

Changements climatiques dans un monde de réseaux



Pr Jean-Pascal van Ypersele

Vice-président du GIEC

UCL

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

Toile: www.climate.be/vanyp

E-mail: vanyp@climate.be

Congrès des sciences, Mons, 25-8-2009

Trois réseaux



- ⌘ **Des observations et des disciplines**
- ⌘ **Des impacts dans un monde où tout se tient**
- ⌘ **Des hommes et des femmes qui agissent**

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**

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.**
- ✘ **Web: www.ipcc.ch (résumés : www.climate.be)**

Cycle d'écriture des rapports du GIEC (4 années, 2500 scientifiques)

- ⌘ Une réunion plénière décide de la table des matières des rapports
- ⌘ Le Bureau choisit les auteurs parmi les meilleurs chercheurs mondiaux, sur la base de leur CV
- ⌘ Les auteurs évaluent toute la littérature scientifique pertinente
- ⌘ *Projet de texte n 1* – Revue par les experts – *Projet de texte n 2* et *Projet de Résumé pour les décideurs (SPM) n 1* – Revue conjointe experts/gouvernements – *Version du texte n 3* et *Projet de Résumé pour les décideurs n 2* – Revue du Résumé par les gouvernements –
- ⌘ Approbation ligne par ligne du résumé par une réunion plénière (interaction auteurs – gouvernements), acceptation du texte dans son ensemble

2500+ SCIENTIFIC EXPERT REVIEWERS

800+ CONTRIBUTING AUTHORS AND

450+ LEAD AUTHORS FROM

130+ COUNTRIES

6 YEARS WORK

1 REPORT

2007

Quelques remarques sur les « climato-sceptiques »

- ⌘ *“Ex:George Marshall Institute, fondé par Frédérick Seitz, ancien président de l’Académie US*
- ⌘ *F. Seitz avait travaillé auparavant pour le cigarettier R.J. Reynolds: il était chargé de recherches contestant le lien “tabac-cancer du poumon”, en vue de retarder la réglementation*
- ⌘ *Le message était alors:*
 - ☒ *Les faits ne sont pas prouvés, on ne sait pas bien ce qu’est le cancer, les études ont des défauts, et il faut donc plus de recherches avant d’agir...*
- ⌘ *Cette stratégie a pratiquement été reprise telle quelle pour semer le doute sur les changements climatiques”*

(Naomi Oreskes, Université de Californie, dans *La Recherche*, déc. 2008)

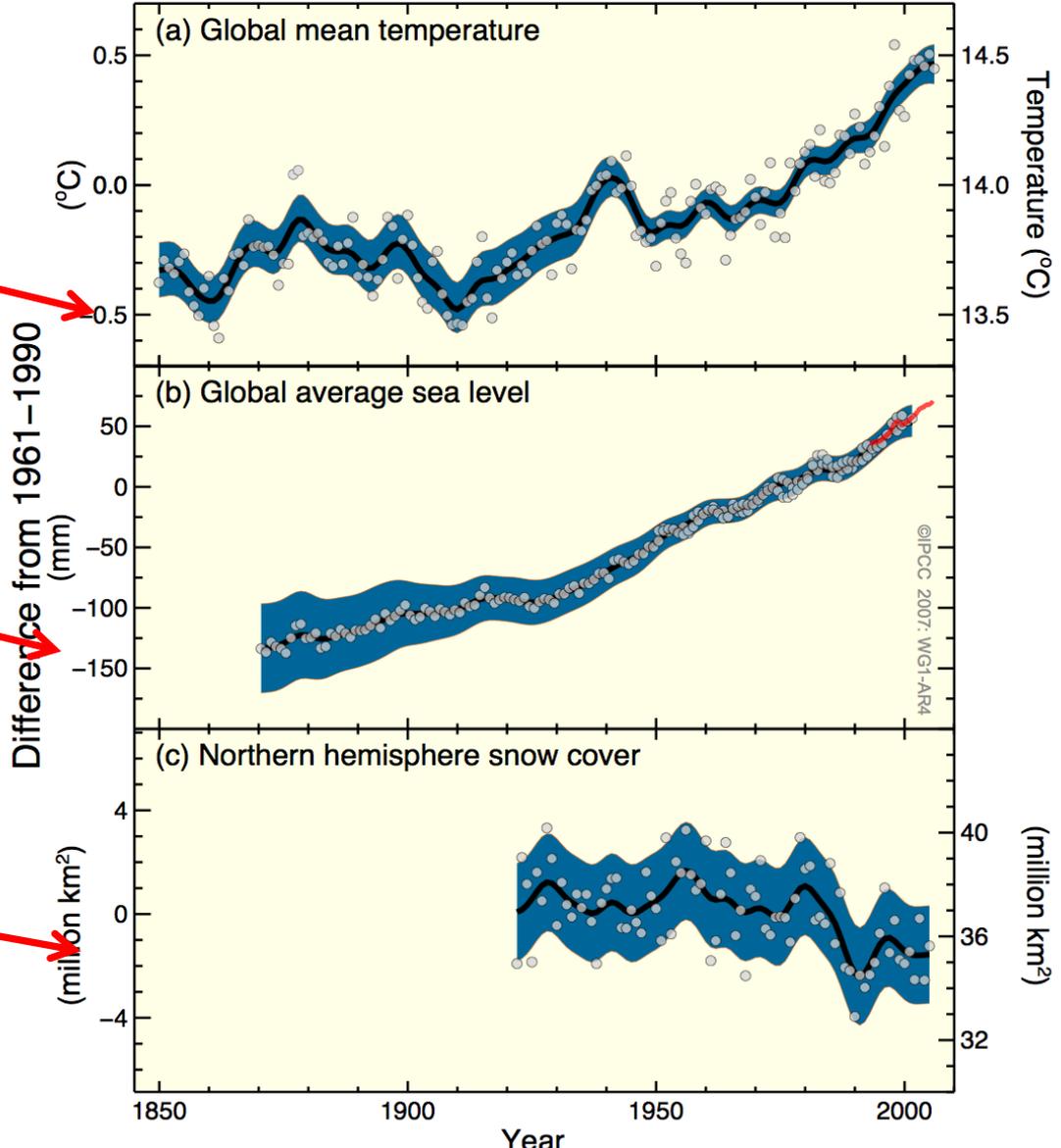
Le réchauffement est "sans équivoque"

Température
atmosphérique

Niveau moyen
des océans

Réduction de la
couverture de neige
(hémisphère nord)

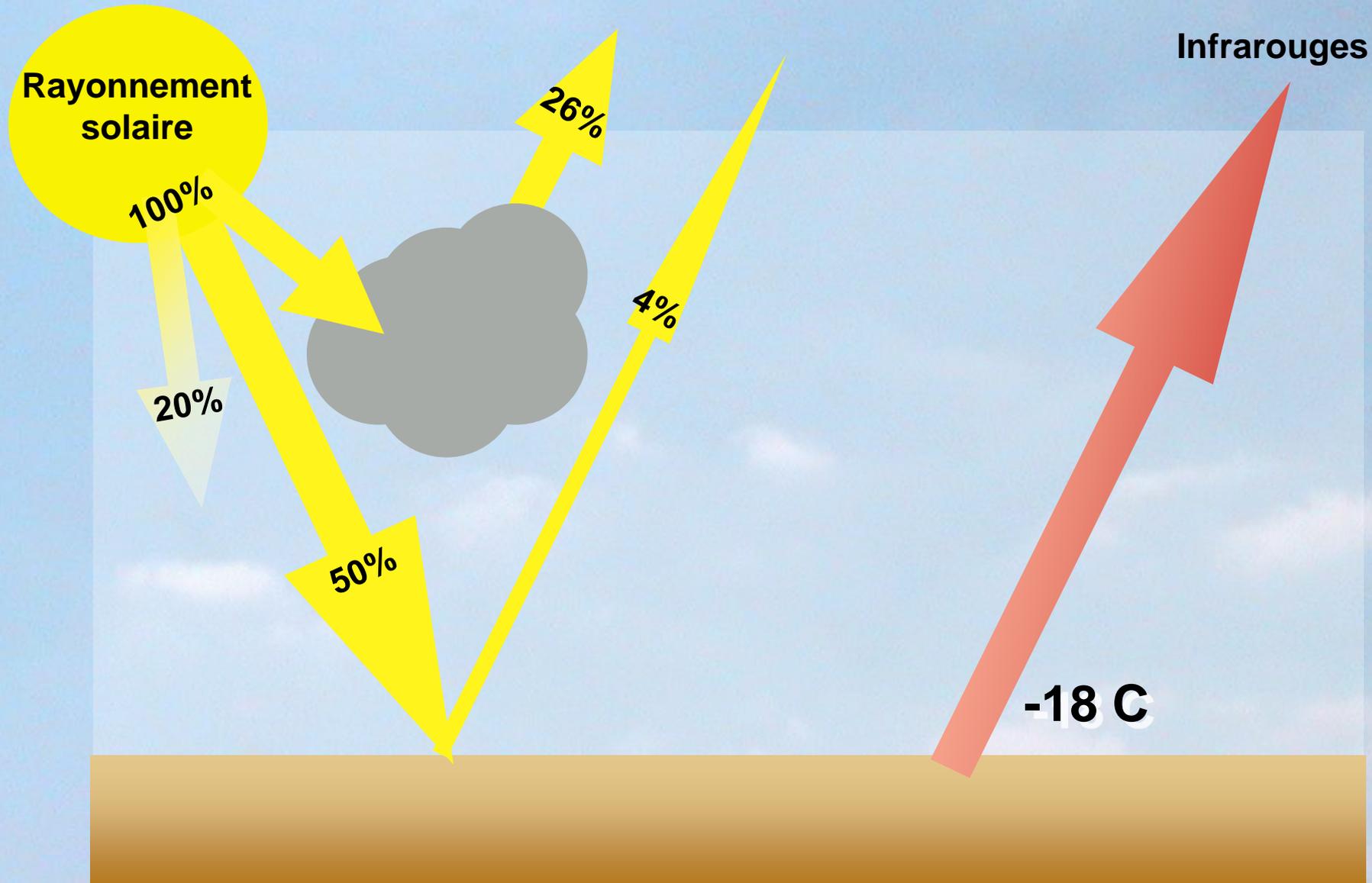
Changes in Temperature , Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover



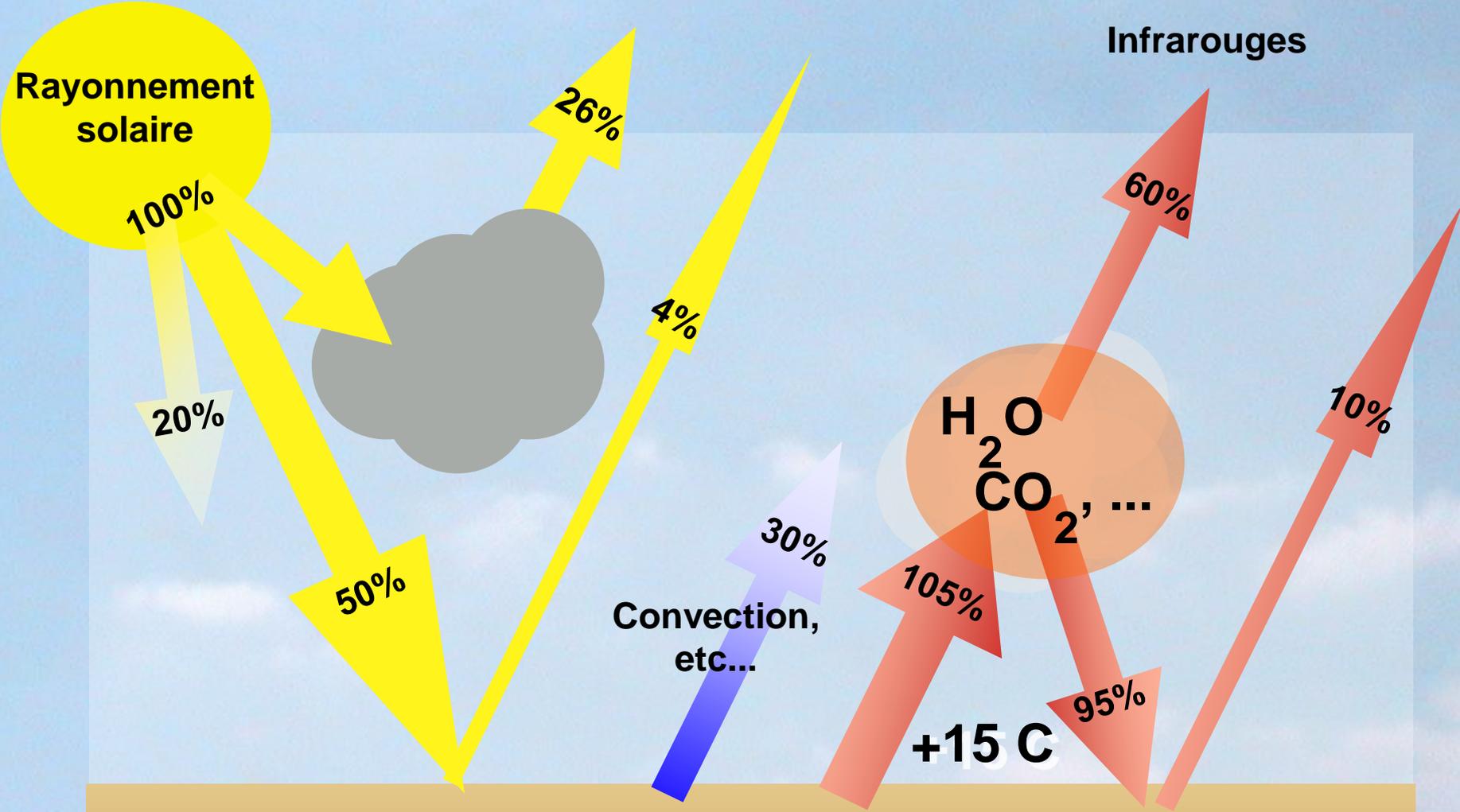
Le système climatique terrestre

- ☒ **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



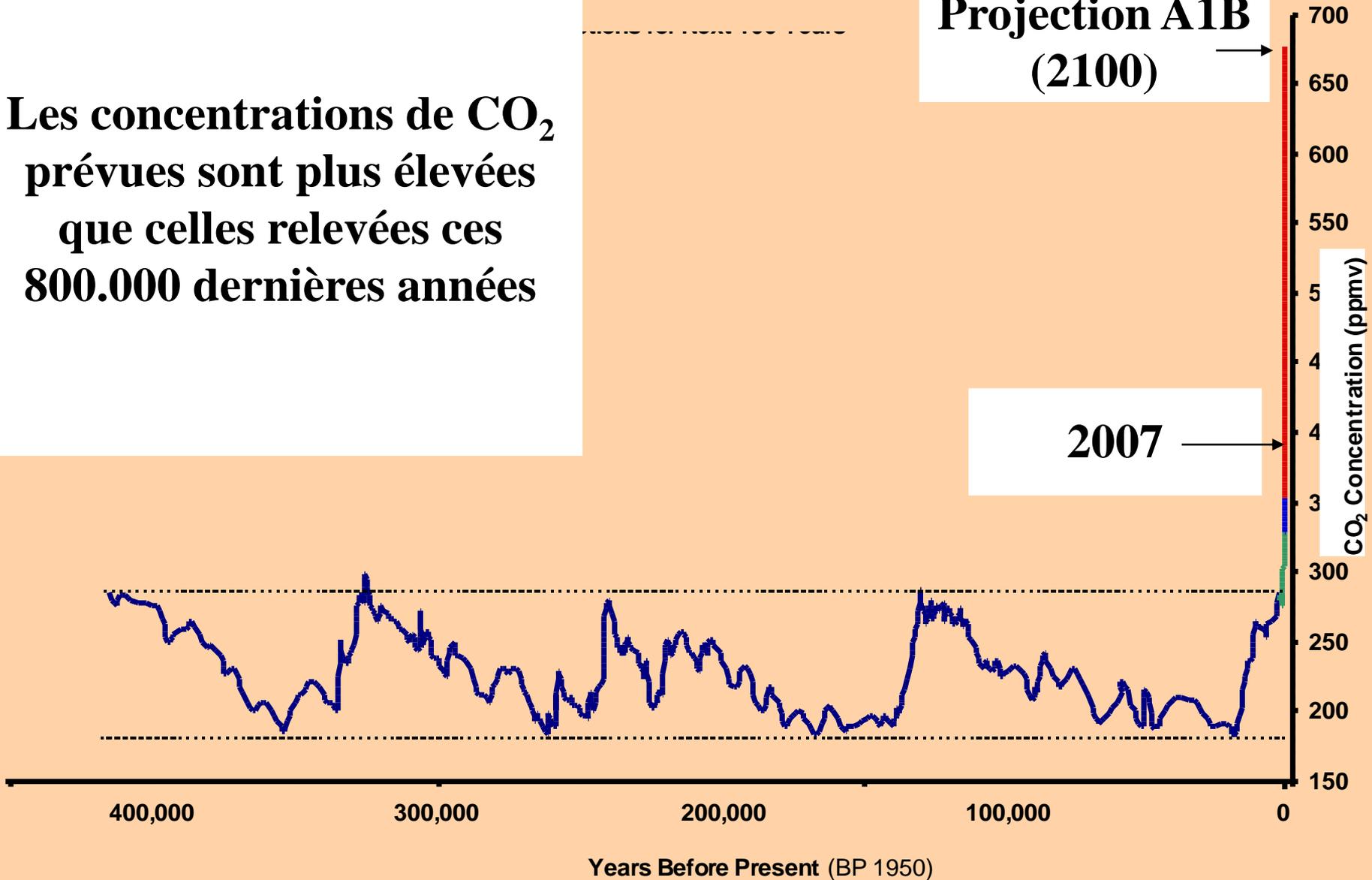
Cycle de l'énergie et effet de serre



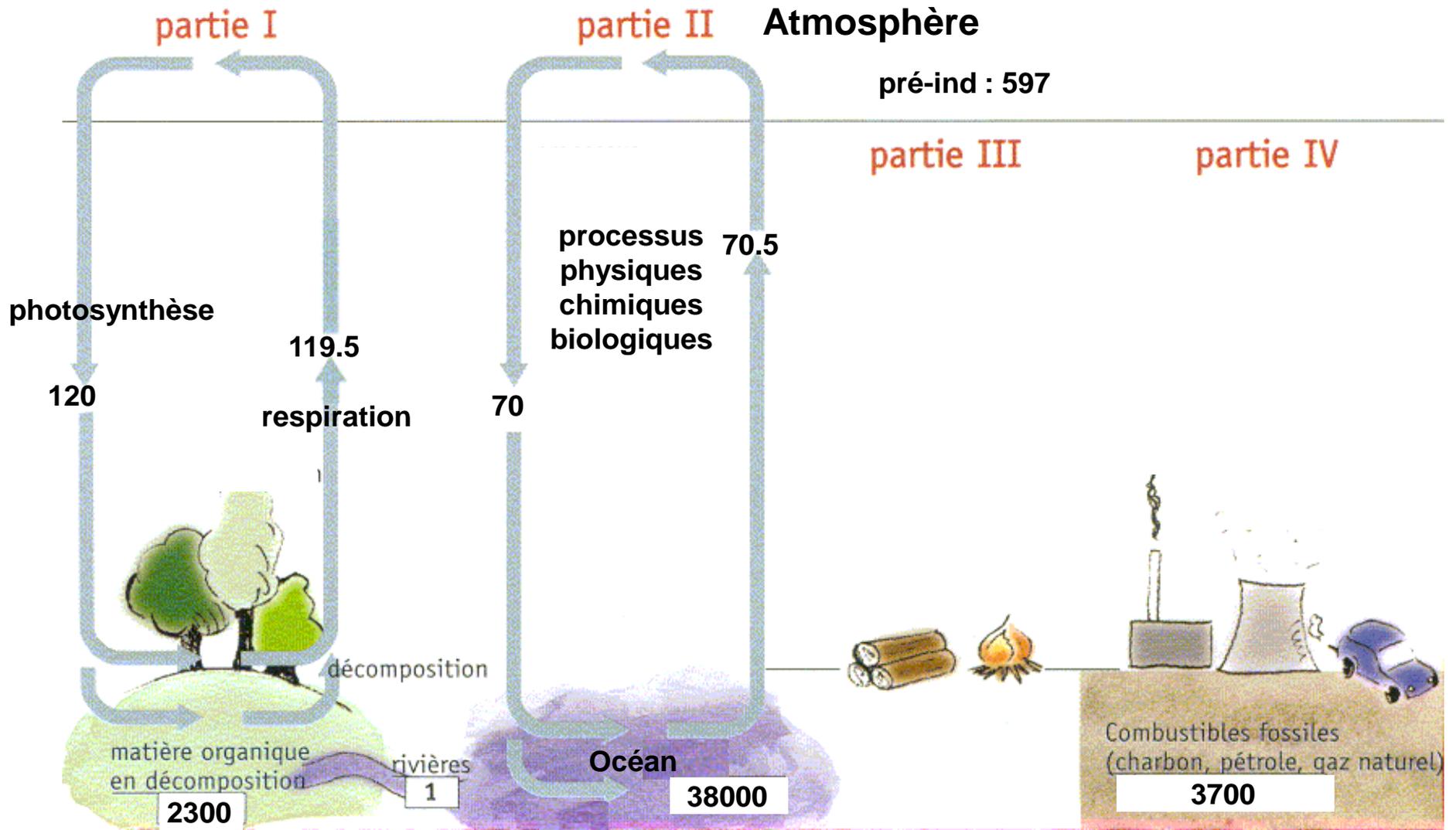
**Les concentrations de CO₂
prévues sont plus élevées
que celles relevées ces
800.000 dernières années**

**Projection A1B
(2100)** →

2007 →

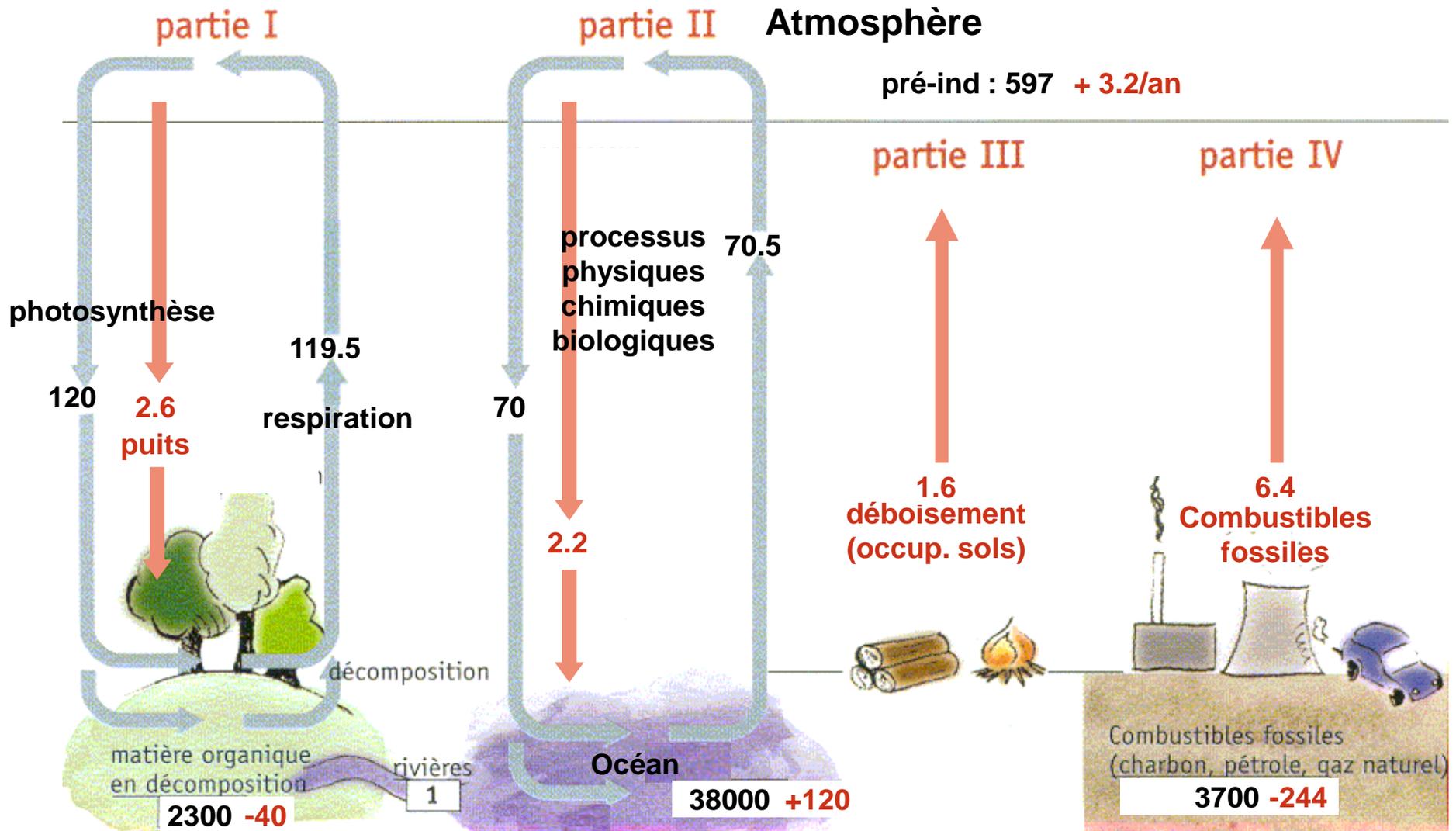


Cycle du carbone



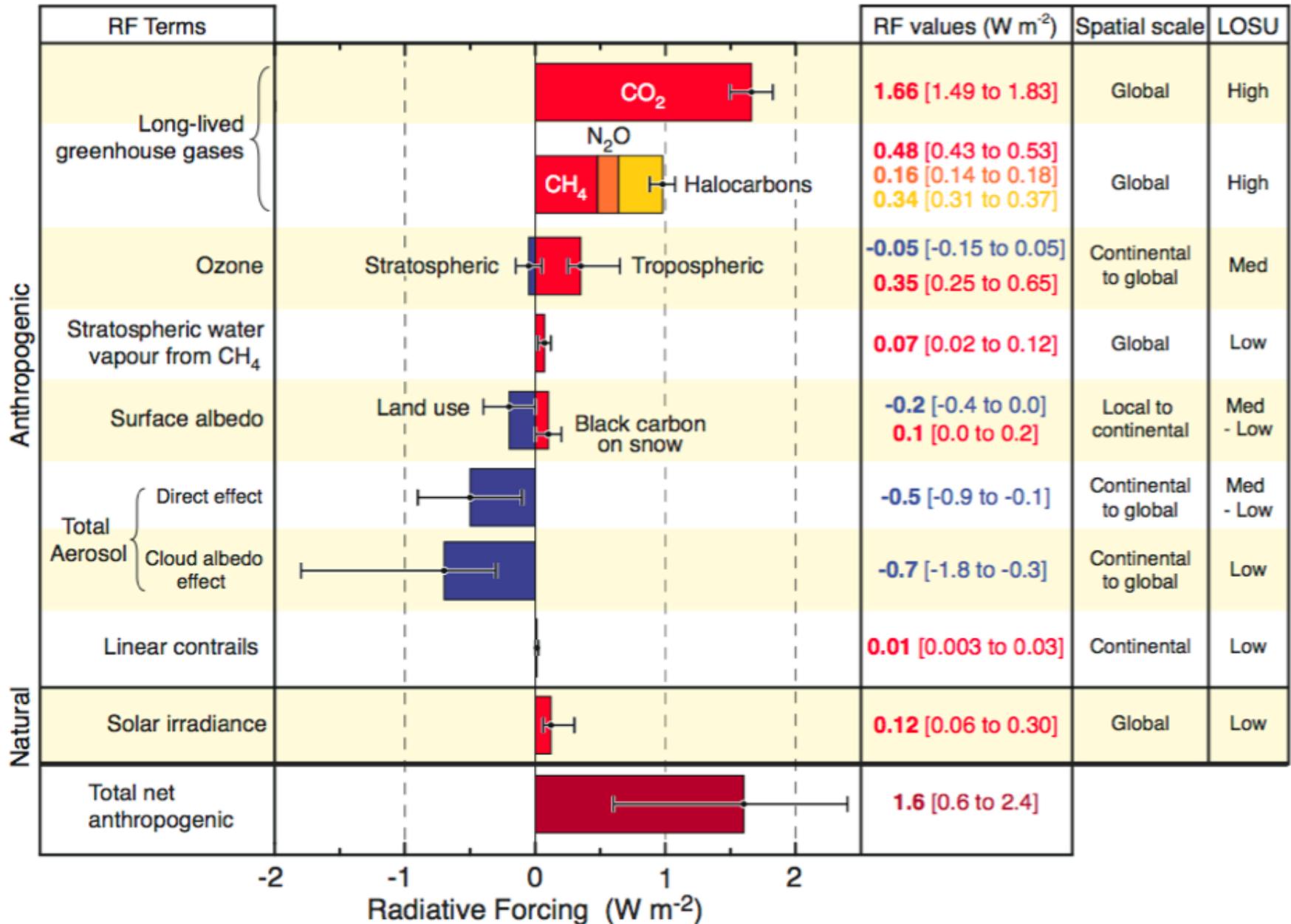
Unités: GtC (milliards de tonnes de carbone) ou GtC/an

Cycle du carbone



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

Composantes du forçage radiatif (en2005)



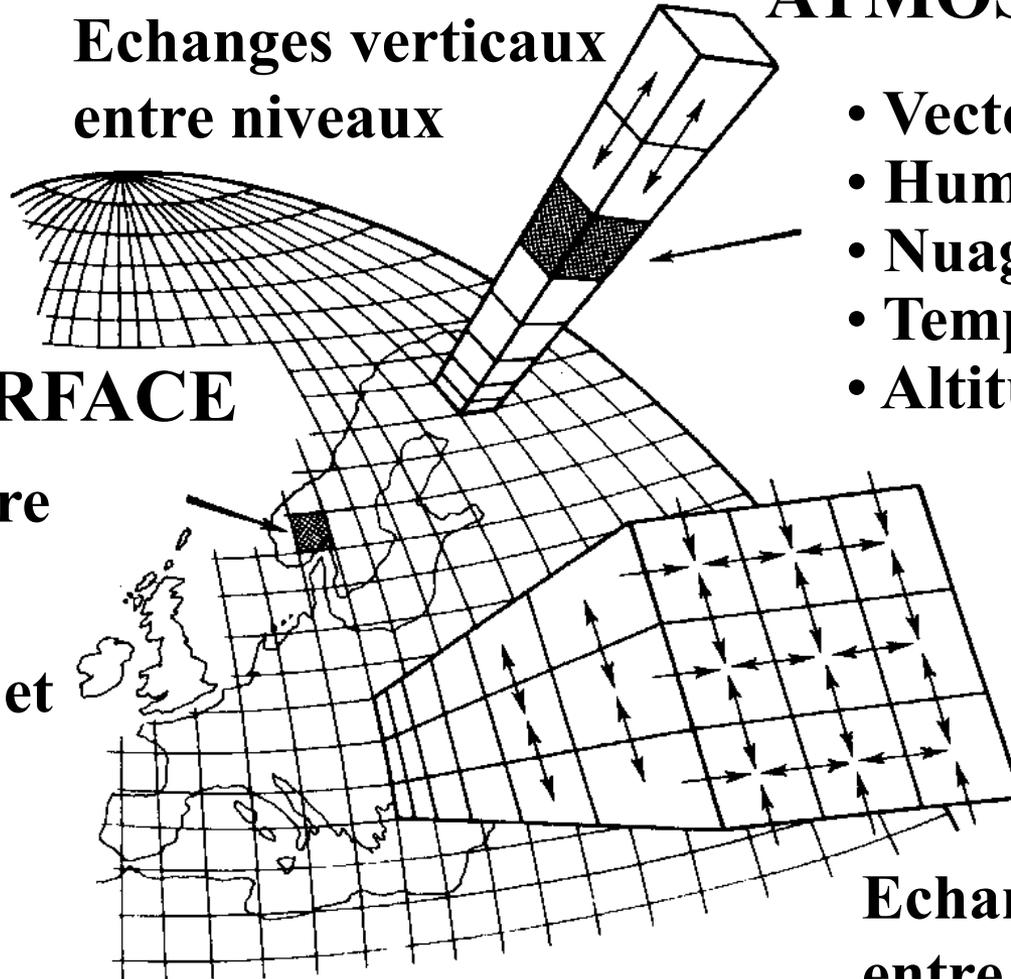
DANS LA COLONNE ATMOSPHERIQUE

Echanges verticaux
entre niveaux

- Vecteurs vent
- Humidité
- Nuages
- Température
- Altitude

A LA SURFACE

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



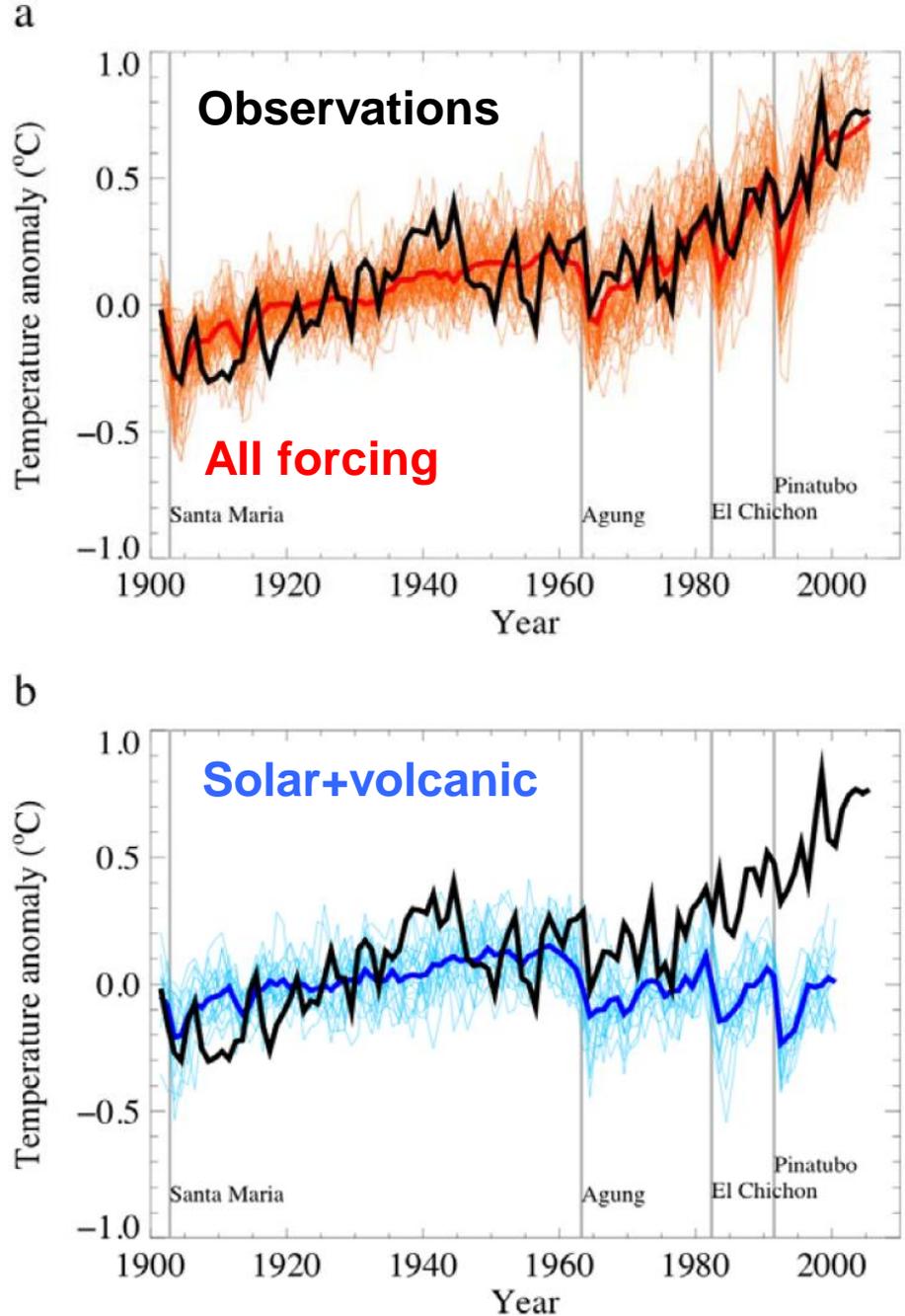
Echanges horizontaux
entre colonnes

Intervalle de temps ~ 30 minutes

Résolution ~ 3°x 3°

Attribution

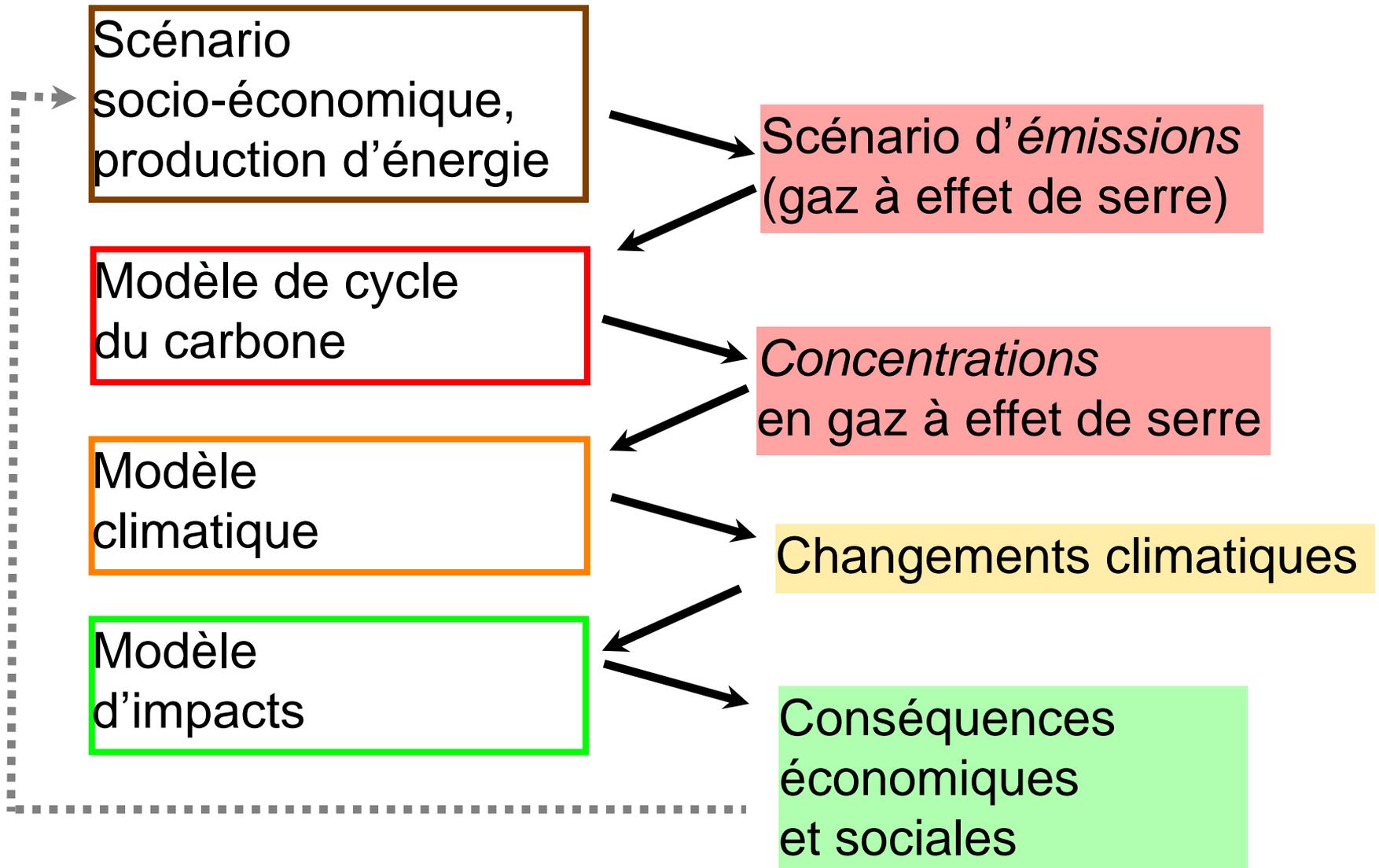
- are observed changes consistent with
 - ☑ expected responses to forcings
 - ☒ inconsistent with alternative explanations



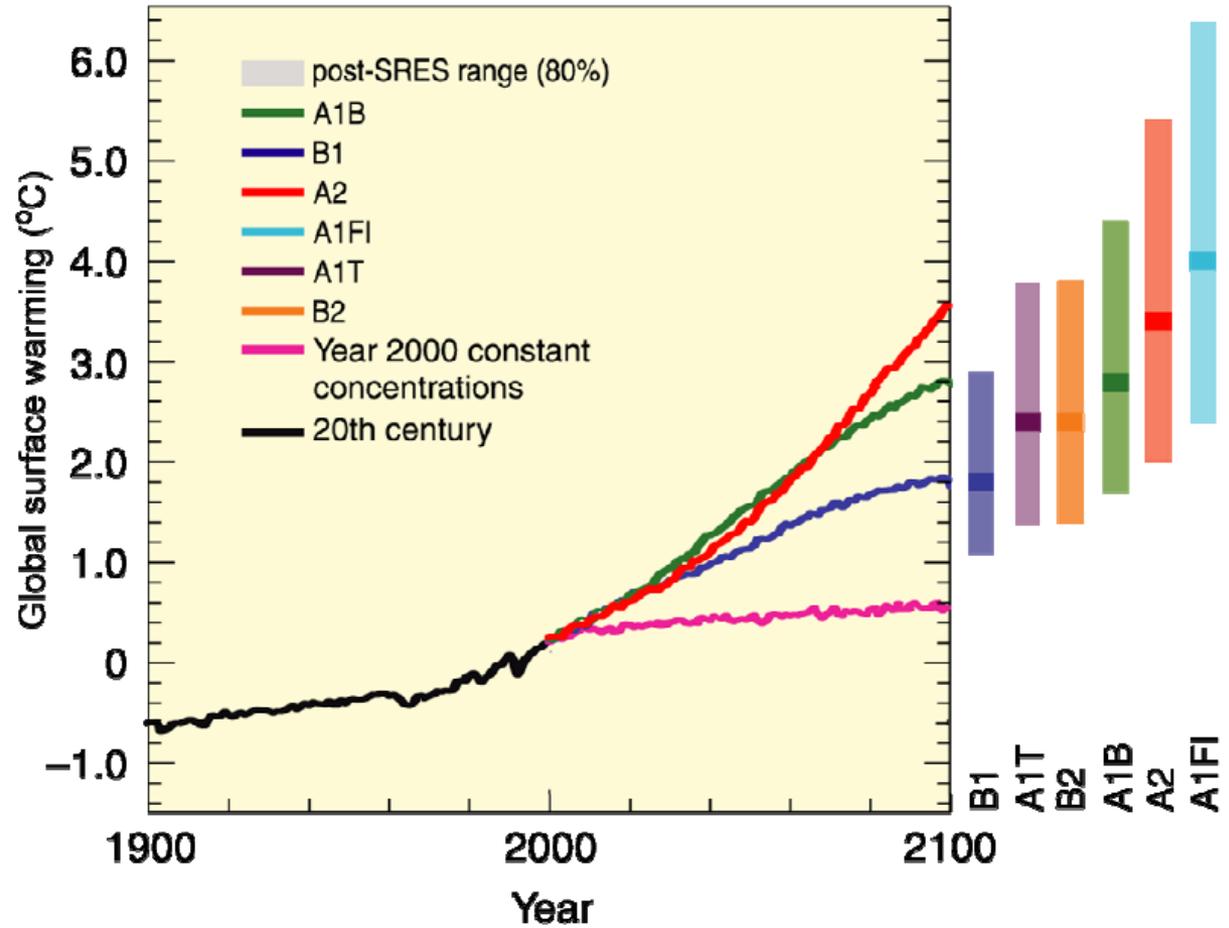
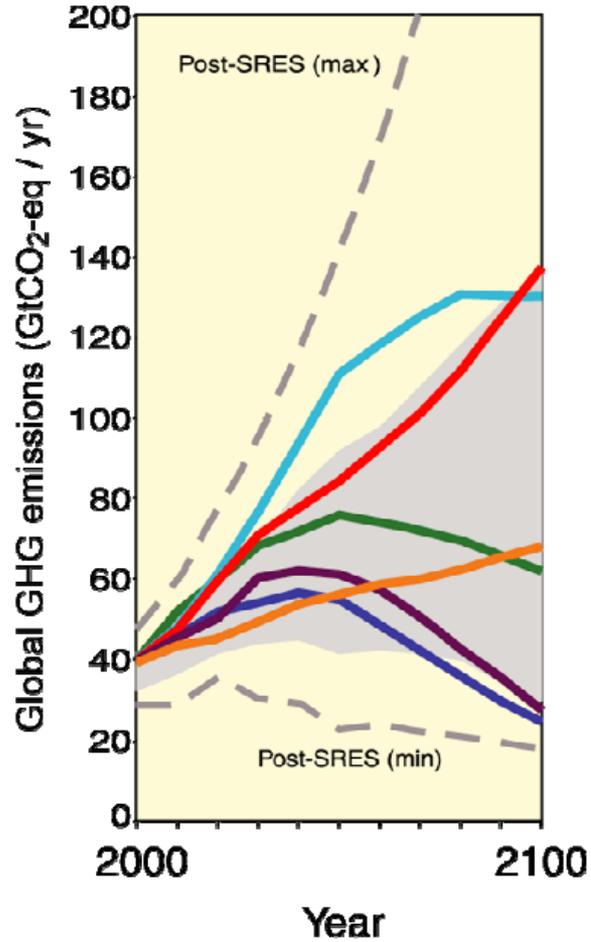
Conclusion principale du dernier rapport du GIEC (2007):

- 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^e siècle.
- NB: « très probable » = > 90%probabilité

Étapes d'une projection climatique

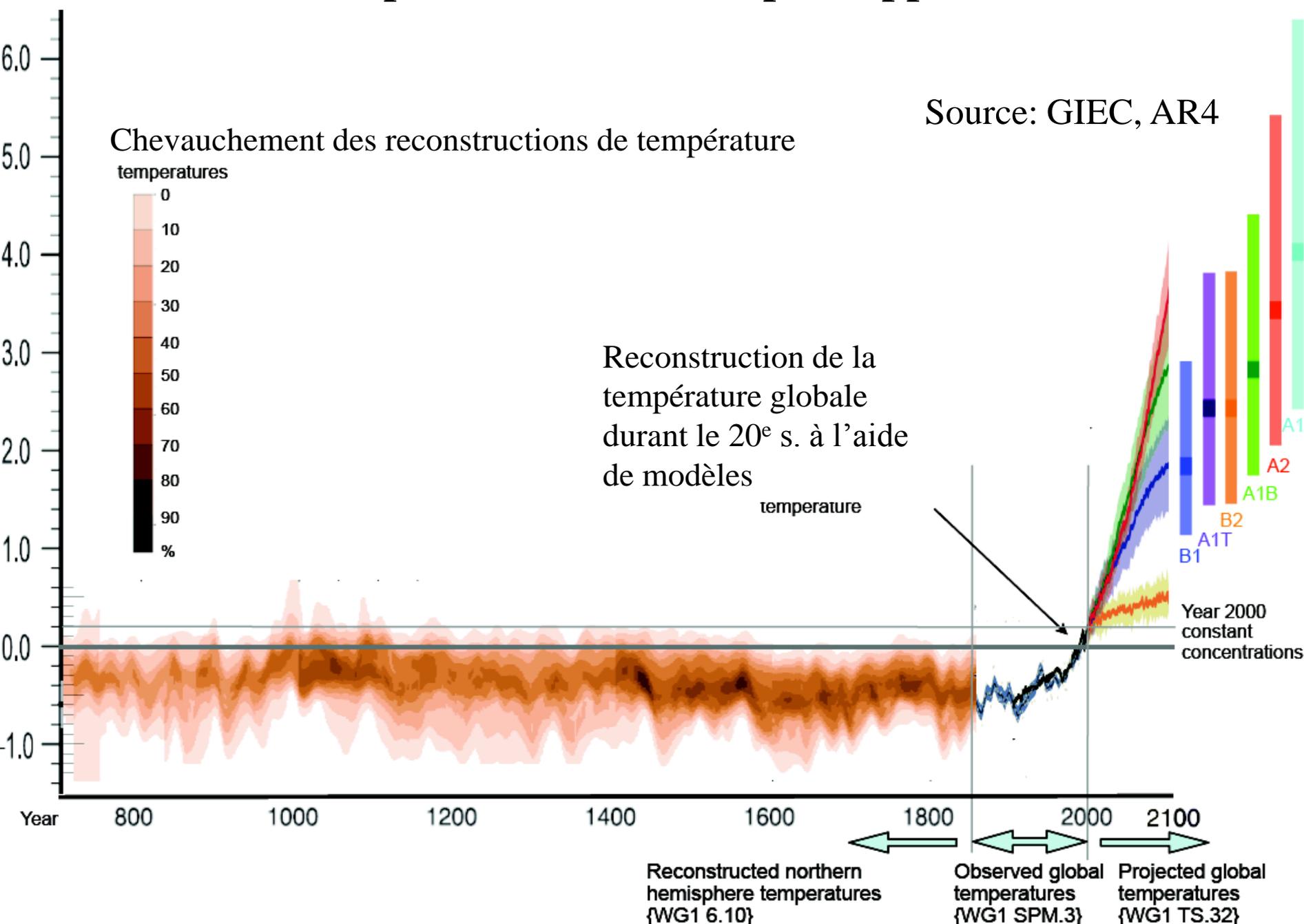


Projections du climat futur en l'absence de mesures



Anomalies de la température en surface par rapport à 1980-1999

Source: GIEC, AR4



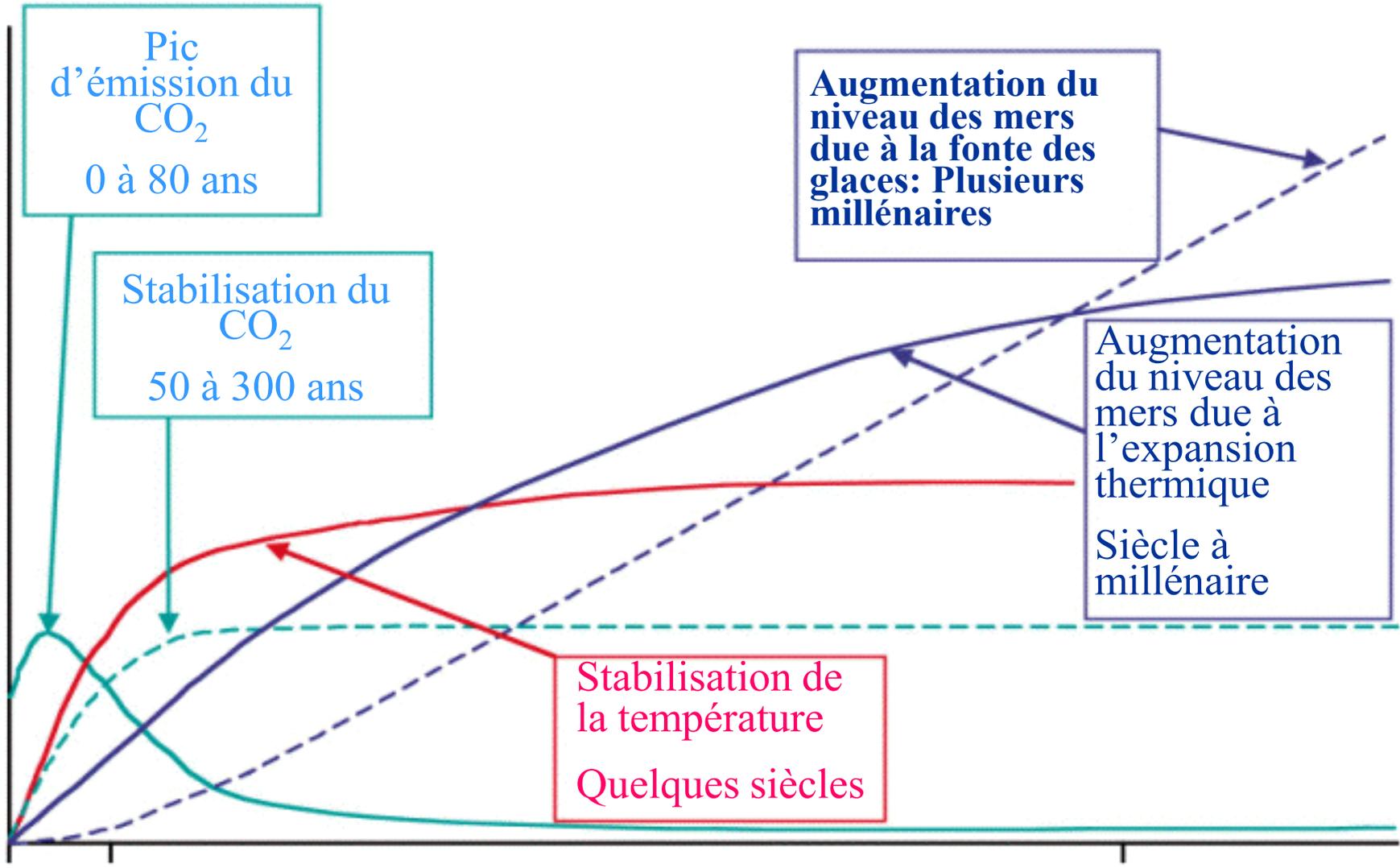
Projections de l'élévation de la température globale et du niveau moyen des mers entre 1990 et 2100 (GIEC AR4, 2007)

	Temperature Change (°C at 2090-2099 relative to 1980-1999) ^a		Sea Level Rise (m at 2090-2099 relative to 1980-1999)
Case	Best estimate	<i>Likely</i> range	Model-based range excluding future rapid dynamical changes in ice flow
Constant Year 2000 concentrations ^c	0.6	0.3 – 0.9	NA
B1 scenario	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
A1T scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
B2 scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.43
A1B scenario	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
A2 scenario	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
A1FI scenario	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59

Événements extrêmes (Source: IPCC WG1 AR4)

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

Il existe une inertie significative dans le système climatique



Aujourd'hui 100 ans 1000 ans

Source: IPCC TAR (2001)

Principales incertitudes



- **Microphysique des nuages**
- **Effets radiatifs des aérosols**
- **Interactions biosphère-atmosphère**
- **Stabilité de la circulation océanique**
- **Stabilité des calottes glaciaires**
- **Distribution des effets sur les pluies**
- **Fréquence & intensité des événements extrêmes**

Principales « certitudes »

- **Les gaz à effet de serre d'origine humaine vont continuer à réchauffer le climat global**
- **Même les modèles « optimistes » montrent un réchauffement sans précédent au cours des 10.000 dernières années au moins**
- **L'inertie du système est grande, en particulier pour le niveau des mers**
- **La stabilisation du climat requiert d'importantes réductions des émissions.**

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 GT-II (Impacts) (3)

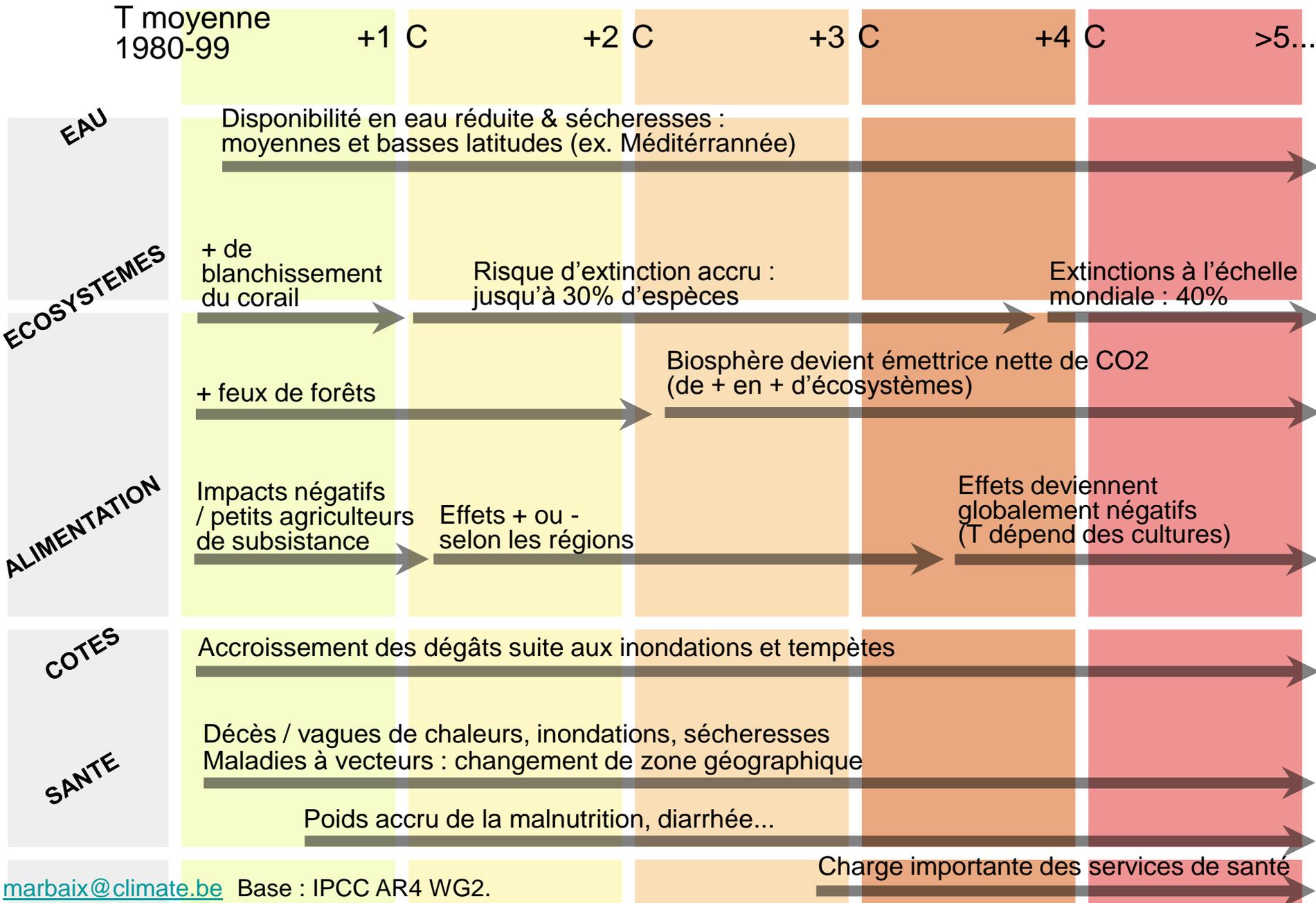
2001 (426 auteurs, 440 relecteurs)



⌘ 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

Impacts mondiaux en fonction de la hausse de température



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

**ΔT 1.5°C - 2.5°C (au –
dessus de la température
de 1990)**

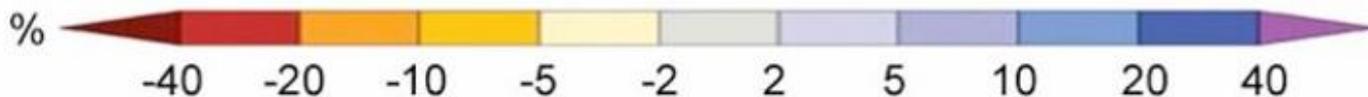
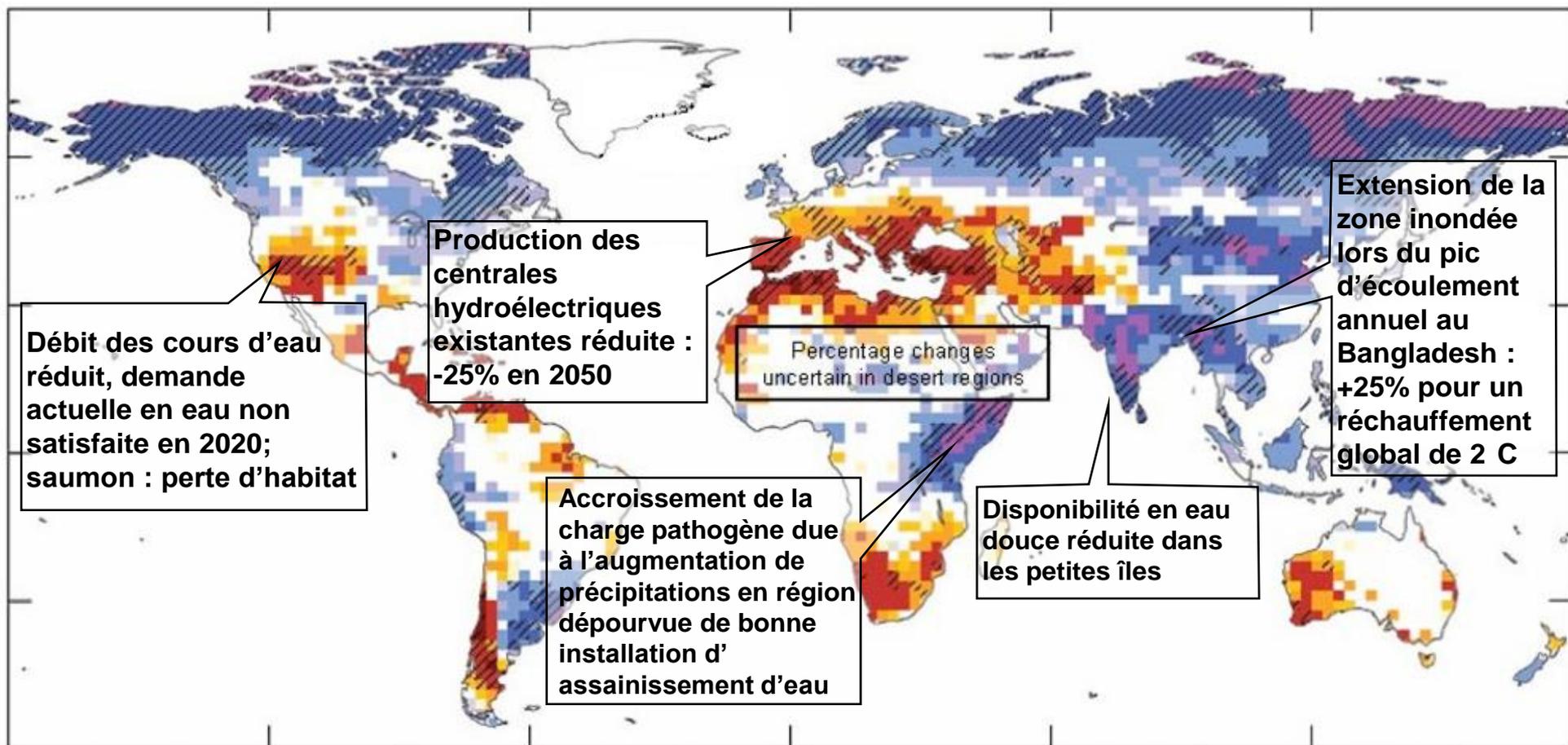


WMO

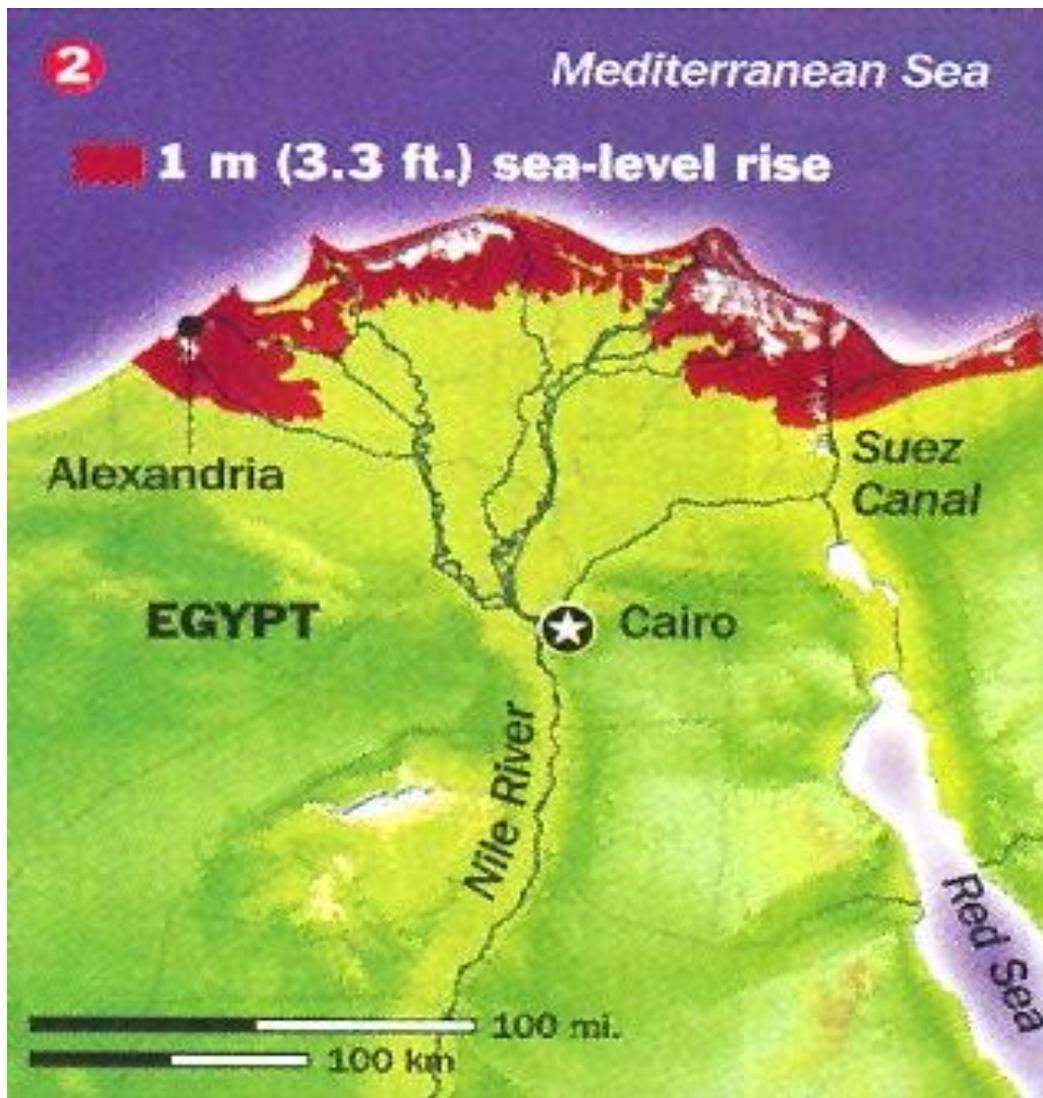


UNEP

Eau - ruissellement

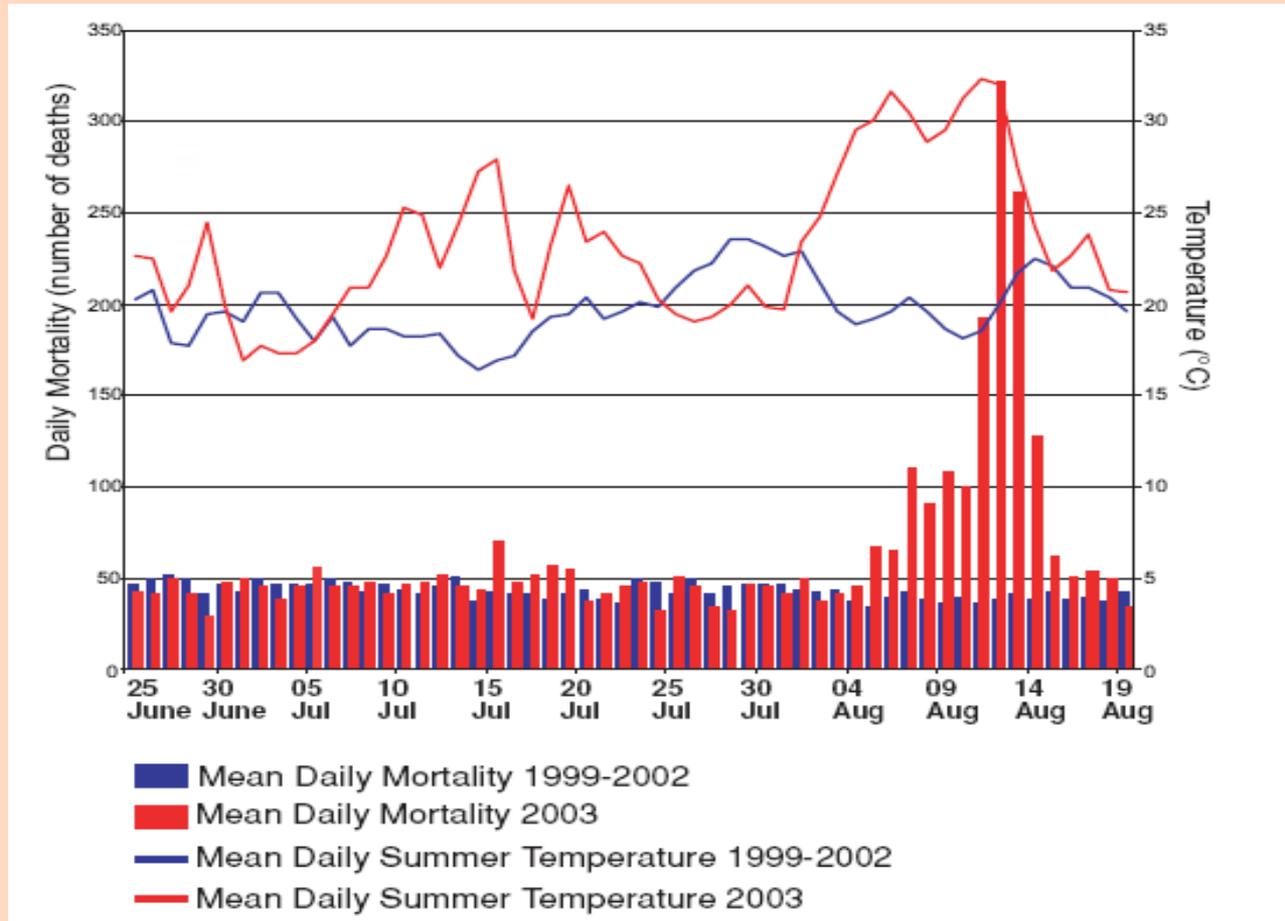


Régions côtières: Delta du Nil



(Time 2001)

Nombre de décès à Paris au cours de l'été 2003 (Ch 8)





Impact van de
klimaatverandering
in België

J.P. van Ypersele
P. Marbaix

Disponible sur
www.greenpeace.be et
www.climate.be/impacts

Impacts des
changements
climatiques
en Belgique

P. Marbaix
J.P. van Ypersele

Petite mise au point:



Greenpeace nous a donné l'occasion d'écrire ce rapport en toute indépendance.

Nous aurions pu écrire le même rapport à la demande de Solvay ou d'Electrabel.

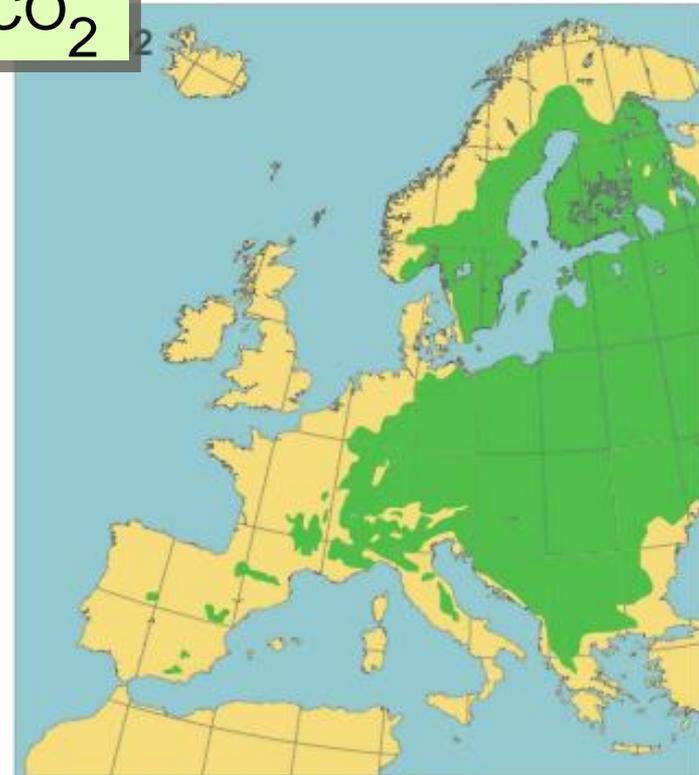
Biodiversité (+)

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

Présent



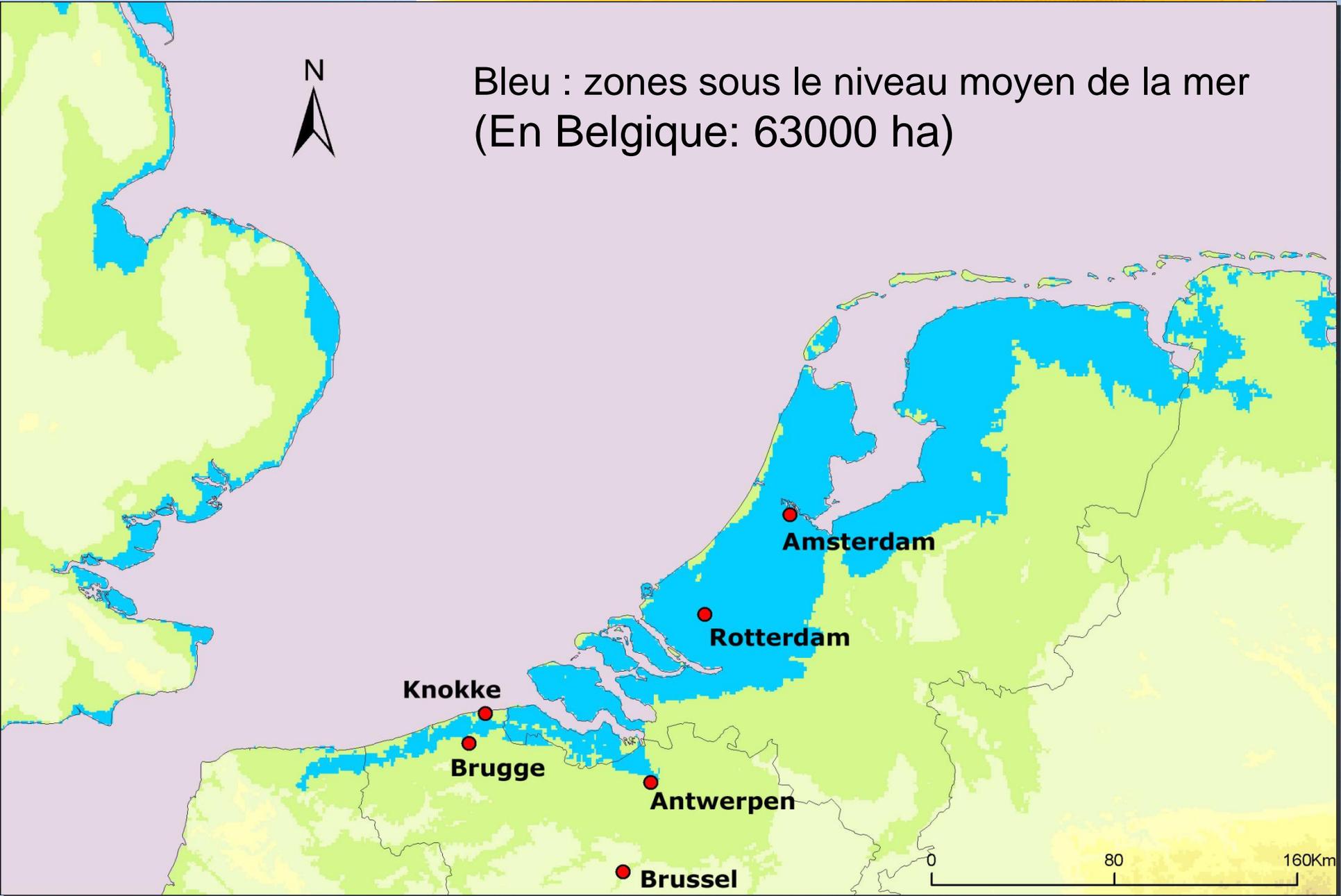
2 x CO₂



+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):

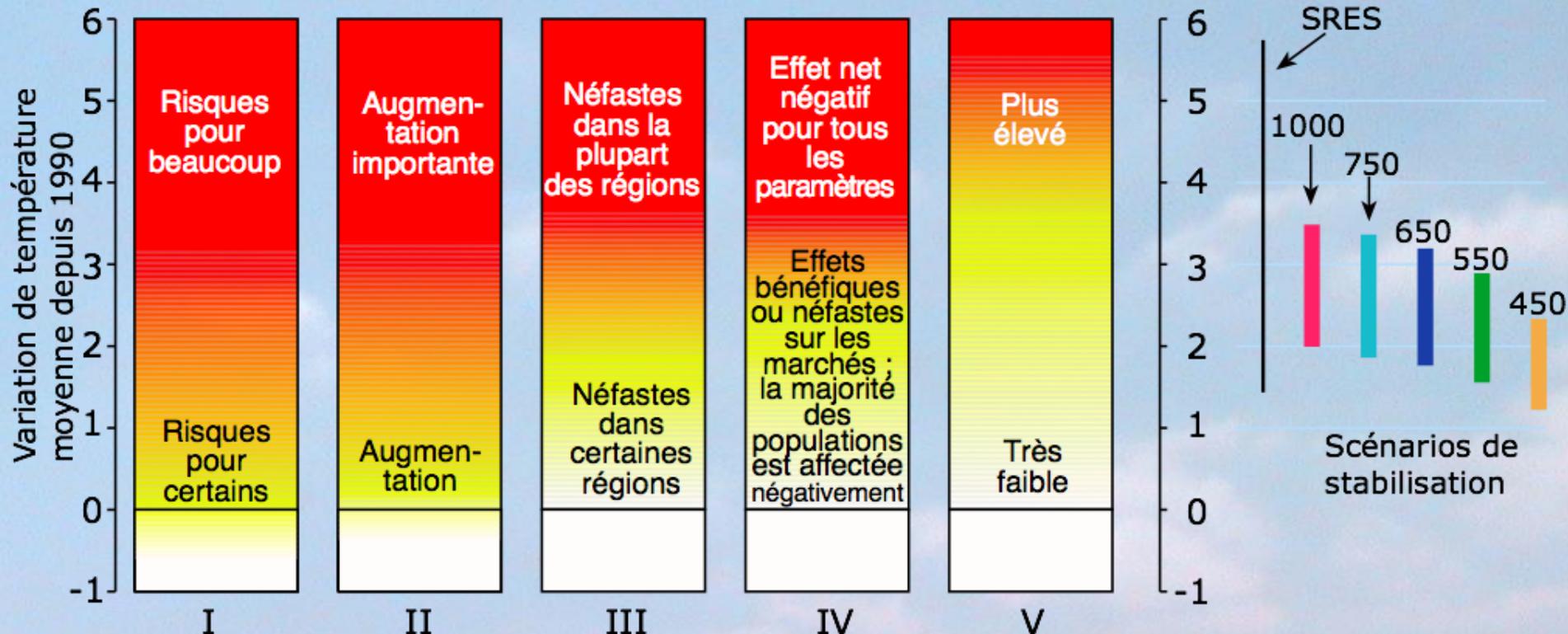


Bleu : zones sous le niveau moyen de la mer
(En Belgique: 3700 km², soit plus d'1/10^{ème} du territoire)



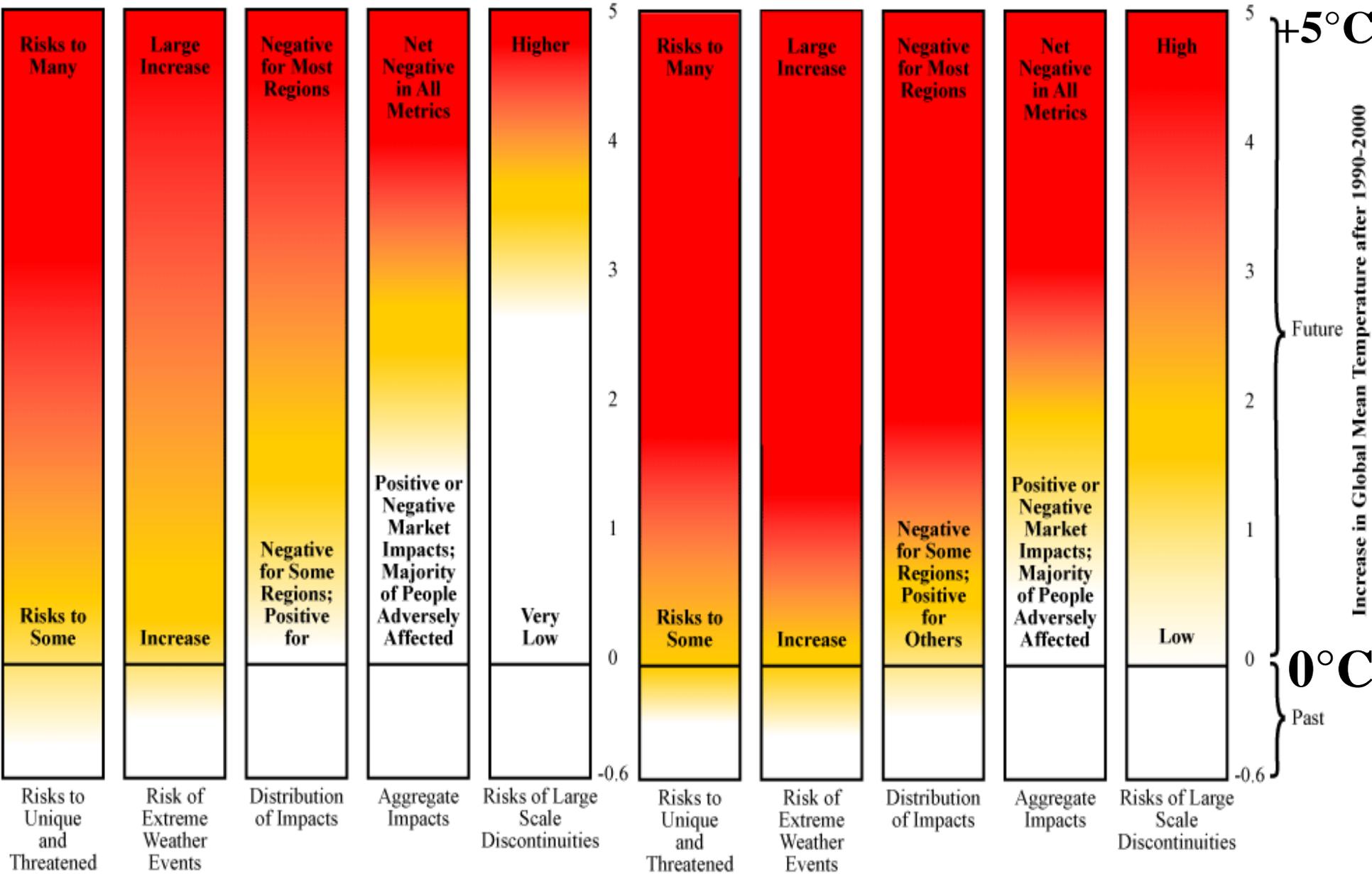
Prenons un peu de distance

- Le risque d'effets néfastes au niveau mondial augmente en parallèle avec la hausse des températures (et des émissions de CO₂)
- Le GIEC a dégagé en 2001 cinq « motifs de préoccupation »: I: écosystèmes; II: extrêmes; III: distribution générale; IV: effet mondial moyen; V: surprises



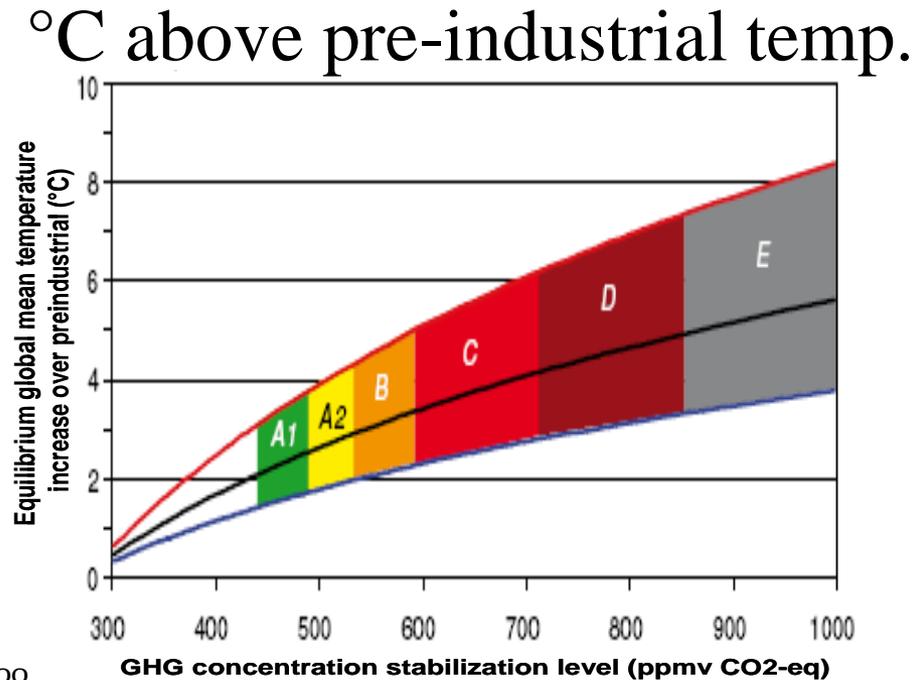
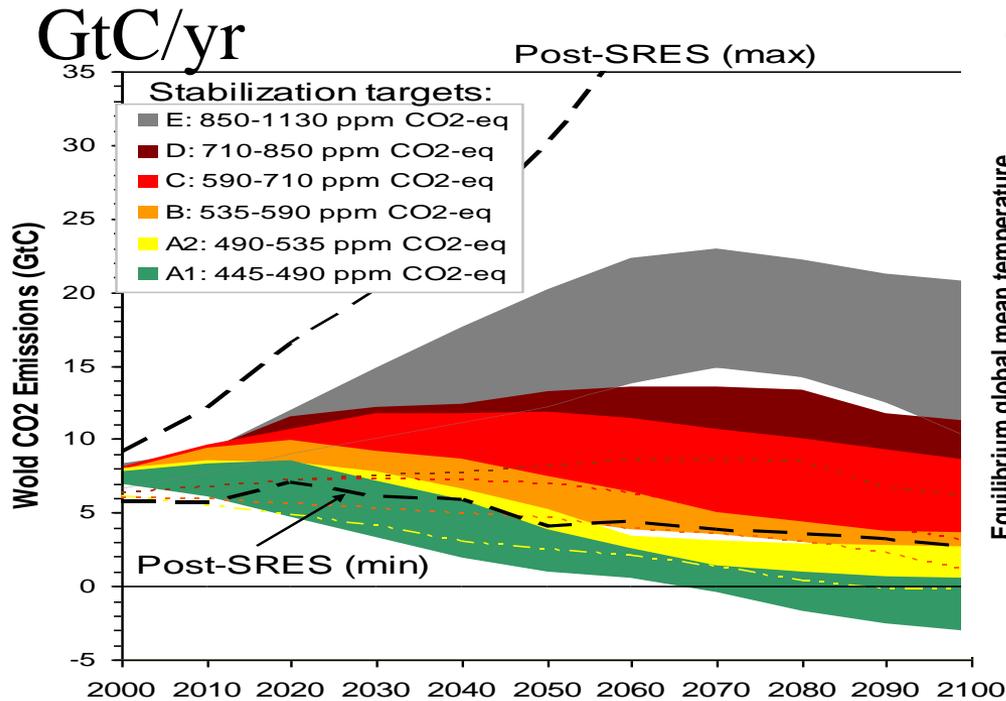
GIEC 2001

(Basé sur) GIEC 2007



Stabilisation and equilibrium global mean temperatures

- Equilibrium temperatures reached after 2100
- Uncertainty of climate sensitivity important



Multigas and CO₂ only studies combined

Stabilisation levels and equilibrium global mean temperatures

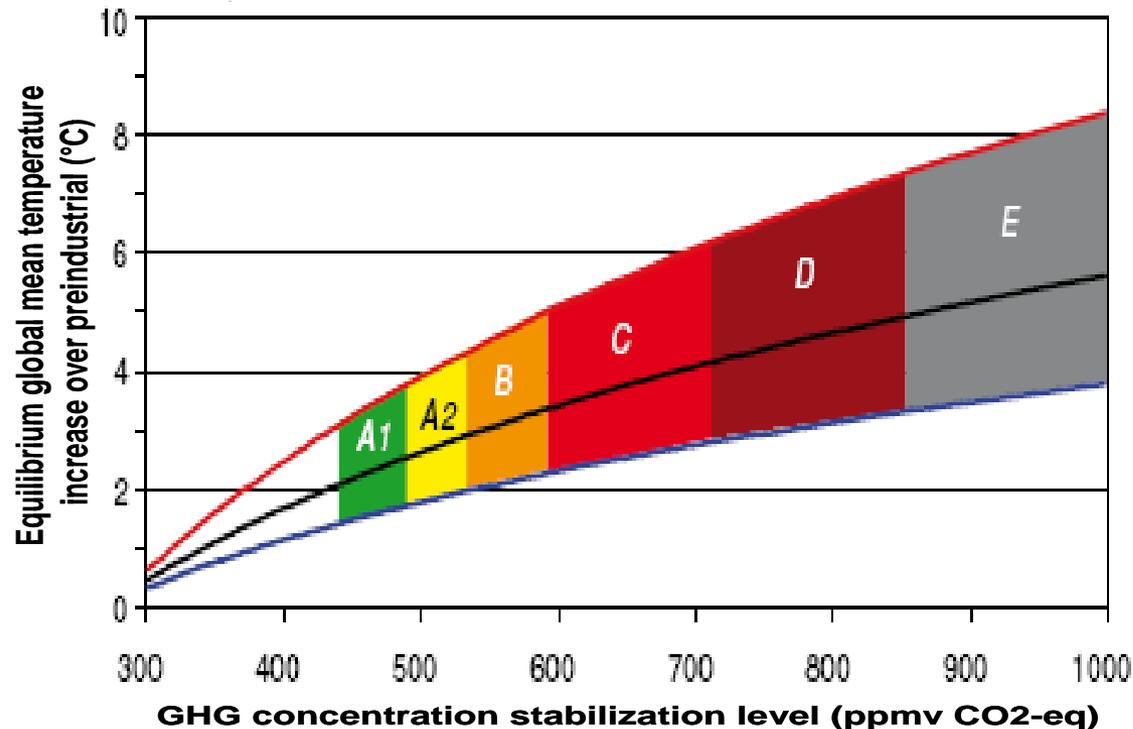


Figure SPM 8: Stabilization scenario categories as reported in Figure SPM.7 (coloured bands) and their relationship to equilibrium global mean temperature change above pre-industrial, using (i) “best estimate” climate sensitivity of 3 °C (black line in middle of shaded area), (ii) upper bound of likely 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.

Vous pouvez essayer:



⌘ www.climate.be/jcm (ou www.climate.be/jcm)

**(modèle interactif du Dr Ben Matthews (UCL-ASTR,
rendu possible par la Politique scientifique
fédérale)**

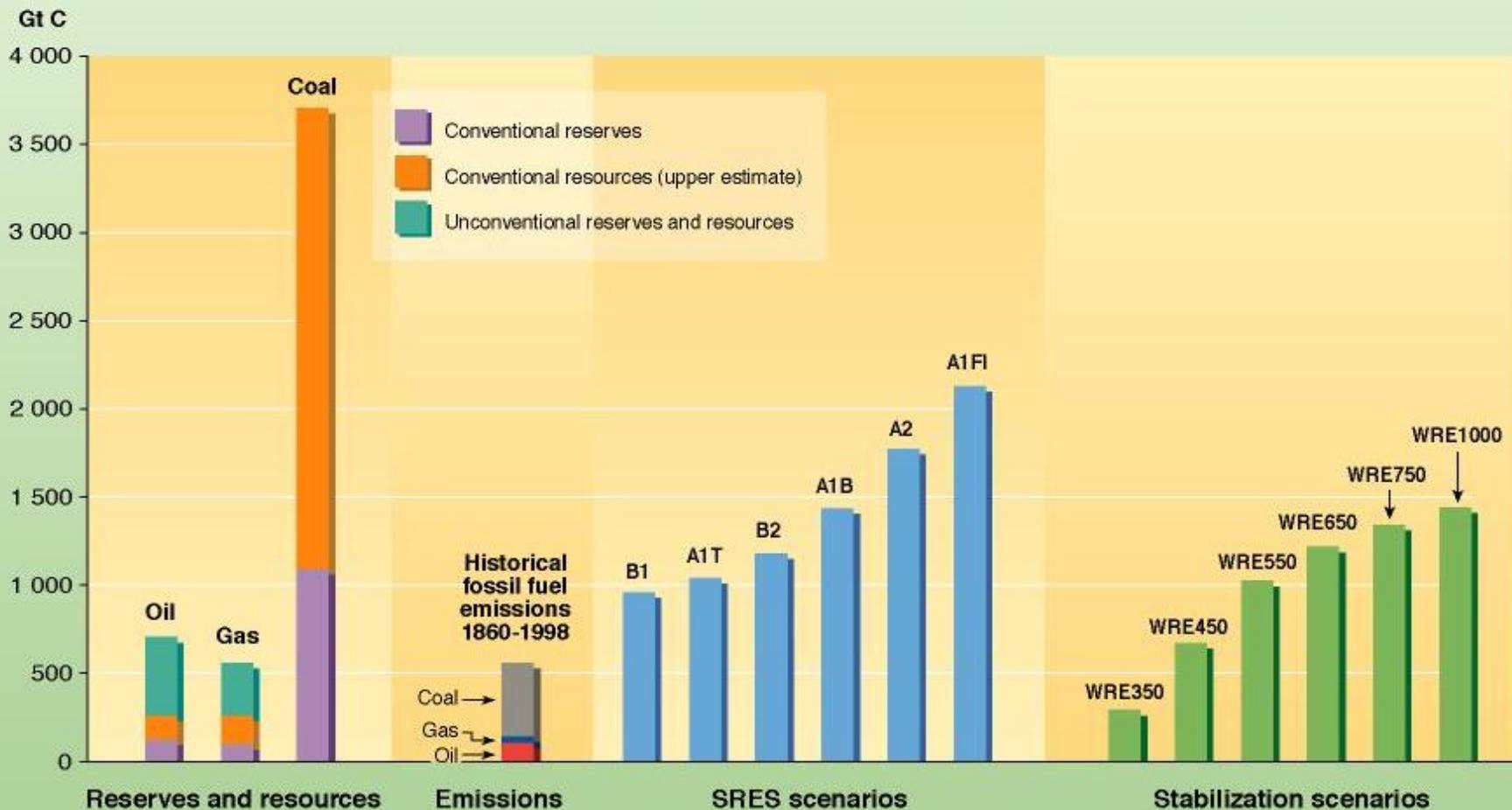
Réduction à long terme (après 2030)

- Plus bas se situe le niveau de stabilisation, plus vite les émissions atteindront leur pic et déclinèrent par la suite
- Les efforts de réduction durant les deux à trois prochaines décennies augmenteront nos chances de parvenir à des niveaux de stabilisation plus bas

Stab level (ppm CO ₂ -eq)	Global Mean temp. increase at equilibrium (°C)	Year CO ₂ needs to peak	Reduction in 2050 compared to 2000
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

L'épuisement des combustibles fossiles ne nous sauvera pas du réchauffement

Carbon in fossil fuel reserves and resources compared with historical fossil fuel carbon emissions, and with cumulative carbon emissions from a range of SRES scenario and TAR stabilization scenarios up until 2100



Source: IPCC (2001)

WMO



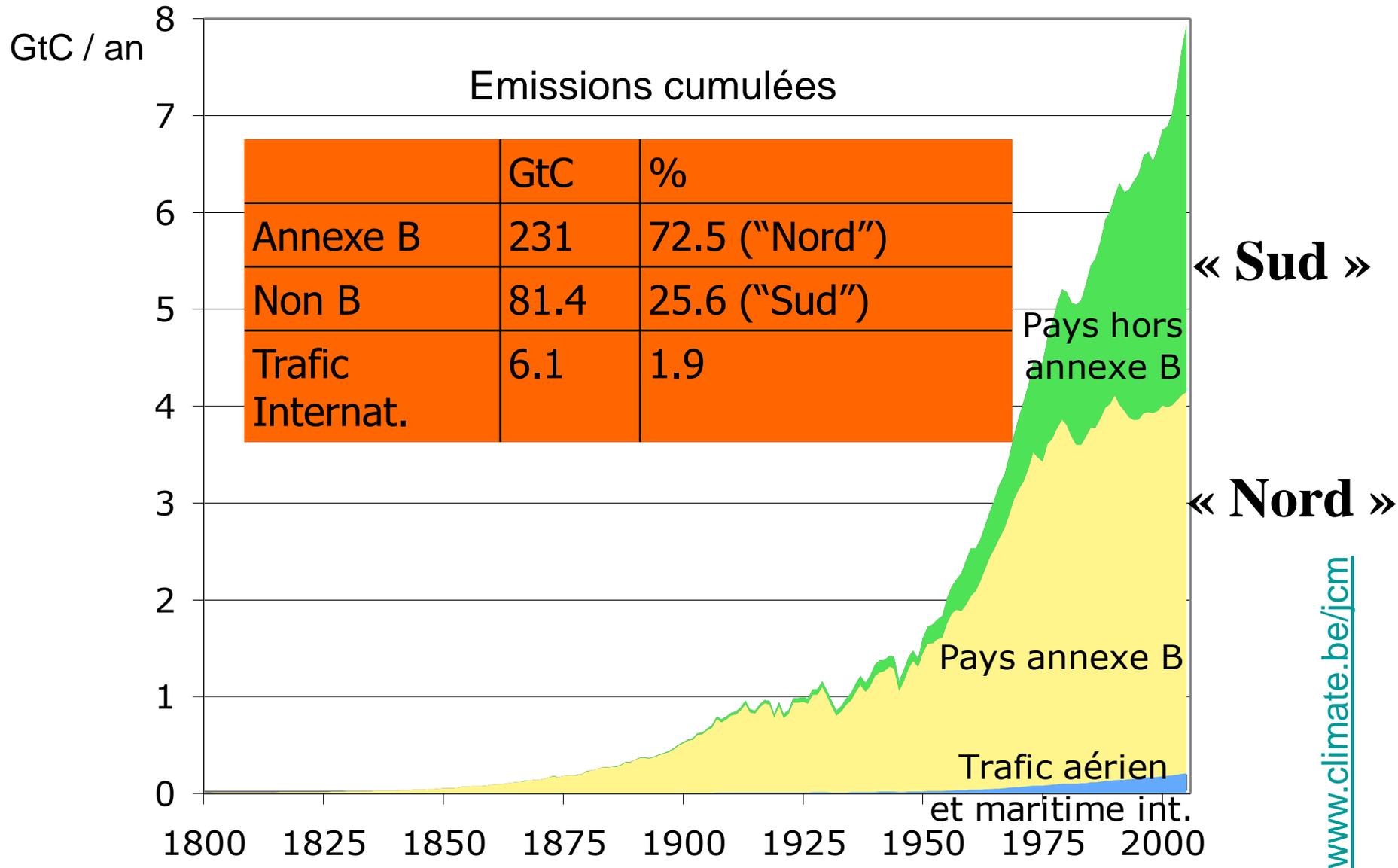
UNEP

Les bonnes nouvelles ensuite

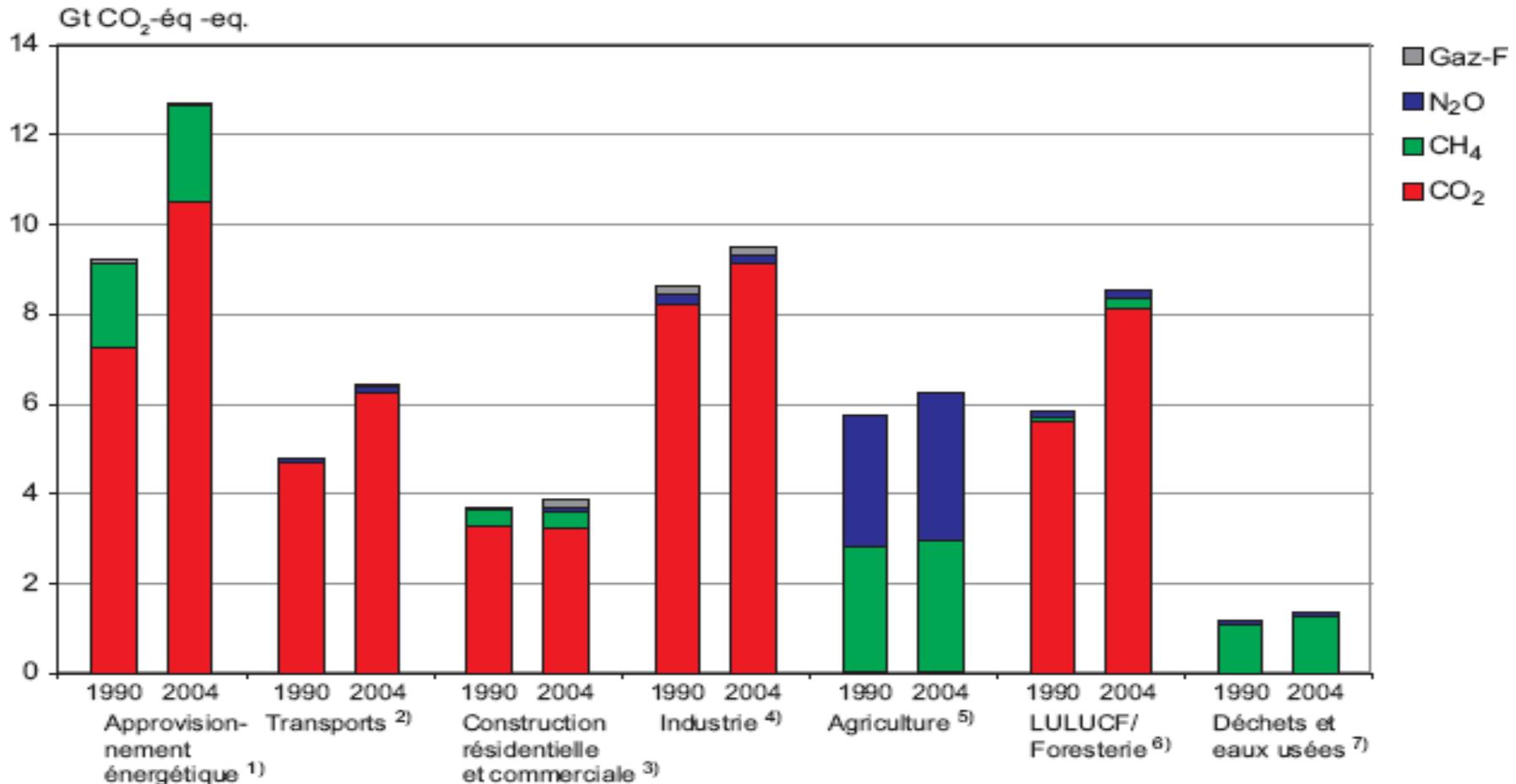


- ⌘ Kyoto est là! (même si ce n'est qu'un début)
- ⌘ Le prix de l'énergie monte (sinon, on s'en fiche)
- ⌘ De nombreuses techniques existent pour réduire les émissions
- ⌘ La technologie progresse rapidement
- ⌘ Protéger le climat coûtera – cher que prévu

Emissions cumulées : CO₂

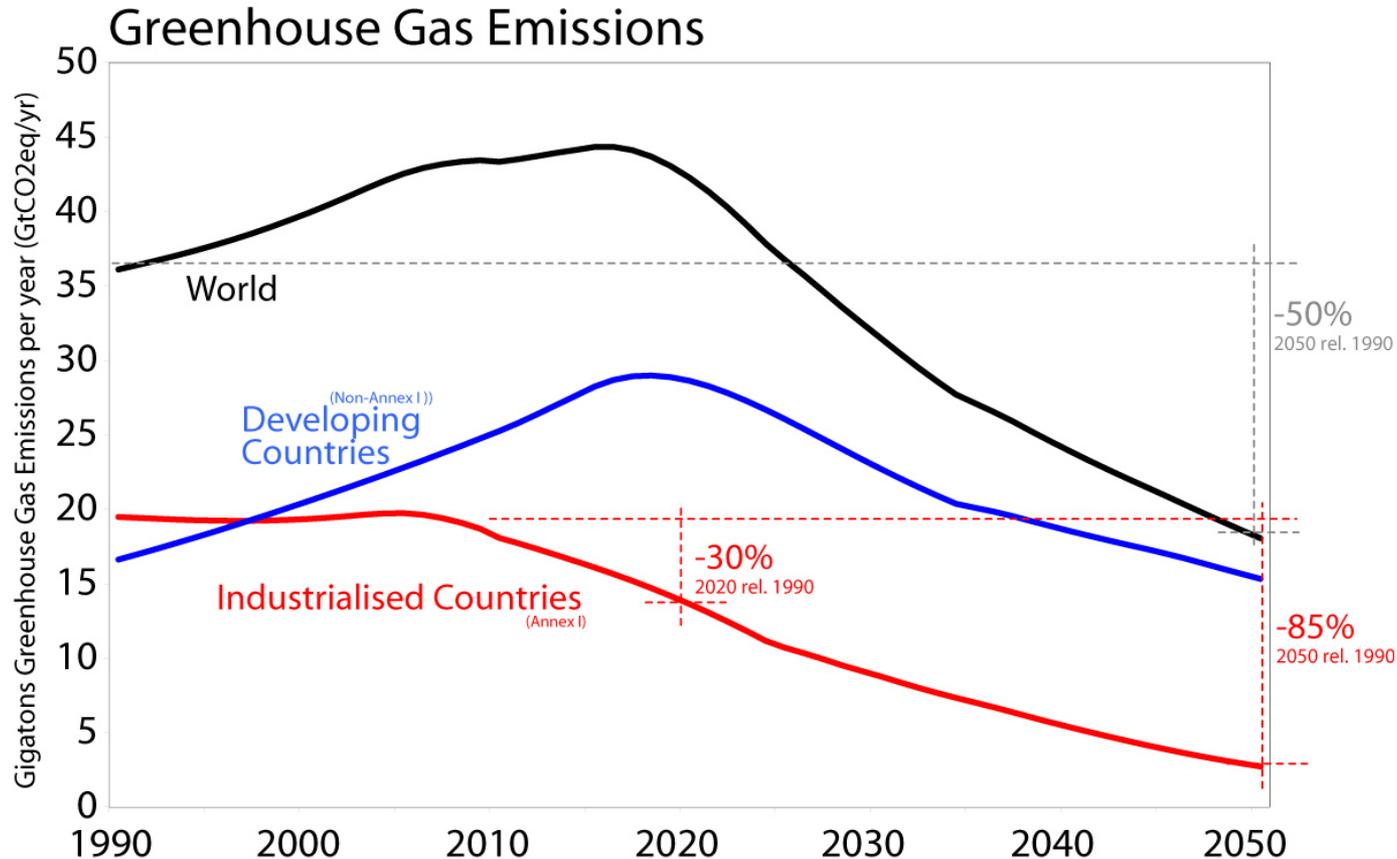


Emissions mondiales par secteur et par gaz pour 1990 et 2004



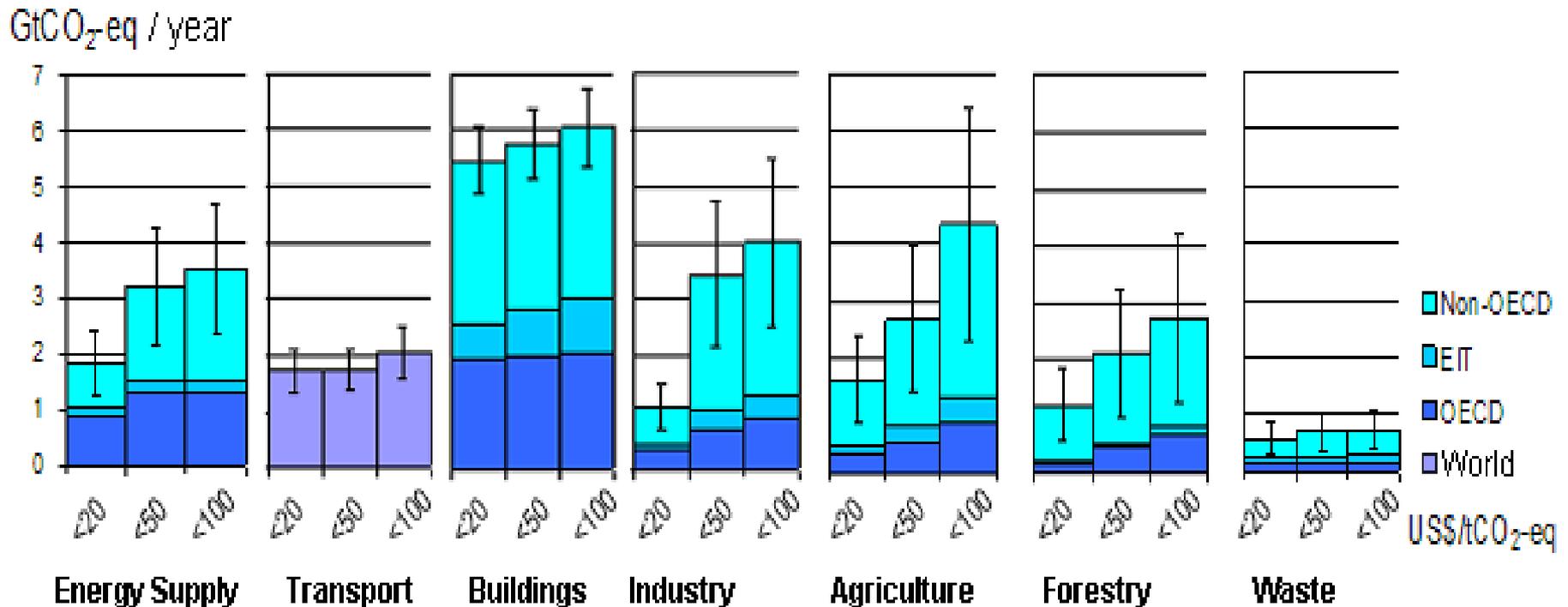
Source: IPCC AR3 WG3 TS Fig 2a

« Vision commune » concernant les réductions d'émissions de GES requises, et leur répartition



The global emissions (black line) are assumed to be halved by 2050. Developed country (Annex I) emissions are assumed to decrease by 30% by 2020 and by 85% by 2050 relative to 1990. Developing country emissions are assumed to increase up to 2020 with following reductions determined by the prescribed global emission levels. The 2050 emission shares of developed and developing countries are illustrative only and represent an assumption of equal per-capita emissions by 2050

Tous les secteurs et régions ont un potentiel économique de réduction à l'horizon 2030

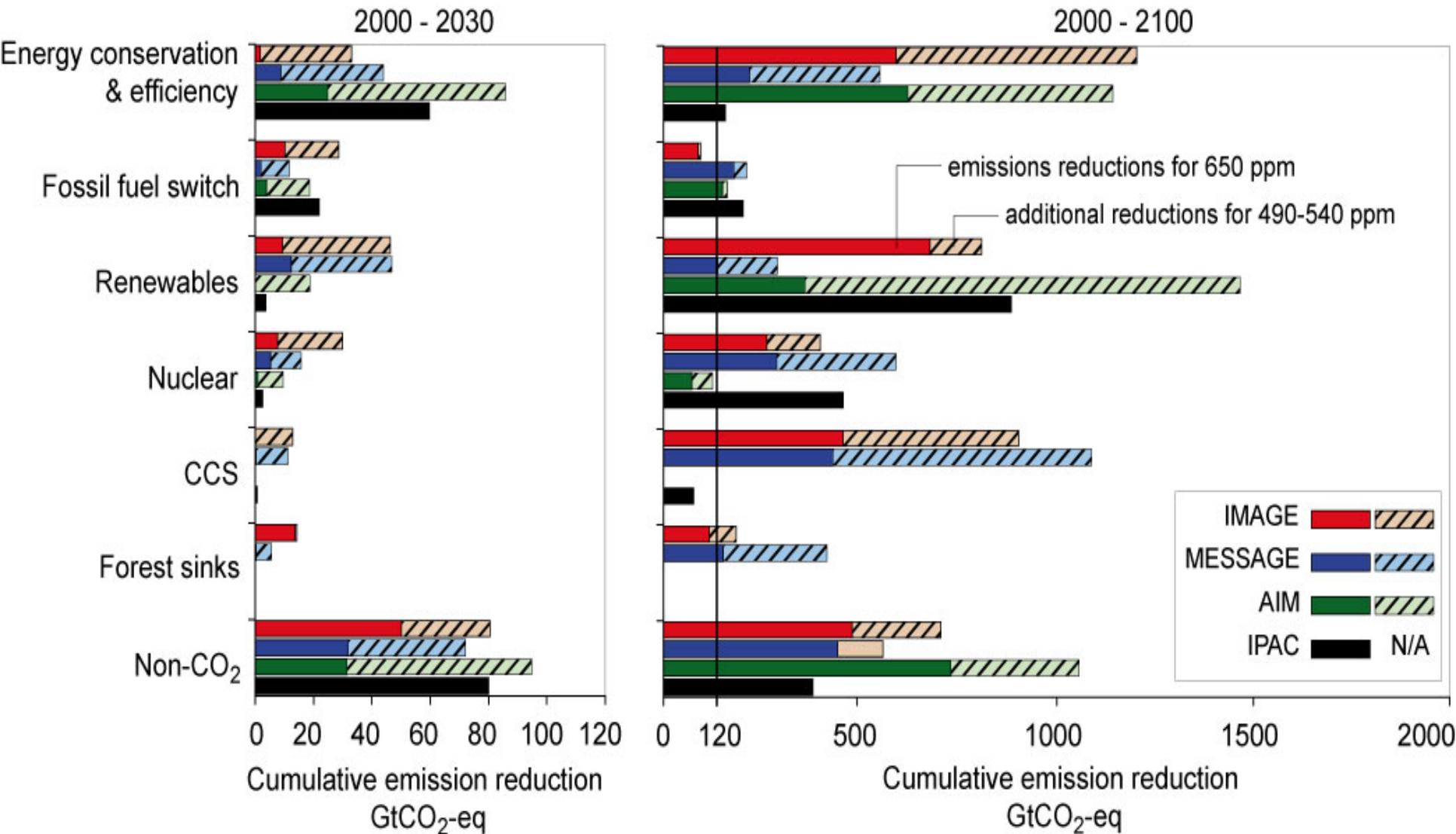


Note: ces estimations n'incluent pas les options non-techniques comme des changements de mode de vie.

Comment réduire les émissions de CO₂?

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 ₂
Transport	Véhicules plus économes, véhicules hybrides, biocarburants, intermodalité dans les transports (route vers rail et transports publics), vélo, marche à pied, aménagement du territoire
Bâtiment	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

Role of Technology, following IPCC AR4



Quels seront les coûts macro-économiques en 2050 ?

Niveaux de stabilisation (ppm éq. CO ₂)	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

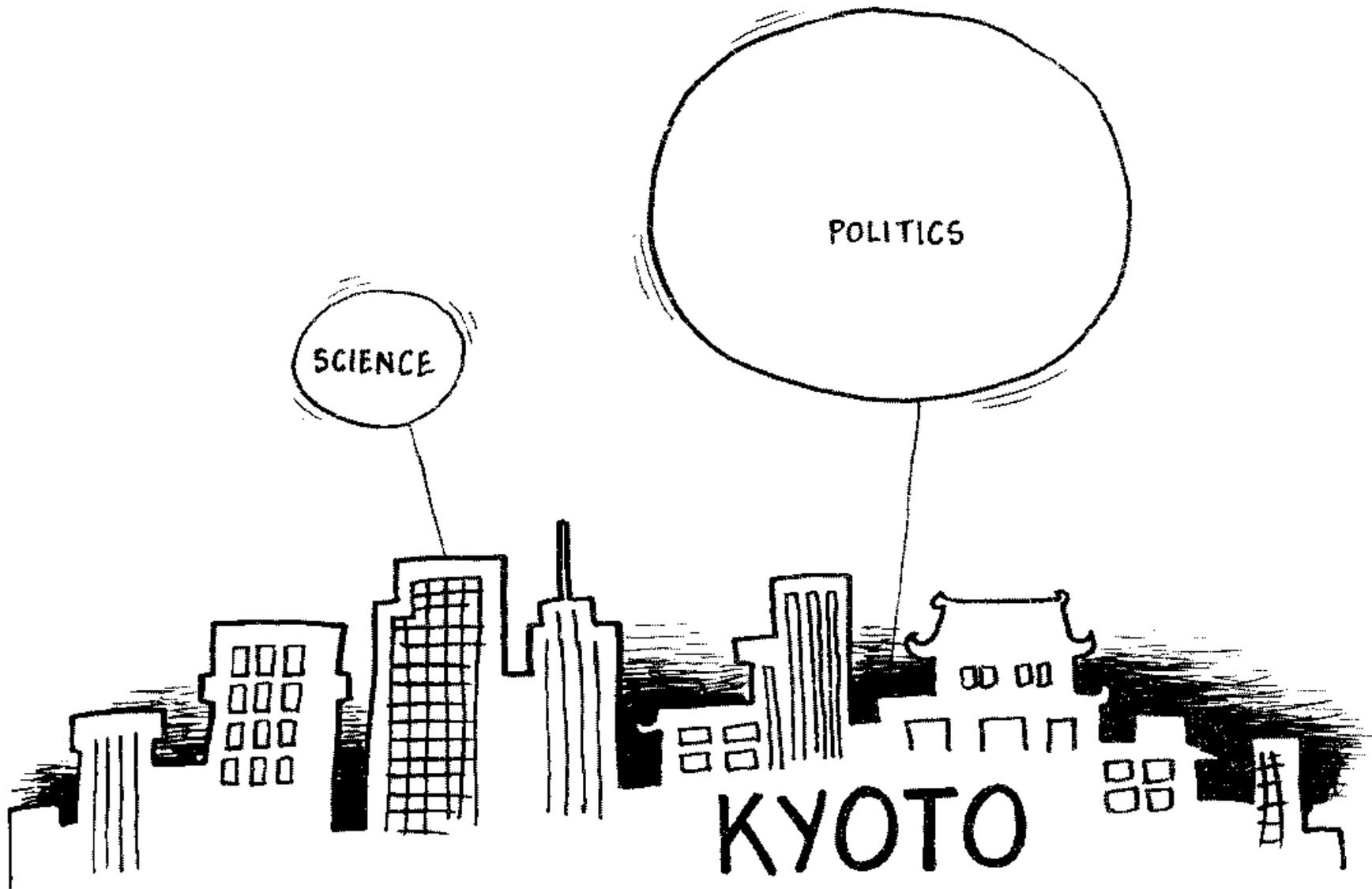
[2] La portée moyenne et celle des 10^e et 90^e percentiles des données analysées sont données.

[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.



Le Protocole de Kyoto

- ⌘ Deuxième étape pour les pays développés: -5% en 2008-2012 (réf: 1990)
- ⌘ Différenciation: UE: -8%, USA: -7%, Japon: -6%, Russie: 0%
- ⌘ Panier de 6 gaz: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆

Le Protocole de Kyoto: Art. 2

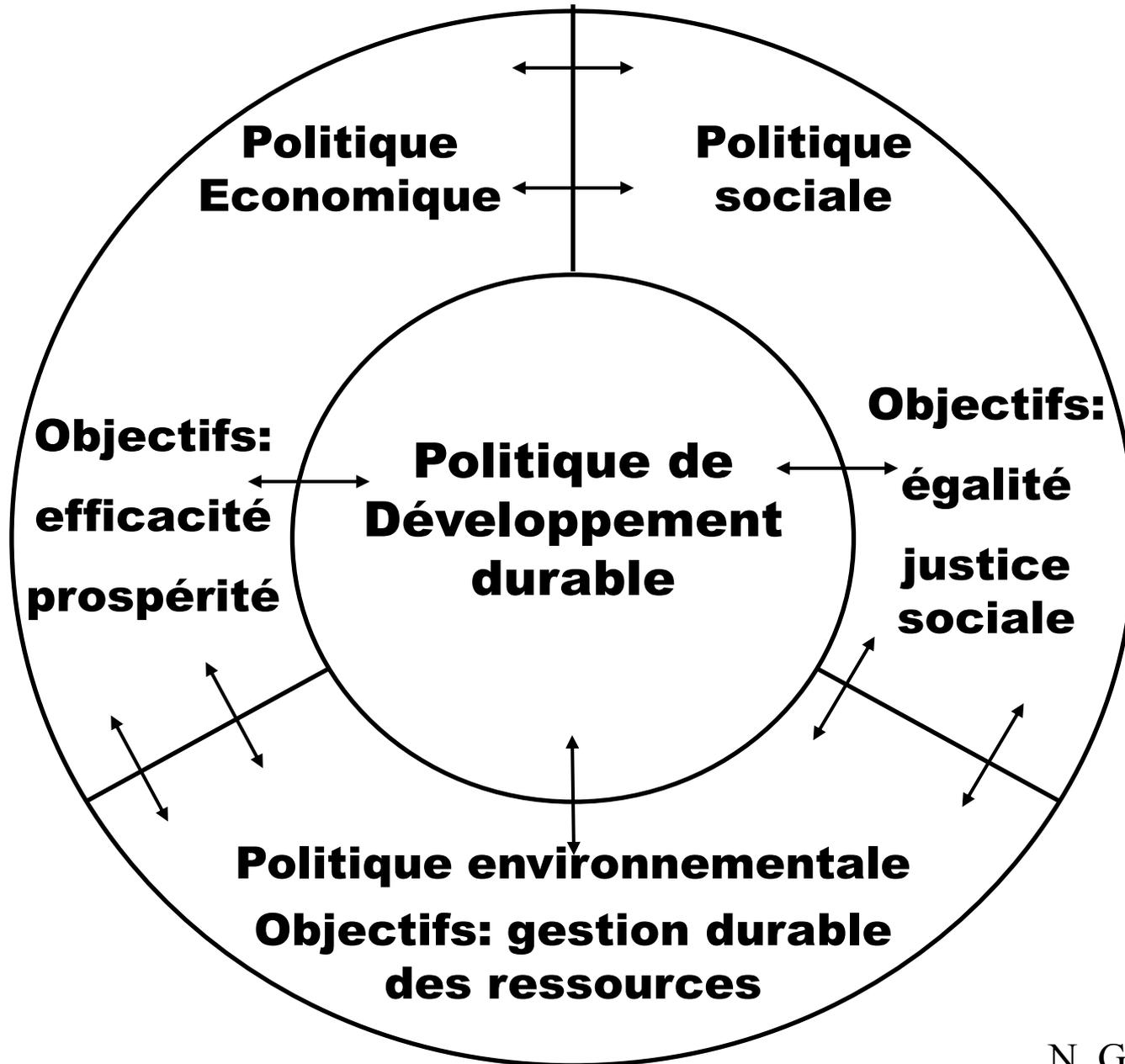


- ⌘ Efficacité énergétique
- ⌘ Puits de carbone
- ⌘ Agriculture durable
- ⌘ Energies renouvelables
- ⌘ Incitations fiscales
- ⌘ Réformes sectorielles
- ⌘ Transports
- ⌘ Déchets (méthane)
- ⌘ Transports aériens & maritimes (via OACI, OMI)
- ⌘ Minimiser les conséquences des mesures pour les PeD

État de la planète au début du XXI^e siècle

- ⌘ Les 20 % les plus riches de la population mondiale représentent 86 % des dépenses totales de consommation privée, consomment 58 % de l'énergie mondiale (à raison d'environ 5 tonnes d'équivalent-pétrole par personne), 45 % de la consommation de viande et de poisson, 84 % de celle de papier, et possèdent 87 % des voitures et 74 % des téléphones.
- ⌘ Les 20 % les plus pauvres de la population mondiale consomment moins de 5 % de chacun de ces biens et services. **Environ 2 milliards de personnes n'ont pas accès à l'électricité, principalement en zone rurale.**

Sources principales: GEO-3 et WEHAB



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

- Dans les bâtiments, changements de: comportement des occupants; habitudes culturelles, et choix de consommation
- Réduction de l'usage de la voiture, style de conduite éco-efficent, amélioration de l'aménagement du territoire et de la disponibilité des transports publics
- Formation du personnel, systèmes d'incitants, analyse régulière et documentation des pratiques en cours dans l'industrie et les organisations

Effet de serre : En quoi sommes nous responsables ? (1)

- ⌘ **Chaque Belge émet 12 tonnes de CO₂/an**
- ⌘ **Chaque kg de carbone (C) brûlé produit 3.7 kg de CO₂**
- ⌘ **Energie consommée directement**
- ⌘ **Energie consommée indirectement**
- ⌘ **Emissions non-énergétiques**
- ⌘ **Quelques pistes pour en sortir**

Effet de serre : En quoi sommes nous responsables ? (2)

⌘ Energie consommée directement :

- ☑ Electricité (1 kWh = environ 0.3 kg de CO₂ émis en Belgique)
- ☑ Chauffage/conditionnement d'air
- ☑ Transport routier (100 km en voiture = environ 20 kg de CO₂ émis)
- ☑ Transport aérien (vacances : BXL-Malaga A/R : environ 2 tCO₂eq par passager)

Effet de serre : En quoi sommes nous responsables ? (3)

Energie consommée indirectement :

 **contenu énergétique des biens consommés (matériaux de base, fabrication, transport, élimination)**

 **ex : brique ou bois, achat de légumes de contre-saison, aliments préparés**

Dernières remarques

- ⌘ **Il est temps de définir des politiques sérieuses d'adaptation et de prévention**
- ⌘ **Il faut voir à long terme, avec des objectifs de réduction d'émissions bien + ambitieux que Kyoto**
- ⌘ **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: ne peut-on imaginer de focaliser des recherches pour arriver à en capter un millième ?**

Conclusion

⌘ C'est bien d'une révolution énergétique que nous avons besoin, pour rencontrer le triple le défi de la protection du climat, de l'épuisement des combustibles fossiles et fissiles, et de la satisfaction des besoins essentiels de *tous* les habitants de la planète.

Martin Luther King, Prix Nobel de la Paix



⌘ « **Nous devons apprendre à vivre ensemble comme des frères, sinon nous allons mourir tous ensemble comme des idiots** »

Pour en savoir plus...



- ⌘ www.climate.be/vanyp : ma page web UCL
- ⌘ www.ipcc.ch : IPCC ou GIEC
- ⌘ www.unfccc.int : Convention & Protocole
- ⌘ www.cfdd.be : Conseil fédéral
développement durable
- ⌘ www.climat.be : campagne climat du Gvt
- ⌘ www.climate.be/jcm : modèle interactif du Dr
B. Matthews, UCL-ASTR