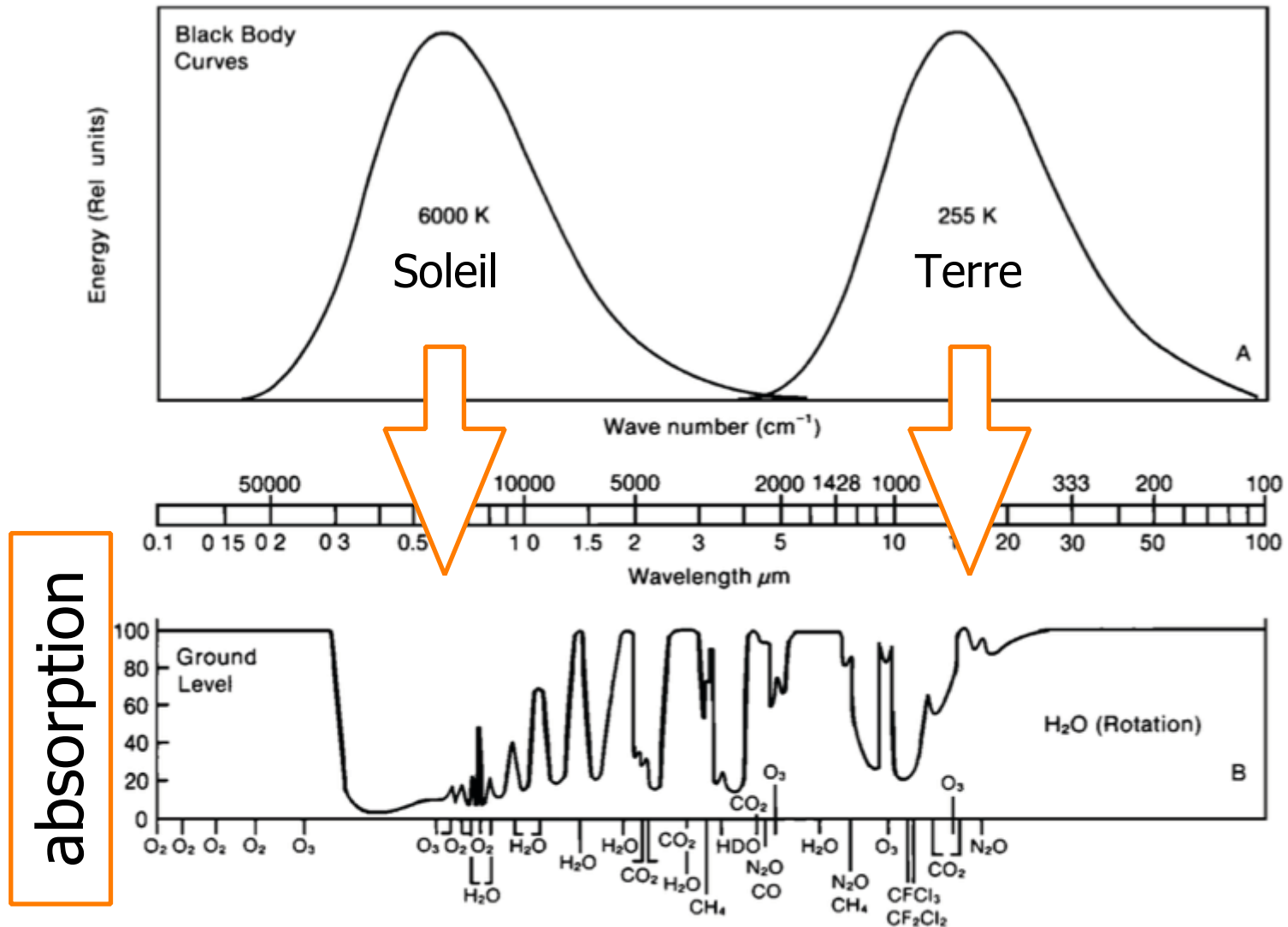
Le système climatique terrestre

- | **Machine thermique alimentée en énergie par le Soleil (1400 Wm^{-2} au sommet de l'atmosphère)**
- | **« Sphère » en rotation → dynamique des fluides complexe**
- | **Océan = 70% de la surface,**
- | **Très fine atmosphère (N_2 , O_2 , H_2O , CO_2 , ...)**
- | **Effet de serre**
- | **Cycles bio-géo-chimiques**

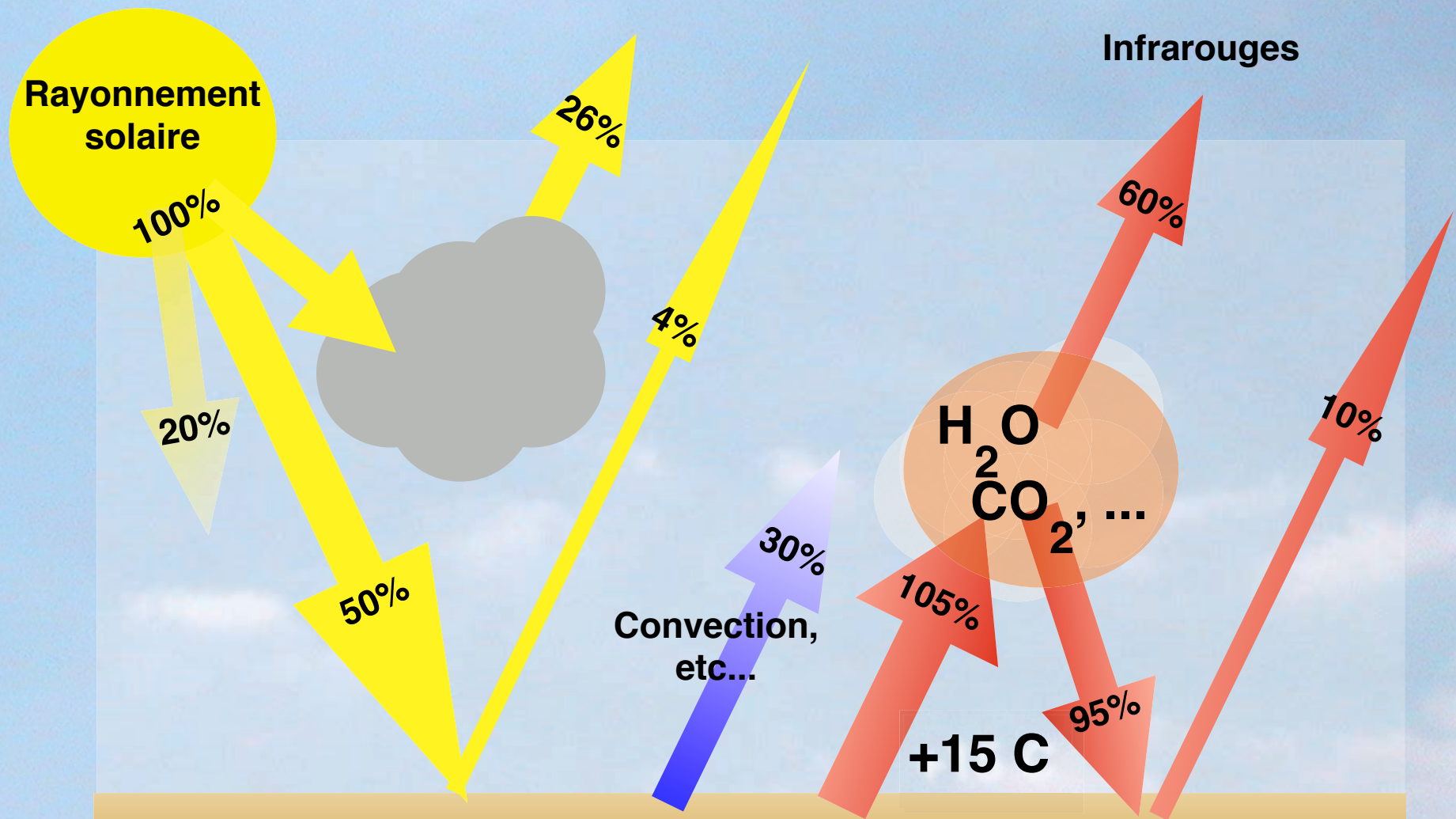
Cycle de l'énergie et effet de serre



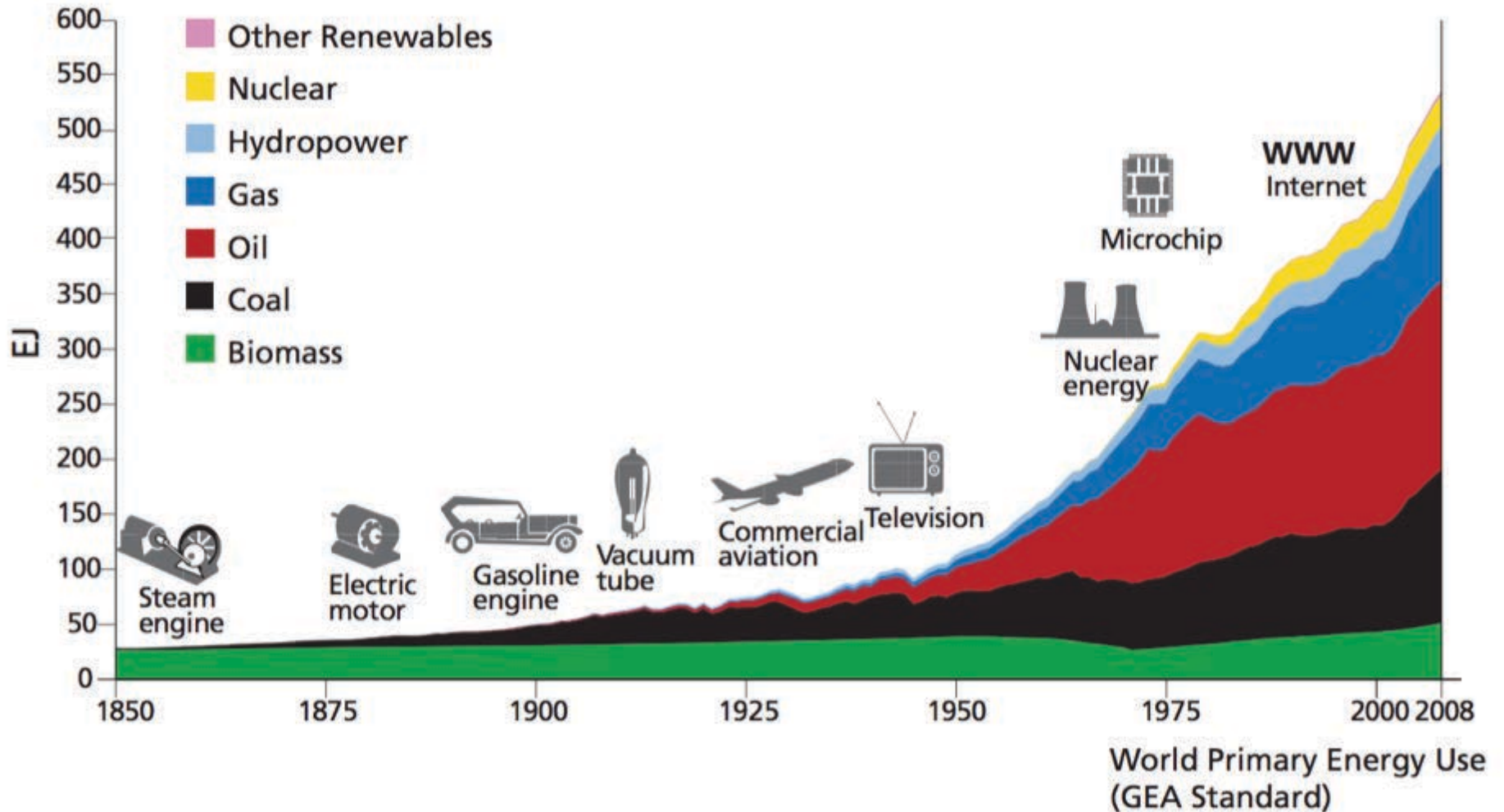
Le rayonnement solaire passe largement l'atmosphère, l'I.R. est largement absorbé



Cycle de l'énergie et effet de serre



Energie primaire



Source: Global Energy Assessment (2012)

REPARTITION DES SOURCES D'ENERGIE (MONDE)

2005:

Biomasse : 9.4%
Hydroélec : 5.3%
Nucléaire : 5.3%

Combust. fossiles { **Charbon : 25%**
Pétrole : 21%
Gaz naturel : 33.6% } **79.6%**

Autres : 0.4%

100%

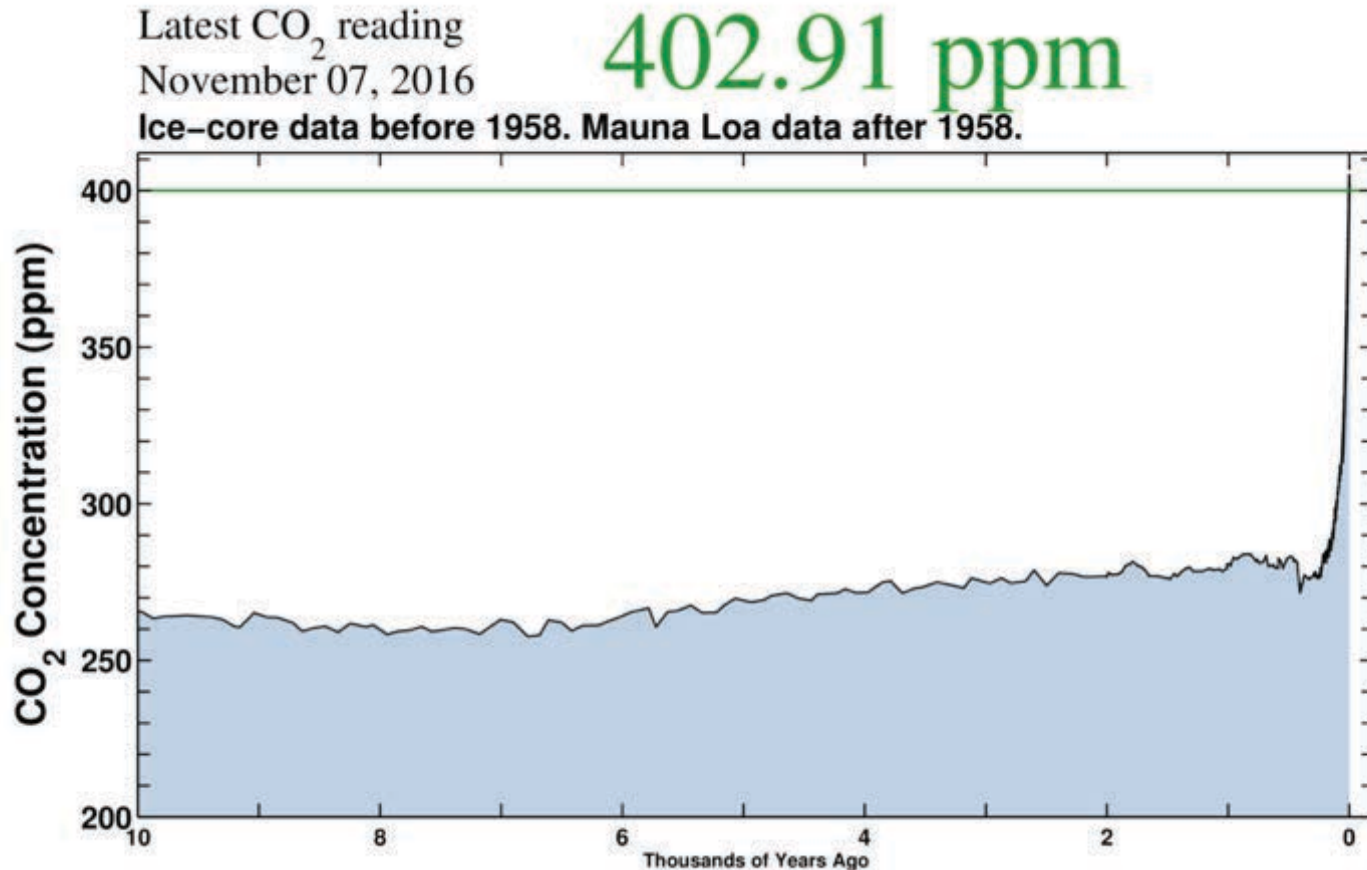


Quantité de CO₂ émise par unité d'énergie consommée

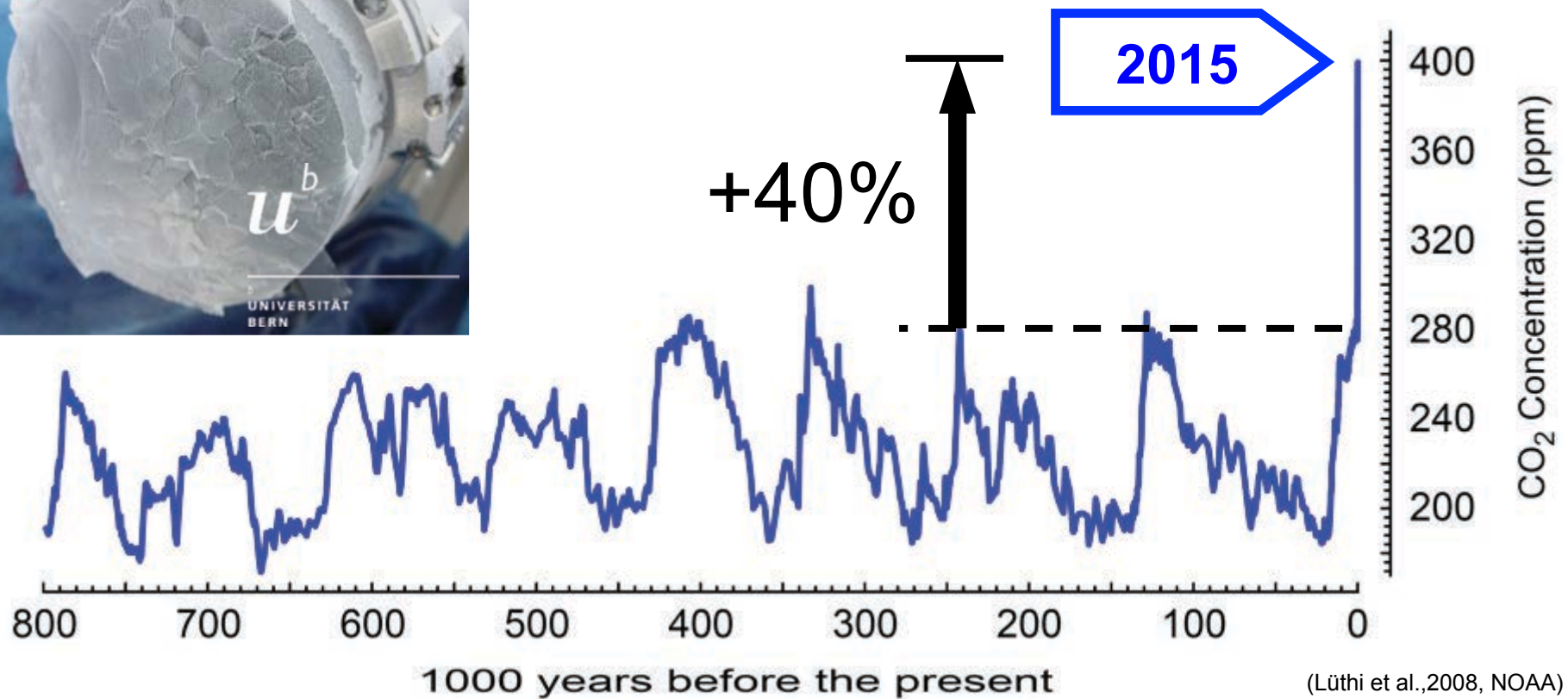
Combustibles	kg CO₂ / Gigajoule
Charbon	95
Gasoil	74
Essence	69
LPG	63
Gaz naturel	56

Source : VITO (1991)

Concentration en CO₂ le 7 novembre 2016 (Courbe de Keeling)

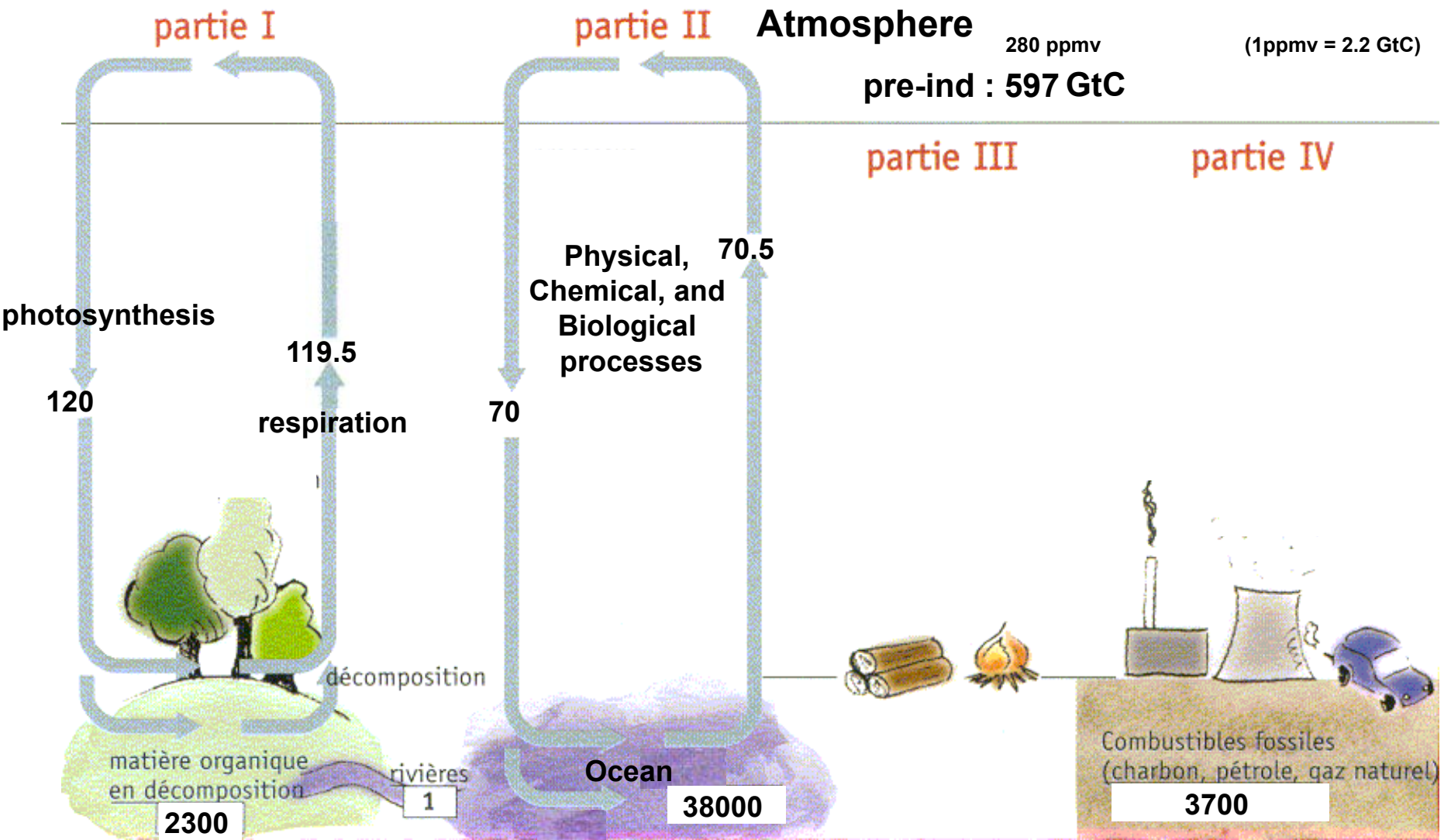


Source: scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/



Les concentrations atmosphériques en dioxyde de carbone (CO₂) ont augmenté jusqu'à des niveaux sans précédent au cours des 800 000 dernières années

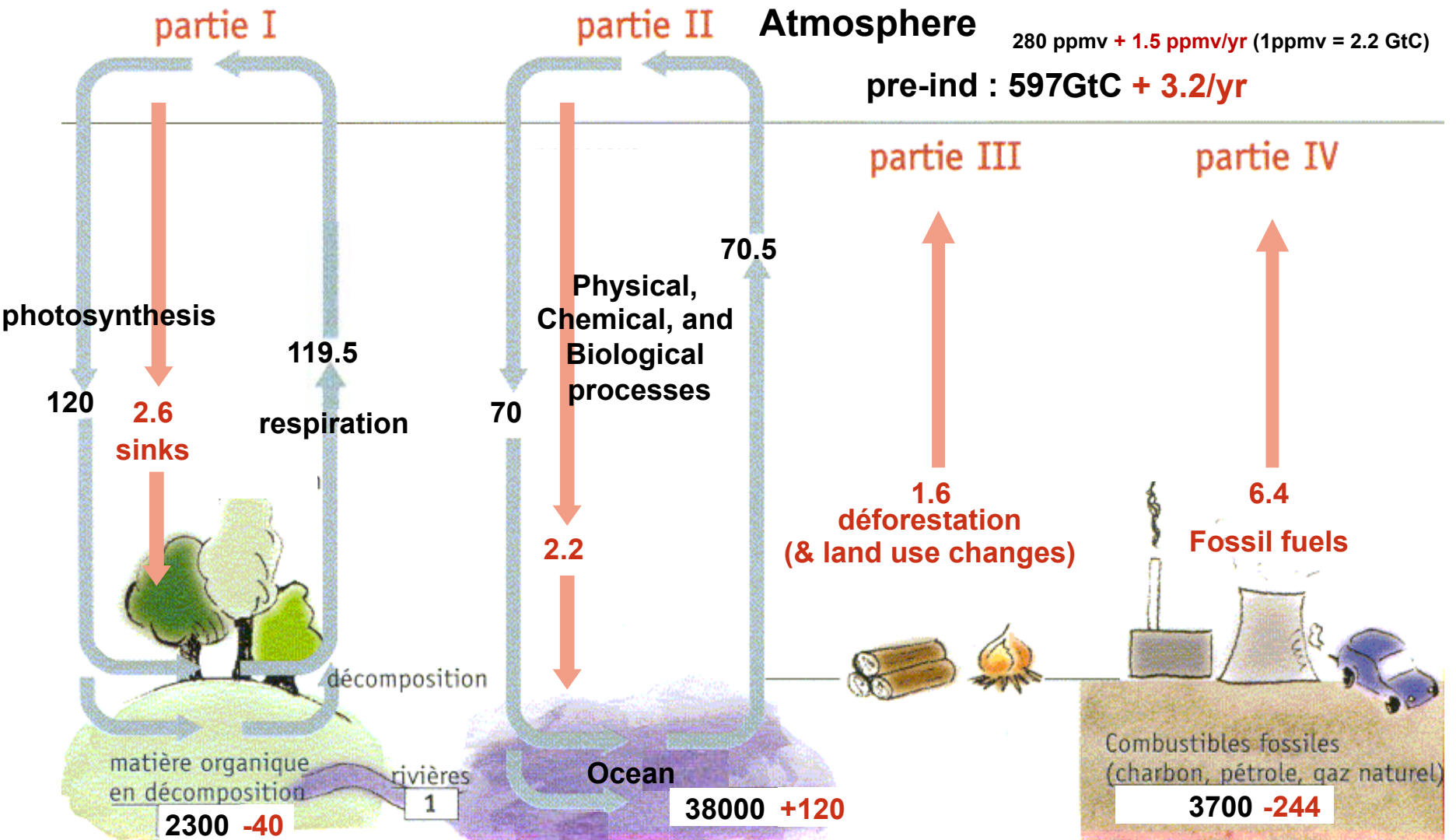
Carbon cycle: unperturbed fluxes



Units: GtC (billions tons of carbon) or GtC/year (multiply by 3.7 to get GtCO₂)

Carbon cycle: perturbed by human activities

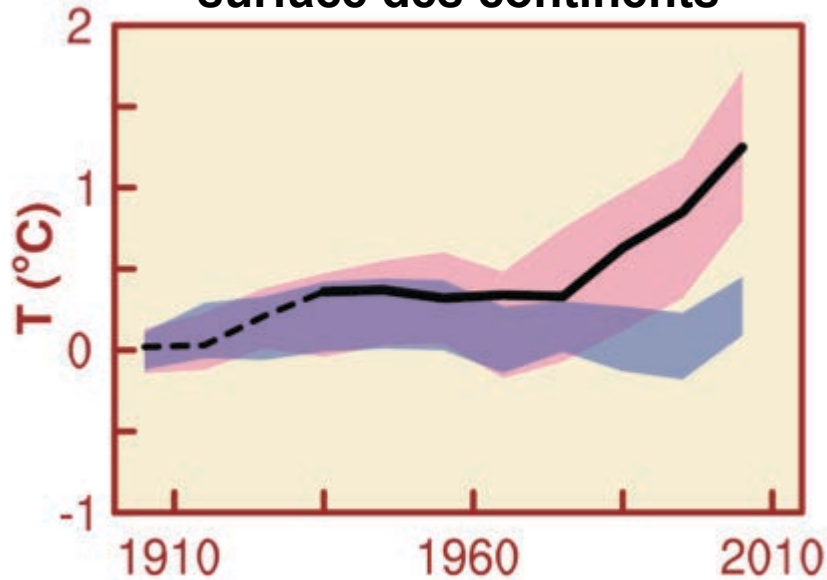
(numbers for the decade 1990-1999s, based on IPCC AR4)



Units: GtC (billions tons of carbon) or GtC/year

Stocks!

Température moyenne surface des continents

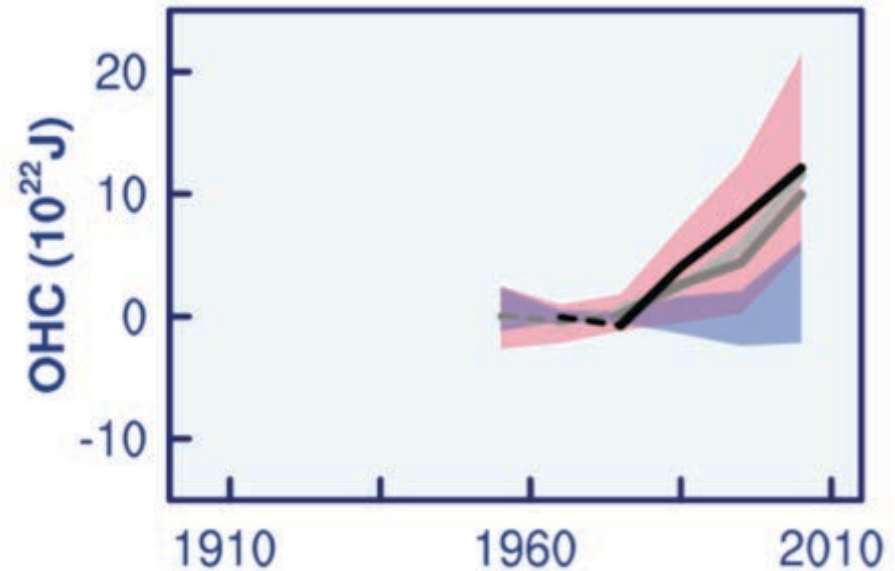


Noir: observations

Bleu: simulations avec seuls facteurs naturels

Rose: simulations avec facteurs naturels & humains

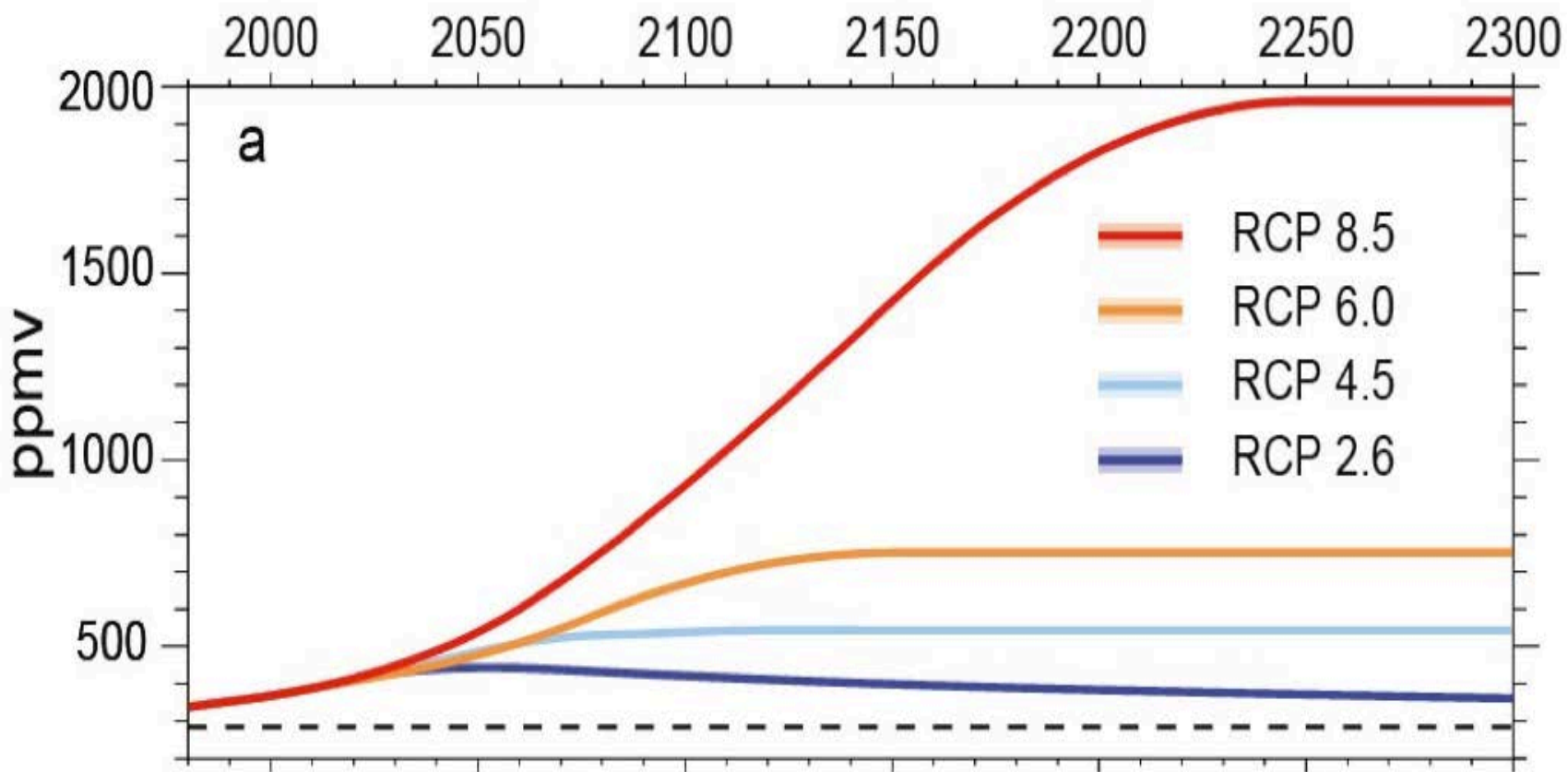
Contenu thermique des océans



(IPCC 2013, Fig. SPM.6)

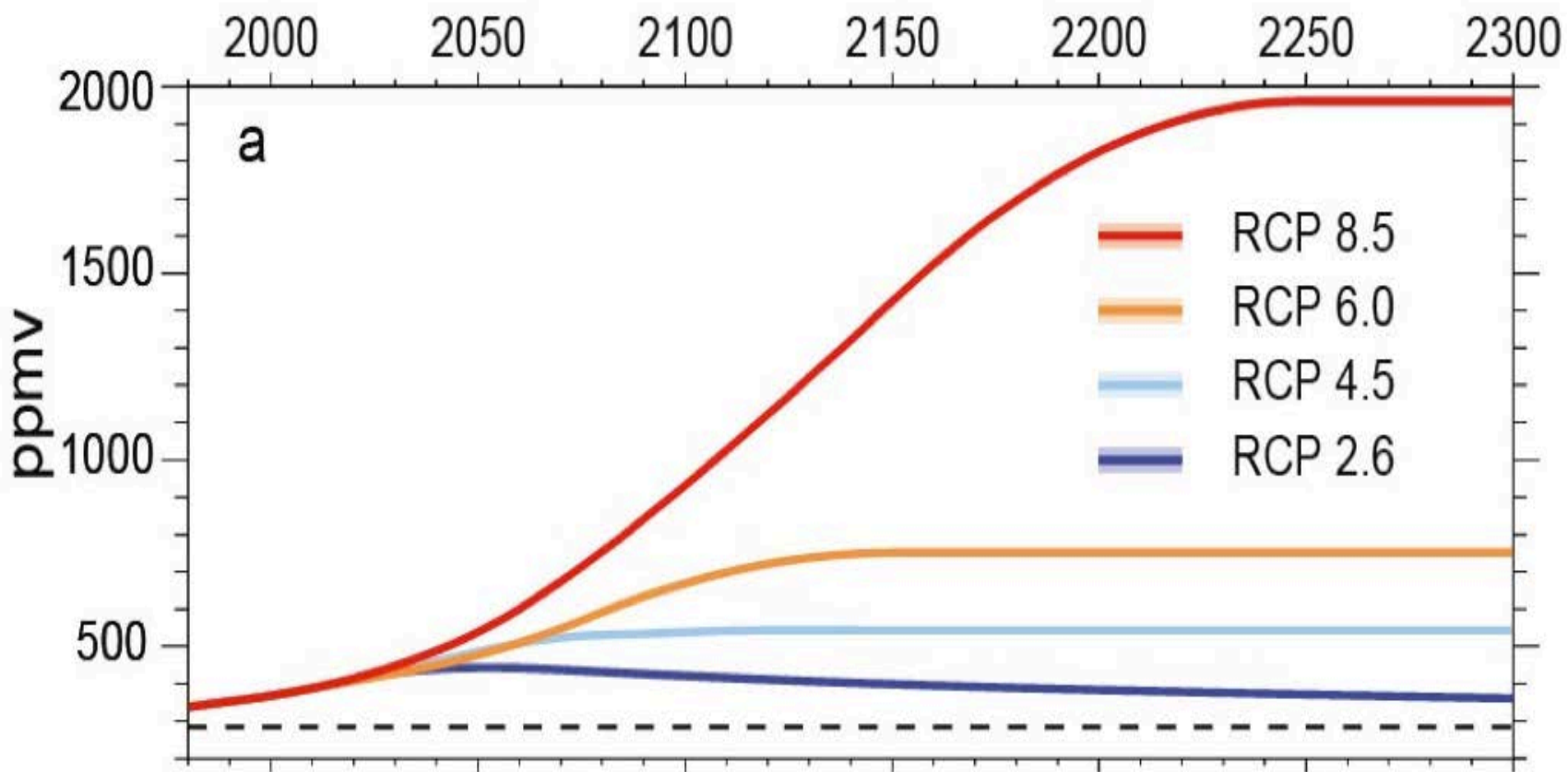
L'influence humaine sur le système climatique est sans équivoque; Il est *extrêmement probable* (95%) que l'influence humaine a été la cause principale du réchauffement depuis le milieu du 20^{ème} siècle

RCP Scenarios: Atmospheric CO₂ concentration



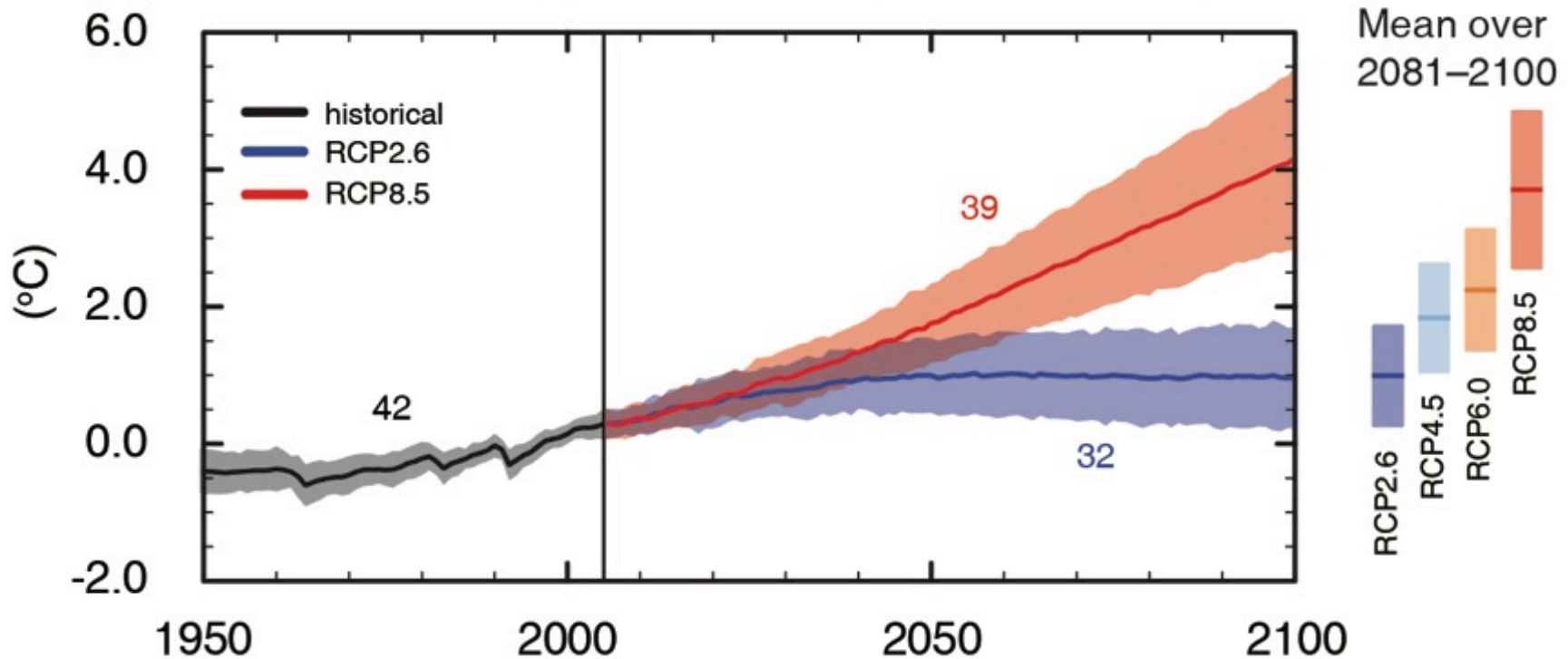
Three stabilisation scenarios: RCP 2.6 to 6
One Business-as-usual scenario: RCP 8.5

RCP Scenarios: Atmospheric CO₂ concentration



Three stabilisation scenarios: RCP 2.6 to 6
One Business-as-usual scenario: RCP 8.5

Global average surface temperature change (Ref: 1986-2005)

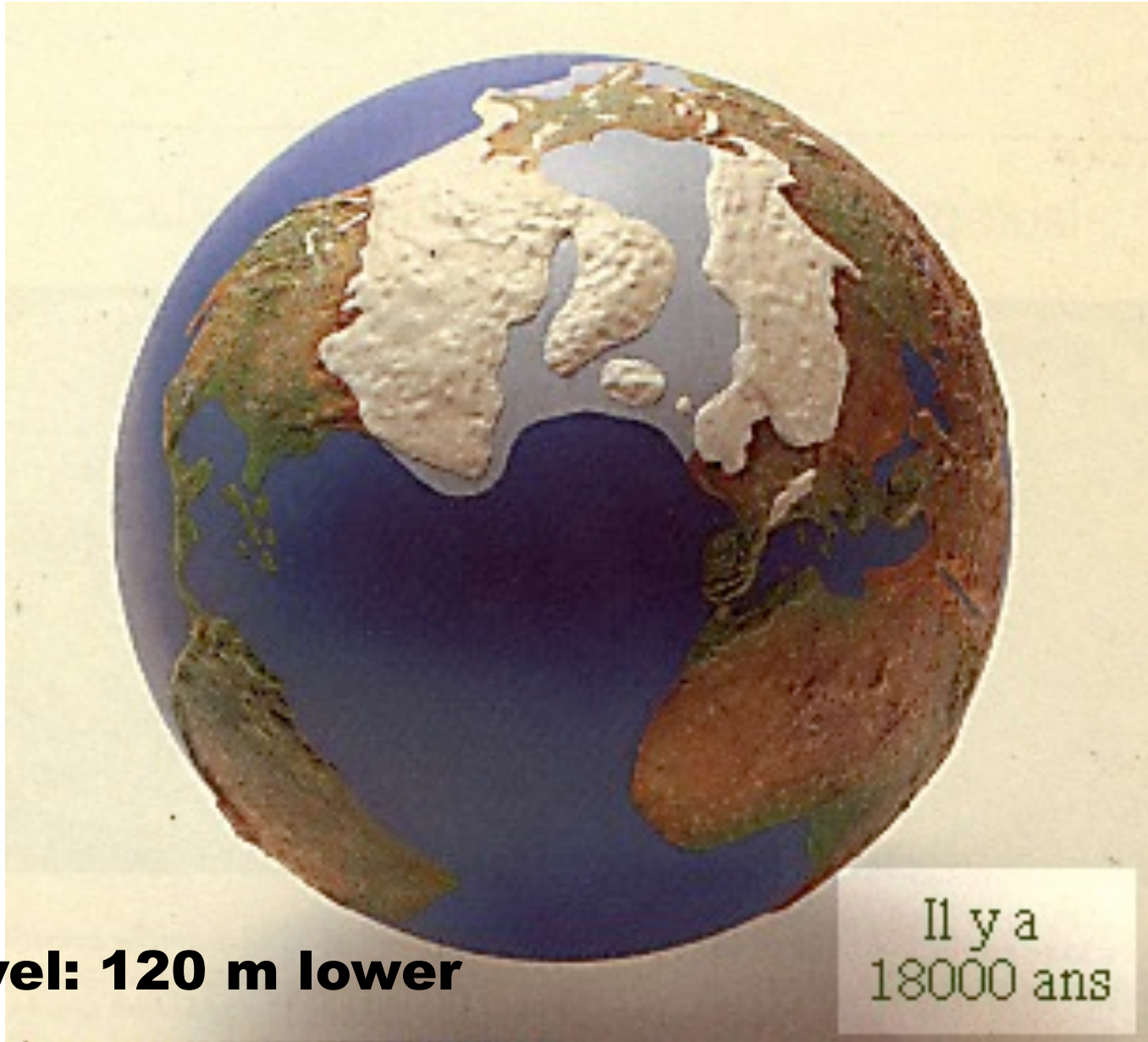


(IPCC 2013, Fig. SPM.7a)

Seul le scénario d'émissions le plus bas (RCP2.6) permet de maintenir l'augmentation de la température moyenne du globe en surface en-dessous de 2°C (relativement à 1850-1900) avec une probabilité d'au moins 66%.

18-20000 years ago (Last Glacial Maximum)

With permission from Dr. S. Joussaume, in « Climat d'hier à demain », CNRS éditions.



Sea level: 120 m lower

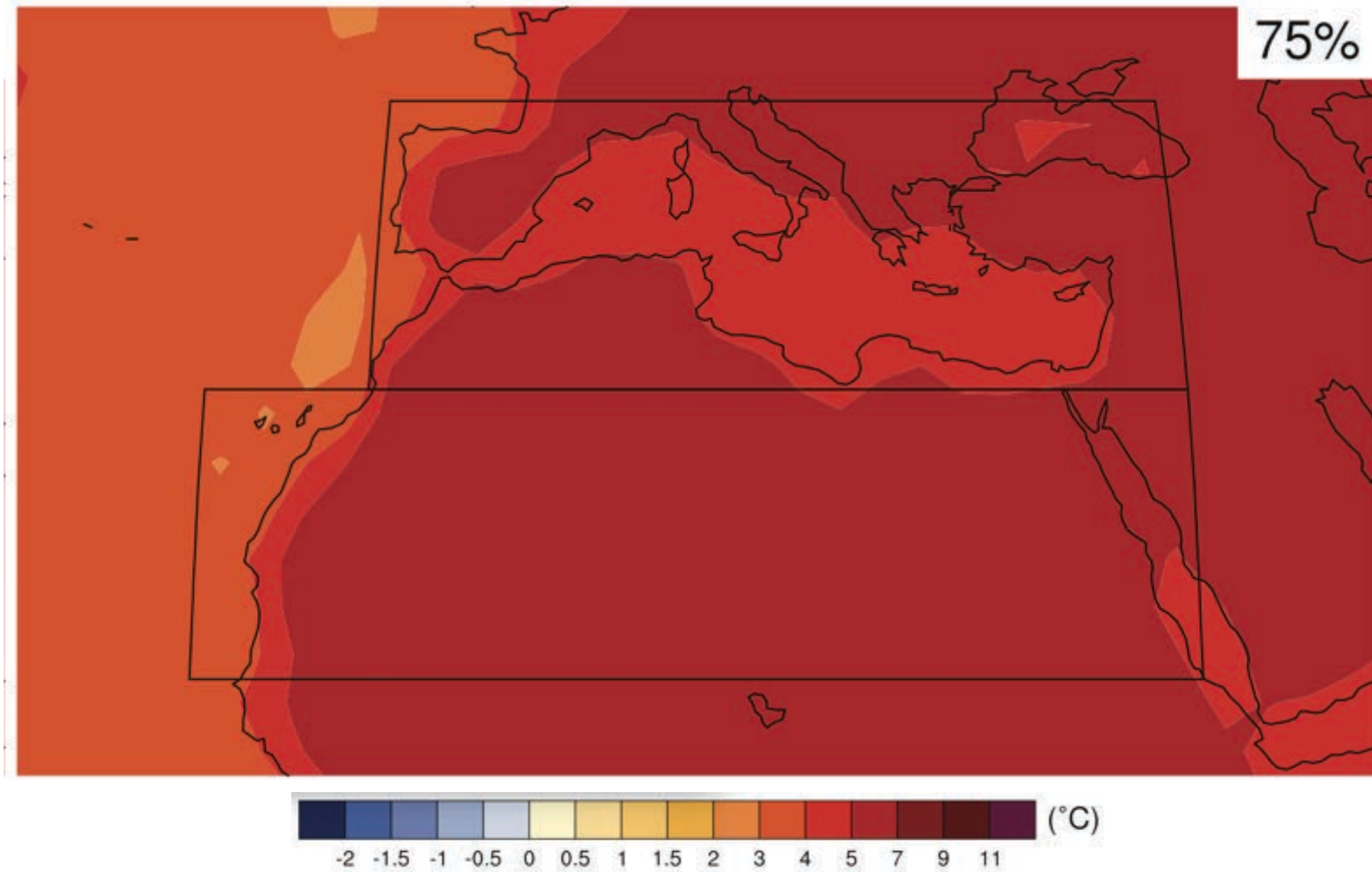
Il y a
18000 ans

Today, with +4-5°C globally

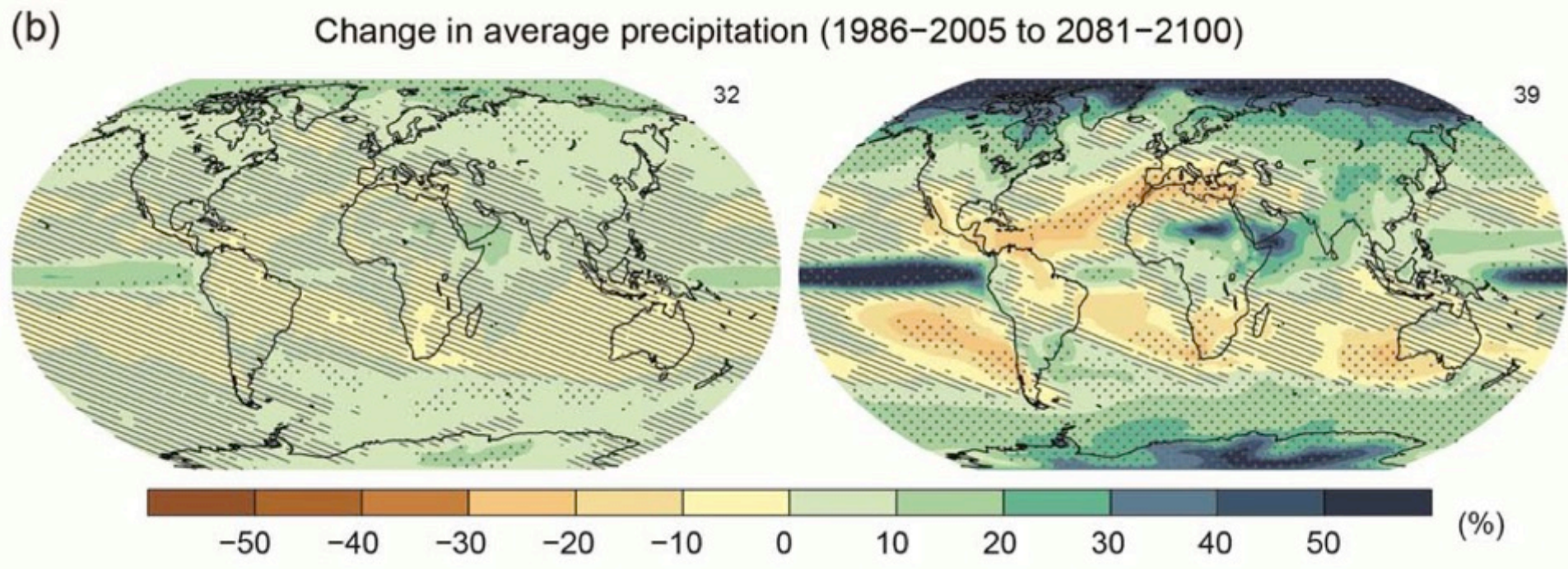
With permission from Dr. S. Joussaume, in « Climat d'hier à demain », CNRS éditions.



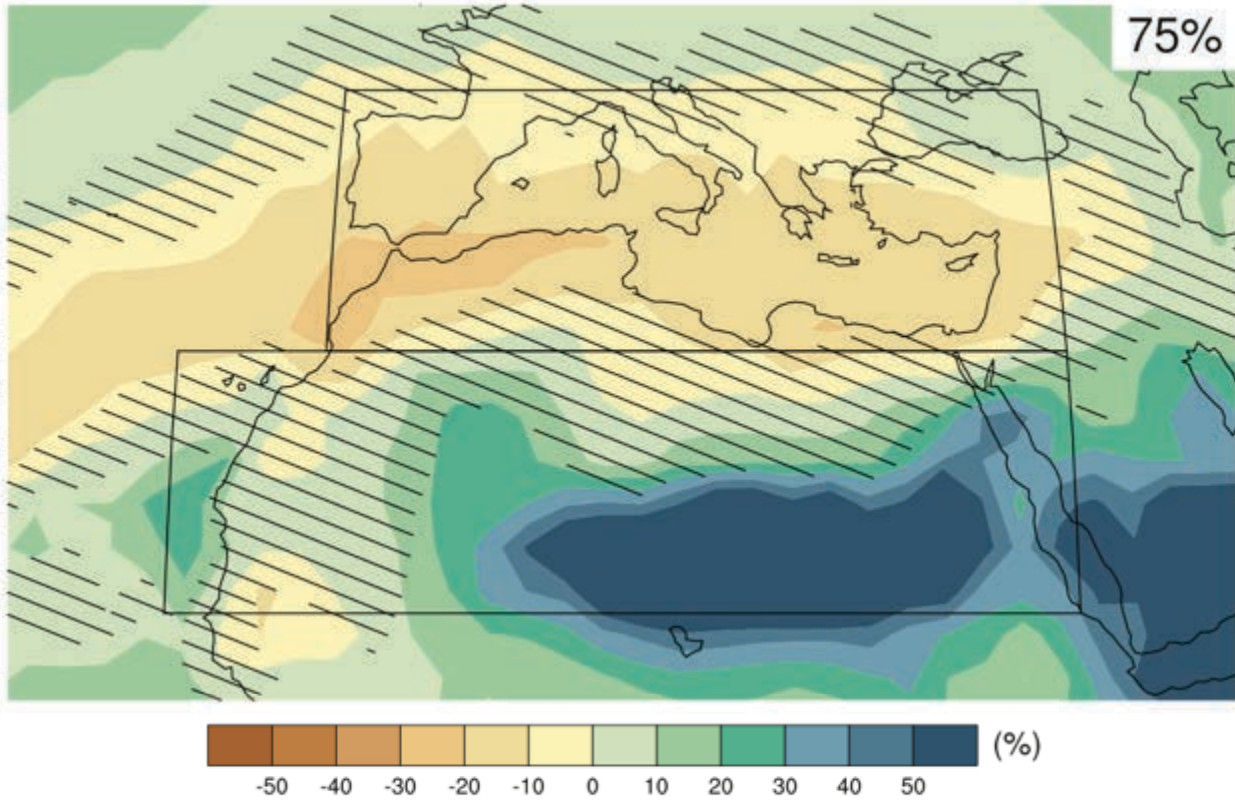
Maps of temperature changes in 2081–2100 with respect to 1986–2005 in the RCP8.5 scenario



Projections de l'évolution du total des pluies

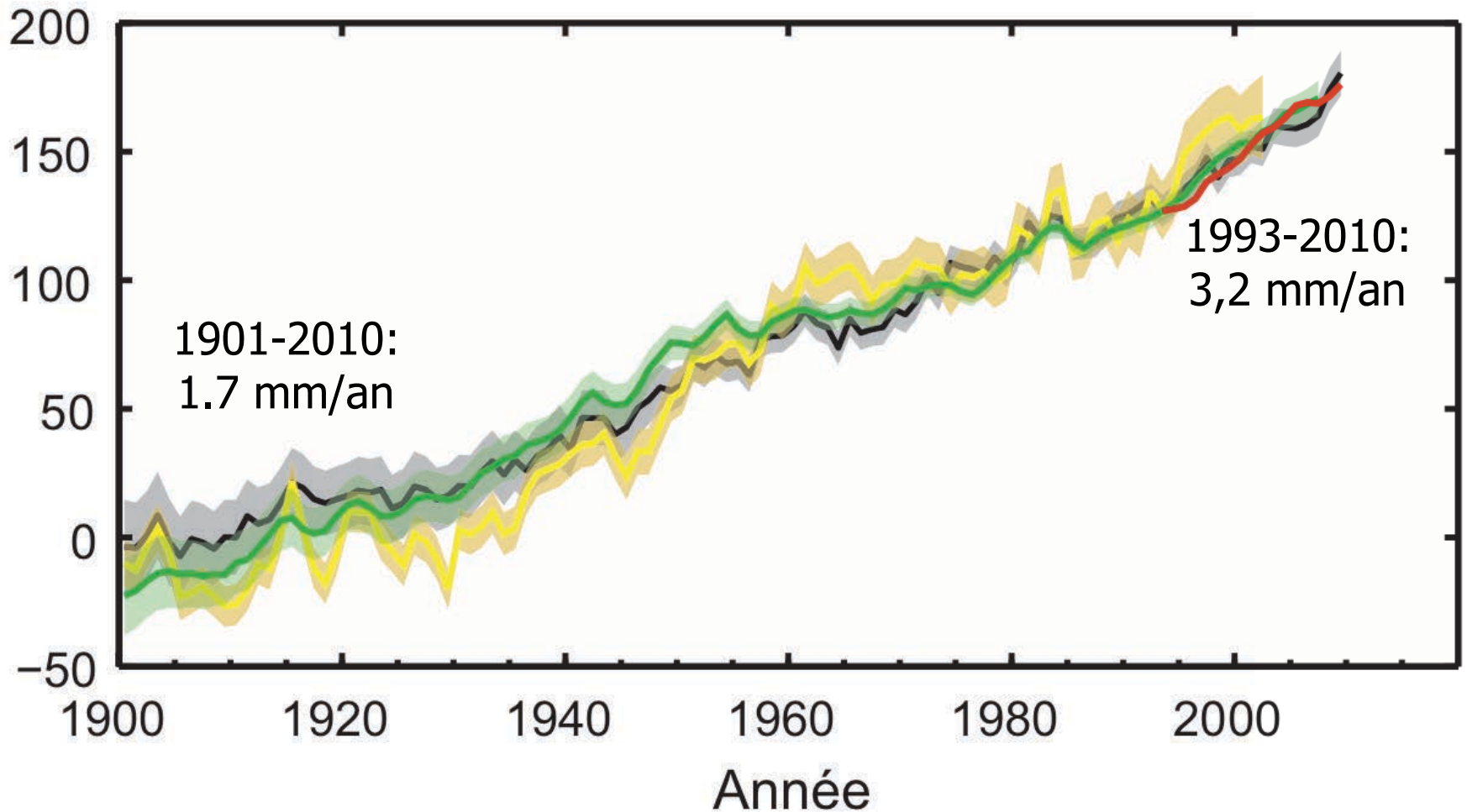


Map of precipitation changes in 2081–2100 with respect to 1986–2005 in the RCP8.5 scenario



Niveau des mers moyen - 20e siècle

Évolution du niveau moyen des mers



Niveau moyen des mers

Entre 1901 et 2010, le niveau moyen des mers à l'échelle du globe s'est élevé de 0,19 m [de 0,17 à 0,21 m]. Depuis le milieu du XIXe siècle, le rythme d'élévation du niveau moyen des mers est supérieur au rythme moyen des deux derniers millénaires (*degré de confiance élevé*)

Contributions observées

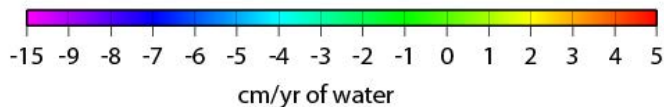
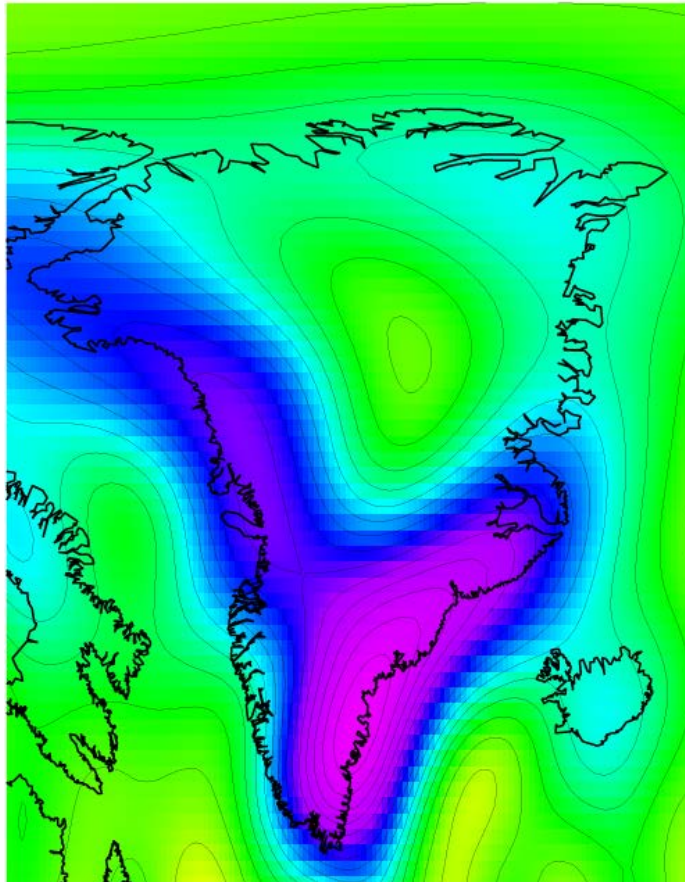
- Elevation du niveau moyen des mers, 1993-2010

Expansion thermique	1,1	[0,8 à 1,4] mm/an	(x10: cm/siècle)
Fonte des glaciers	0,76	[0,39 à 1,13]	
Groenland	0,33	[0,25 à 0,41]	
Antarctique	0,27	[0,16 à 0,38]	
Eaux continentales	0,38	[0,26 à 0,49]	
Total	2,8	[2,3 à 3,4]	

Greenland Ice Mass Loss 2002-2009

Derived From NASA GRACE Gravity Mission

Greenland

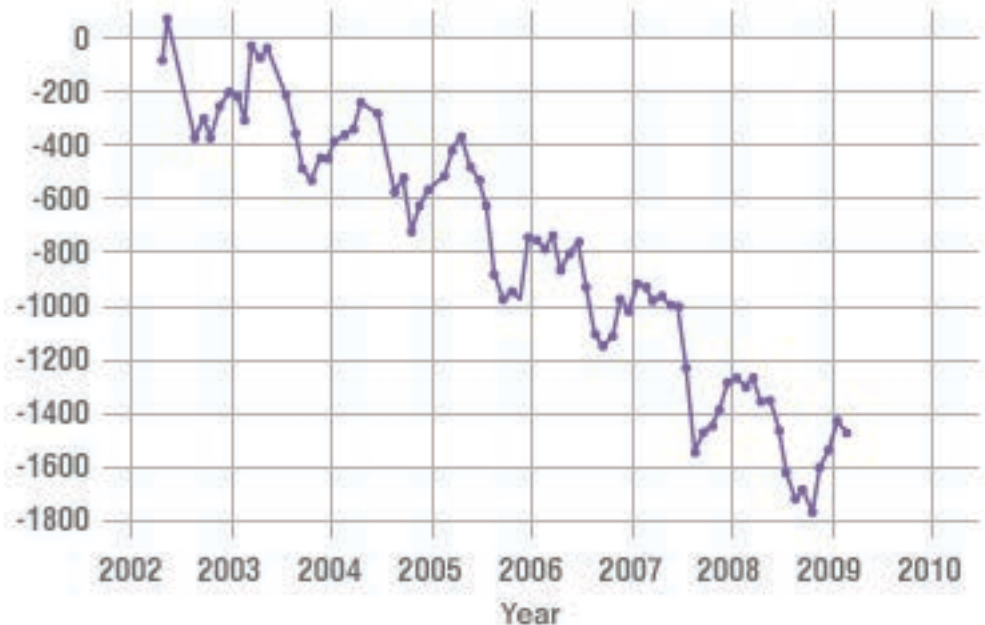


J. Wahr, U. Colorado

GREENLAND MASS VARIATION SINCE 2002

Data source: Ice mass measurement by NASA's Grace satellites.

Change in Ice Mass Loss Gigatons

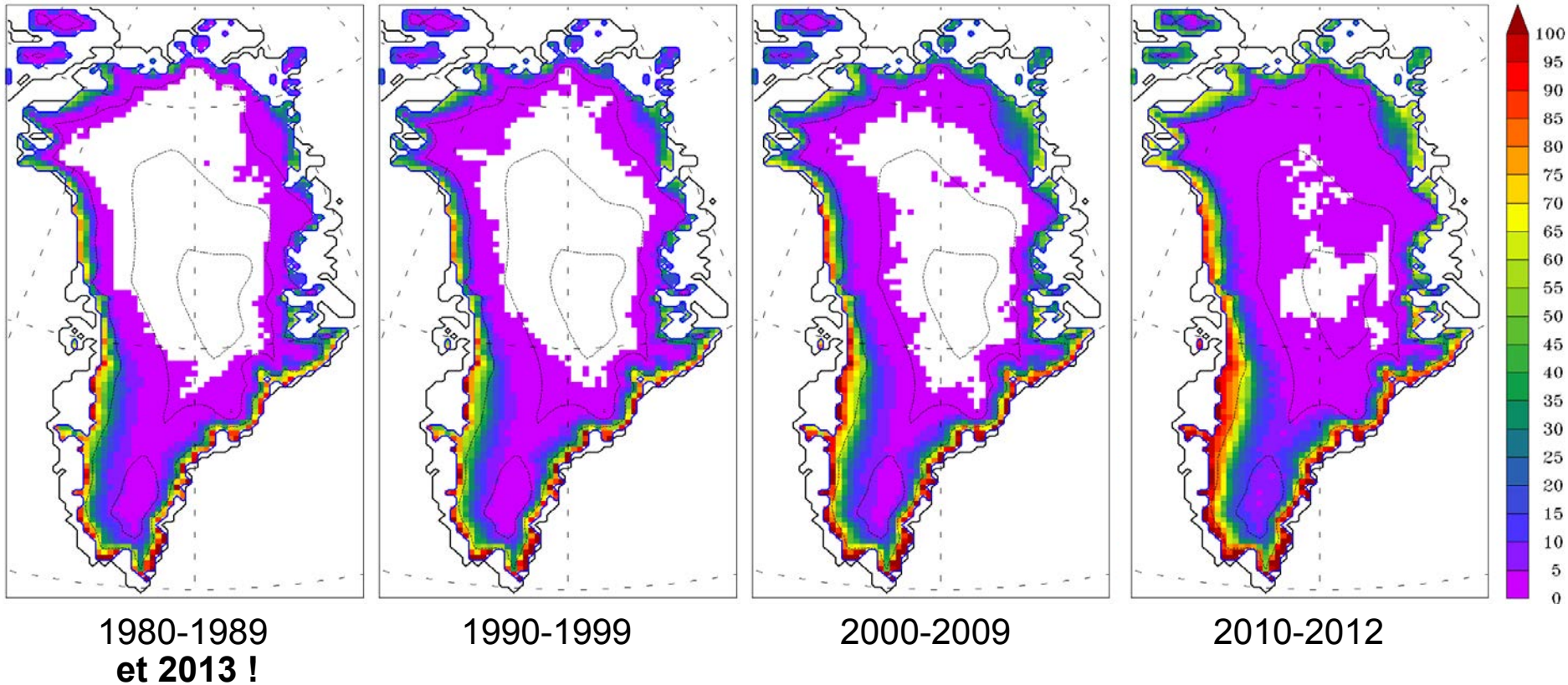


Velicogna, Geophysical Research Letters, 2009

•Contributes to sea level rise

Groenland - climat présent

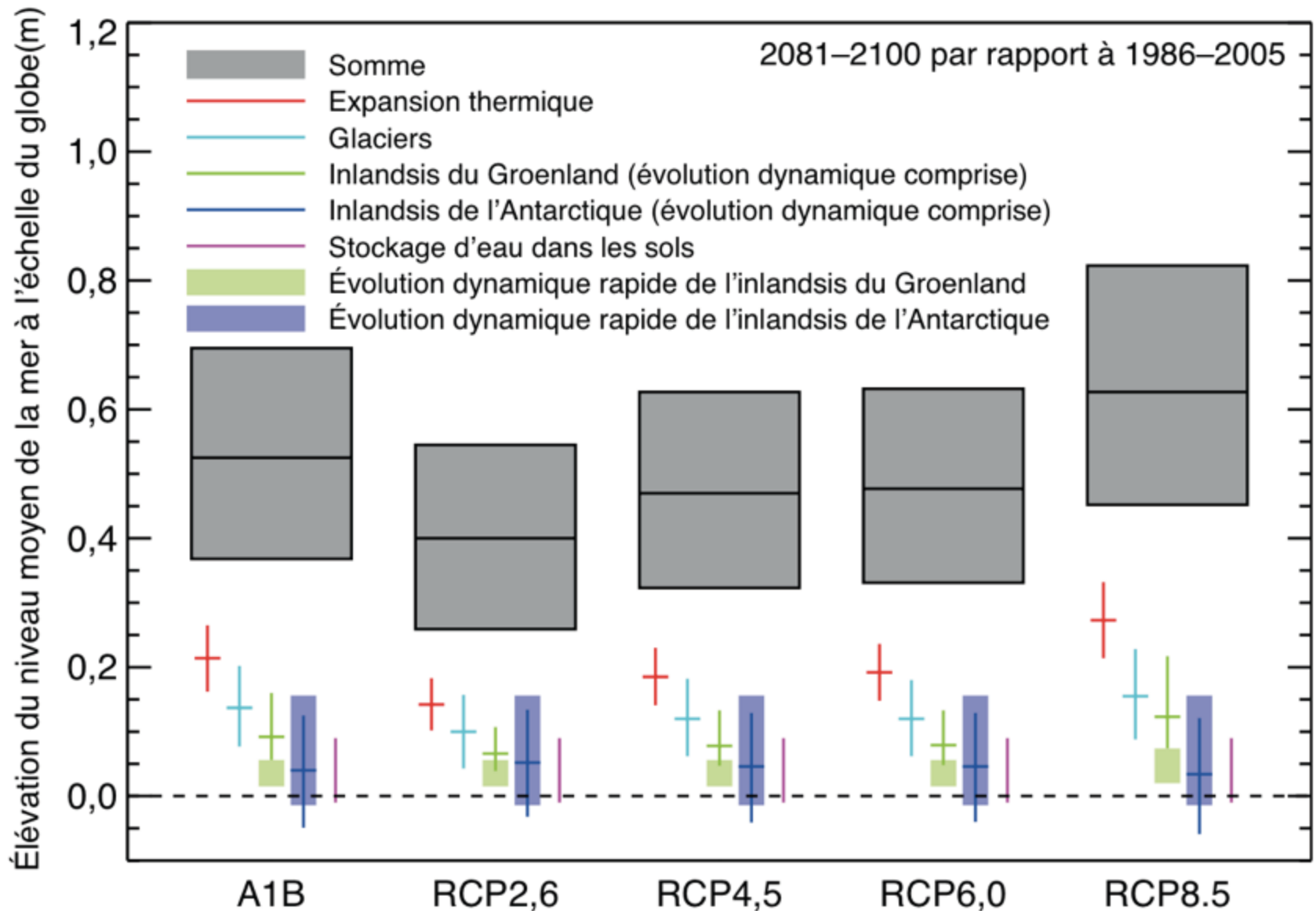
Augmentation de l'étendue et de la durée de la saison de fonte



Nbr de jours de fonte par an détecté par les satellites

© Fettweis et al. (TC, 2011)

Elevation du niveau des mers : fin 21e siècle



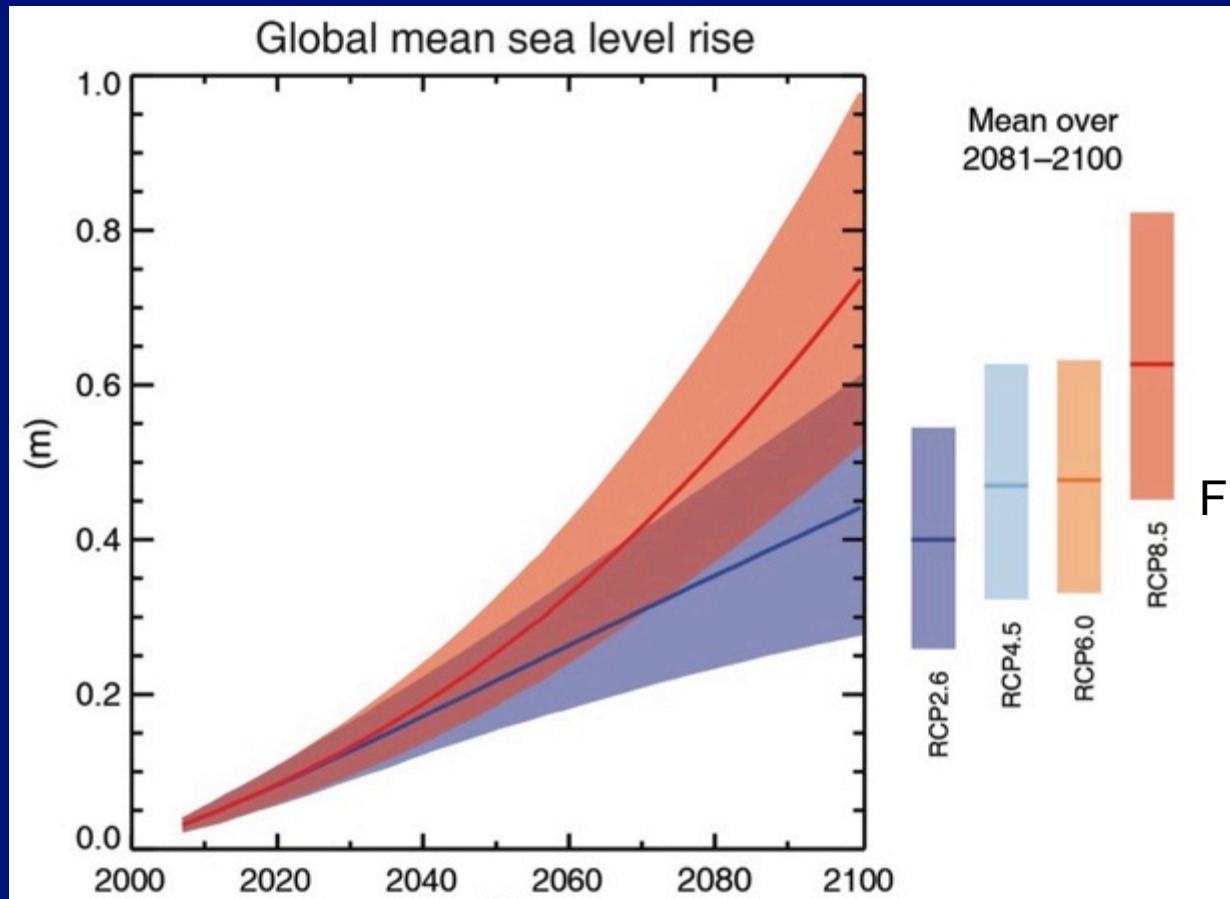


Fig. SPM.9

RCP2.6 (2081-2100), *likely* range: 26 to 55 cm

RCP8.5 (in 2100), *likely* range: 52 to 98 cm

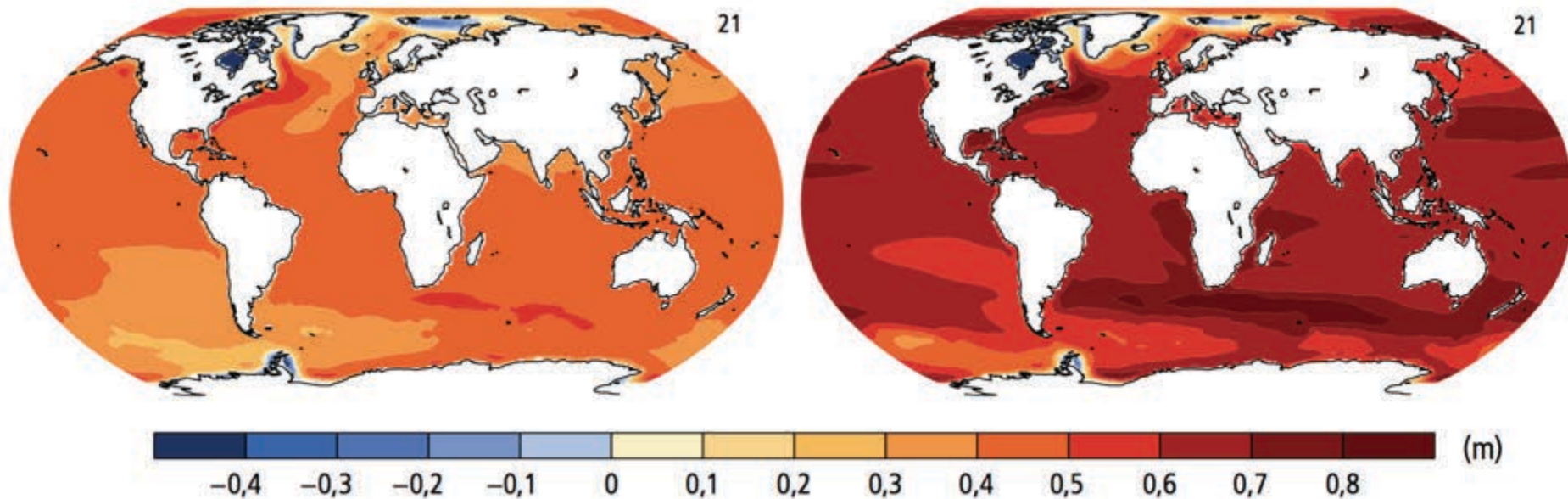
Élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale (m)

Scénario	2046–2065		2081–2100	
	Moyenne	Plage probable ^d	Moyenne	Plage probable ^d
RCP2,6	0,24	0,17 à 0,32	0,40	0,26 à 0,55
RCP4,5	0,26	0,19 à 0,33	0,47	0,32 à 0,63
RCP6,0	0,25	0,18 à 0,32	0,48	0,33 à 0,63
RCP8,5	0,30	0,22 à 0,38	0,63	0,45 à 0,82

Projection de l'évolution du niveau de la mer

L'élévation du niveau des mers ne sera pas uniforme entre les différentes régions. À la fin du XXI^e siècle, il est *très probable* que le niveau des mers augmentera sur plus de 95 % environ de la surface des océans. Selon les projections, environ 70 % des littoraux du monde vont connaître un changement du niveau des mers proche de l'élévation moyenne, à plus ou moins 20 % près.

Évolution du niveau moyen de la mer (entre 1986-2005 et 2081-2100)



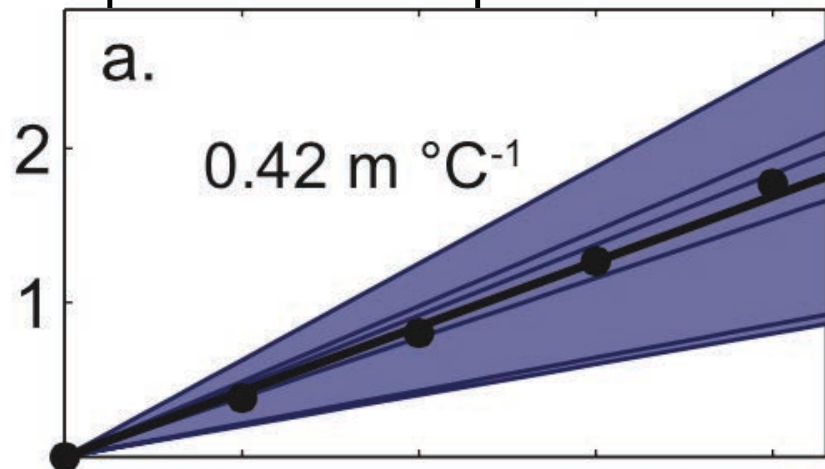
Effets sur le Delta du Nil, où vivent plus de 10 millions de personnes à moins d'1 m d'altitude



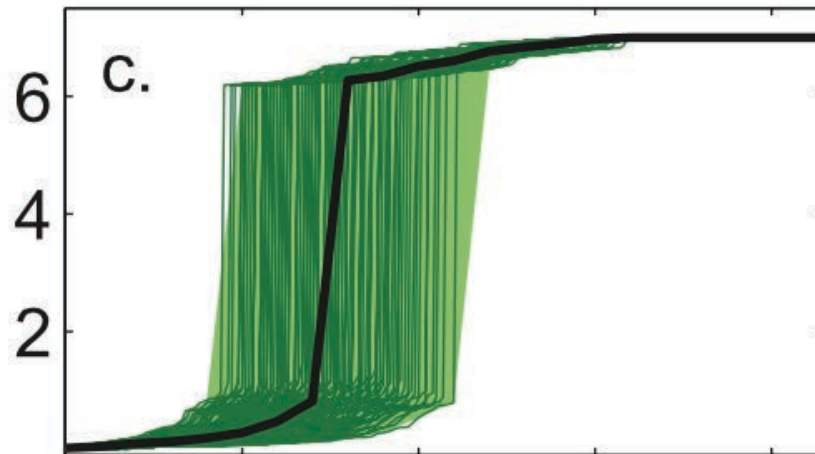
(Time 2001)

Futur à très long terme pour un réchauffement donné

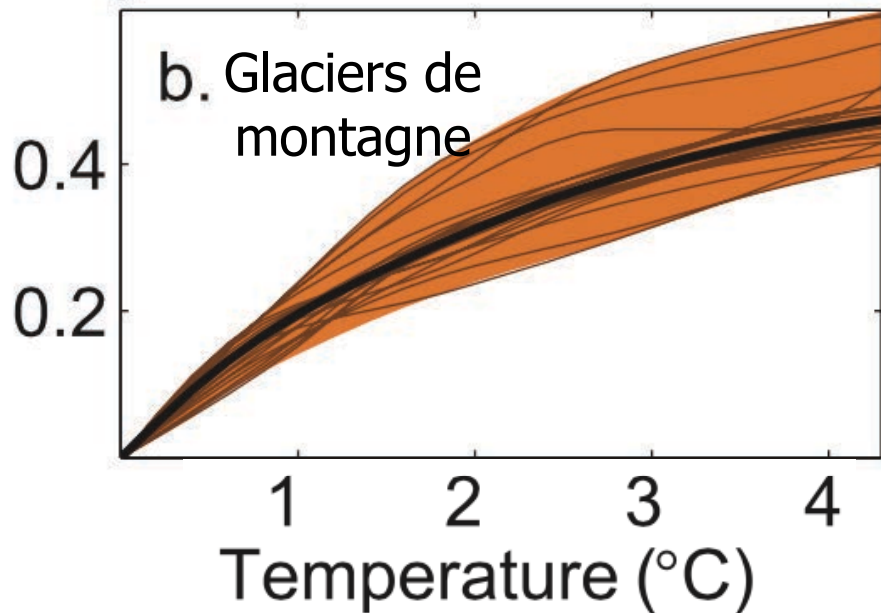
Expansion thermique



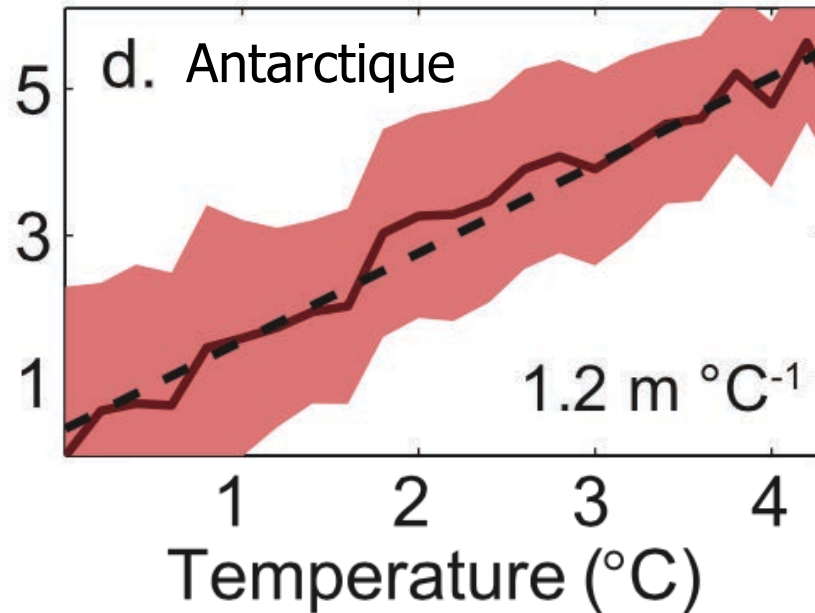
Groenland



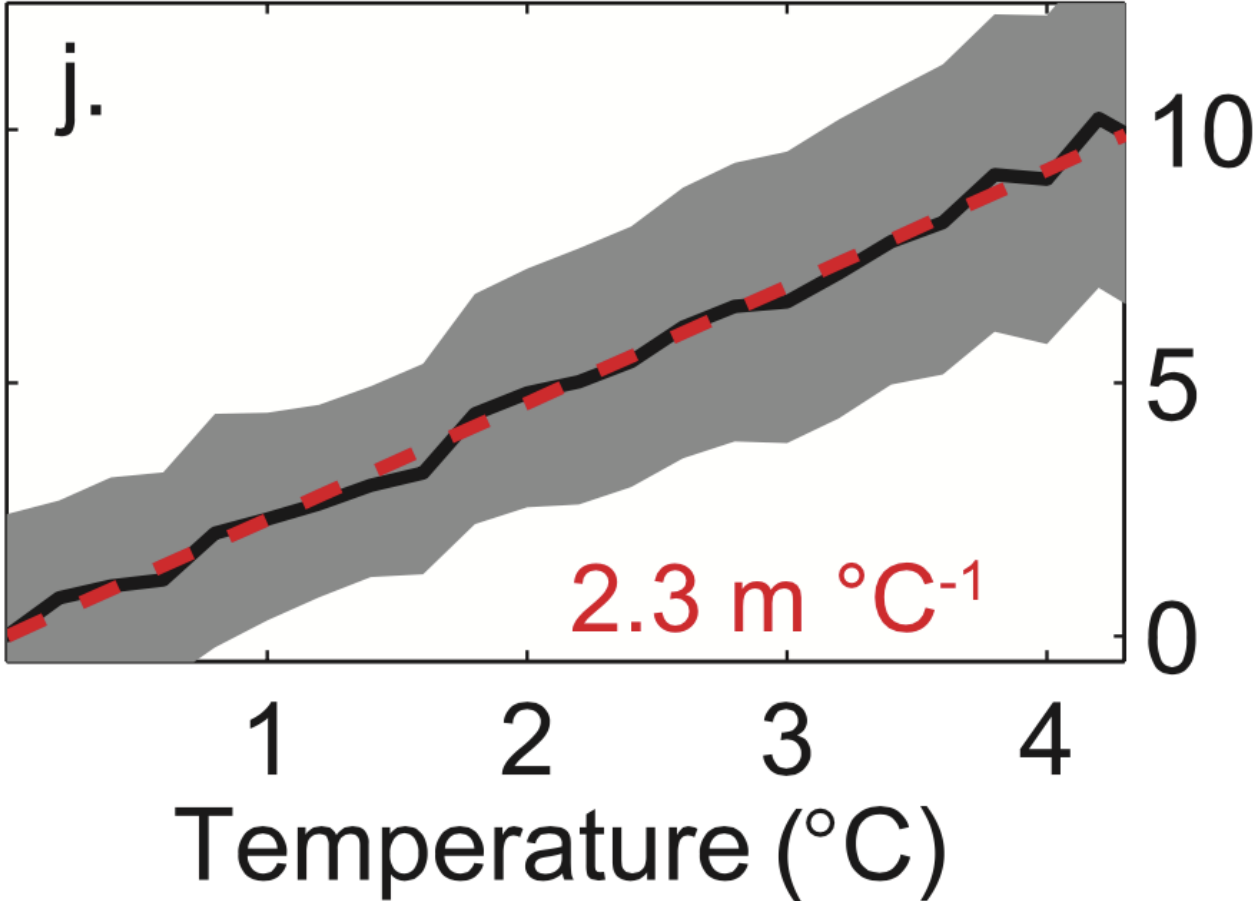
b. Glaciers de montagne



d. Antarctique



Elevation future : total après 2000 ans



Impacts Potentiels des Changements Climatiques



Pénurie de nourriture
et d'eau



Migrations humaines
accrues



Pauvreté accrue

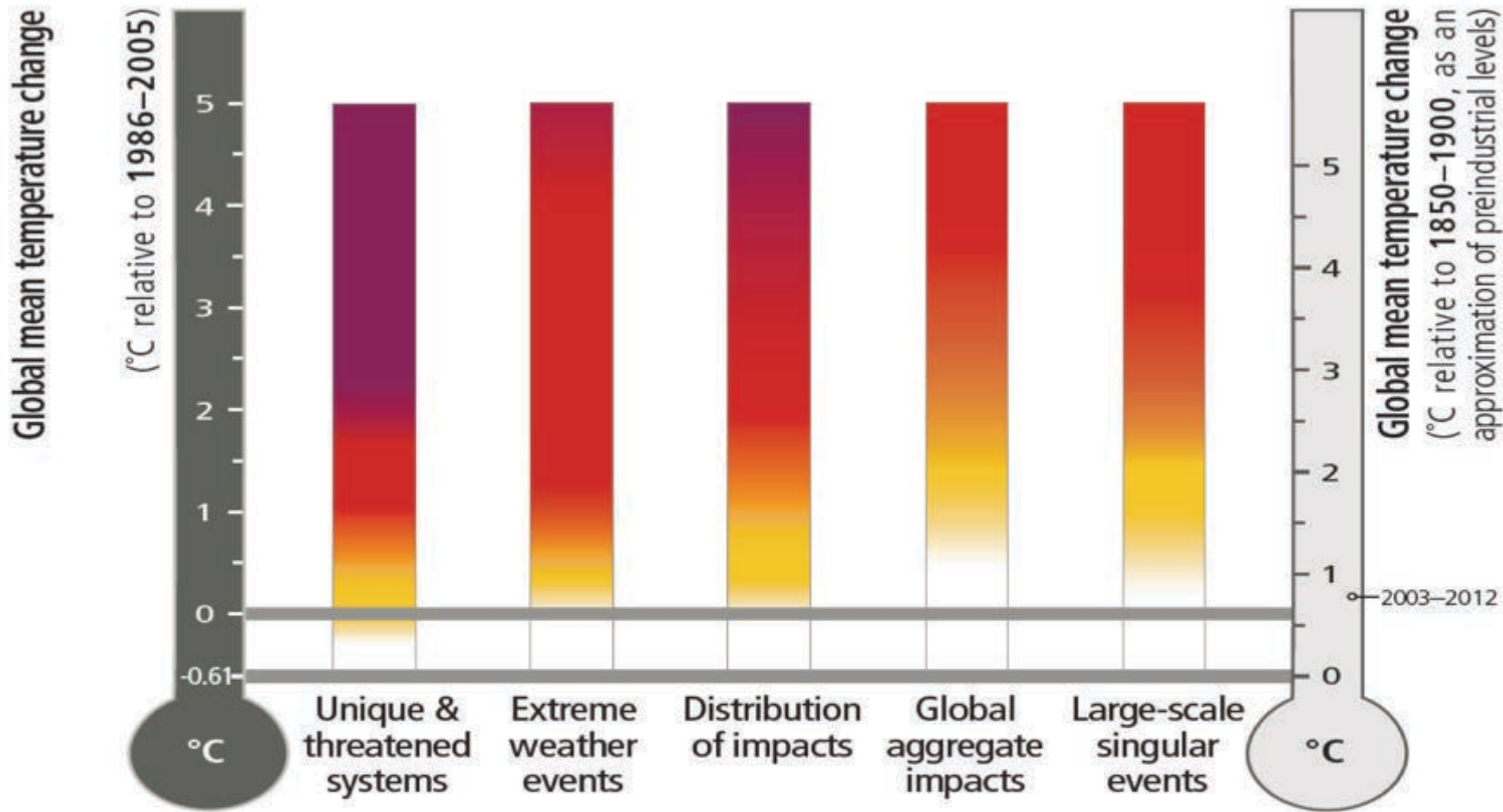


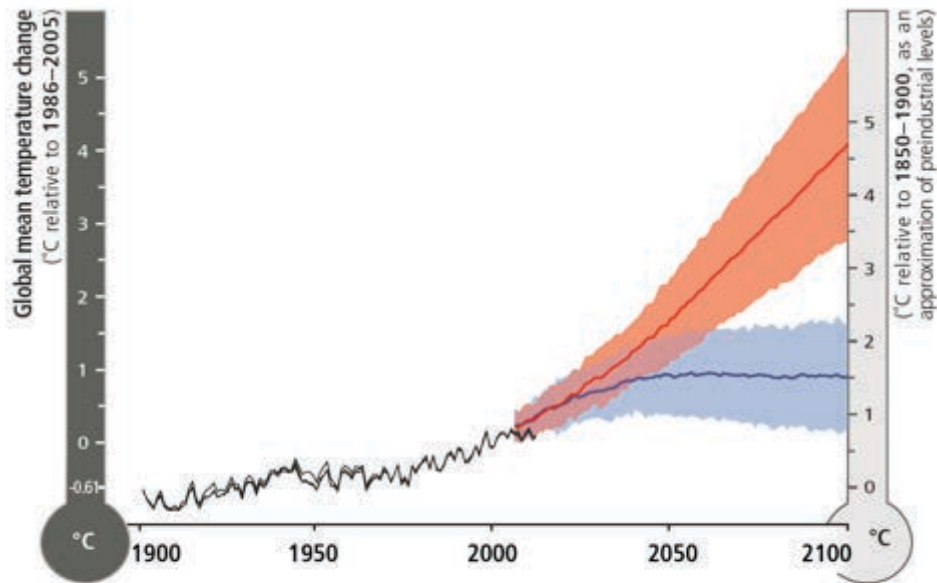
Inondations régions
côtières

AR5 WGII SPM

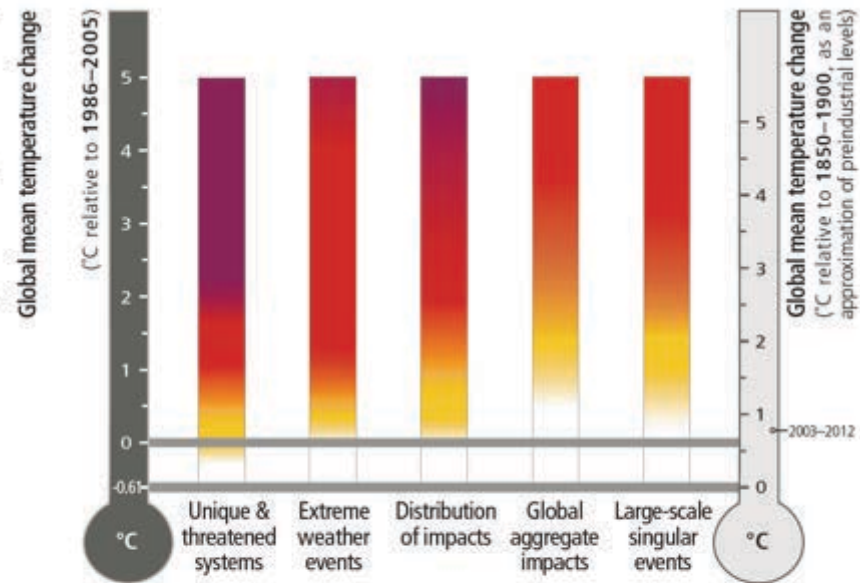
Risque = Aléa x Vulnérabilité x Exposition (Victimes des inondations après Katrina)

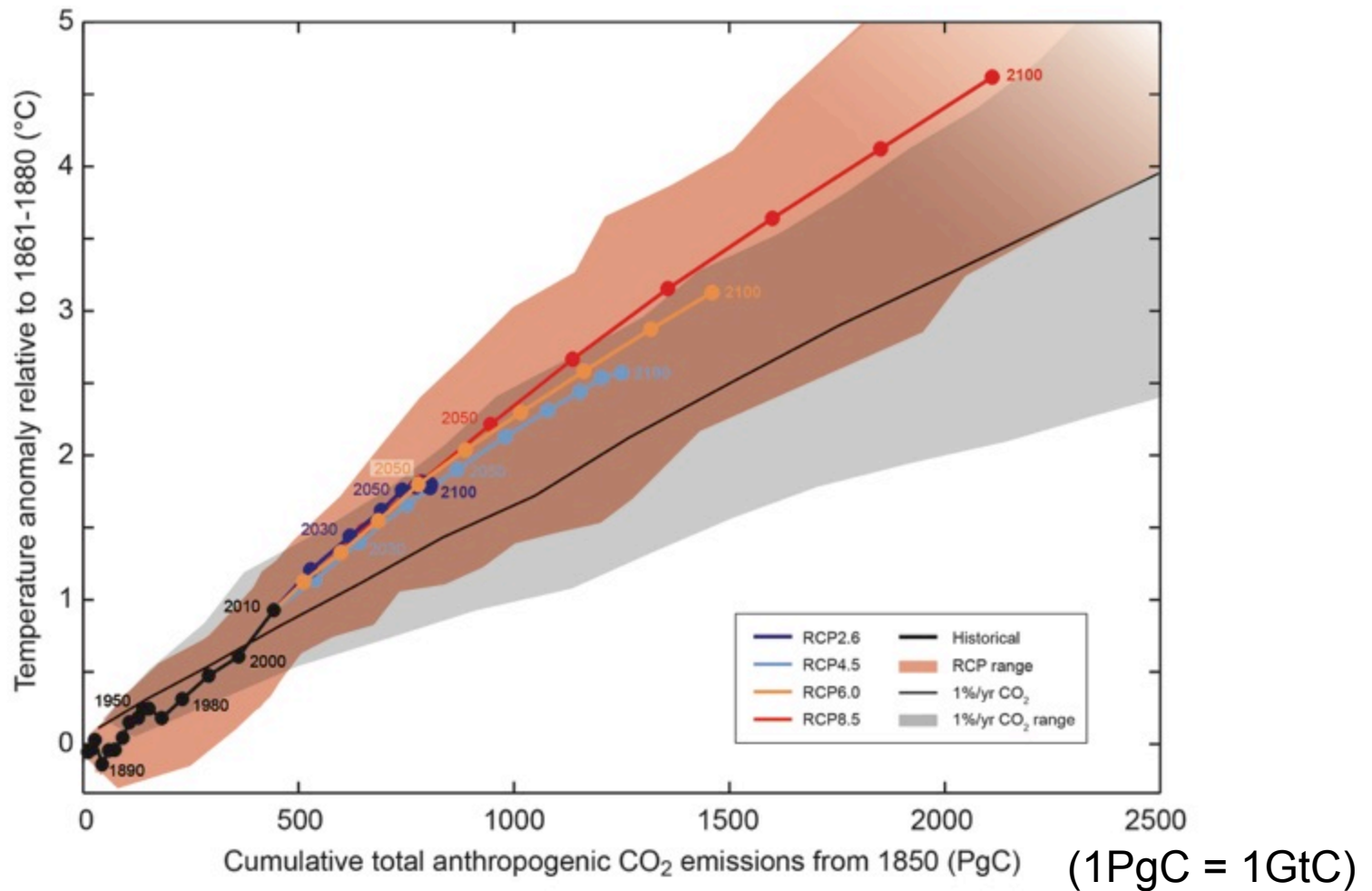






- Observed
- RCP8.5 (a high-emission scenario)
- Overlap
- RCP2.6 (a low-emission mitigation scenario)



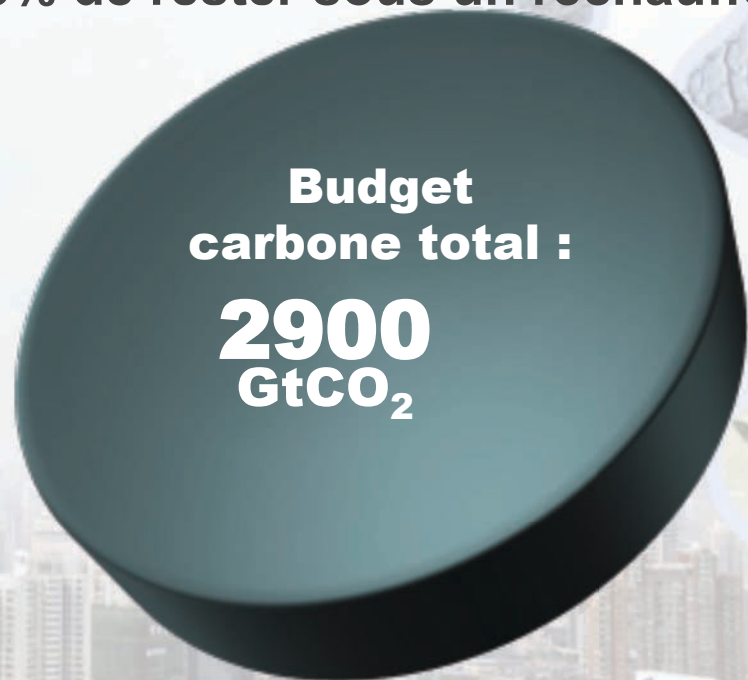


(IPCC 2013, Fig. SPM.10)

Le total des émissions de CO₂ cumulées détermine dans une large mesure la moyenne globale du réchauffement en surface vers la fin du XXI^{ème} siècle et au delà

Le fenêtre pour l'action se ferme rapidement

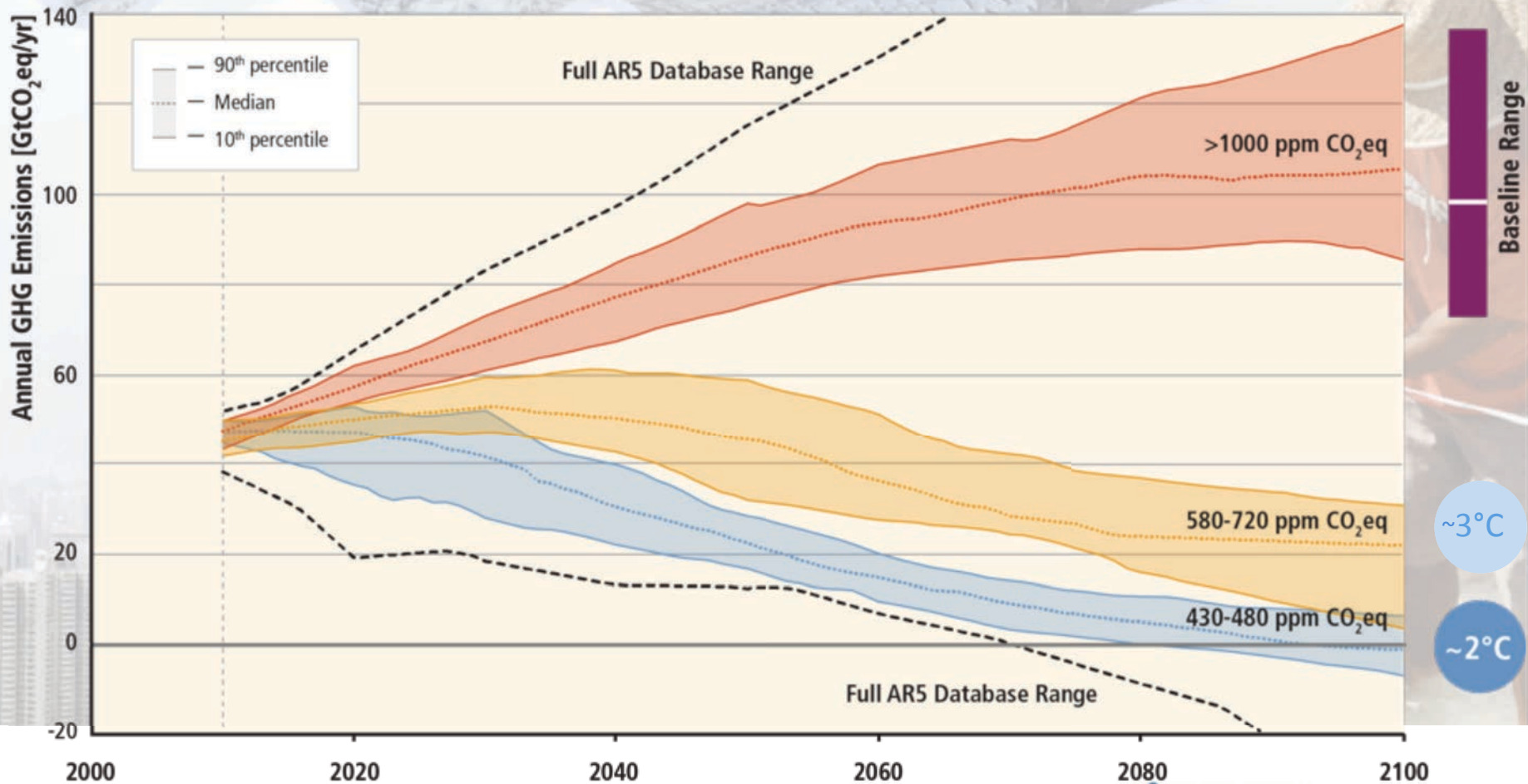
65% du budget carbone "compatible" avec un objectif de 2°C a déjà été utilisé. Il faut noter que ce budget offre une probabilité d'au moins 66% de rester sous un réchauffement de 2°C



NB: Emissions en 2011: 38 GtCO₂/an

AR5 WGI SPM

La stabilisation des concentrations atmosphériques requiert de s'écarter des scénarios de référence („baseline“) – quel que soit l'objectif de stabilisation



Based on Figure 6.7

RCP2.6

RCP8.5

Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)

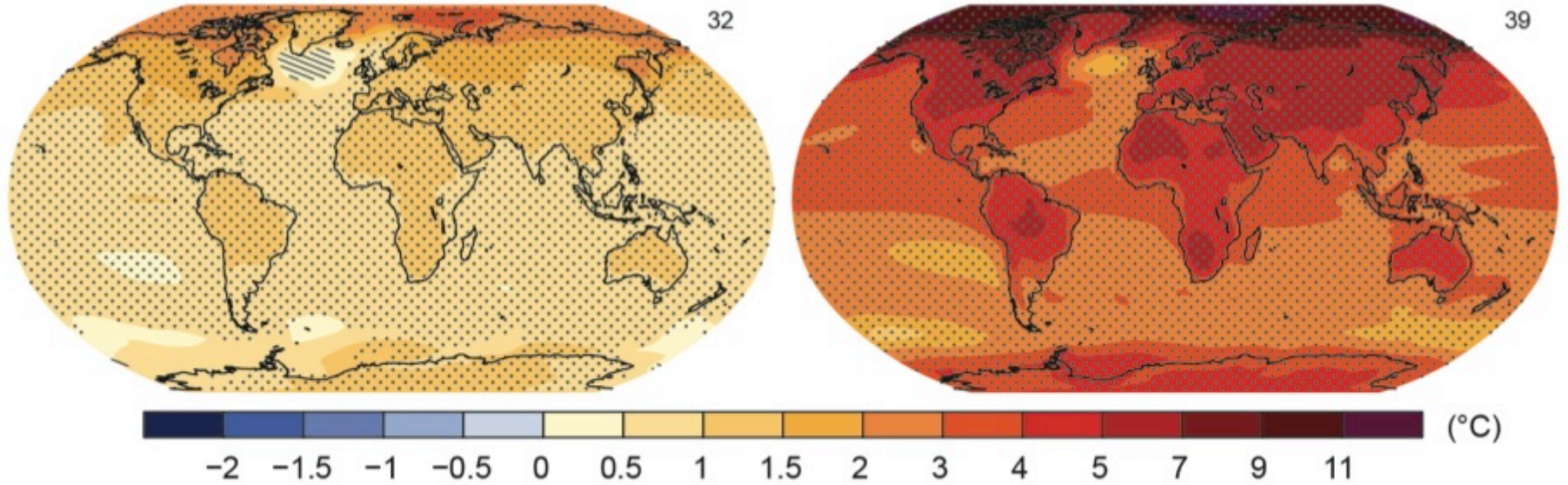
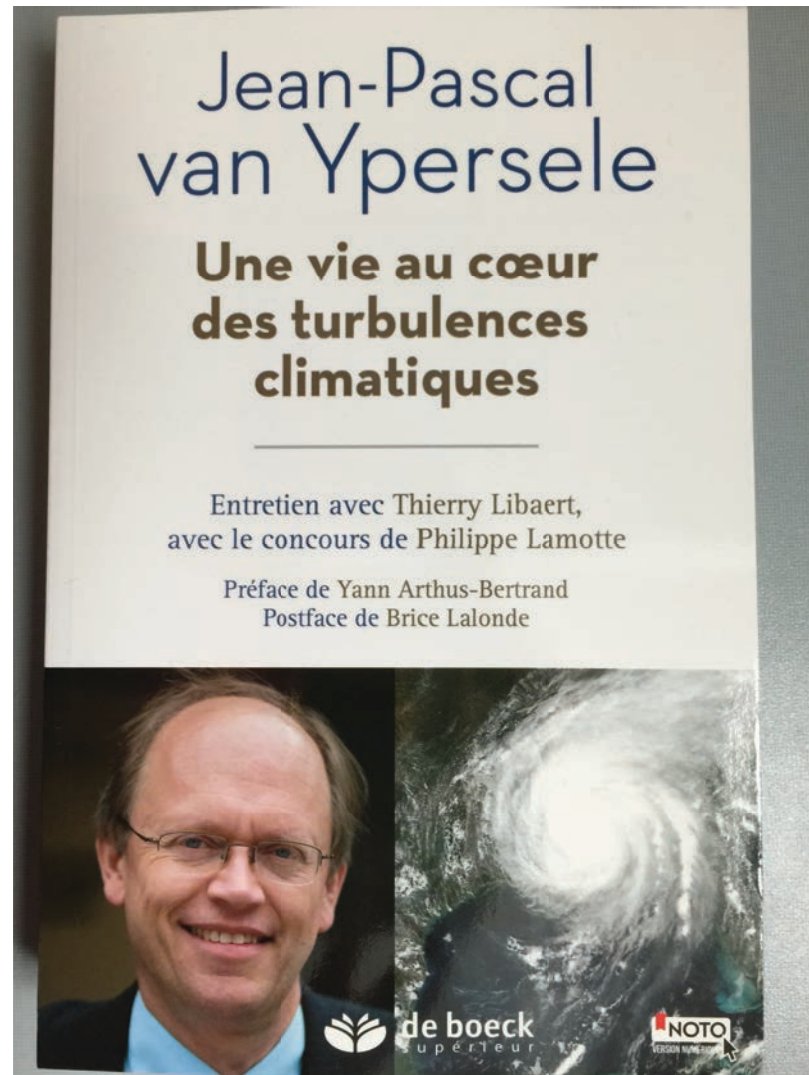


Fig. SPM.8

L'Humanité a le choix

**Publié chez De Boeck
supérieur,
octobre 2015
Broché: 16 euros
E-book: 13 euros**



Pour en savoir plus :

- www.ipcc.ch : GIEC ou IPCC
- www.climate.be/vanyp : beaucoup de mes dias

Sur Twitter: @JPvanYpersele

— @IPCC_CH