carbone 4
Préparons l'avenir ensemble



Le changement climatique

AX Lyon
Janvier 2016

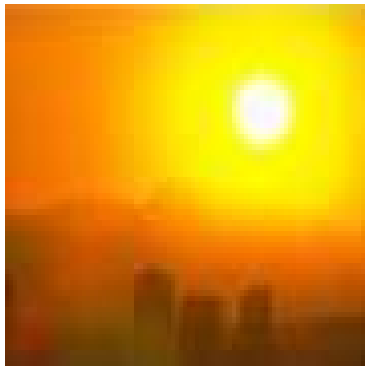
Alain Grandjean
Contact : alain.grandjean@carbone4.com

Changements climatiques observés





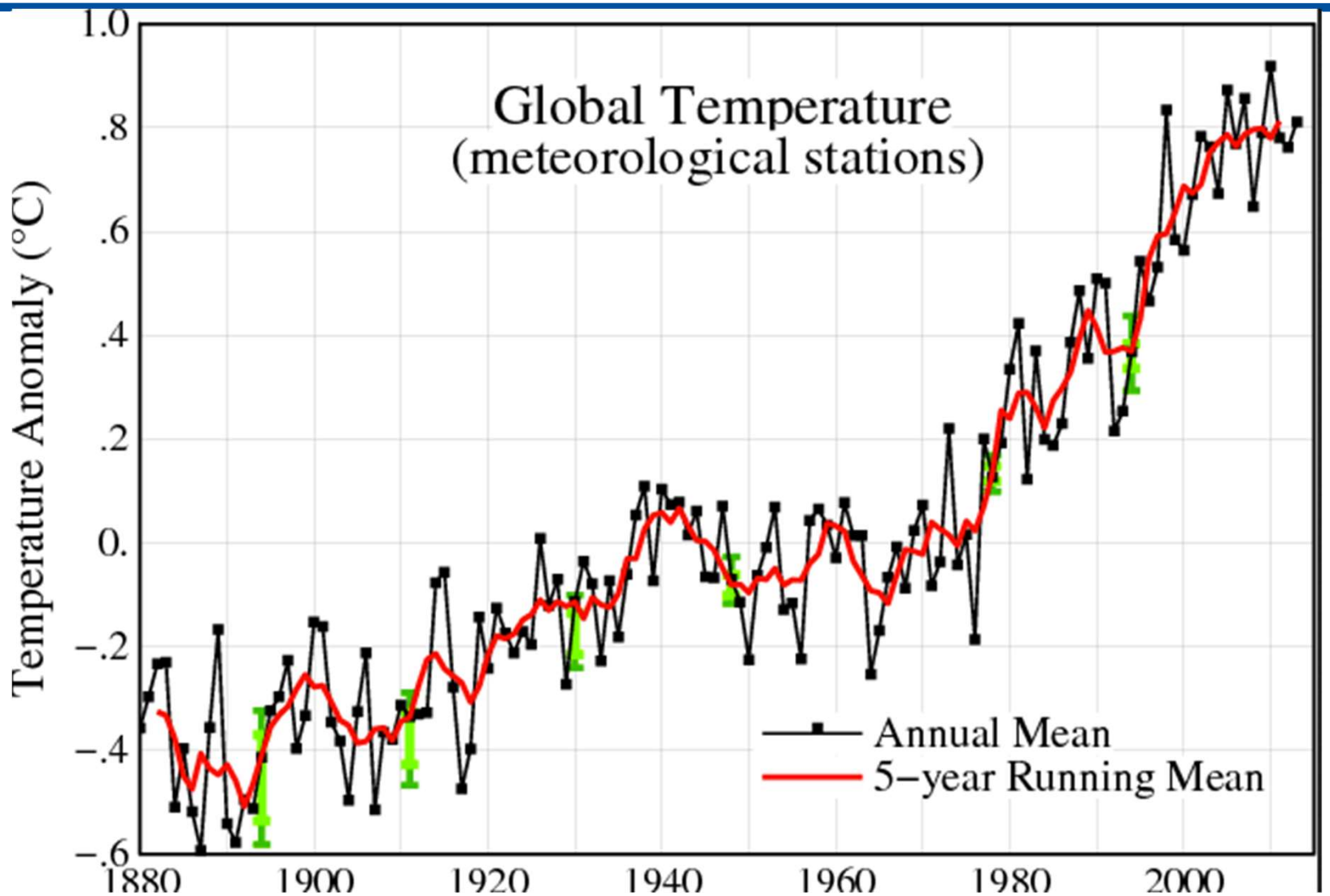






Le réchauffement climatique se poursuit; ses causes sont bien comprises

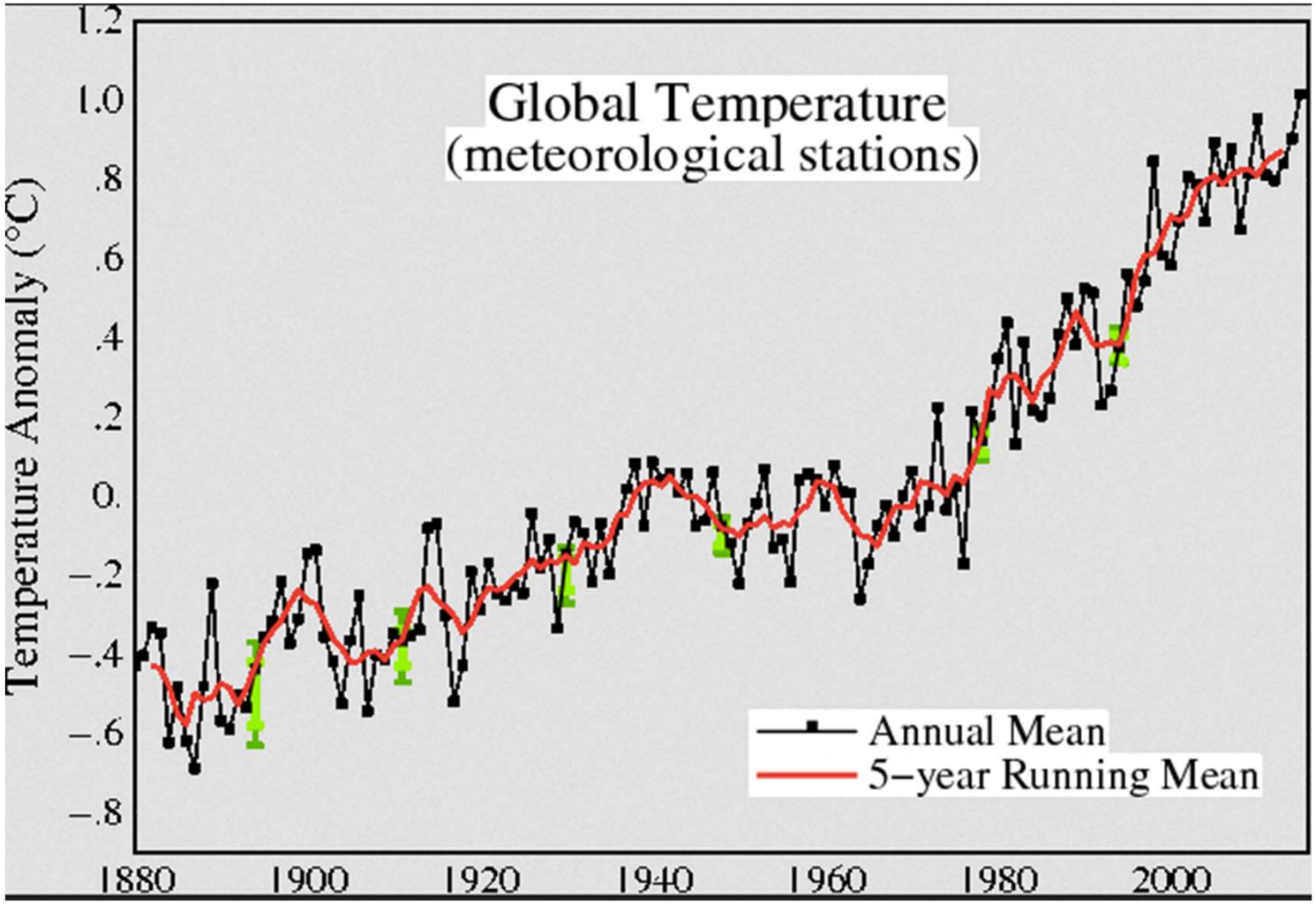
(Voir synthèses du GIEC http://www.ipcc.ch)



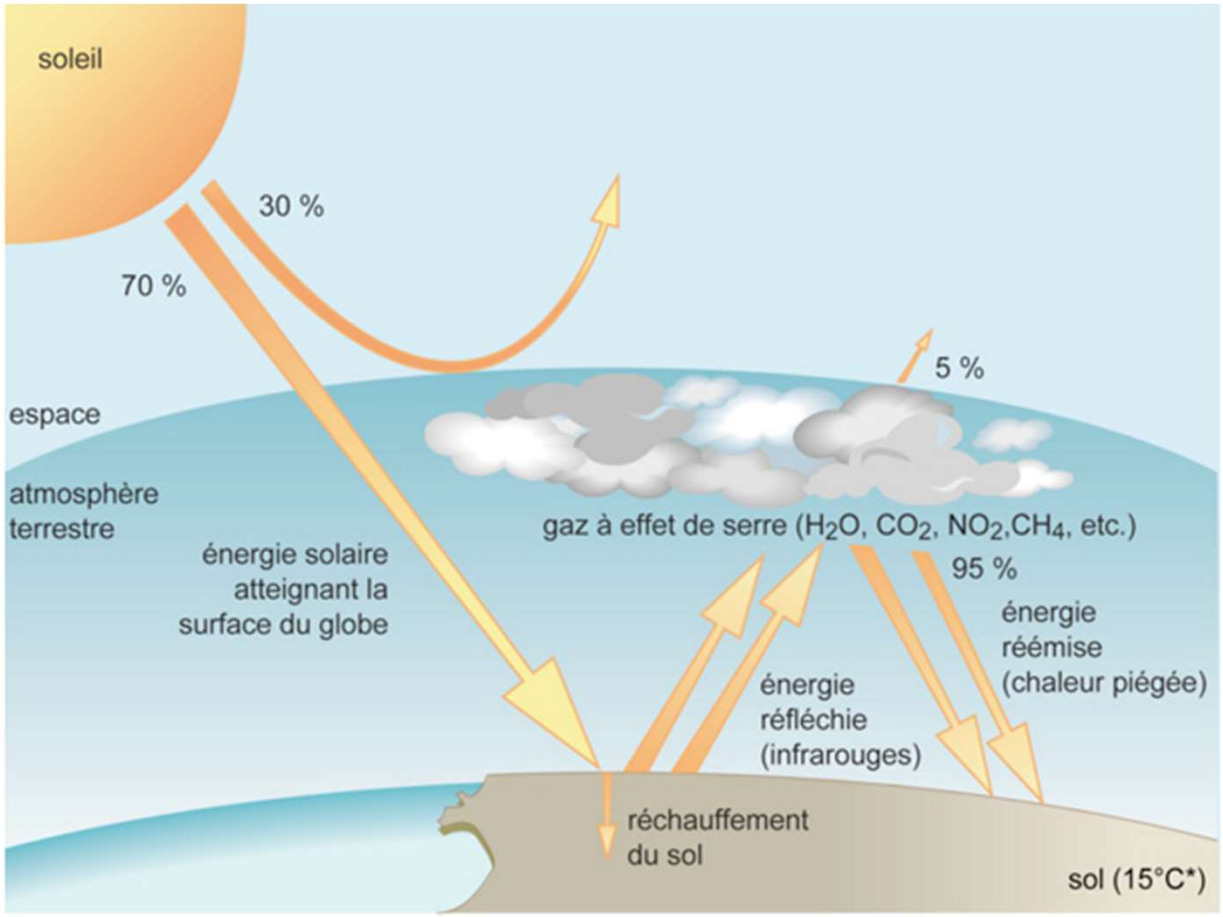
(NASA GISS Janvier 2014)

Le réchauffement climatique se poursuit; pas de pause observable en début de siècle

(Voir synthèses du GIEC http://www.ipcc.ch)



L'effet de serre : 15° de température en moyenne sur la planète

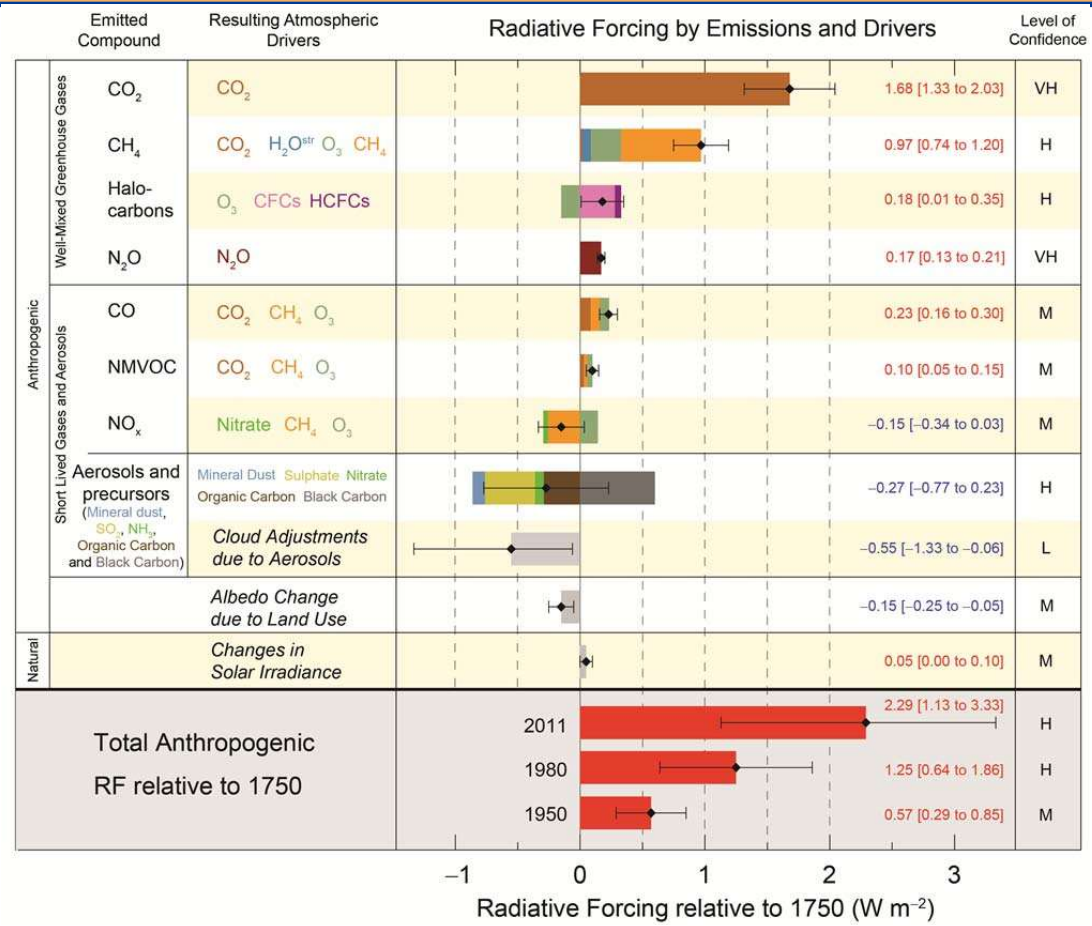


*La température de la Terre sans l'atmosphère serait de -19°C

C'est l'effet de serre **additionnel** qui est dangereux!

Les moteurs du changement climatique actuel sont bien connus

Message clé : « La plus grande contribution au forçage radiatif est l'augmentation de la concentration en CO_2 atmosphérique depuis 1750 »



← CH_4 : FR de 0,97 contre 0,48 dans le 4e rapport

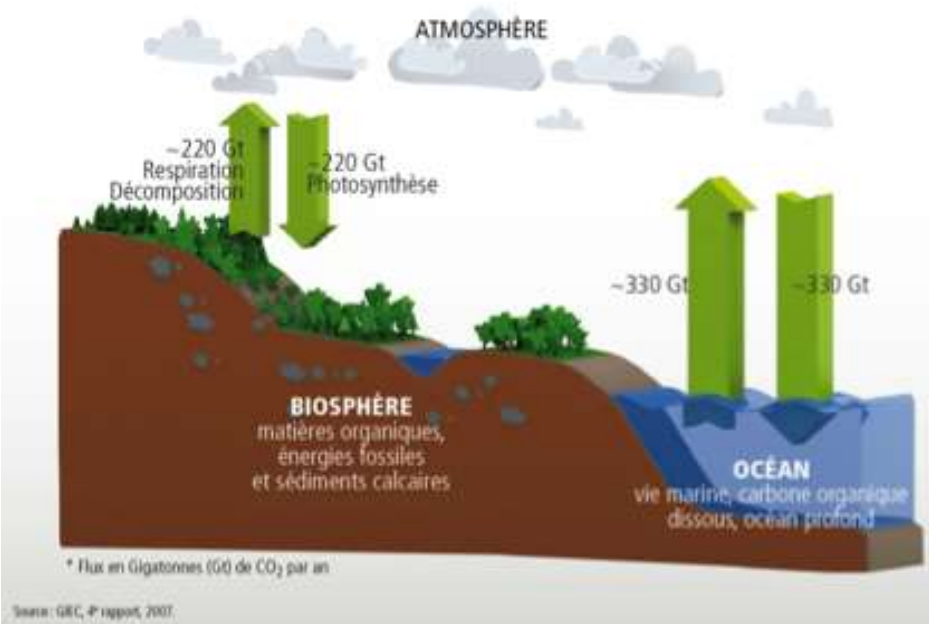
← **+43% par rapport au 4e rapport :**

- Hausse des concentrations de GES
- Meilleurs estimations du forçage radiatif des aérosols

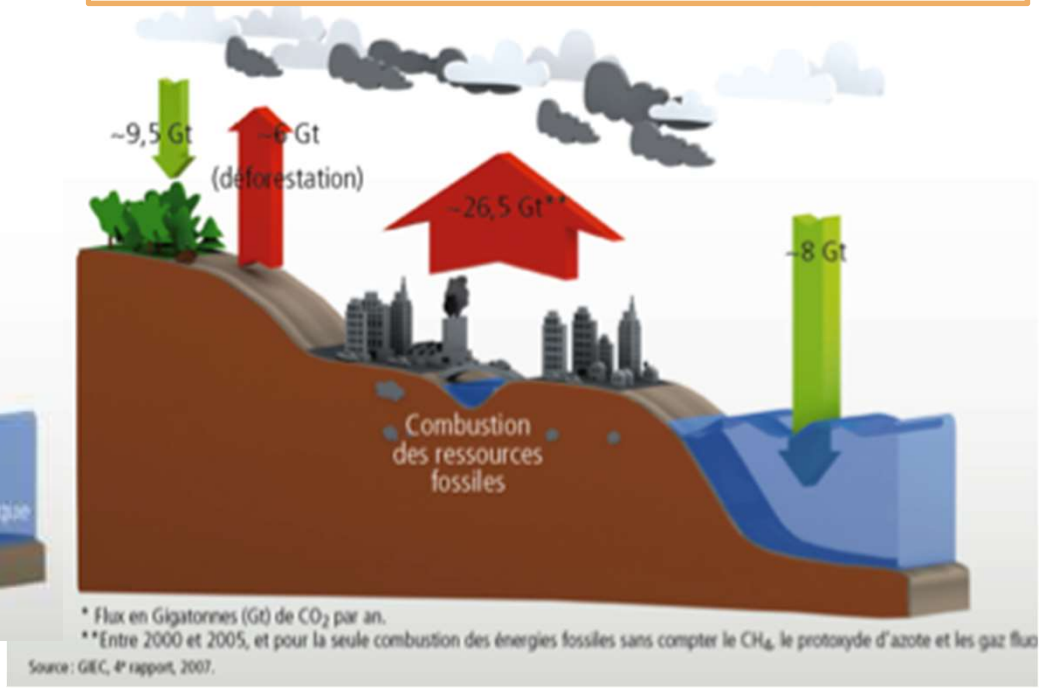
Source : Summary for Policymakers, WGI, IPCC 2013

Les humains modifient le cycle du carbone

Cycle naturel du carbone
Equilibres entre atmosphère, biosphère et océans



La combustion des ressources fossiles et la déforestation perturbent ce cycle.
Accumulation de CO_2 dans l'atmosphère



Images tirées de « Comment réduire les émissions de gaz à effet de serre au niveau local et adapter les territoires aux effets des changements climatiques? », RAC 2010

Le niveau des émissions de CO_2 dépasse la capacité d'absorption des écosystèmes



+

La moitié de nos émissions s'accumule dans l'atmosphère

Emissions anthropiques

27%



26%

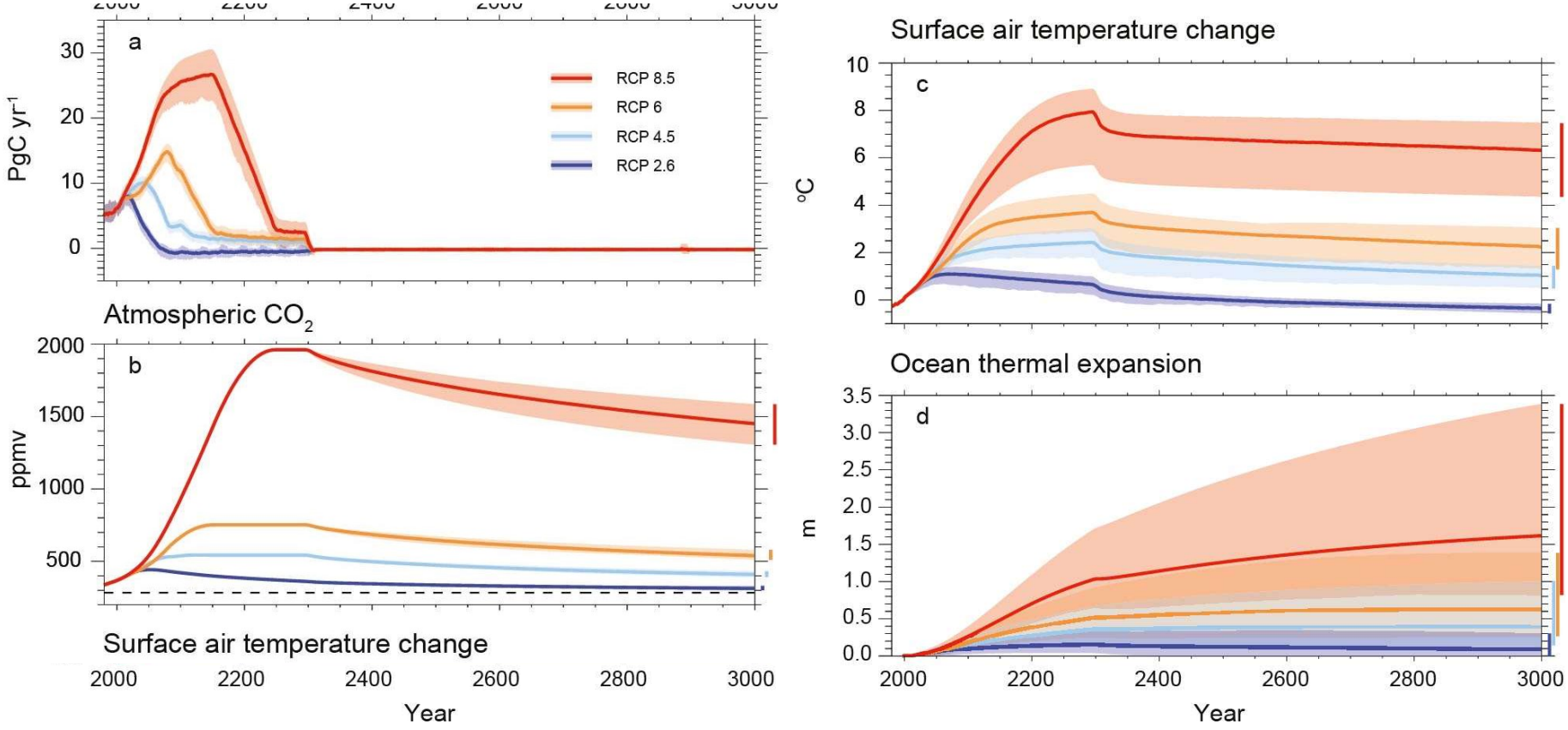


47%



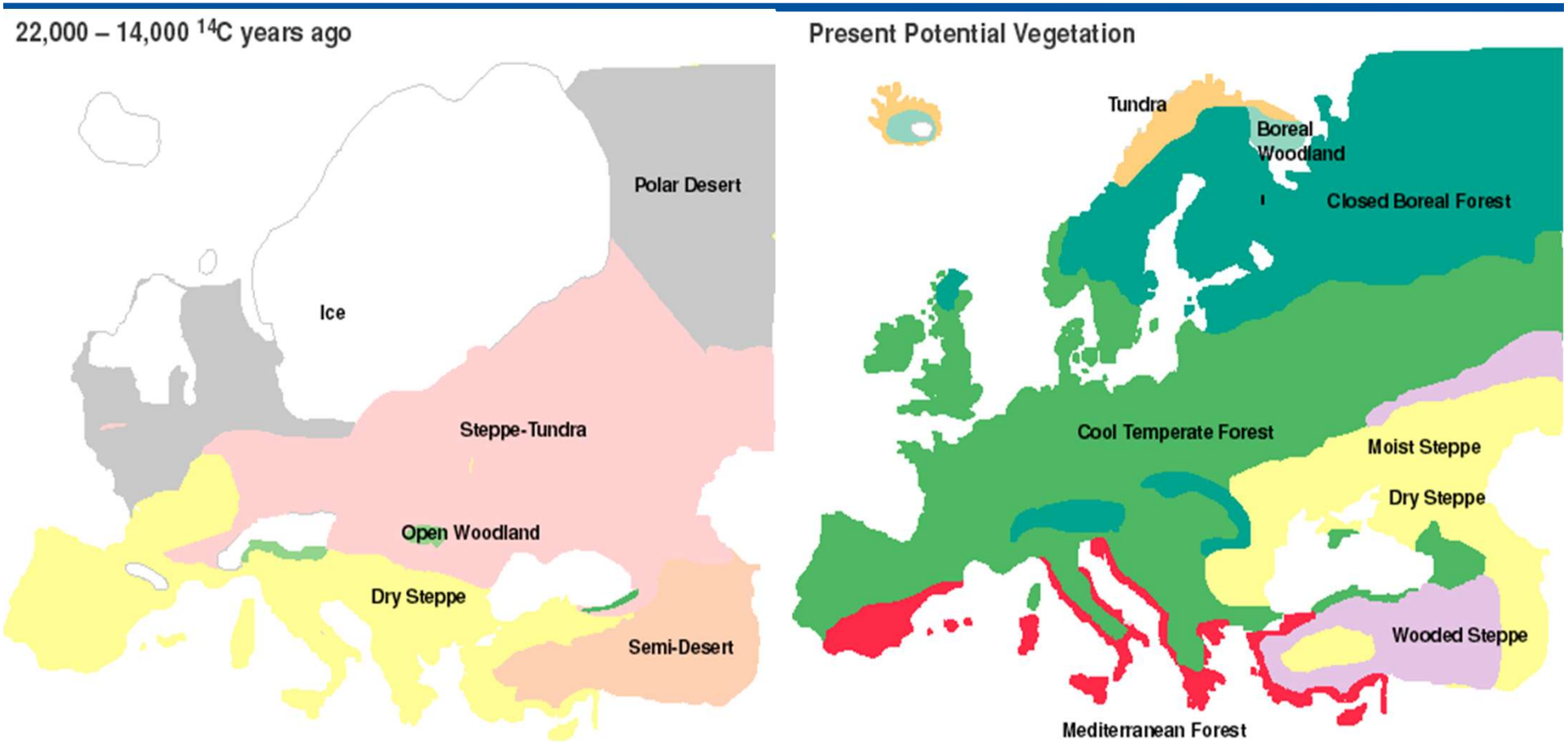
Source: Carbon Budget 2009, Global Carbon Project, 2011
www.globalcarbonproject.org/carbonbudget

Et les changements sont irréversibles



Source : Technical Summary, WGI, IPCC 2013

5 degrés c'est un changement d'ère climatique



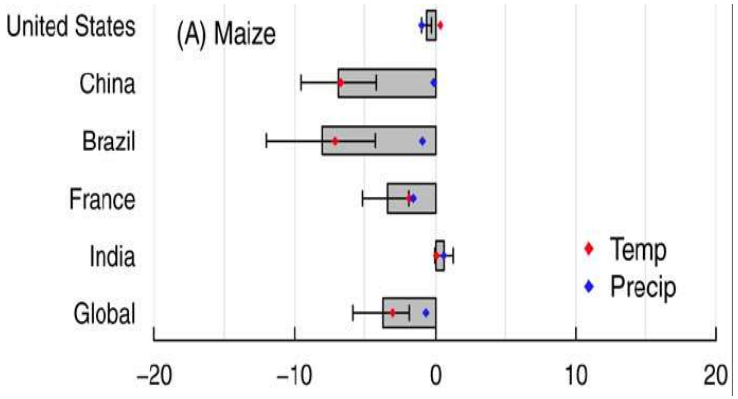
Source: Quaternary Environments Network

+5° C !!!

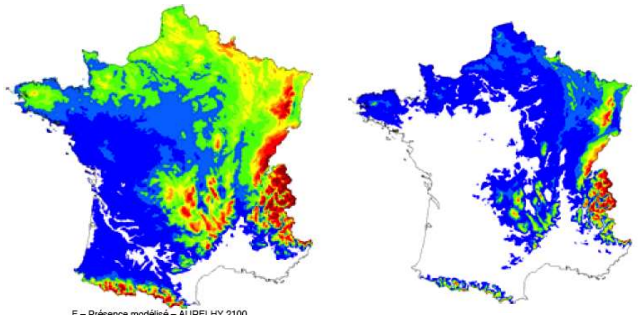
carbone 4

Des conséquences sévères pour l'humanité(1)

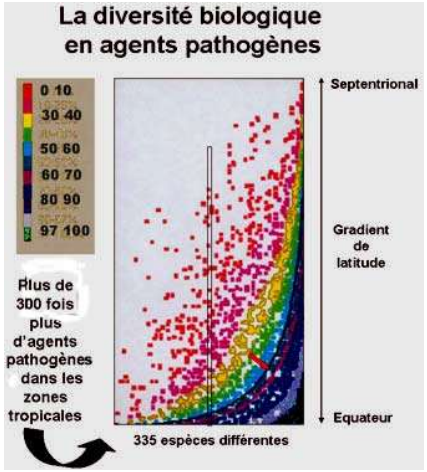
Avec une ampleur qui dépendra de nos émissions



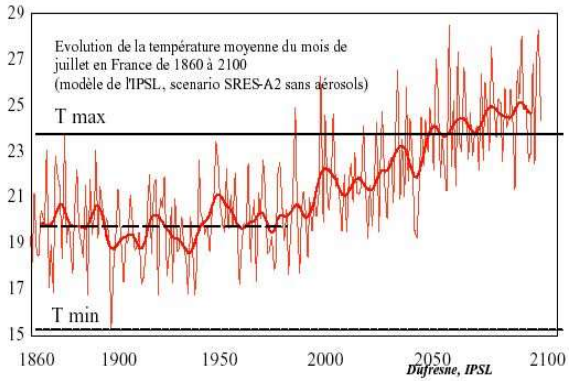
Baisse des rendements agricoles



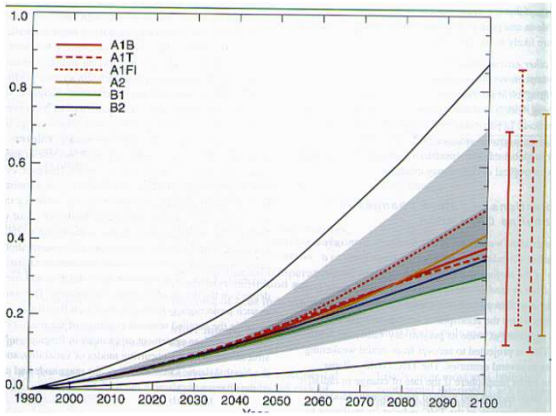
Affaiblissement, disparition d'écosystèmes



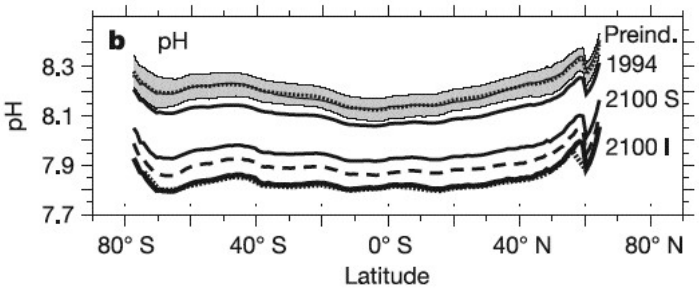
Maladies



Vagues de chaleur, inondations



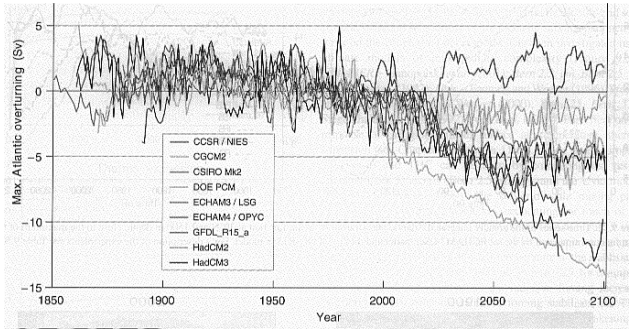
Montée des eaux



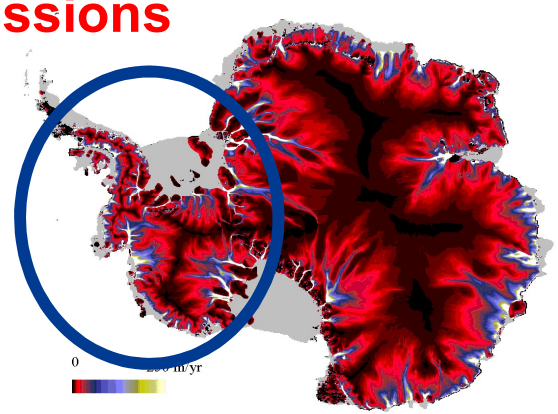
Acidification de l'océan

Des conséquences sévères pour l'humanité (2)

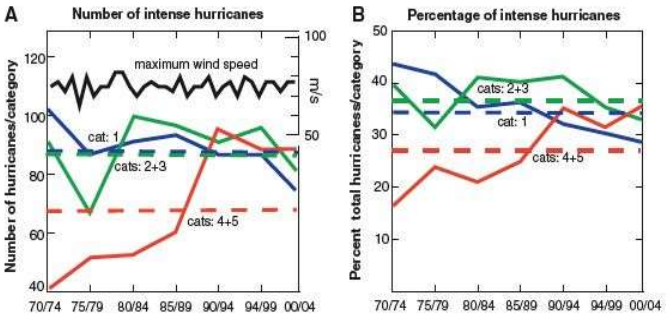
Avec une ampleur qui dépendra de nos émissions



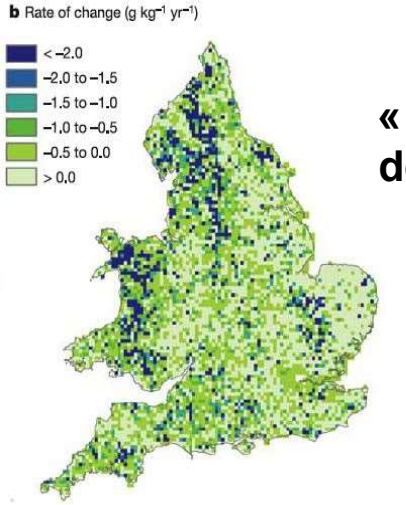
Modification des courants marins



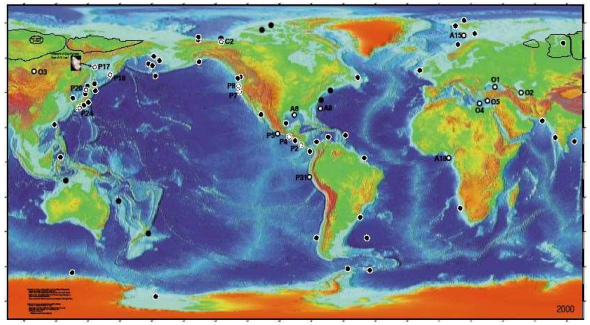
« Fonte » de la calotte occidentale de l'Antarctique (et du Groenland)



Question sur tornades, orages, ouragans



Relargage du carbone des sols

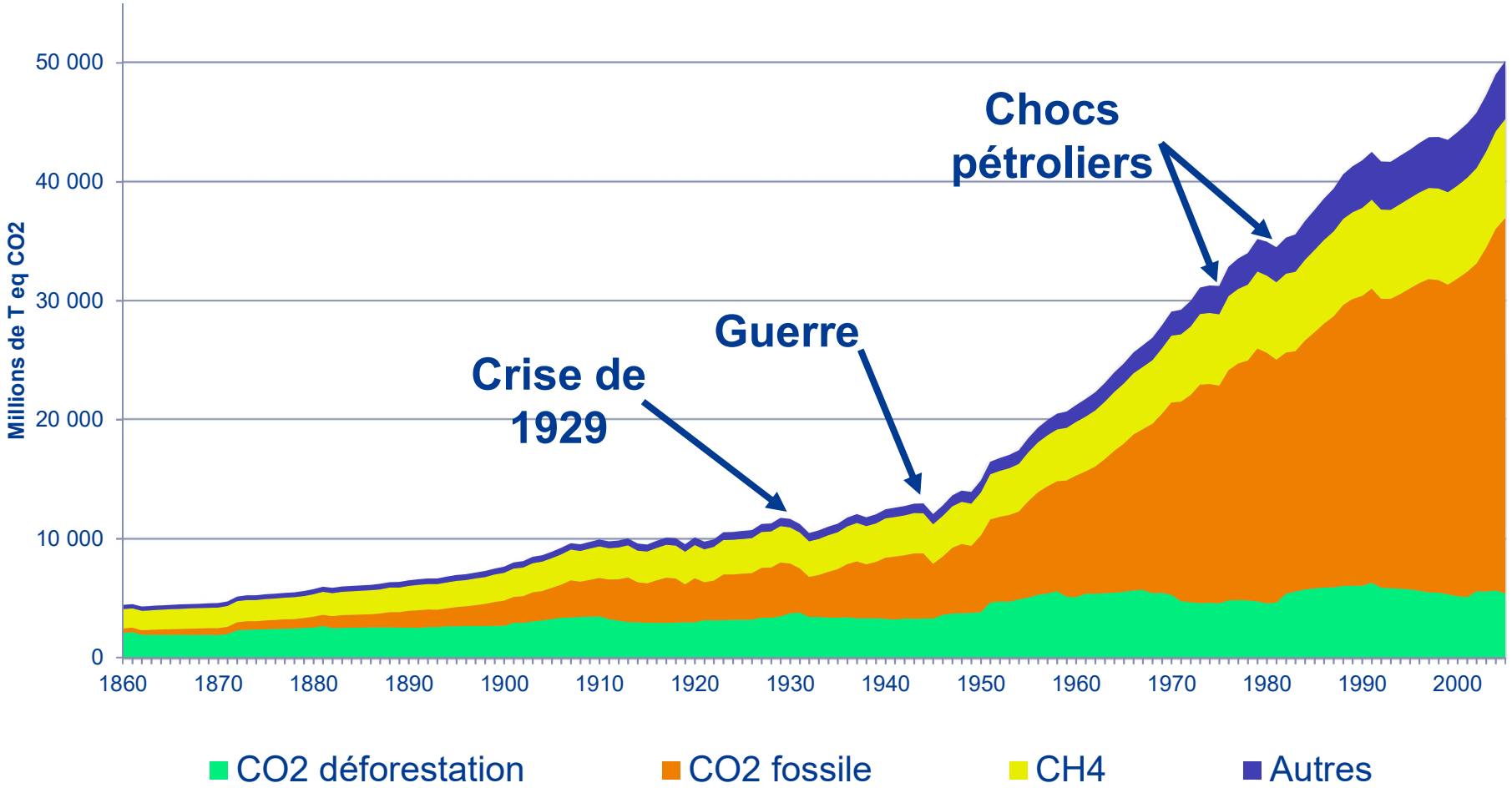


Hydrates de méthane, sols arctiques…

Et nous ne ferons jamais le tour de toutes les mauvaises surprises possibles à l'avance, puisque la situation est inédite

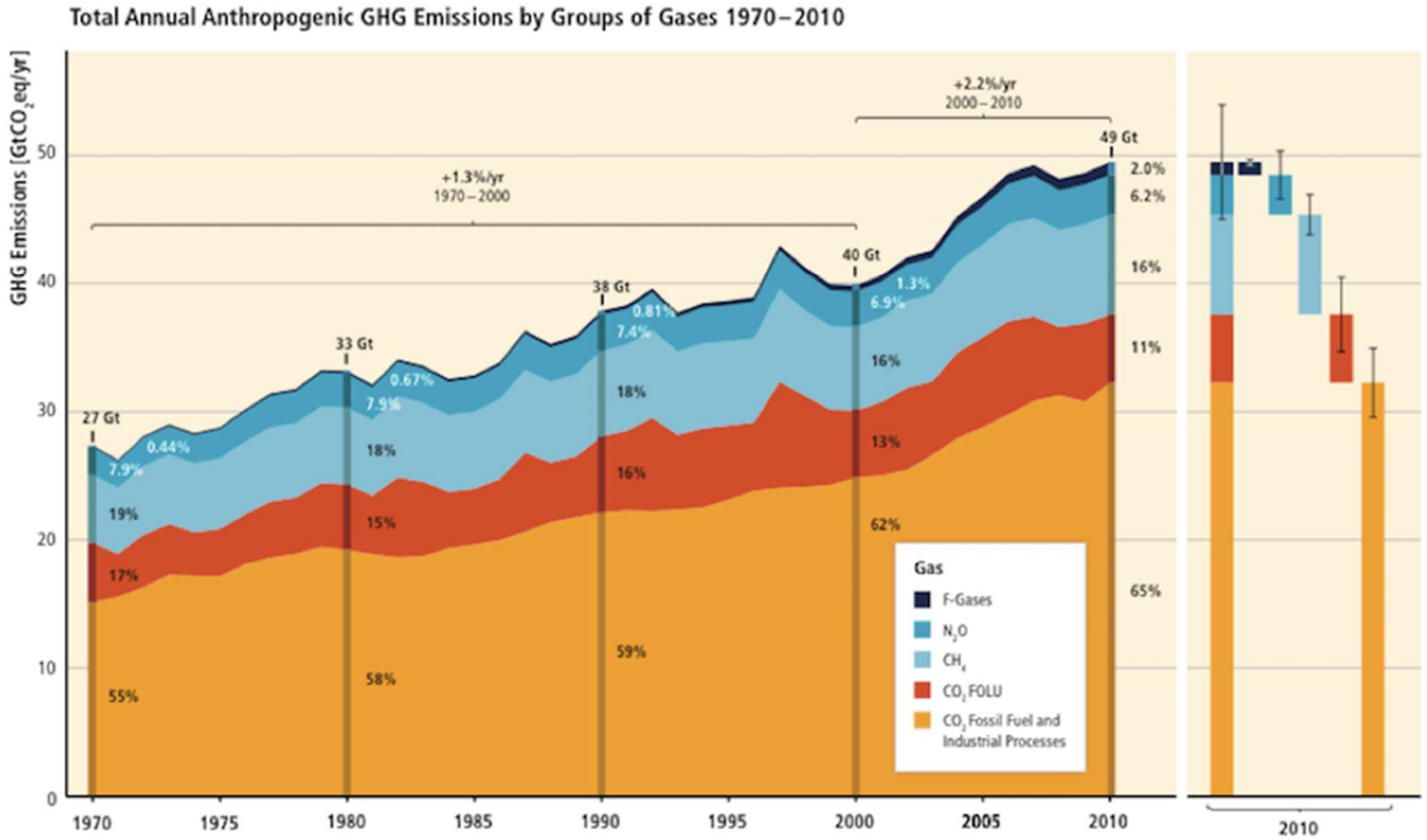
carbone 4

Une croissance des émissions de Gaz à Effet de Serre ininterrompue depuis plus d'un siècle

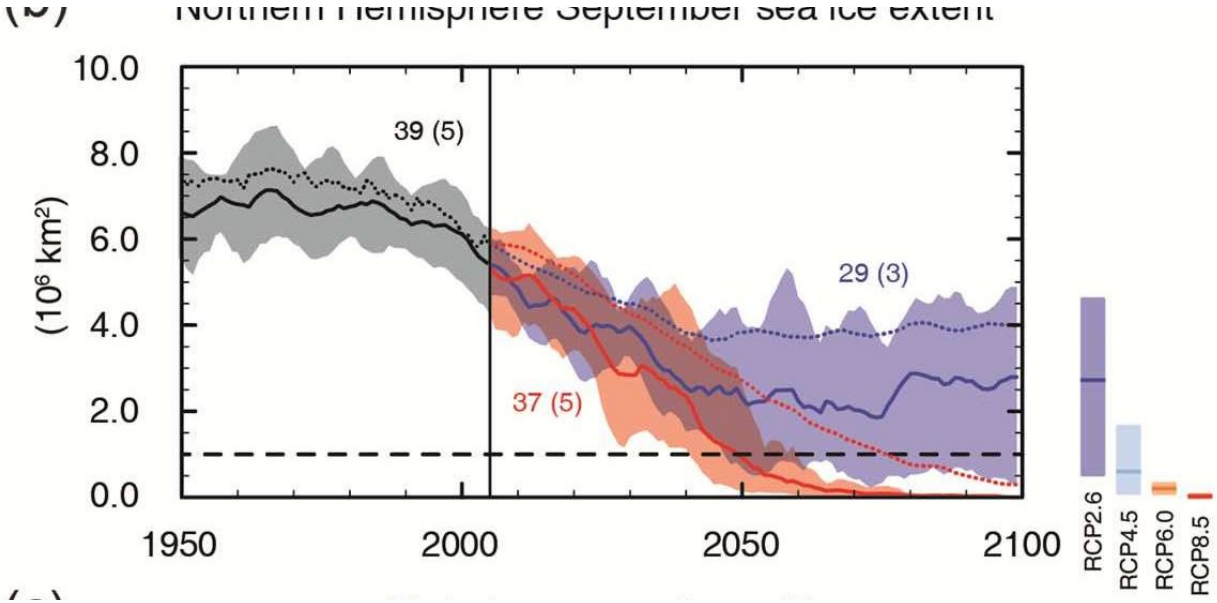


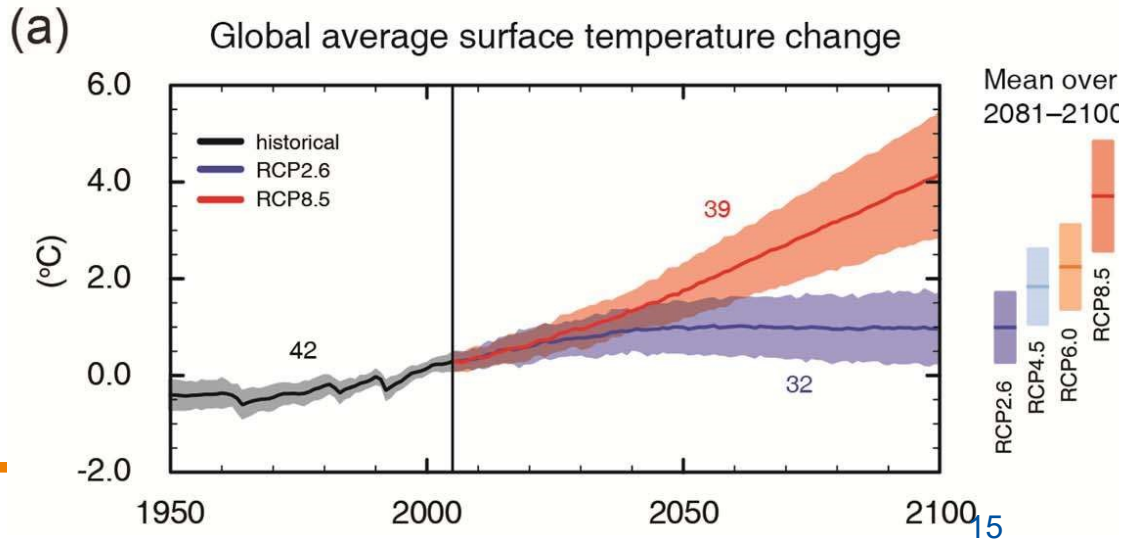
Sources : CO2 : Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), **CH4** : EPA + CDIAC; **Autres** : EPA + extrapolation

Emissions GES par gaz. Zoom 1970 -2010



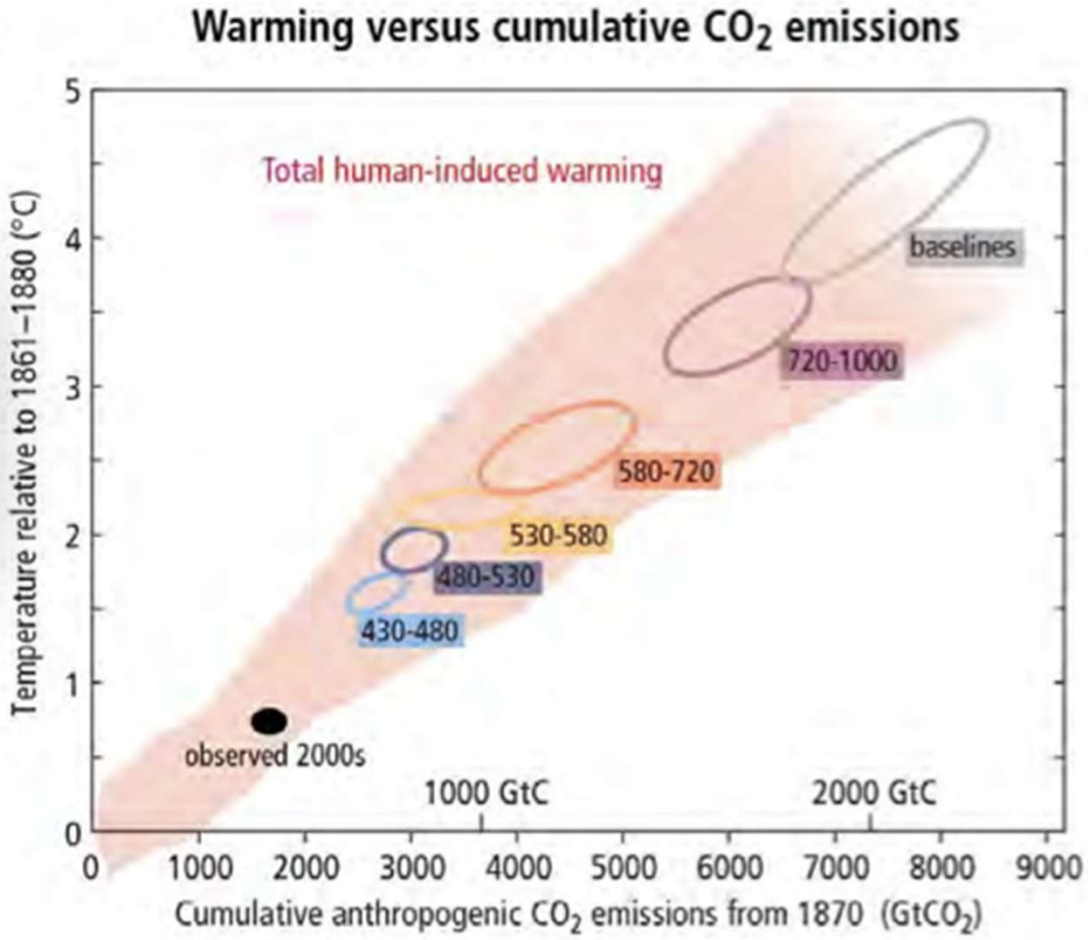
Les projections synthétisées dans le Rapport 5 du GIEC (2013-2014)





Source : Summary for Policymakers, WGI, IPCC 2013

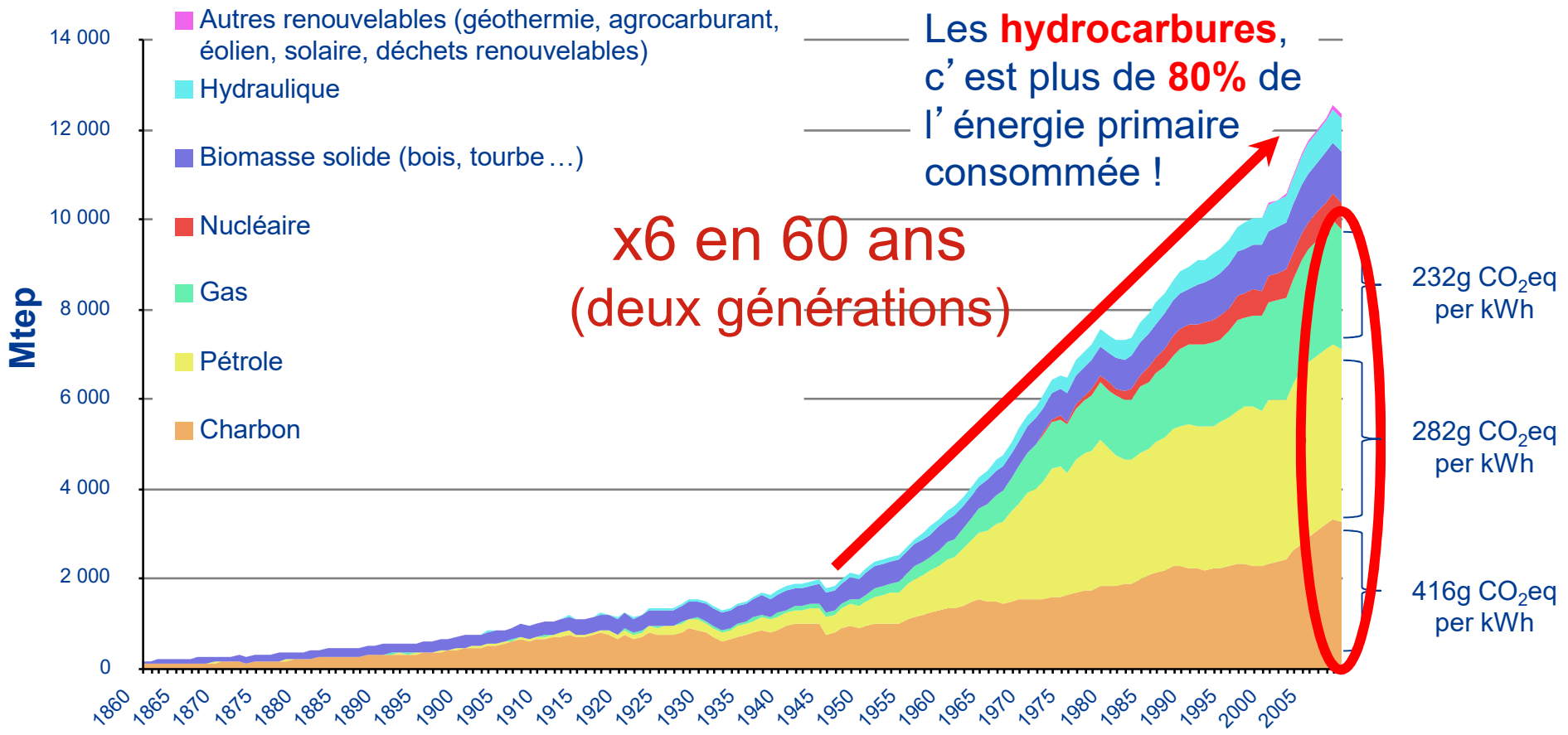
Projections climatiques : le lien entre émissions cumulées et concentration de CO_2



GIEC, 2014

80% de notre consommation d'énergie émet du C02

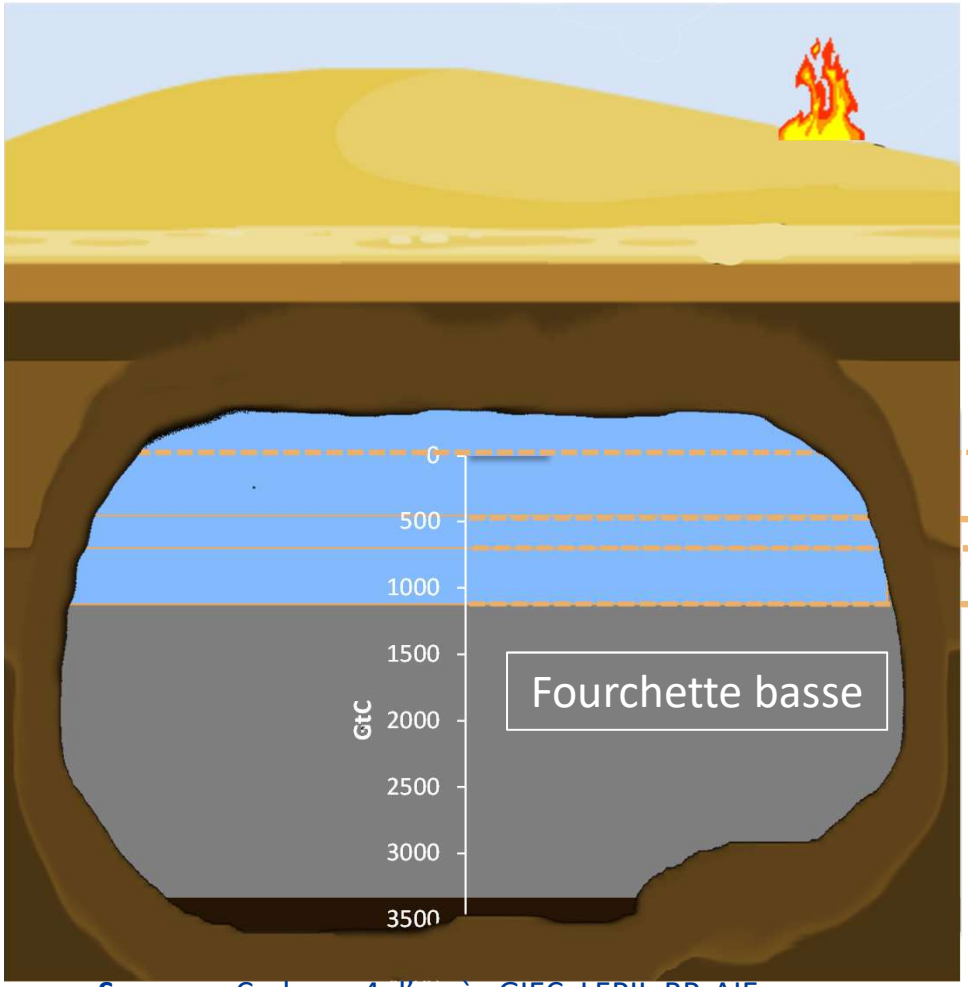
Consommation mondiale d'énergie primaire en Mtep

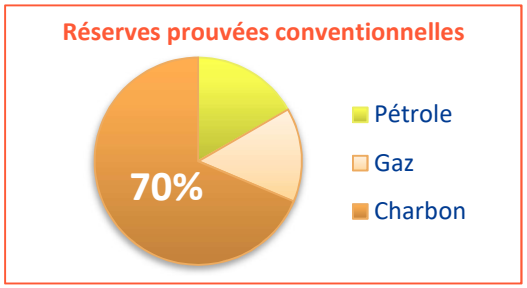


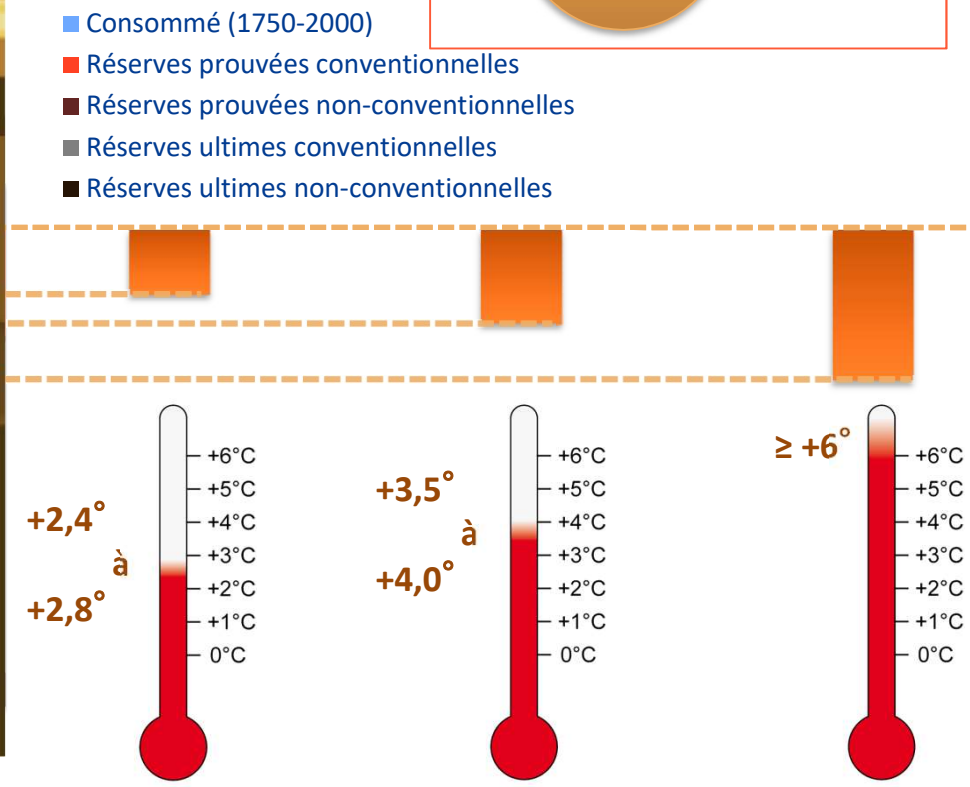
Source: Schilling & al + Observatoire énergie + AIE + BP Statistical review 2010

Le climat sauvé par la pénurie des énergies fossiles ? Pas si sûr...

Quelle augmentation de température pour quelle consommation des ressources restantes?







Sources : Carbone 4 d'après GIEC, LEPII, BP, AIE

carbone 4

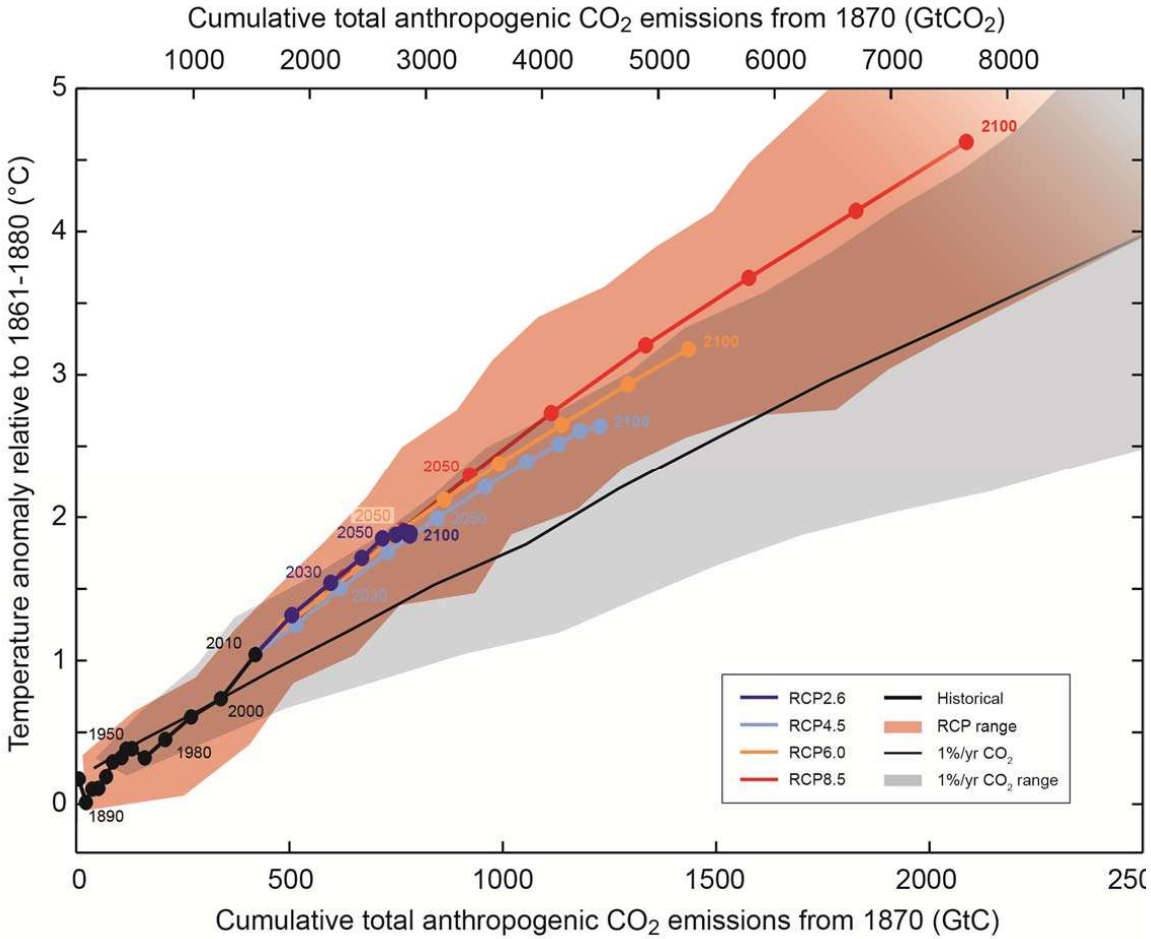
Le GIEC estime notre budget carbone de CO_2 mondial résiduel à environ 1000 $GTCO_2$

Message clé : Les émissions de CO2 vont largement déterminer la température moyenne de surface pour le 21e siècle et bien au delà.

- Pour contenir le réchauffement à 2° C par rapport à 1880, il ne faut pas émettre plus de :

Probabilité	Limite (GtC)	Limite CO_2 seul (GtC)
>33%	1560	880
>50%	1210	840
>66%	1000	**800**

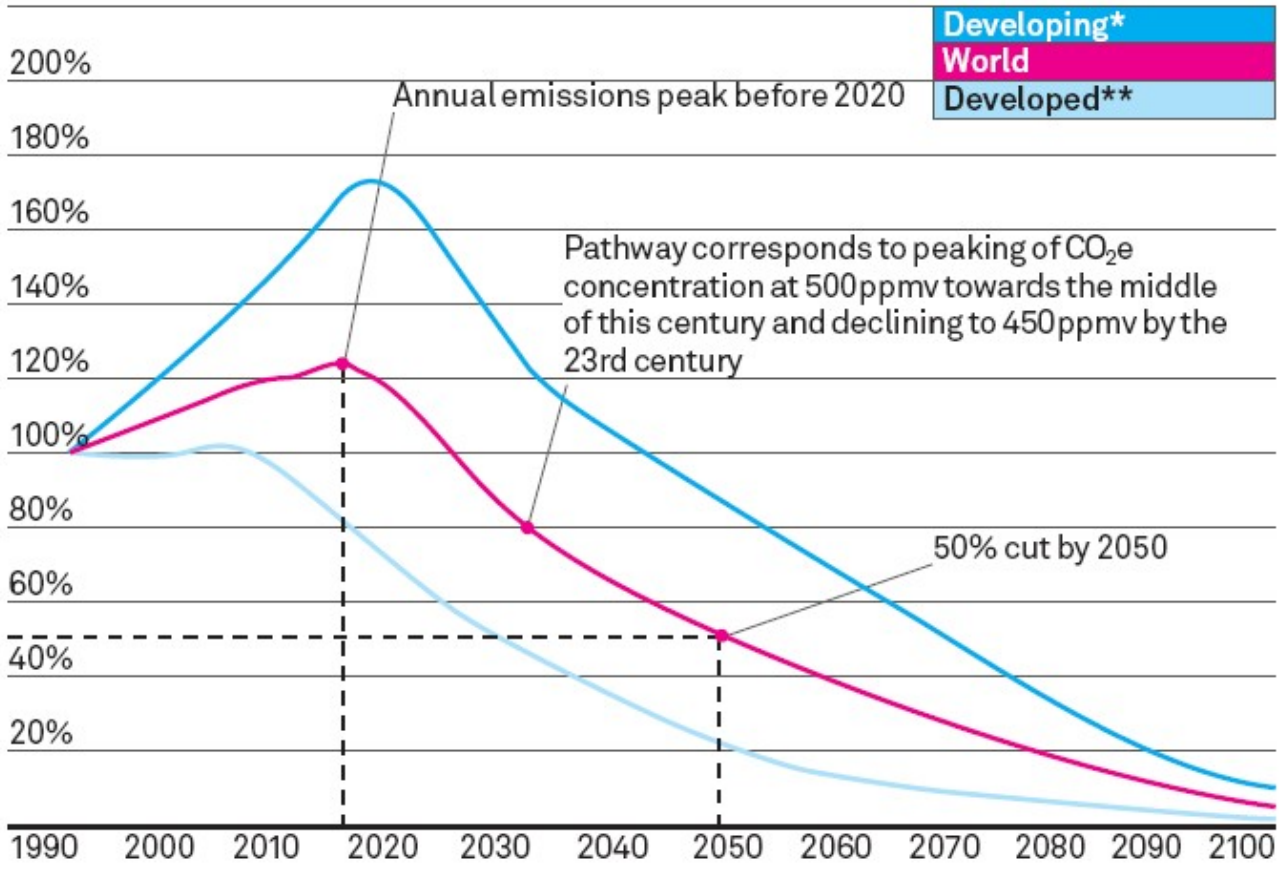
- En 2011, on a déjà émis 531 GtC (2000 $GTC0_2$)
- Il nous reste un budget carbone de 1000 GT CO_2
- Le relargage du permafrost peut modifier ces valeurs



Source : Summary for Policymakers, WGI, IPCC 2013

Des trajectoires fortement différenciées selon le niveau de développement

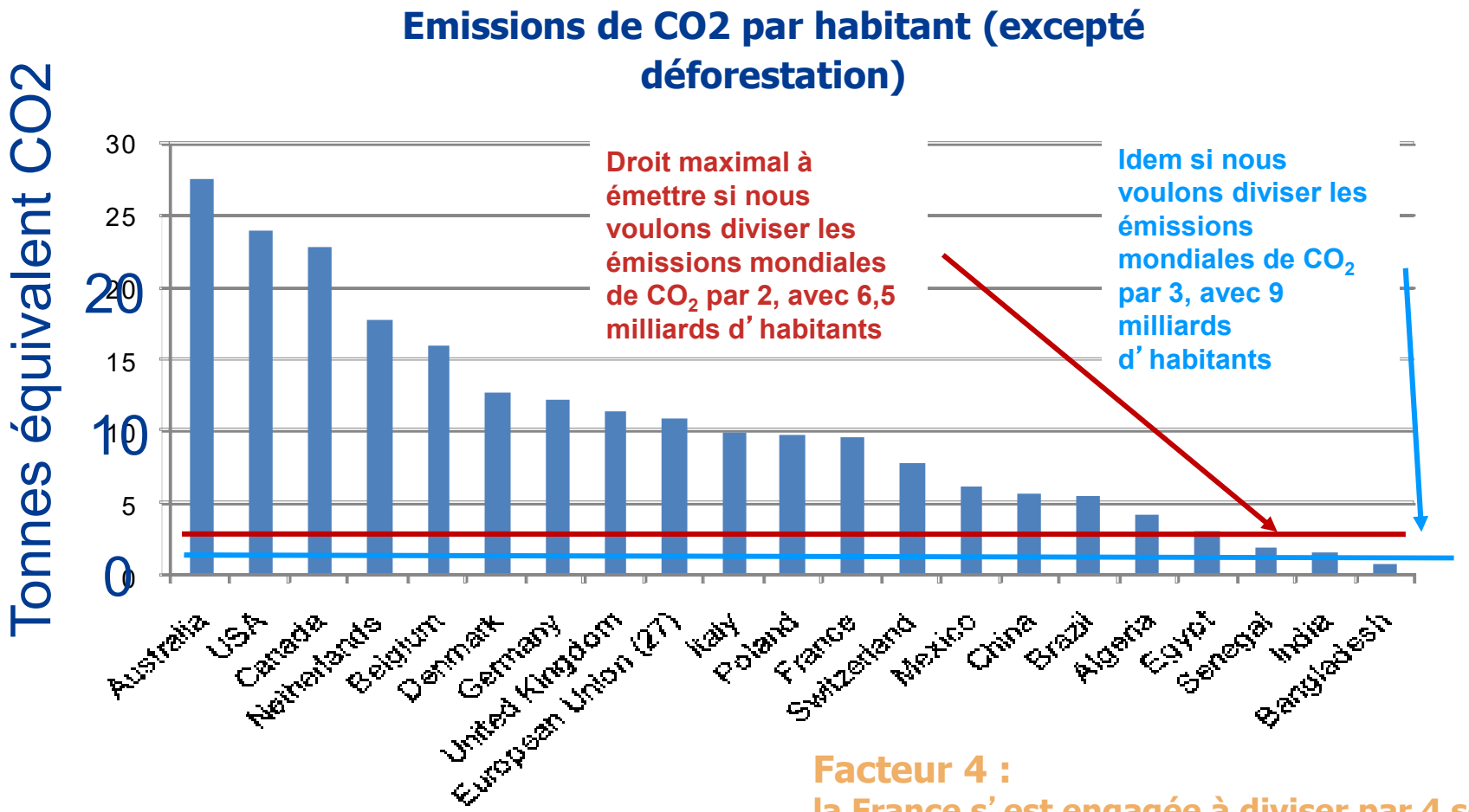
Chemin potentiel de stabilisation de la concentration des GES dans l'atmosphère



* Developing = UNFCCC hors Annexe 1
** Developed = UNFCCC Annexe 1

Source: Meinshausen (2007)

Quelles émissions par personne ?



Facteur 4 :
la France s'est engagée à diviser par 4 ses émissions de GES à horizon 2050

Toutes nos habitudes sont visées



ou

Aller Retour
Paris New York



Construction
≈ 7m2 de logement

ou



80 kg de bœuf ou
1000 litres de lait

1.8 Teq. CO_2 / Habitant



ou

≈ 7000 km en voiture soit
30km / jour ouvré sur une année (trajets domicile – travail)



ou



≈ 1 an de chauffage gaz naturel d'un bureau de 45m2

ou



≈8 magazines par jour
(1,8t/600g/365j)

carbone 4

Les émissions de GES d'un Français : 10,5teqCO_2

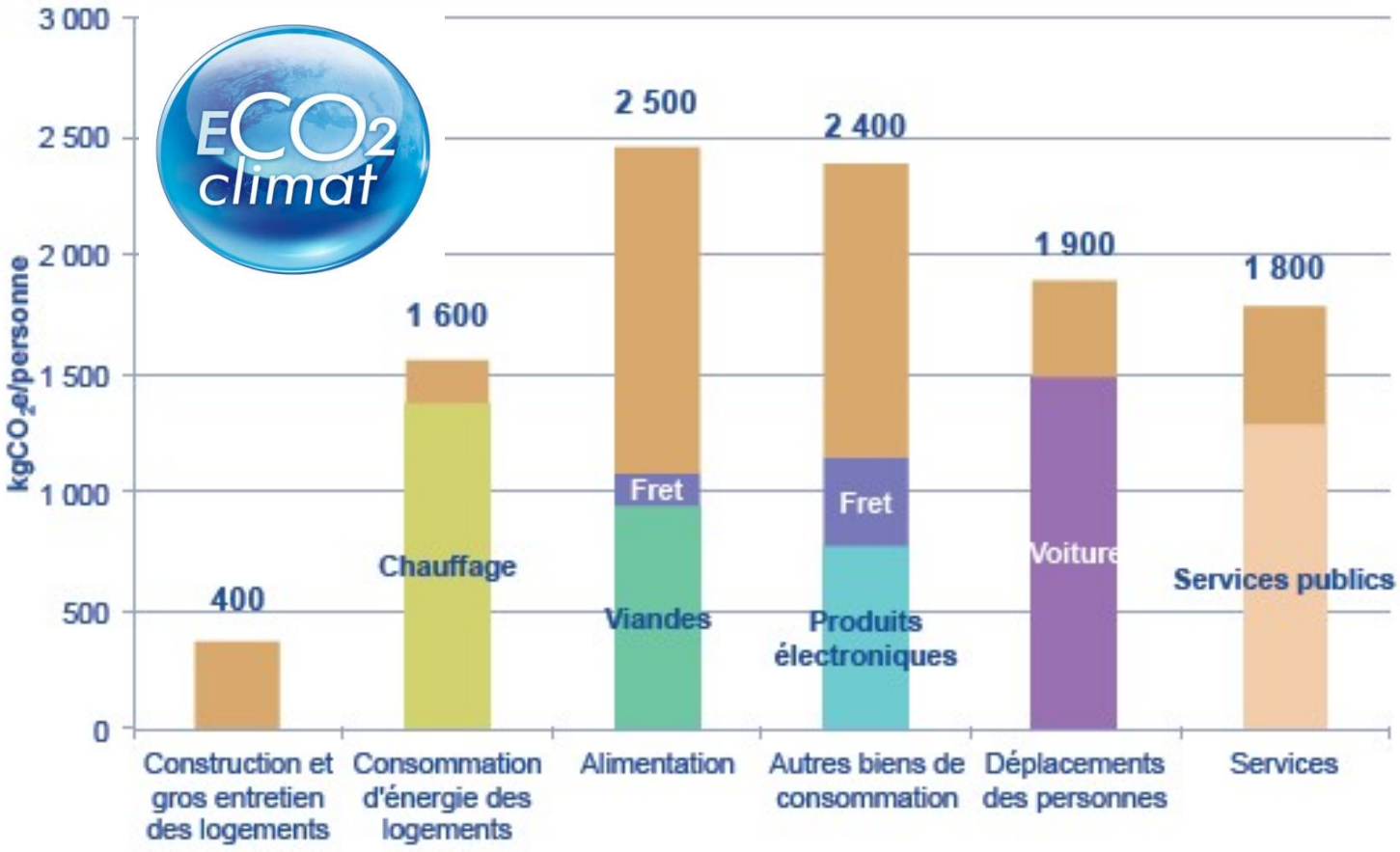
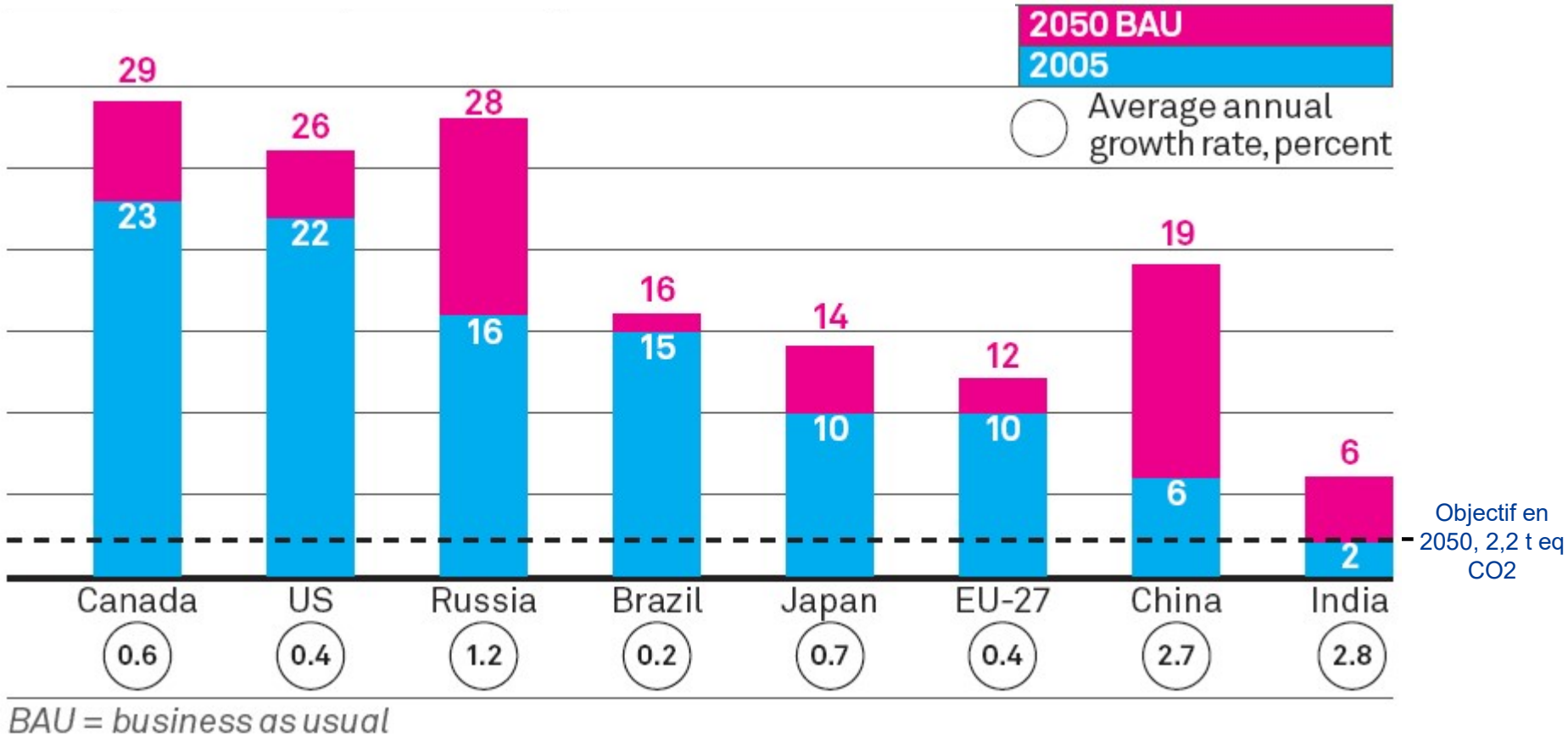


Figure 1 - *ECO_2Climat : Emissions moyennes de gaz à effet de serre engendrées par une personne française en 2010*

Quand on prolonge les tendances on s'éloigne de la cible…

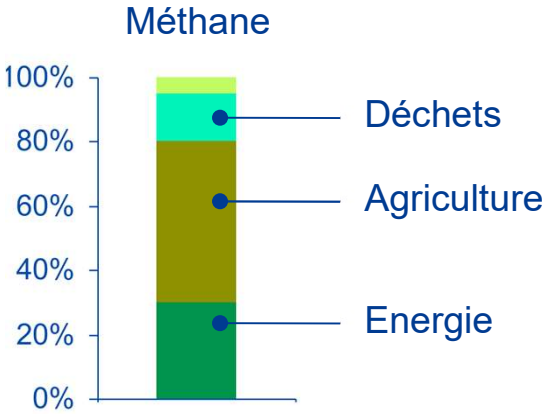
Émissions par habitant et par an, en t eq. CO2

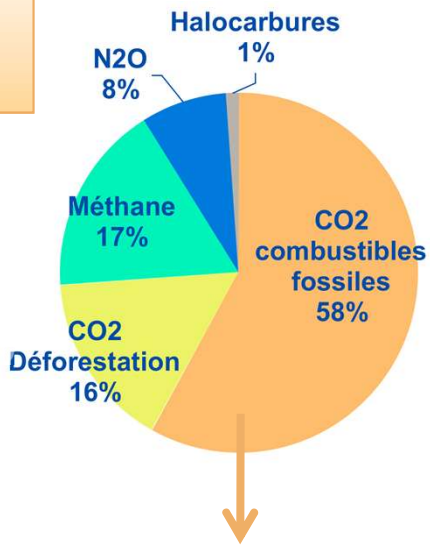


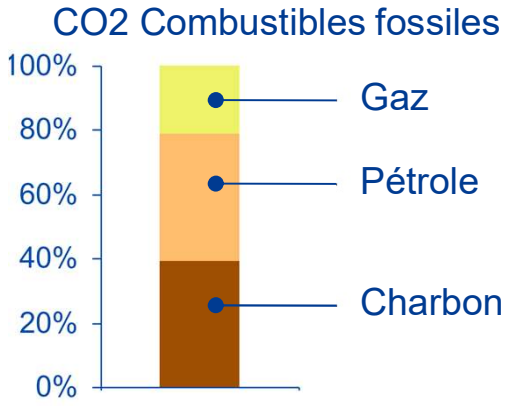
Source: McKinsey Analysis

Poids des différents gaz à effet de serre

Répartition des émissions mondiales de GES par gaz (2004)
Source: GIEC, 2007







Une seule unité: la tonne équivalent CO_2, mais qui inclut l'impact de tous les GES

Facteur de conversion: le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) à 100 ans, c'est à dire la contribution au réchauffement, sur 100 ans, d'un kg d'un gaz, exprimé en pouvoir réchauffant en « kg équivalent CO2 ».

Gaz	PRG à 100 ans (CO_2eq)
Dioxyde de carbone (CO_2)	1
Méthane (CH_4)	25
Protoxyde d'azote (N_2O)	298
Hydrofluorocarbures	12 to 12,000
Perfluorocarbure	5,700 to 11,900
Chlorofluorocarbure	4,600 to 14,000

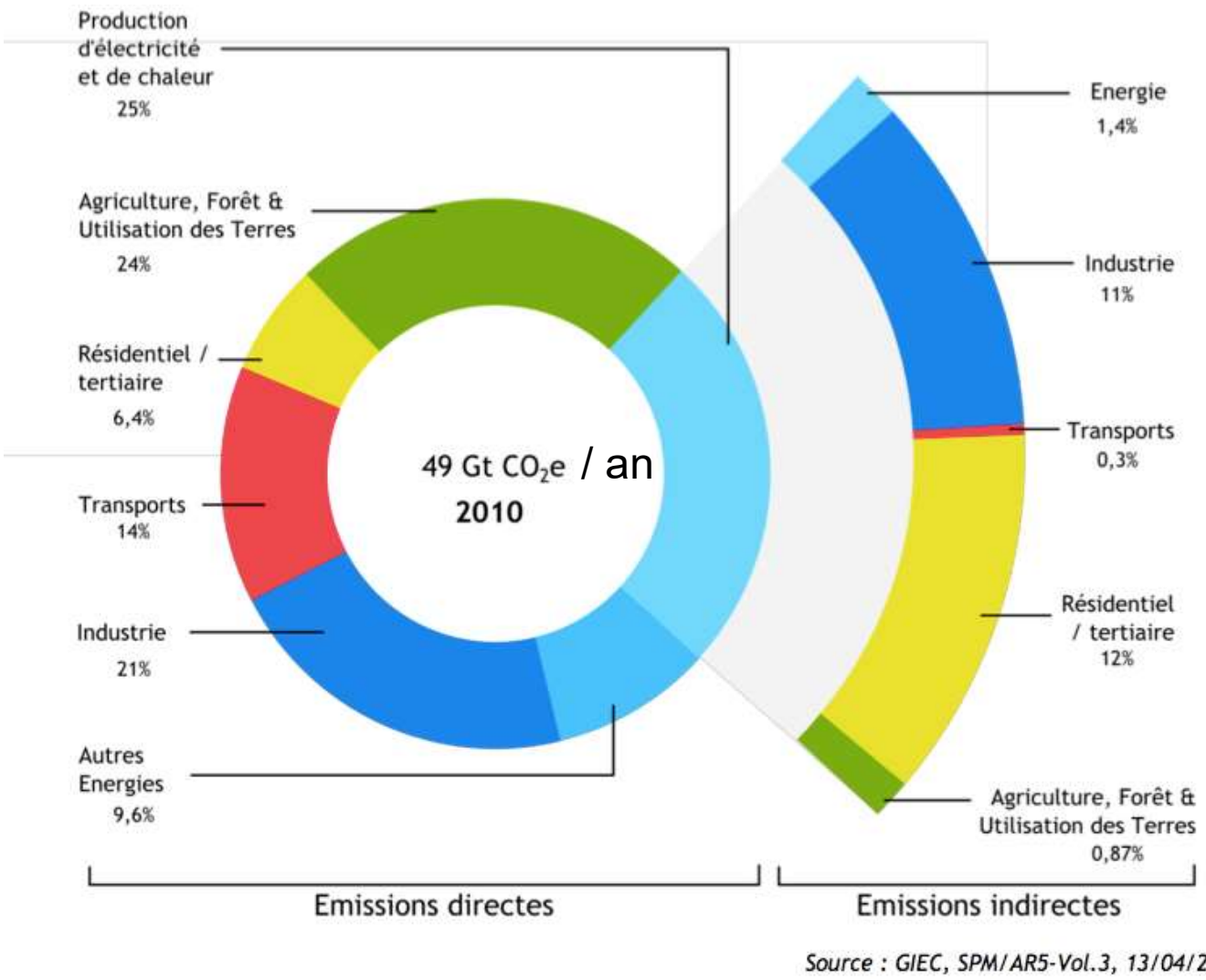
Les principaux gaz à effet de serre

- Des gaz à effet de serre avec un potentiel de réchauffement global (PRG) et une durée de vie variables

Types de gaz	PRG relatif à 20 ans / CO2	PRG relatif à 100 ans / CO2	Durée de vie
Gaz carbonique (CO2)	1	1	Variable
Méthane (CH4)	84	28	12
Protoxyde d'azote (N2O)	264	265	121
Chlorofluorocarbures (CFC 11)	6900	4960	45
Hydrofluorocarbures (HFC 134-A)	3710	1300	13
Tétrafluorure de carbone (CF4)	4880	6630	50

Sources : GIEC, 5ème rapport d'évaluation, 2014

Les émissions de GES mondiales par secteur en 2010



Source : GIEC, SPM/AR5-Vol.3, 13/04/2014

+1 Gt CO2e/ an entre 2000 et 2010.

+80% émissions entre 1970-2010
78% de cette hausse lié:
•à la combustion des combustibles fossiles
•aux procédés industriels

Emissions cumulées depuis 1750, liées à la combustion de combustibles fossiles :
•1970 : 420 GtCO2
•2010 : 1300 GtCO2

50% des émissions cumulées entre 1750 et 2010 se sont produites au cours des 40 dernières années

Stocks, flux et croissance des flux : pas les mêmes contributeurs

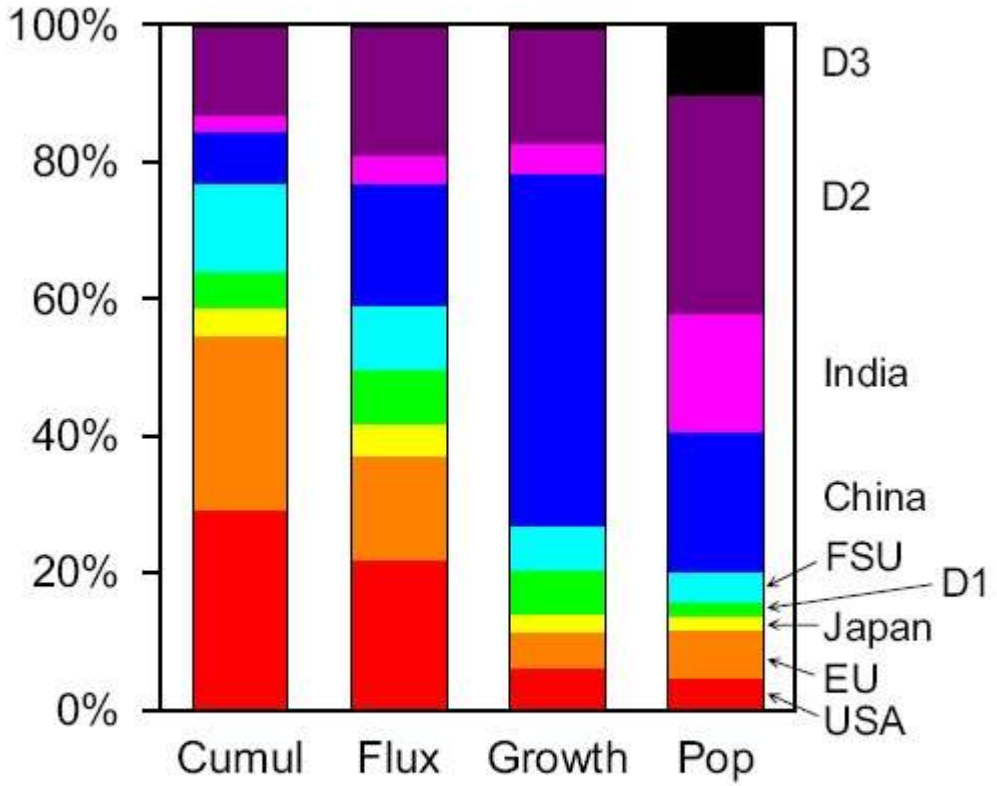
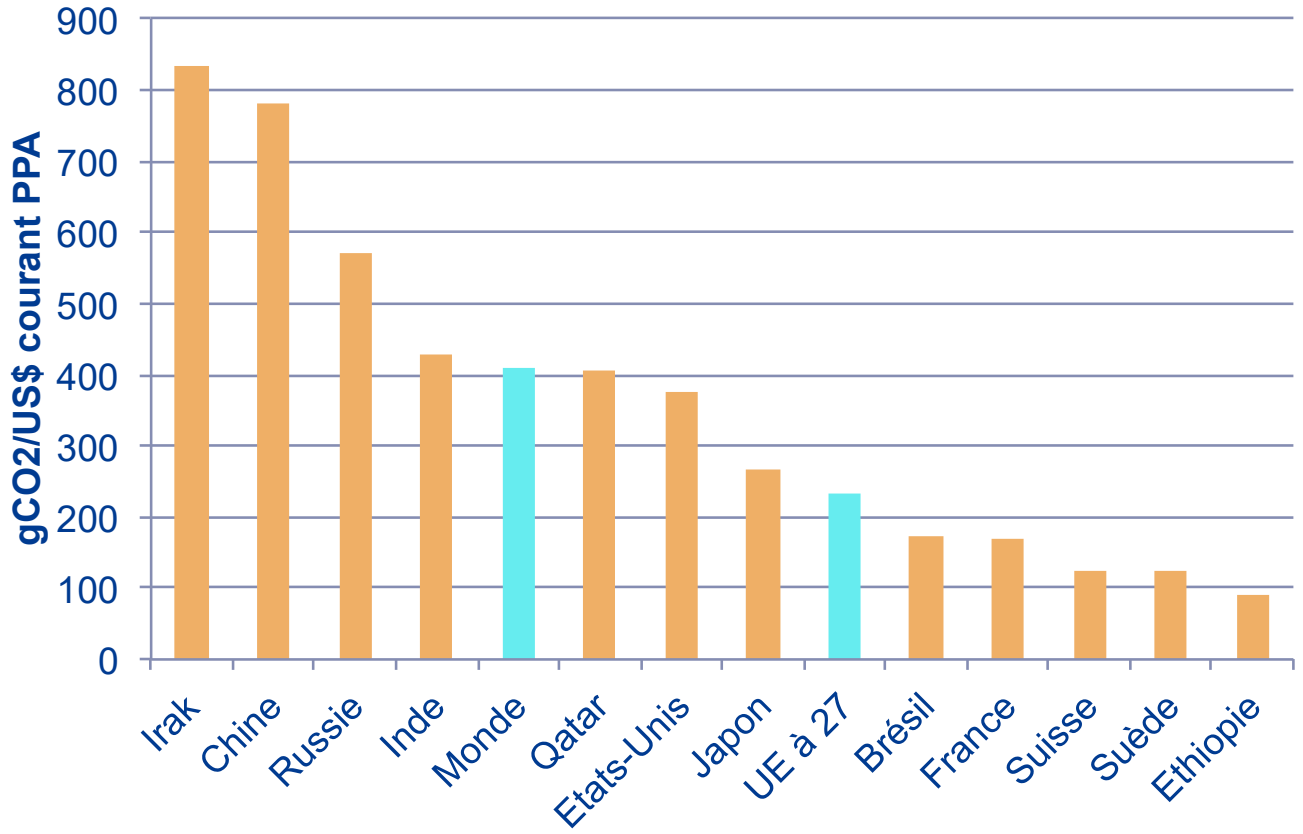


Fig. 5. Relative contributions of nine regions to cumulative global emissions (1751–2004), current global emission flux (2004), global emissions growth rate (5 year smoothed for 2000–2004), and global population (2004). Data sources as in Table 1, with pre-1980 cumulative emissions from CDIAC.

L'intensité carbone du PIB n'est pas corrélée au niveau de développement

Emissions de CO2 fossile / PIB courant PPA, en 2009



Sources : AIE, Emissions de CO2 liées à la combustion d'énergie fossile, Worldbank

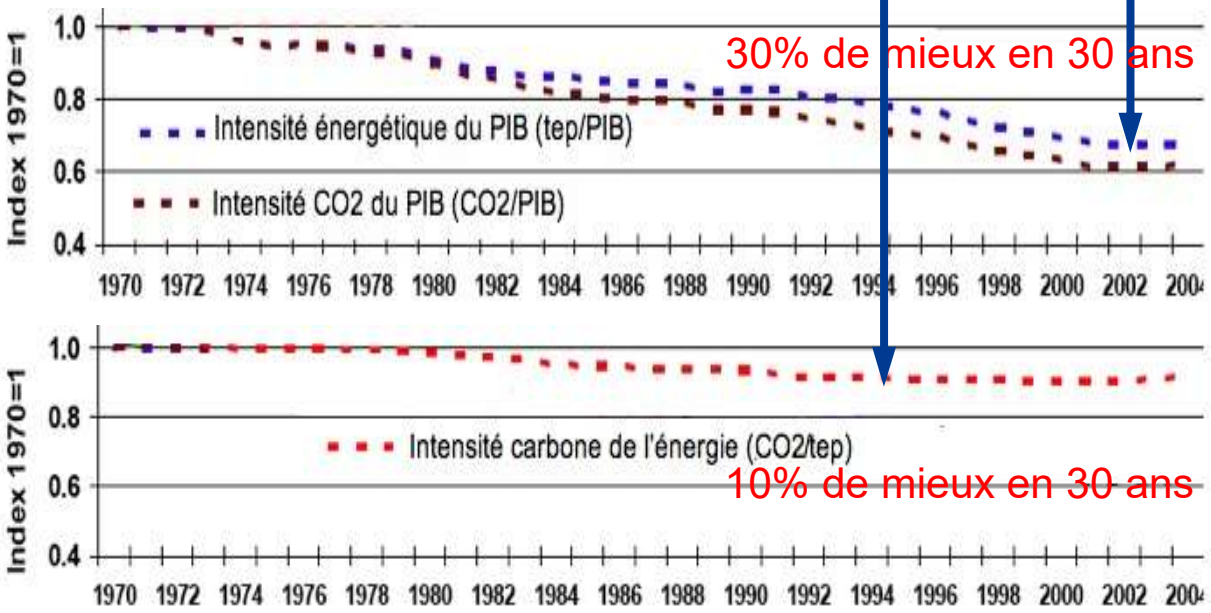
L'équation qui synthétise les enjeux énergie-climat

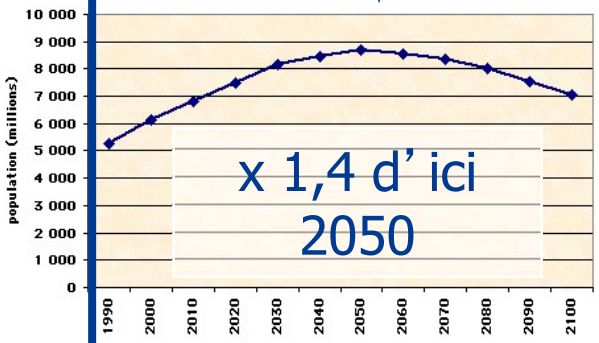
Equation de Kaya

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} \times \frac{TEP}{PIB} \times \frac{PIB}{POP} \times POP$$

A diviser par deux d'ici 2050

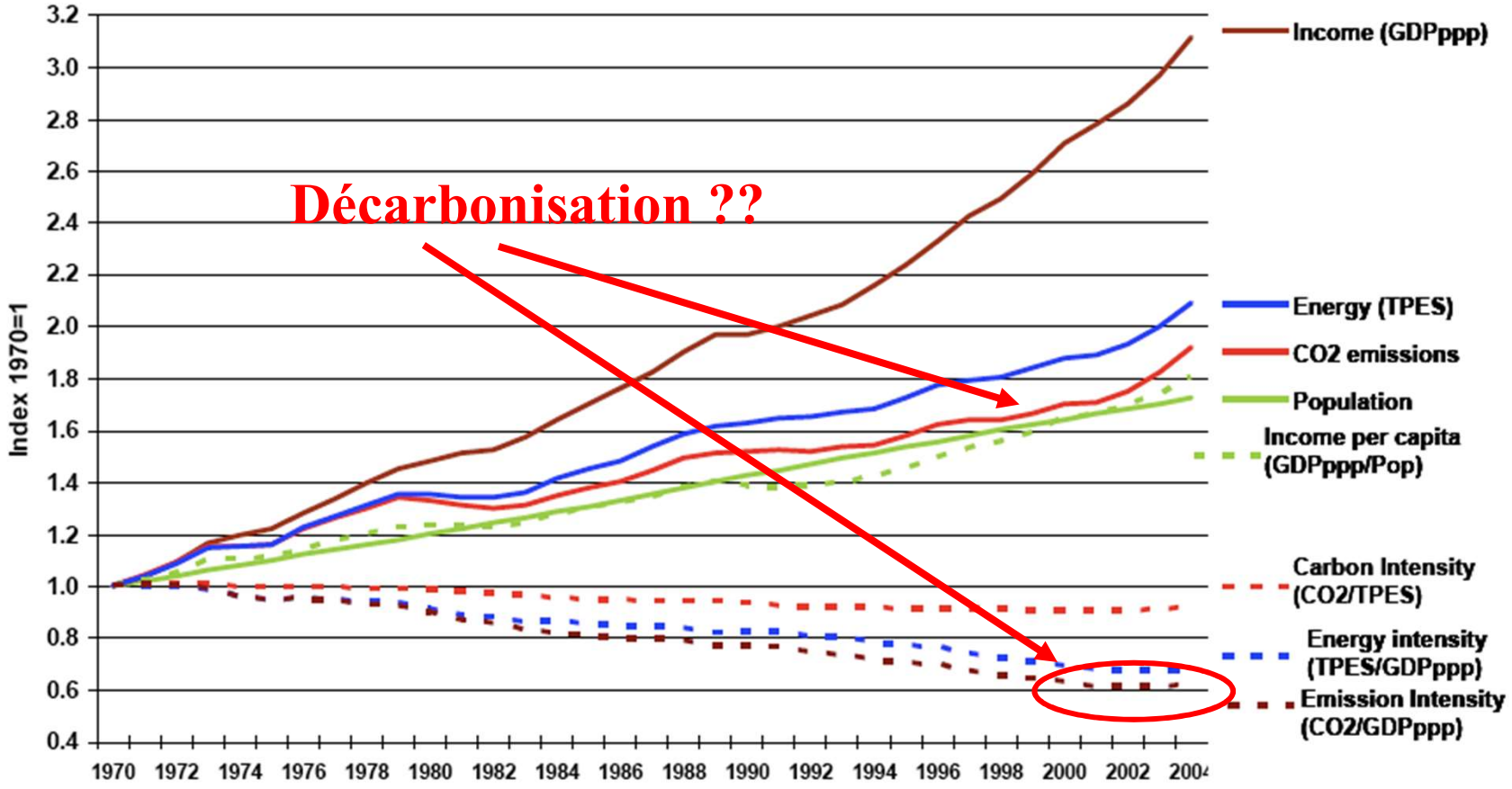
A diviser par 8 d'ici 2050





2 % de croissance par an
=
x 2,7 en 50 ans…

Il faut vraiment changer de trajectoire…



Evolution des émissions brutes et rapportées au PIB de 1970 à 2004.

Source : GIEC, 4è rapport d'évaluation, mai 2007

Changer de trajectoire énergétique
Quelle évolution à 2030? Scénario AIE

