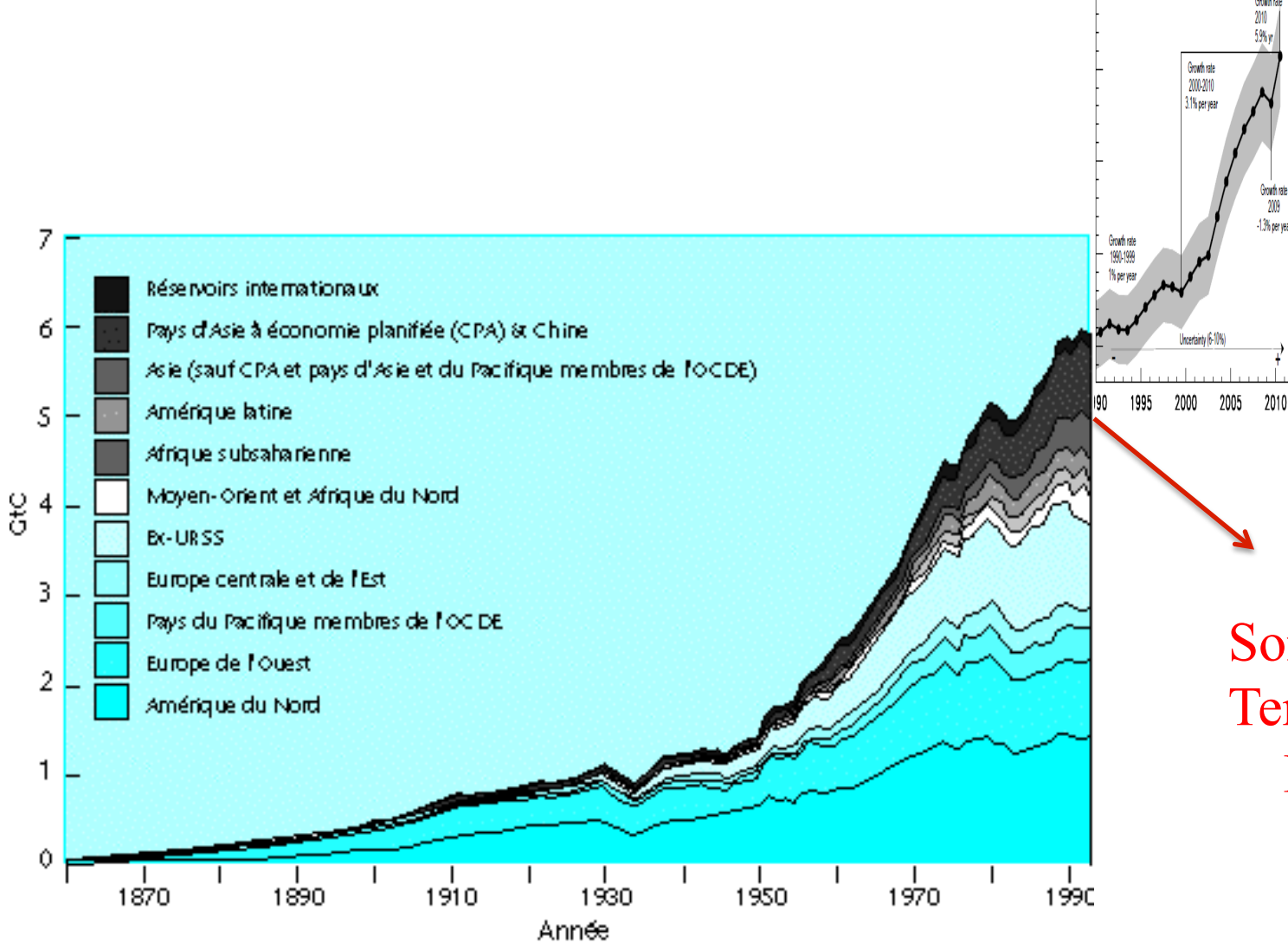




# Institut Pierre-Simon Laplace

9 Laboratoires et 1400 personnes en région Parisienne

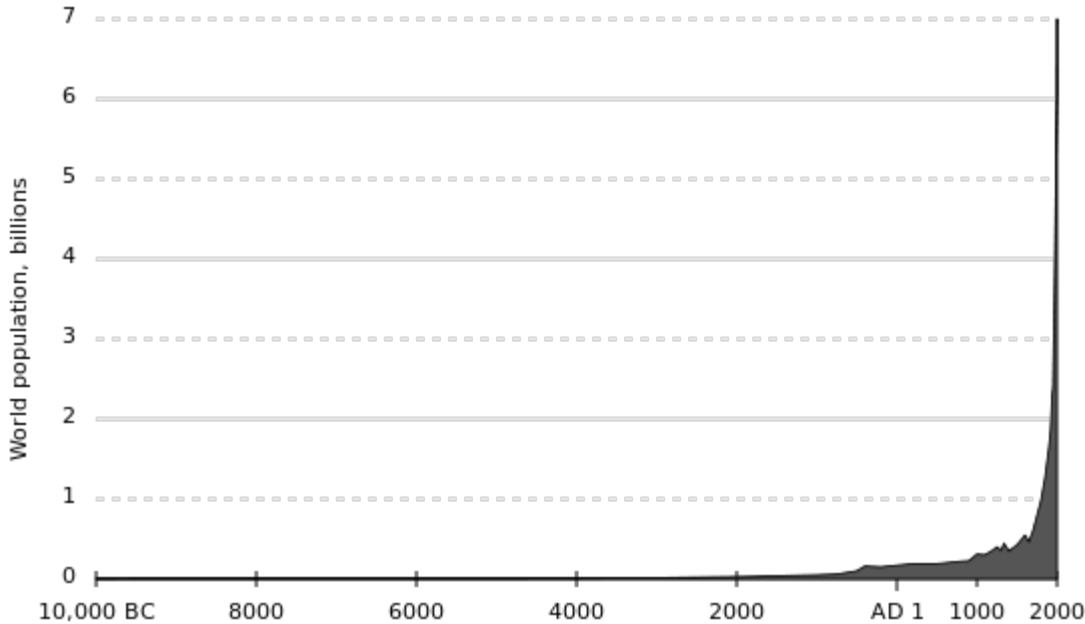




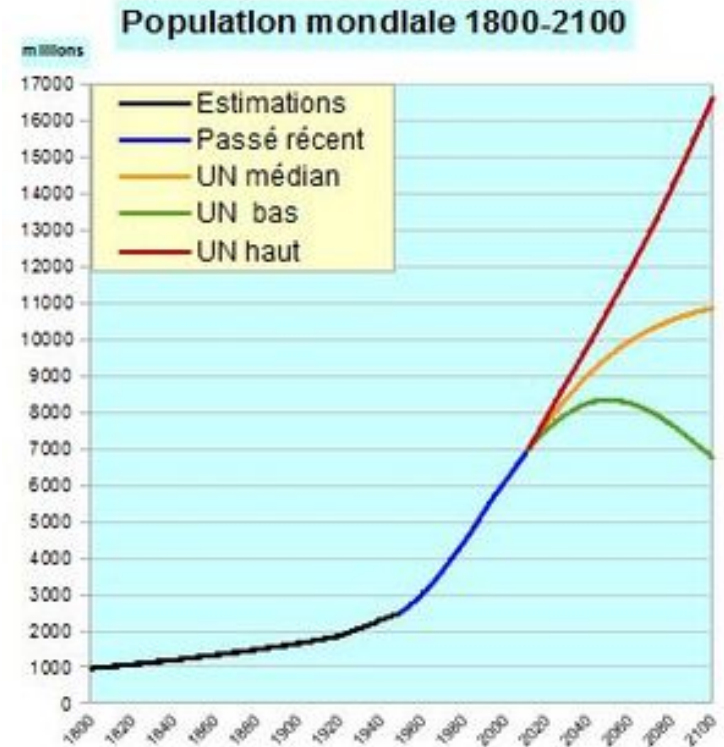
Sommet de la  
Terre  
Rio 1992

**Le changement climatique: un problème en mutation rapide.** (diagramme en milliards de tonnes de carbone par an, Agence Internationale de l'Énergie)

Depuis 10 000 ans



Dans le futur?

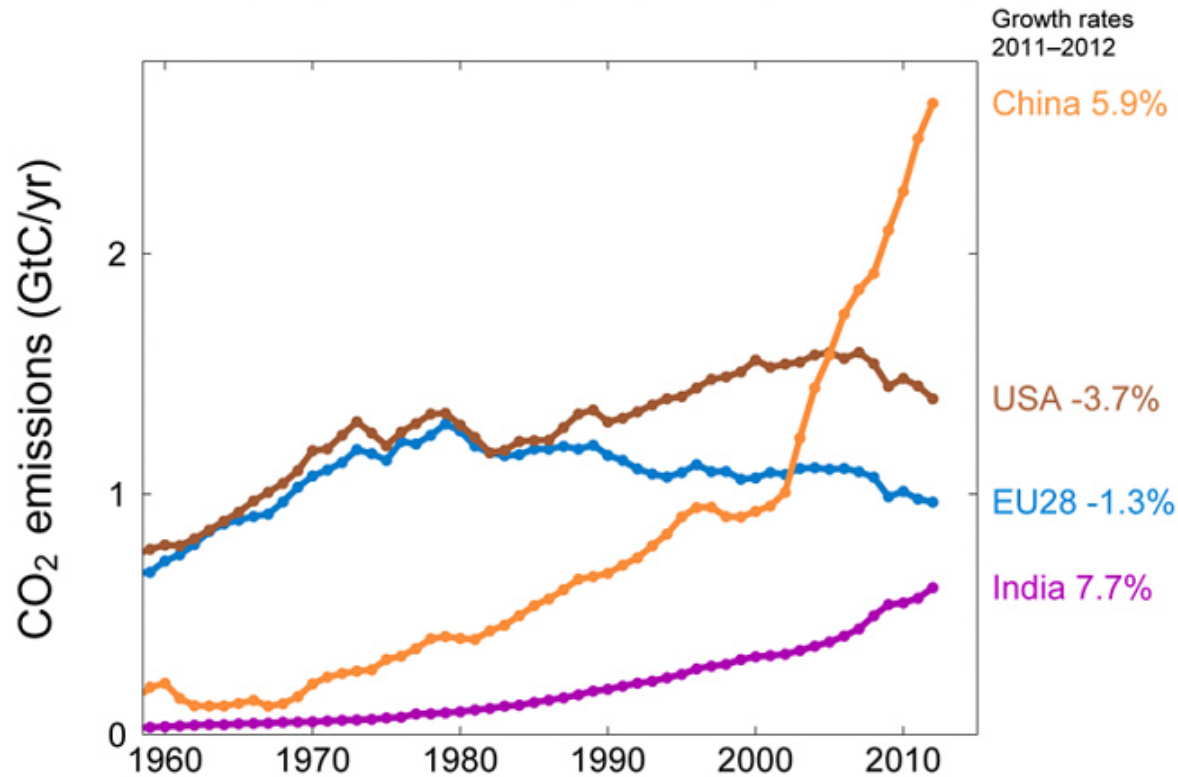


(source: Nations-Unies 2013)

Croissance  
démographique

## Top Fossil Fuel Emitters (Absolute)

Top four emitters in 2012 covered 58% of global emissions  
 China (27%), United States (14%), EU28 (10%), India (6%)



With leap year adjustment in 2012 growth rates are: China 5.6%, USA -4.0%, EU -1.6%, India 7.4%.

Source: [CDIAC Data](#); [Le Quéré et al 2013](#); [Global Carbon Project 2013](#)

## **Quelques dates:**

**1955: premiers soupçons**

**1979: rapport Charney à l'Académie  
des Sciences américaine**

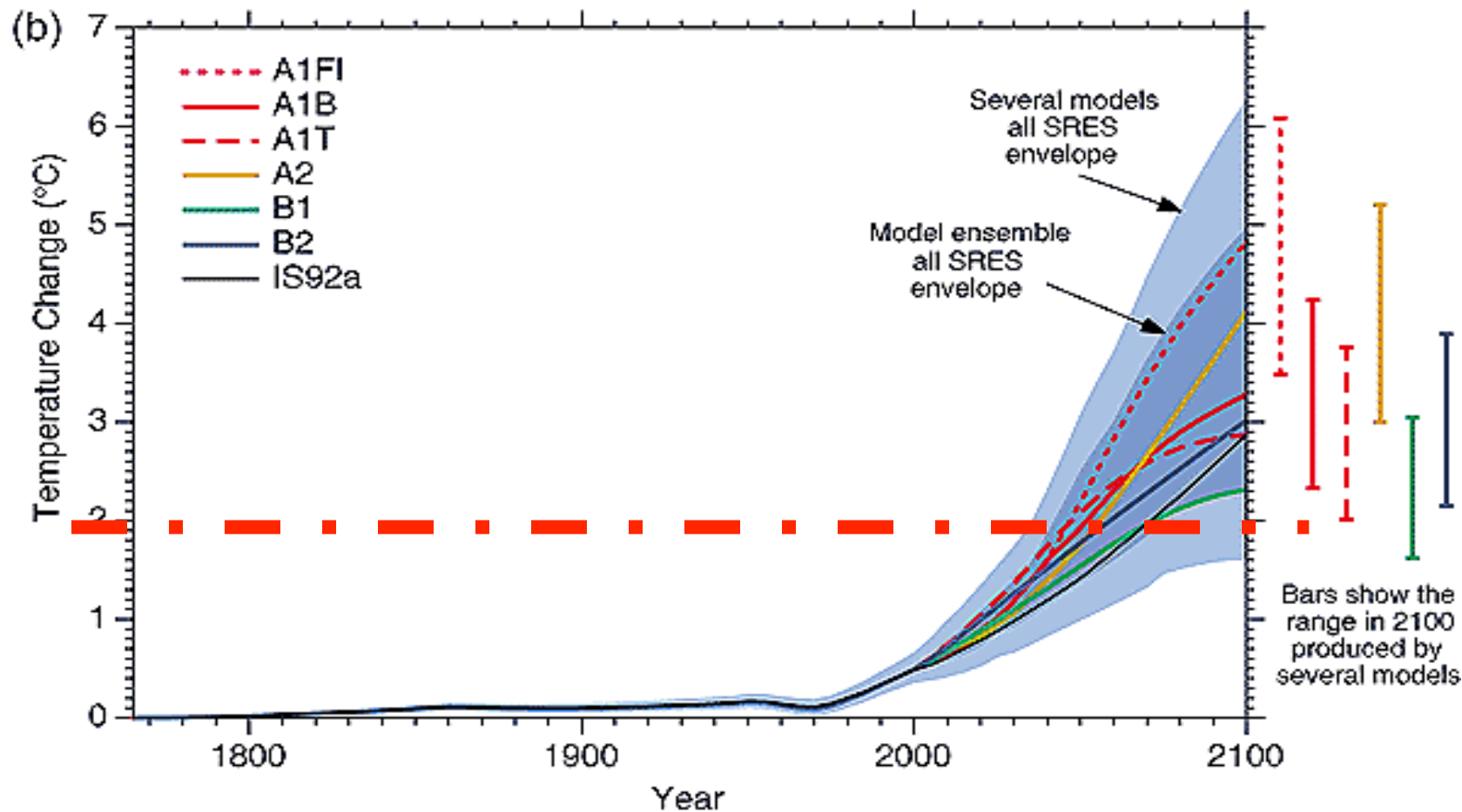
**1980: Programme Mondial de Recherche  
sur le Climat**

**1988: GIEC**

**1992: Sommet de la Terre à Rio**

**1997: Protocole de Kyoto (entrée en vigueur: 2005)**

**2015: COP21, accords de Paris**

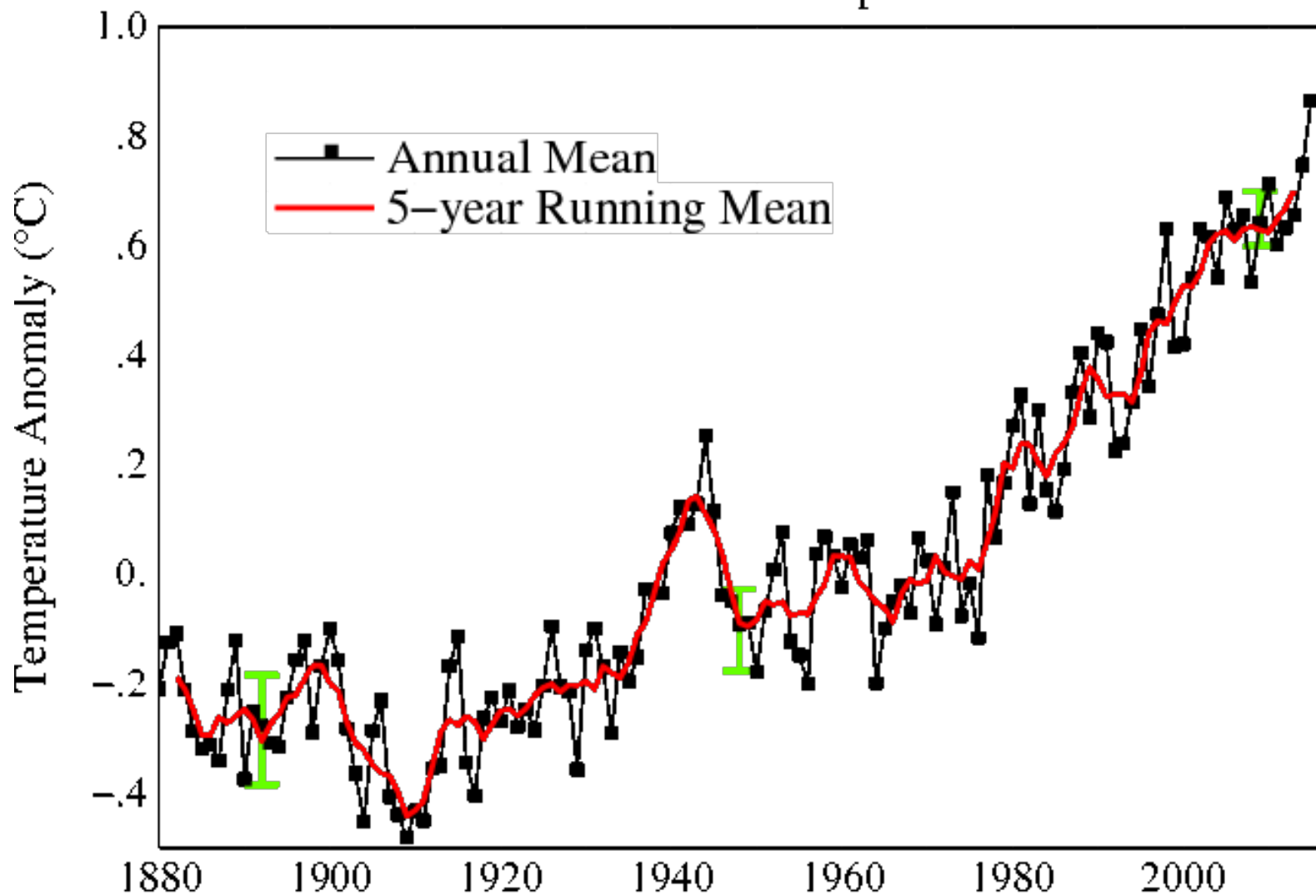


**Un exercice collectif de « scénarisation » des températures futures toujours valide: les simulations du SRES (ici: GIEC, 2001)**



New observational devices are necessary: the example of the Aqua train:  
Aura, Parosol, Calipso, Cloudsat, Aqua, OCO.  
Crédits : CNES octobre 2004, illustration P. Carril

# Global Land–Ocean Temperature Index



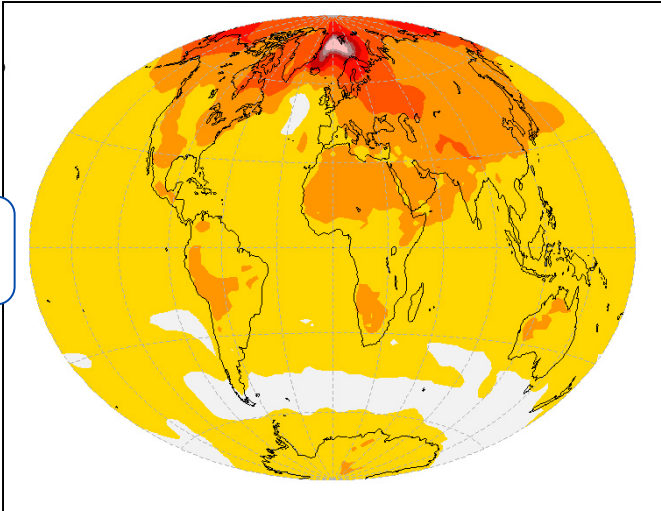


# Changement de température de surface

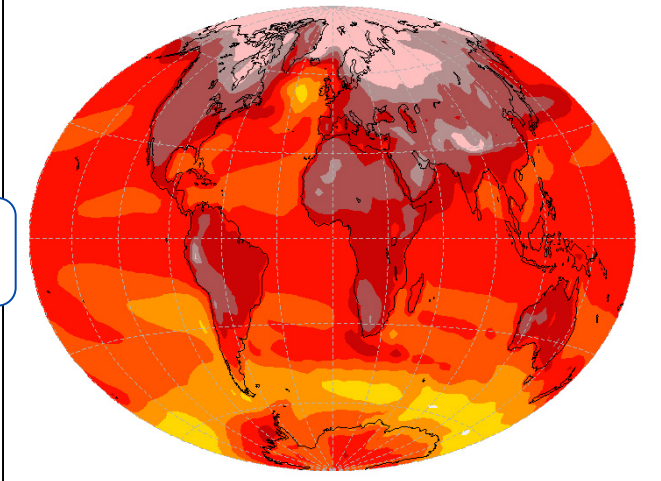
Différence entre 2100 et 1990

IPSL-CM5A-LR

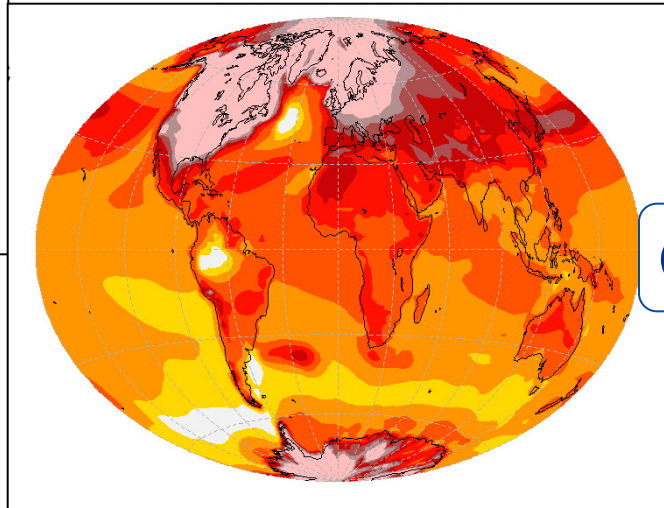
RCP2.6



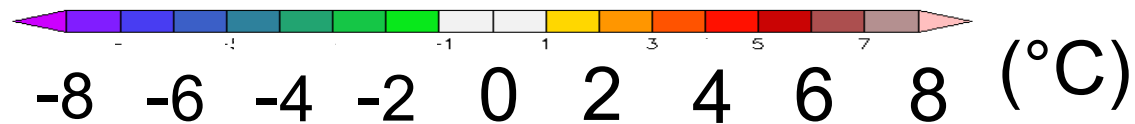
RCP8.5



Entre préindustriel et glaciaire



Glaciaire

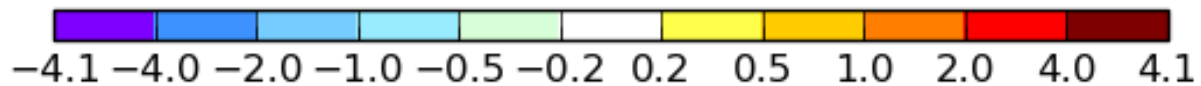
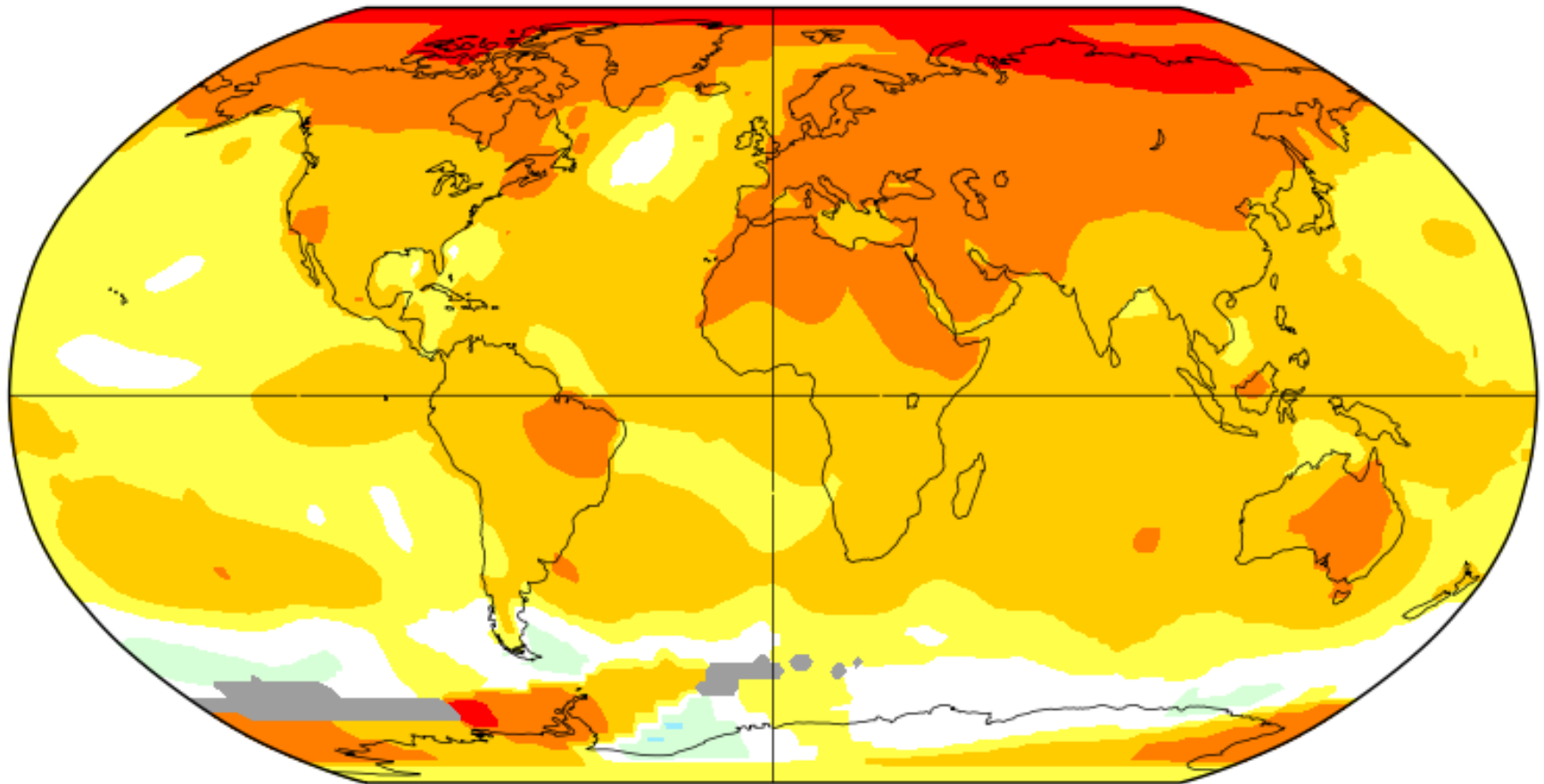


# Les changements observés

Nov-Oct 2007-2016

L-OTI(°C) Anomaly vs 1951-1980

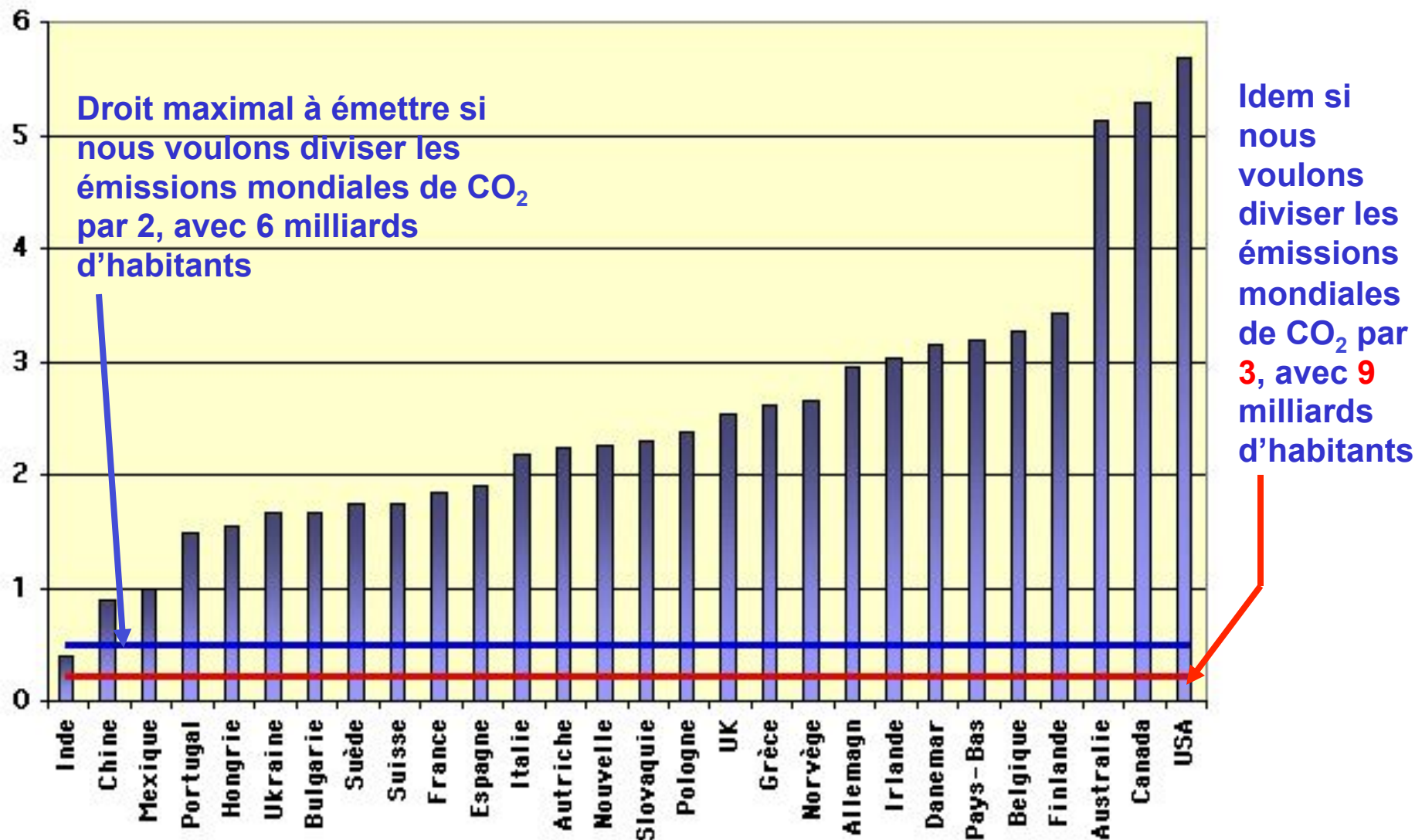
0.71



NASA - GISS

**Jusqu'où et comment diminuer  
les émissions de gaz à effet de serre**

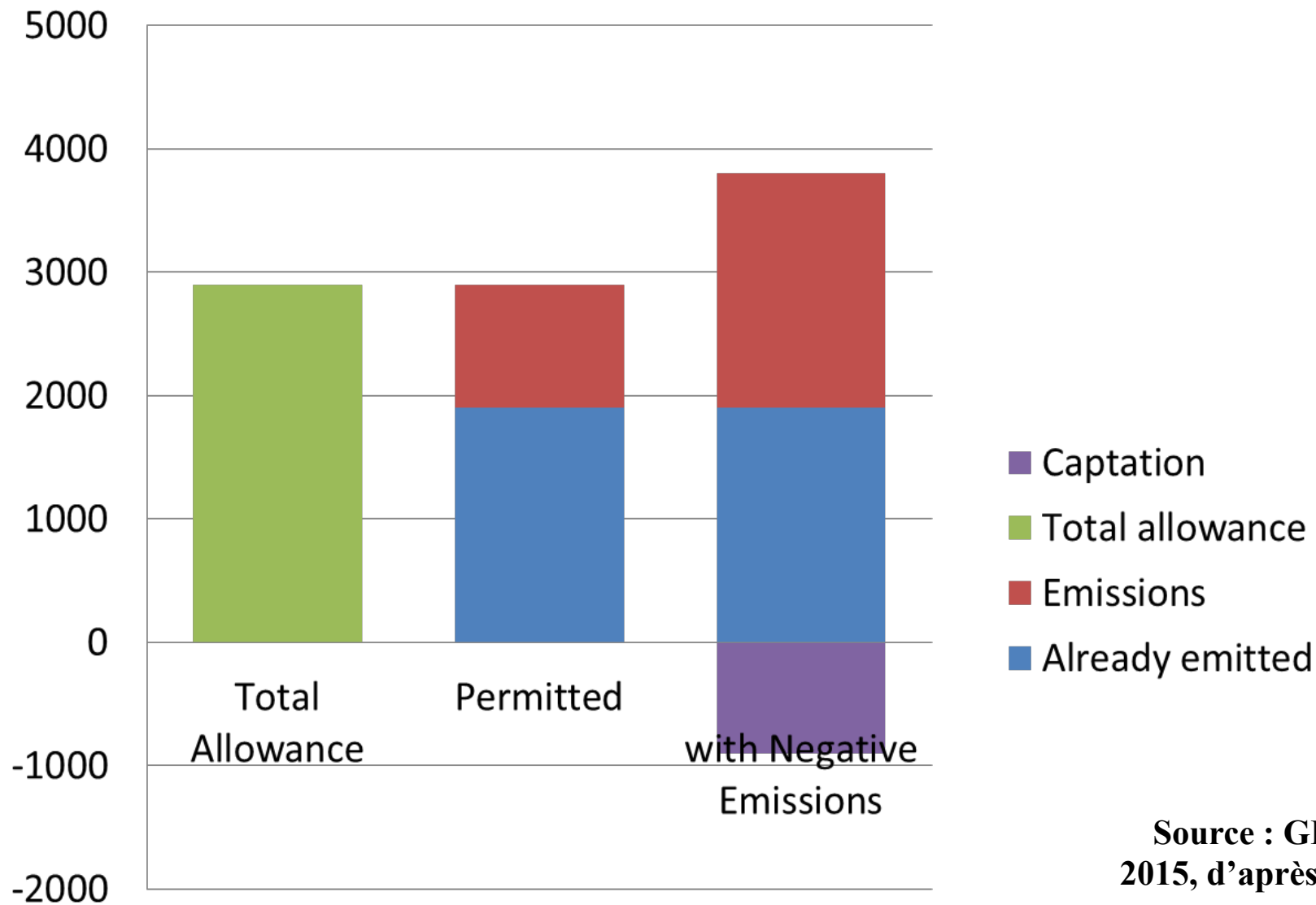
# Qu'émettre au plus si nous voulons arrêter d'enrichir l'atmosphère en CO<sub>2</sub> ?



Émissions de CO<sub>2</sub> par habitant en 1998 et « droits maximaux à émettre sans perturber le climat ». Source UNFCCC pour les émissions par habitant.

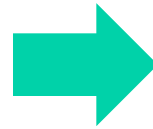
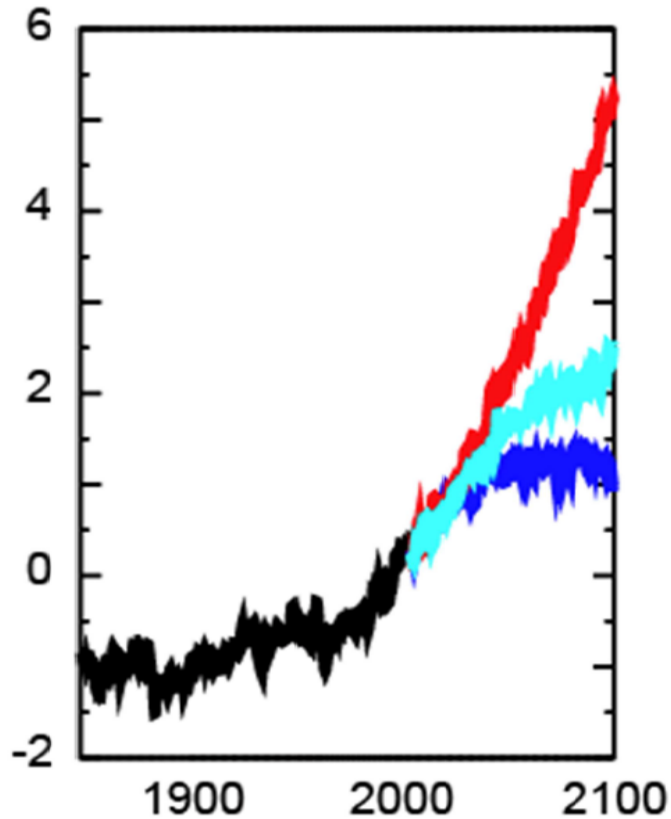
# Une urgence grandissante

**Emission budget to get 66% chance of not going over 2°C**  
**Cumulated emissions in tons of CO<sub>2</sub> equivalent**

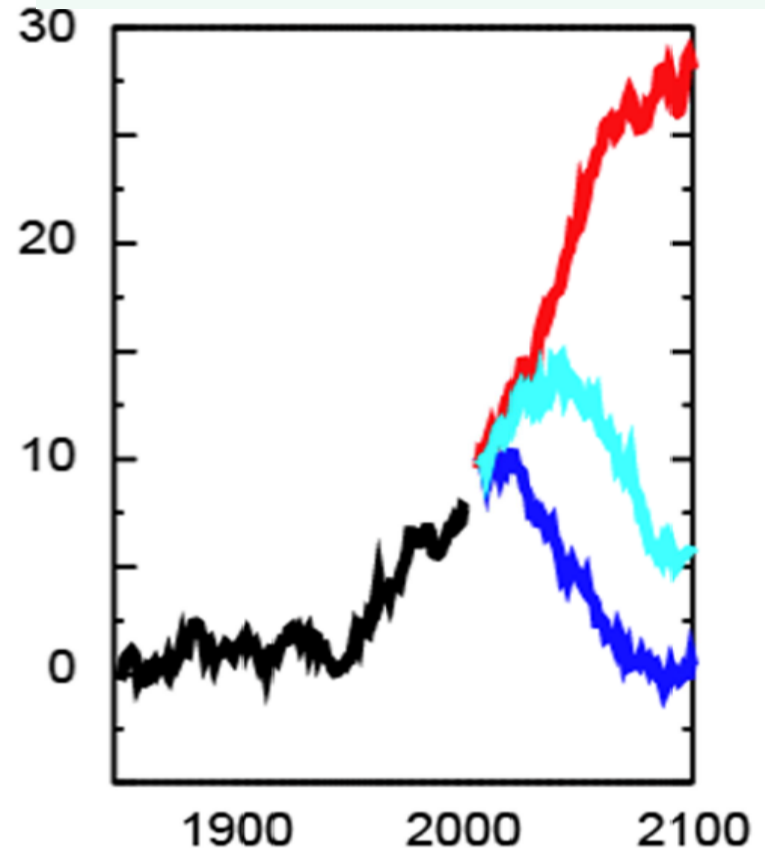


Source : GICN,  
2015, d'après GIEC

Réchauffement (en °C)



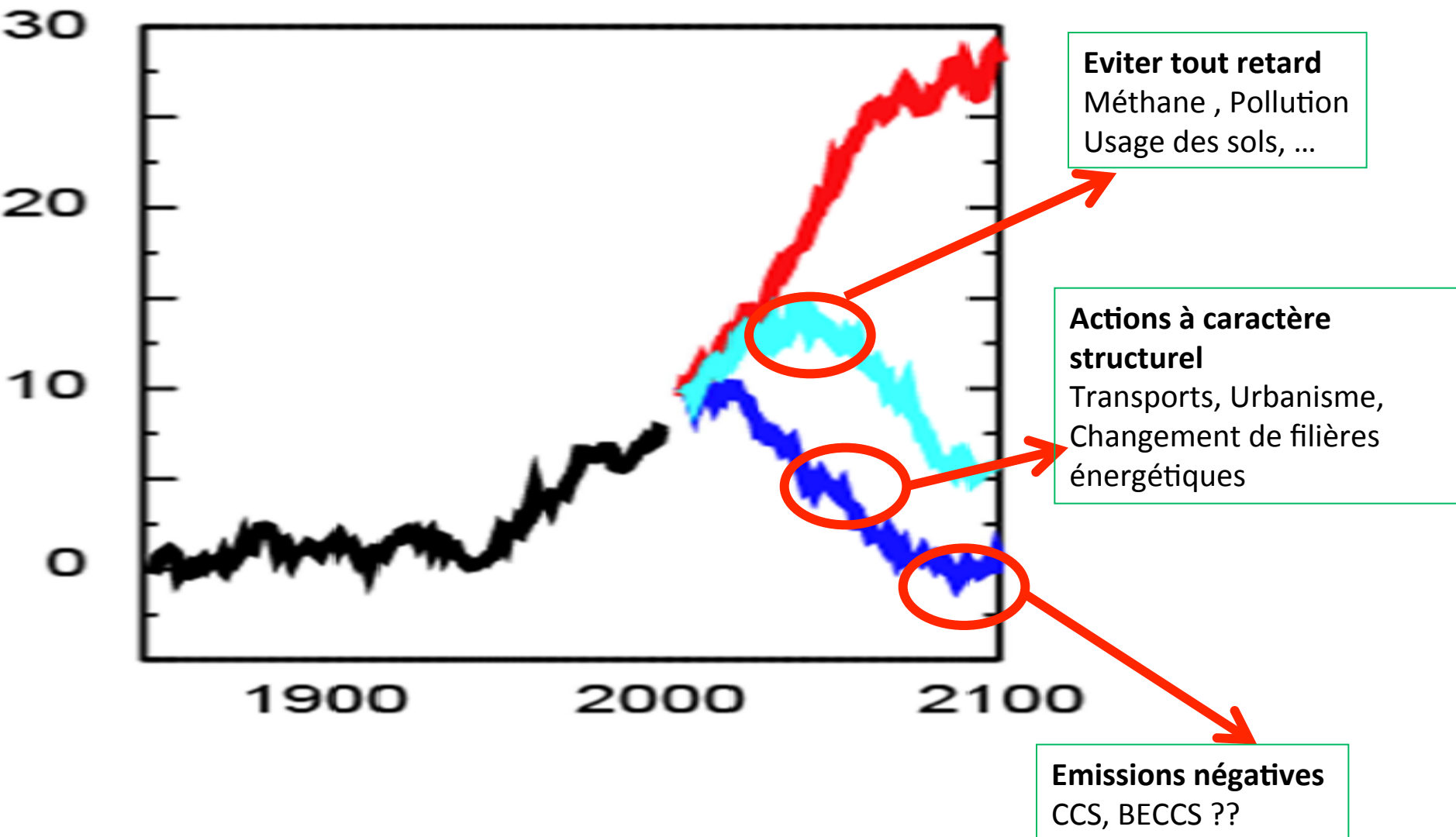
Emissions associée de CO<sub>2</sub>  
(en GtC / an)



**Un vision inverse du  
problème: quelles émissions  
pour quel objectif?**

IPSL / GIEC 2013

# Réduire les émissions de gaz à effet de serre: Une action contrainte tout au long du siècle



# Les contributions des états ne sont aujourd'hui pas suffisantes pour rester sous le « seuil » des deux degrés (GIEC /GICN)

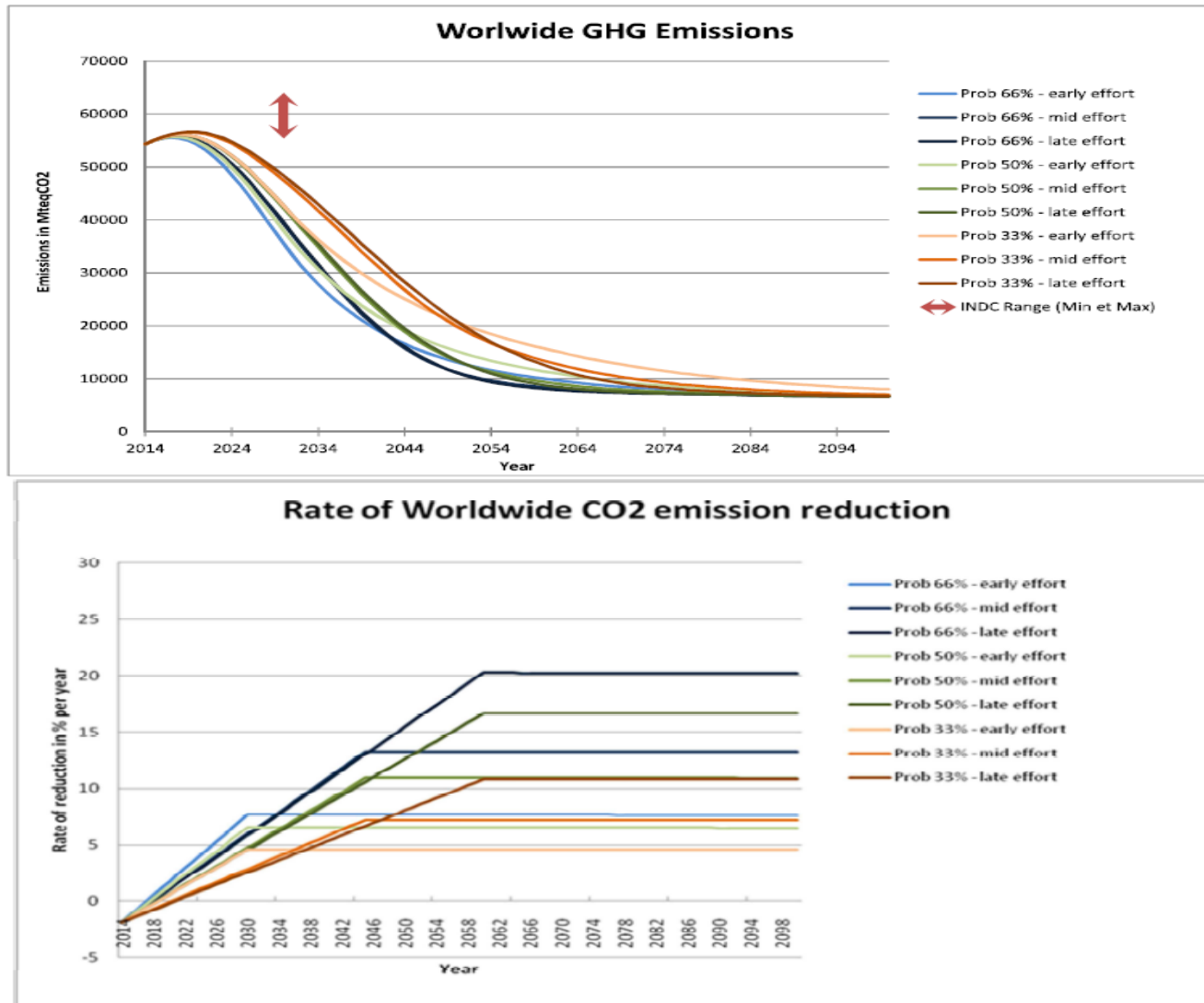
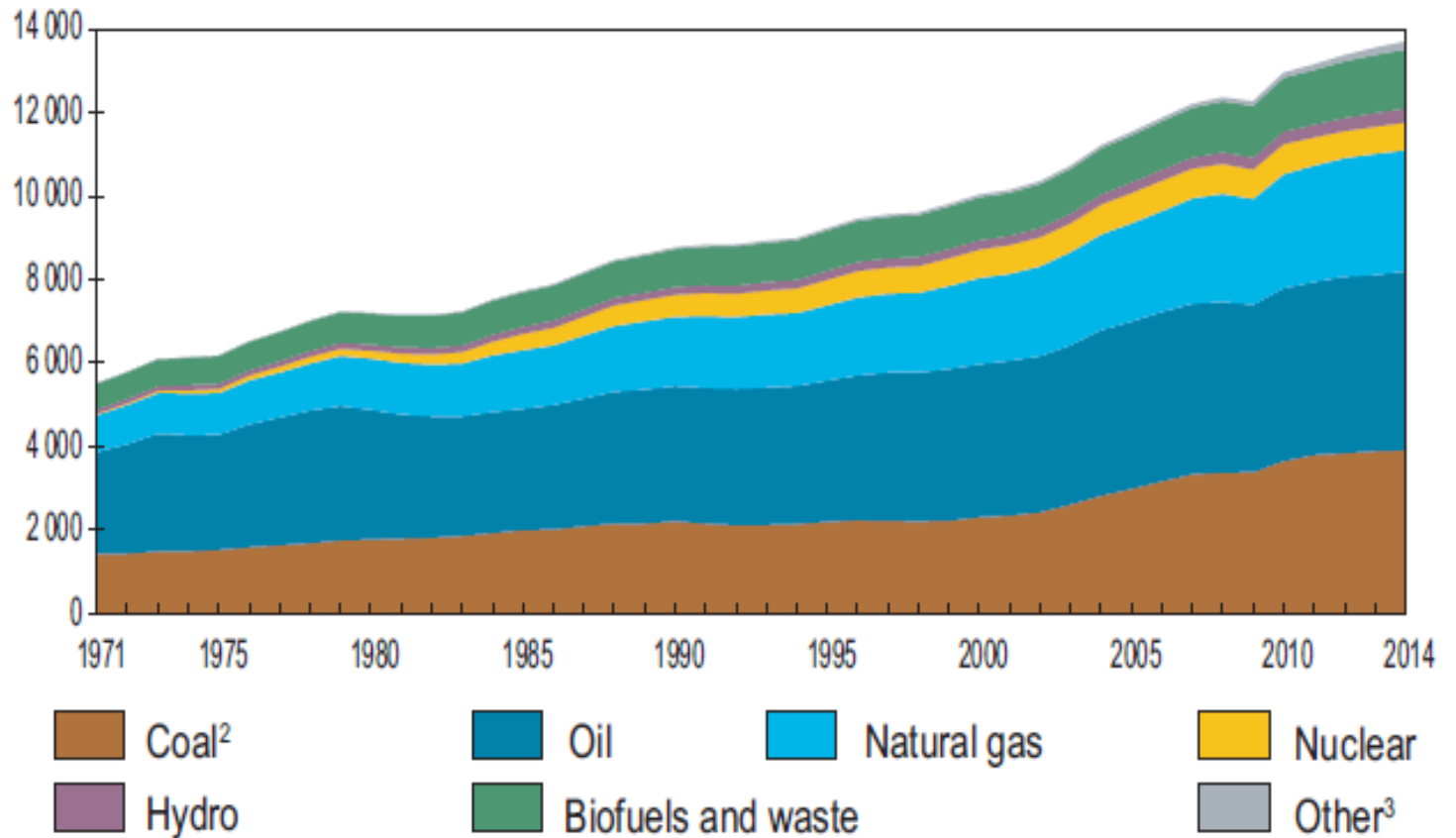


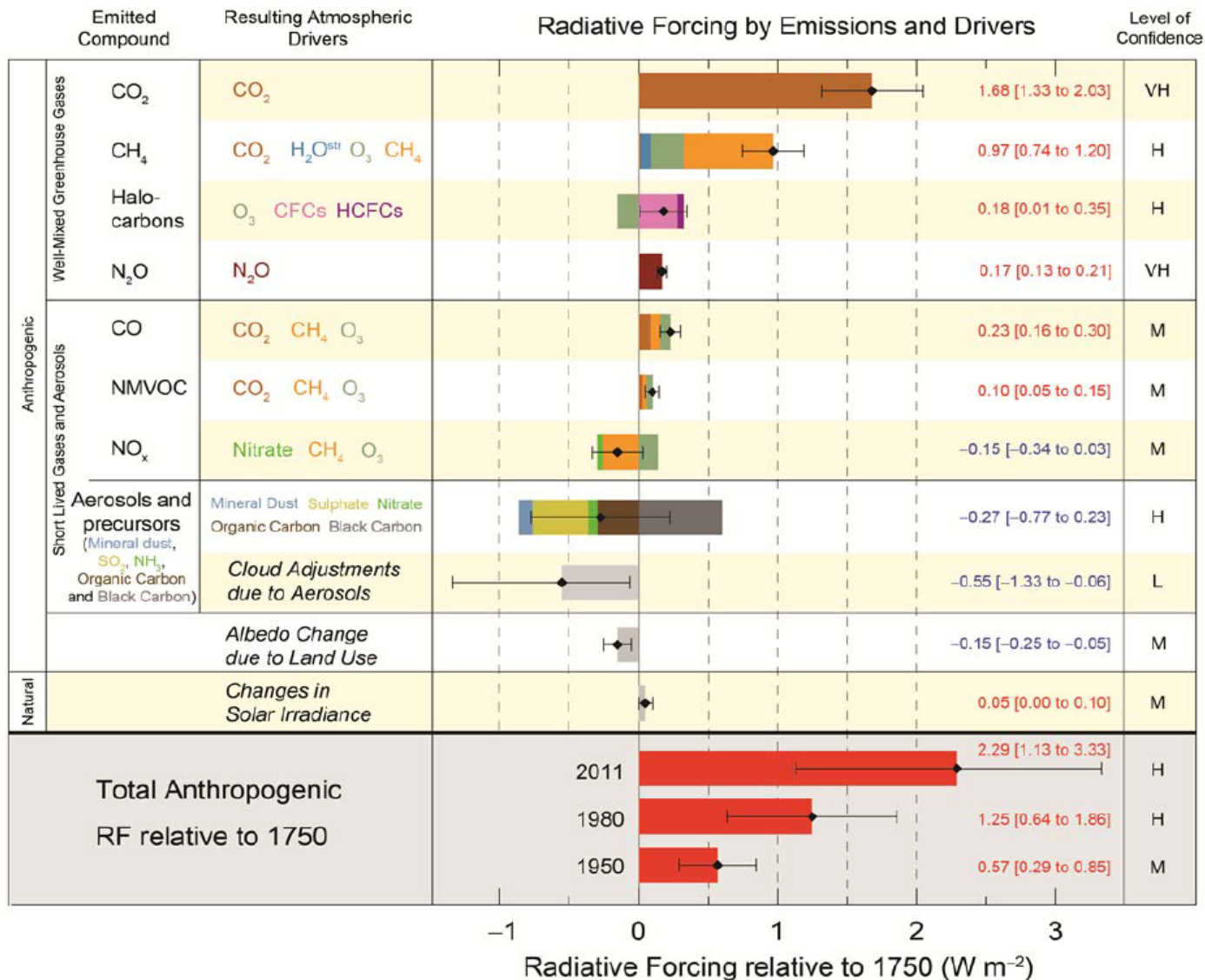
Figure 3 - GHG emission trajectories (MtCO<sub>2</sub>e) without negative emissions for different probabilities of reaching the 2°C target and different maximum effort dates; compared with global 2030 emissions from the aggregation of INDCs and “current policies” scenario (top). Associated emissions reduction rate (bottom).



# World

World<sup>1</sup> total primary energy supply (TPES) from 1971 to 2014 by fuel (Mtoe)





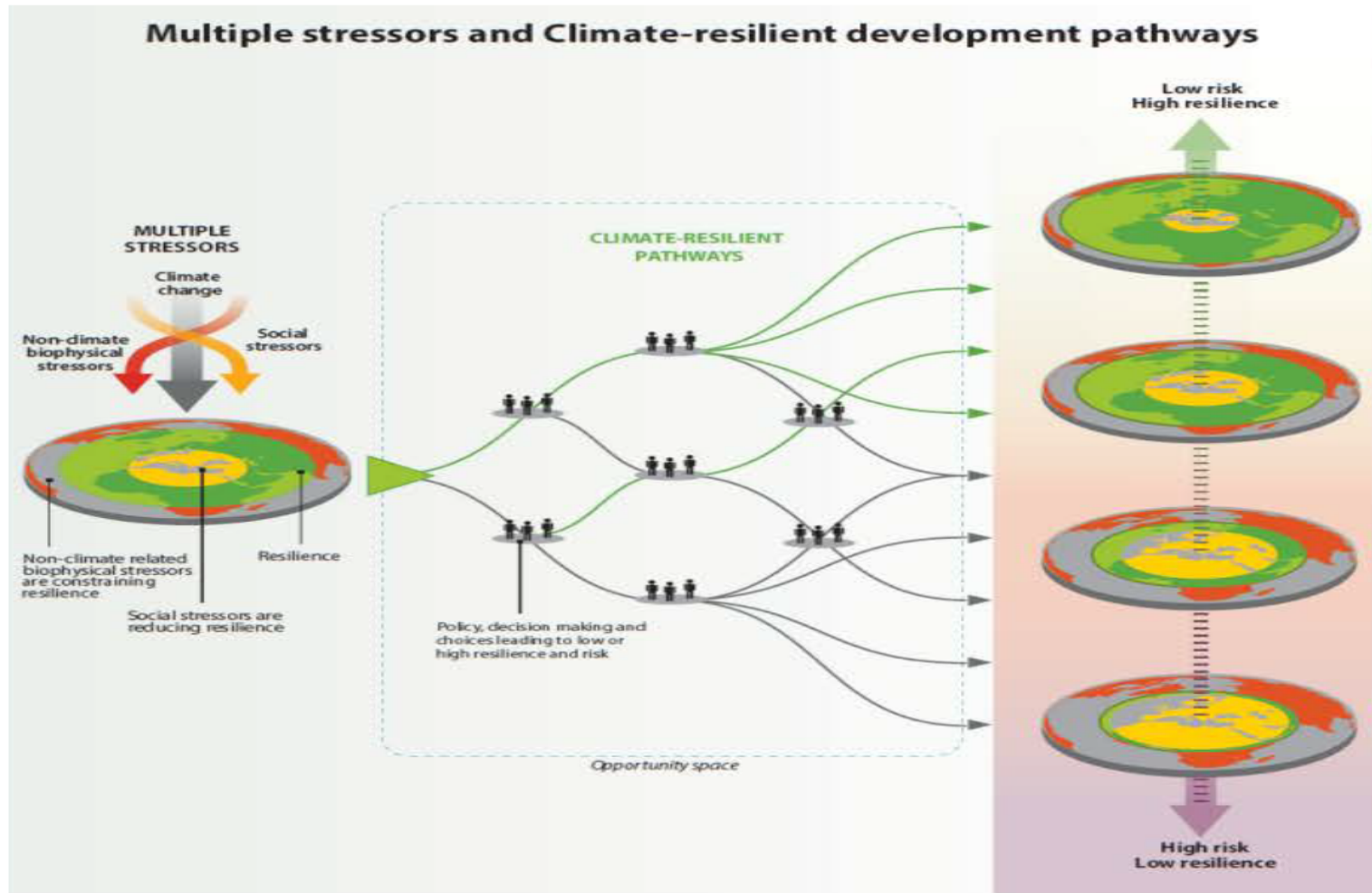
## Le passage à l'action: la confrontation à la complexité

Exemple des différents gaz effet de serre et polluants atmosphériques

**L'adaptation aux changements  
inévitables: insuffisant, mais  
nécessaire**

**Un espace de réflexion sociale**

# Comment concevoir l'action au cours des décennies prochaines (GIEC – Groupe 2 – 2014)

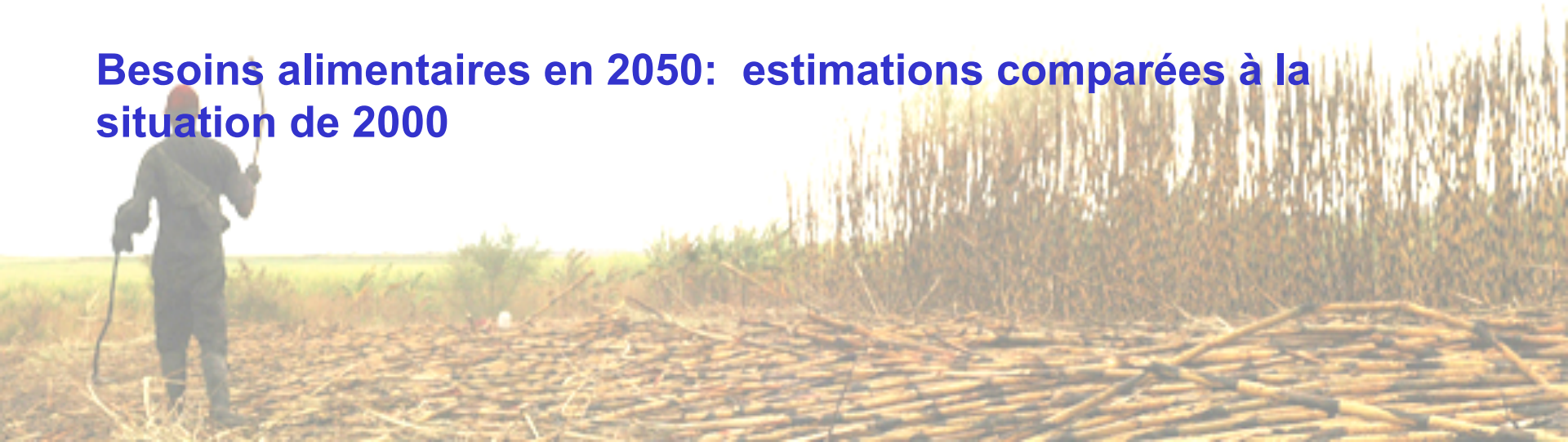


# Le changement climatique: des vulnérabilités à apprécier de manière spécifique dans chaque région du monde. Souvent plus inquiétantes dans les régions du “Sud”

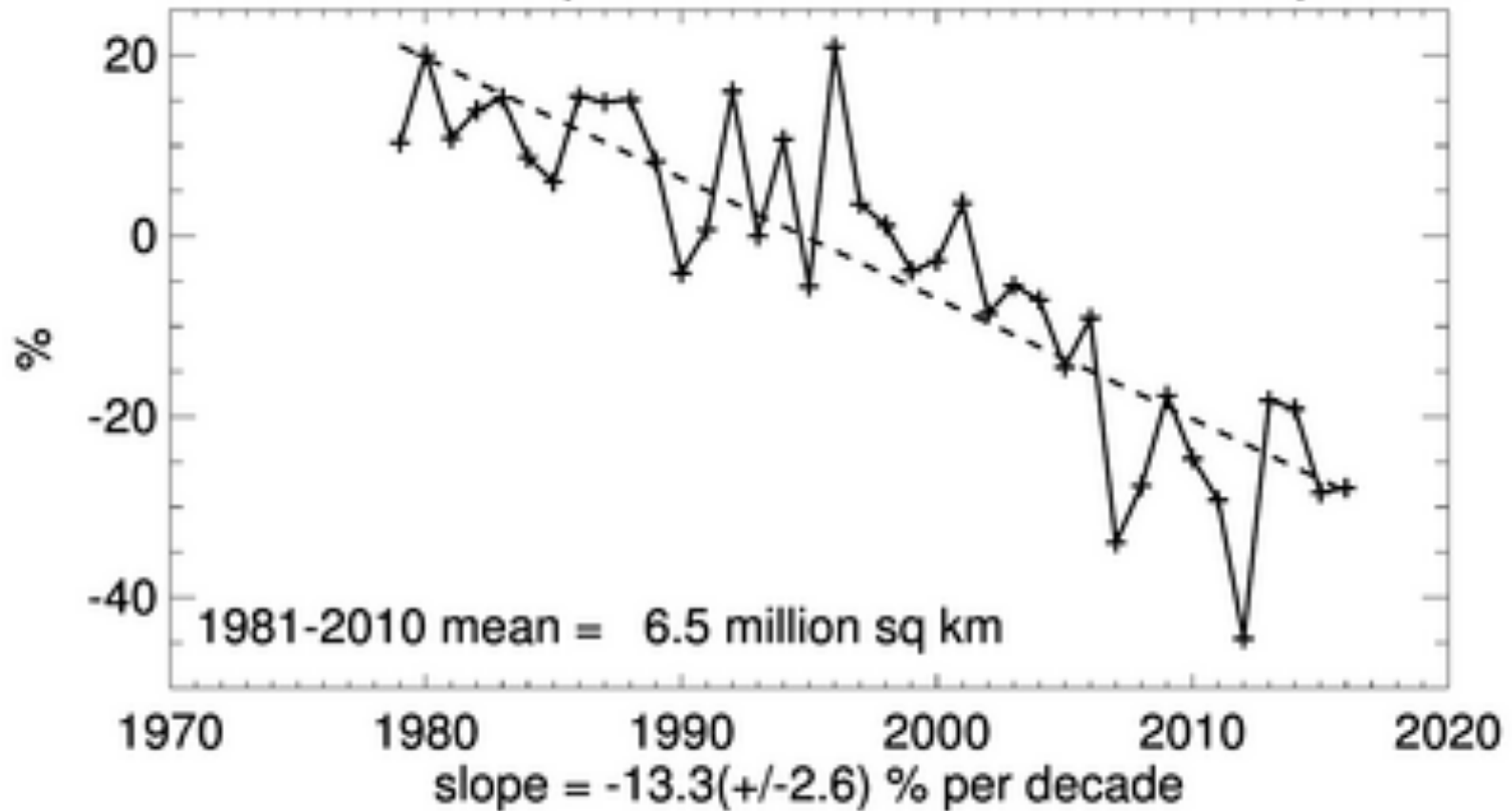
Afrique	5
Asie	2.5
Europe	1
Amérique Latine	2
Amérique du Nord	1.5
Océanie	1.5

Besoins alimentaires à l'horizon 2050 (base 1 en 2000) sous l'effet combiné de la croissance de la population, de la modification de sa composition (age, sexe) et du régime alimentaire (Collomb 1999, FAO, B. Sultan, IRD, résultats arrondis)

**Besoins alimentaires en 2050: estimations comparées à la situation de 2000**



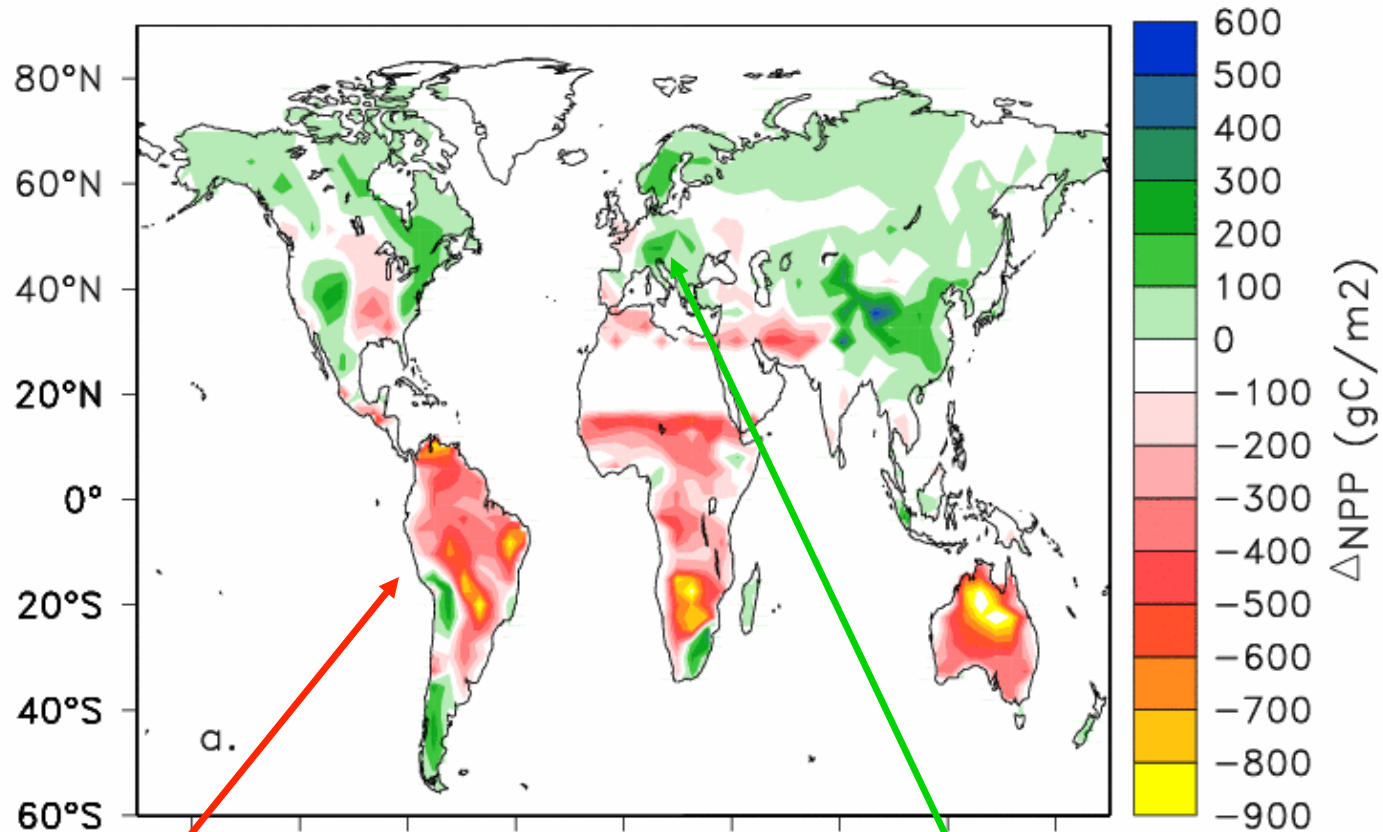
## Northern Hemisphere Extent Anomalies Sep 2016



Evolution de la glace Arctique – fin d'été

Source : NSIDC

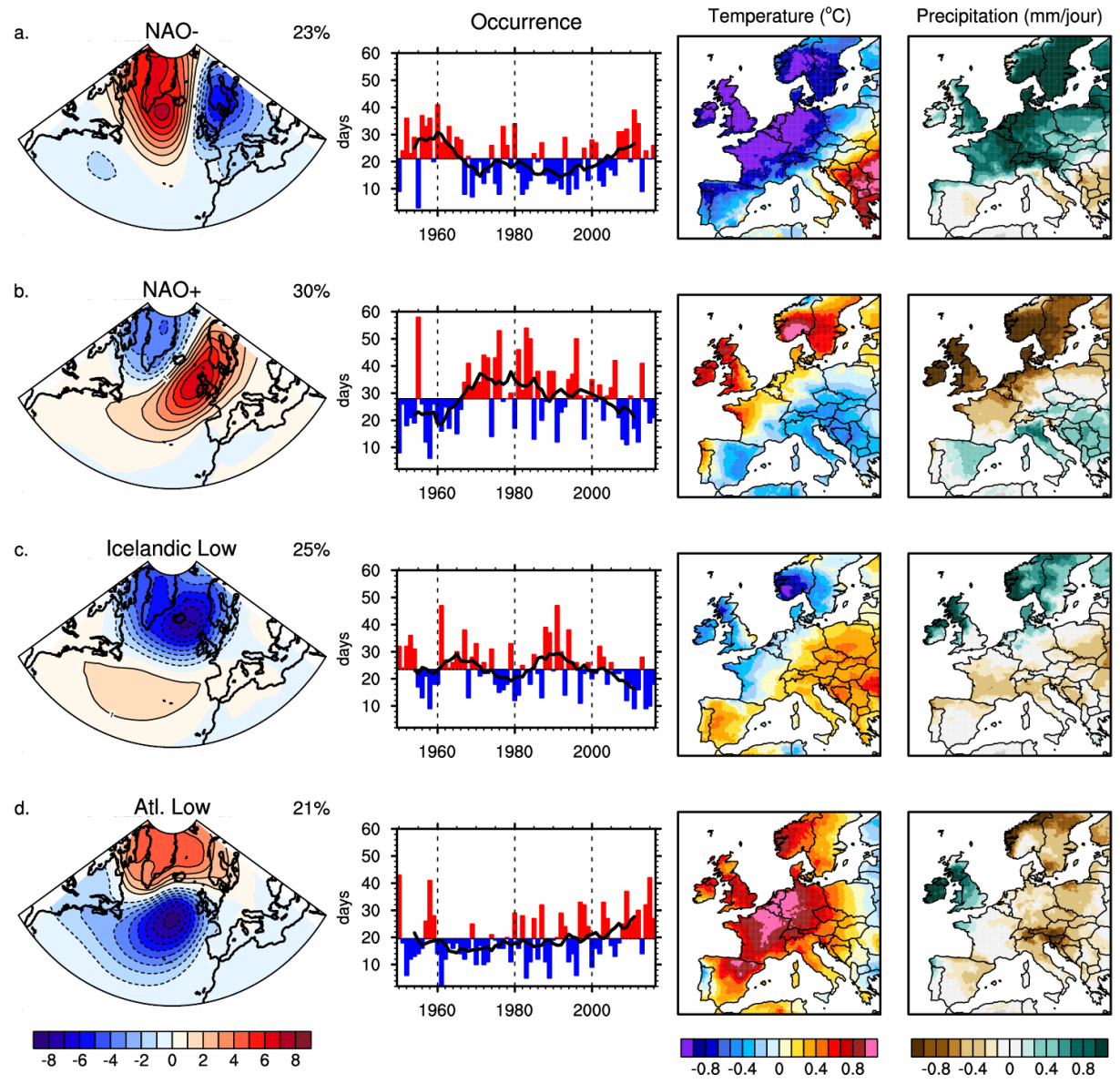
# La production primaire nette: dépendance au climat



**Increase in  
soil aridity**

**Extension of the  
growing season**

La variabilité de la circulation atmosphérique permet de parler de risques climatiques, pas de prévisions exactes.



Cassou, CNRS  
CERFACS





ACCLIMATERRA

COMITÉ SCIENTIFIQUE RÉGIONAL SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Une image du future est possible à partir des nombreux résultats de  
La recherche publique. Exemple d'un travail en Aquitaine

## Les auteurs

(cf. p. 363)

F. Grousset, A. Kremer, H. Le Treut D. Salles, E. Villenave, E. Bourdenx

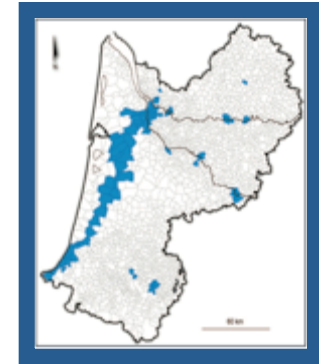
S. Abadie, G. Abril, D. Amouroux, X. Arnauld De Sartre, I. Auby, L. Augusto, G. Bachelet, I. Baldi, V. Banos, A. Bardonnet, J. Baron, M. Baudrimont, M.L. Begout, Y. Bérard, V. Bernard, C. Bernard, M. Berroneau, P. Bertran, G. Biais, G. Blanc, P. Boet, P. Bonneton, A. Borja, C. Boschet, C. Bouisset, D. Breysse, N. Brisson†, Y. Brunet, H. Budzinski, N. Caill-Milly, C. Cassou, I. Castège, B. Castelle, A. Chaalali, G. Chust, S. Clarimont, B. Clavé-Papion, A. Colin, D. Compagnon, E. Corcket, B. Coupriy, G. Coureau, A. Coynel, F.X. Cuende, F. D'Amico, J. D'Elbée, J.C. Dauvin, V. David, B. De Grissac, X. De Montaudouin, M.N. De Casamajor, J. Dehez, Y. Del Amo, S. Delzon, B. Denoyes, M.L. Desprez-Loustau, P. Deuffic, M.H. Devier, L. Doyen, J.C. Duplessy, A. Dupuy, H. Etcheber, J. Favennec, I. Garcia de Cortazar-Atauri, E. Garnier, G. Gault, D. Genty, E. George-Marcepoil, O. Girardclos, N. Goñi, P. Gonzalez, J.P. Goutouly, P.Y. Guernion, F. Grousset, V. Hanquiez, F. Hissel, F. Huneau, D. Idier, G. Irichabeau, H. Jactel, M. Jarry, R. Kantin, M. Kleinhentz, A. Kremer, V. Laborie, E. Lamaud, G. Largier, M. Launay, S. Lavaud, S. Lavorel, Y. Le Bagousse Pinguet, G. Le Cozannet, H. Le Treut, M. Leandri, N. Lenôtre, M. Lepage, T. Leurent, F. Levrault, M. Lissardy, L. Londeix, D. Loustau, C. Lucas, J.P. Maalouf, J.J. Malfait, C. Mallet, D. Malvy, P. Marchet, P. Maron, J.C. Martin, S. Mathoulin-Pelissier, J. Maugein, D. Maurer, N. Mazella, P. Mazellier, C. Meredieu, R. Michalet, O. Mora, G. Morandeau, V. Moreaux, S. Morin, T. Oblet, N. Ollat, J.-C. Péreau, E. Perraudin, P. Pieri, D. Piou, S. Planton, P. Point, P. Prouzet, J.C. Quéro, C. Raheison, T. Rambonilaza, J.P. Rebillard, P. Régnacq, M. Regolini, T. Renault, A. Ribes, E. Rochard, N. Rocle, P. Rolland, R. Salamon, D. Salles, F. Sanchez, M.F. Sanchez-Goñi, E. Sauquet, B. Sautour, J. Schäfer, B. Seguin, G. Simonet, A. Sota, A. Sottolichio, J.P. Tastet, J.P. Terreaux, B. Touzard, P. Trichet, J.P. Urcun, C. Van Leeuwen, S. Vaucelle, F. Verdin, E. Villenave, V. Vles, S. Zaragosi.

# Le changement régional comme un système unique et complexe

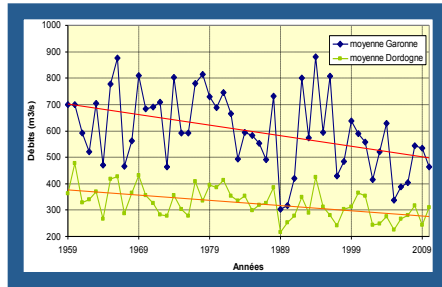
Changements météorologiques



Neige, Montagnes



Qualité de l'air

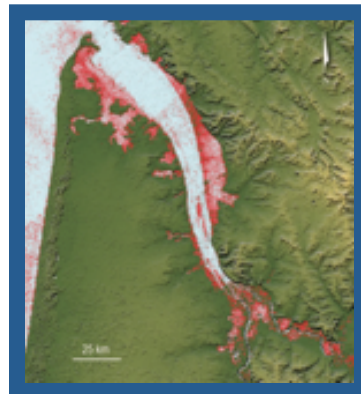


Biodiversité



Santé

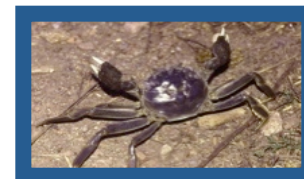
Etiages des rivières  
Hydrologie

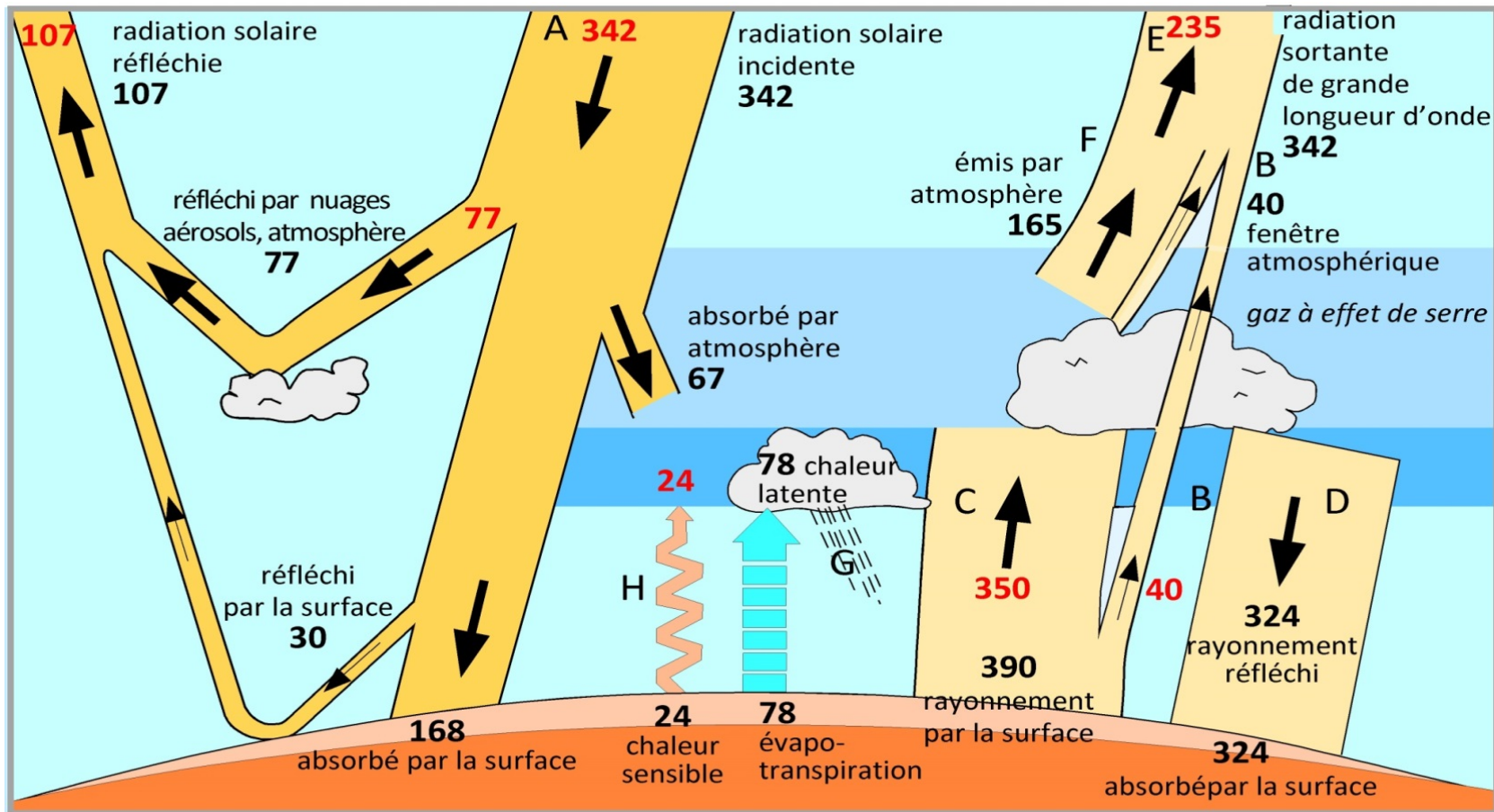


Zones littorales  
Submersion, érosion  
Centrale Nucléaire



Biodiversité marine  
Ressources  
Halieutiques





107

radiation solaire réfléchie  
107

réfléchi par nuages aérosols, atmosphère  
77

réfléchi par la surface  
30

A 342

radiation solaire incidente  
342

absorbé par atmosphère  
67

24

H

24 chaleur sensible

78

chaleur latente

78 évapo-transpiration

émis par atmosphère  
165

C 350

390 rayonnement par la surface

E 235

radiation sortante de grande longueur d'onde  
342

B 40

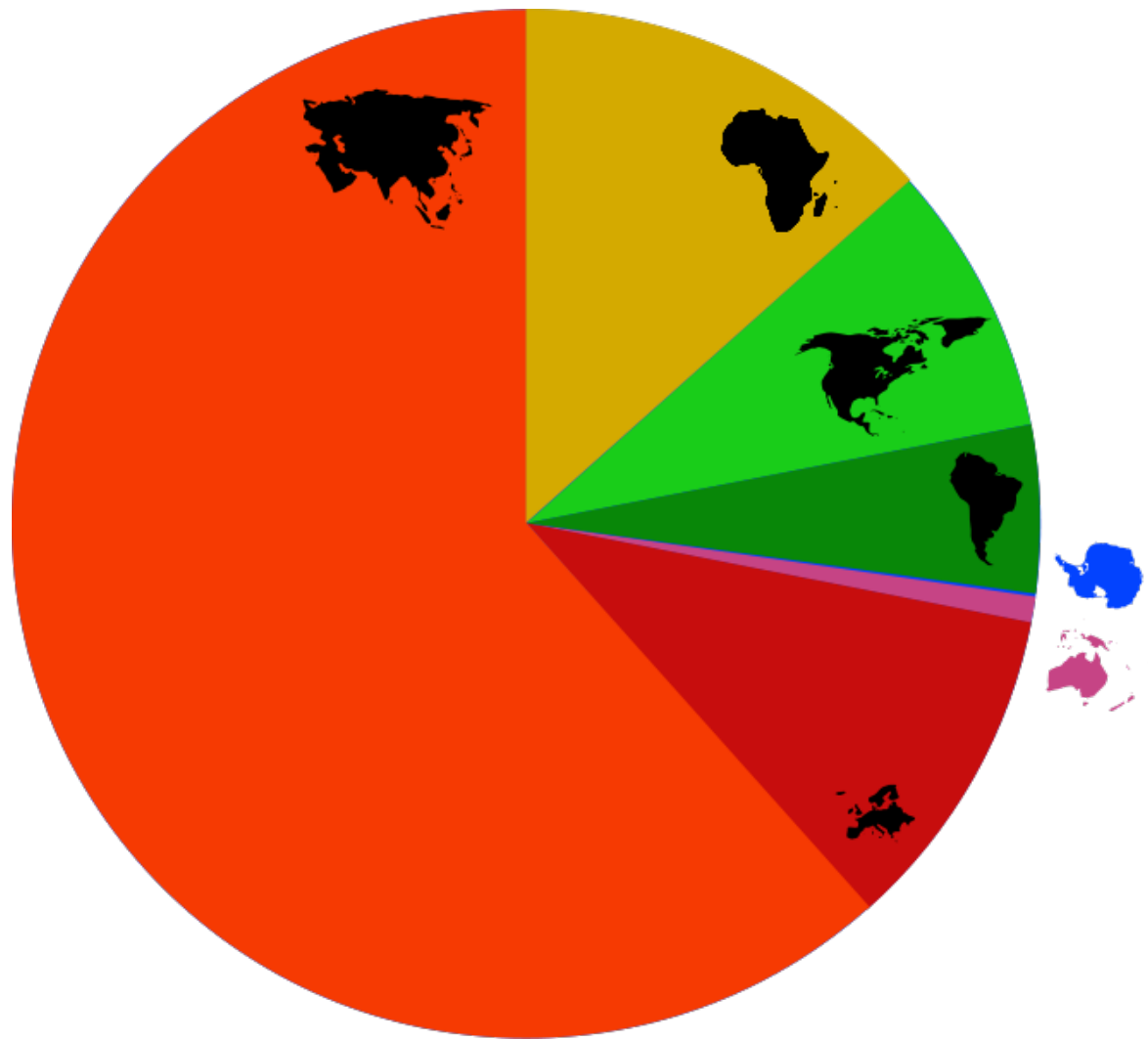
fenêtre atmosphérique gaz à effet de serre

B 40

rayonnement réfléchi

324

absorbé par la surface



Des différences considérables: la part de la population mondiale selon les continents