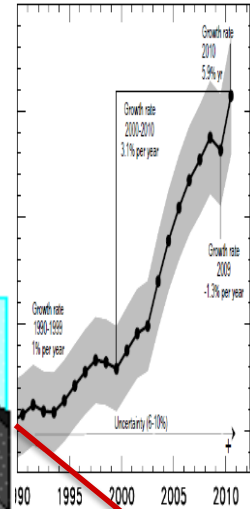
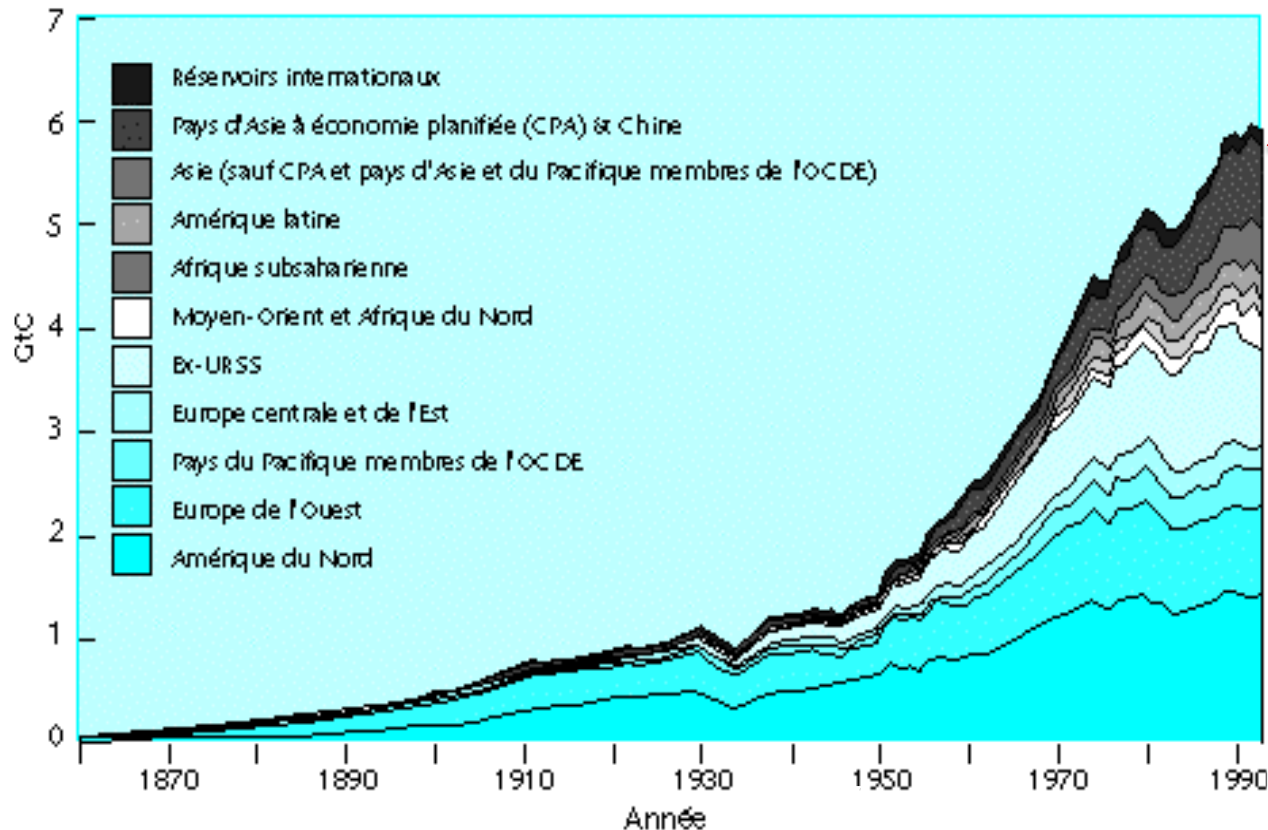


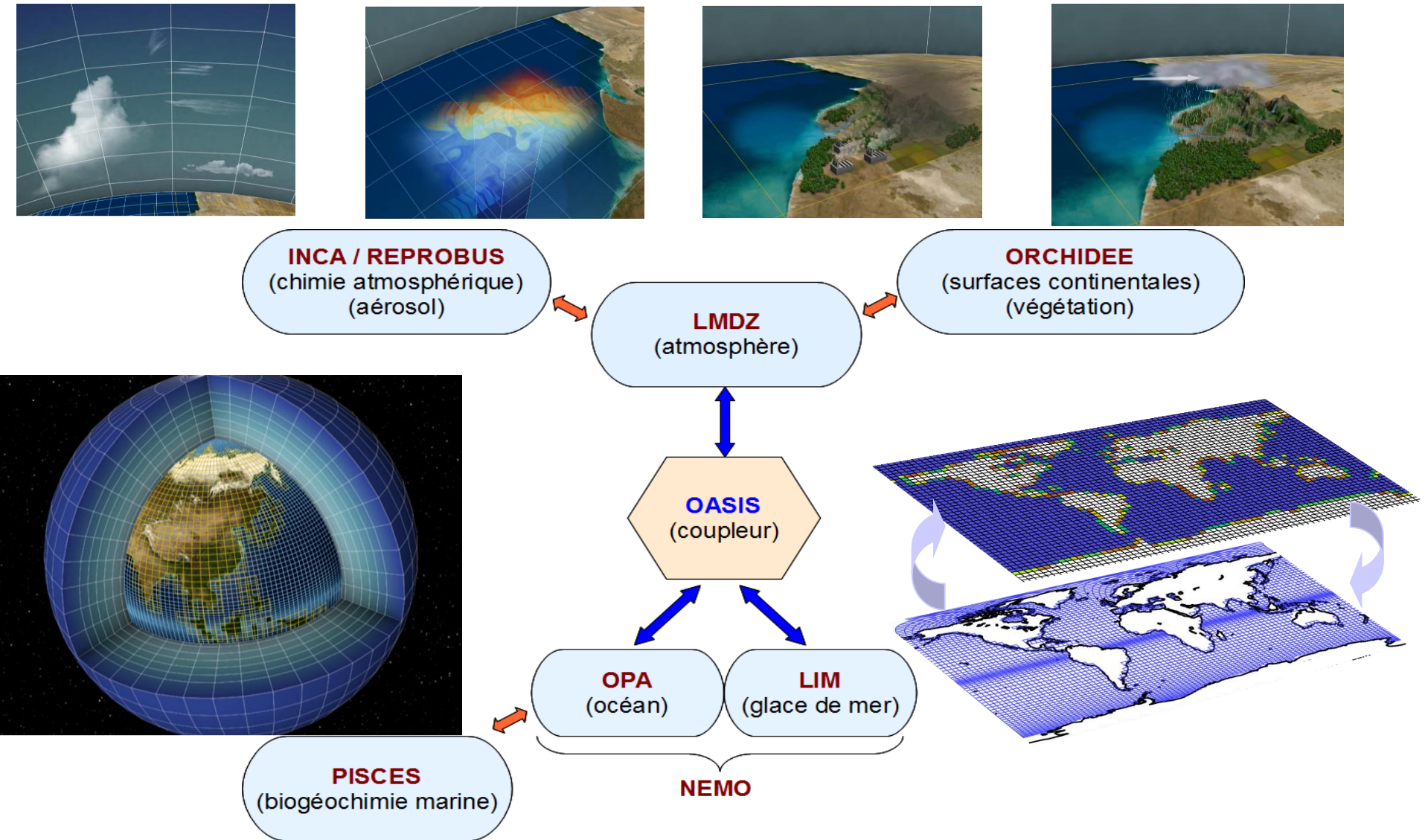
Le système climatique: un système hétérogène et solidaire

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



Sommet de la  
Terre  
Rio 1992

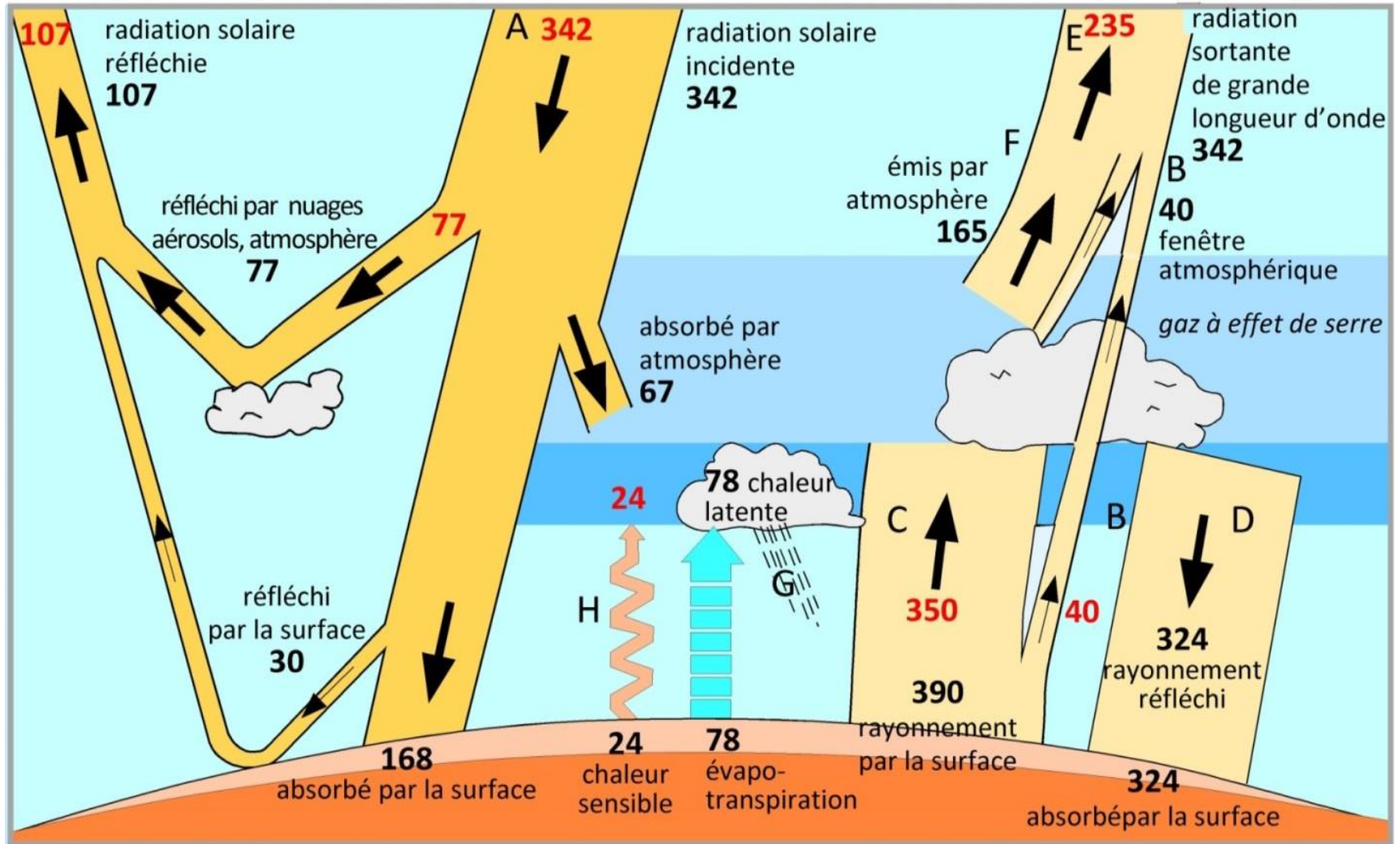
# Un outil numérique: le modèle couplé "Système Terre" de l'IPSL

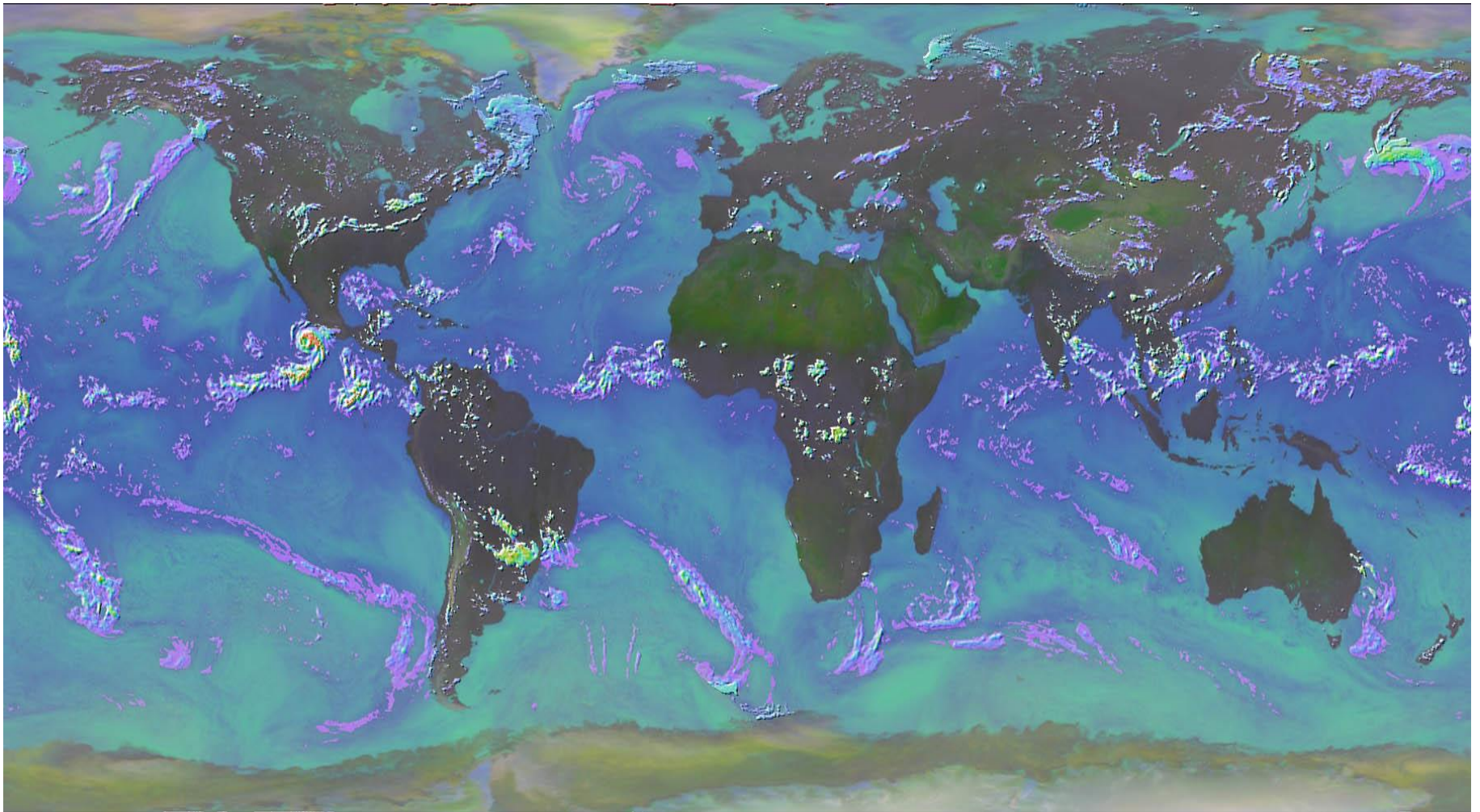


Source: J.-L. Dufresne



# Le bilan radiatif de la Terre:





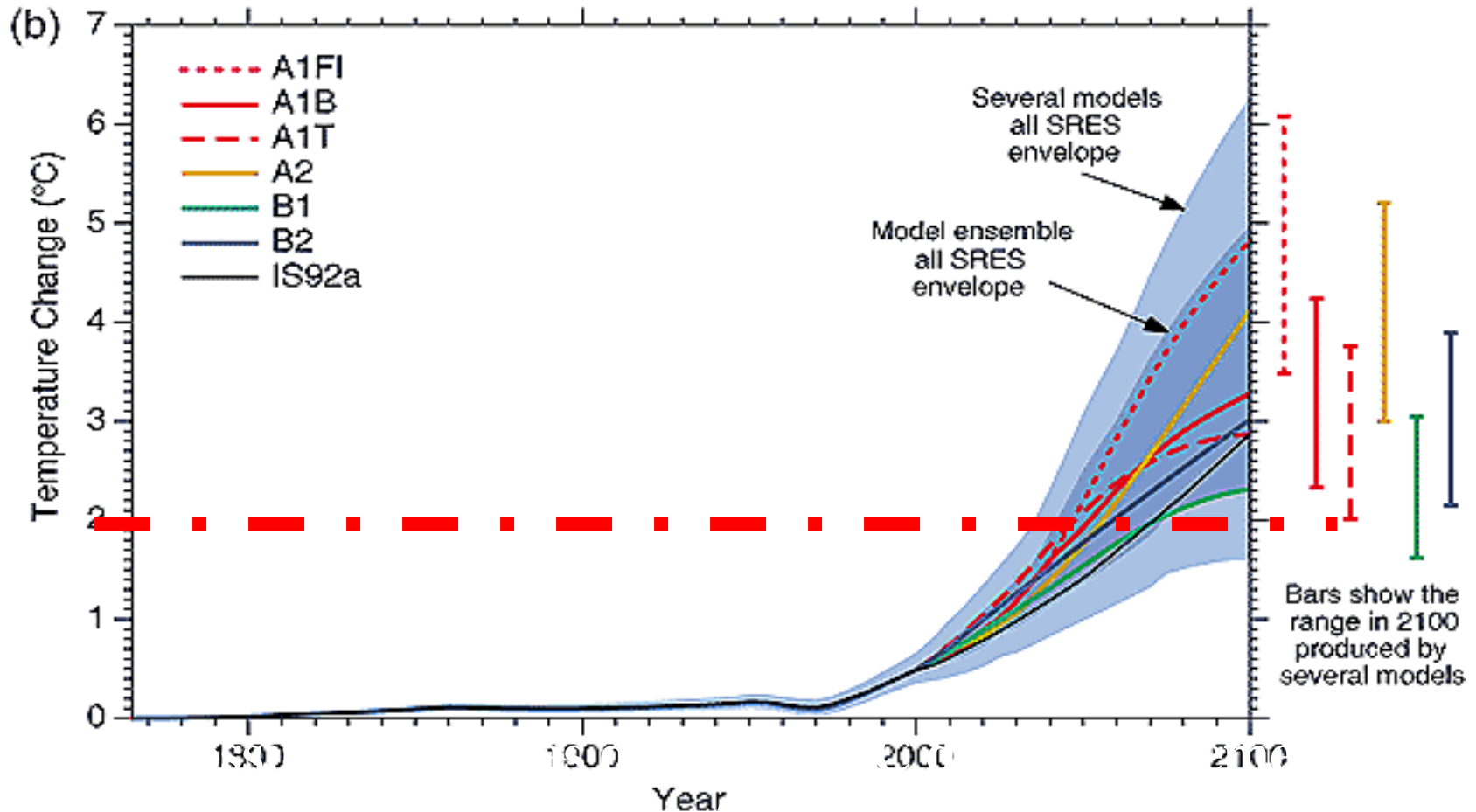
Les précipitations observées depuis l'espace  
NASA- Projet TRMM (mois de Juillet)





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

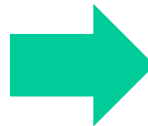
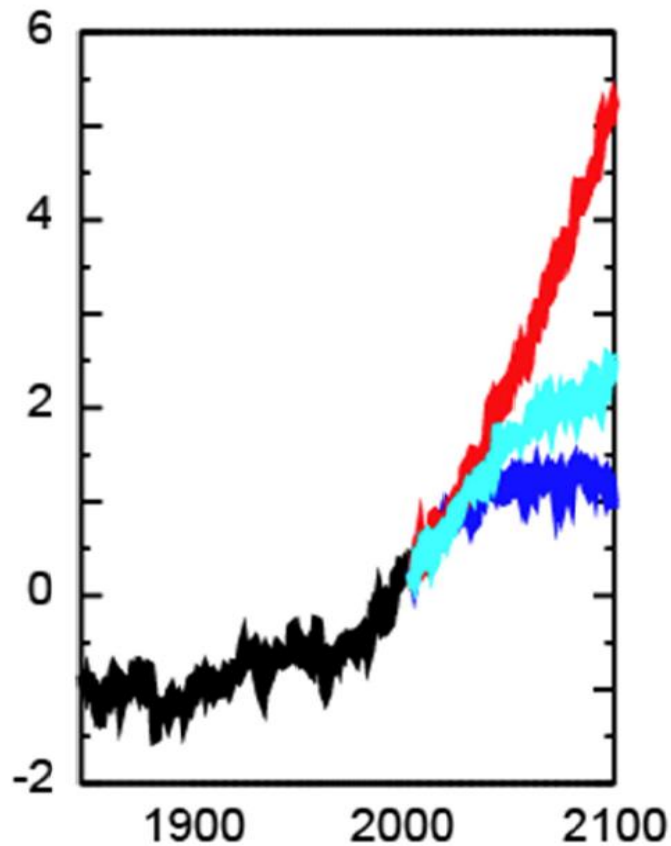
# Un exercice collectif de « scénarisation » des températures futures toujours valide: les simulations du SRES (ici: GIEC, 2001=



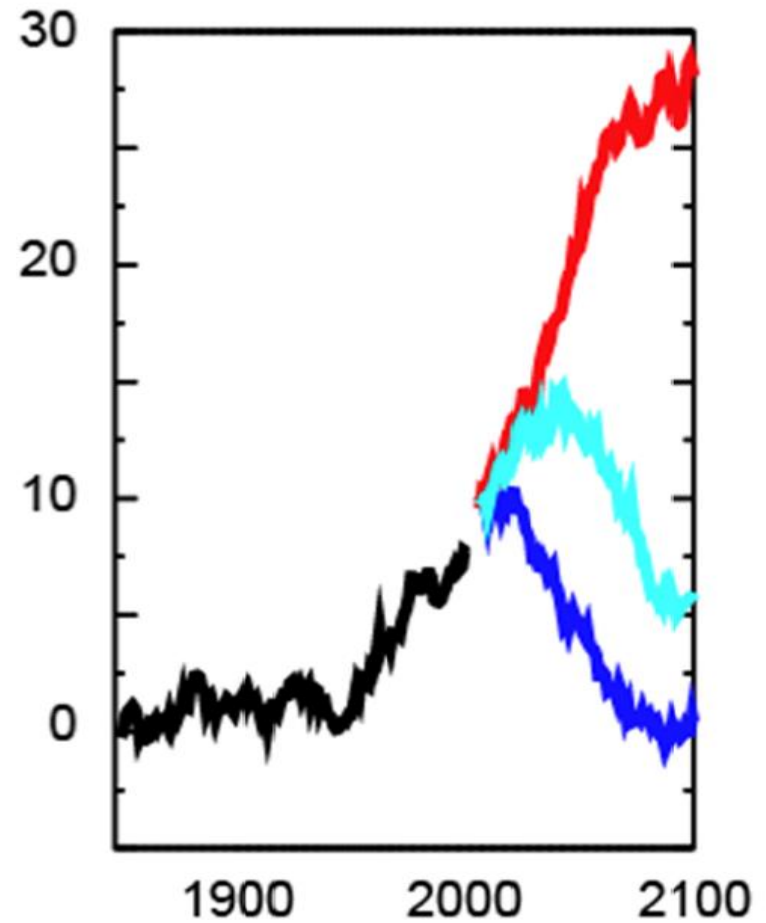
Un vision inverse du problème: quelles émissions pour quel objectif?

IPSL / GIEC 2013

Réchauffement (en °C)

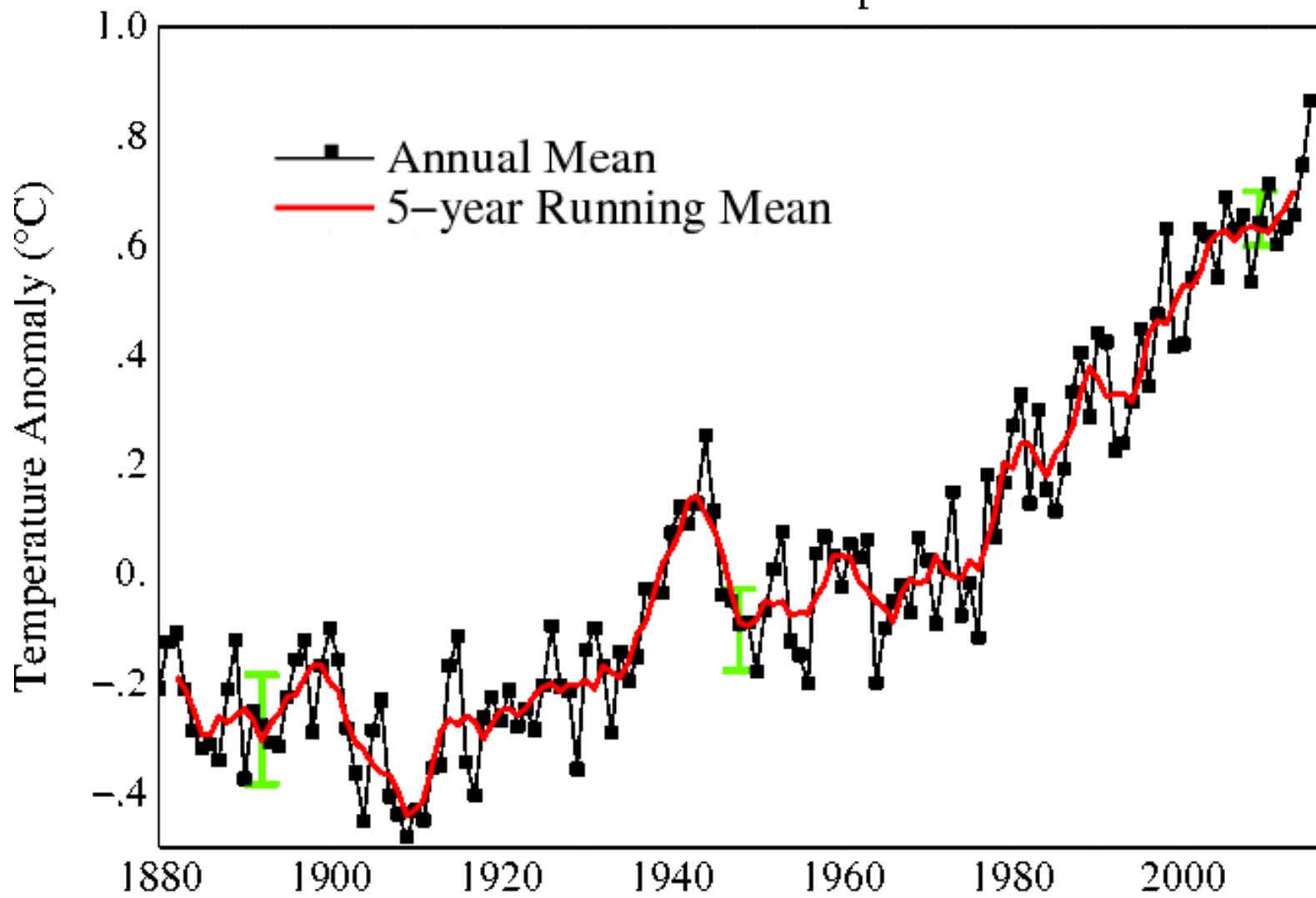


Emissions associée de CO<sub>2</sub>  
(en GtC / an)





# Global Land–Ocean Temperature Index

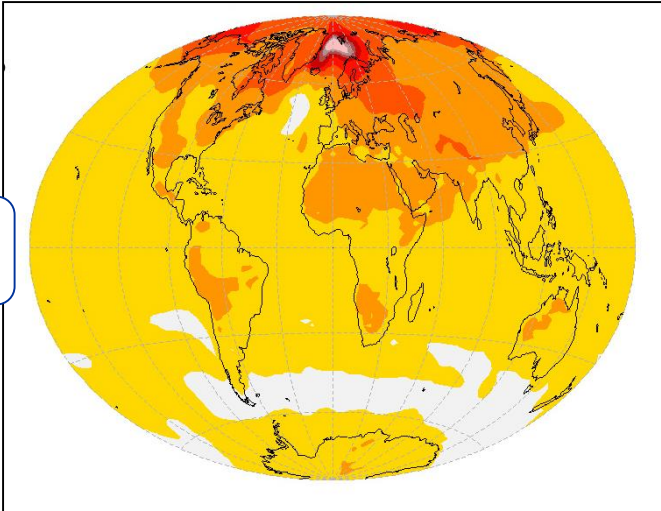


# Changement de température de surface

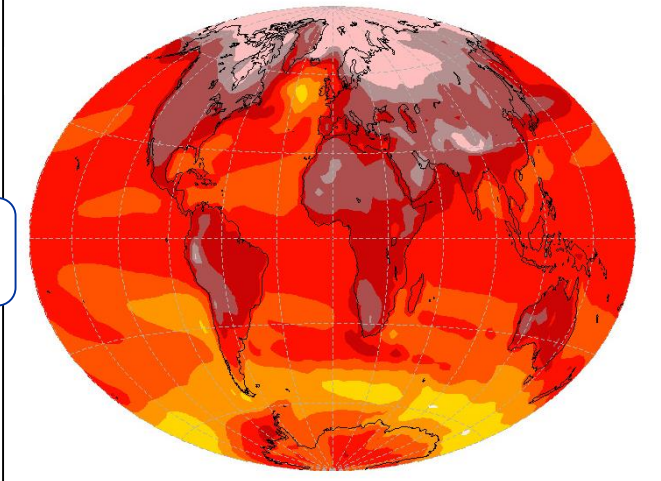
Différence entre **2100** et **1990**

IPSL-CM5A-LR

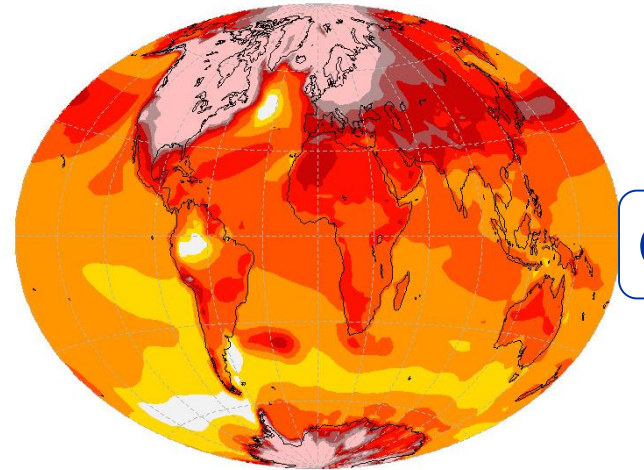
**RCP2.6**



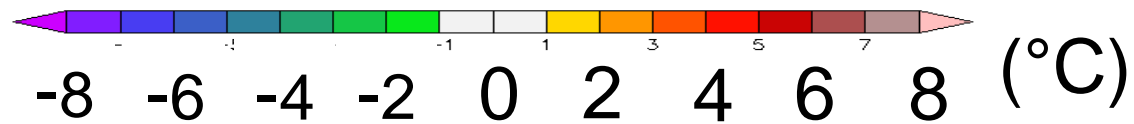
**RCP8.5**



Entre **préindustriel** et  
**glaciaire**



**Glaciaire**

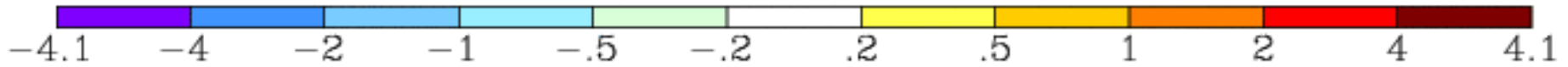
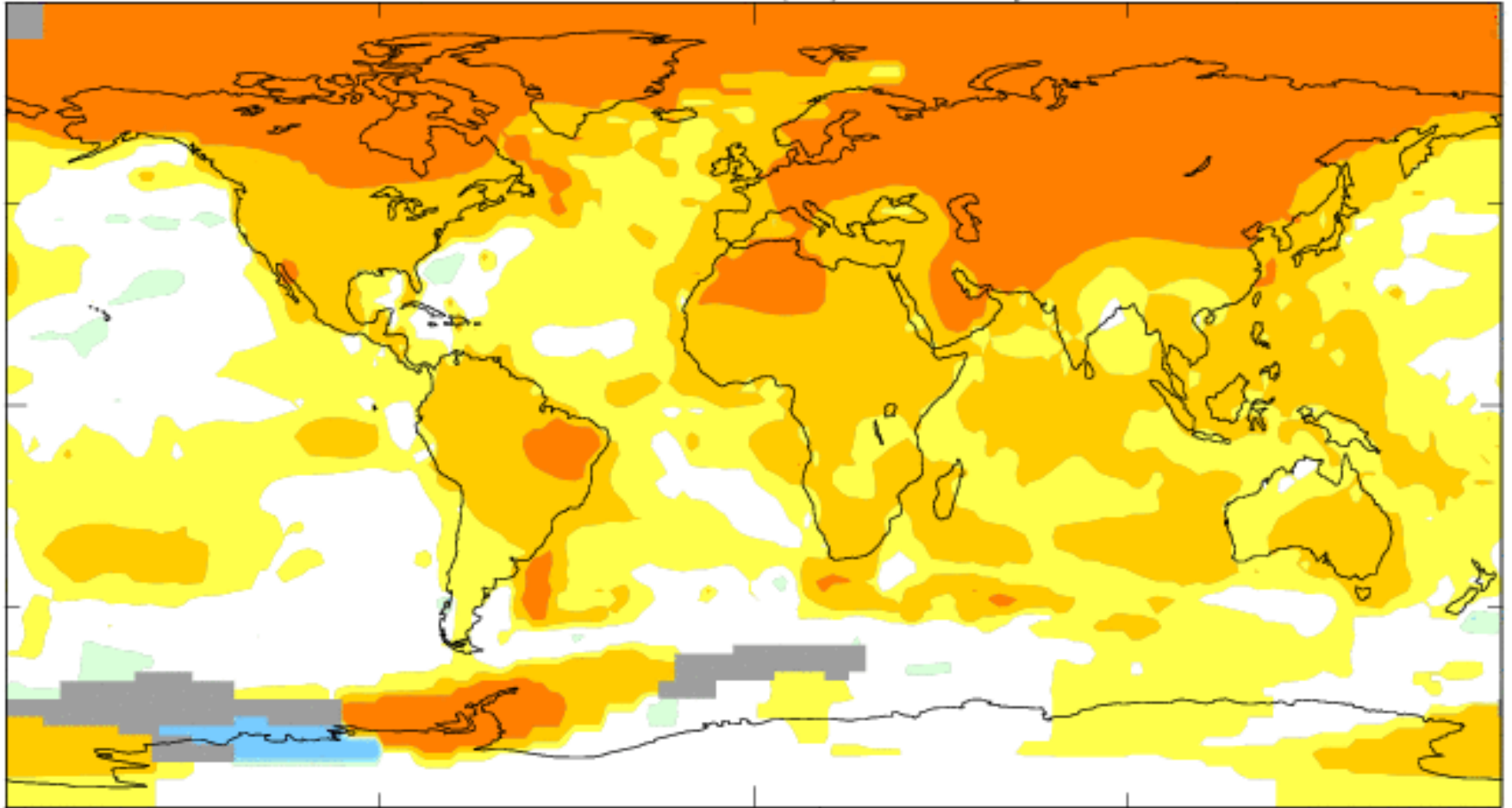


**Les observations récentes confirment les anticipations de modèles.  
Différences observées entre les années (1997-2012) et les années (1951-1980) (NASA-GISS)**

Annual J-D 1997-2012

L-OTI(°C) Anomaly vs 1951-1980

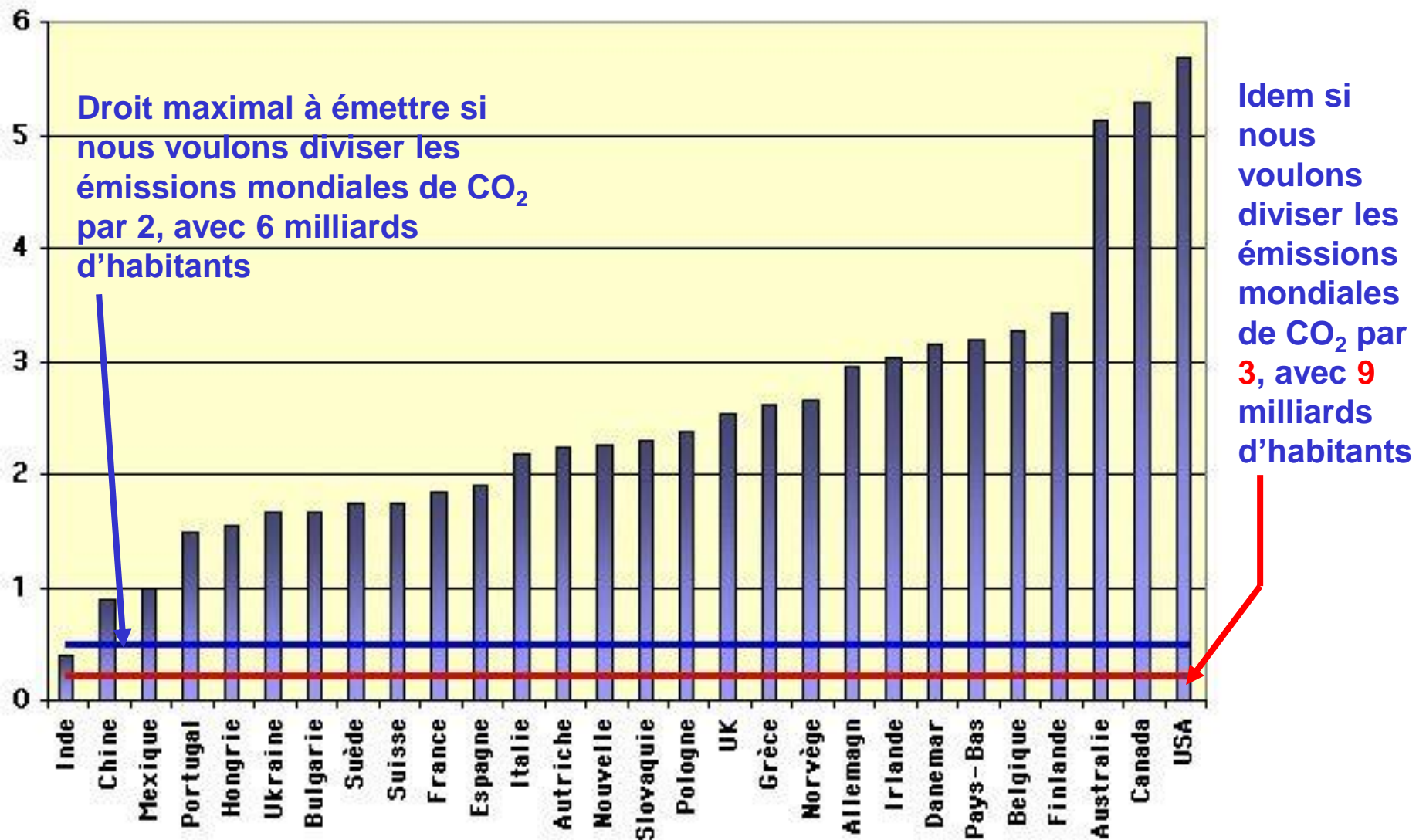
0.51





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

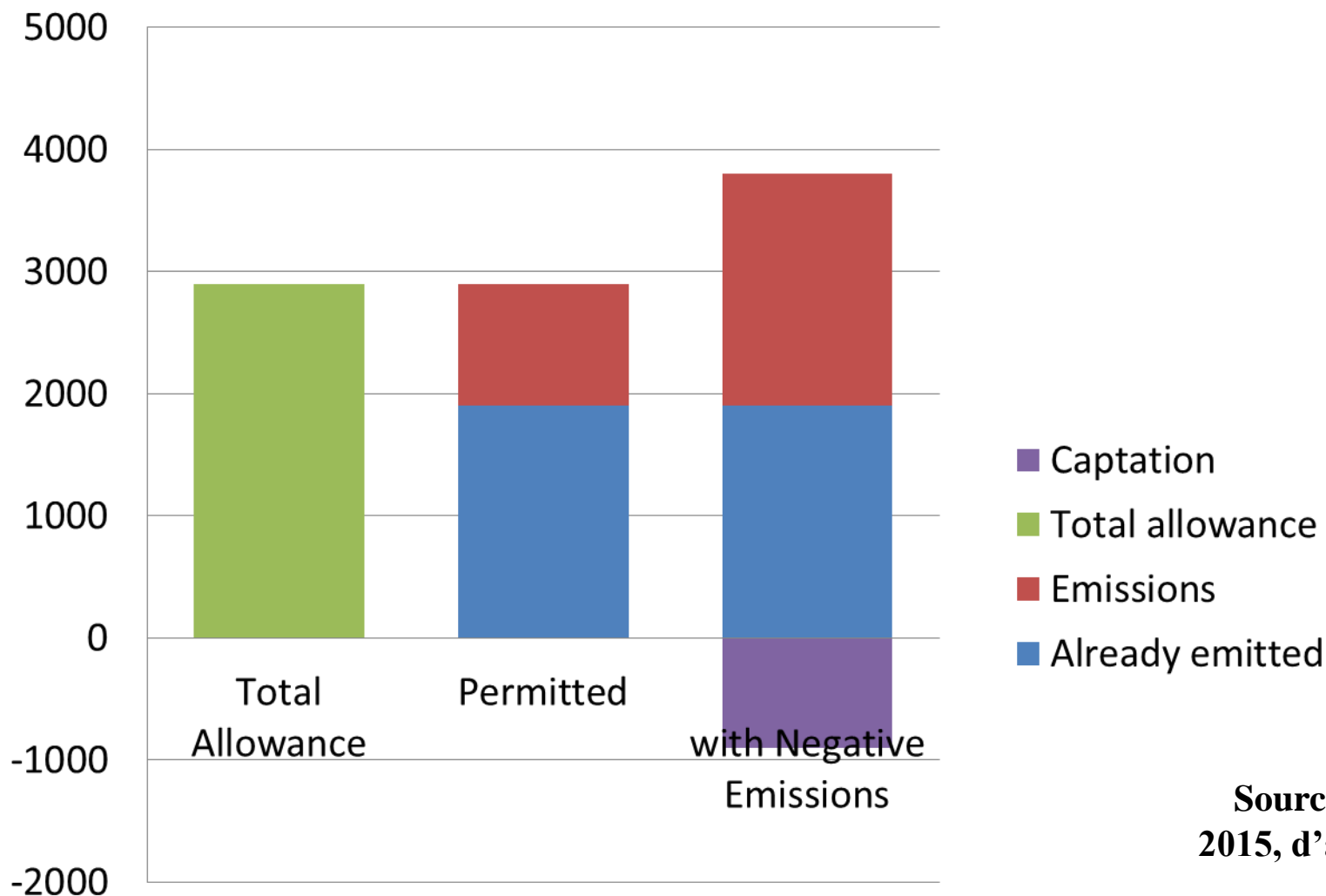
# Qu'émettre au plus si nous voulons arrêter d'enrichir l'atmosphère en CO<sub>2</sub> ?



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



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

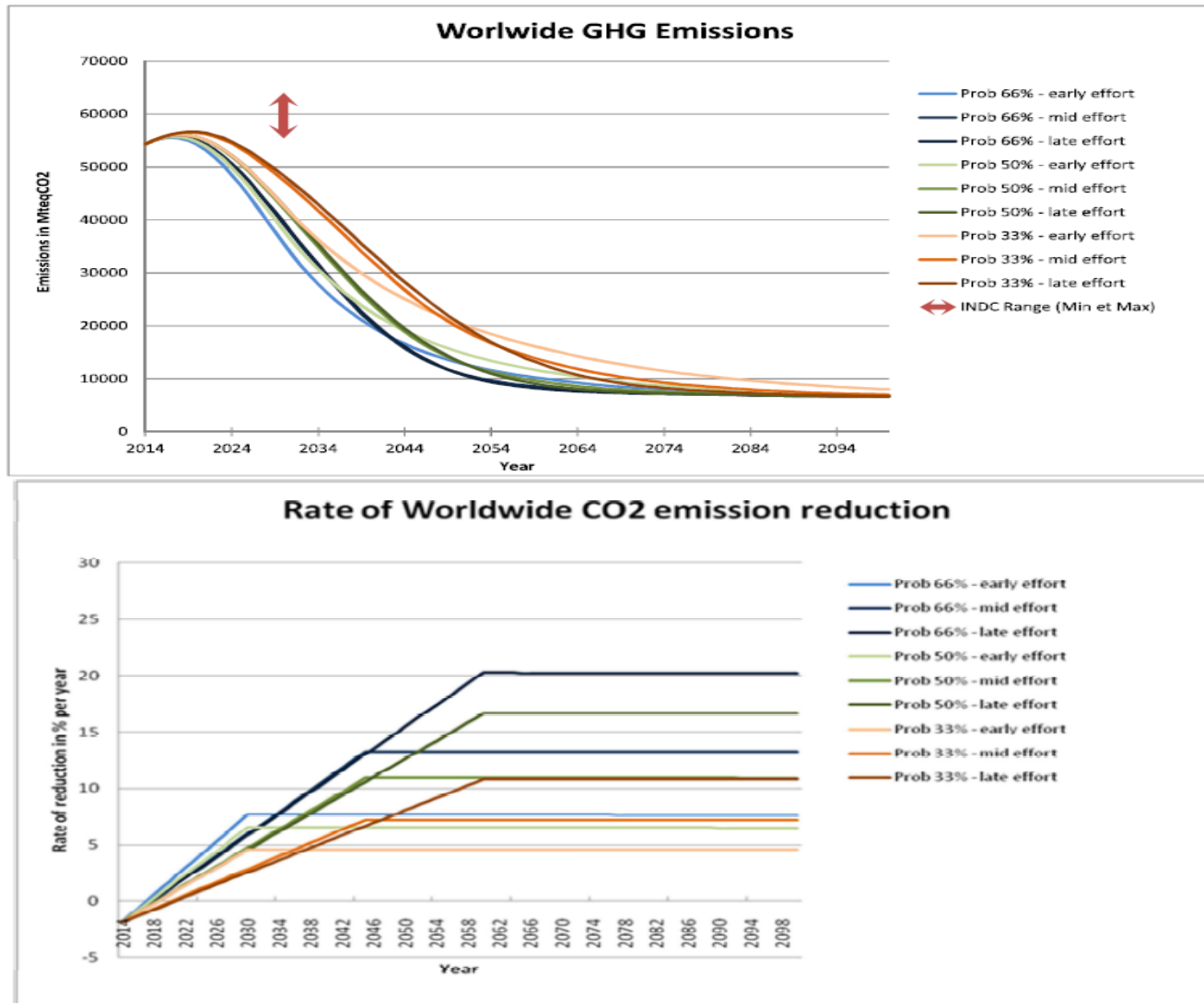
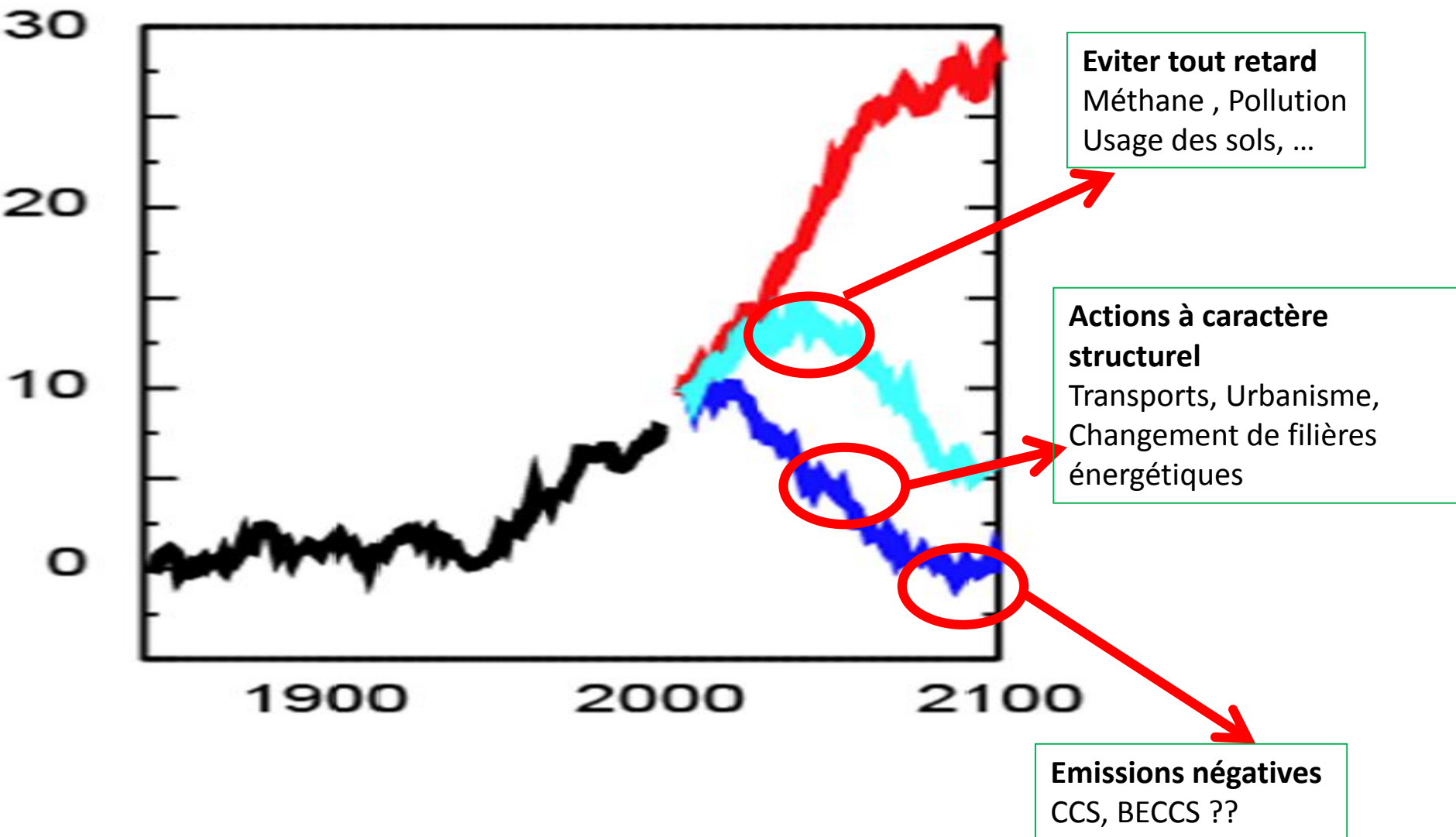


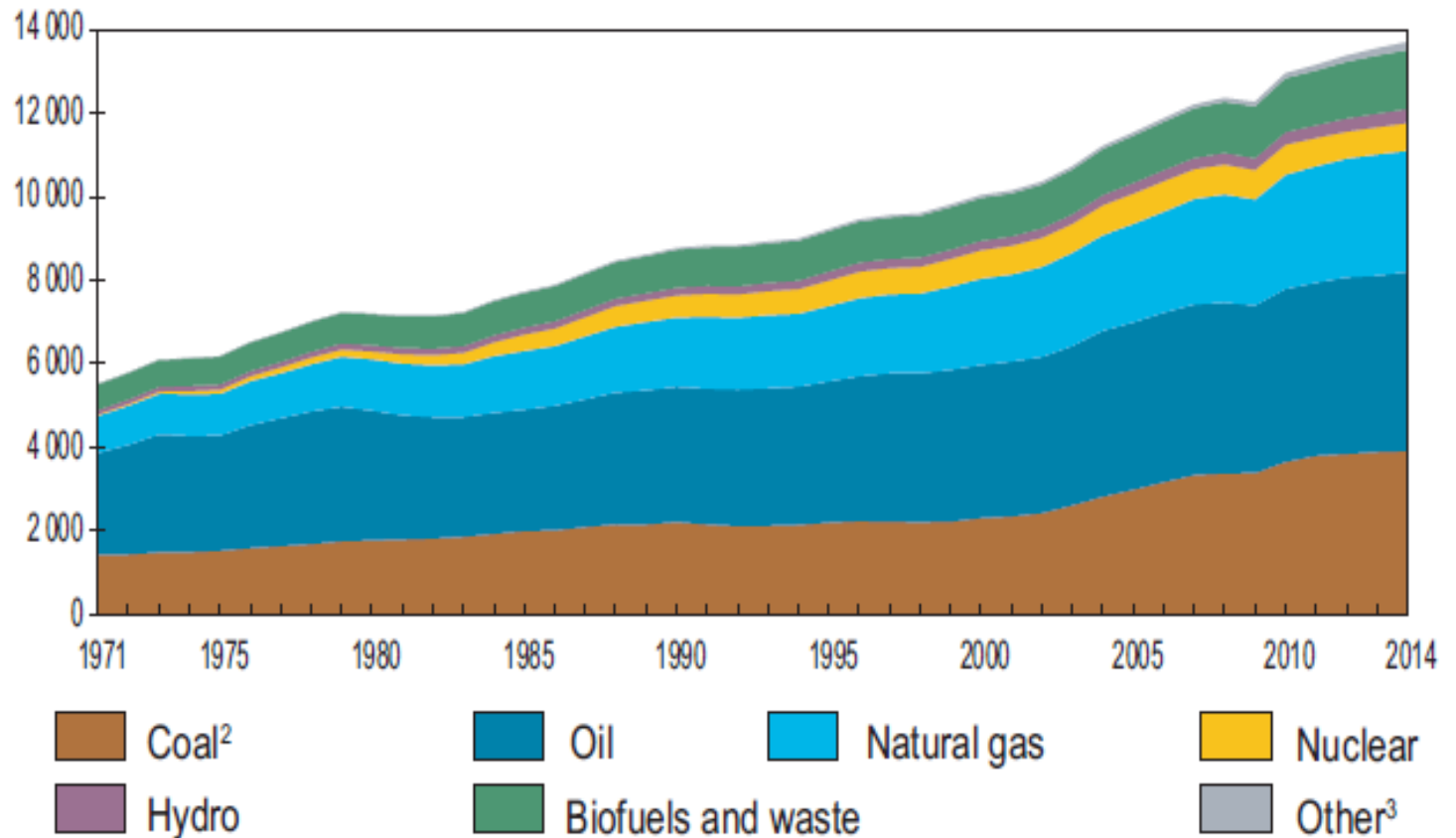
Figure 3 - GHG emission trajectories (MtCO<sub>2</sub>e) without negative emissions for different probabilities of reaching the 2°C target and different maximum effort dates; compared with global 2030 emissions from the aggregation of INDCs and “current policies” scenario (top). Associated emissions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

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

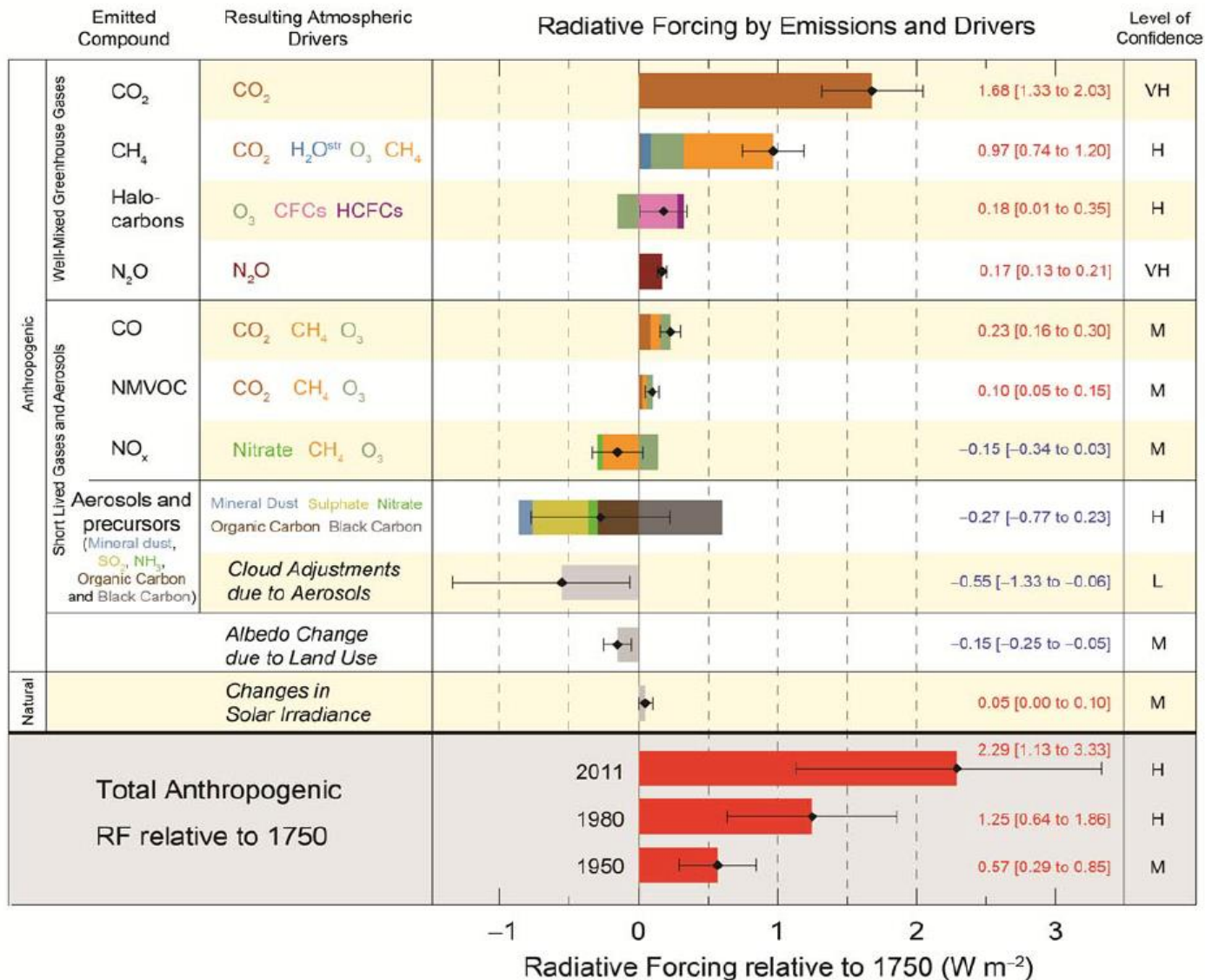


# World

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**

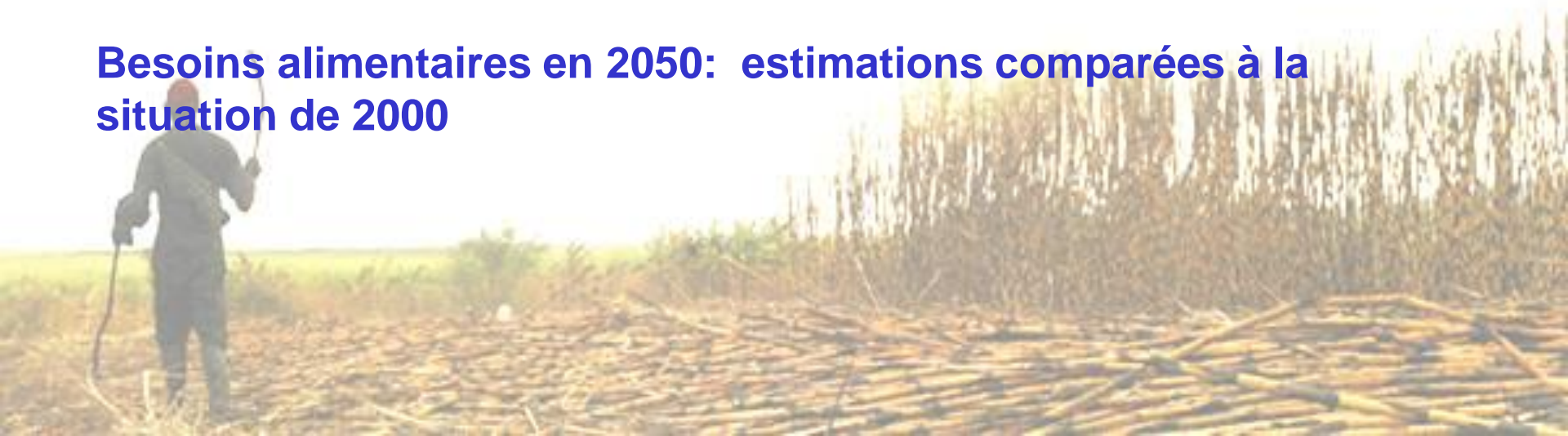
**Un espace de réflexion sociale**

# 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

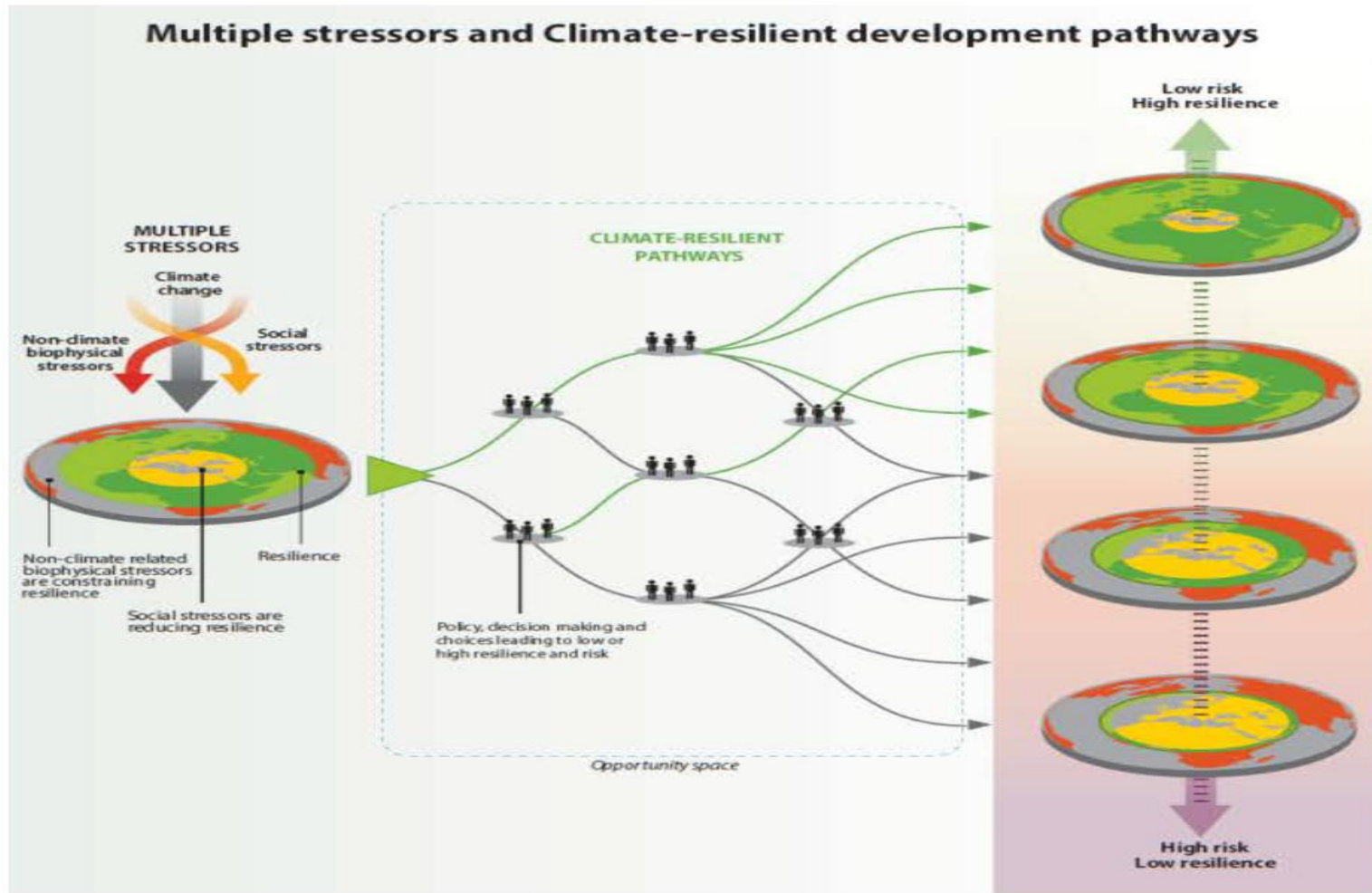
Besoins alimentaires à l'horizon 2050 (base 1 en 2000) sous l'effet combiné de la croissance de la population, de la modification de sa composition (age, sexe) et du régime alimentaire (Collomb 1999, FAO, B. Sultan, IRD, résultats arrondis)

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

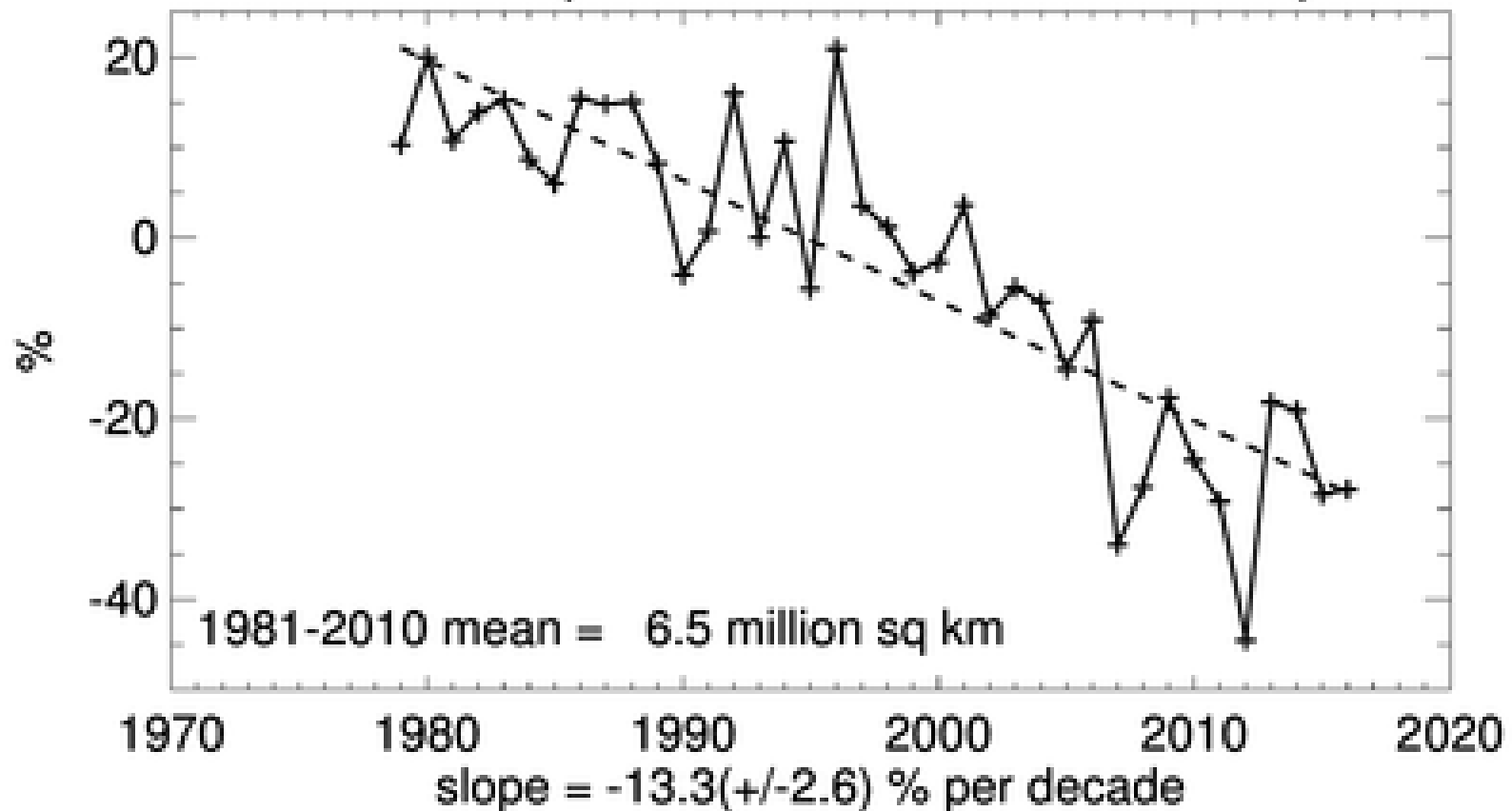




# Comment concevoir l'action au cours des décennies prochaines (GIEC – Groupe 2 – 2014)



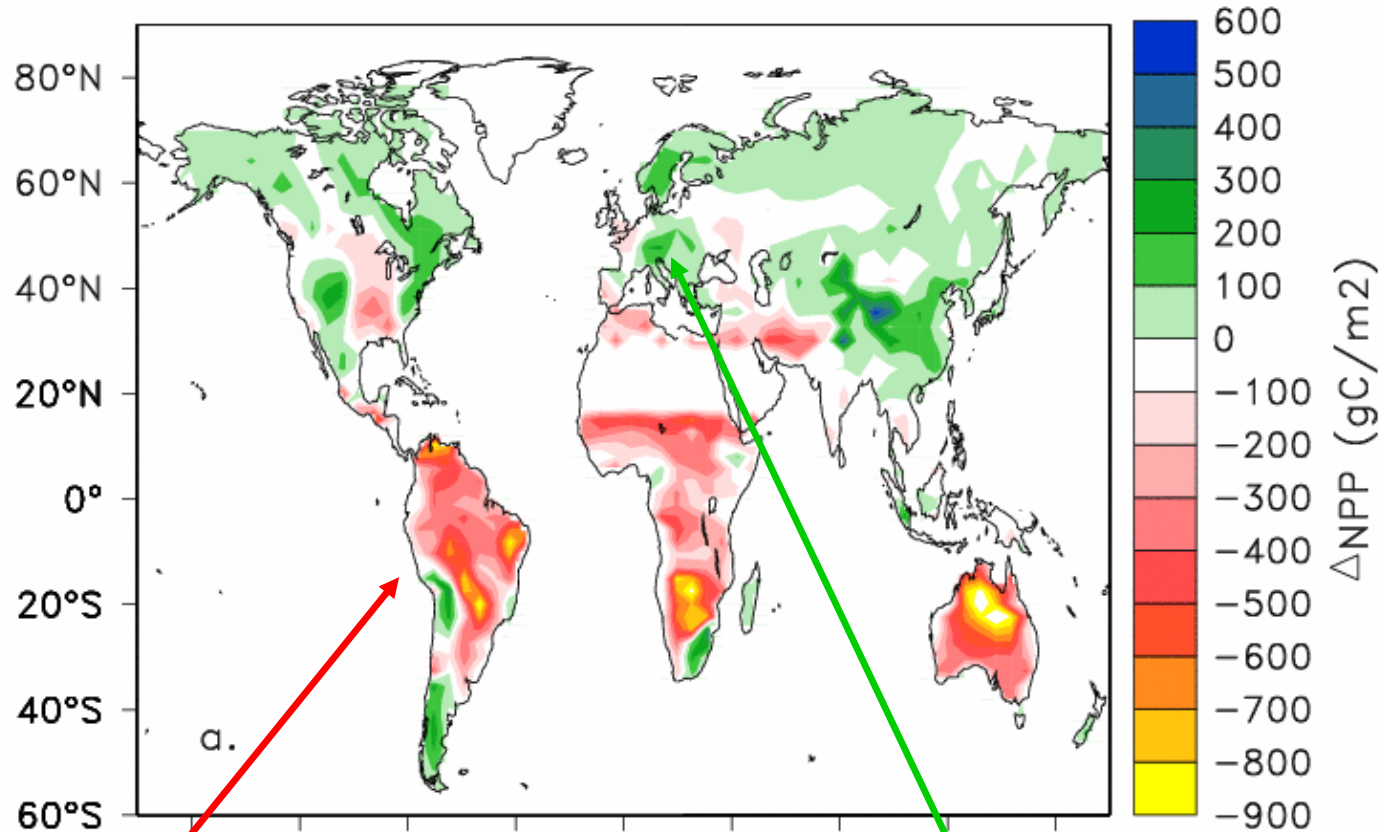
## Northern Hemisphere Extent Anomalies Sep 2016



Evolution de la glace Arctique – fin d'été

Source : NSIDC

# La production primaire nette: dépendance au climat

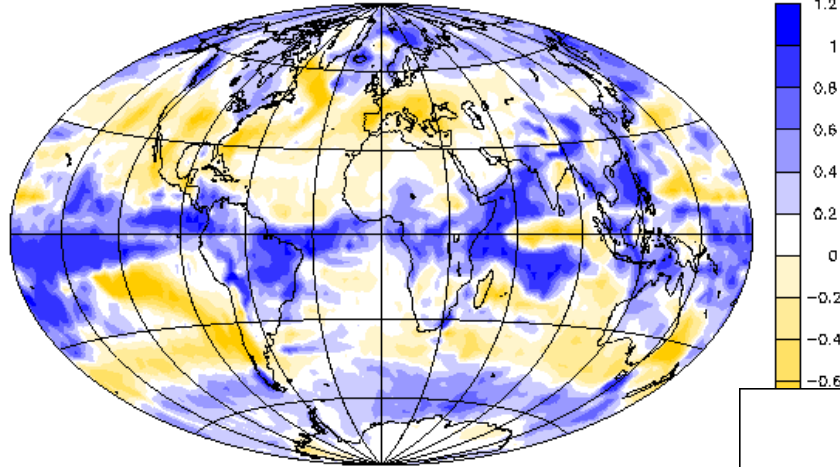


**Increase in soil aridity**

**Extension of the growing season**

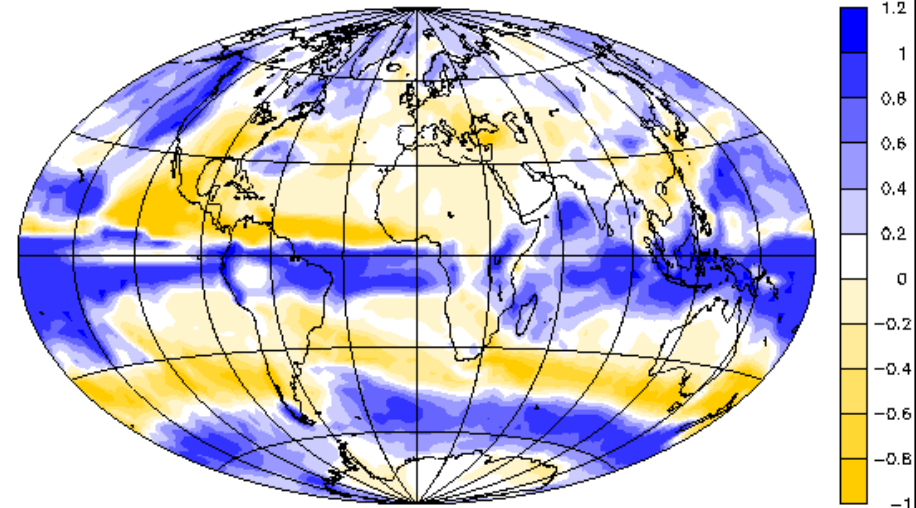
# L'évolution des précipitations pour les deux modèles français

**CNRM**



IPCC / CNRM – SRESA2 scenario – Anomalies de la précipitation (mm/jour)  
(2090–2099) comparée à (2000–2009)

**IPSL**



IPCC / IPSL – SRESA2 scenario – Anomalies de la précipitation (mm/jour)  
(2090–2099) comparée à (2000–2009)

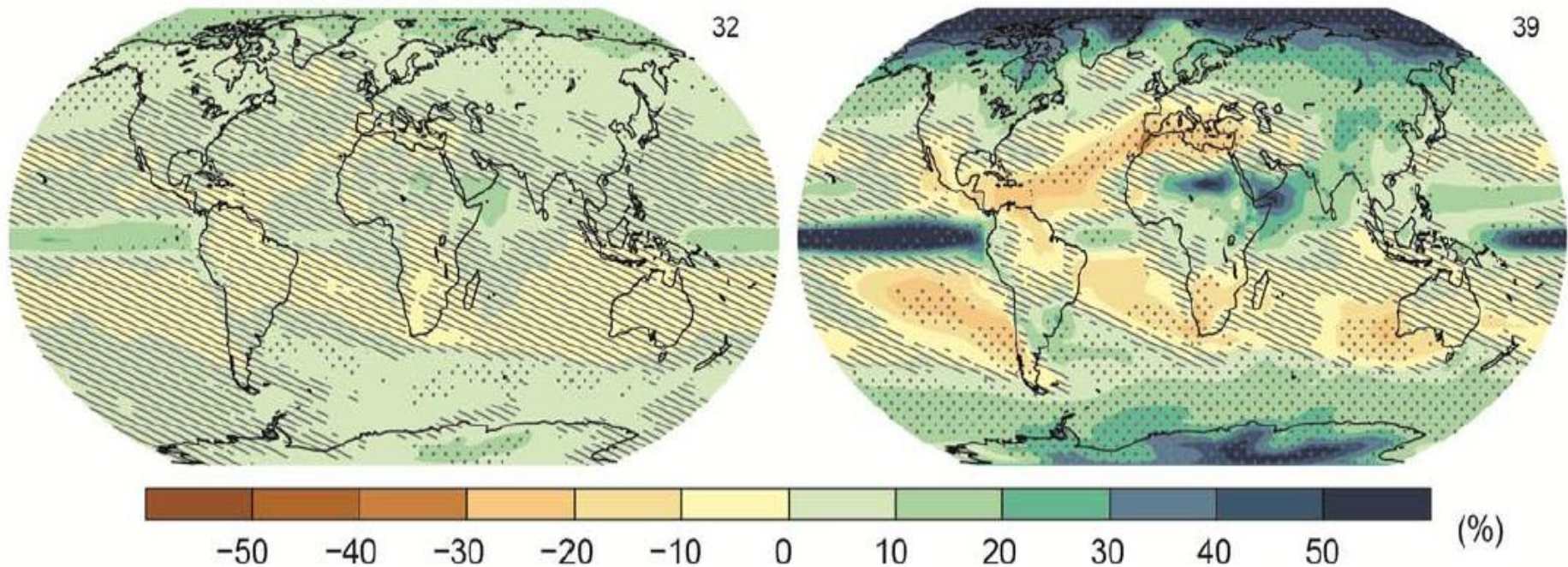
**A2**



# Les changements de précipitation: amplitude importante prévisibilité modérée

(b)

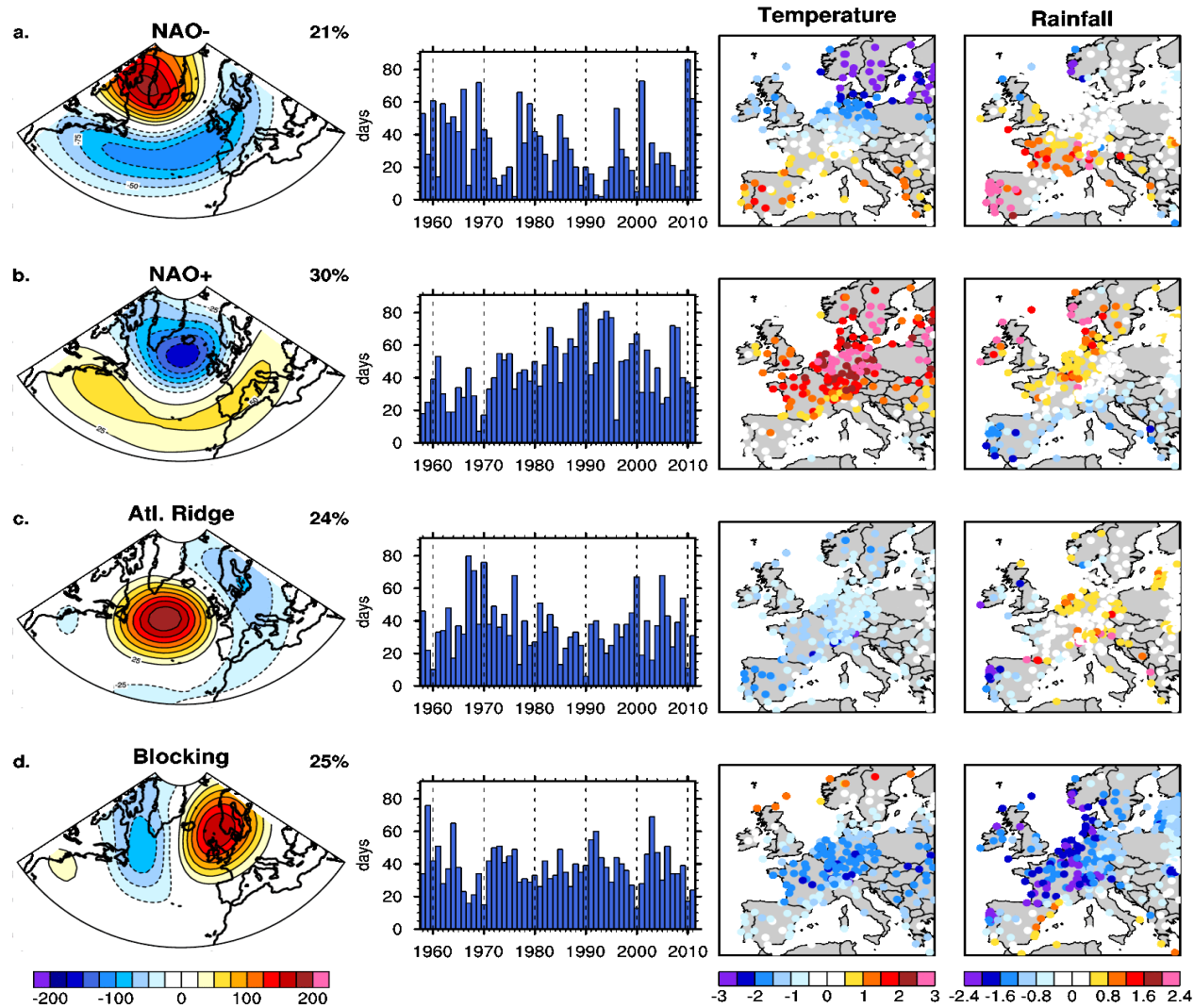
Change in average precipitation (1986–2005 to 2081–2100)



En particulier pour les événements extrêmes



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



Cassou, CNRS  
CERFACS

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

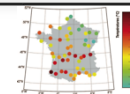
S. Abadie, G. Abril, D. Amouroux, X. Arnaud De Sartre, I. Auby, L. Augusto, G. Bachelet, I. Baldi, V. Banos, A. Bardonnet, J. Baron, M. Baudrimont, M.L. Begout, Y. Bérard, V. Bernard, C. Bernard, M. Berroneau, P. Bertran, G. Biais, G. Blanc, P. Boet, P. Bonneton, A. Borja, C. Boschet, C. Bouisset, D. Breyse, 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.



# Quelques résultats

## LE CLIMAT

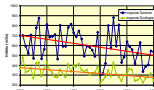
Réchauffement systématique accompagné de vagues de chaleur plus intenses, vents hivernaux moins violents, vents d'été éventuellement plus violents, relèvement moyen du niveau de la mer (~15 cm pour la fin de siècle)



Météo France

## LA DISPONIBILITÉ DES EAUX SUPERFICIELLES

Variabilité des débits saisonniers marquée par la gestion des barrages EDF = cours d'eau plus petits subissent au plus fort les périodes d'étiages estivaux, avec des mises à sec désastreuses pour la faune aquatique locale.

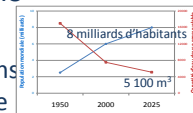


## LA DISPONIBILITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Modification des modalités d'alimentation des nappes, modification des régimes d'exhaure, renforcement des phénomènes d'intrusions marines, modification des interactions nappes/cours d'eau.

## LA QUALITÉ DE L'EAU

Aggravation des pollutions, augmentation des concentrations des polluants et phénomènes de lessivage amenant à des transferts importants et rapides



## LA MONTAGNE

Biodiversité : concentration et/ou déplacements d'aires de distribution, extinctions à basse et haute altitude, migrations...



## LES RISQUES SANITAIRES

Impact respiratoire accru de la pollution atmosphérique, augmentation des phénomènes allergiques, problèmes liés à la qualité de l'eau de boisson (développement de micro-organismes), émergence de maladies infectieuses par migration des vecteurs.



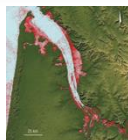
## LA BIODIVERSITÉ MARINE

Des nouvelles espèces ou espèces plus fréquentes, des espèces qui s'adaptent, qui disparaissent ou qui se déplacent



## LE LITTORAL

Érosion des côtes sableuses et rocheuses et submersion des zones estuariennes et lagunaires.



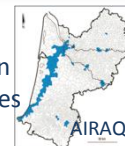
## LA PÊCHE ET L'OSTREICULTURE

Ces activités se feront dans un contexte d'adaptations Adaptations génétiques, modifications de la physiologie, décalages temporels de la phénologie, déplacements de limites bio-géographiques.



## LA QUALITÉ DE L'AIR

Le couloir routier Nord- Sud est mis en évidence pour les surémissions d'oxydes d'azote dues au transport routier



## LES ACTIVITÉS AGRICOLES

Avancée de la date de floraison du merlot de 40 jours en fin de siècle, avancée de la date de maturation du raisin.

## LES FORÊTS

Augmentation des risques phytosanitaires et physiques (maladies), aggravation des sécheresses

## LES ENJEUX SOCIÉTAUX

Les vulnérabilités de la région Aquitaine aux impacts du changement climatique montrent l'intérêt et la nécessité de relire les enjeux régionaux à la lumière du changement climatique

## LES ENJEUX ÉCONOMIQUES

Le changement climatique aura pour effet de faire naître ou d'amplifier des conflits d'usage de ressources entre différents acteurs économiques dans de nombreuses situations (ex : l'usage de l'eau, la surpêche, etc.)