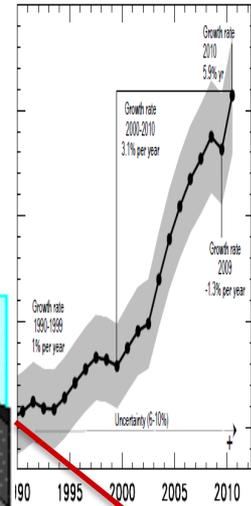
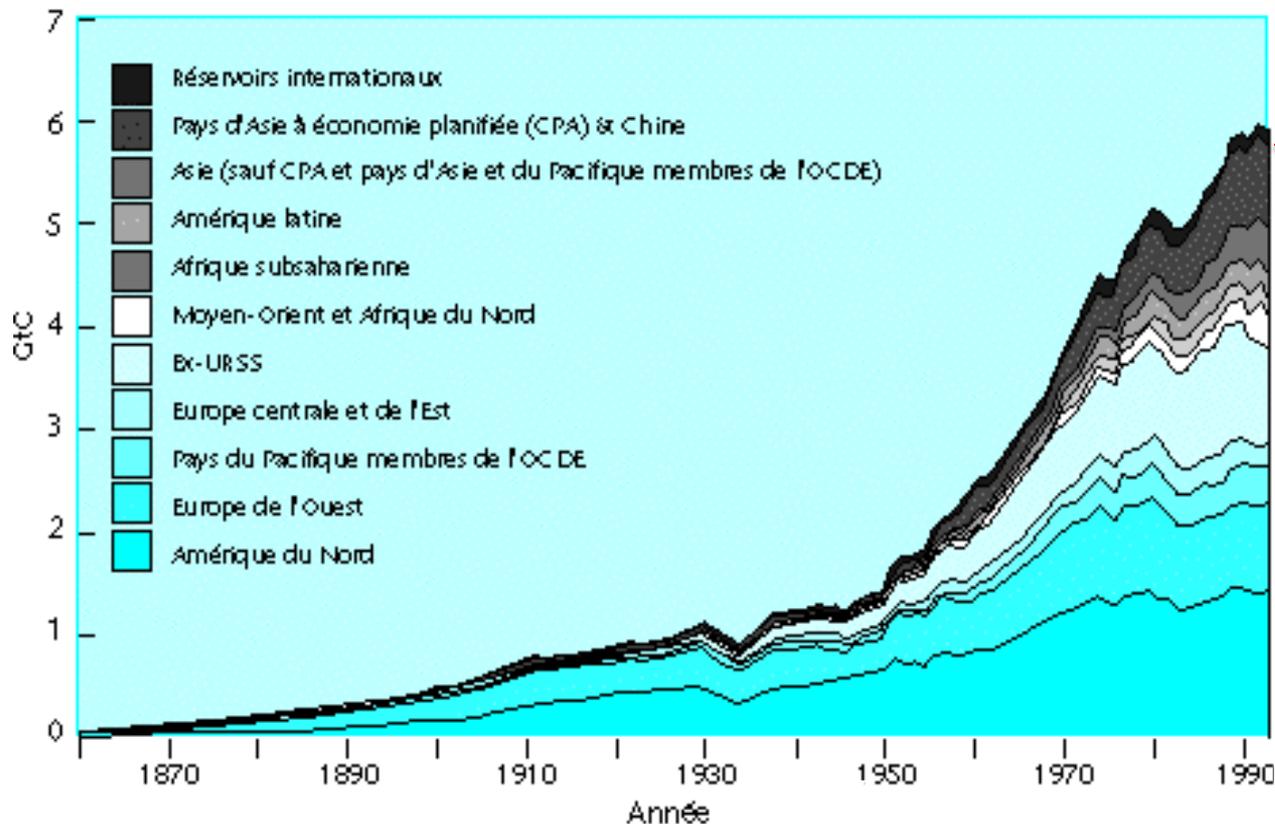


Le système climatique: un système hétérogène et solidaire

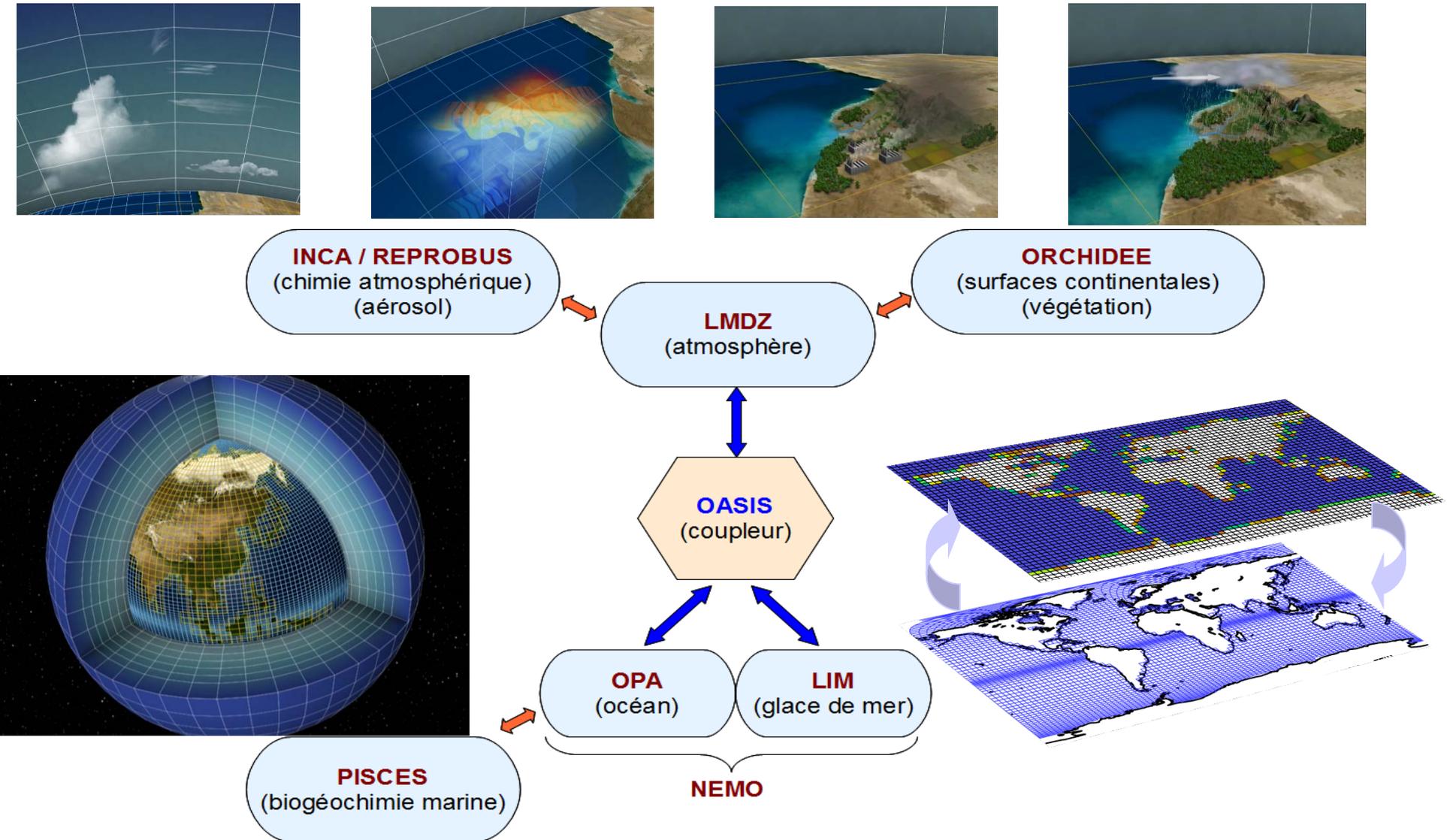
Le changement climatique: un problème en mutation rapide. Les émissions de CO₂ liées à la combustion des hydrocarbures ont été multipliées par presque 10 depuis la deuxième guerre mondiale

(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

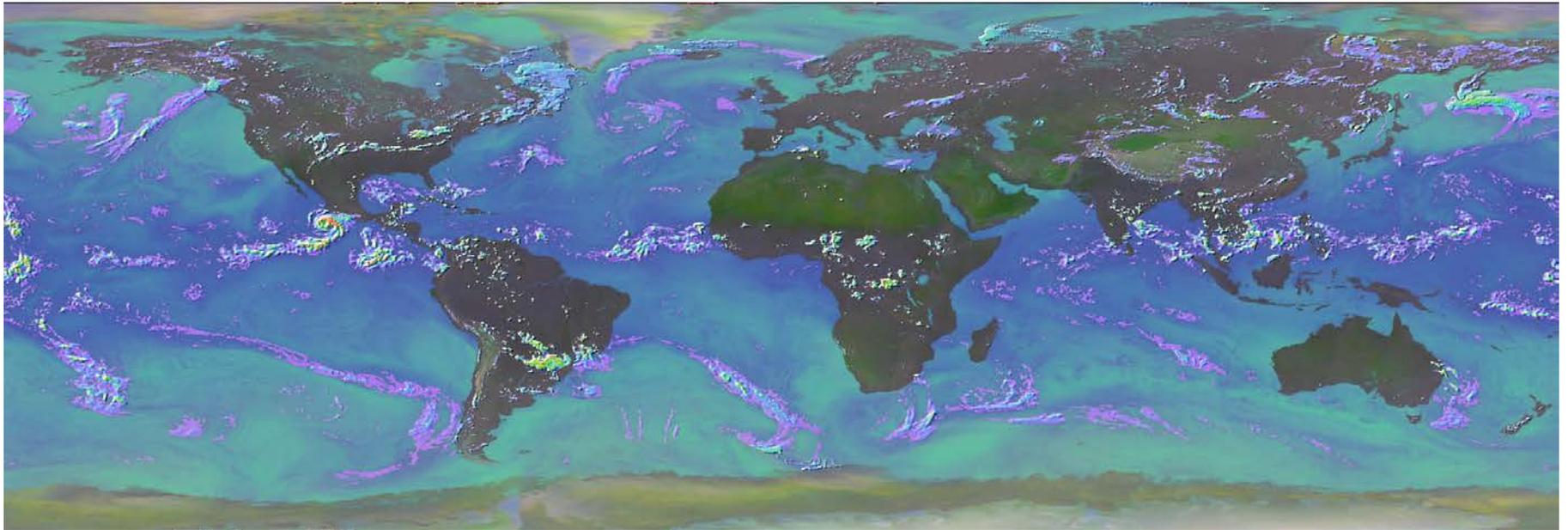


Source: J.-L. Dufresne

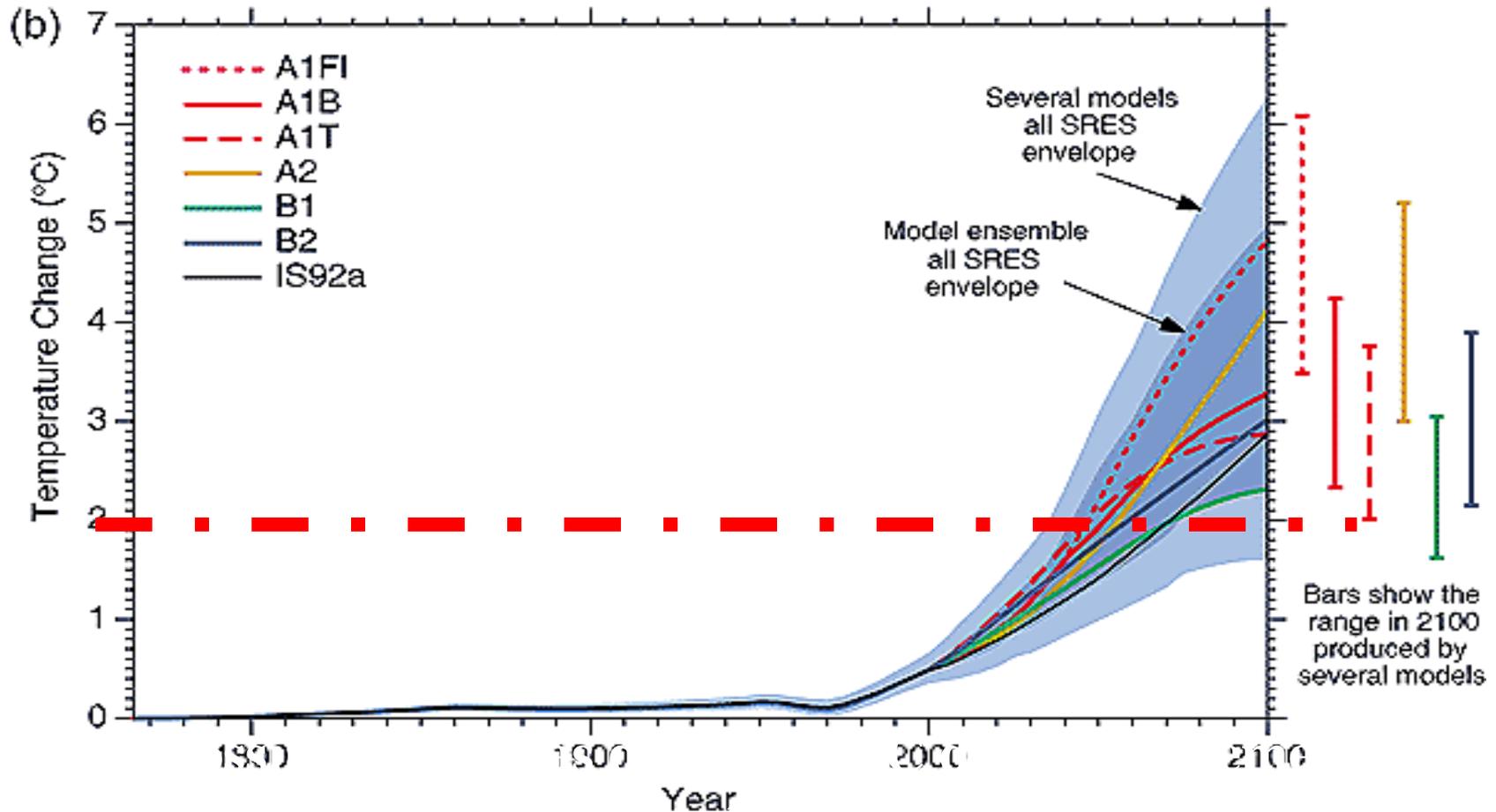
Des lois de la mécanique des fluides déjà anciennes permettent de comprendre le caractère organisé des circulations atmosphériques et océaniques et de créer de véritables “planètes numériques”

Equation de Navier-Stokes (1845):

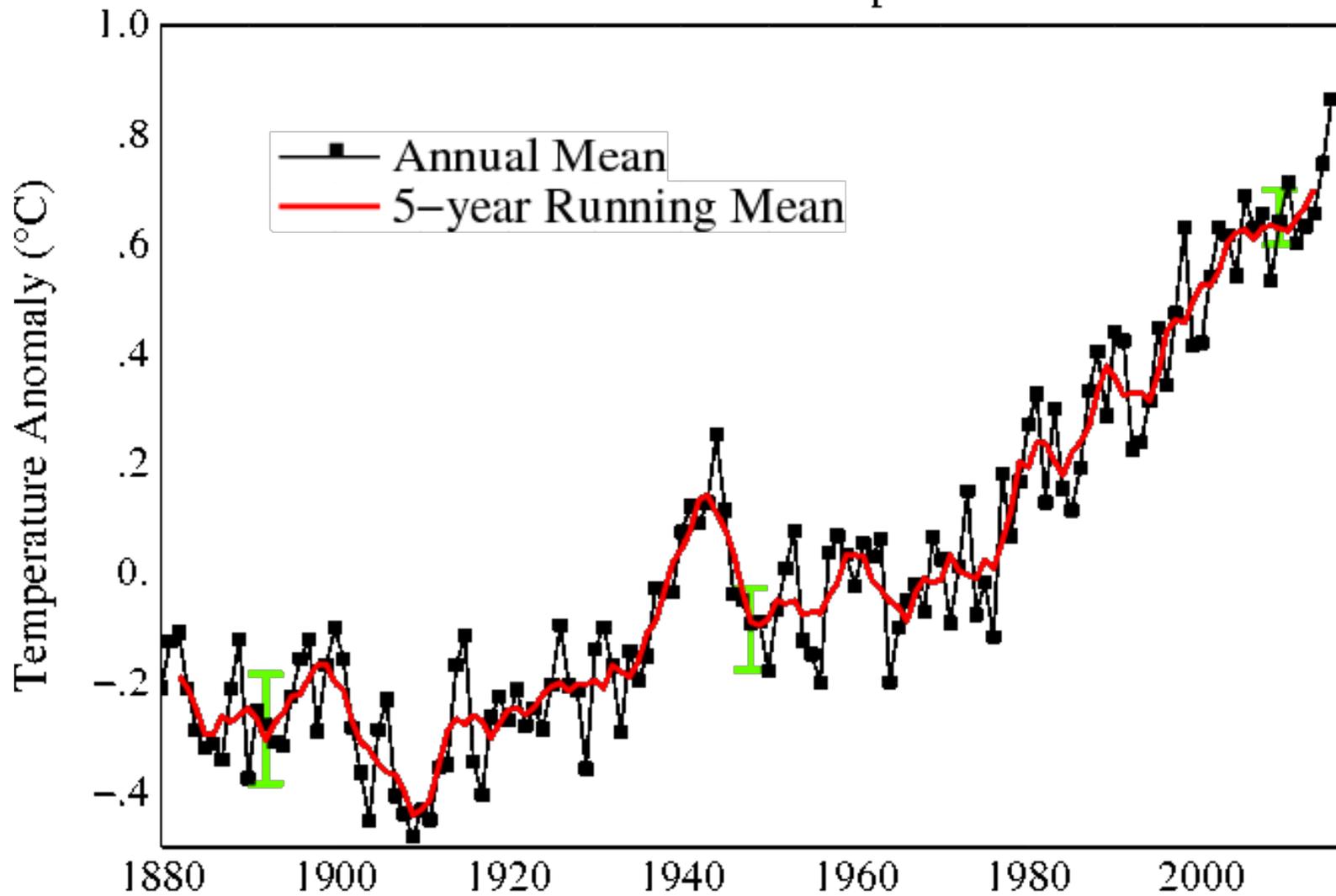
$$\frac{D\mathbf{U}}{Dt} = -2\mathbf{\Omega} \wedge \mathbf{U} - \nabla\Phi - \frac{1}{\rho}\nabla P + \mathbf{F}$$



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



Global Land–Ocean Temperature Index

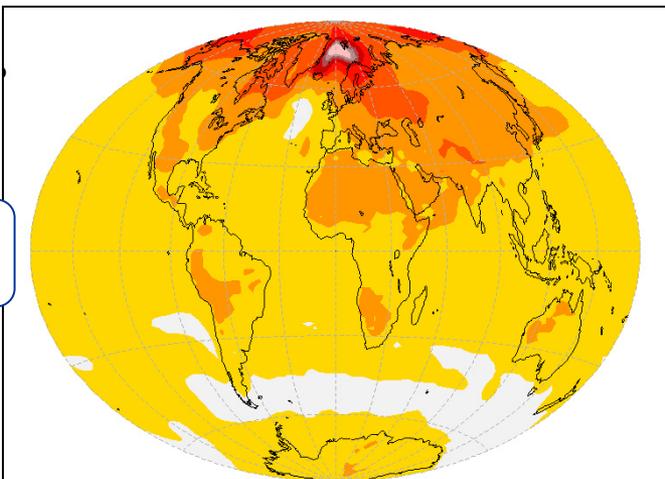


Changement de température de surface

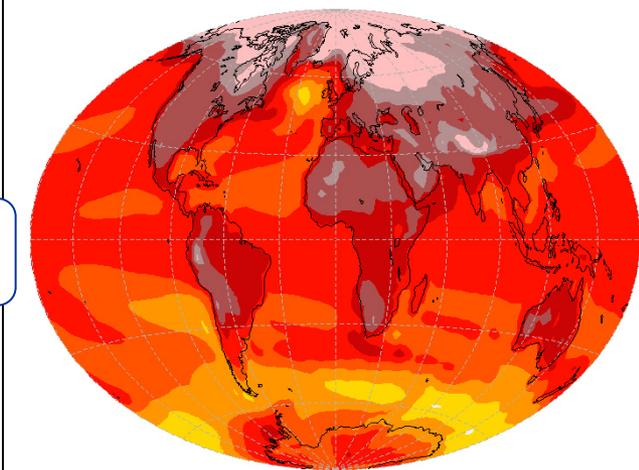
Différence entre **2100** et **1990**

IPSL-CM5A-LR

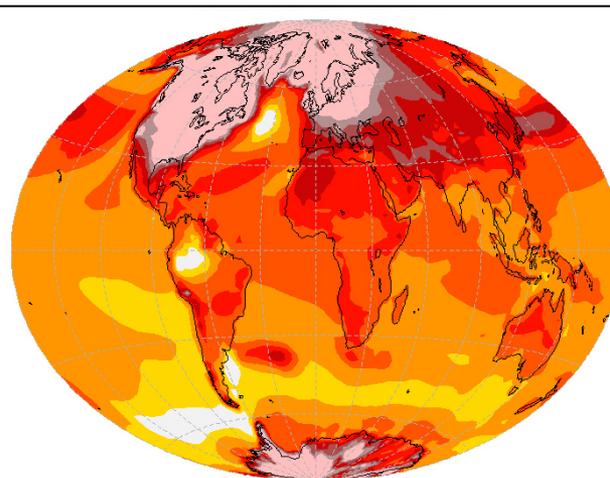
RCP2.6



RCP8.5



Entre **préindustriel** et
glaciaire



Glaciaire

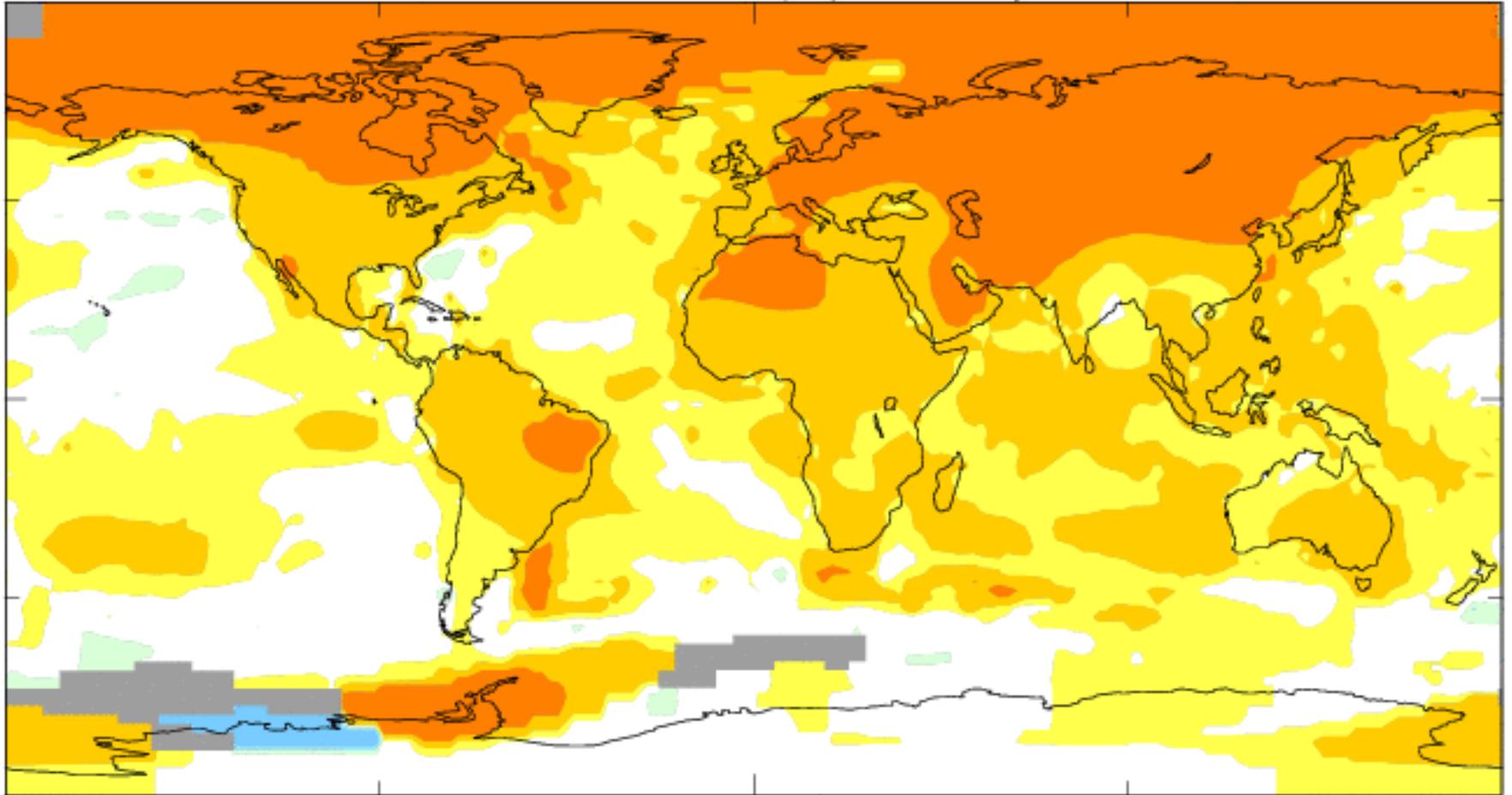


**Les observations récentes confirment les anticipations de modèles.
Différences observées entre les années (1997-2012) et les années (1951-1980) (NASA-GISS)**

Annual J-D 1997-2012

L-OTI(°C) Anomaly vs 1951-1980

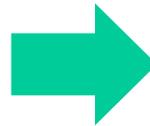
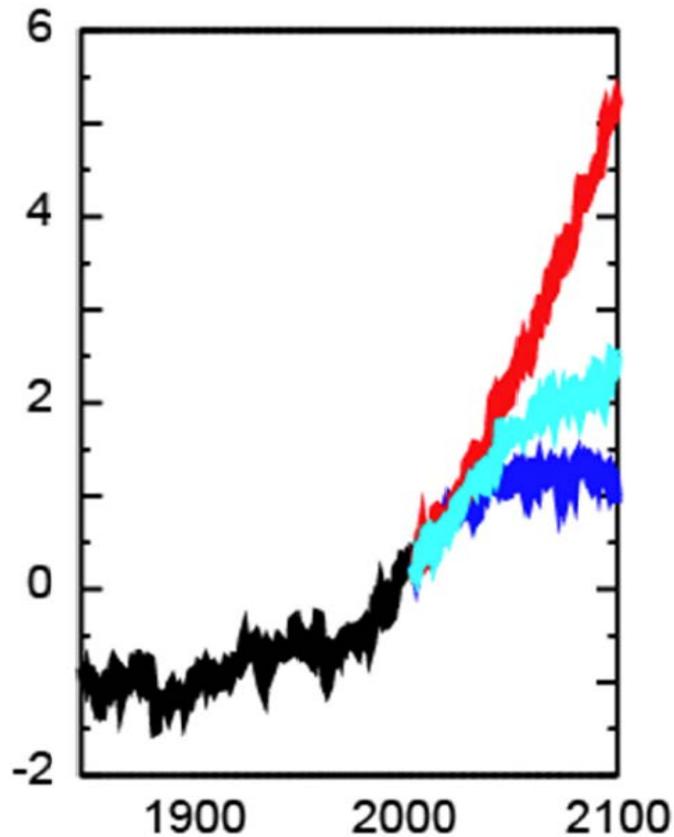
0.51



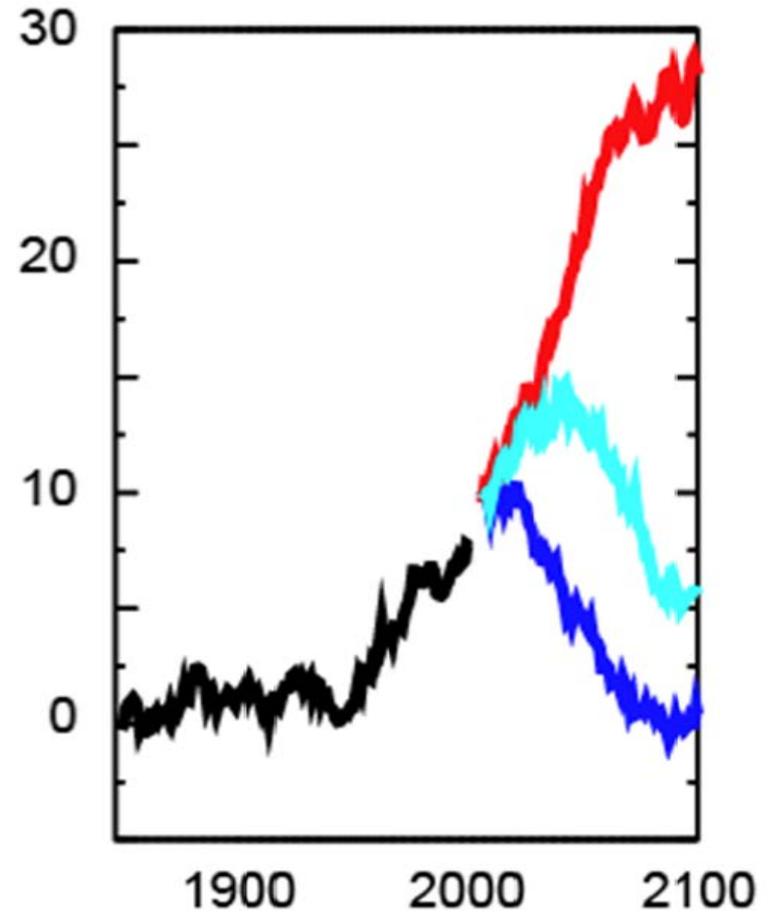
Un vision inverse du problème: quelles émissions pour quel objectif?

IPSL / GIEC 2013

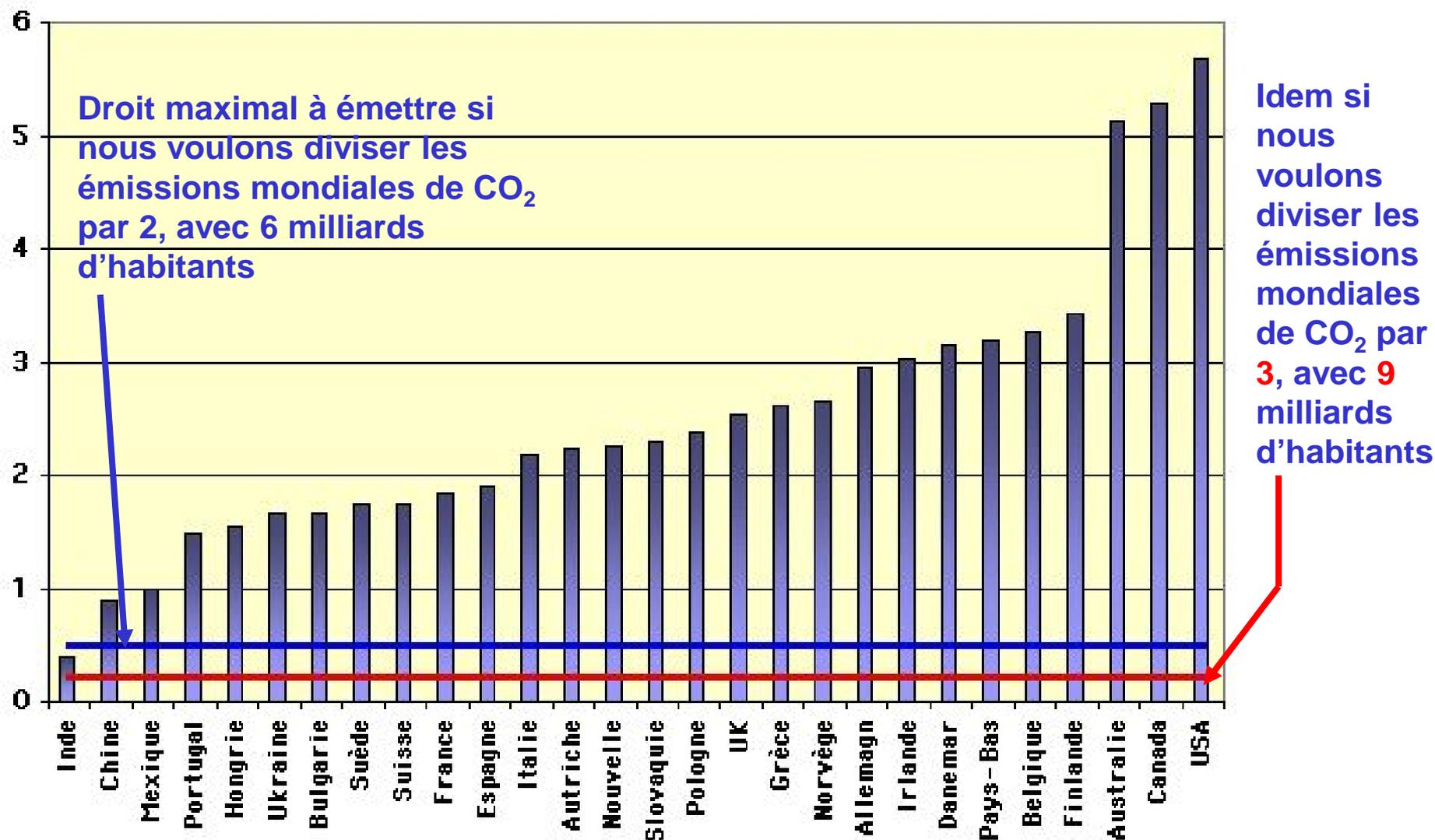
Réchauffement (en °C)



Emissions associée de CO₂
(en GtC / an)



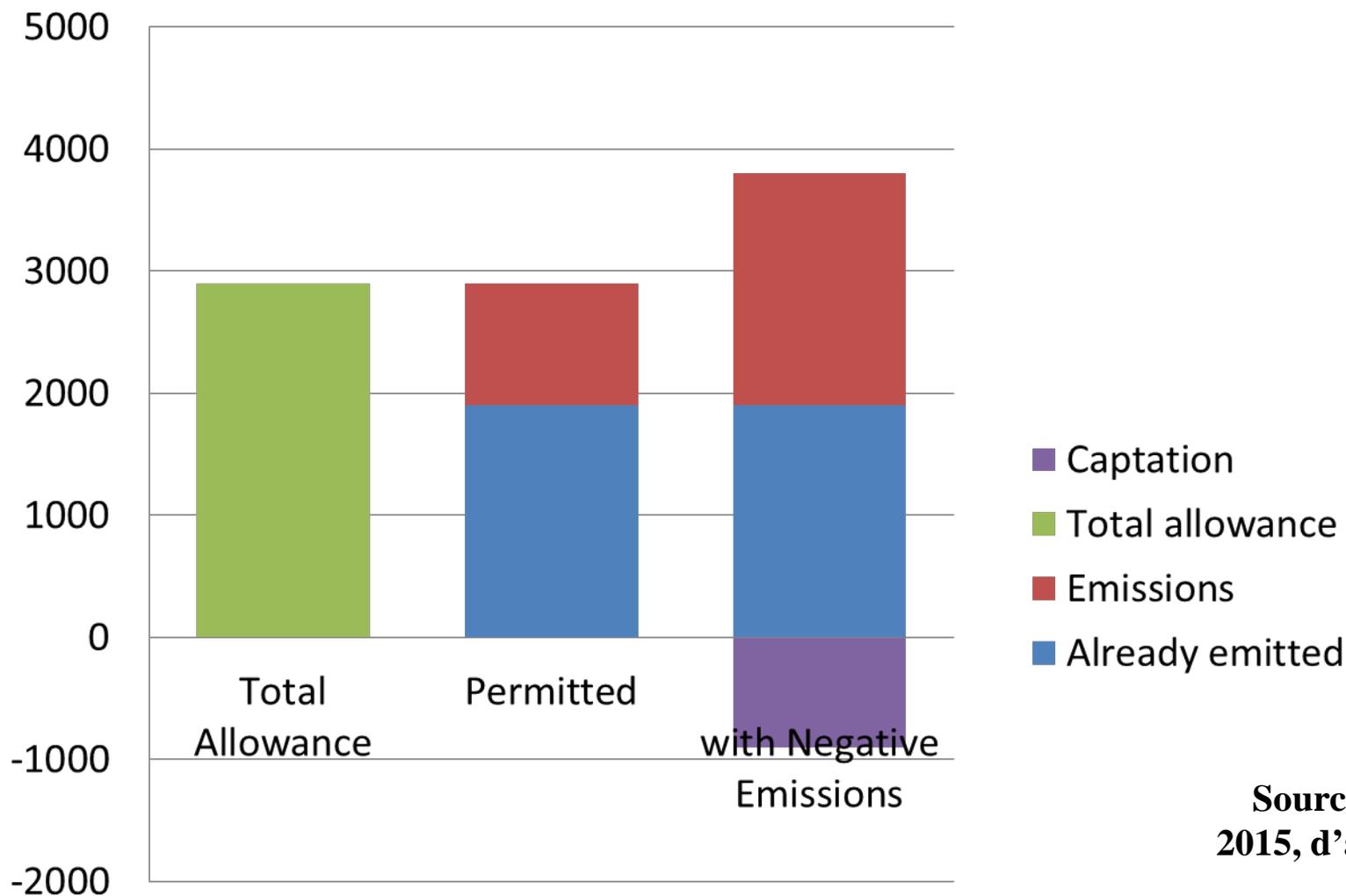
Qu'émettre au plus si nous voulons arrêter d'enrichir l'atmosphère en CO₂ ?



Émissions de CO₂ 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 CO₂ 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)

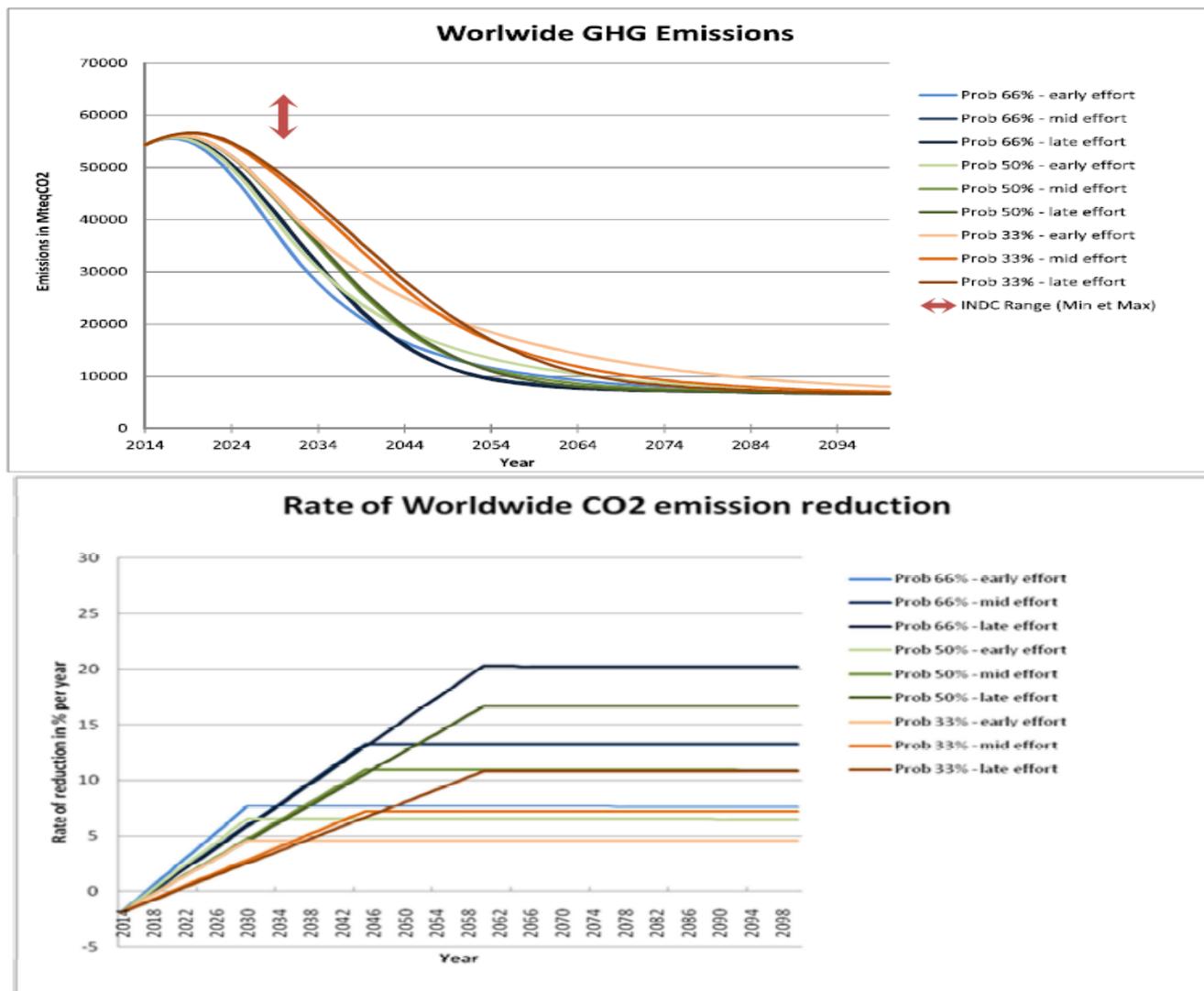
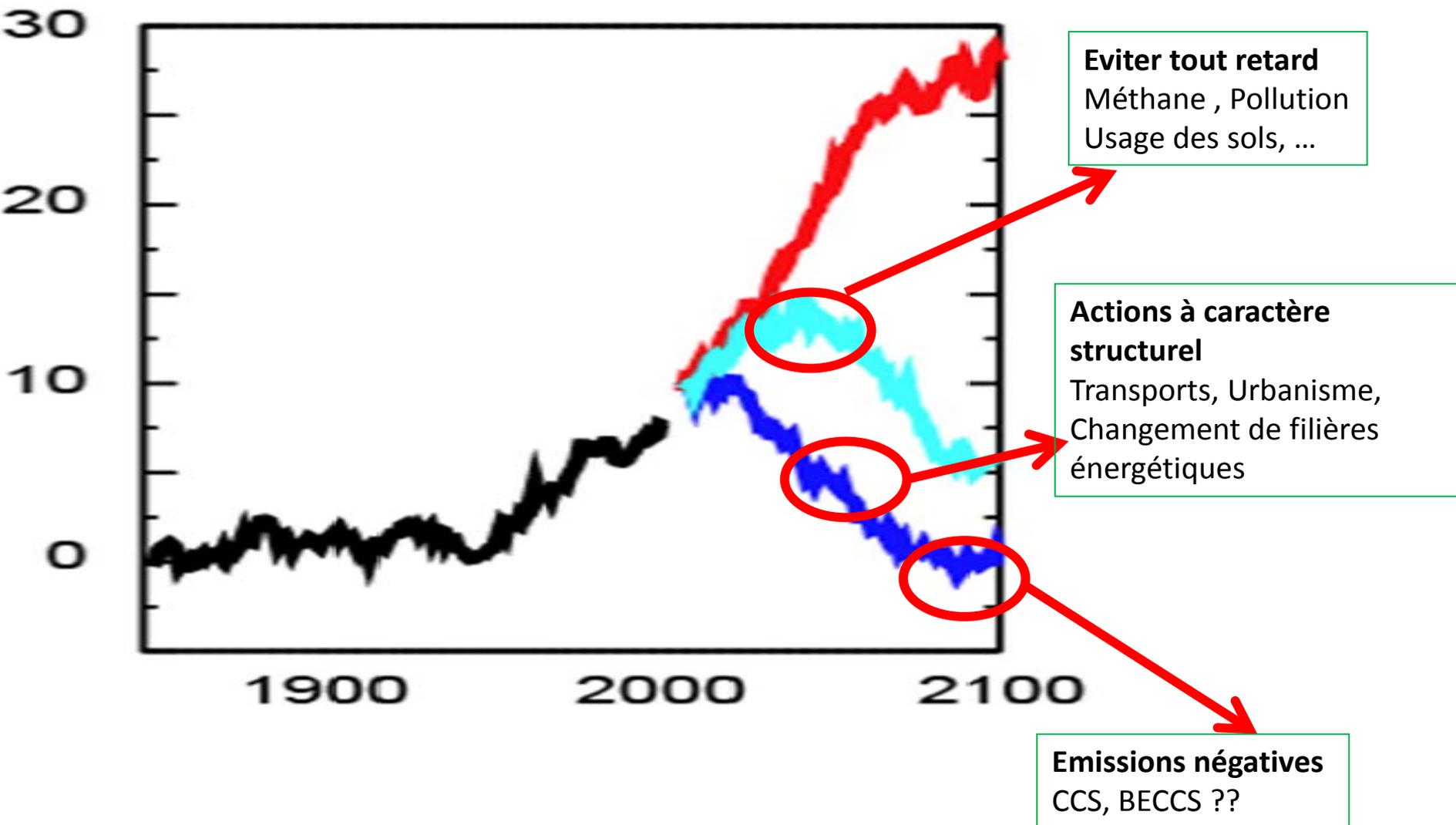
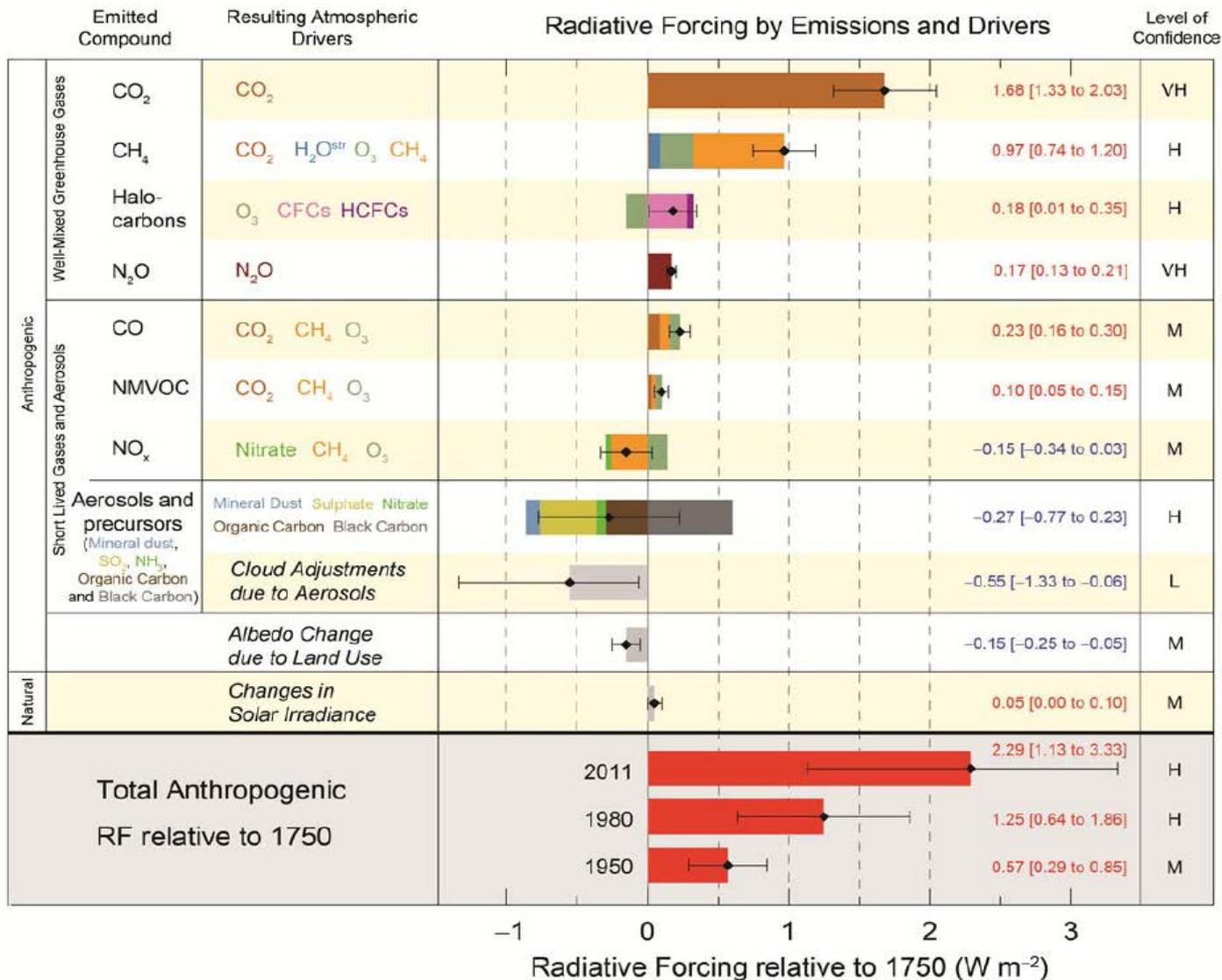


Figure 3 - GHG emission trajectories (MtCO₂e) without negative emissions for different probabilities of reaching the 2°C target and different maximum effort dates; compared with global 2030 emissions from the aggregation of INDCs and “current policies” scenario (top). Associated emissions reduction rate (bottom).

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

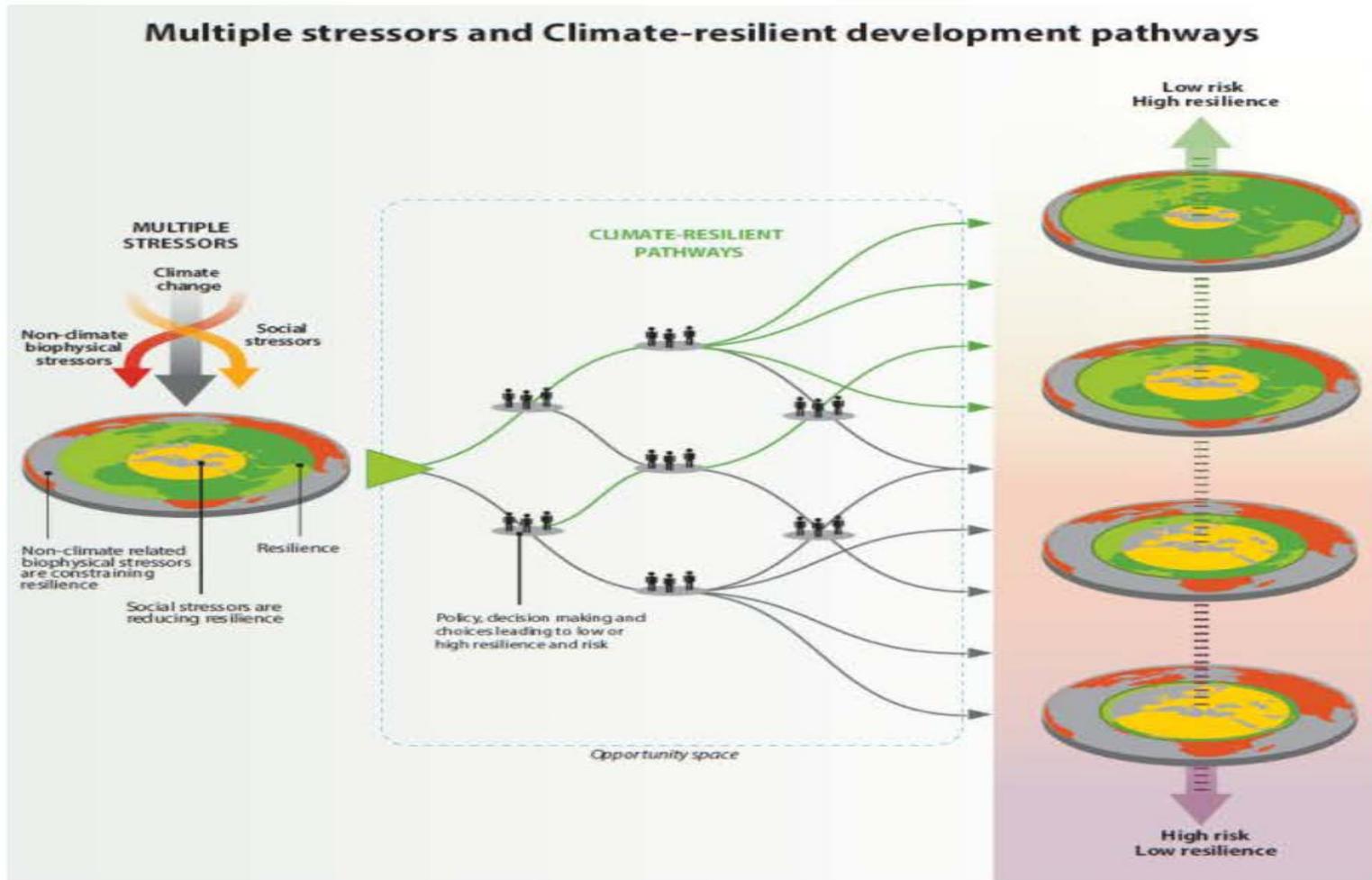


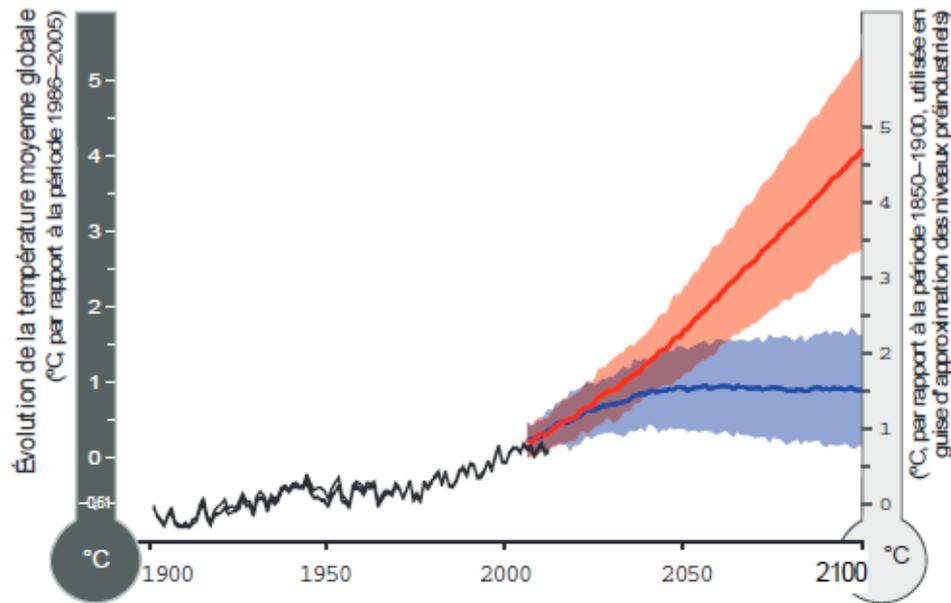


Le passage à l'action: la confrontation à la complexité

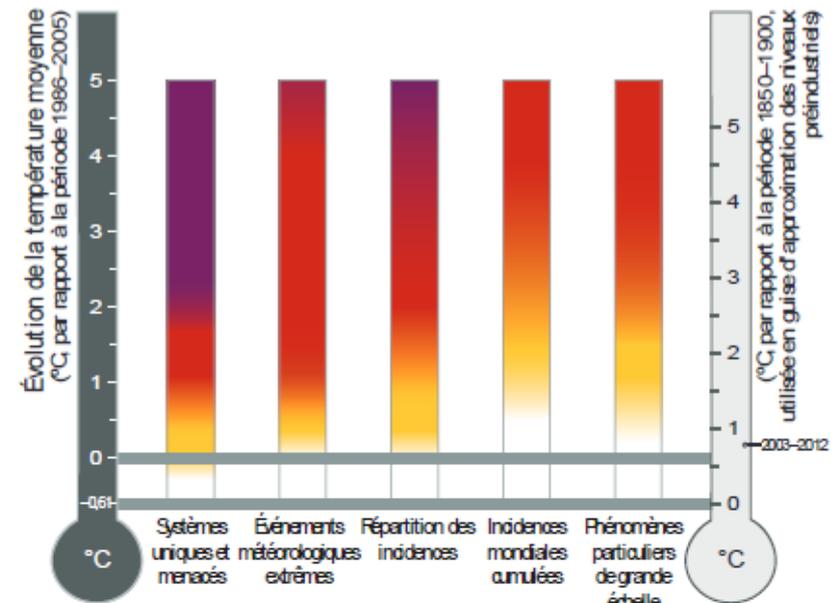
Exemple des différents gaz effet de serre et polluants atmosphériques

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





- Observée
- RCP 8,5 (scénario à émissions élevées)
- Chevauchement
- RCP 2,6 (scénario d'atténuation à émissions faibles)



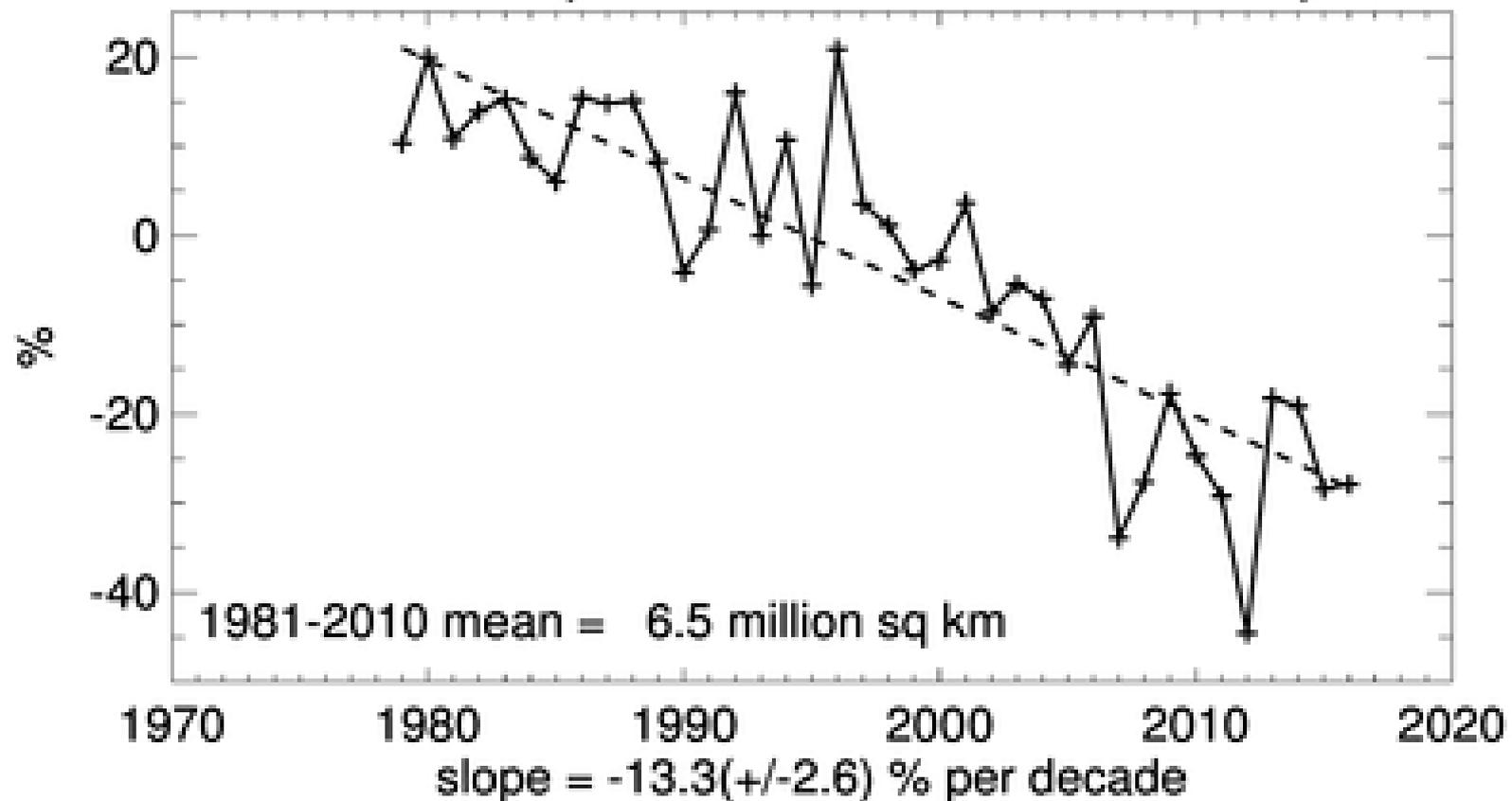
- Degré de risque supplémentaire dû au changement climatique
- | | | | |
|--------------|-------|-------|------------|
| Indétectable | Moyen | Élevé | Très élevé |
|--------------|-------|-------|------------|

Encadré d'évaluation RID.1 Figure 1 | Perspective globale des risques liés au climat. Les risques correspondant à chacun des motifs de préoccupation sont indiqués à droite, pour des niveaux croissants de changement climatique. Les couleurs servent à indiquer le risque supplémentaire dû au changement climatique lorsqu'un niveau de température est atteint, puis maintenu ou dépassé. Le risque indétectable (en blanc) indique qu'il n'y a pas d'incidence associée détectable et attribuable au changement climatique. Le risque modéré (en jaune) indique que les incidences associées sont à la fois détectables et attribuables au changement climatique avec un niveau de confiance au moins moyen, compte tenu également des autres critères spécifiques aux risques principaux. Le risque élevé (en rouge) indique que les incidences associées sont graves et de grande ampleur, en prenant également en compte les autres critères spécifiques aux risques principaux. Le violet, utilisé pour la première fois dans la présente évaluation, indique que tous les critères spécifiques aux risques principaux laissent conduire à un risque très élevé. [Figure 19-4] En guise de référence, la moyenne annuelle globale passée et prévue de la température à la surface du globe est indiquée à gauche, comme dans la figure RID.4. [Figure RC-1, encadré OC-RC; GTI RE5, figures RID.1 et RID.7] Selon la plus longue série disponible de données de température à la surface du globe, le changement observé entre la moyenne de la période 1850-1900 et la période de référence du cinquième Rapport d'évaluation (1986-2005) s'établit à 0,61 °C (intervalle de confiance à 5-95 % : 0,55 à 0,67 °C) [GTI RE5, RID, 2.4], qui est utilisée ici en guise d'approximation du changement de la température globale moyenne à la surface du globe depuis l'ère préindustrielle, c'est-à-dire la période précédant 1750 [Glossaires des contributions des GTI et II au cinquième Rapport d'évaluation].

Faut-il essayer de s'adapter et à quoi?

- Des impacts directs du réchauffement
- Des impacts plus indirects (dérèglement)

Northern Hemisphere Extent Anomalies Sep 2016



Evolution de la glace Arctique – fin d'été

Source : NSIDC

Global Mean Sea Level GIEC (2013)

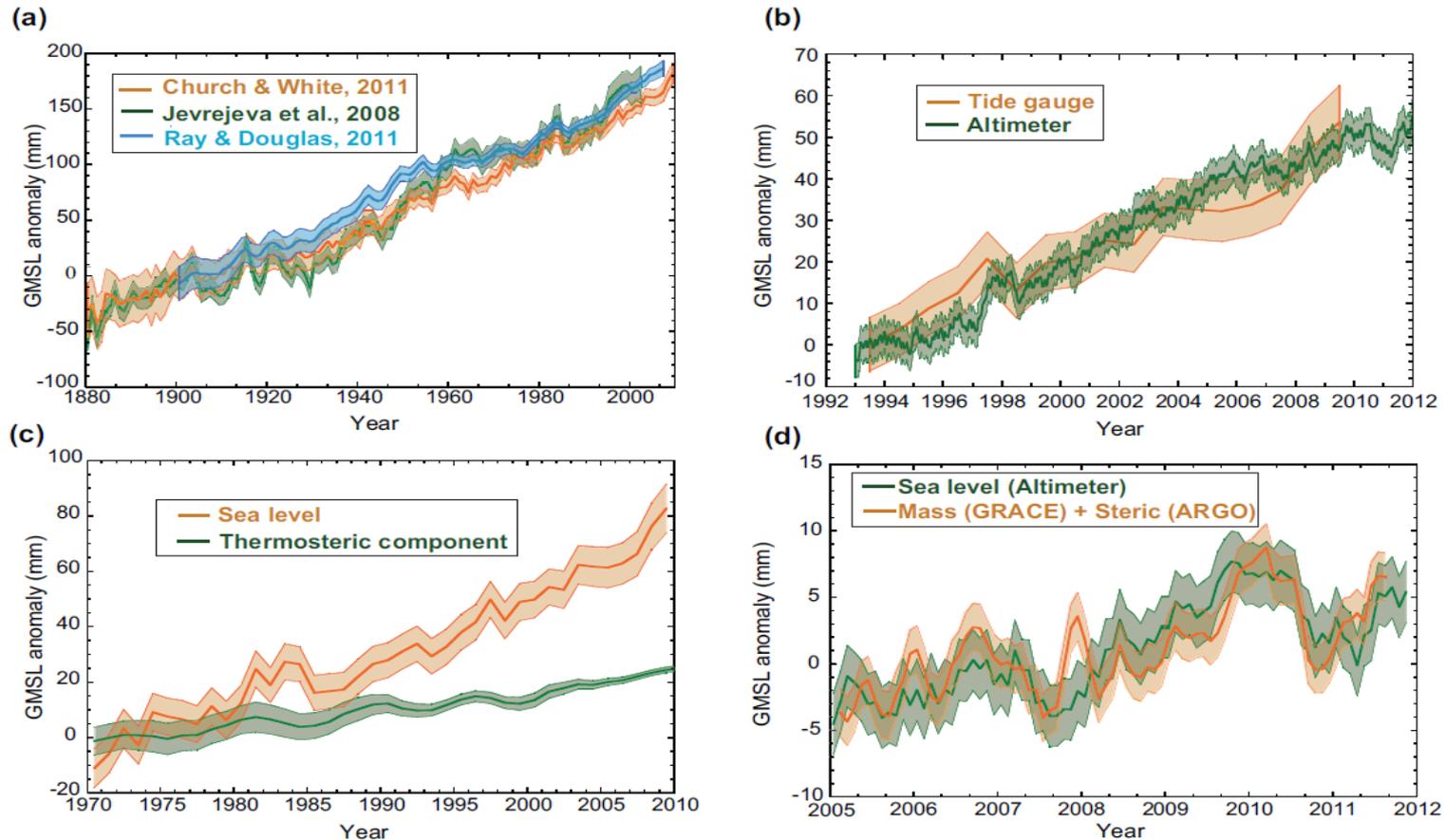
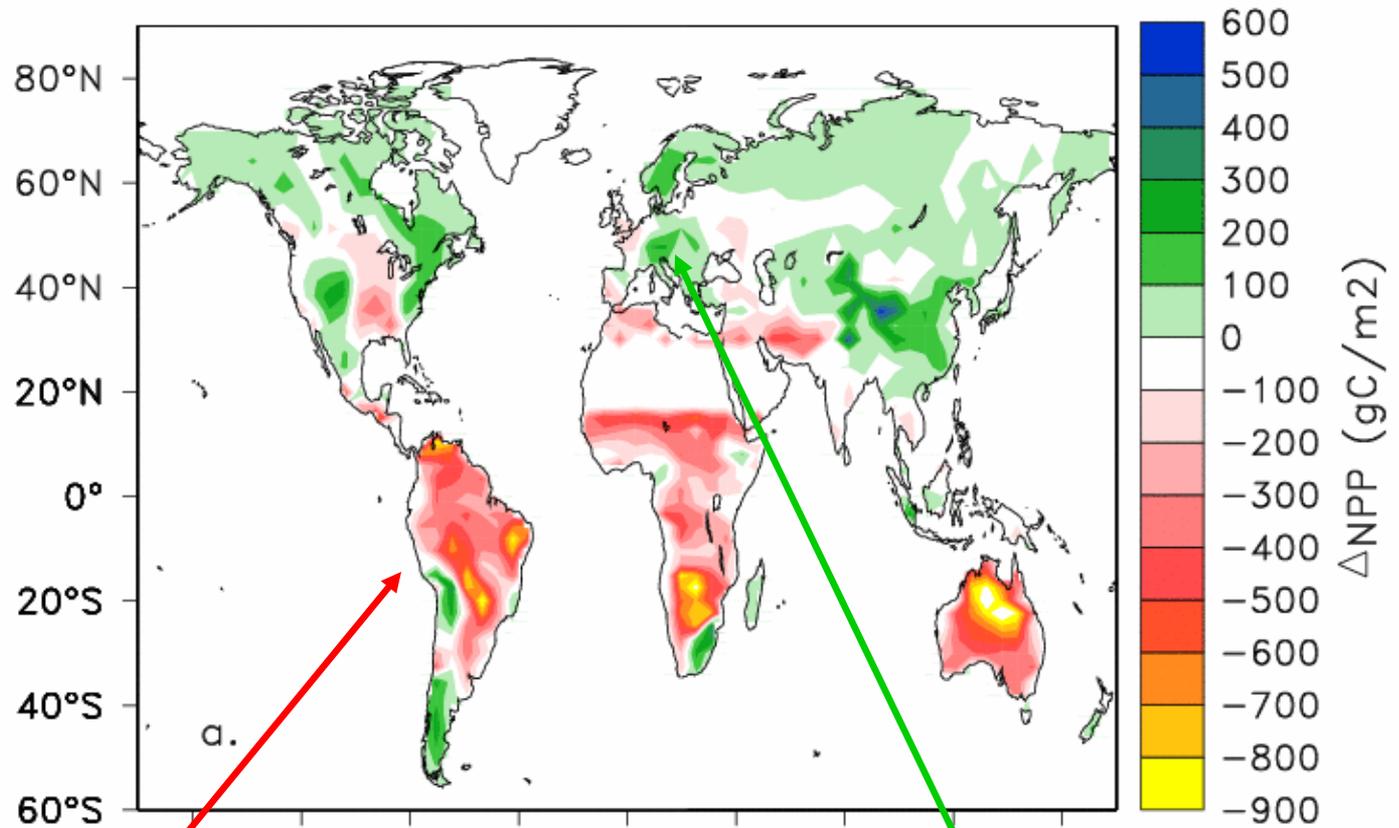


Figure 3.13 | Global mean sea level anomalies (in mm) from the different measuring systems as they have evolved in time, plotted relative to 5-year mean values that start at (a) 1900, (b) 1993, (c) 1970 and (d) 2005. (a) Yearly average GMSL reconstructed from tide gauges (1900–2010) by three different approaches (Jevrejeva et al., 2008; Church and White, 2011; Ray and Douglas, 2011). (b) GMSL (1993–2010) from tide gauges and altimetry (Nerem et al., 2010) with seasonal variations removed and smoothed with a 60-day running mean. (c) GMSL (1970–2010) from tide gauges along with the thermosteric component to 700 m (3-year running mean) estimated from in situ temperature profiles (updated from Domingues et al., 2008). (d) The GMSL (nonseasonal) from altimetry and that computed from the mass component (GRACE) and steric component (Argo) from 2005 to 2010 (Leuliette and Willis, 2011), all with a 3-month running mean filter. All uncertainty bars are one standard error as reported by the authors. The thermosteric component is just a portion of total sea level, and is not expected to agree with total sea level.

La production primaire nette: dépendance au climat



Increase in
soil aridity

Extension of the
growing season

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

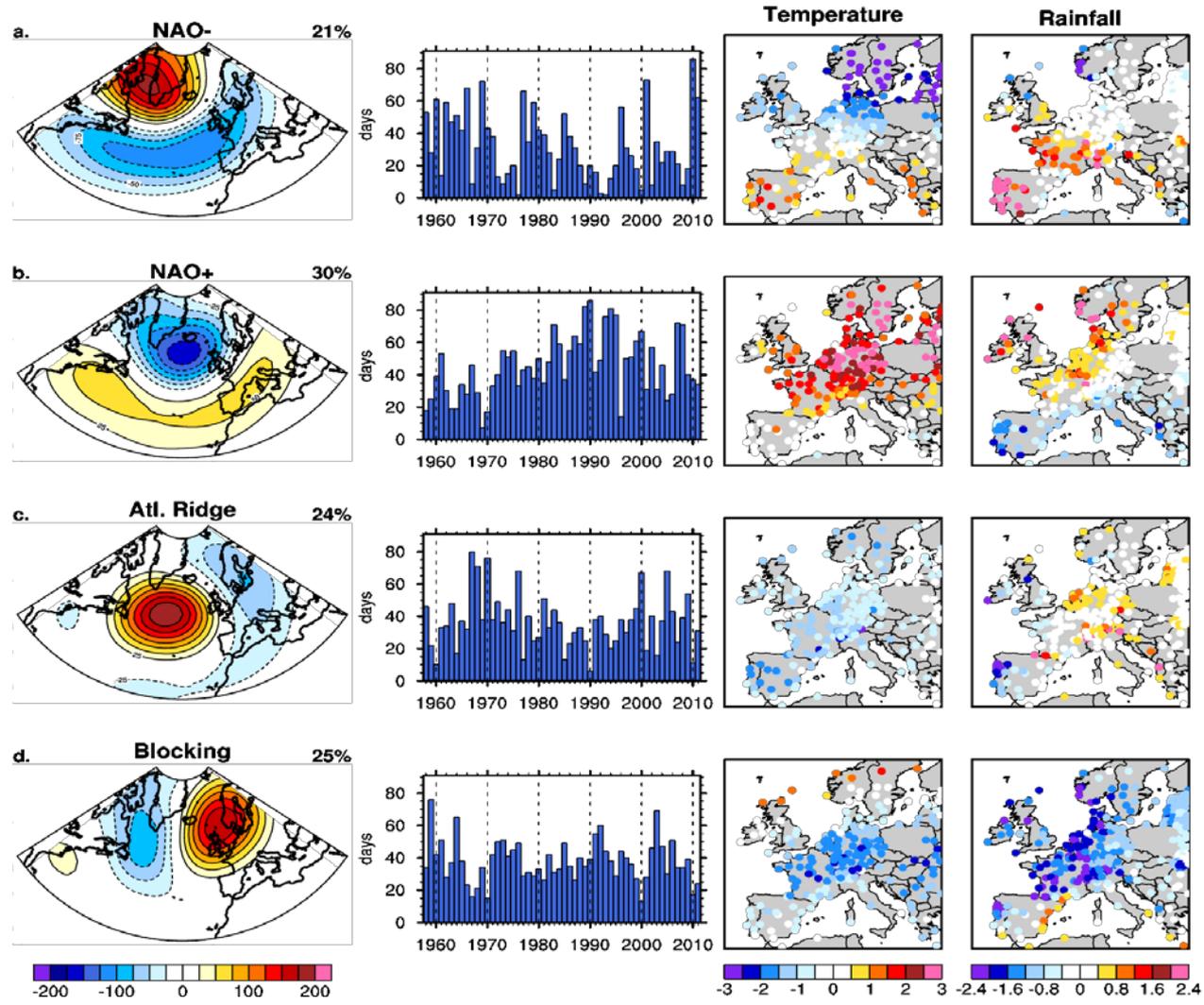
Afrique	5
Asie	2.5
Europe	1
Amérique Latine	2
Amérique du Nord	1.5
Océanie	1.5

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



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. Coupry, 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. Sottollichio, 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.

Modifications du littoral (Bruno Castelle)

Littoral : une diversité de milieux

Des submersions prévisibles
Des aléas liés à l'érosion



Erosion à Soulac.



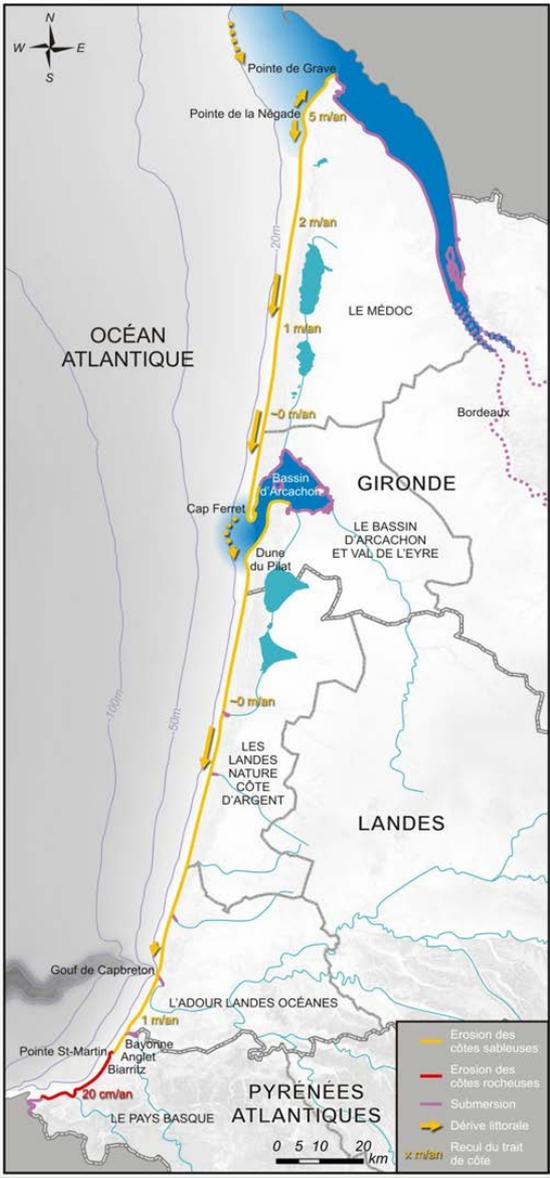
Erosion des falaises au Pays Basque.



Embouchure du Bassin d'Arcachon



Submersion à Andernos



Risques de submersion



Aléas sur le littoral aquitain

Des missions nouvelles pour la science:

- Appui aux négociations à venir
- Définition des outils nécessaires à des politiques de prévention, d'adaptation ou de réparation
- Capacité à être interrogée et à fournir en retour une expertise multidisciplinaire