

Après l'Accord de Paris (COP21), Quelles nouvelles des changements climatiques ?

Jean-Pascal van Ypersele (UCL)

Vice-président du GIEC de 2008 à 2015

Twitter: @JPvanYpersele

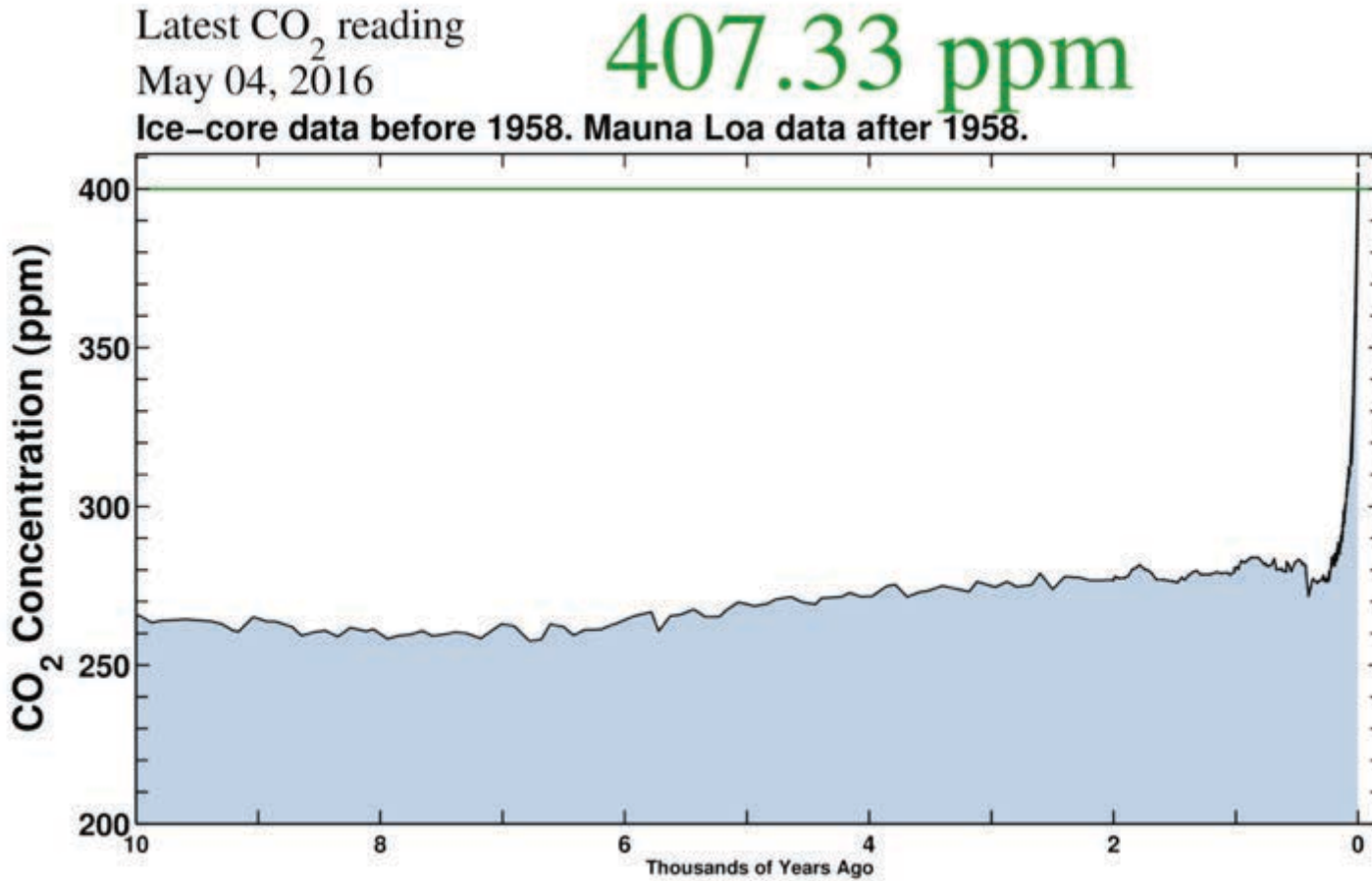
**Merci aux Services fédéraux (belges) de la Politique scientifique (BELSPO),
au Gouvernement wallon et à mon équipe à l'Université catholique de
Louvain pour leur soutien**



Avril 2015, Kenya, région de Machakos



Concentration en CO₂, le 4 mai 2016 (Courbe de Keeling)



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

Global Temperature Anomalies video (1880-2015)

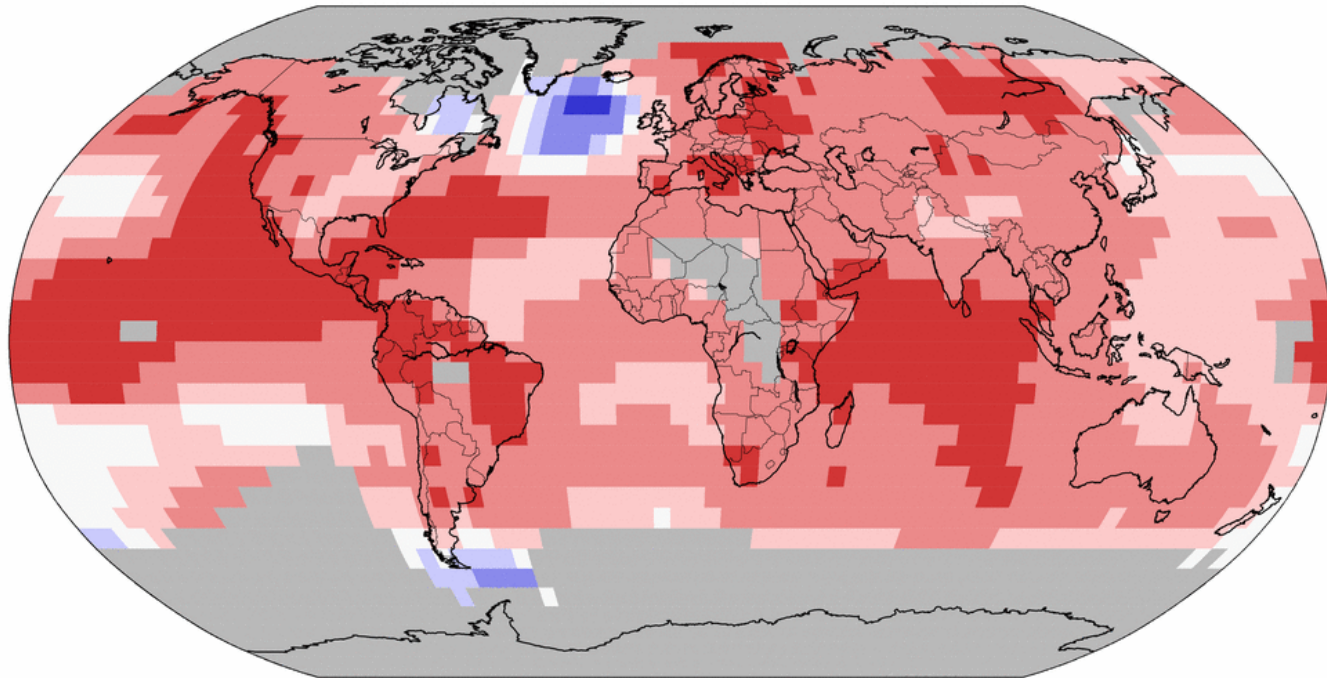
- https://youtu.be/SWPzGo_C010 (30 s)
- From Nasa Climate Change
- This color-coded map in Robinson projection displays a progression of changing global surface temperature anomalies from 1880 through 2015. Higher than normal temperatures are shown in red and lower than normal temperatures are shown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

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



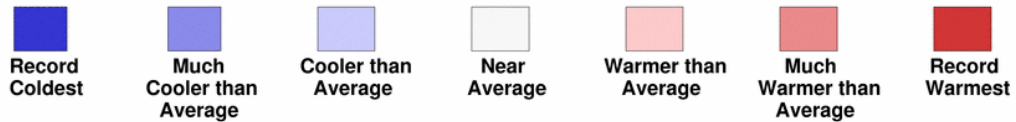
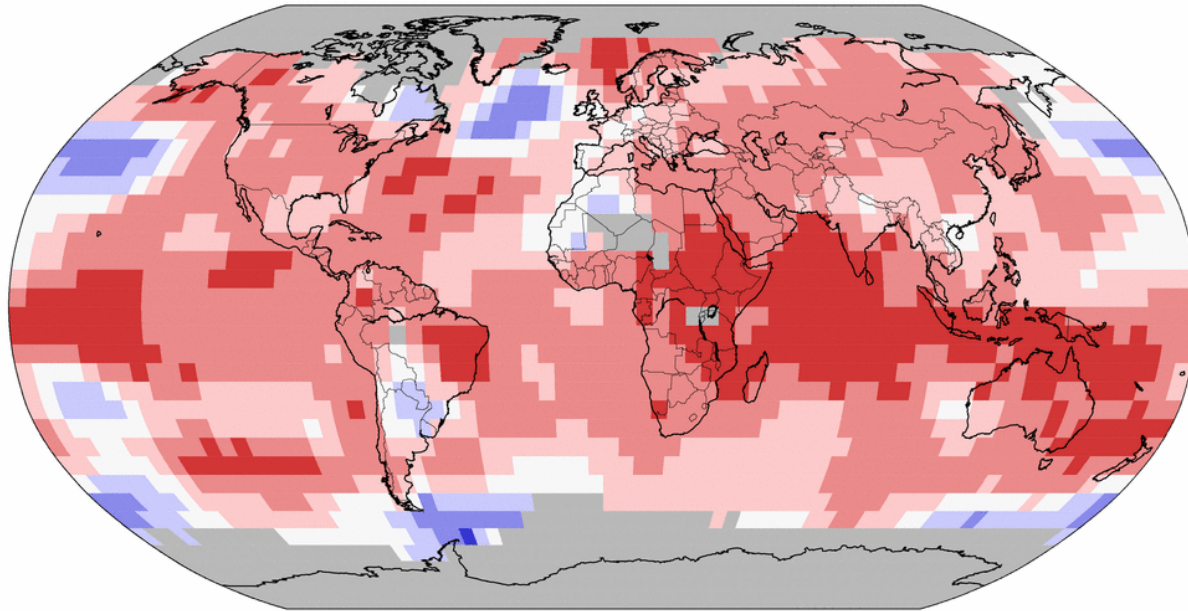
Wed Jan 13 12:15:02 EST 2016

Mars 2016: record battu

Land & Ocean Temperature Percentiles Mar 2016

NOAA's National Centers for Environmental Information

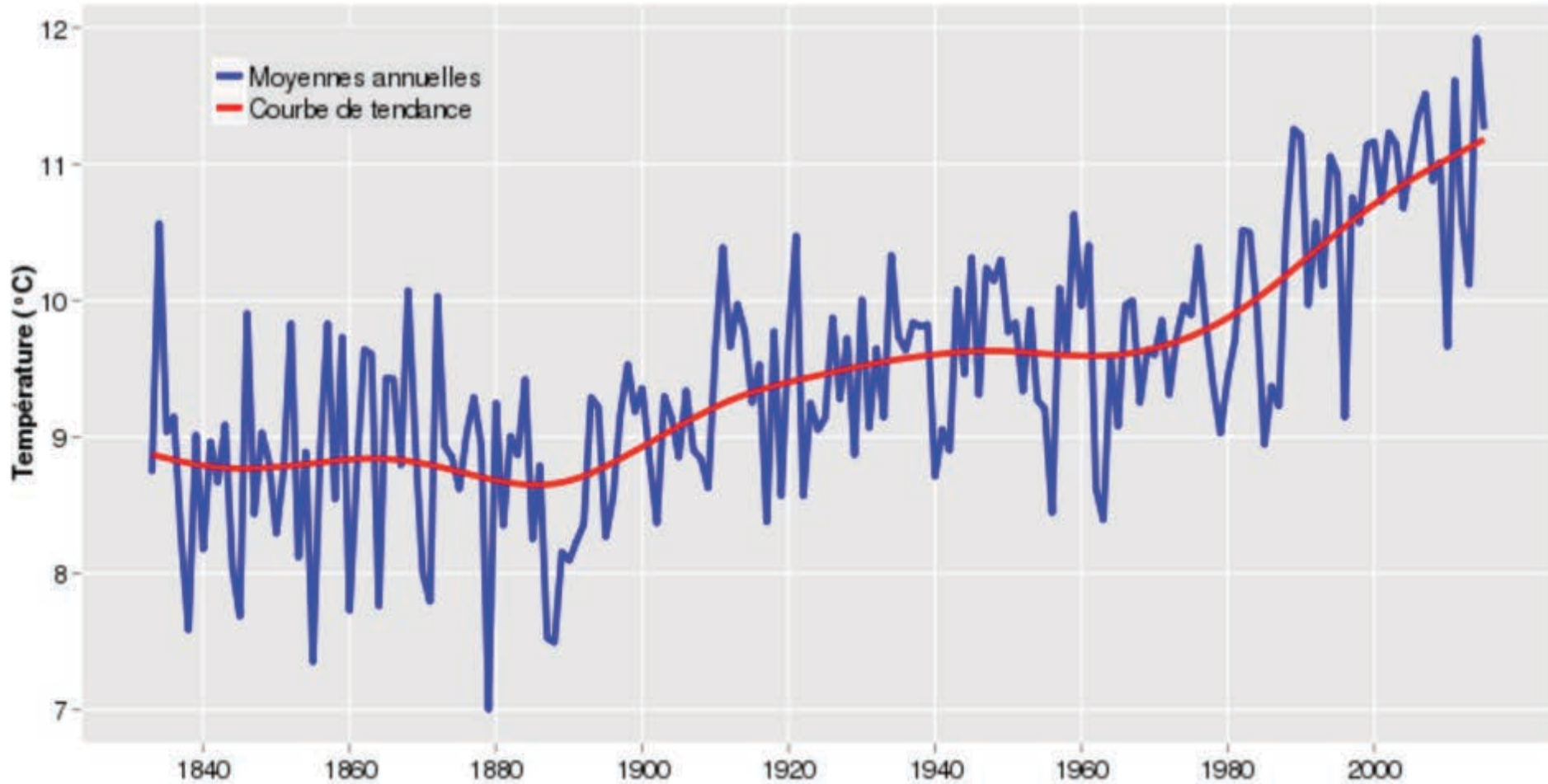
Data Source: GHCN-M version 3.3.0 & ERSST version 4.0.0



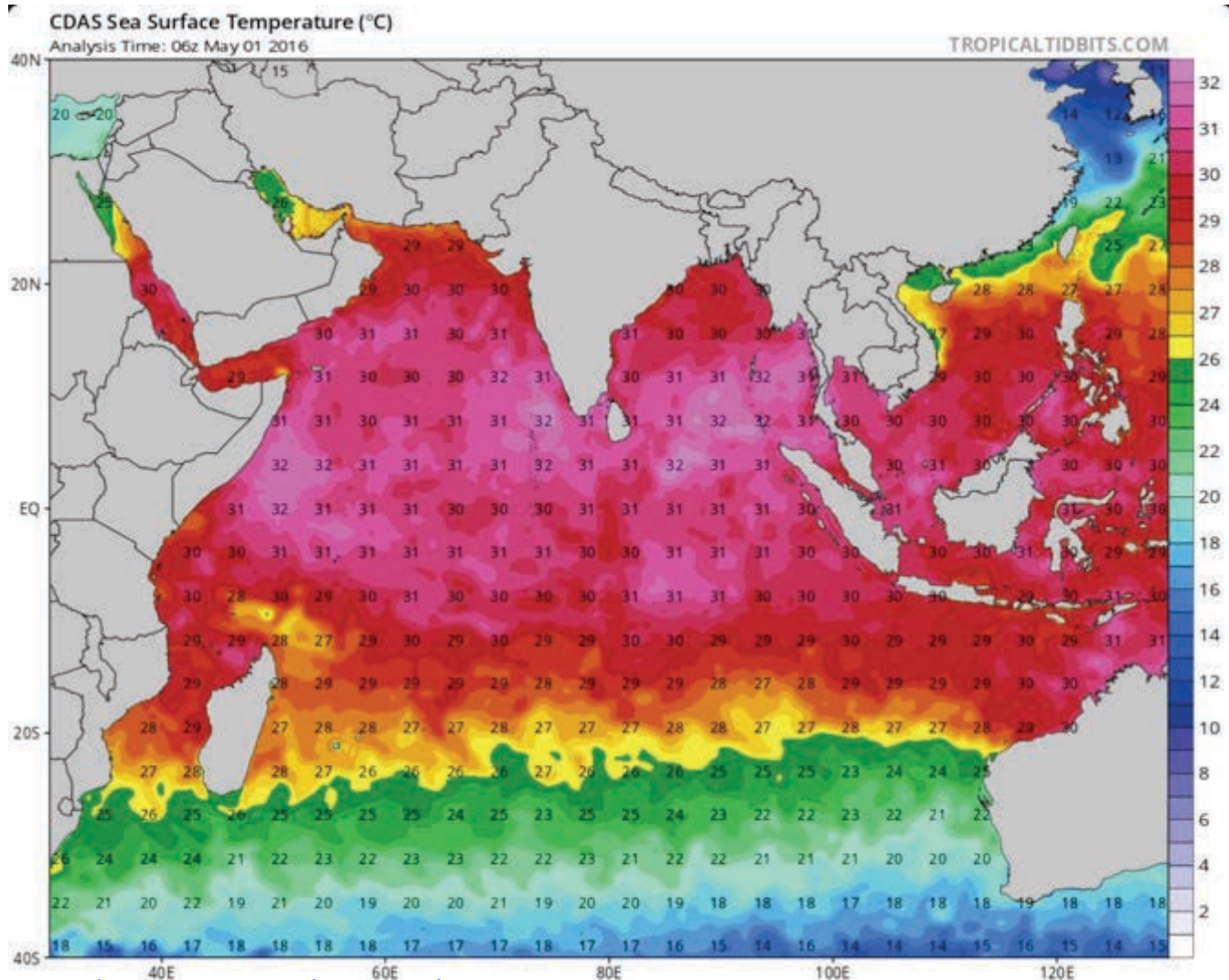
Fri Apr 15 07:06:08 EDT 2016

Uccle n'est pas en reste:

Evolution de la température moyenne annuelle à Bruxelles - Uccle de 1833 à 2015



**The northern Indian Ocean is really just
incredibly warm right now (end of April 2016).
Numerous 32°C surface temperature**



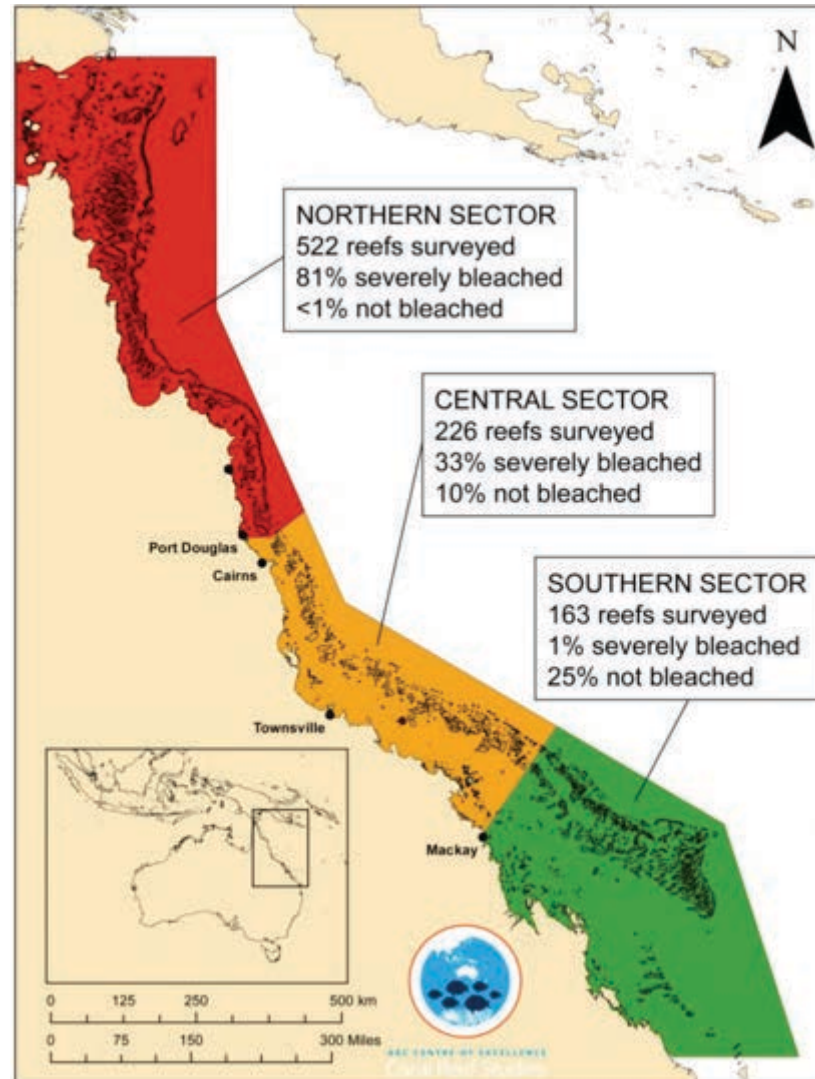
<https://twitter.com/anthonywx/status/726766892103438337>

Les récifs coralliens meurent



American Samoa (from www.globalcoralbleaching.org)

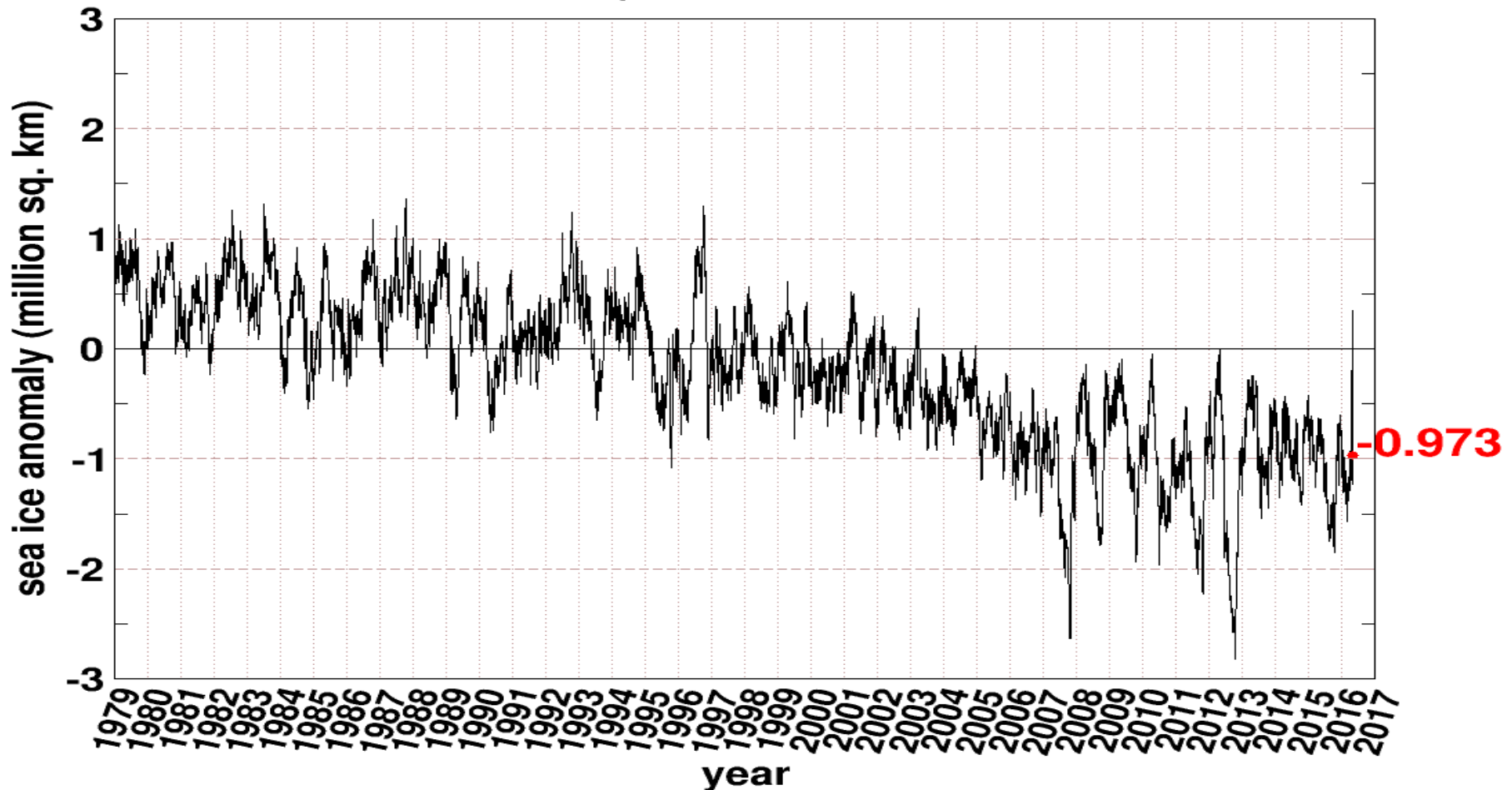
Only 7% of the Great Barrier Reef has avoided coral bleaching



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

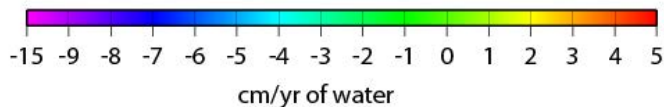
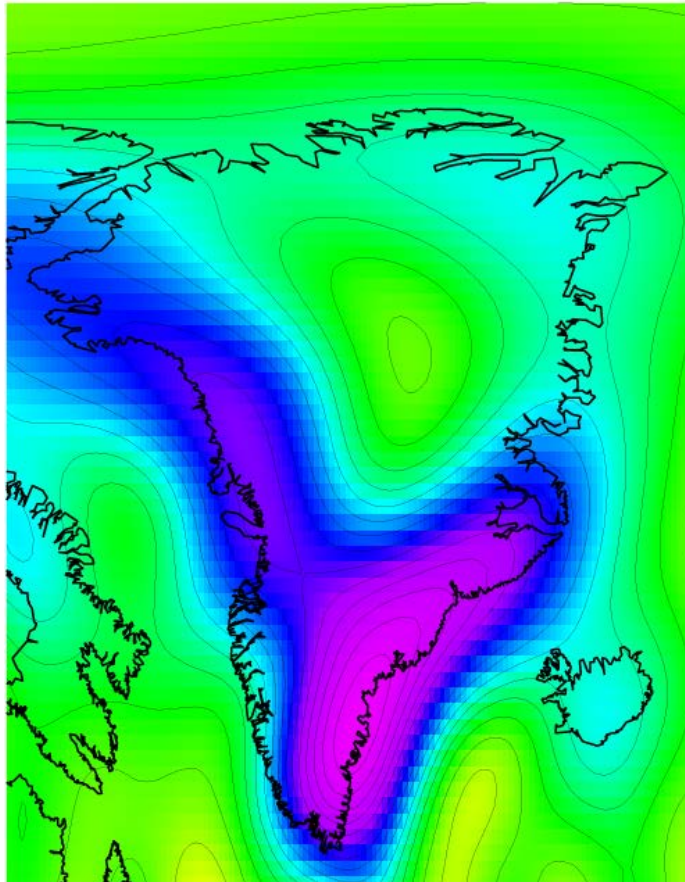


Source: Dr. Lonnie Thompson (OSU),
via <http://climate.nasa.gov/images-of-change#543-melting-qori-kalis-glacier-peru>

Greenland Ice Mass Loss 2002-2009

Derived From NASA GRACE Gravity Mission

Greenland

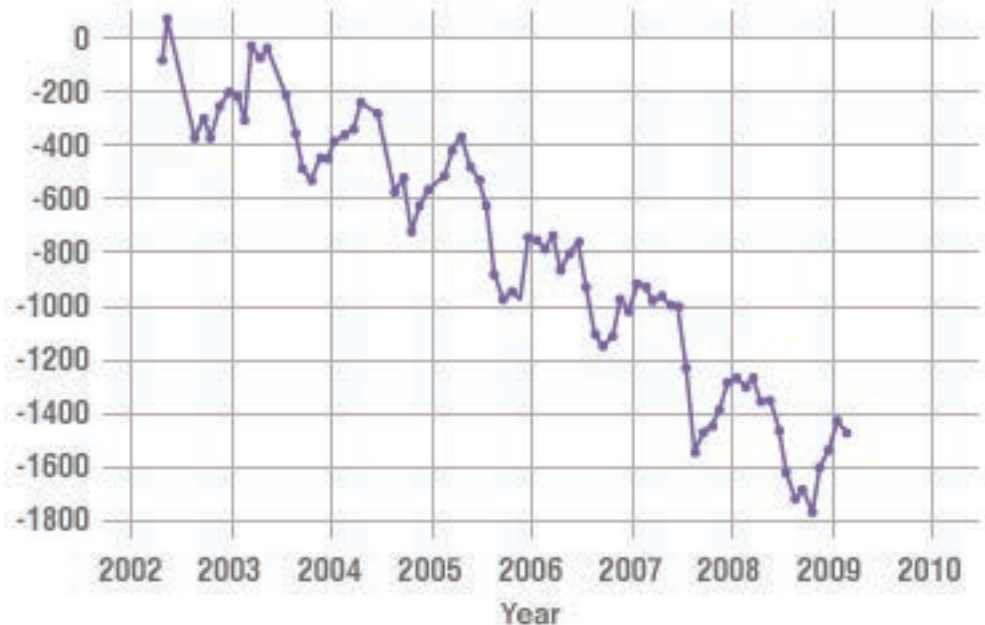


J. Wahr, U. Colorado

GREENLAND MASS VARIATION SINCE 2002

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

Change in Ice Mass Loss Gigatons

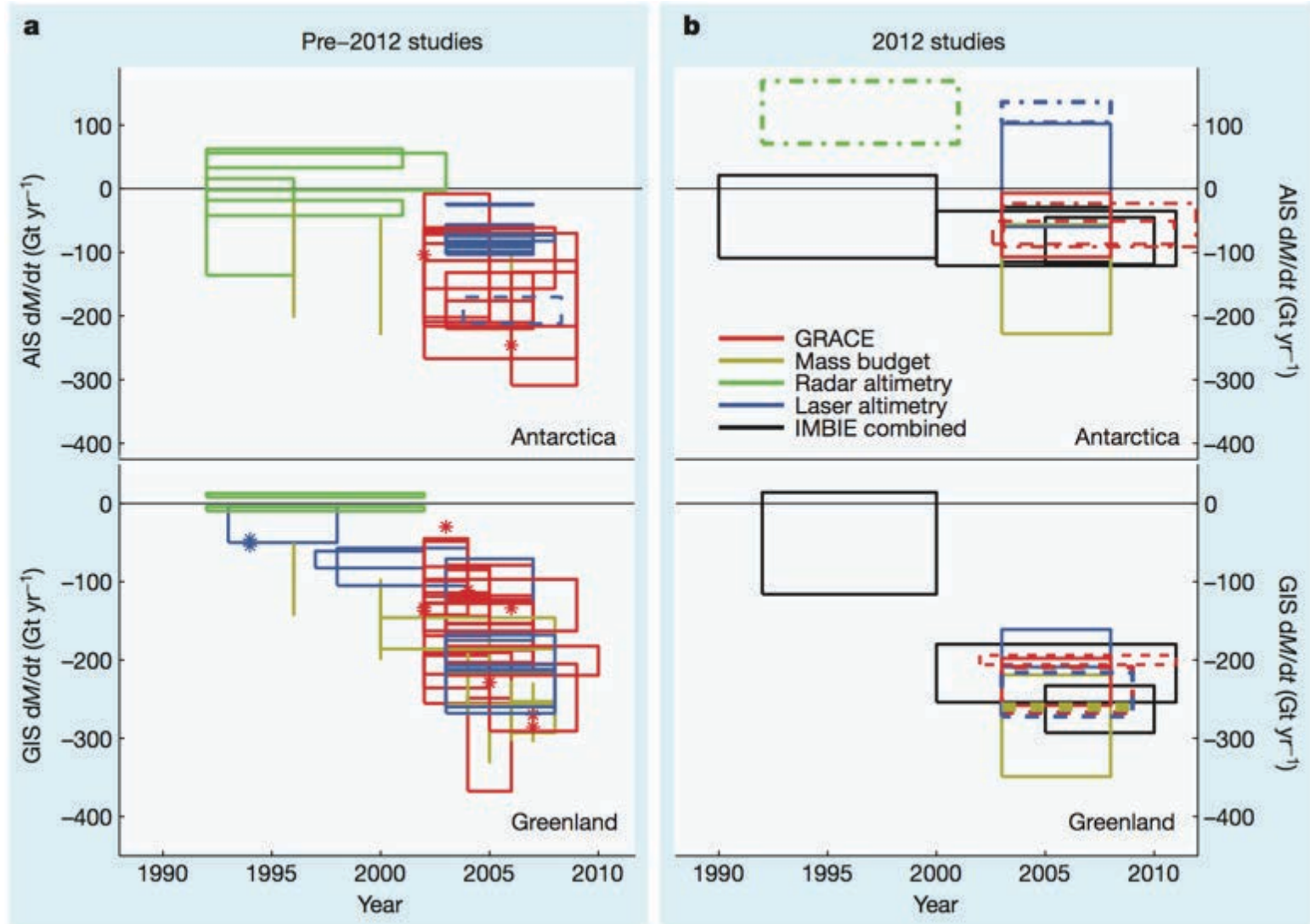


Velicogna, Geophysical Research Letters, 2009

•Contributes to sea level rise

B. Holt - JPL

Summary of estimates of rates of ice mass change for Antarctica and Greenland



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

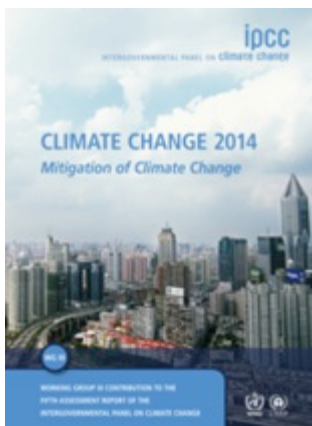




Que se passe-t-il dans le système climatique ?



Quels sont les risques ?



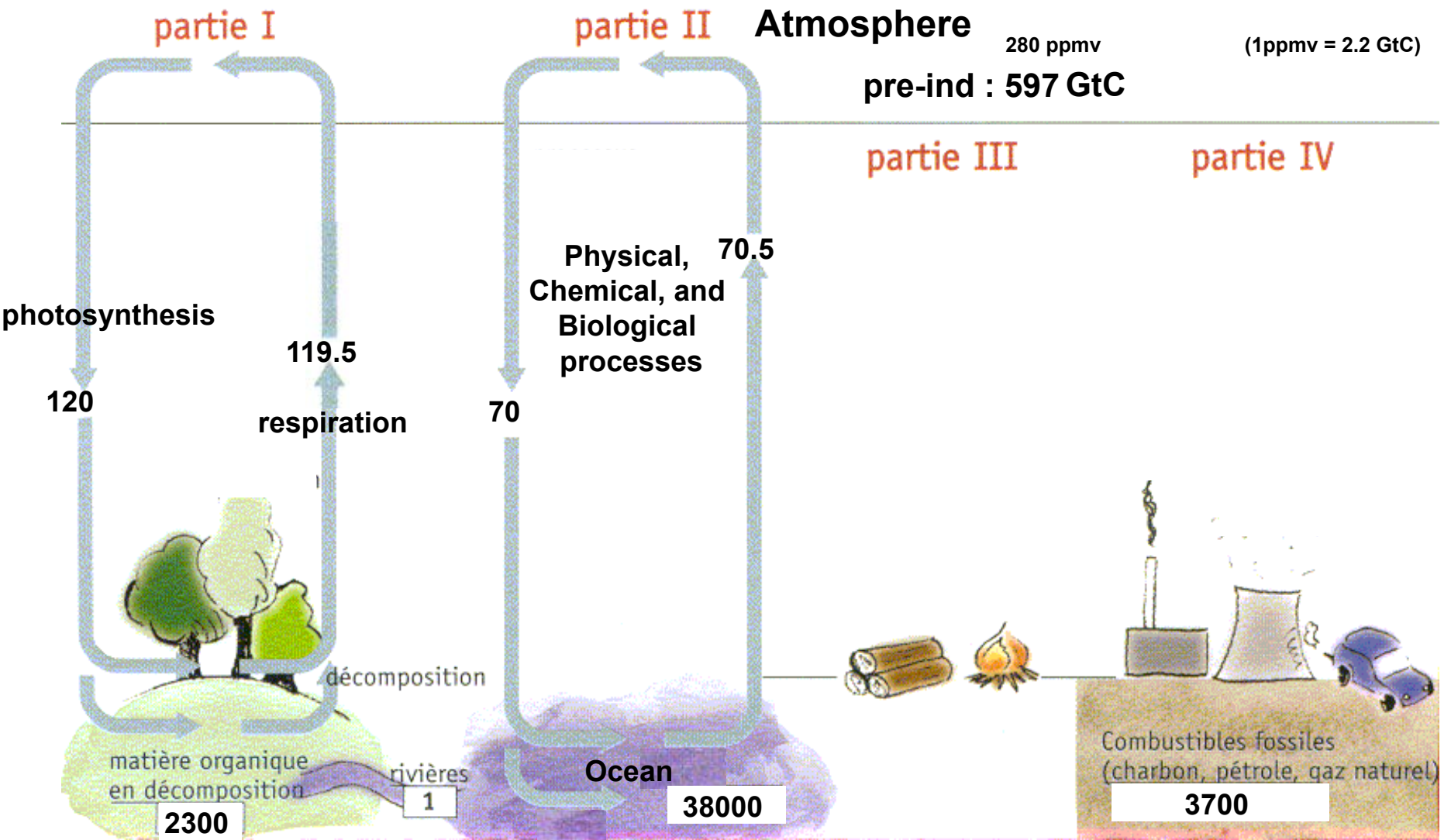
Que peut-on faire ?

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

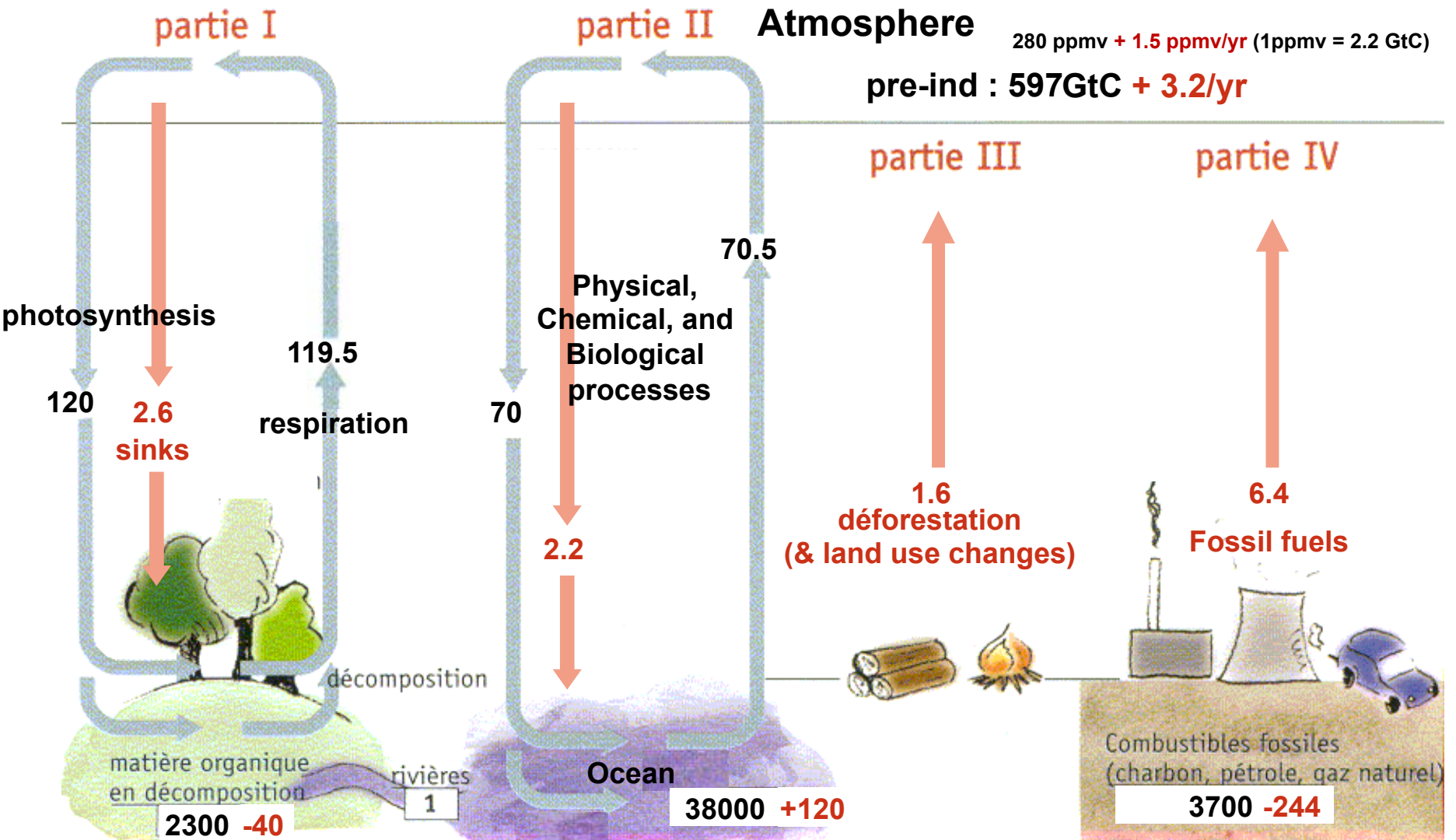
Carbon cycle: unperturbed fluxes



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!

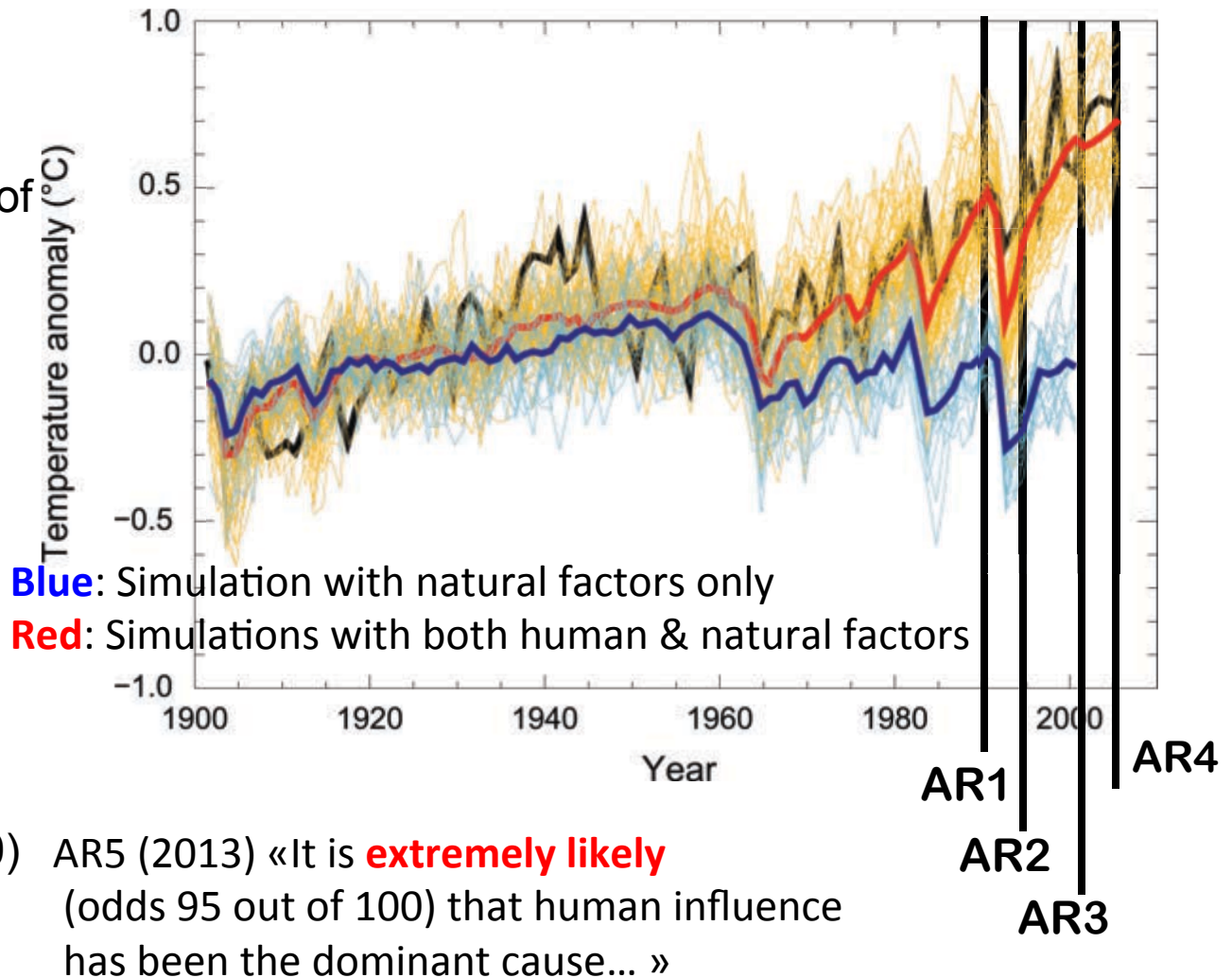
A Progression of Understanding: Greater and Greater Certainty in Attribution

AR1 (1990):
“unequivocal detection
not likely for a decade”

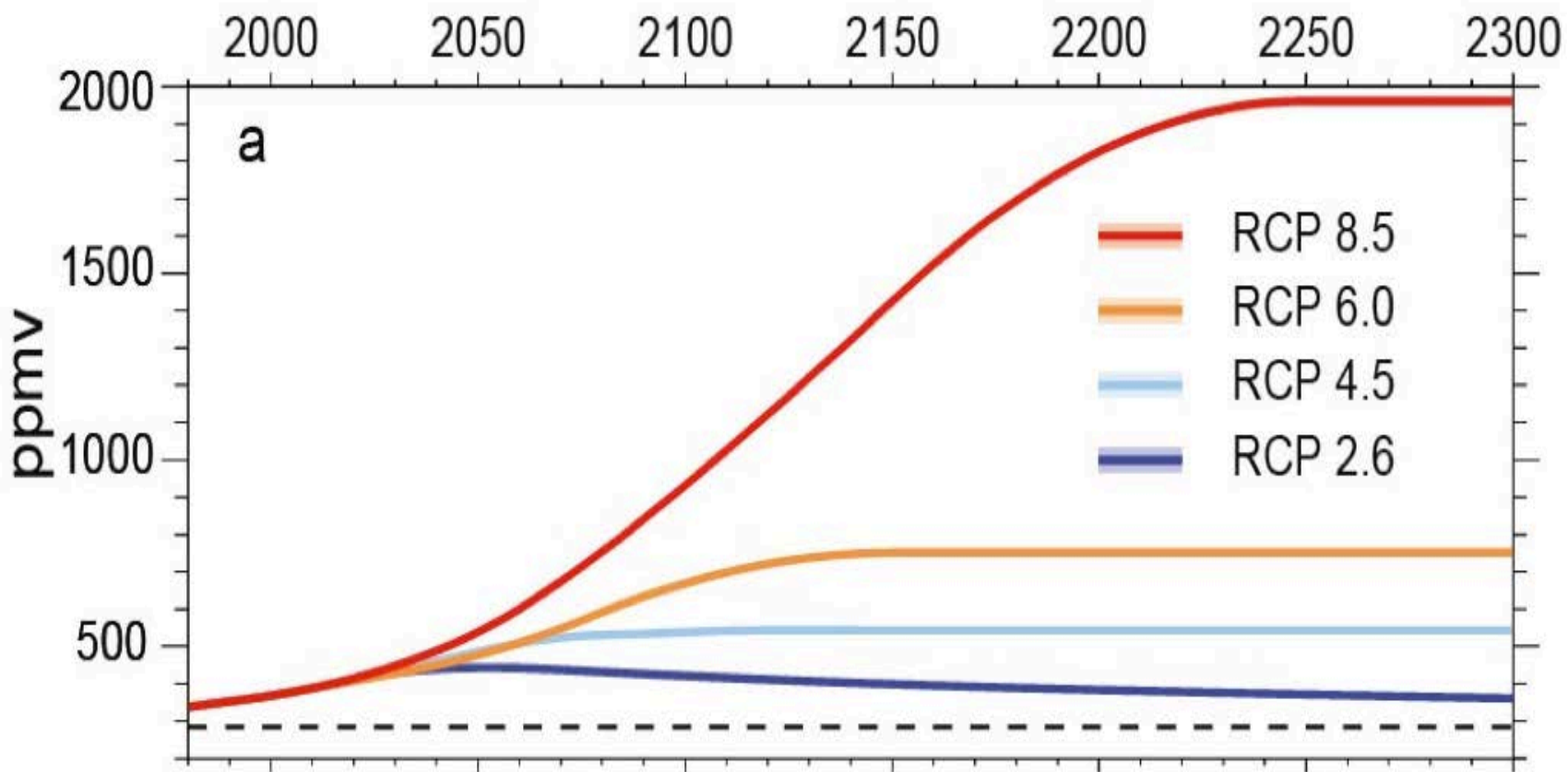
AR2 (1995): “balance of
evidence suggests
discernible human
influence”

AR3 (2001): “most of
the warming of the
past 50 years is **likely**
(odds 2 out of 3) due
to human activities”

AR4 (2007): “most of
the warming is **very
likely** (odds 9 out of 10)
due to greenhouse
gases”

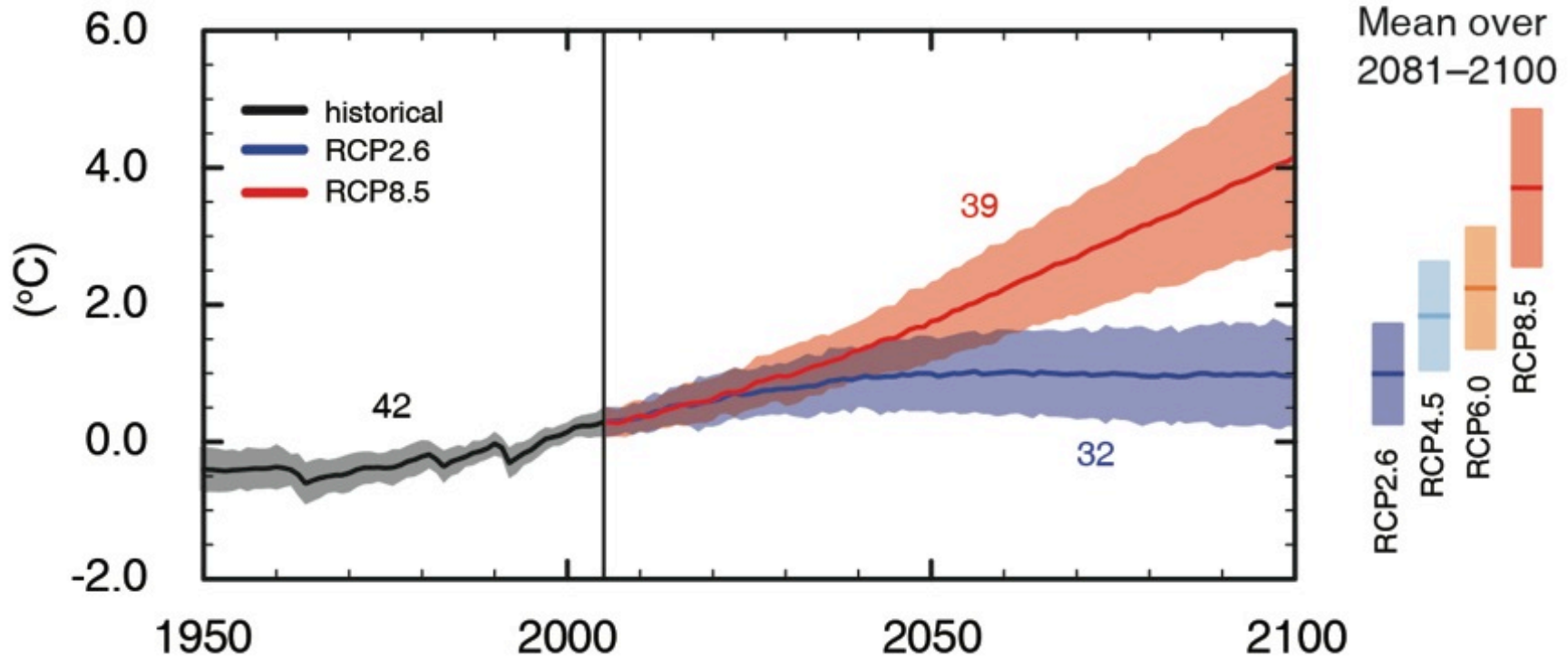


RCP Scenarios: Atmospheric CO₂ concentration



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%.

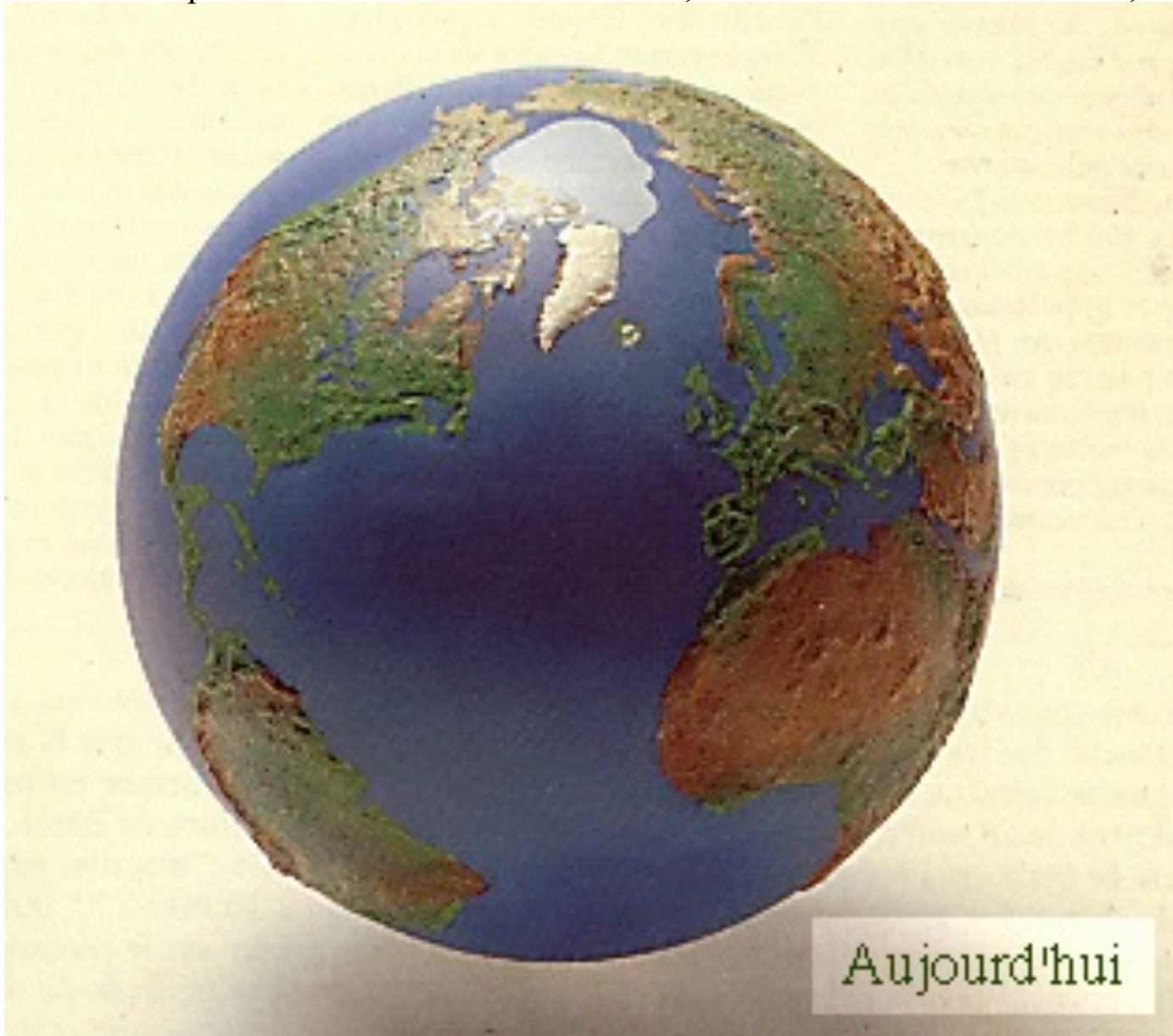
18-20000 years ago (Last Glacial Maximum)

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

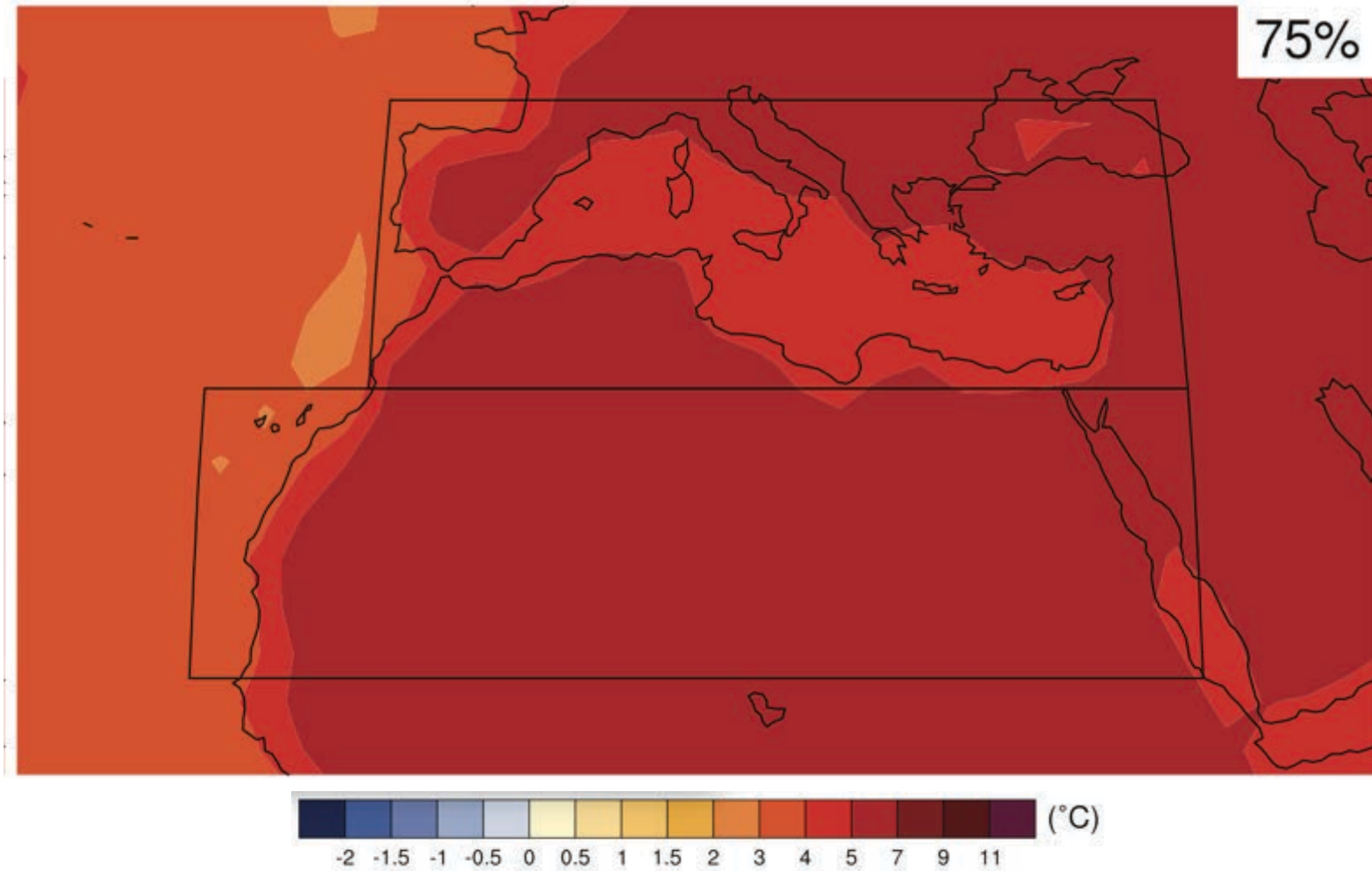


Today, with +4-5°C globally

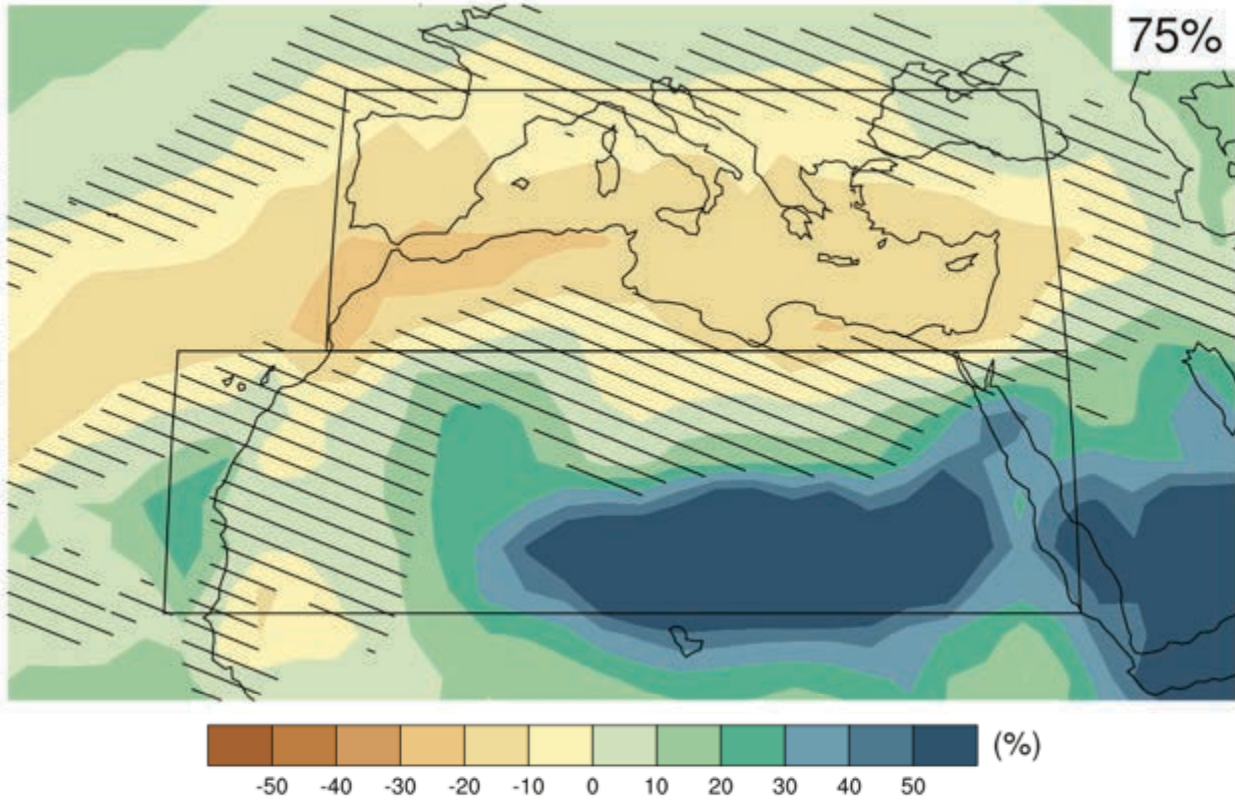
With permission from Dr. S. Joussaume, in « Climat d'hier à demain », CNRS éditions.



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



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



Regions where the projected change is less than one standard deviation of the natural internal variability



Regions where the projected change is large compared to natural internal variability, and where at least 90% of models agree on a sign of change

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



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



(Time 2001)

En première ligne: les Maldives



Rue du Ministère de l'environnement, Maldives, août 2015



Devant le Ministère des Affaires étrangères, Maldives, août 2015

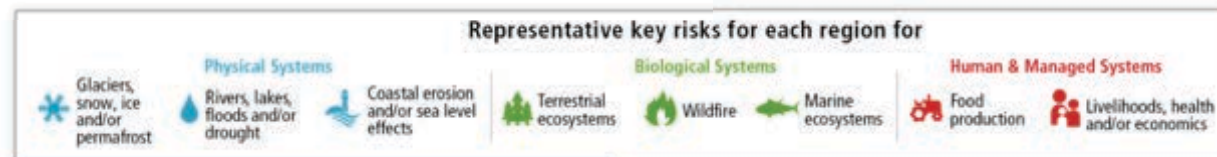
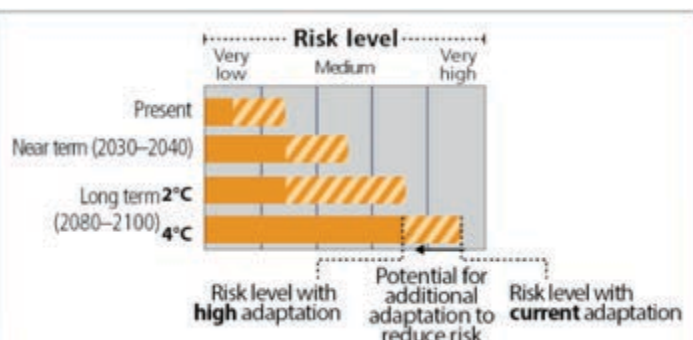
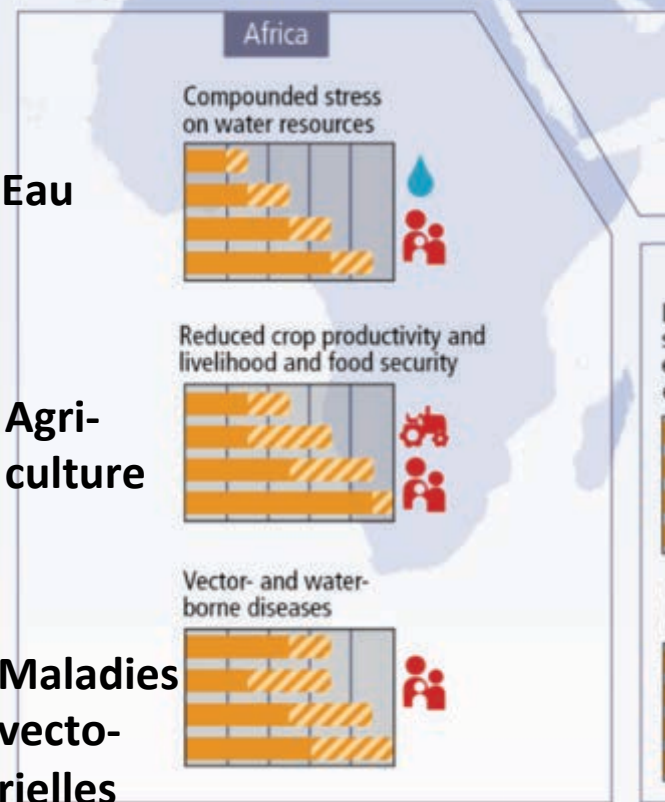
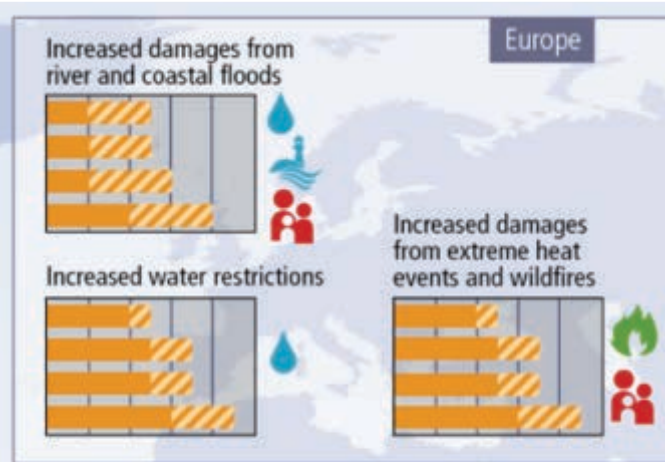


د افغانستان ښارونو د بهرنیو چارو وزارت

MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS





Risques clés à l'échelle régionale et potentiel de réduction du risque par l'adaptation: Afrique








Risque majeur pour l'Afrique: eau

Aggravation des pressions exercées sur les ressources hydriques déjà lourdement sollicitées par la surexploitation et la dégradation, et qui feront face à l'avenir à une demande accrue. Stress dû à la sécheresse exacerbé dans les régions africaines déjà exposées à ce fléau (*degré de confiance élevé*).



Facteurs climatiques	Échéancier	Risques et possibilités d'adaptation		
		Très faibles	Modérés	Très élevés
 	Moment présent	[Barre orange à faible niveau]		
	Court terme (2030–2040)	[Barre orange à niveau modéré]		
	Long terme 2°C (2080–2100) 4°C	[Barre orange à niveau très élevé]		













Facteurs déterminants des incidences liées au climat										
										<p>Tendance au réchauffement</p> <p>Température extrême</p> <p>Tendance à l'assèchement</p> <p>Précipitations extrêmes</p> <p>Précipitations</p> <p>Enneigement</p> <p>Cyclones destructeurs</p> <p>Niveau de la mer</p> <p>Acidification des océans</p> <p>Fertilisation par le dioxyde de carbone</p>

Risque majeur pour l'Afrique: agriculture

Baisse de la productivité des cultures due à la chaleur et à la sécheresse — dont les conséquences sur les moyens de subsistance et la sécurité alimentaire des pays, des régions et des ménages pourraient être graves — ainsi qu'aux dommages causés par les ravageurs, les maladies et les inondations sur l'infrastructure des systèmes alimentaires (*degré de confiance élevé*)


Facteurs climatiques	Échéancier	Risques et possibilités d'adaptation		
		Très faibles	Modérés	Très élevés
 	Moment présent	[Bar chart showing low risk]		
	Court terme (2030–2040)	[Bar chart showing moderate risk]		
	Long terme 2°C (2080–2100) 4°C	[Bar chart showing high risk]		













Facteurs déterminants des incidences liées au climat									
									
Tendance au réchauffement	Température extrême	Tendance à l'assèchement	Précipitations extrêmes	Précipitations	Enneigement	Cyclones destructeurs	Niveau de la mer	Acidification des océans	Fertilisation par le dioxyde de carbone

Risque majeur pour l'Afrique: santé

Variations de l'incidence et de l'extension géographique des maladies à transmission vectorielle ou d'origine hydrique dues à l'évolution des températures et des précipitations moyennes et de leur variabilité, en particulier aux limites de leurs aires de répartition (*degré de confiance moyen*)

Facteurs climatiques	Échéancier	Risques et possibilités d'adaptation		
		Très faibles	Modérés	Très élevés
	Moment présent		Modérés	
	Court terme (2030–2040)		Modérés	
	Long terme 2°C (2080–2100) 4°C		Modérés	Très élevés



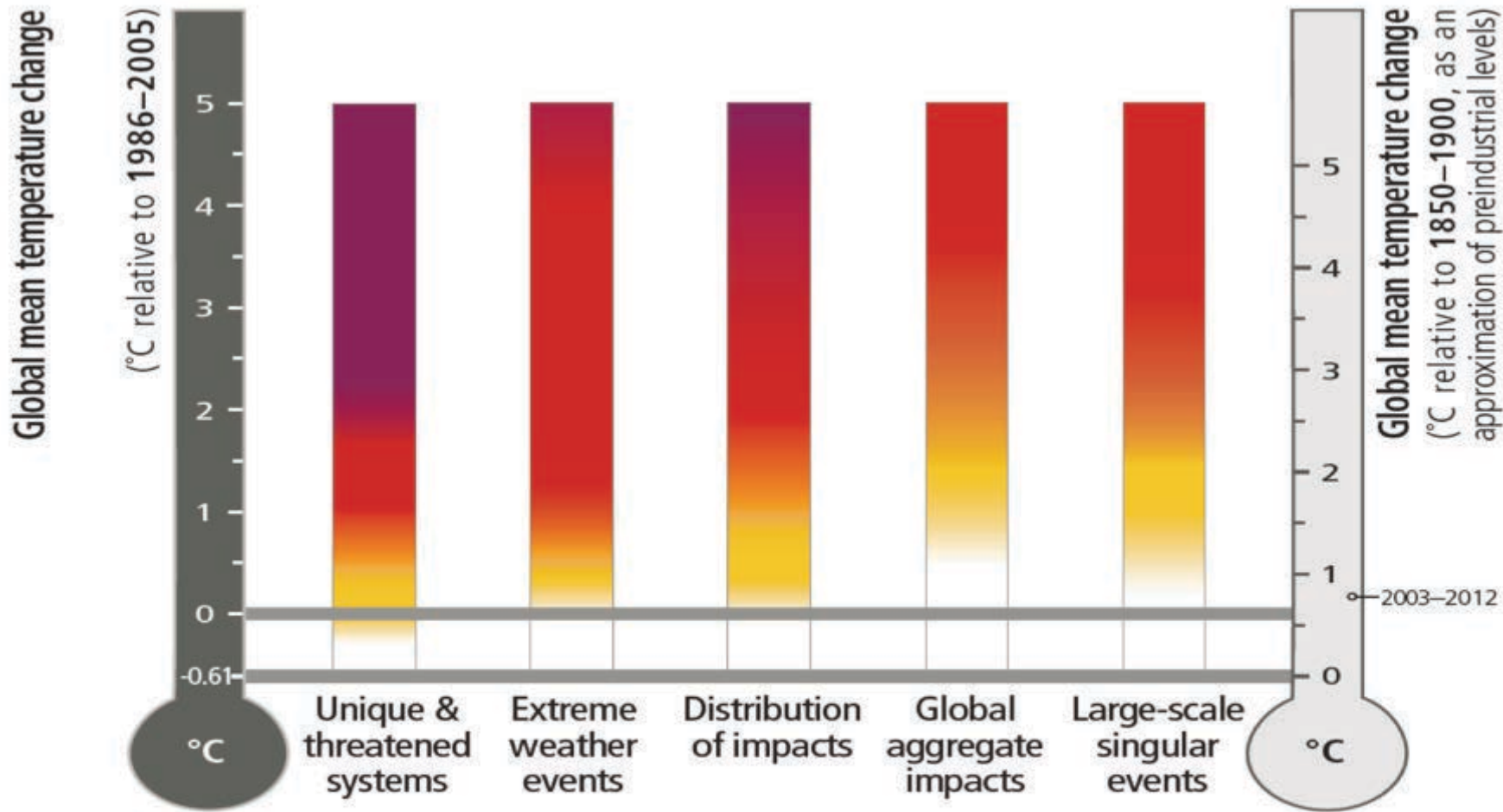
Facteurs déterminants des incidences liées au climat										
										
Tendance au réchauffement	Température extrême	Tendance à l'assèchement	Précipitations extrêmes	Précipitations	Enneigement	Cyclones destructeurs	Niveau de la mer	Acidification des océans	Fertilisation par le dioxyde de carbone	



LES RISQUES DES
CHANGEMENTS CLIMATIQUES

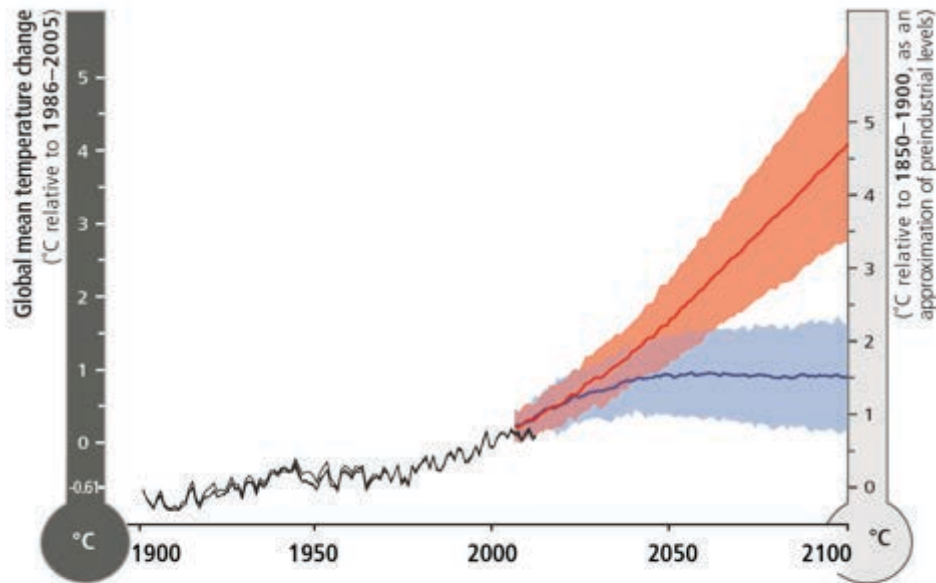
AUGMENTENT

AVEC DES
EMISSIONS EN
CROISSANCE
CONTINUE

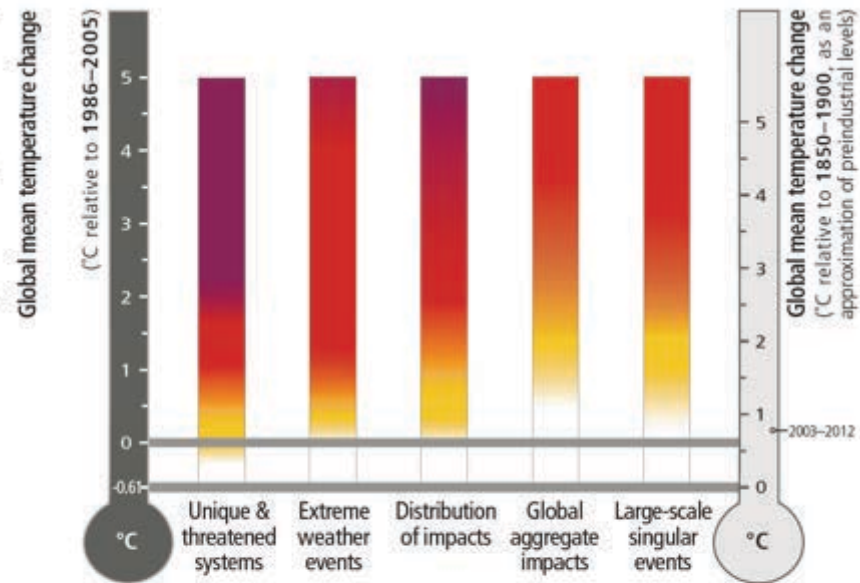


Level of additional risk due to climate change





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



+1.5 ou +2°C : quelle différence pour les impacts ?

- Les scénarios « très bas » de type +1.5°C / pré-industriel ont été peu étudiés, mais l'intérêt est grand suite à l'accord de Paris
- Schleussner et al. (21 avril 2016, Earth Syst. Dynam) :
 - ◆ compare les impacts pour 1.5 et 2°C en se basant sur un ensemble de résultats de modèles (CMIP5)
 - ◆ étudie les impacts sur une période de 20 ans au cours de laquelle chaque modèle atteint +1.5°C ou +2°C en moyenne (/pré-industriel)

+1.5 ou +2°C : quelle différence pour les impacts ?

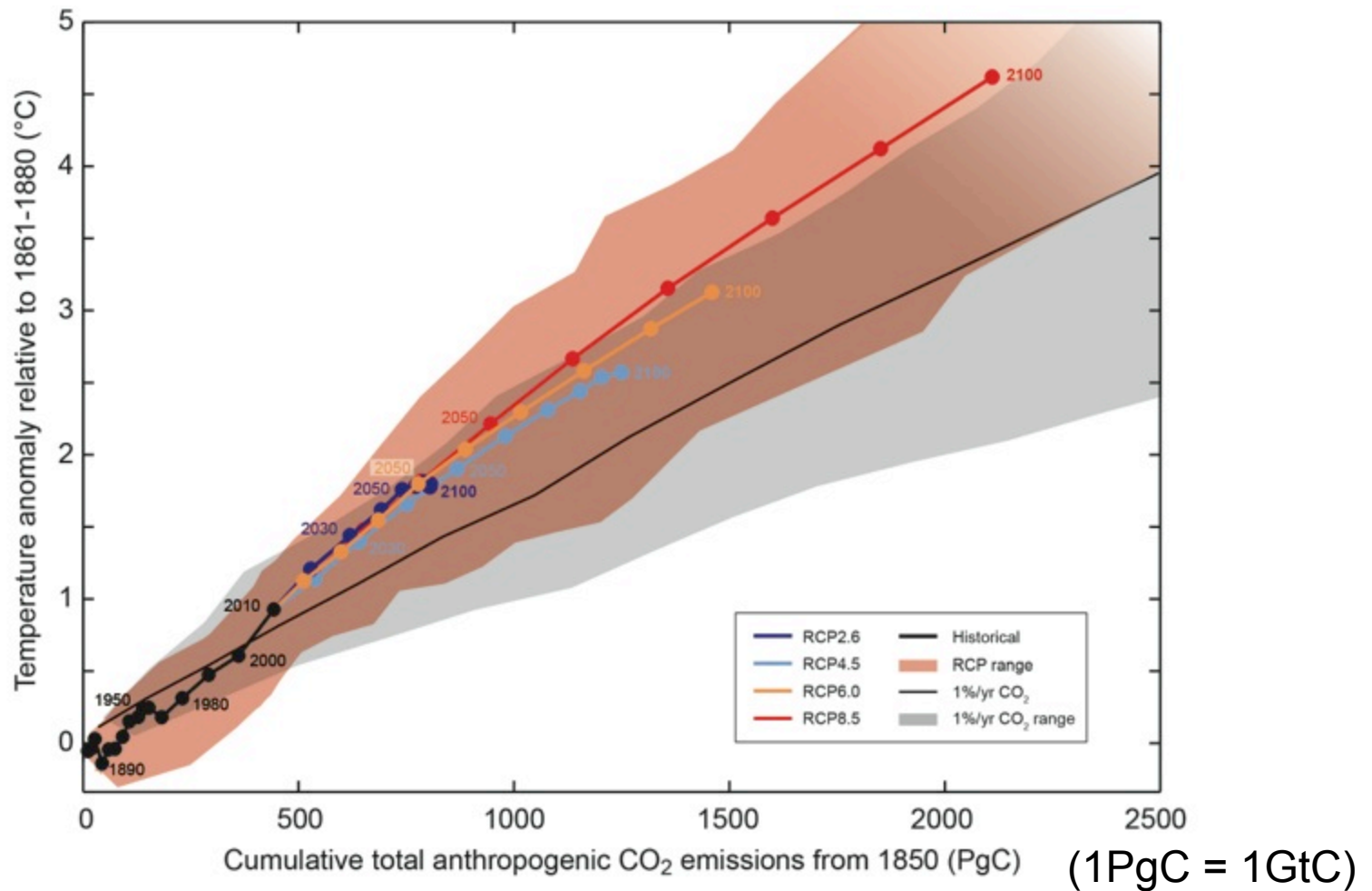
- Schleussner et al. (21 avril 2016, Earth Syst. Dynam) :
Différences significatives, substantielles pour certains impacts

	1.5°C	2°C	
Durée de période chaude (<i>warm spell</i>, jours consécutifs > 90% jours réf.)			
Global	1.1 [1;1.3]	1.5 [1.4;1.8]	
Réduction de la disponibilité d'eau annuelle (%)			
Région Méditerranéenne	9 [5;16]	17 [8;28]	
Accroissement de l'intensité des précipitations extrêmes (%)			
Global	5 [4;6]	7 [5;7]	+ affectés: latitudes > 45°N et moussons
Asie du Sud	7 [4;8]	10 [7;14]	
Variation de rendement du blé (effet fertilisation CO₂ inclus)			
Global	2 [-6;17]	0 [-8;21]	
Tropiques	-9 [-25;12]	-16 [-42;14]	

+1.5 ou +2°C : quelle différence pour les impacts ?

- Schleussner et al. (21 avril 2016, Earth Syst. Dynam) : compléments

		1.5 °C	2 °C	
Global sea-level rise				
	in 2100 [cm]	40 [30;55]	50 [35;65]	1.5 °C end-of-century rate about 30 % lower than for 2 °C reducing long-term SLR commitment.
	2081–2100 rate [mm/yr]	4 [3;5.5]	5.5 [4;8]	
Fraction of global coral reefs at risk of annual bleaching [Constant case, %]				
	2050	90 [50;99]	98 [86;100]	Only limiting warming to 1.5 °C may leave window open for some ecosystem adaptation.
	2100	70 [14;98]	99 [85;100]	
Changes in local crop yields over global and tropical present day agricultural areas including the effects of CO₂-fertilization [%]				
Wheat	Global	2 [-6;17]	0 [-8;21]	Projected yield reductions are largest for tropical regions, while high-latitude regions may see an increase. Projections not including highly uncertain positive effects of CO ₂ -fertilization project reductions for all crop types of about 10 % globally already at 1.5 °C and further reductions at 2 °C.
	Tropics	-9 [-25;12]	-16 [-42;14]	
Maize	Global	-1 [-26;8]	-6 [-38;2]	
	Tropics	-3 [-16;2]	-6 [-19;2]	
Soy	Global	7 [-3;28]	1 [-12;34]	
	Tropics	6 [-3;23]	7 [-5;27]	
Rice	Global	7 [-17;24]	7 [-14;27]	
	Tropics	6 [0;20]	6 [0;24]	

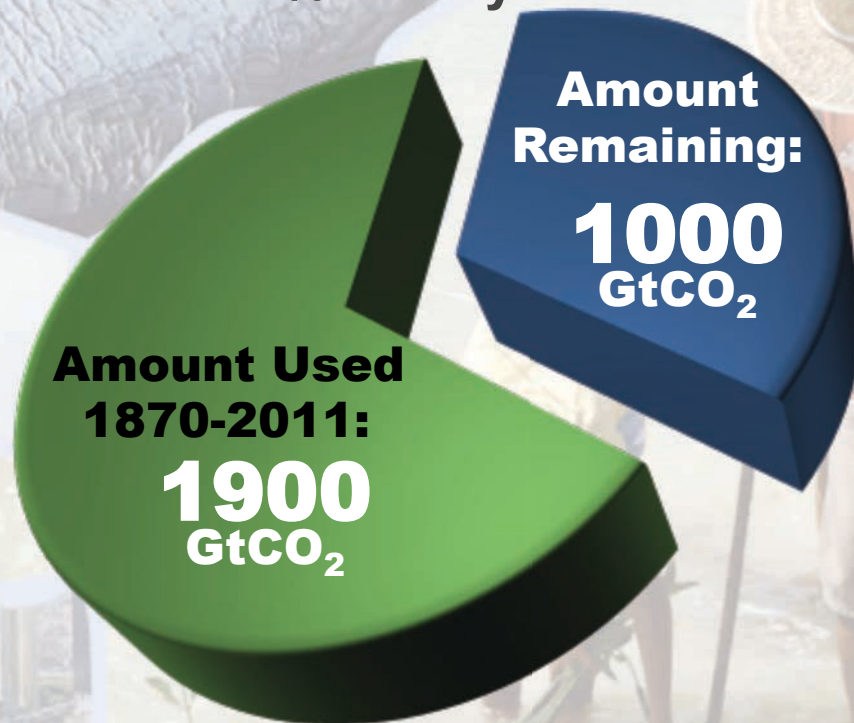


(IPCC 2013, Fig. SPM.10)

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

The window for action is rapidly closing

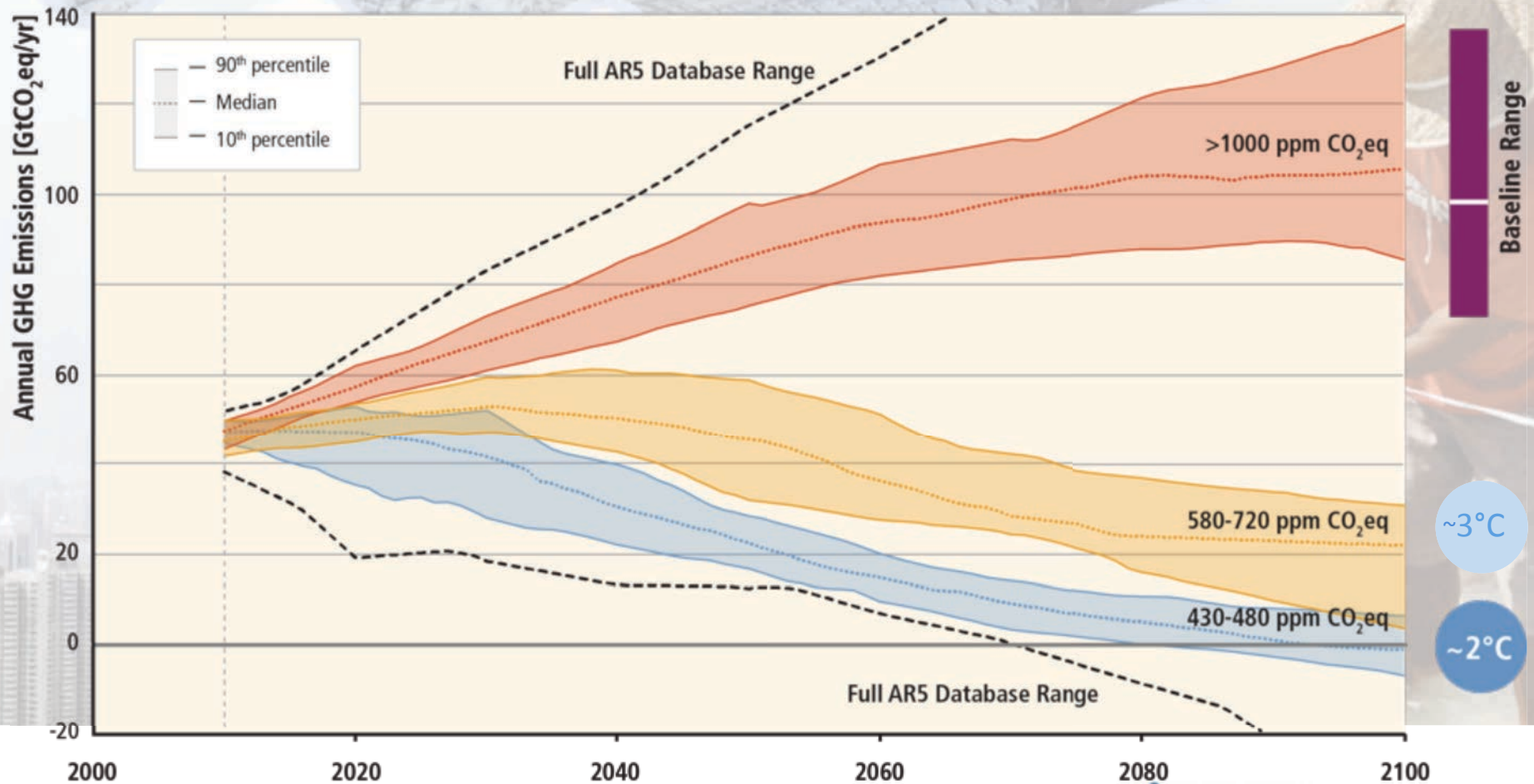
65% of the carbon budget compatible with a 2°C goal is already used
NB: this is with a probability greater than 66% to stay below 2°C



NB: Emissions in 2011: 38 GtCO₂/yr

AR5 WGI SPM

Stabilization of atmospheric concentrations requires moving away from the baseline – regardless of the mitigation goal.



Based on Figure 6.7

Mitigation Measures



More efficient use of energy



Greater use of low-carbon and no-carbon energy

- Many of these technologies exist today
- But worldwide investment in **research** in support of GHG mitigation is small...



Improved carbon sinks

- **Reduced deforestation** and improved forest management and planting of new forests
- **Bio-energy with carbon capture and storage**



Lifestyle and behavioural changes

AR5 WGIII SPM

- **Substantial reductions in emissions would require large changes in investment patterns e.g., from 2010 to 2029, in billions US dollars/year:**

(mean numbers rounded, IPCC AR5 WGIII Fig SPM 9)

- **energy efficiency: +330**
- **renewables: + 90**
- **power plants w/ CCS: + 40**
- **nuclear: + 40**
- **power plants w/o CCS: - 60**
- **fossil fuel extraction: - 120**

RCP2.6

RCP8.5

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

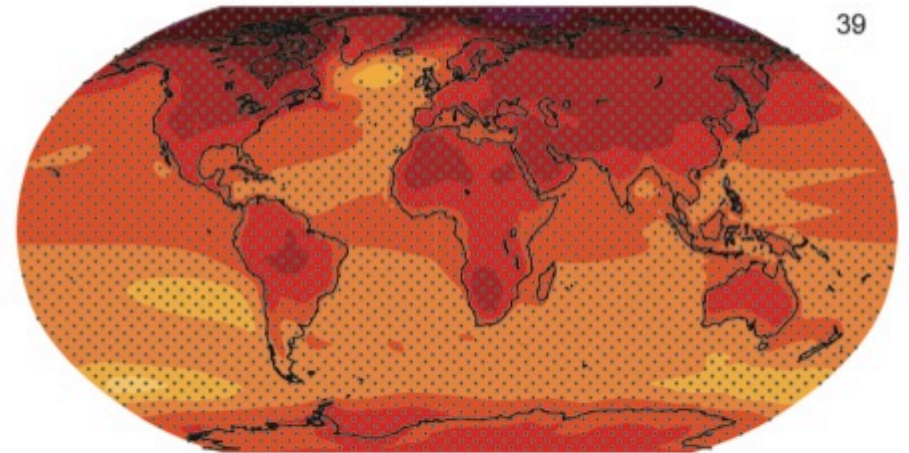
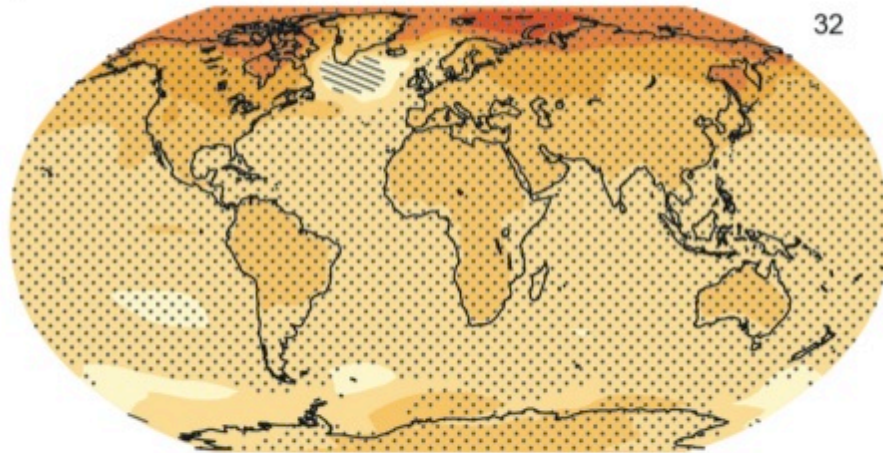


Fig. SPM.8

L'Humanité a le choix

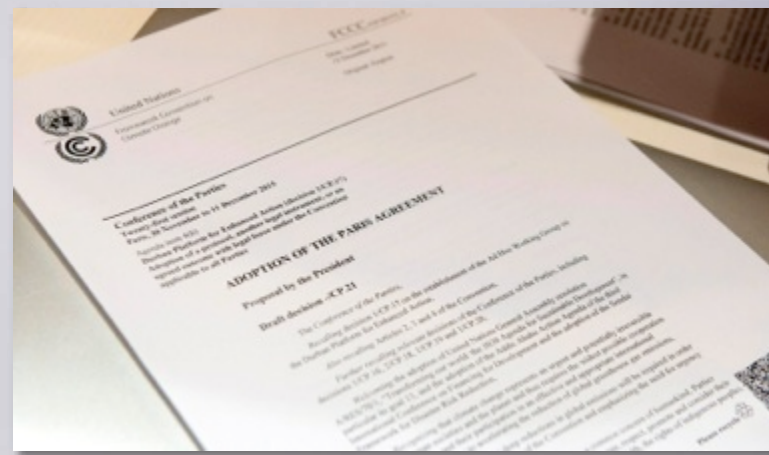


Isaac Cordal

Sur les Changements Climatiques 2015

COP21/CMP11

Paris, France





COP21- CMP11
PARIS 2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE

- **196 Parties**
- **150 chefs d'état et de gouvernement**
- **Plus de 30 000 participants**

L'Accord de Paris: éléments clés

54



- *Différenciation*
- *Vision / Objectifs à long terme*
- *Cycle d'ambition*
- *Atténuation*
- *Adaptation / Pertes & préjudices*
- *Flux financiers*
- *Transparence & respect des engagements*

- texte de 12 pages
- assorti d'un set de décisions de la COP
(plan pour la mise en œuvre de l'accord + action pré-2020)

Objectifs à long terme

Vision

« **renforcer la riposte mondiale** à la menace des changements climatiques, dans le contexte du **développement durable** et de la **lutte contre la pauvreté** »

Objectifs

1. Limitation de l'augmentation de température:

- « **nettement en dessous de 2 °C** par rapport aux niveaux préindustriels »
- « **poursuivre l'action menée pour limiter le réchauffement à 1,5 °C**, étant entendu que cela réduirait sensiblement les risques et les impacts »

2. Résilience et développement bas-carbone

- « **promouvoir la résilience** aux changements climatiques et un **développement à faible émission** de gaz à effet de serre, d'une manière qui ne menace pas la **production alimentaire** »

3. Financement

- « rendre les **flux financiers compatibles** avec un profil d'évolution vers un **développement à faible émission** de gaz à effet de serre et **résilient** aux changements climatiques »

Ambition Cycle

Avant entrée en vigueur (2020)

- un **dialogue de facilitation** pour faire le point **en 2018** des efforts collectifs déployés en vue d'atteindre l'objectif à long terme (décision §20)
- Demande aux Parties dont la contribution prévue déterminée au niveau national soumise en application de la décision 1/CP.20 comporte un calendrier jusqu'à 2030 de **communiquer ou d'actualiser d'ici à 2020 cette contribution** (décision § 24)

Accord de Paris

- « premier **bilan mondial en 2023 et tous les cinq ans par la suite** » (art. 14.1&2)
- « Les résultats du bilan mondial éclairent les Parties dans l'**actualisation et le renforcement de leurs mesures et de leur appui** » (art. 14.3)
- « Chaque Partie communique une **contribution déterminée au niveau national tous les cinq ans** ... en tenant compte des résultats du bilan mondial ». (art. 14.9)
- « La contribution ... suivante de chaque Partie représentera une **progression** par rapport à la contribution ... antérieure et correspondra à son **niveau d'ambition le plus élevé possible, ...** »
- « les **pays en développement...** sont encouragés à passer progressivement à des **objectifs de réduction ou de limitation des émissions à l'échelle de l'économie** eu égard aux contextes nationaux différents. »

Objectifs globaux contraignants

- « **plafonnement** des émissions **dans les meilleurs délais**, étant entendu que le plafonnement prendra davantage de temps pour les pays en développement »
- « opérer ensuite des **réductions rapides** conformément aux **meilleures données scientifiques disponibles** » (=IPCC)
- « **équilibre** entre les **émissions (sources)** et les **absorptions (puits)** de gaz à effet de serre au cours de la **deuxième moitié du siècle** »

Approche « bottom-up »

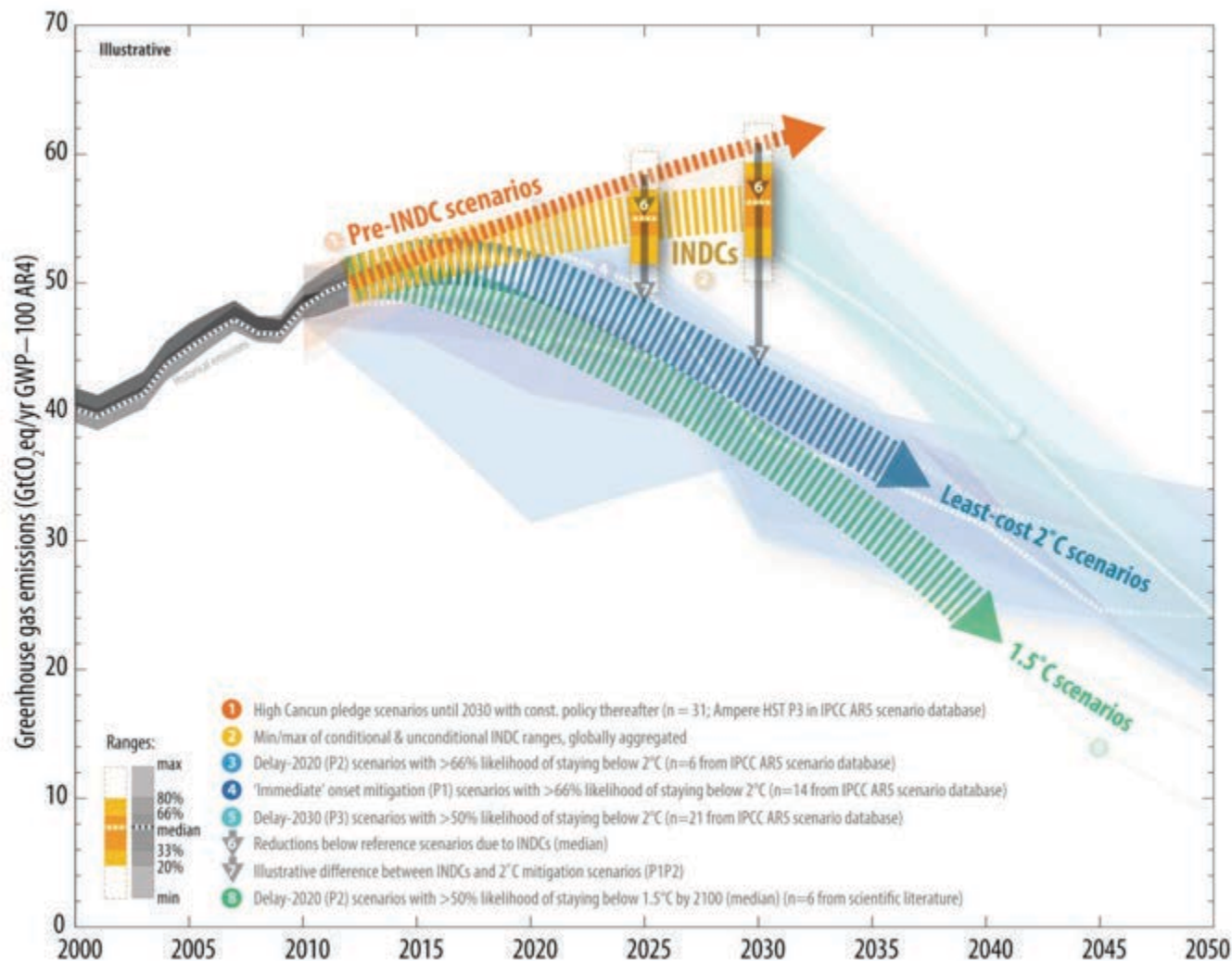
- **Toutes les parties** contribuent à l'effort via les « **Contributions déterminées nationalement** » communiquées tous les 5 ans (NB: actualisations doivent représenter une **progression** vers plus d'ambition)
- « **Toutes les Parties** formulent et communiquent des **stratégies de développement à faible émission de gaz à effet de serre** »

“Getting 196 Countries To Agree On Climate Change Was The Easy Part. Now comes the real work.”

(C. Figueres, World Economic Forum 2016, Davos)



Comparison of global emission levels in 2025 and 2030 resulting from the implementation of the intended nationally determined contributions



Leaders Aim to Put a Price on Half of All Global Carbon Emissions



http://www.worldbank.org/en/news/feature/2016/04/21/leaders-aim-to-put-a-price-on-half-of-all-global-carbon-emissions?CID=CCG_TT_climatechange_EN_EXT

Réduire les émissions pour rester « bien en dessous de 2°C », et au plus proche de 1.5°C nécessite des choix politiques (cfr G. Peters, Nature Climate Change, 2016)

- Les scénarios d'émissions pour le 21e siècle correspondant aux objectifs 1.5/2°C comportent typiquement un grand usage de la capture et stockage de carbone (CCS, avec ou sans biomasse) et/ou de larges changements d'usage des sols et du reboisement
- La faisabilité présente des incertitudes (e.g. quantité de biomasse utilisable pour l'énergie sans conflit avec l'alimentation)
Les technologies pourraient cependant évoluer.

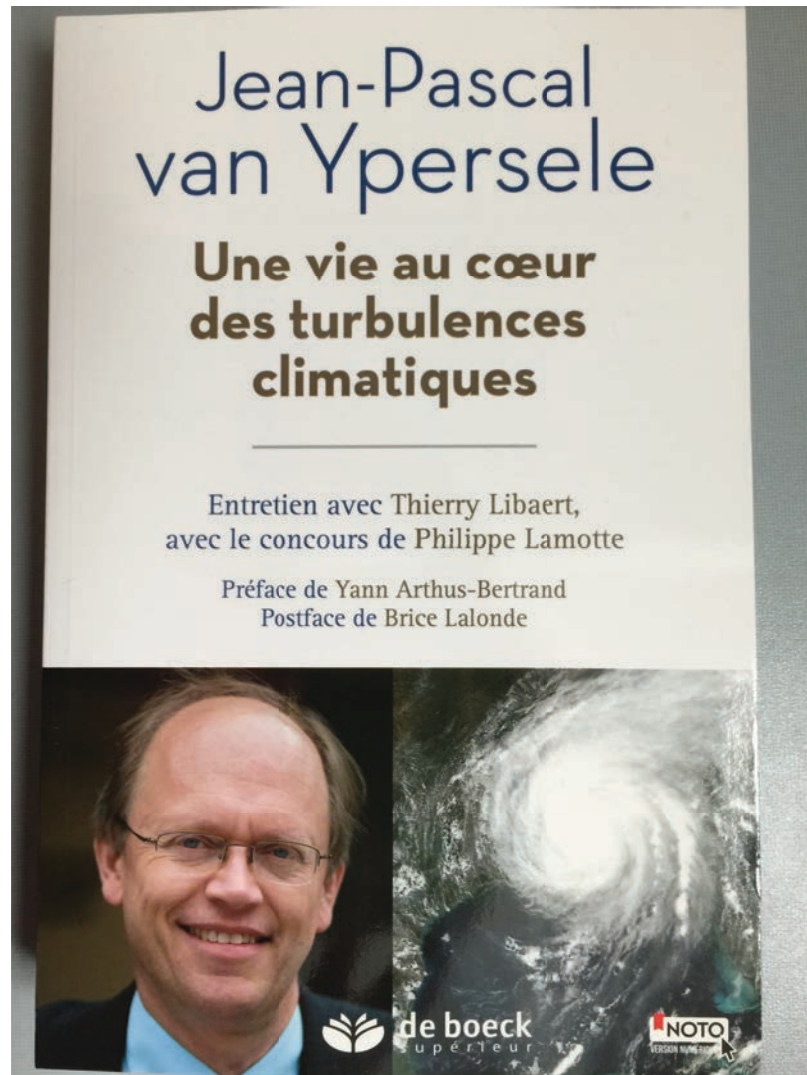
Quelques autres questions sociétales (au delà des aspects économiques):

- Les scénarios « bas » considérés jusqu'à présent sont basés sur un « prix » du CO₂ uniforme au niveau planétaire; cette hypothèse de modélisation ne semble pas directement applicable, ce qui contribue à justifier que « There is an urgent need for scenarios based on more realistic policy assumptions » (*G. Peters, Nature Climate Change, 2016*)

Quelques autres questions sociétales (au delà des aspects économiques):

- GIEC (AR5) : si des techniques sont exclues par choix (e.a. au regard des risques ou inconvénients, un usage limité de la biomasse et/ou du nucléaire), il faut faire davantage appel aux autres possibilités, et les coûts augmentent

**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**