

# **Changements climatiques: Contexte, enjeux et perspectives**



**Jean-Pascal van Ypersele**

**Vice-président du GIEC,  
UCL-ASTR**

**(Université catholique de Louvain, Institut  
d'astronomie et de géophysique G.  
Lemaître)**

**Toile: [www.climate.be](http://www.climate.be)**

**Courriel: [vanyp@climate.be](mailto:vanyp@climate.be)**

**Parlement wallon, Namur, 10-11-2009**

# Plan



- ⌘ **Introduction**
- ⌘ **1) Le climat change-t-il ?**
- ⌘ **2) Quel est le rôle de l'augmentation de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> d'origine humaine ?**
- ⌘ **3) Que risque-t-on si on ne continue à ne pas faire grand-chose ?**
- ⌘ **4) Quelles sont les solutions envisagées dans le dernier rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat)**
- ⌘ **Conclusions**

# Introduction



Jean-Pascal van Ypersele  
([vanypersele@astr.ucl.ac.be](mailto:vanypersele@astr.ucl.ac.be))

# **GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (=IPCC en anglais)**

- ✘ **créé par l'OMM et le PNUE en 1988**
- ✘ **plus de 2500 chercheurs y participent (auteurs + relecteurs critiques)**
- ✘ **Mandat : évaluer les informations scientifiques, techniques et socio-économiques liées à la compréhension des risques associés aux changements climatiques (base scientifique, impacts potentiels, prévention et adaptation).**
- ✘ **publie des rapports (1990, 1996, 2001, 2007) (Cambridge University Press) qui font autorité. Prix Nobel de la Paix 2007.**
- ✘ **Web: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) (résumés : [www.climate.be](http://www.climate.be))**

# 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**

# 1) Le *climat* change-t-il ?



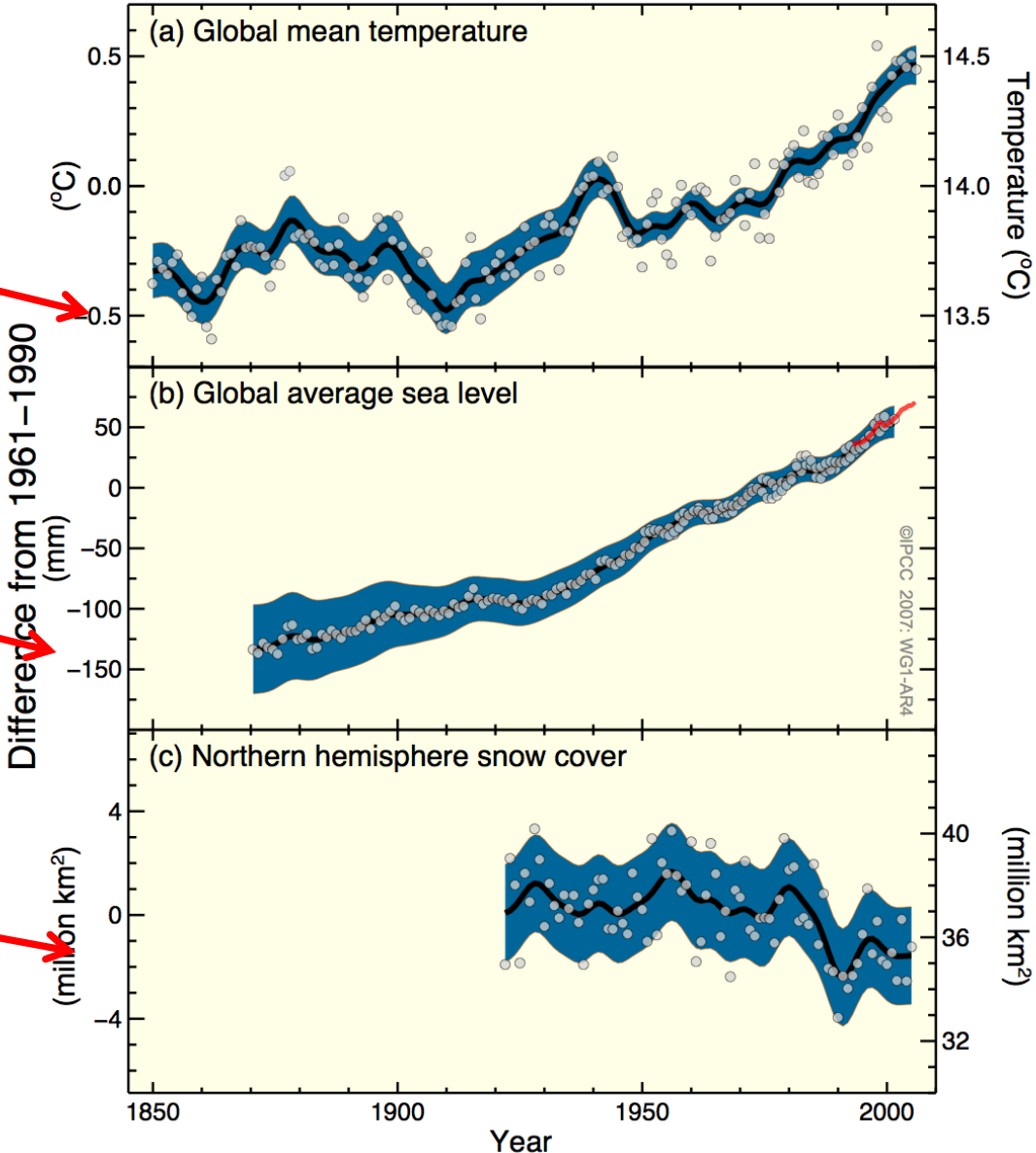
# Le réchauffement est "sans équivoque"

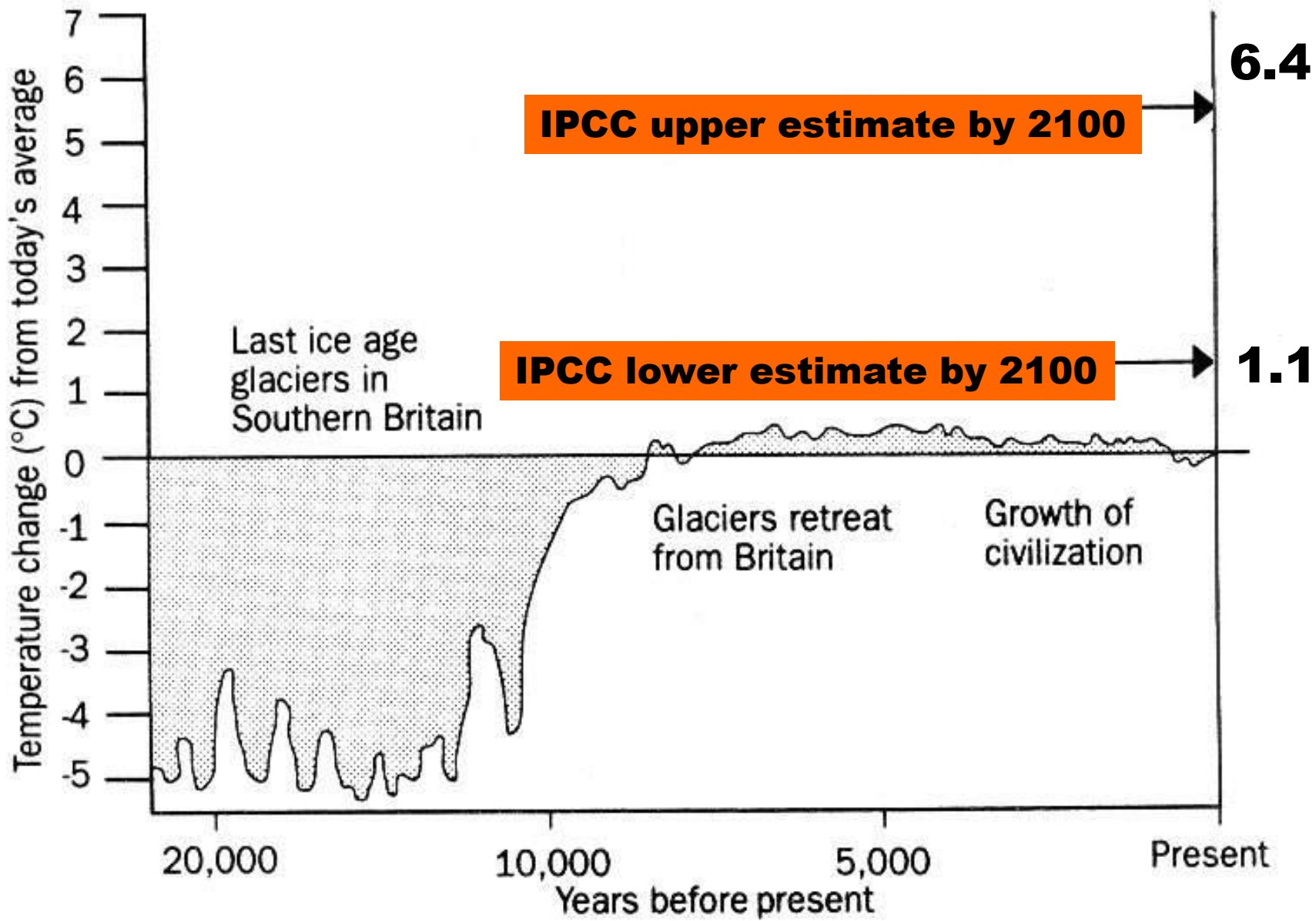
Température  
atmosphérique

Niveau moyen  
des océans

Réduction de la  
couverture de neige  
(hémisphère nord)


### Changes in Temperature , Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover





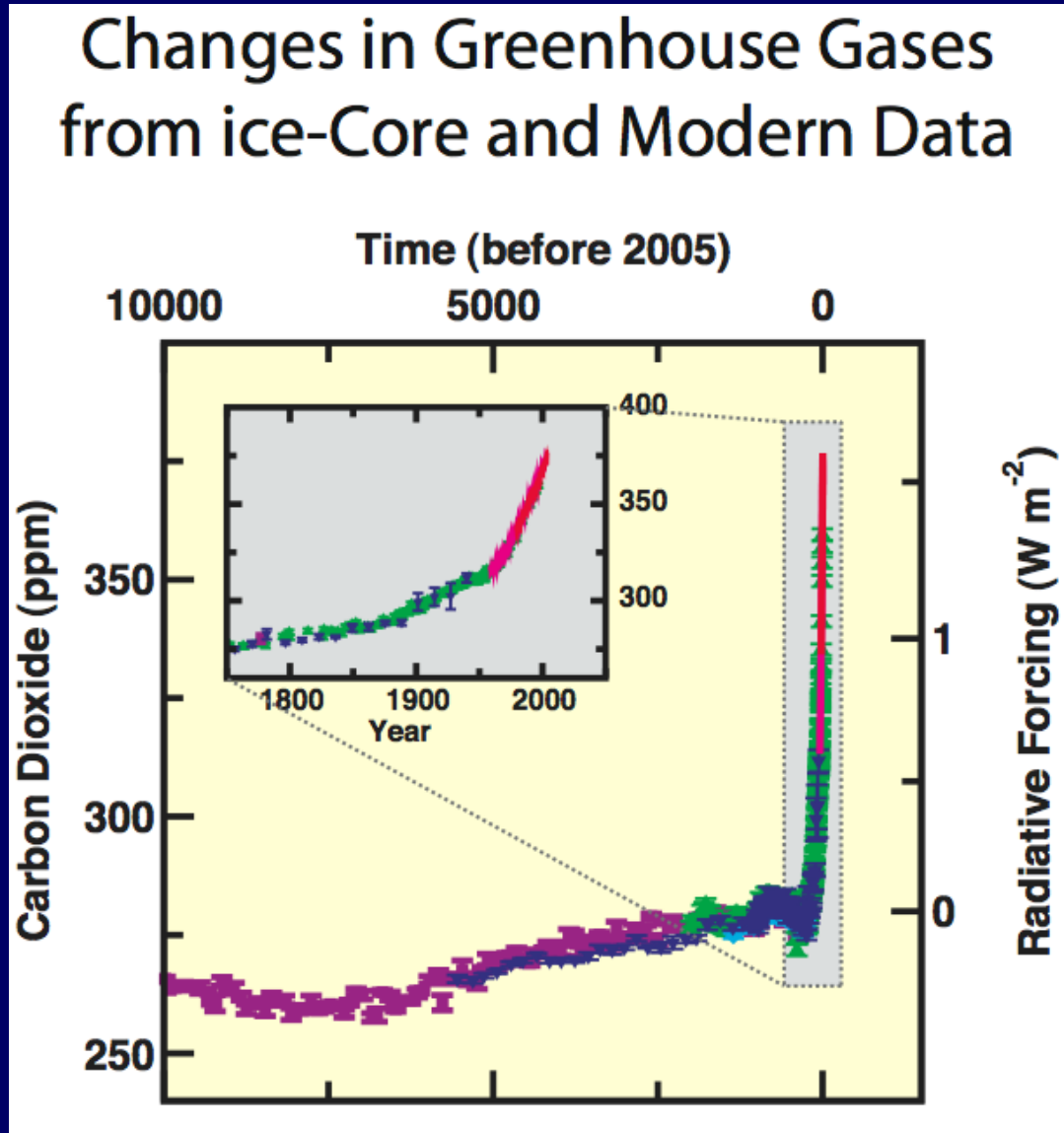


**2) Quel est le rôle de l'augmentation de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> d'origine humaine ?**

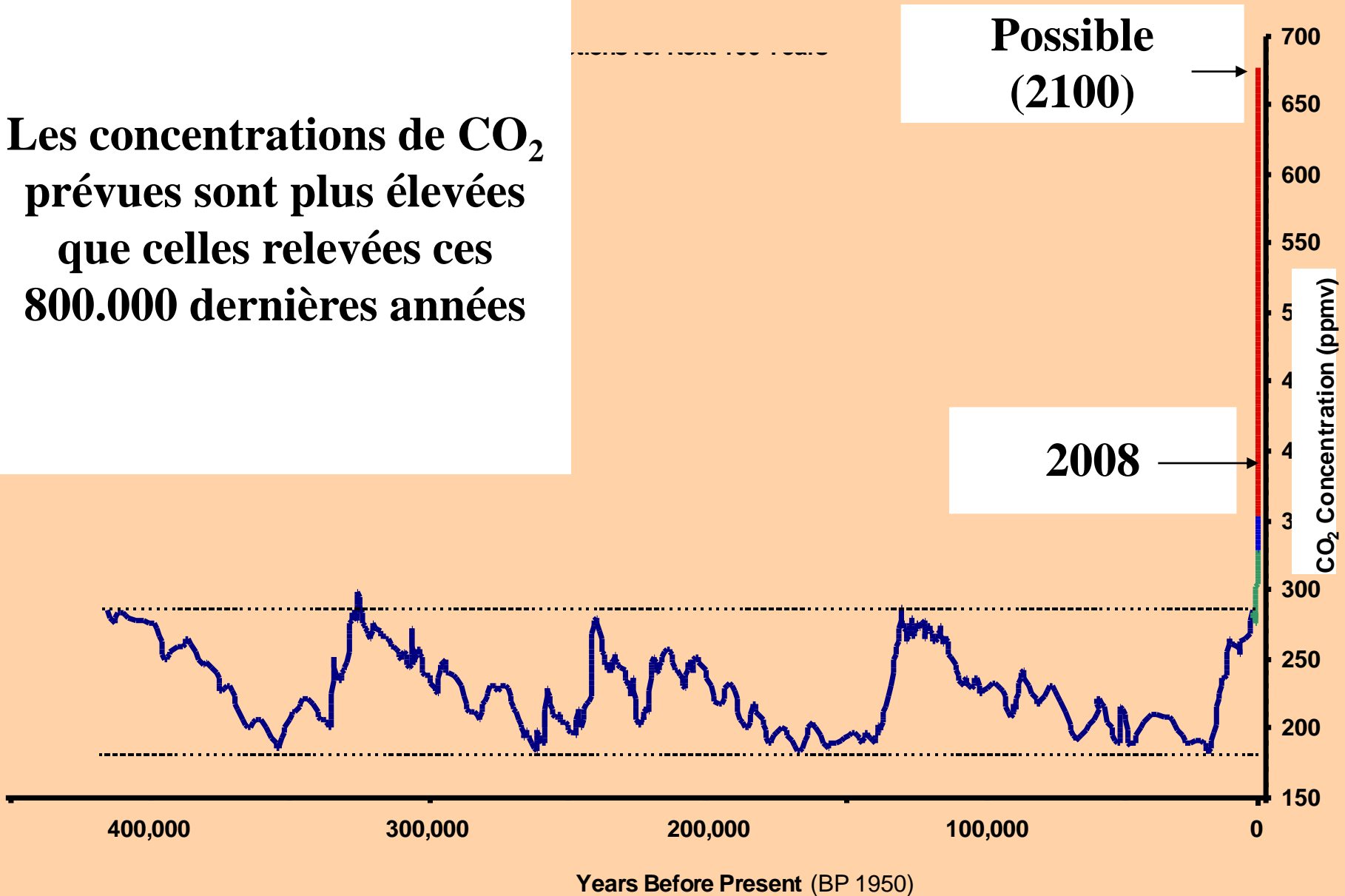


# Facteurs humains et naturels du changement climatique: sans précédent

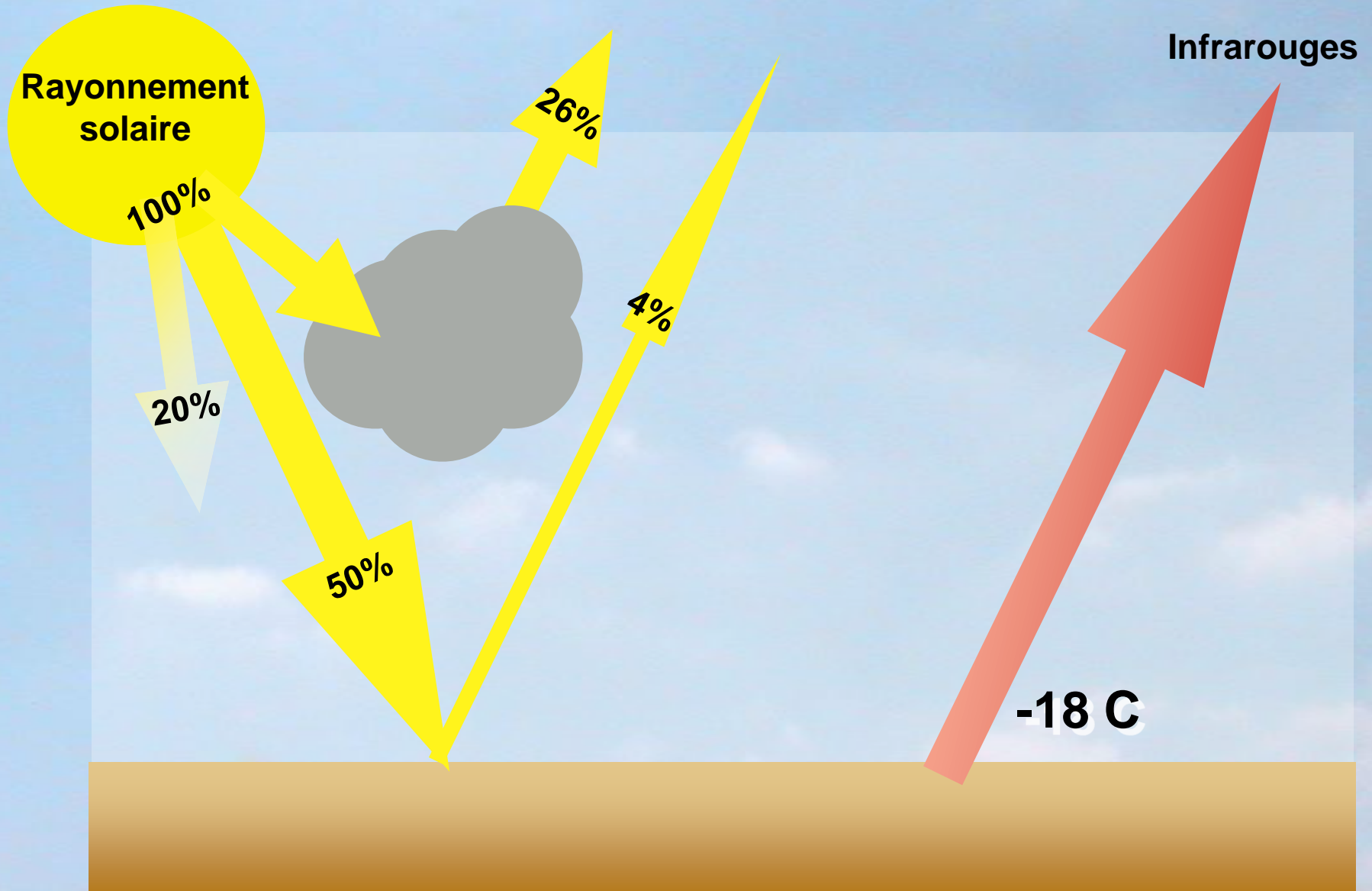
- Forte augmentation à l'ère industrielle
- Plus important taux de croissance de CO<sub>2</sub> durant ces dix dernières années (1995-2005) par rapport à toute autre décennie depuis que des mesures sont effectuées (1960).



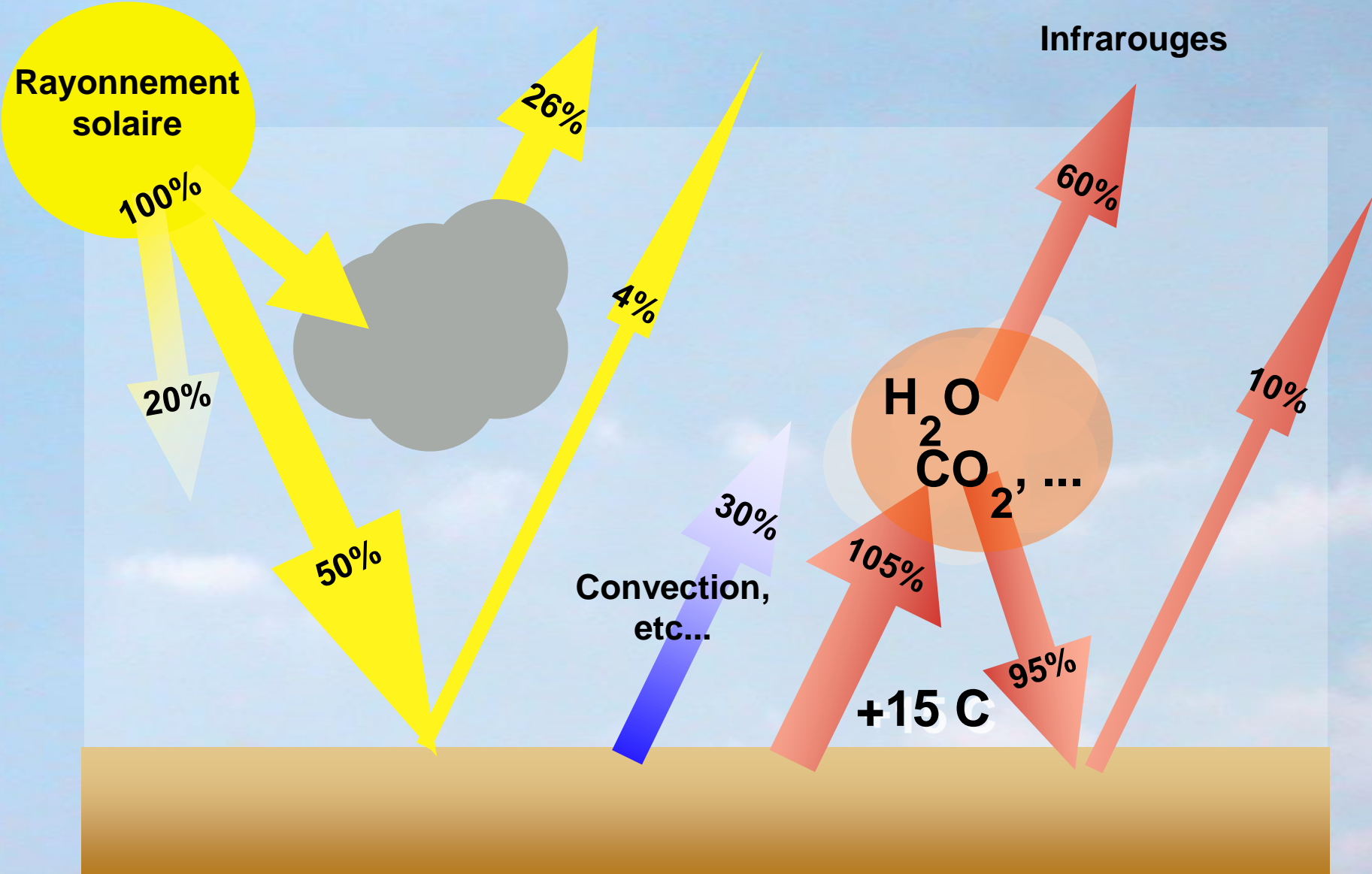
**Les concentrations de CO<sub>2</sub> prévues sont plus élevées que celles relevées ces 800.000 dernières années**



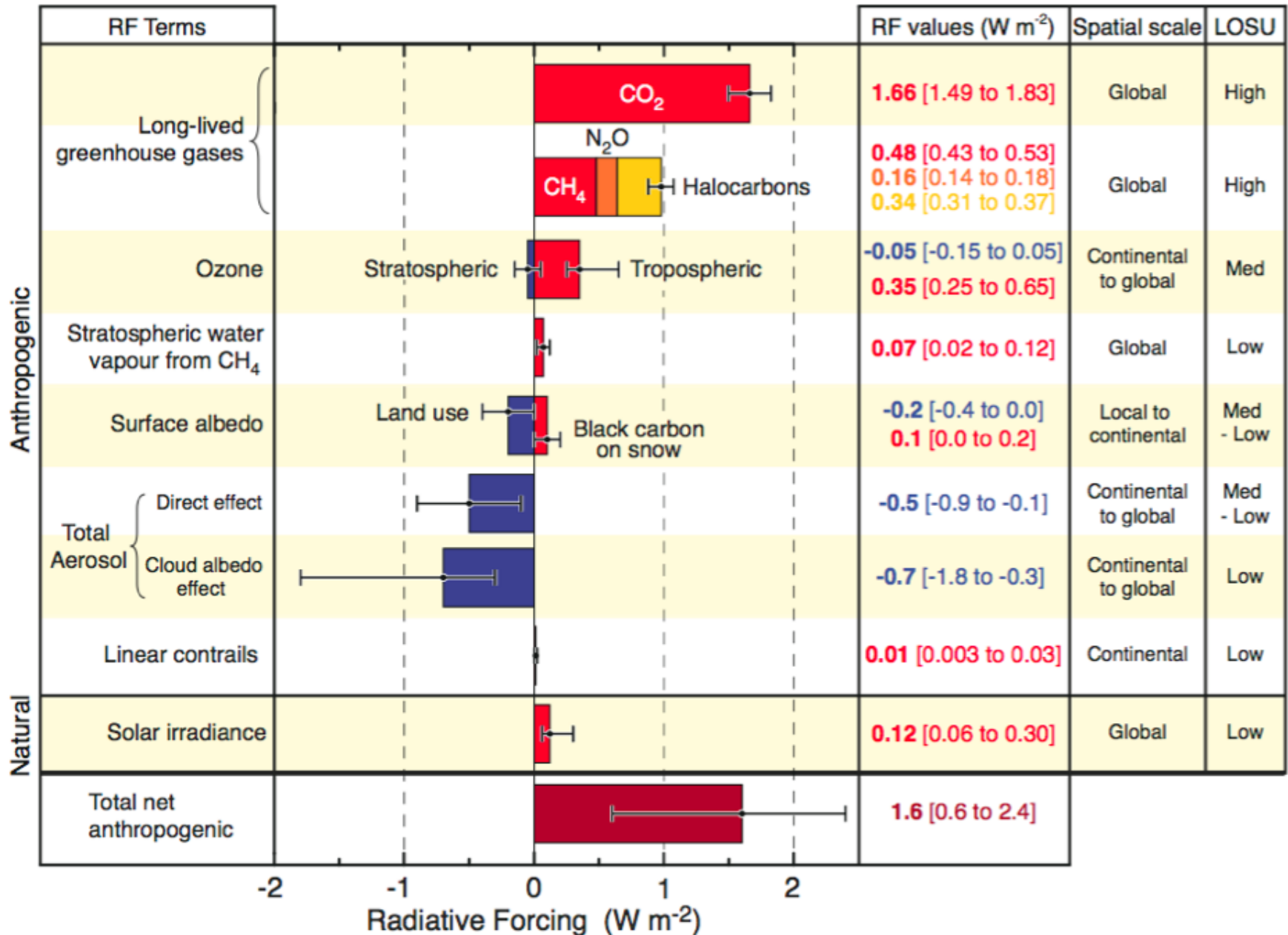
# Cycle de l'énergie et effet de serre



# Cycle de l'énergie et effet de serre



# Composantes du forçage radiatif (en2005)



# REPARTITION DES SOURCES D'ENERGIE (MONDE)

**1990:**

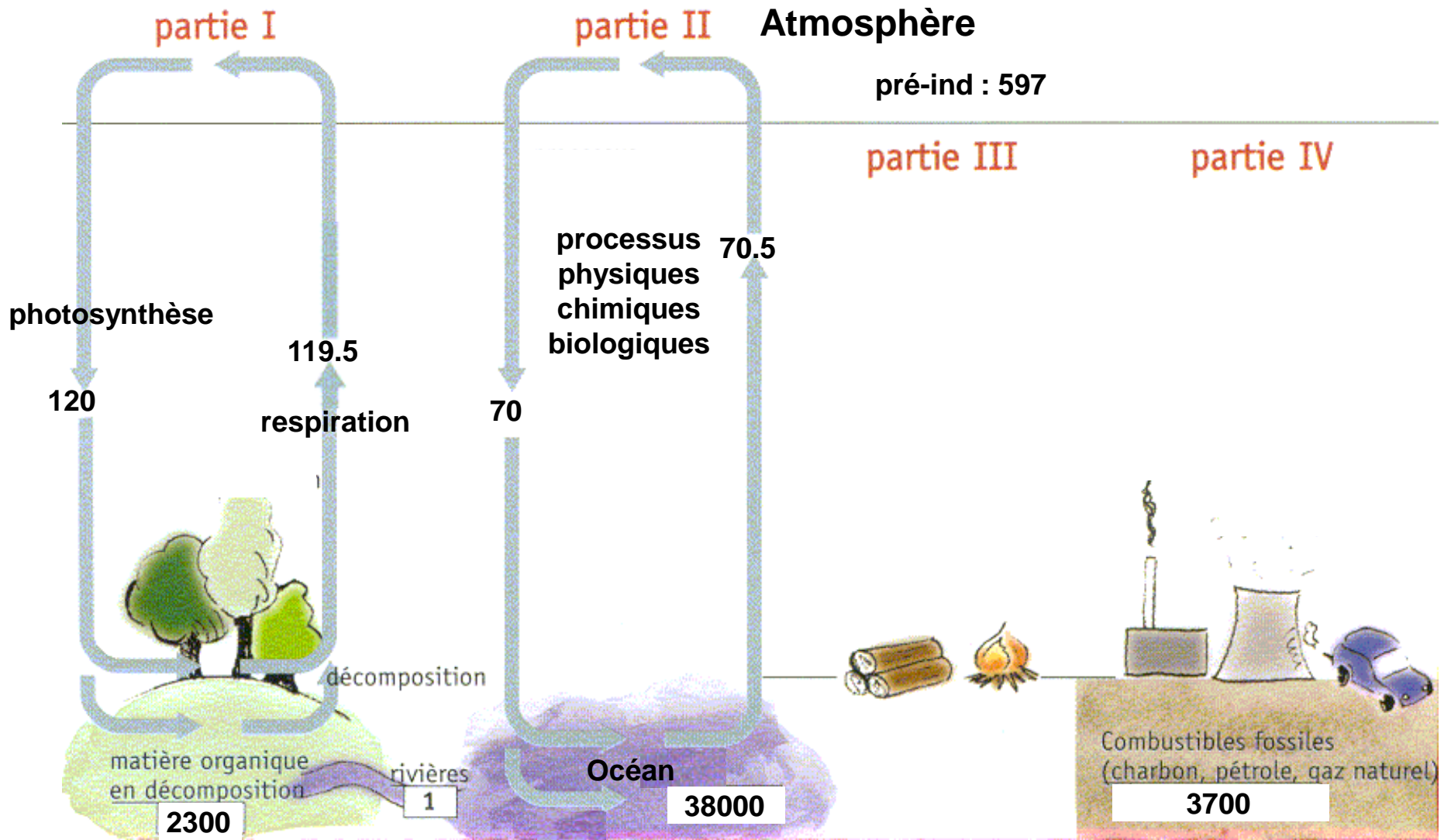
**Biomasse : 14%**  
**Hydroélec : 6%**  
**Nucléaire : 5%**

**Combustibles fossiles** { **Charbon : 24%**  
**Pétrole : 33%**  
**Gaz naturel : 18%** } **75%**

**100%**



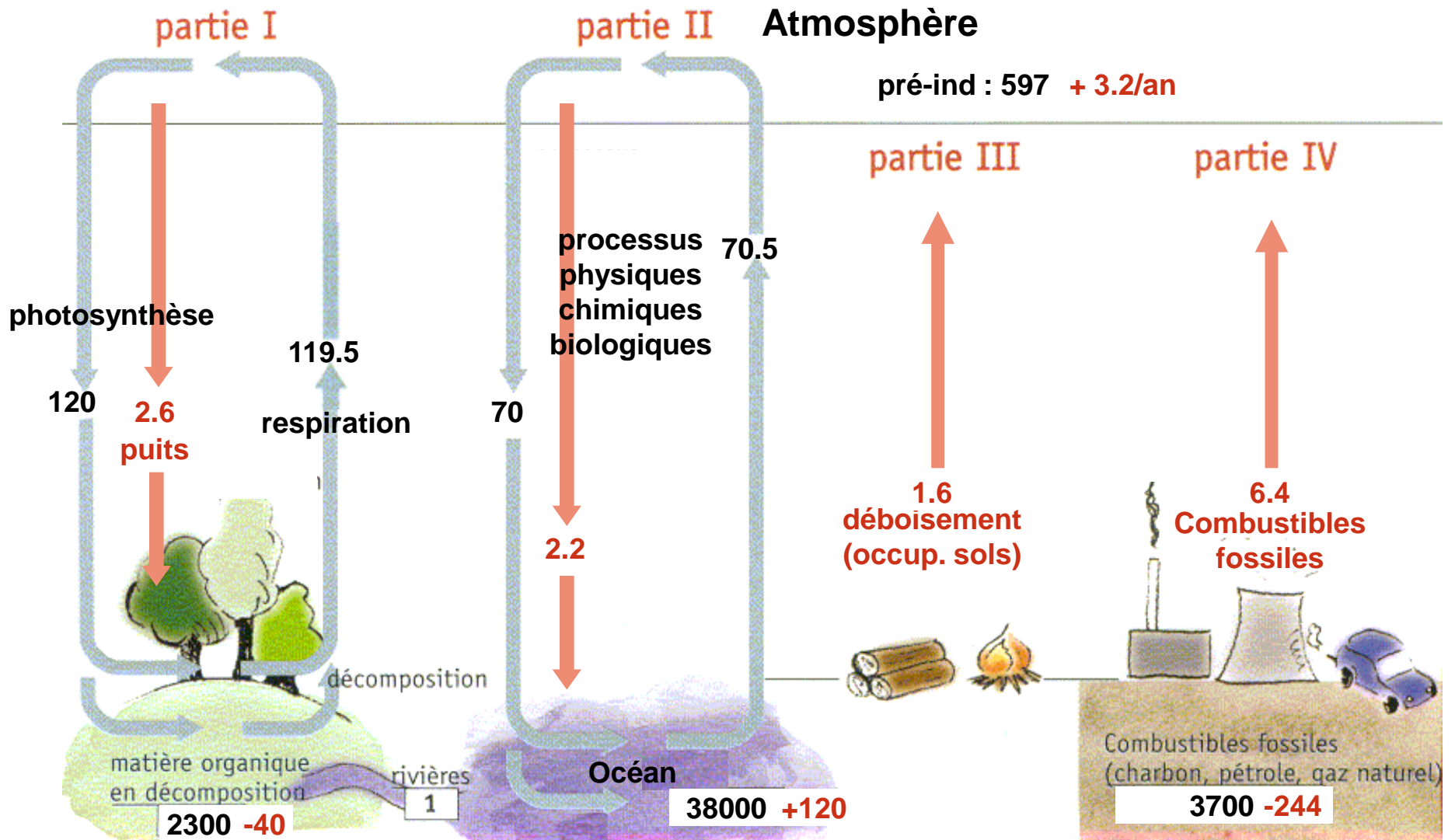
# Cycle du carbone



Unités: GtC (milliards de tonnes de carbone) ou GtC/an



# Cycle du carbone



Unités: GtC (milliards de tonnes de carbone) ou GtC/an

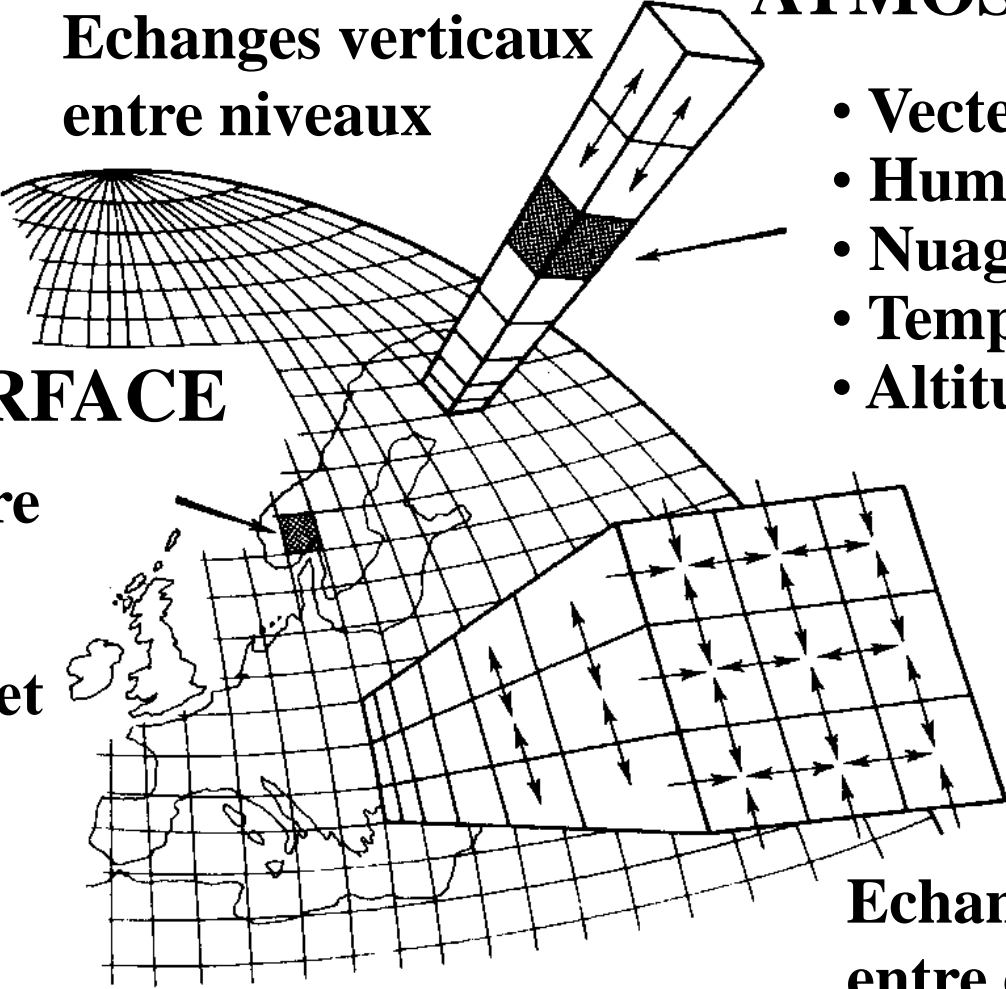
# DANS LA COLONNE ATMOSPHERIQUE

Echanges verticaux  
entre niveaux

- Vecteurs vent
- Humidité
- Nuages
- Température
- Altitude

## A LA SURFACE

- Température au sol
- Flux d'eau et d'énergie



Echanges horizontaux  
entre colonnes

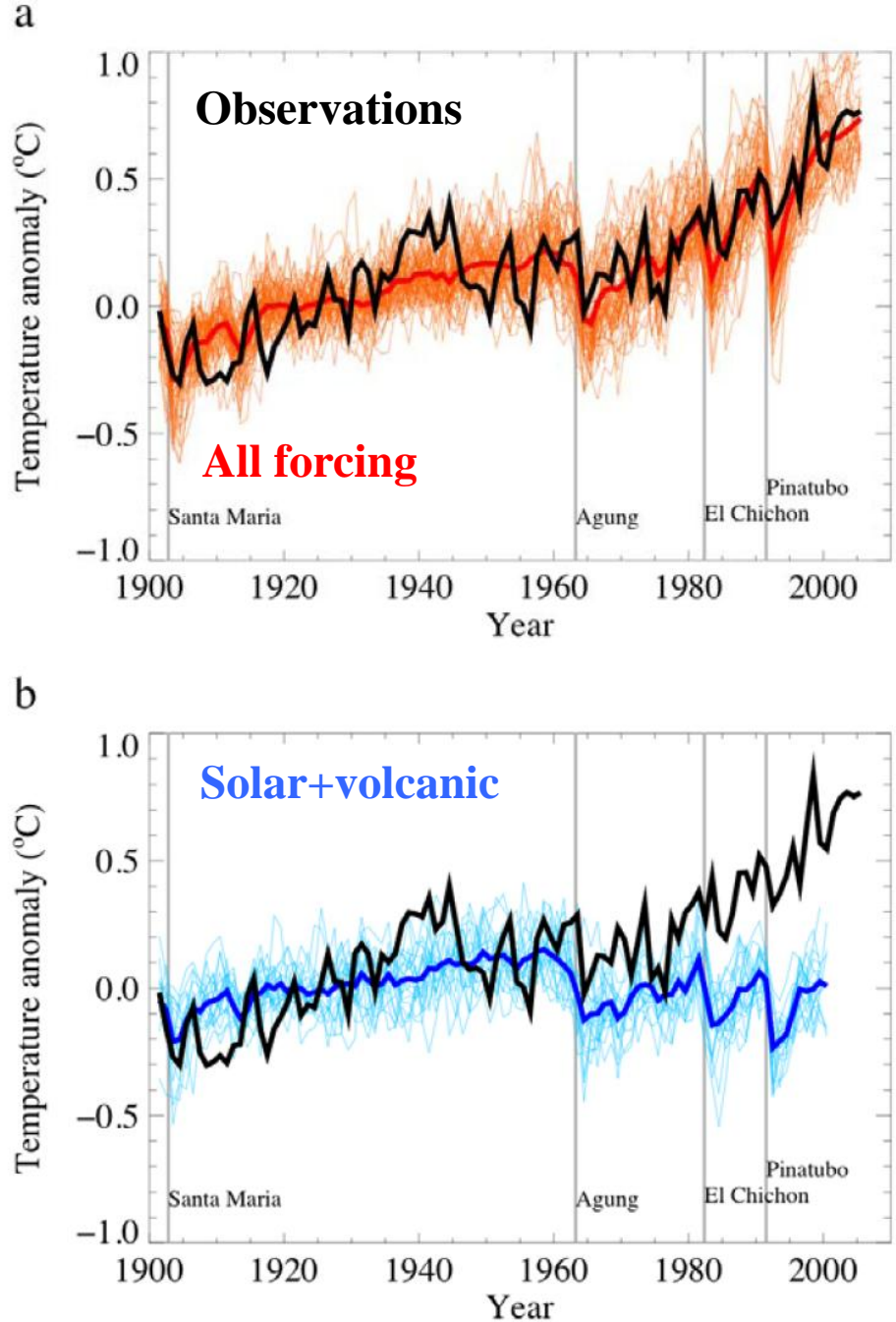
Intervalle de temps ~ 30 minutes

Résolution ~ 3° x 3°

# Explication du phénomène

- Les changements observés ...

Ne sont bien simulés que si on tient compte de l'effet des activités humaines (gaz à effet de serre et pollution classique) en plus des facteurs naturels (activité solaire, volcans)



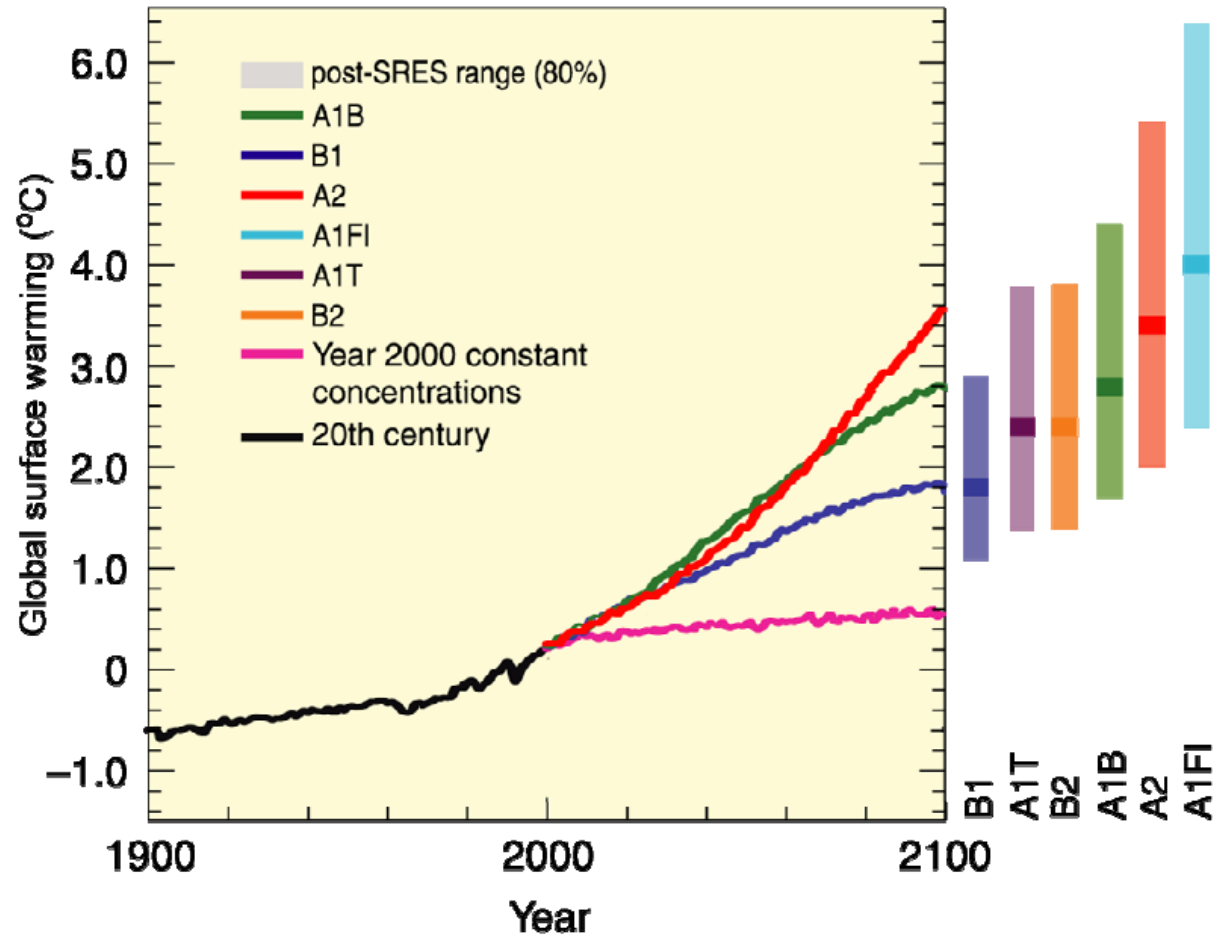
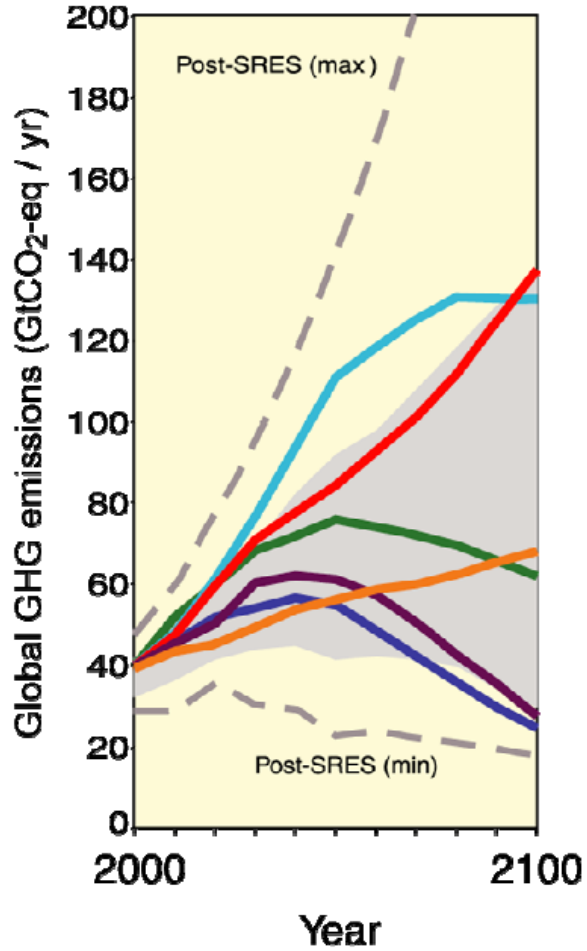
# **Conclusion principale du dernier rapport du GIEC (2007):**

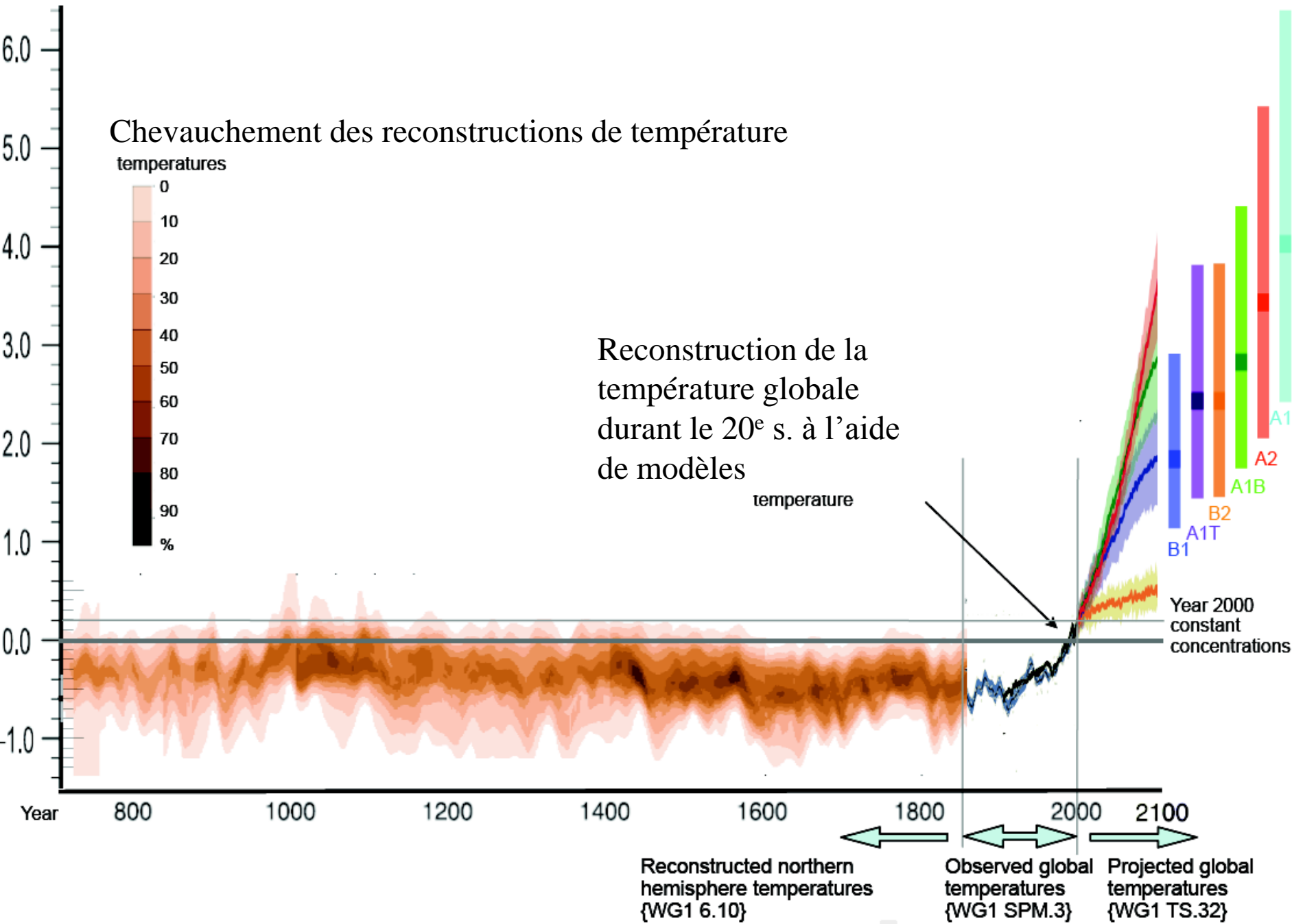
- **Il est très probable que l'augmentation observée des concentrations anthropiques de gaz à effet de serre est responsable de l'essentiel de la hausse des températures moyennes mondiales depuis le milieu du 20<sup>e</sup> siècle.**
- **NB: « très probable » = > 90%probabilité**

**3) Que risque-t-on si on ne continue à ne pas faire grand-chose ?**



# Projections du climat futur en l'absence de mesures





# Evénements extrêmes

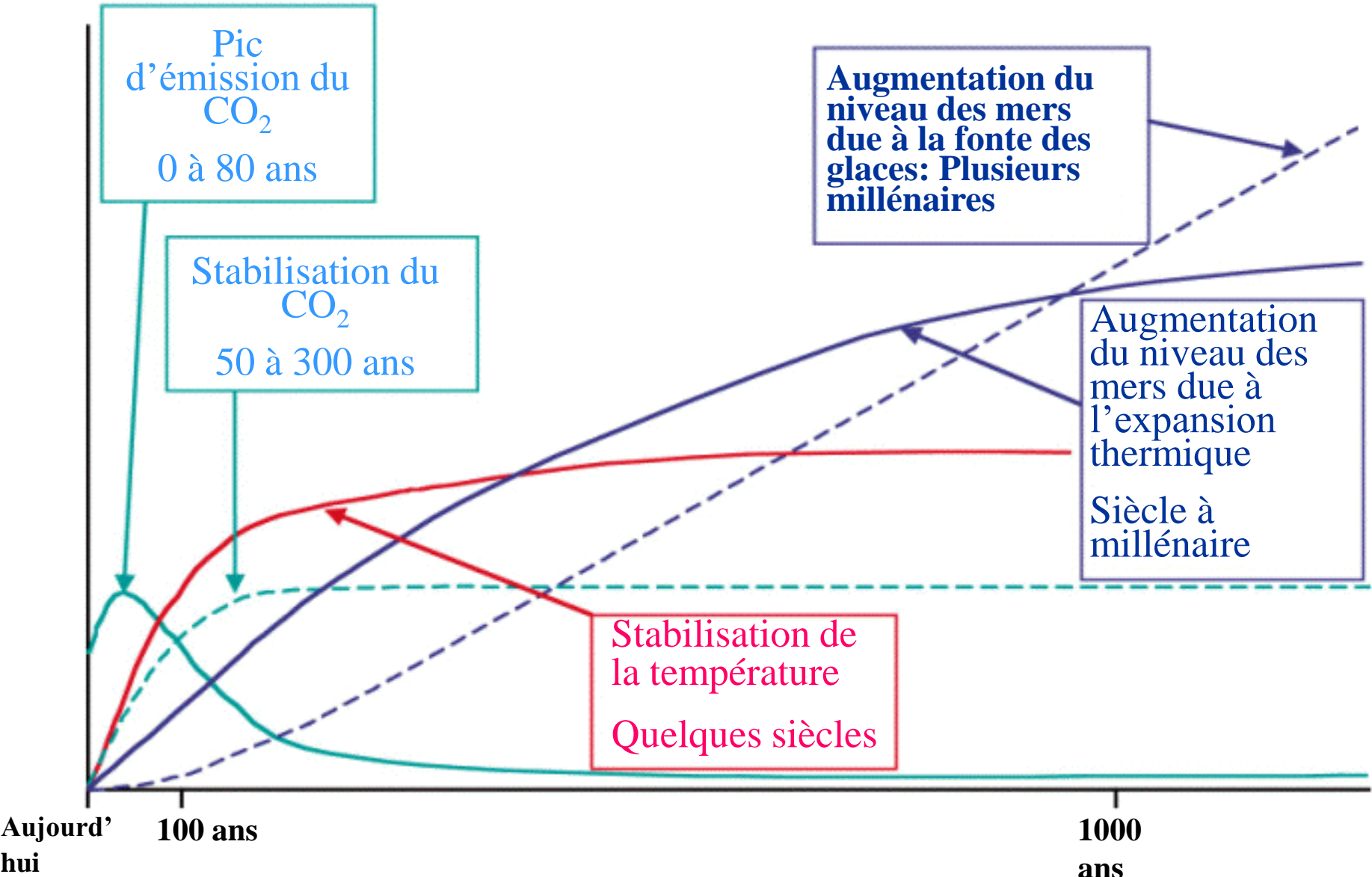
<b>Phénomène et tendance</b>	Probabilité qu'il y ait eu une tendance à la fin du 20 <sup>e</sup> S	Influence humaine sur ces tendances (probabilité)	Probabilité que la tendance se poursuive au 21 <sup>e</sup> siècle pour les scénarios SRES
<b>Journées et nuits froides plus chaudes et moins nombreuses sur la plupart des régions</b>	très probable (> 90%)	probable (> 66%)	virtuellement certain (> 99%)
<b>Journées chaudes plus chaudes et plus fréquentes sur la plupart des régions</b>	très probable	probable (nuits)	virtuellement certain
<b>Vagues de chaleur plus fréquentes sur la plupart des régions</b>	probable (> 66%)	plus probable que non (> 50%)	très probable
<b>Evénements de fortes précipitations sur la plupart des régions</b>	probable	plus probable que non	très probable
<b>Accroissement de l'étendue affectée par des</b>	probable dans beaucoup de	plus probable que non	probable

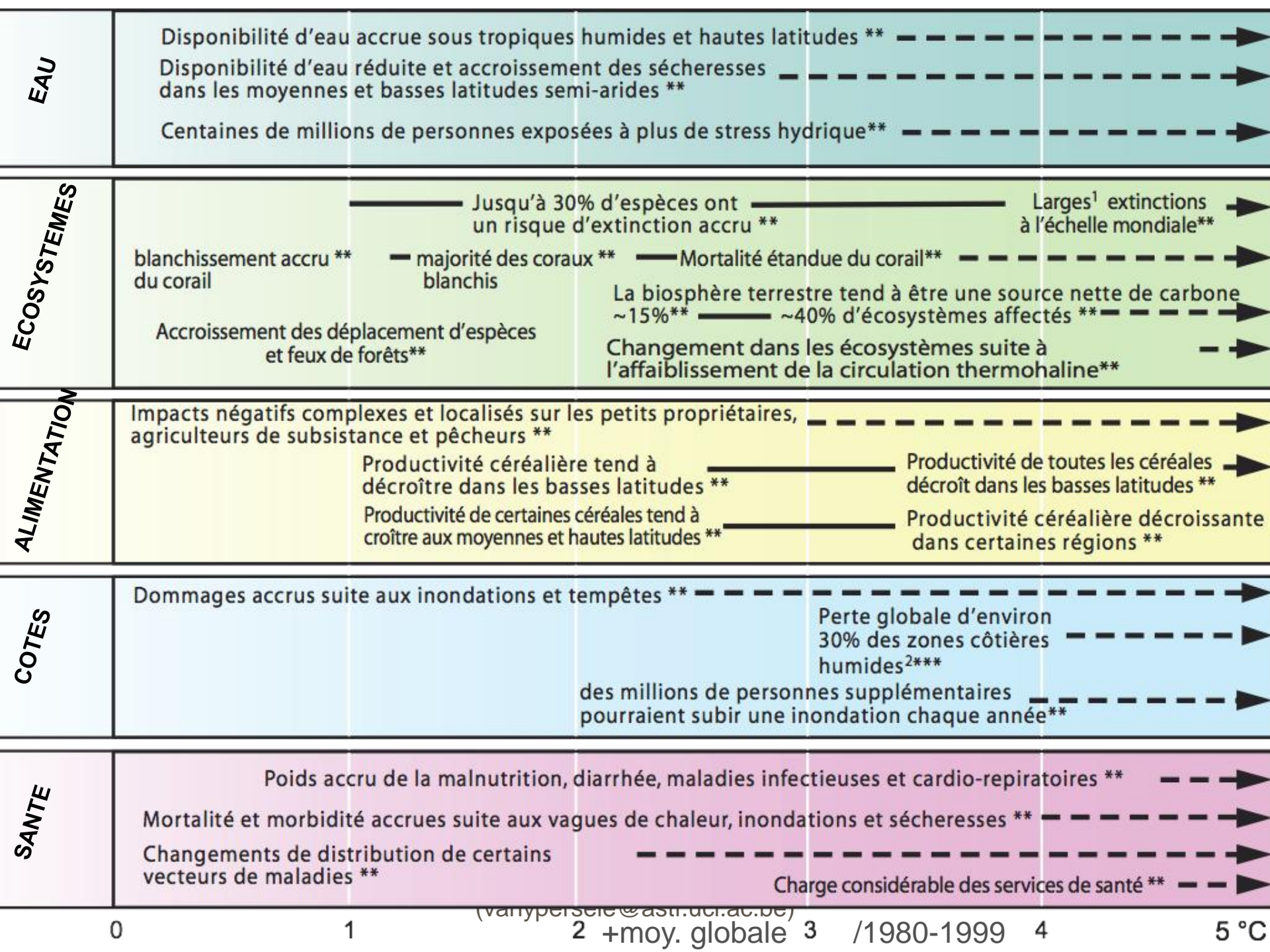


# Hausse du niveau des mers à long terme: fonte des calottes glaciaires

- Groenland:
  - Sa fonte totale représenterait une contribution de 7 m au niveau moyen des océans
- Calotte glaciaire de l'Antarctique occidental
  - Sa fonte totale représenterait une contribution de 5 m au niveau moyen des océans
- Un réchauffement de 1 – 4°C au dessus de la température actuelle conduirait à une fonte partielle au cours des prochains siècles et millénaires

# Il existe une inertie significative dans le système climatique





# GIEC GT-II (Impacts) (2)

**2001** (426 auteurs, 440 relecteurs)



- ⌘ Certains systèmes naturels pourraient subir des dommages importants et irréversibles:
  - ⌘ glaciers
  - ⌘ récifs coralliens et atolls
  - ⌘ palétuviers
  - ⌘ forêts boréales & tropicales
  - ⌘ écosystèmes polaires & alpins
  - ⌘ zones de prairies humides
  - ⌘ pâturages naturels résiduels

**GIEC AR4 GT2 (2007):  
20% - 30% des espèces  
végétales et animales  
sont soumises à risque  
accru d'extinction si**

**$\Delta T$  1.5°C - 2.5°C (au –  
dessus de la température  
de 1990)**



WMO



UNEP

# GIEC GT-II (Impacts) (3)

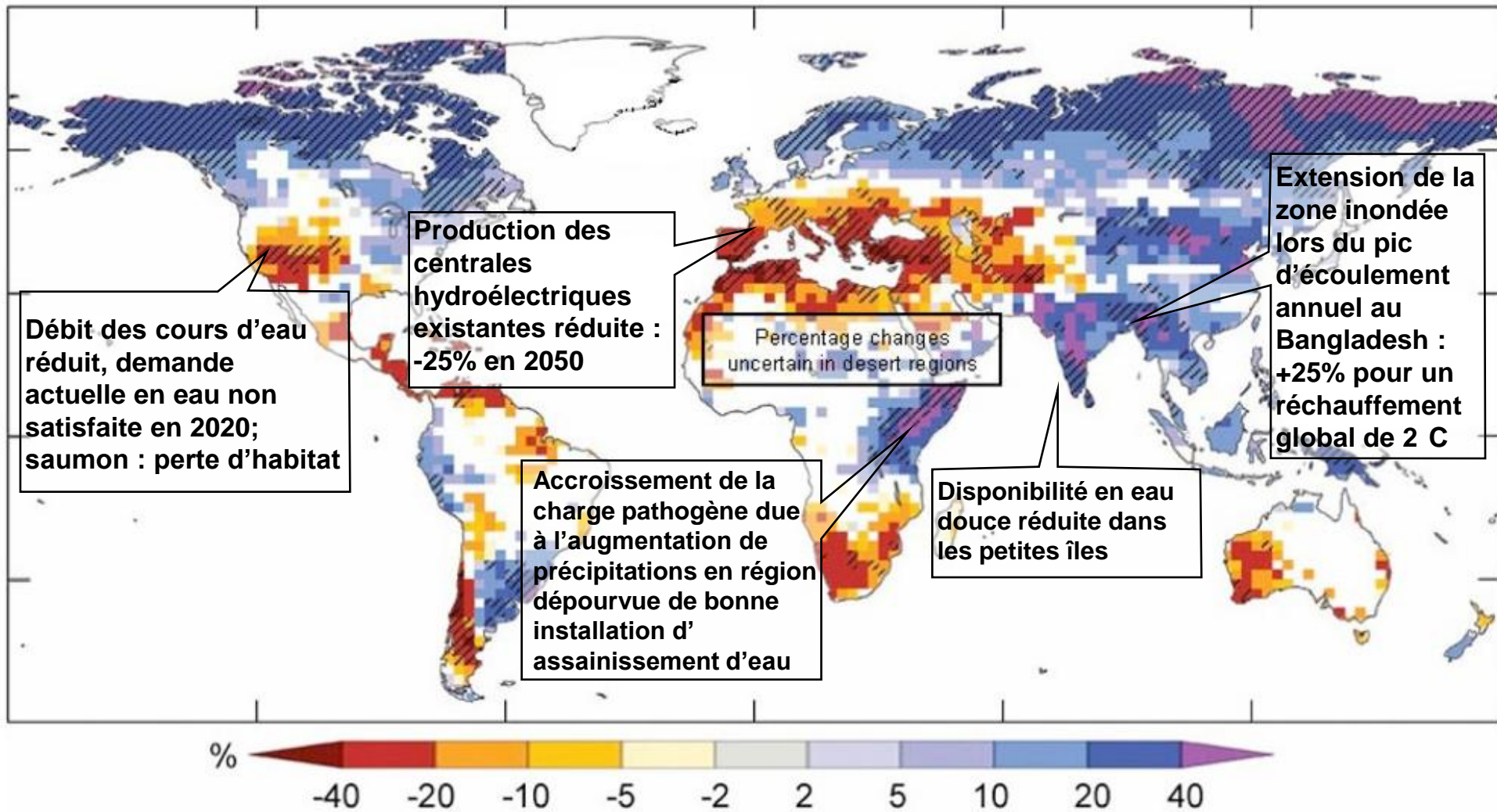
**2001** (426 auteurs, 440 relecteurs)



⌘ Les systèmes humains qui sont sensibles aux changements climatiques incluent principalement:

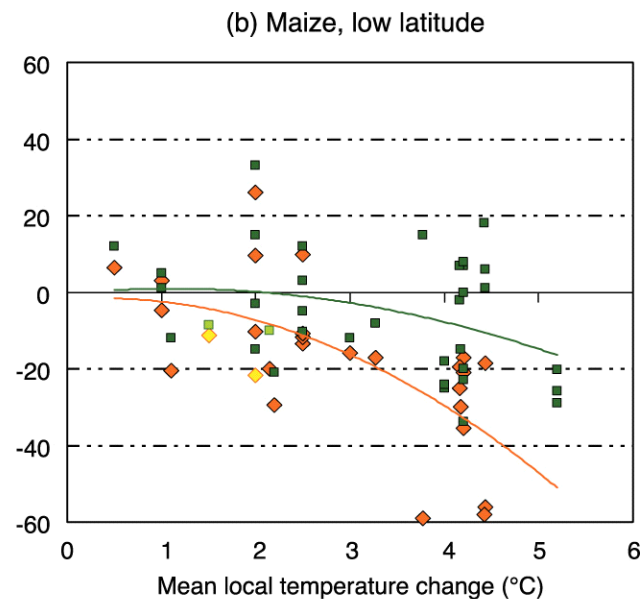
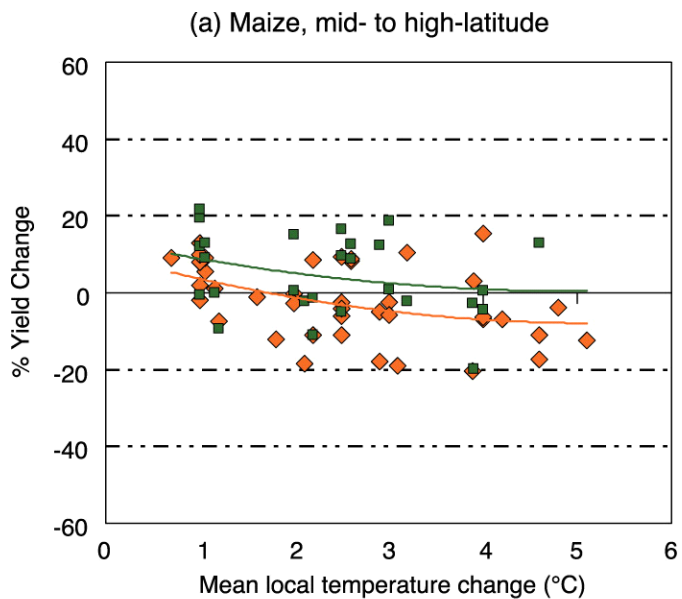
- ⌘ ressources en eau
- ⌘ agriculture (spécialement sécurité alimentaire) et foresterie
- ⌘ zones côtières et systèmes marins (pêcheries)
- ⌘ établissements humains
- ⌘ énergie et industrie
- ⌘ assurances, services financiers
- ⌘ santé humaine

# Eau - ruissellement

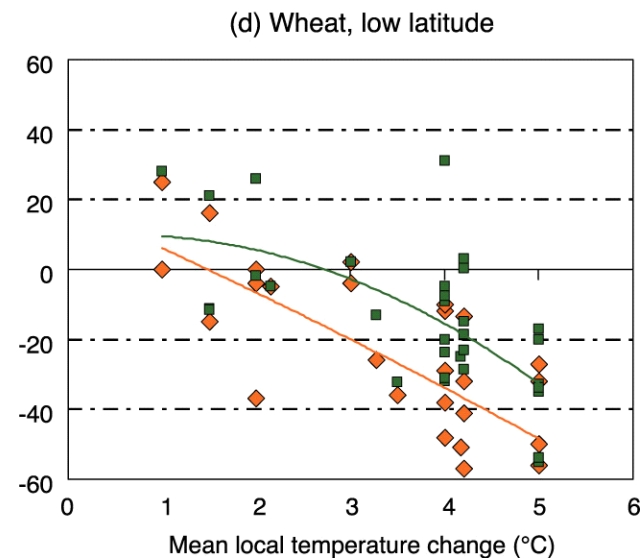
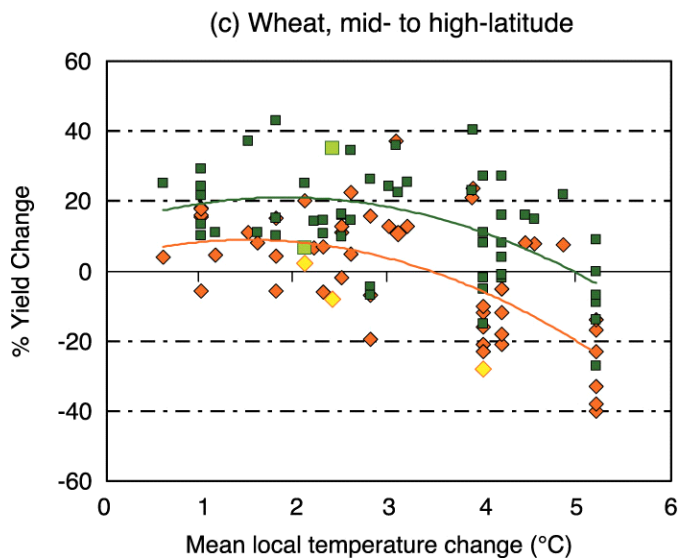


# Figure TS.7. Sensitivity of cereal yield to climate change

## Mais



## Blé





More heavy precipitation and more droughts....



# Régions côtières



(Time 2001)

# Régions les plus affectées par les effets des CC

- L'Arctique
- L'Afrique subsaharienne
- Petites îles
- Grands deltas



WMO



UNEP



Impact van de  
klimaatverandering  
in België

J.P. van Ypersele  
P. Marbaix

Disponible sur  
[www.greenpeace.be](http://www.greenpeace.be) et  
[www.climate.be/impacts](http://www.climate.be/impacts)

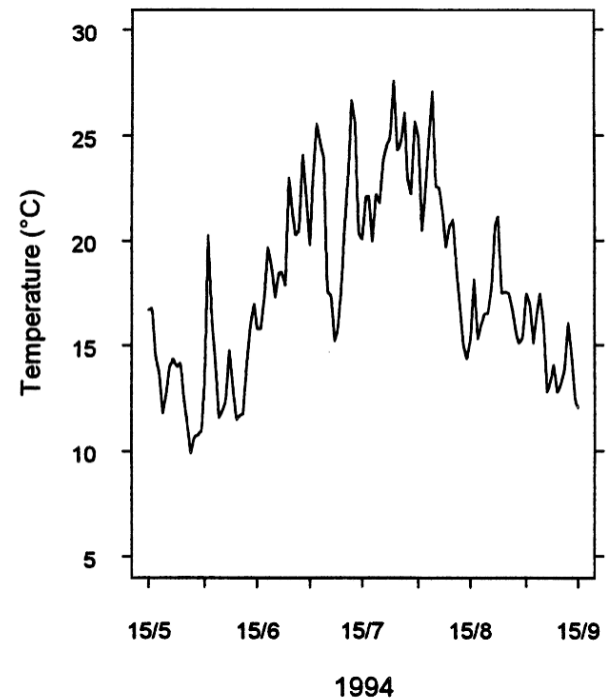
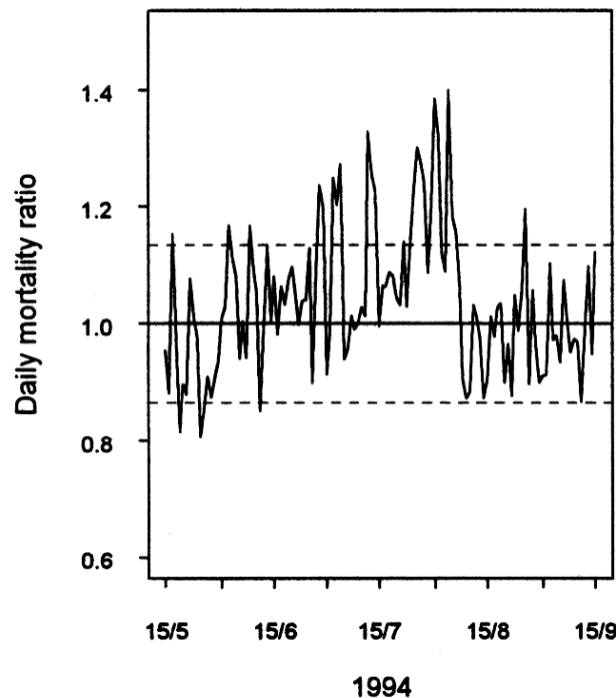
Impacts des  
changements  
climatiques  
en Belgique

P. Marbaix  
J.P. van Ypersele

# Effets sur la santé

- Dépend de la vulnérabilité, capacité d'adaptation  
-> pays développés moins touchés, mais...
- Vagues de chaleur :  
effets bien étudié chez nous par l'ISP pour les étés  
1994 et 2003: chaleur + ozone -> excès de ~ 1250  
décès
- Dans le futur l'adaptation sera de + en + difficile

Été 1994:



# Santé: d'autres effets sont possibles

- Contribution possible du réchauffement à la propagation de la maladie de Lyme propagées par les tiques (photo) (corrélation entre leur nombre et la chaleur des hivers)
- Diminution de la mortalité cardio-vasculaire en hiver
- Infections facilitées par la chaleur



# Biodiversité (+)

- Evolution, selon une projection climatique, de la zone où le climat convient au hêtre [de beuk]

Présent



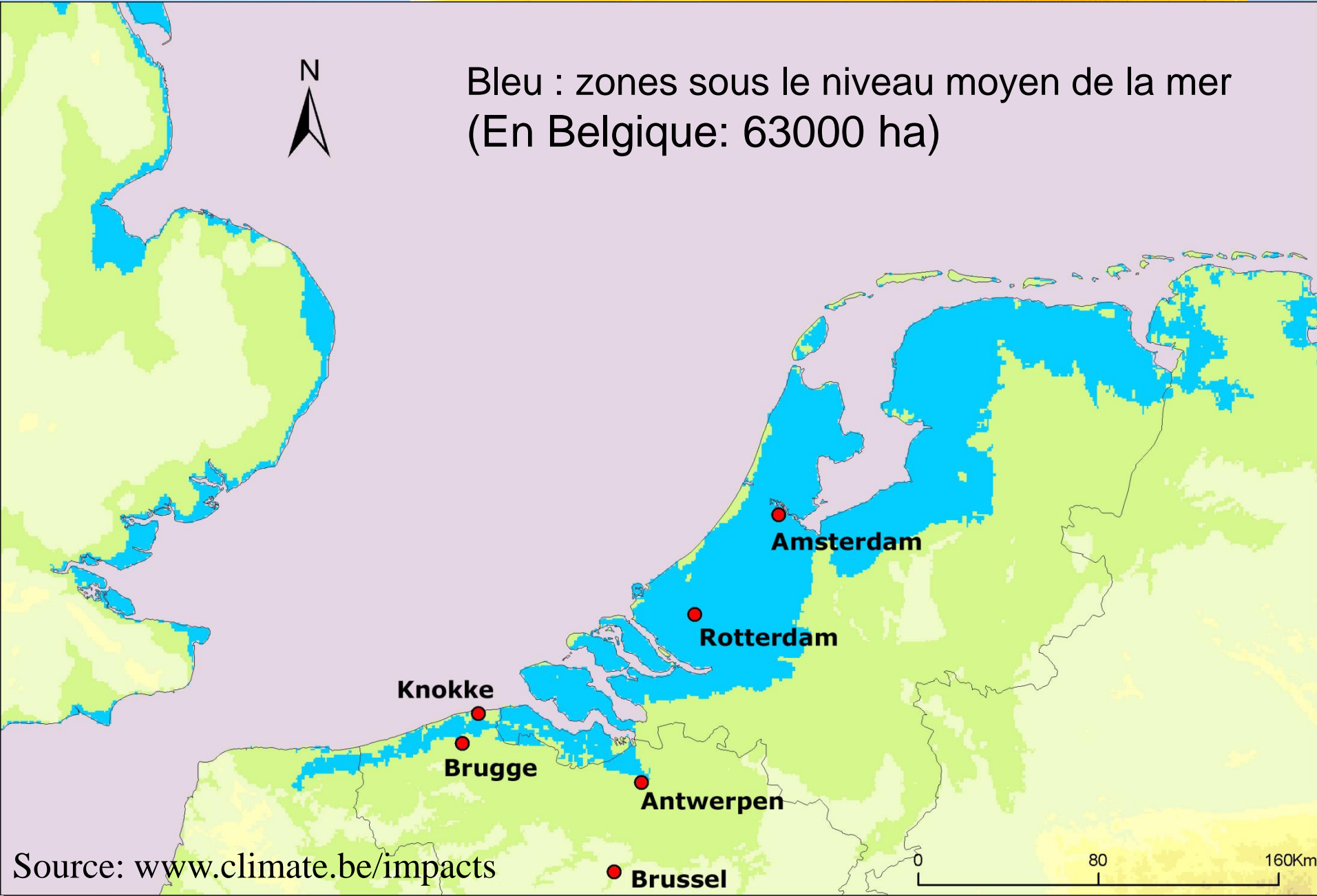
2 x CO<sub>2</sub>



# +1m (max /21è S)



Bleu : zones sous le niveau moyen de la mer  
(En Belgique: 63000 ha)





# +8m (possible vers l'an 3000 dans un scénario moyen):



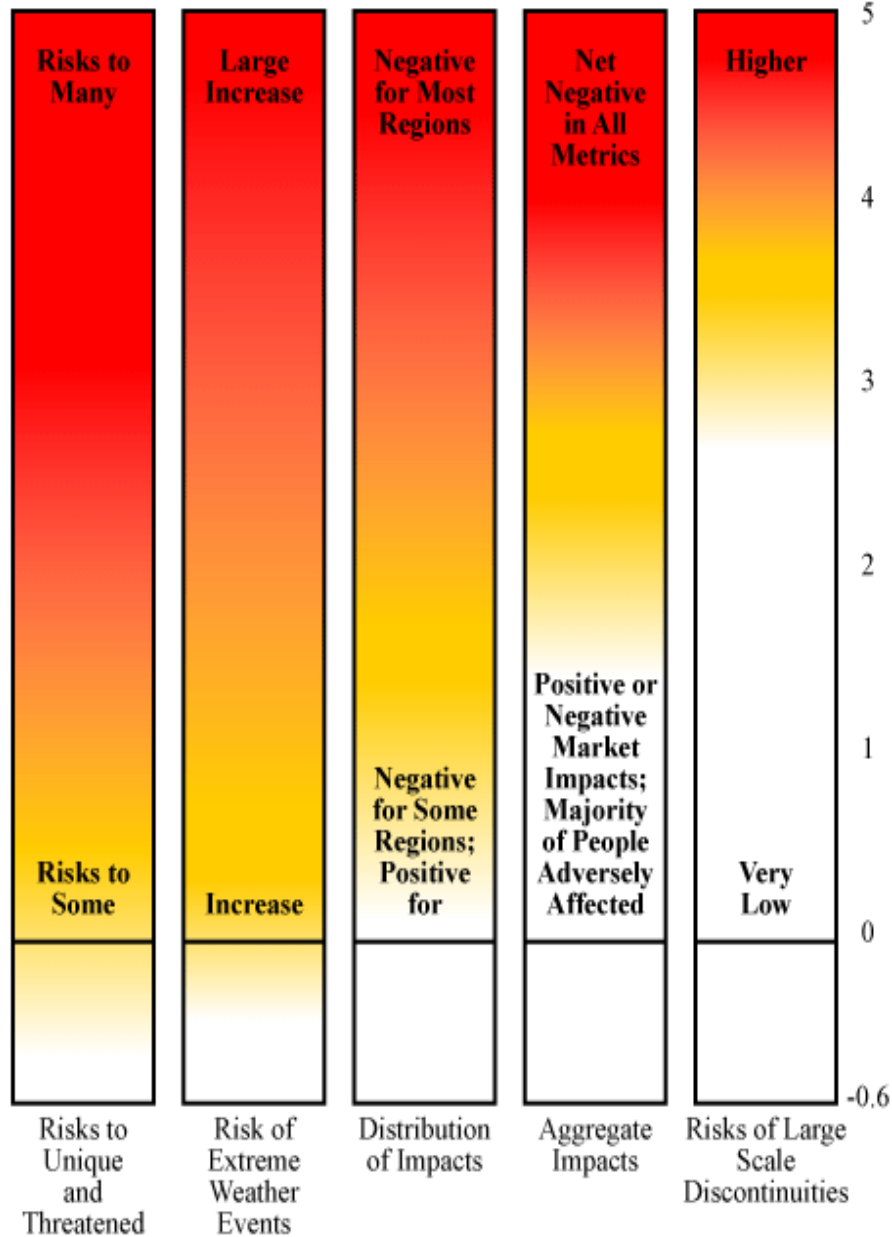
Bleu : zones sous le niveau moyen de la mer  
(En Belgique: 3700 km<sup>2</sup>, soit plus d'1/10<sup>ème</sup> du territoire)



Source: [www.climate.be/impacts](http://www.climate.be/impacts)

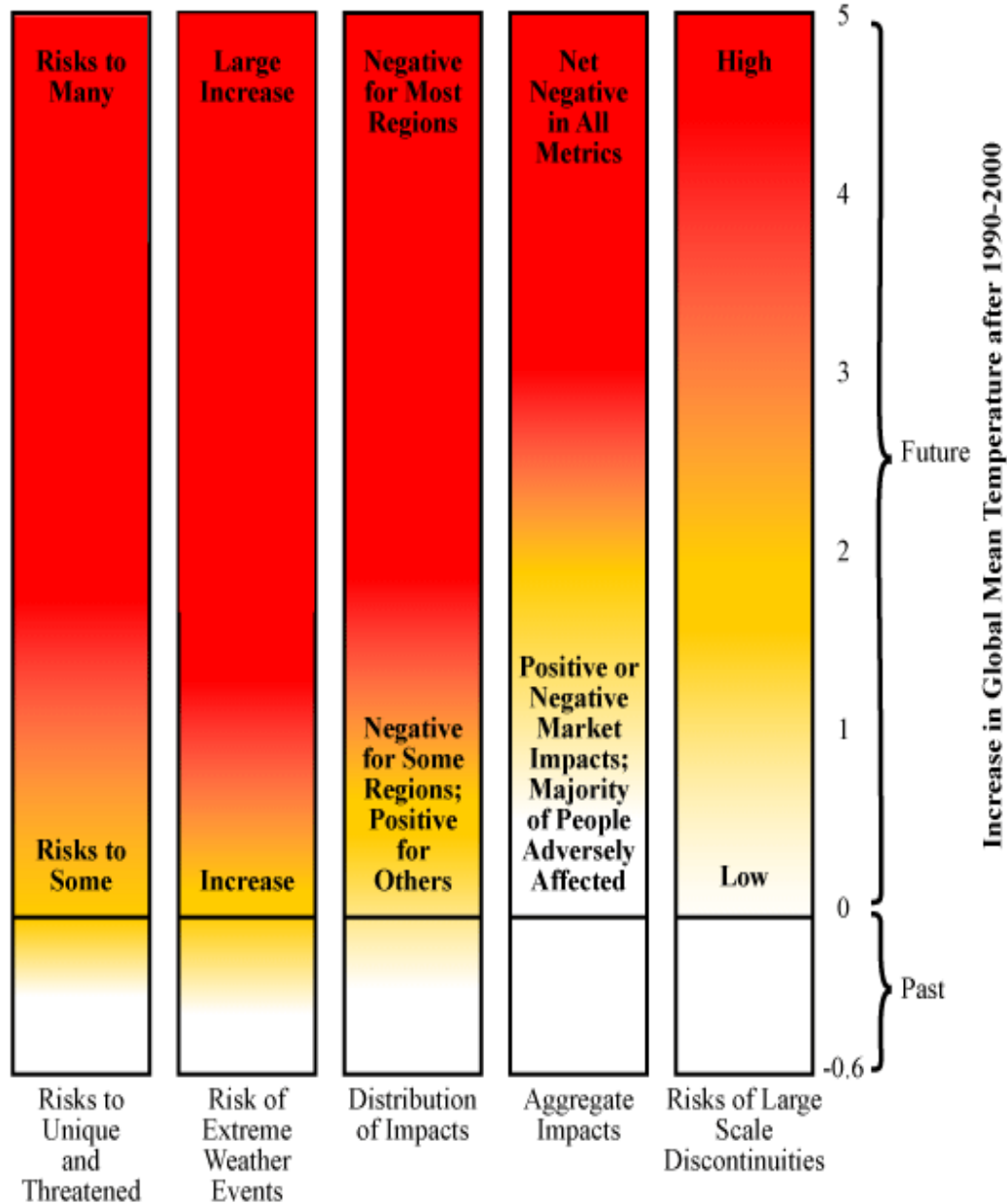
2001

### TAR Reasons For Concern




2009:

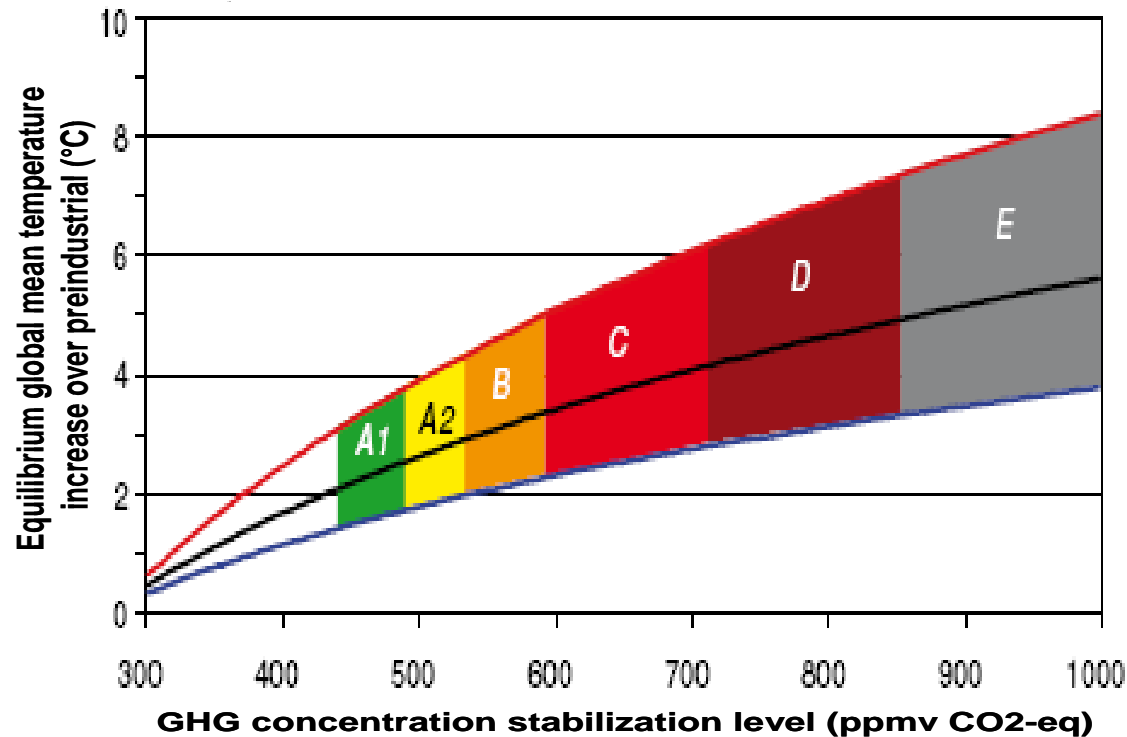
### Proposed AR4 Reasons For Concern



# **4) Quelles sont les solutions envisagées dans le dernier rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat)**

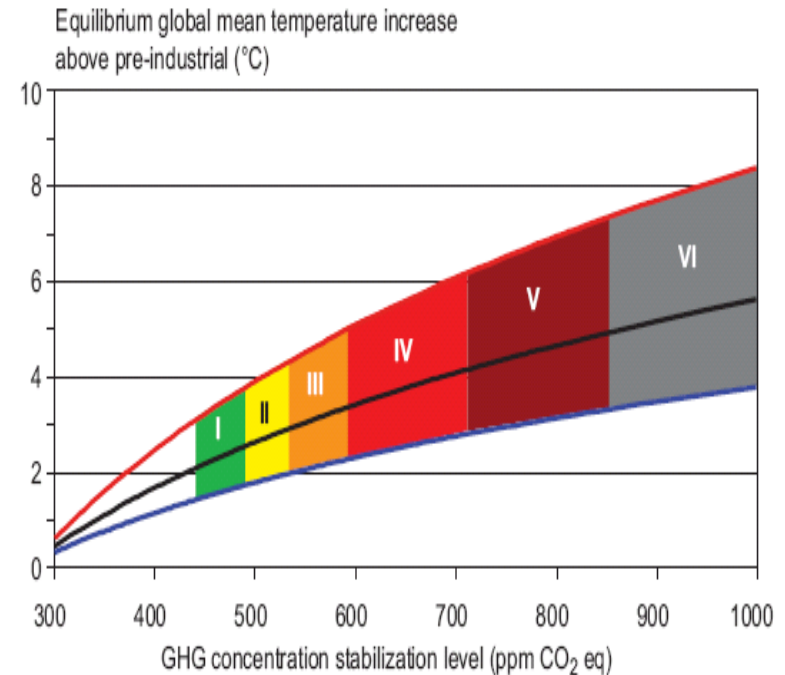
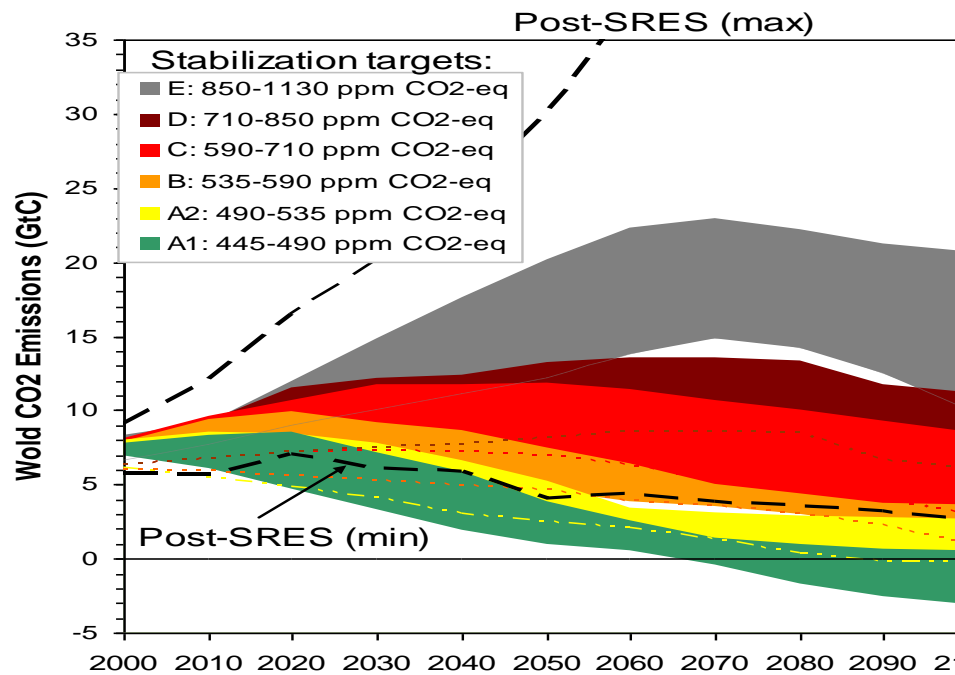


# Stabilisation levels and equilibrium global mean temperatures



**Figure SPM 8:** Stabilization scenario categories as reported in Figure SPM.7 (coloured bands) and their relationship to equilibrium global mean temperature change above pre-industrial, using (i) “best estimate” climate sensitivity of 3 °C (black line in middle of shaded area), (ii) upper bound of likely range of climate sensitivity of 4.5 °C (red line at top of shaded area) (iii) lower bound of likely range of climate sensitivity of 2 °C (blue line at bottom of shaded area). Coloured shading shows the concentration bands for stabilization of greenhouse gases in the atmosphere corresponding to the stabilization scenario categories. The data are drawn from AR4 WGI, Chapter 10.8.

# The lower the stabilisation level the earlier global emissions have to go down



Multigas and CO<sub>2</sub> only studies combined



# Long term mitigation (after 2030)

- The lower the stabilization level, the more quickly emissions would need to peak and to decline thereafter
- Mitigation efforts over the next two to three decades will have a large impact on opportunities to achieve lower stabilization levels

Stab level (ppm CO <sub>2</sub> -eq)	Global Mean temp. increase at equilibrium (°C)	Year CO <sub>2</sub> needs to peak	Reduction in 2050 compared to 200
445 – 490	2.0 – 2.4	2000 - 2015	-85 to -50
490 – 535	2.4 – 2.8	2000 - 2020	-60 to -30
535 – 590	2.8 – 3.2	2010 - 2030	-30 to +5
590 – 710	3.2 – 4.0	2020 - 2060	+10 to +60
710 – 855	4.0 – 4.9	2050 - 2080	+25 to +85
855 – 1130	4.9 – 6.1	2060 - 2090	+90 to +140

# Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC,

- Chapter 13, page 776: (cité en note de bas de page dans la “feuille de route de Bali)

**Box 13.7 The range of the difference between emissions in 1990 and emission allowances in 2020/2050 for various GHG concentration levels for Annex I and non-Annex I countries as a group<sup>a</sup>**

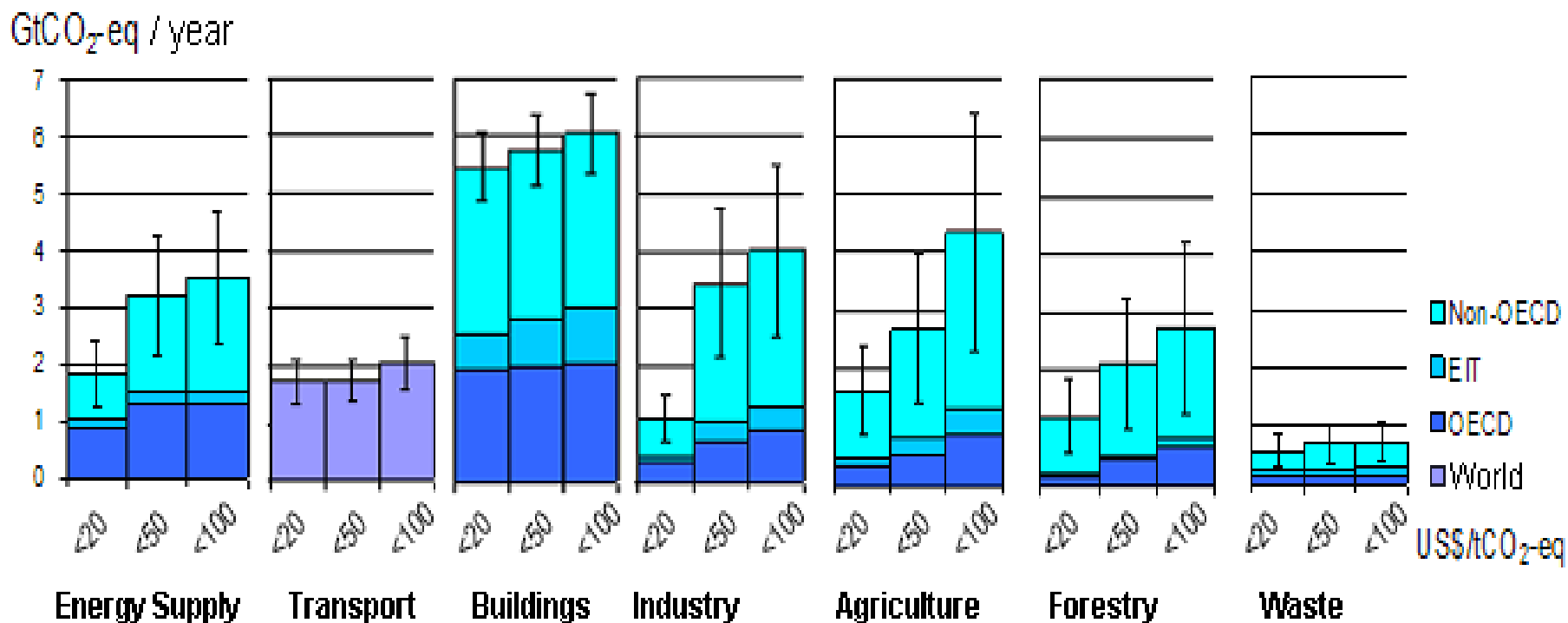
Scenario category	Region	2020	2050
<i>A-450 ppm CO<sub>2</sub>-eq<sup>b</sup></i>	Annex I	-25% to -40%	-80% to -95%
	Non-Annex I	Substantial deviation from baseline in Latin America, Middle East, East Asia and Centrally-Planned Asia	Substantial deviation from baseline in all regions
<i>B-550 ppm CO<sub>2</sub>-eq</i>	Annex I	-10% to -30%	-40% to -90%
	Non-Annex I	Deviation from baseline in Latin America and Middle East, East Asia	Deviation from baseline in most regions, especially in Latin America and Middle East
<i>C-650 ppm CO<sub>2</sub>-eq</i>	Annex I	0% to -25%	-30% to -80%
	Non-Annex I	Baseline	Deviation from baseline in Latin America and Middle East, East Asia

**Notes:**

- <sup>a</sup> The aggregate range is based on multiple approaches to apportion emissions between regions (contraction and convergence, multistage, Triptych and intensity targets, among others). Each approach makes different assumptions about the pathway, specific national efforts and other variables. Additional extreme cases – in which Annex I undertakes all reductions, or non-Annex I undertakes all reductions – are not included. The ranges presented here do not imply political feasibility, nor do the results reflect cost variances.
- <sup>b</sup> Only the studies aiming at stabilization at 450 ppm CO<sub>2</sub>-eq assume a (temporary) overshoot of about 50 ppm (See Den Elzen and Meinshausen, 2006).



# Tous les secteurs et régions ont un potentiel de contribution



Note: ces estimations n'incluent pas les options non-techniques  
comme des changements de mode de vie.

# Comment réduire les émissions de CO<sub>2</sub>?

Secteur	Technologies clés et pratiques actuellement disponibles
Energie	Efficacité, changement de combustibles, énergie nucléaire, énergies renouvelables (hydraulique, solaire, éolienne, géothermique et bioénergie), cogénération, captation et stockage de CO <sub>2</sub>
Transport	Véhicules plus économes, véhicules hybrides, biocarburants, intermodalité dans les transports (route vers rail et transports publics), vélo, marche à pied, aménagement du territoire
<b>Bâtiment</b>	<b>Éclairage économique; appareils et airco peu énergivores; meilleure isolation; chauffage et climatisation à l'énergie solaire; alternatives aux gaz fluorés dans l'isolation et les appareils</b>

# Quels seront les coûts macro-économiques en 2050 ?

Niveaux de stabilisation (ppm éq. CO <sub>2</sub> )	Réduction moyenne du PIB [1] (%)	Ampleur de la réduction PIB [2] (%)	Réduction des taux de croissance du PIB annuel moyen [3] (points de pourcentage)
590-710	0.5	-1 – 2	< 0.05
535-590	1.3	légèrement négatif - 4	<0.1
445-535 [4]	Non disponible	< 5.5	< 0.12

[1] Taux de change basés sur le PIB global

[2] La portée moyenne et celle des 10<sup>e</sup> et 90<sup>e</sup> percentiles des données analysées sont données.

[3] Le calcul de la réduction du taux de croissance annuel est basé sur la réduction moyenne pour la période jusque 2050 qui résulterait de la diminution indiquée du PIB en 2050.

[4] Le nombre d'études qui indiquent des conséquences sur le PIB est relativement faible et elles utilisent de faibles valeurs de départ.

# L'importance d'un “prix du CO2”

- Les politiques qui octroient un prix réel ou implicite au CO2 pourraient créer des incitants pour les producteurs et les consommateurs à investir significativement dans des produits, technologies et processus à faible émission de GES.
- De telles politiques pourraient inclure des instruments économiques, des fonds publics et des réglementations.
- Pour parvenir à une stabilisation autour de 550 ppm CO2eq, les prix du CO2 devraient atteindre 20-80 US\$/tCO2eq d'ici 2030 (5-65 en cas de “changement technologique provoqué”).
- Avec de tels prix, l'on peut s'attendre à des investissements massifs dans les technologies produisant peu de CO2.

# Des changements de style de vie et de comportement peuvent contribuer à la prévention des changements climatiques

- Des changements de comportement des occupants, des schémas culturels et des choix de consommation relatifs aux bâtiments.
- Réduction de l'usage de la voiture, conduite écologique, en relation à l'aménagement du territoire et à la disponibilité du transport public
- Formation du personnel, “reward systems”, feedback régulier et documentation des pratiques existantes dans les organisations industrielles

# Post-Kyoto : les défis

---

## **Insuffisances du régime actuel**

- seulement 1/3 des émissions mondiales sont soumises à un régime contraignant
- Ambition des objectifs encore très insuffisante
- Régime international éclaté (cf. USA hors du PK)
- Les besoins spécifiques des pays en développement (adaptation) sont insuffisamment couverts

## **Défis**

- Développer une vision commune sur les objectifs à long terme , de nature à rencontrer l'objectif ultime de la Convention, et sur un régime acceptable par toutes les Parties
- Convaincre tous les grands émetteurs (dont USA et pays émergents) de se joindre aux efforts
- Développer parallèlement un régime pour l'adaptation

Source: Etienne Hannon, Service public fédéral « environnement »

# « Bali roadmap »

---

- Bali Action Plan = processus de négociation sur l'action coopérative à long-terme (4 “blocs”: atténuation, adaptation, technologie & finance)
- Révision du protocole de Kyoto et des engagements des pays industrialisés
- Décisions relatives à:
  - Renforcement du transfert technologique
  - Révision/renforcement des mécanismes financiers
  - Intégration de la lutte contre le déboisement dans les moyens de lutte contre les CC

# Quelques principes repris dans le « Bali Action Plan »

---

- Adaptation
  - Besoins urgents et immédiats des pays en développement
  - particulièrement les PMA et les pays africains affectés par sécheresse, désertification, inondations
- Technologie
  - Moyens accrus pour lever les obstacles au transfert technologique
  - Renforcer l'efficacité des mécanismes pour la coopération technologique
- Financement
  - Mise à disposition de ressources neuves et additionnelles
  - Moyens innovants de financement (public / privé)

Source: Etienne Hannon, Service public fédéral « environnement »



# **In the text now on the table in Bangkok (FCCC/AWG-LCA/2009/INF.2):**

**⌘ I.31 [To this end, [developed country parties]..., as a group, [shall][should][reduce their [domestic] GHG emissions][deeply cut their GHG emissions]: (a)[By at least 25-40][By 25-40] [By more than 25-40] [In the order of 30] [By at least 40] [By 45] [By at least 45]% from 1990 levels by [2017] [2020], through domestic and international efforts]...**

# Conclusions



- **Les gaz à effet de serre d'origine humaine vont continuer à réchauffer le climat global**
- **Les impacts toucheront tout le monde et coûteront très cher si on ne développe pas de politiques d'adaptation, qui doivent être financées par les pays développés**
- **La stabilisation du climat requiert de très importantes réductions des émissions, d'abord dans les pays développés**
- **Elles sont possibles et ne coûteront pas si cher si tout le monde s'y met**

# Conclusions (2)



- ⌘ **Il faut avoir une vision à long terme, avec des objectifs ambitieux**
- ⌘ **L'énergie la moins chère et la moins polluante est celle dont nous n'avons pas besoin**
- ⌘ **Le Soleil nous fournit 8000 X plus d'énergie que la consommation mondiale de 1990; à terme, c'est sur les renouvelables qu'il faut miser**
- ⌘ **La Région wallonne, dans son propre intérêt, devrait s'impliquer bien plus dans les négociations climatiques**
- ⌘ **Copenhague peut être un succès, s'il y a suffisamment de volonté politique**

# Pour en savoir plus...



- ⌘ [www.climate.be/vanyp](http://www.climate.be/vanyp) : ASTR-UCL, beaucoup de mes dias
- ⌘ [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) : IPCC ou GIEC
- ⌘ [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int) : Convention & Protocole
- ⌘ [www.cfdd.be](http://www.cfdd.be) : Conseil fédéral développement durable
- ⌘ **[www.climate.be/jcm](http://www.climate.be/jcm)** : modèle interactif du Dr B. Matthews, UCL-ASTR