



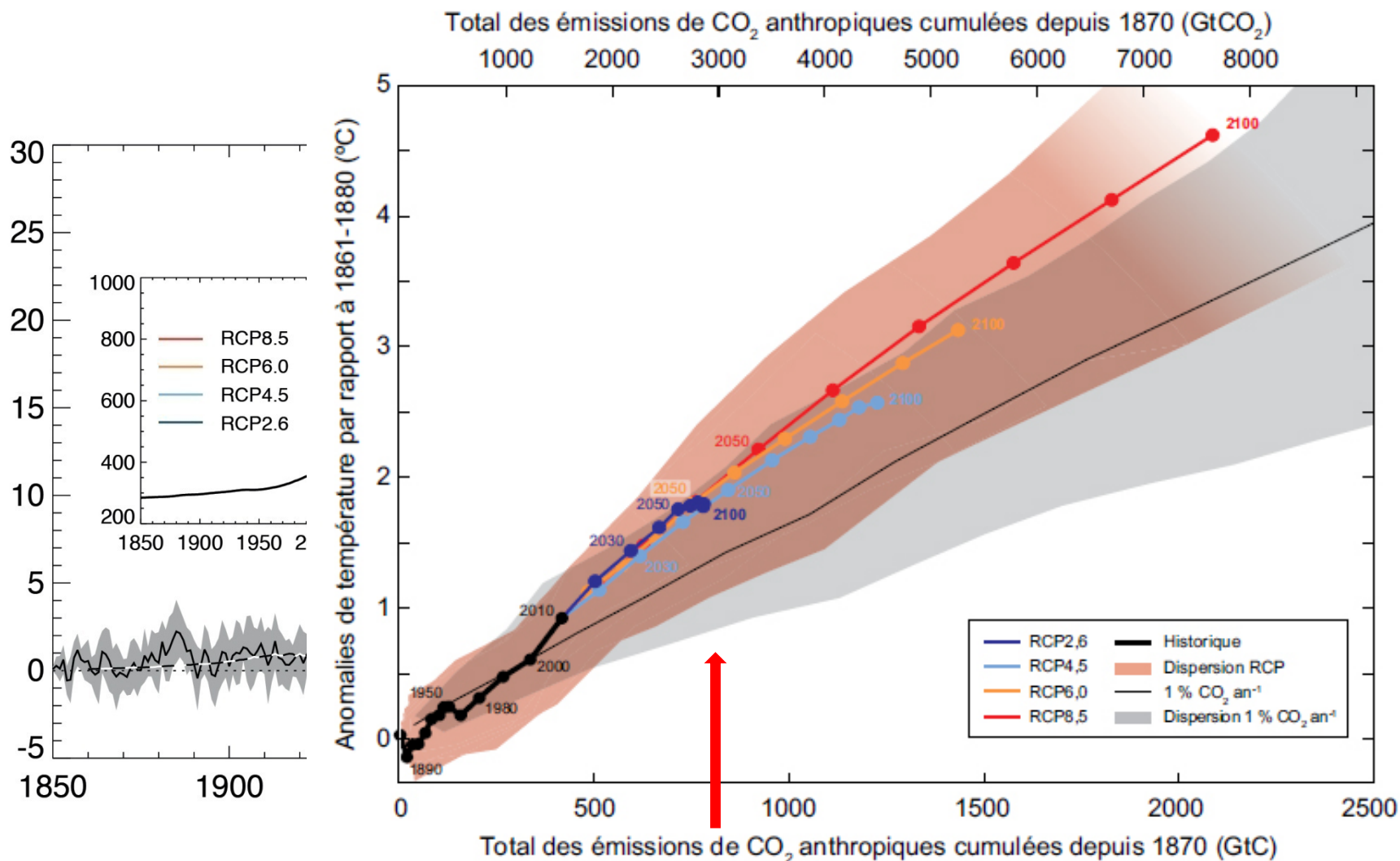
# Climat et COP21 : pourquoi nous ne tiendrons pas l'objectif des 2°C

*Jacques Treiner*

Paris 6-7 et Sciences Po

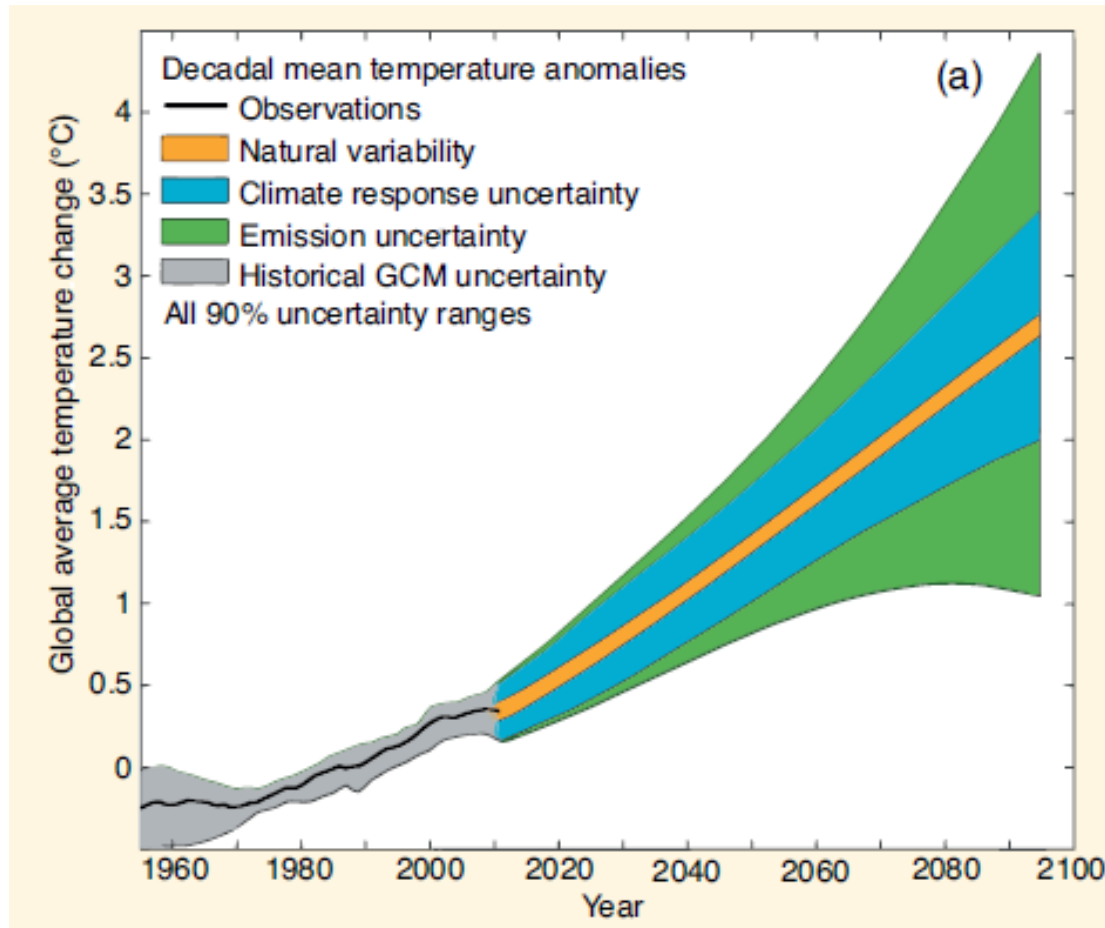
[jtreiner@orange.fr](mailto:jtreiner@orange.fr)

# Assessment Report 2013 (AR5)



**Budget total de 800 GtC, restent 300 GtC à émettre, soit environ 1000 GtCO<sub>2</sub>**

# Incertitudes



Source : AR5

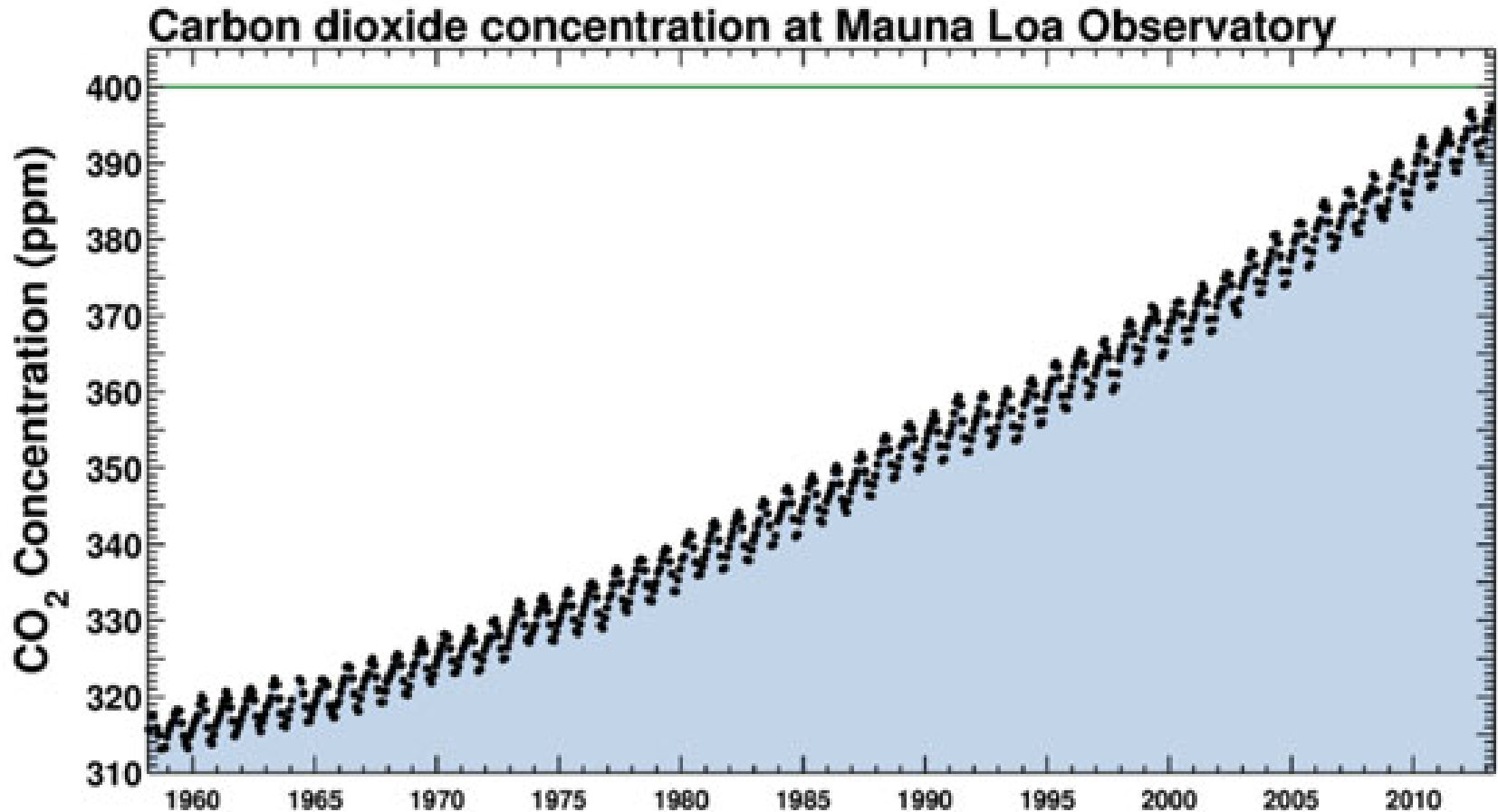
# L'inventaire du CO<sub>2</sub> : Charles David Keeling

Début de la courbe  
en 1958



# La courbe de Keeling

Current reading: 399.50 ppm



# **1965: Conseil du Président pour la Science, bureau de la pollution environnementale**

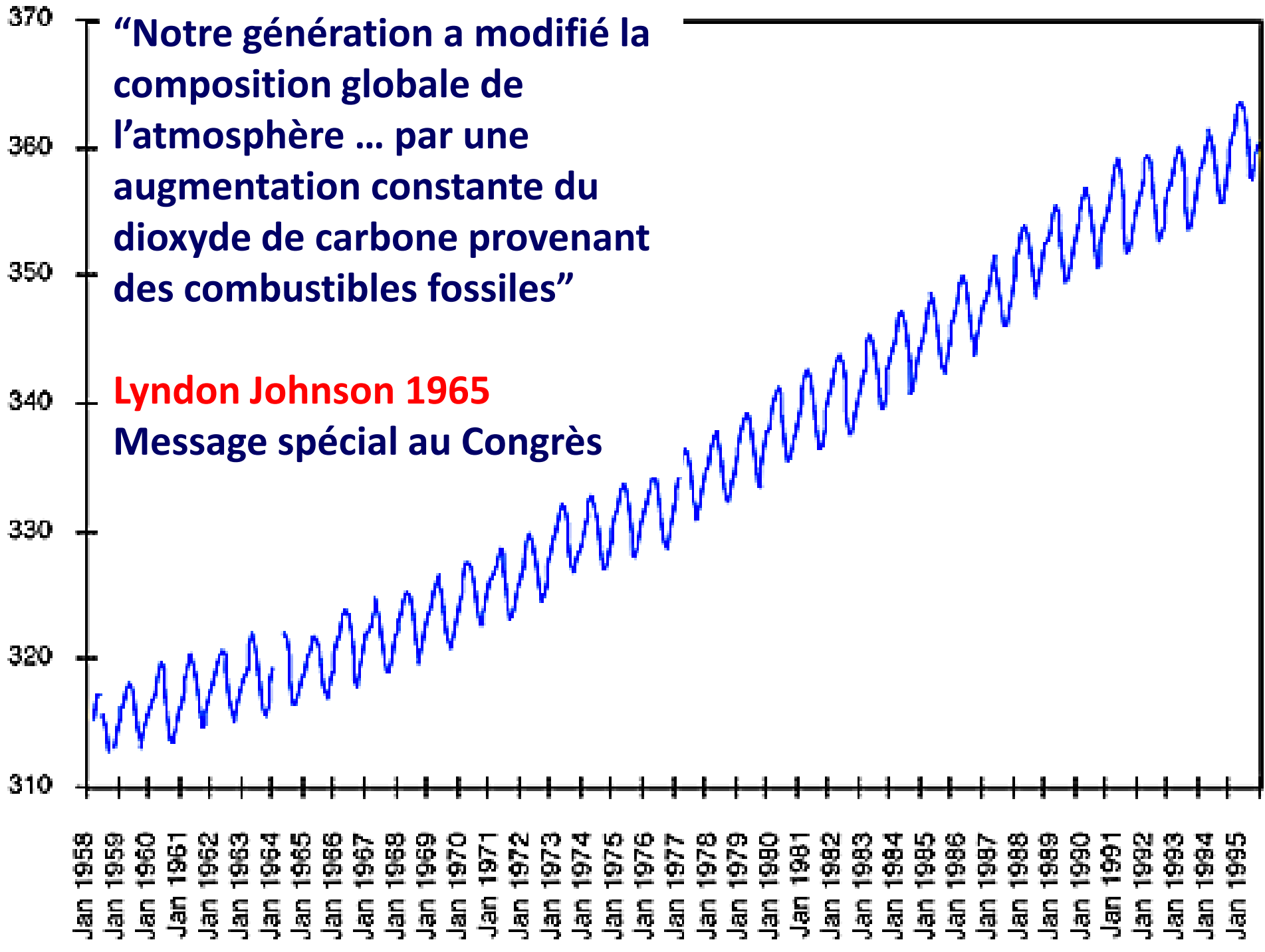
**Comité dirigé par Revelle et Keeling.**

**“...by the year 2000 there will be about 25% more CO<sub>2</sub> in our atmosphere than at present [and] this will modify the heat balance of the atmosphere to such an extent that marked changes in climate...could occur.”**

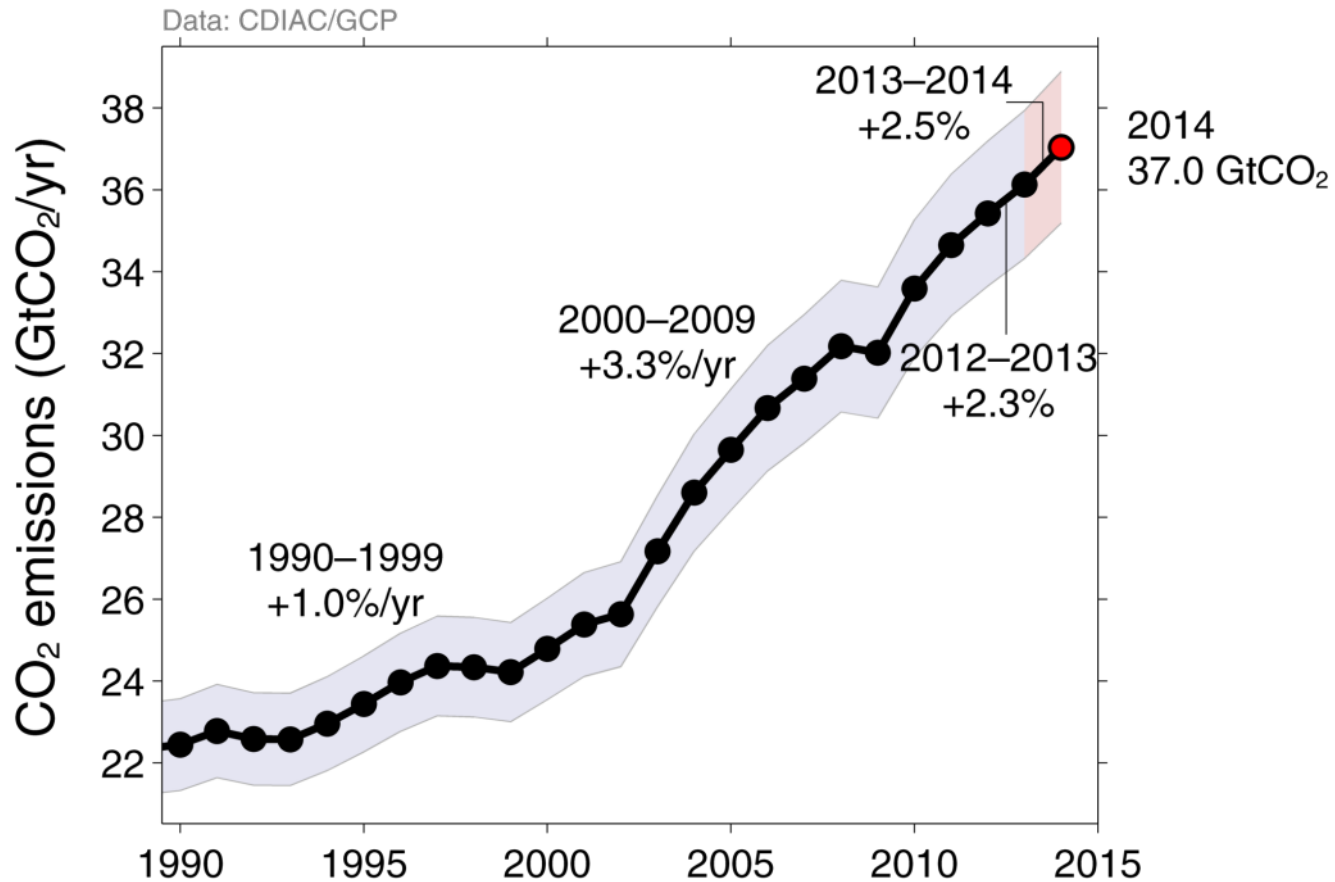
***Restoring the Quality of Our Environment, Report of the Environmental Pollution Panel, Presidents Science Advisory Committee, The White House, December 1965, on p. 9***

**“Notre génération a modifié la composition globale de l’atmosphère ... par une augmentation constante du dioxyde de carbone provenant des combustibles fossiles”**

**Lyndon Johnson 1965**  
**Message spécial au Congrès**



# Trajectoire d'émissions



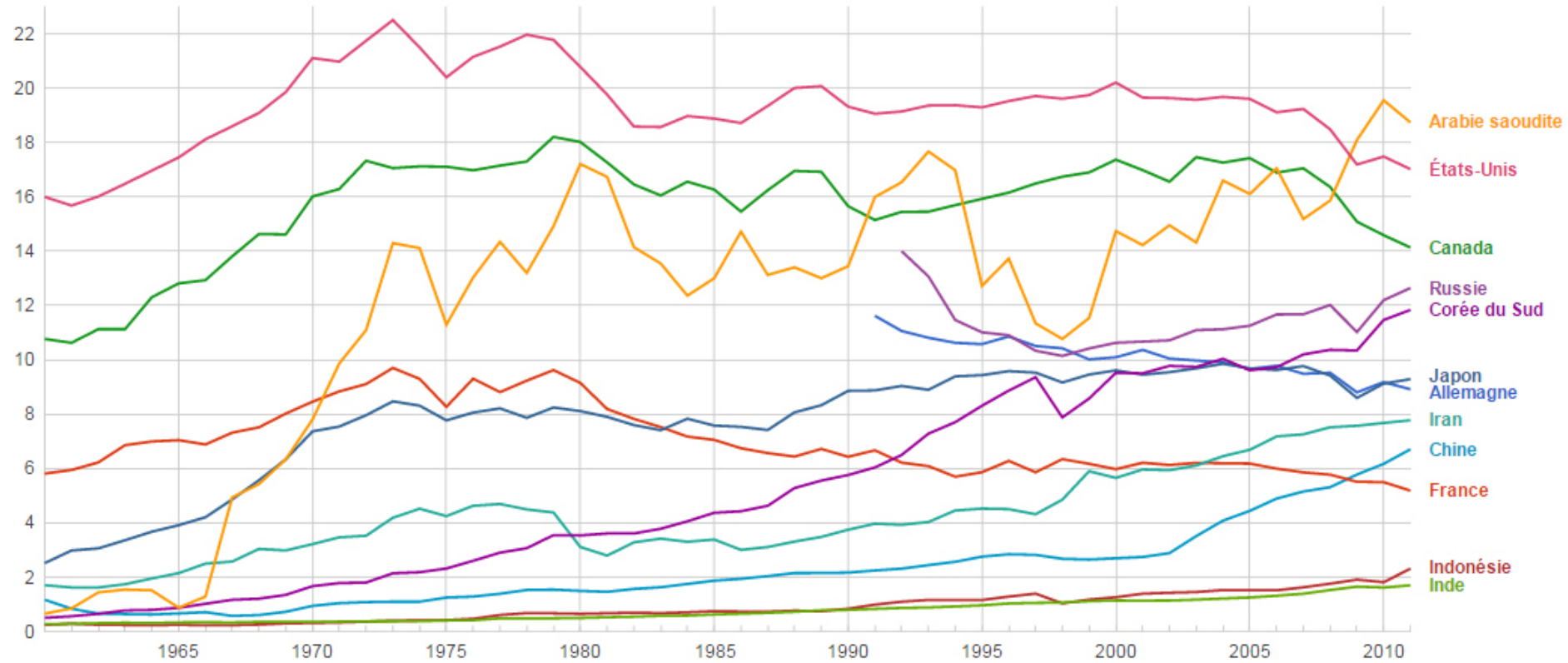
Source : Global Carbon Budget





# Emissions par tête

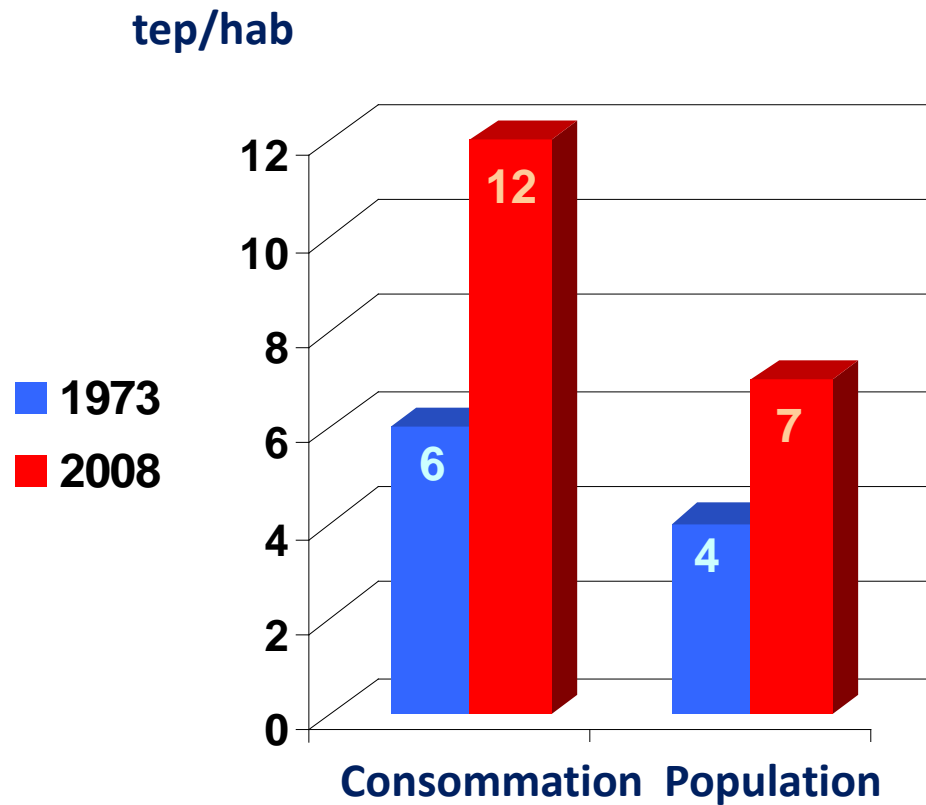
Émissions de CO2 par habitant ?



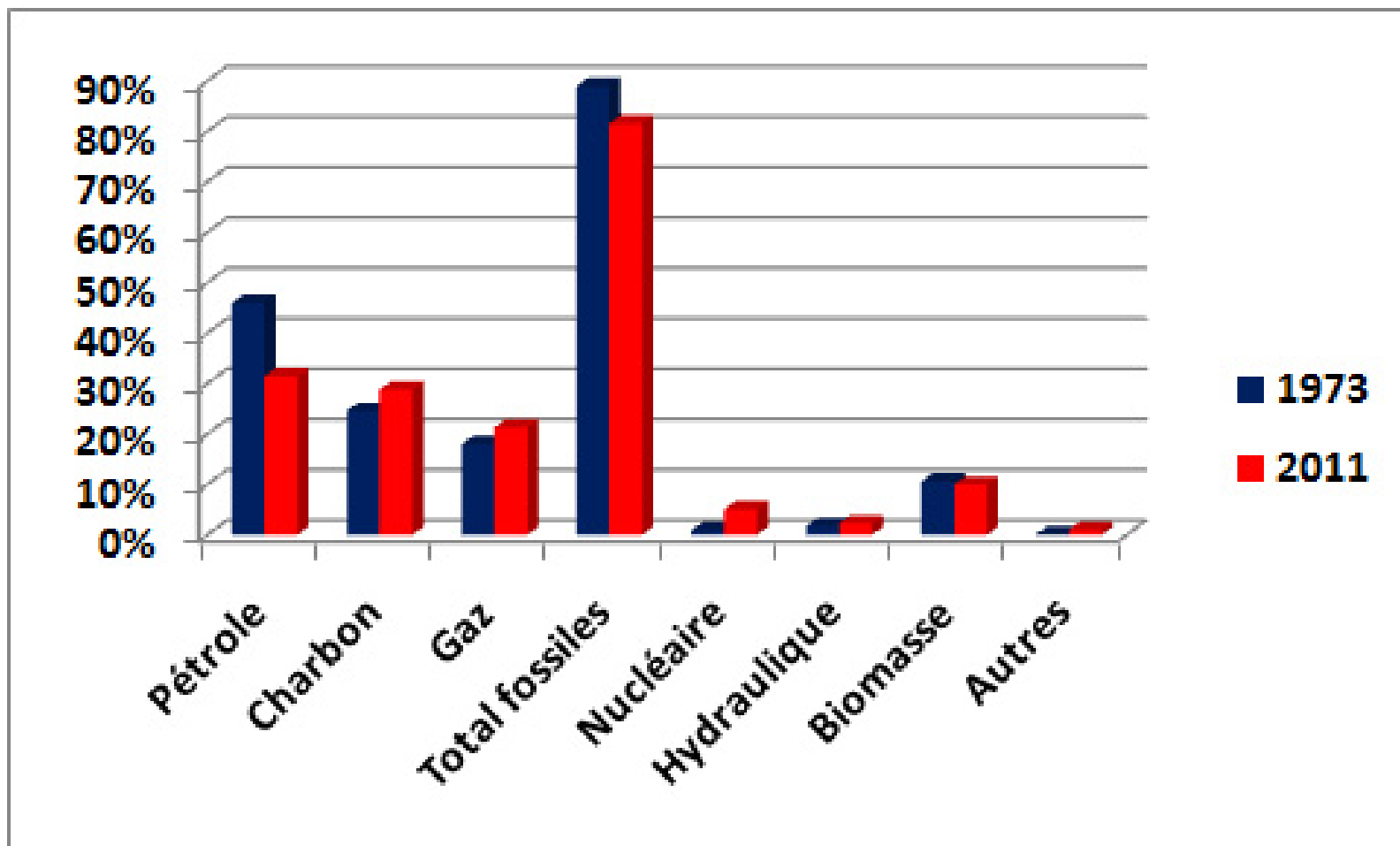


# Consommation mondiale d'énergie

IEA 2010 (statistiques de 2008)



# Consommation mondiale d'énergie primaire

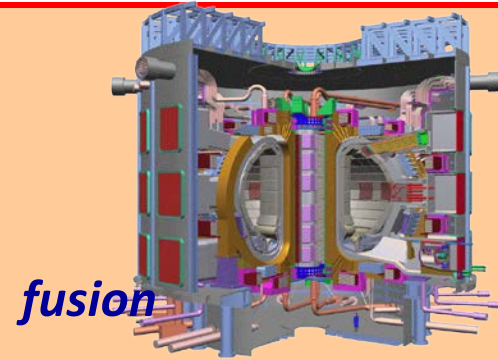


# Que peuvent les autres sources d'énergie ?

*L'énergie nucléaire*



*fission*



*fusion*

*Inépuisable*



*solaire*



*hydro.*



*éolien*



*géothermie*

*Renouvelable (que l'on peut renouveler, mais ce n'est pas obligé...)*

*biomasse*

*bois*



*colza*



# Les COP passées : un rapide aperçu

# Sommet de la Terre

## Rio 1992

**27 principes, et notion de développement durable :**

***Principe 1 :***

**« Les êtres humains sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature. »**

***Principe 4 :***

**« Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considéré isolément »**



Rôle des différents acteurs dans la mise en œuvre du développement durable : femmes, jeunes et enfants, populations autochtones, ONG, collectivités locales, syndicats, entreprises, chercheurs et agriculteurs (sect III)

Adoption de la **Convention sur le Climat**, qui affirme la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre et qui a abouti à la signature en 1997 du protocole de Kyoto.

Ratification de La Déclaration sur les forêts, et la Convention sur la biodiversité qui soumet l'utilisation du patrimoine génétique mondial à une série de conditions et présente une tentative normative en cette matière.

# Liste des COP

- 1995 Berlin** : adoption d'un « mandat de Berlin » pour l'élaboration d'un protocole qui préciserait les obligations de réduction des pays de l'Annexe 1.
- 1996 Genève** : querelle sur les « politiques harmonisées » ou « flexibles » (USA)
- 1997 Kyoto** : Protocole : marché du carbone, mécanisme de développement propre (MDP).
- 1998 Buenos Aires** : adoption d'un « Plan d'action » sur deux ans, faute de résoudre les différents concernant la mise en œuvre du Protocole
- 1999 Bonn** : réunion technique, pas de décision majeure
- 2000 La Haye** : réunion interrompue à la suite de désaccords sur les questions relatives aux puits de carbone, à la *compliance* et à la *finance*.
- 2001 Bonn (6bis)** : avancées sur les questions ouvertes de la COP Bonn et sur les mécanismes flexibles du Protocole. USA observateurs.

**2001 Marakech : affirmation du Protocole (défection de Bush)**

**2002 New Delhi : transferts de technologie et aide à l'adaptation**

**2004 Buenos Aires : plan d'action sur l'adaptation, discussions sur l'après 2012 (Rio + 20)**

**2005 Montréal : entrée en vigueur du Protocole, plan d'action pour l'après 2012.**

**2006 Nairobi : quelques progrès sur le fonds d'adaptation et le MDP**

**2007 Bali : préparation d'un nouveau mandat pour Copenhague**

**2008 Poznan : lancement du fonds d'adaptation, financé par une taxe sur les projets MDP. Avancées sur la déforestation.**

**2009 Copenhague : engagements volontaires, 2°C, principe d'un Green Climate Fund (GCF) de 100 G\$/an.**

**2010 Cancun : définition d'un cadre pour l'adaptation**

**2011 Durban : perspective d'adoption d'un nouvel accord en 2015, gestion du GCF.**

**2012 Doha : perspective de Kyoto jusqu'en 2020 (Japon, Russie..absents)**

**2013 Varsovie : adoption du thème « Loss and damages » comme associé aux impacts du changement climatique.**

**2014 Lima : adoption de l'approche des INDC (Intended National Determined Contributions)**

**2015 Paris : ?**

# Bilan des INDC

## (Intended Nationally Determined Contributions)

**ADVANCE VERSION**



United Nations

FCCC/CP/2015/7



Framework Convention on  
Climate Change

Distr.: General  
30 October 2015

Original: English

---

### **Conference of the Parties**

**Twenty-first session**

**Paris, 30 November to 11 December 2015**

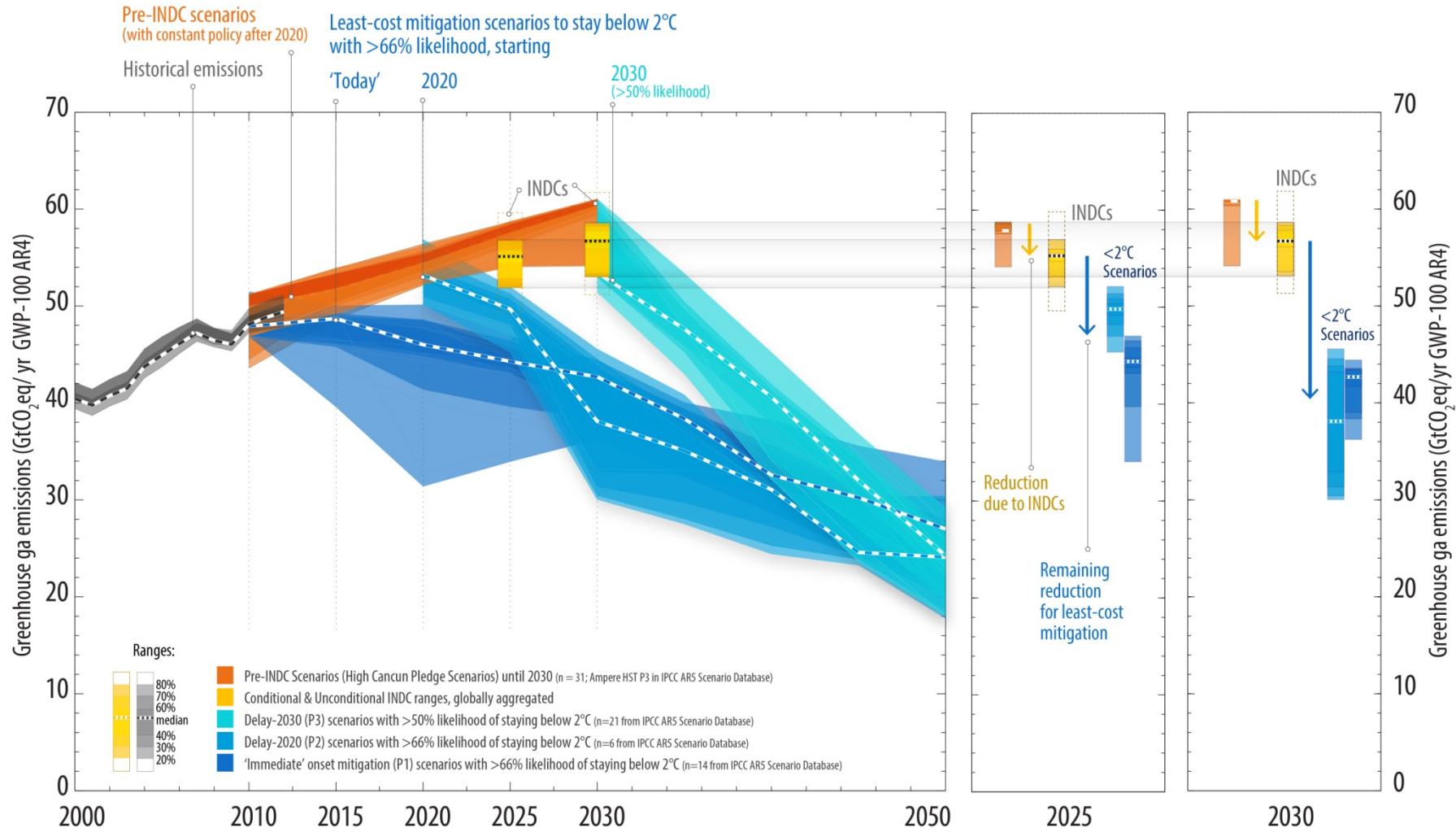
Item 4(a) of the provisional agenda

**Durban Platform for Enhanced Action (decision 1/CP.17)**

**Report of the Ad Hoc Working Group on the Durban  
Platform for Enhanced Action**

**Synthesis report on the aggregate effect of the intended  
nationally determined contributions**

# Analyse des INDC



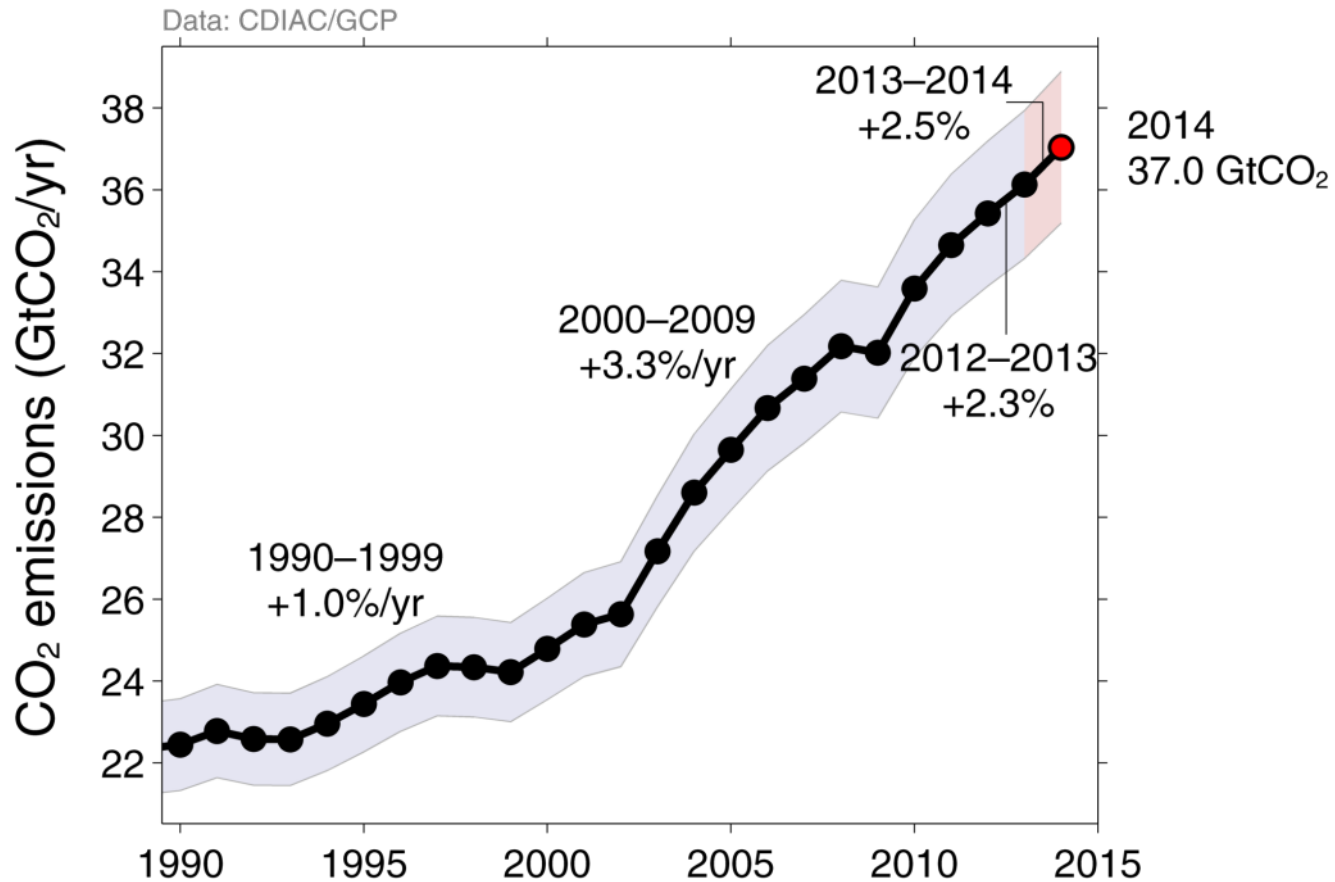
# **Comment comprendre qu'il en soit ainsi ?**

## **Deux conditions pour les 2°C**

- 1. Stabiliser dès aujourd'hui, puis diminuer nos émissions de GES**
- 2. Ne pas dépasser un budget global de 1000 GtCO<sub>2</sub> à partir d'aujourd'hui**

**Qu'en est-il de nos émissions ?**

# Trajectoire d'émissions



**Hum... en moins de 30 ans, le budget est consommé !**



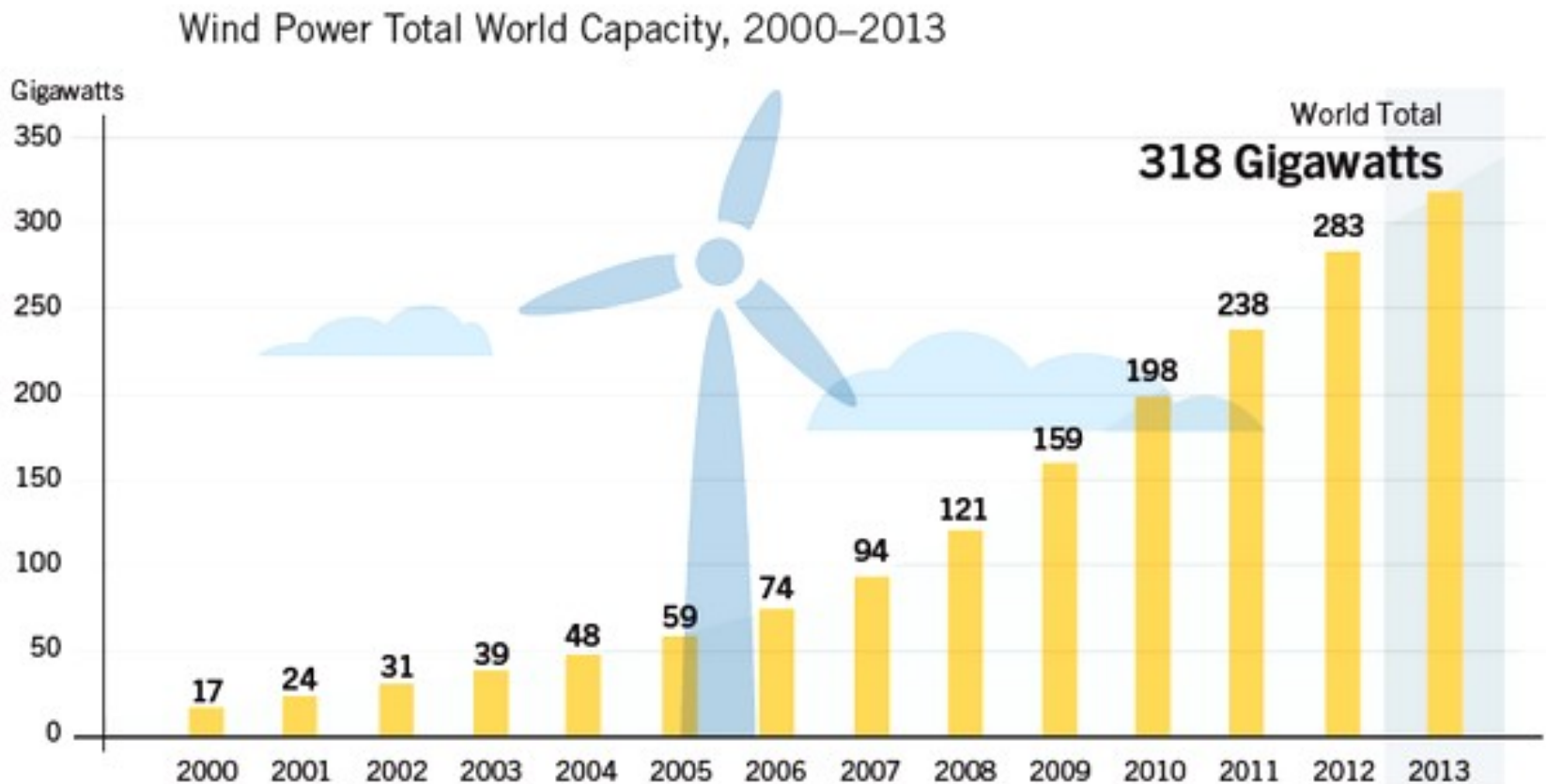
# 1. Stabiliser nos émissions ?

Elles augmentent d'environ 3% par an.

La consommation de fossiles augmente donc d'autant, soit 3% de 10 Gtep, ou 300 Mtep.

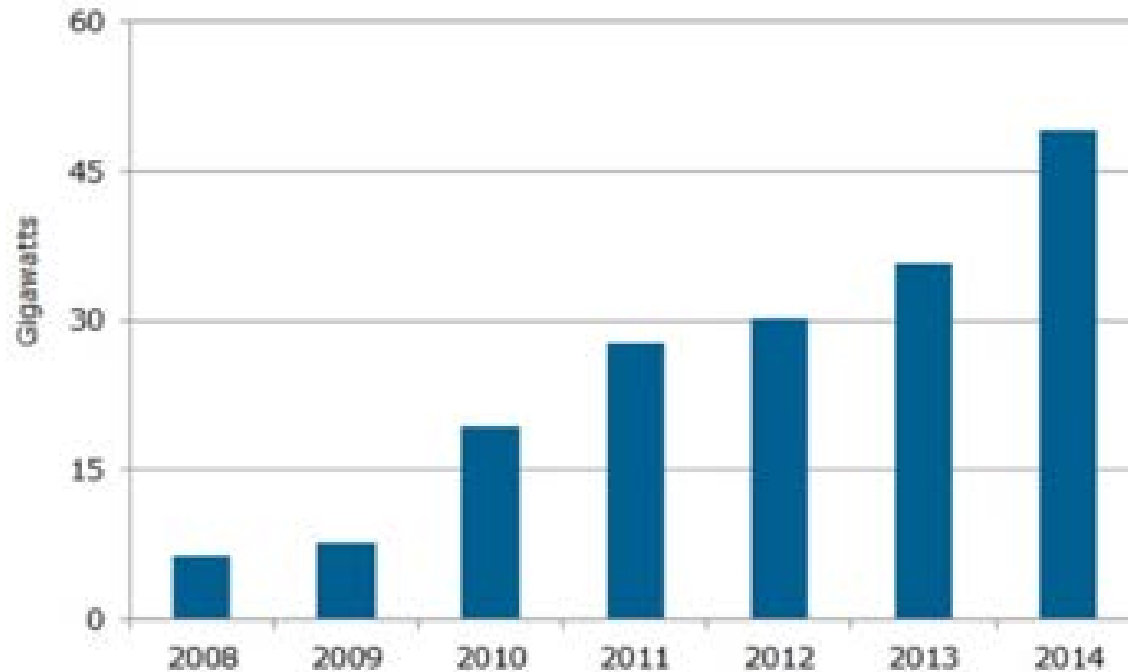
Cela correspond à un accroissement de la puissance consommée de  $300 \times 10^6 \times 42 \times 10^9 / 3 \times 10^7 = 420 \text{ GW}$

# Quelle puissance non carbonée est créée chaque année ?



**Eolien : environ 40 GW installés, soit 10 GW en moyenne**

# Photovoltaïque ?



**Puissance nouvelle annuelle en 2014 : environ 50 GW, soit une puissance moyenne de 6 GW**

# Que rajouter d'autre ?

**Biomasse : environ 10 Mtep/an, soit 15 GW.**

**Nucléaire : 438 réacteurs, 380 GW installés, 2% de croissance par an (?) = 8 GW**

**Barrages : 750 GW installés, quelques GW de plus par an**

**Il faut bien se résoudre à constater que la puissance nouvelle non carbonée installée chaque année est inférieure à 50 GW, alors qu'il faudrait 400 GW, venant **en substitution** des ressources fossiles, pour stabiliser nos émissions...**

**On n'y est pas, et de loin.**

## 2. Et le budget global ?

Imaginons que nous stabilisons nos émissions vers 2030, au niveau de 45 GtCO<sub>2</sub> par an.

D'ici là, nous aurons émis  $\frac{1}{2}(35+45)*15 = 600$  GtCO<sub>2</sub>.

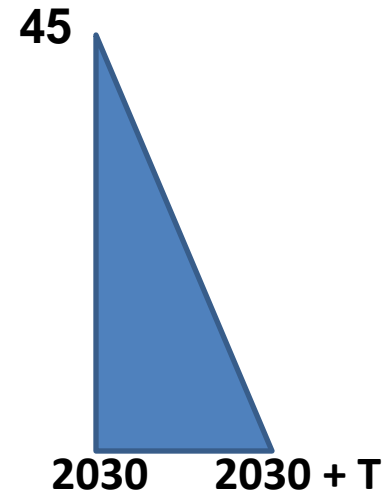
Si, ensuite, nous réduisons nos émissions à un rythme régulier, les 400 GtCO<sub>2</sub> restantes seront épuisées en un nombre d'années T tel que :

$$\frac{1}{2} \times 45 \times T = 400$$

i.e.

$$T = 18 \text{ ans}$$

Plus de CO<sub>2</sub> en 2048 !



**Plus détaillé :**

# **Jouer avec les chiffres du climat :** une approche par budget carbone

**Jacques Treiner** (jtreiner@orange.fr)

Ancien professeur à l'Université Paris 6, professeur à Sciences Po Paris

*Reflets de la physique n° 43, mai 2015*

# Que se passe-t-il si on ne fait rien ?

Réserves de fossiles :

1000 Gtep de charbon

400 Gtep de pétrole

300 Gtep de gaz

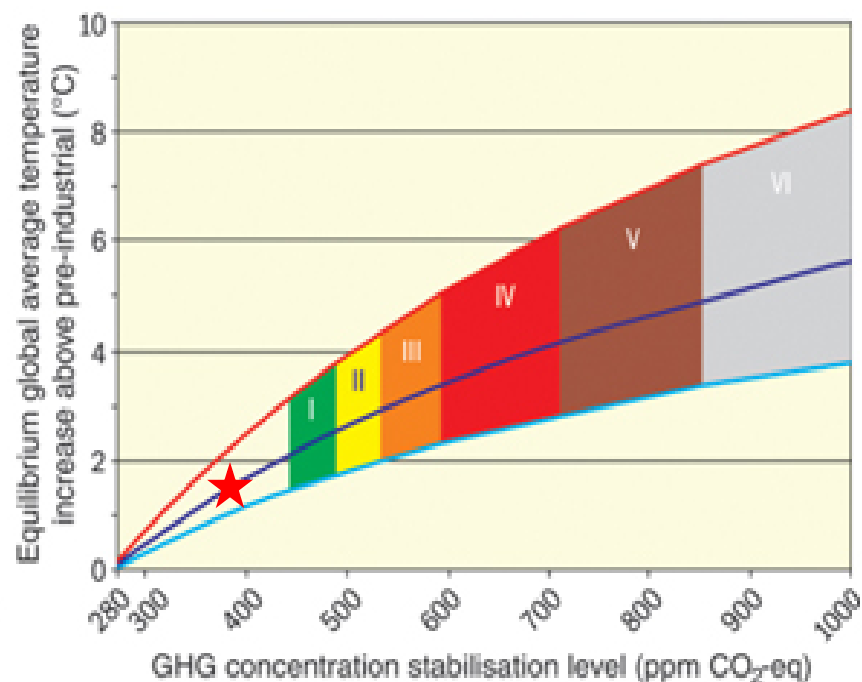
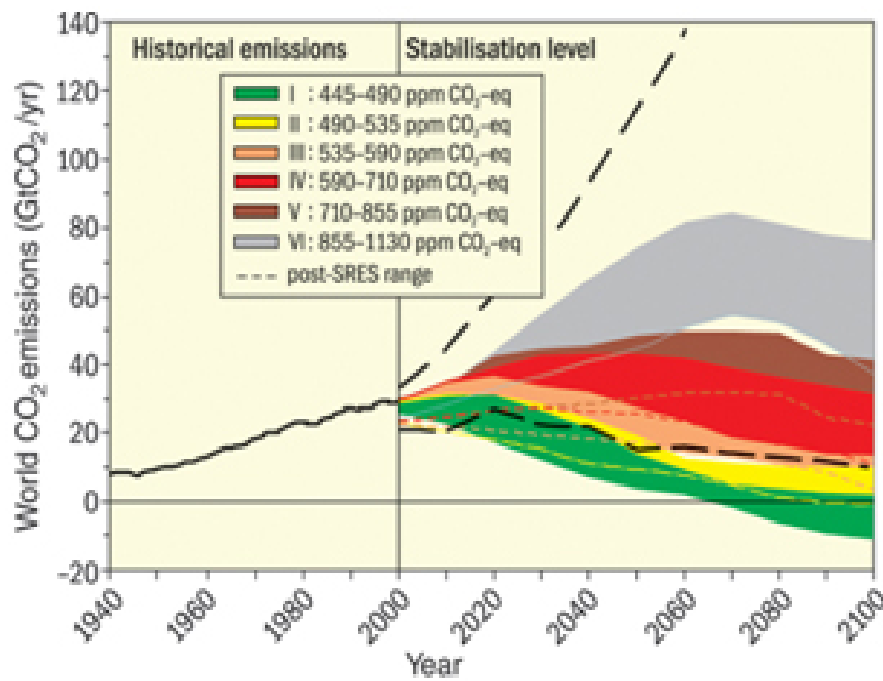
$$1000 \times 4,3 + 400 \times 3,1 + 300 \times 2,1 = 6170 \text{ GtCO}_2$$

dont nous avons déjà émis  $480 \times 44 / 12 = 1760 \text{ GtCO}_2$

Restent à émettre  $6170 - 1760 = 4410 \text{ GtCO}_2$ , soit 2,5 fois ce que nous avons déjà émis.

La concentration finale en  $\text{CO}_2$ , si nous émettions tout ce qui est disponible, se fixerait alors à  $400 + 2,5 \times 120 = 700 \text{ ppm}$ .

# Assessment Report de 2007 (AR4)



**1 ppm = 2 GtC = 7,3 GtCO<sub>2</sub>**

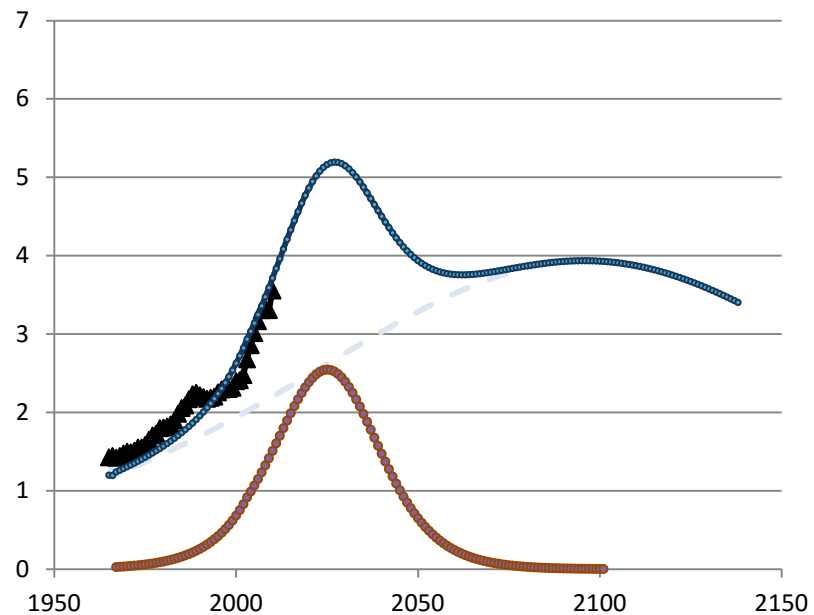
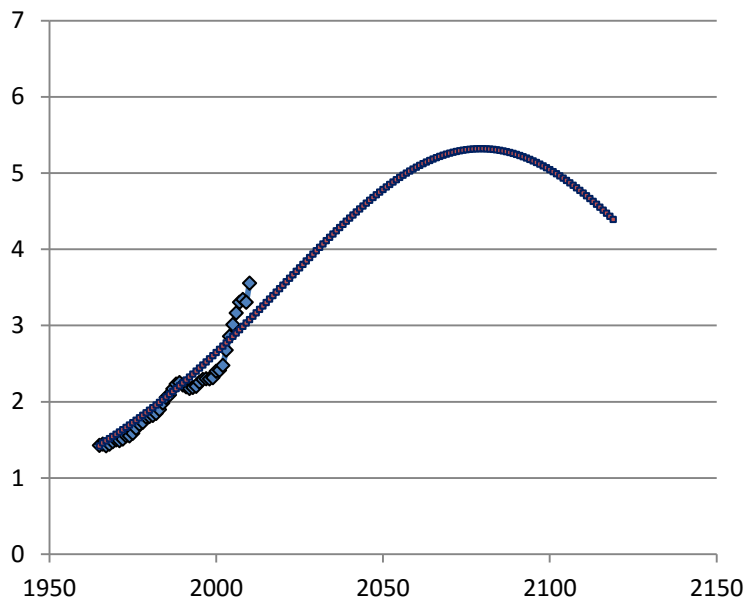
**La moitié seulement de ce que nous émettons s'accumule dans l'atmosphère, le reste étant dissout dans les océans (1/4) et absorbé par la photosynthèse (1/4)**



# Trajectoire d'émission ?

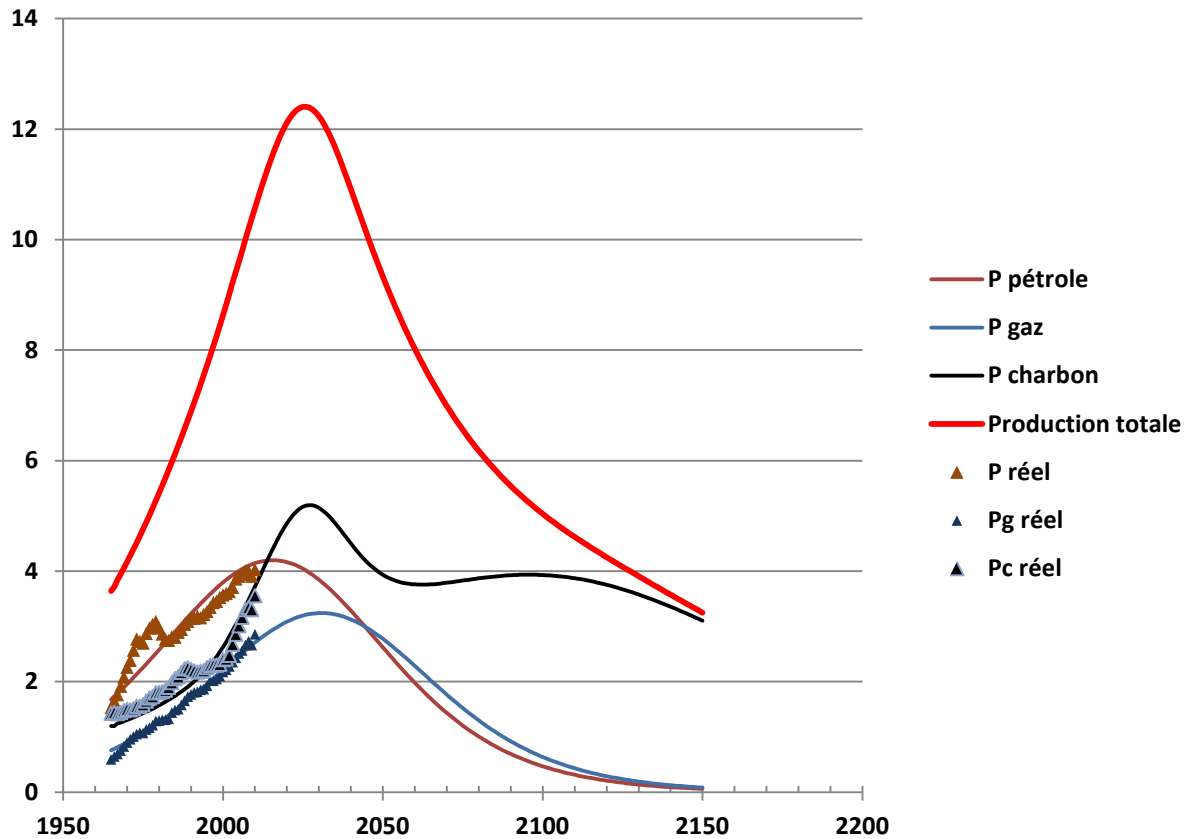
Modèle « à la Hubbert » :

$$P = tQ \left( 1 - \frac{Q}{Q_{\max}} \right)$$



# Conséquence sur les émissions

## Consommation de combustibles fossiles

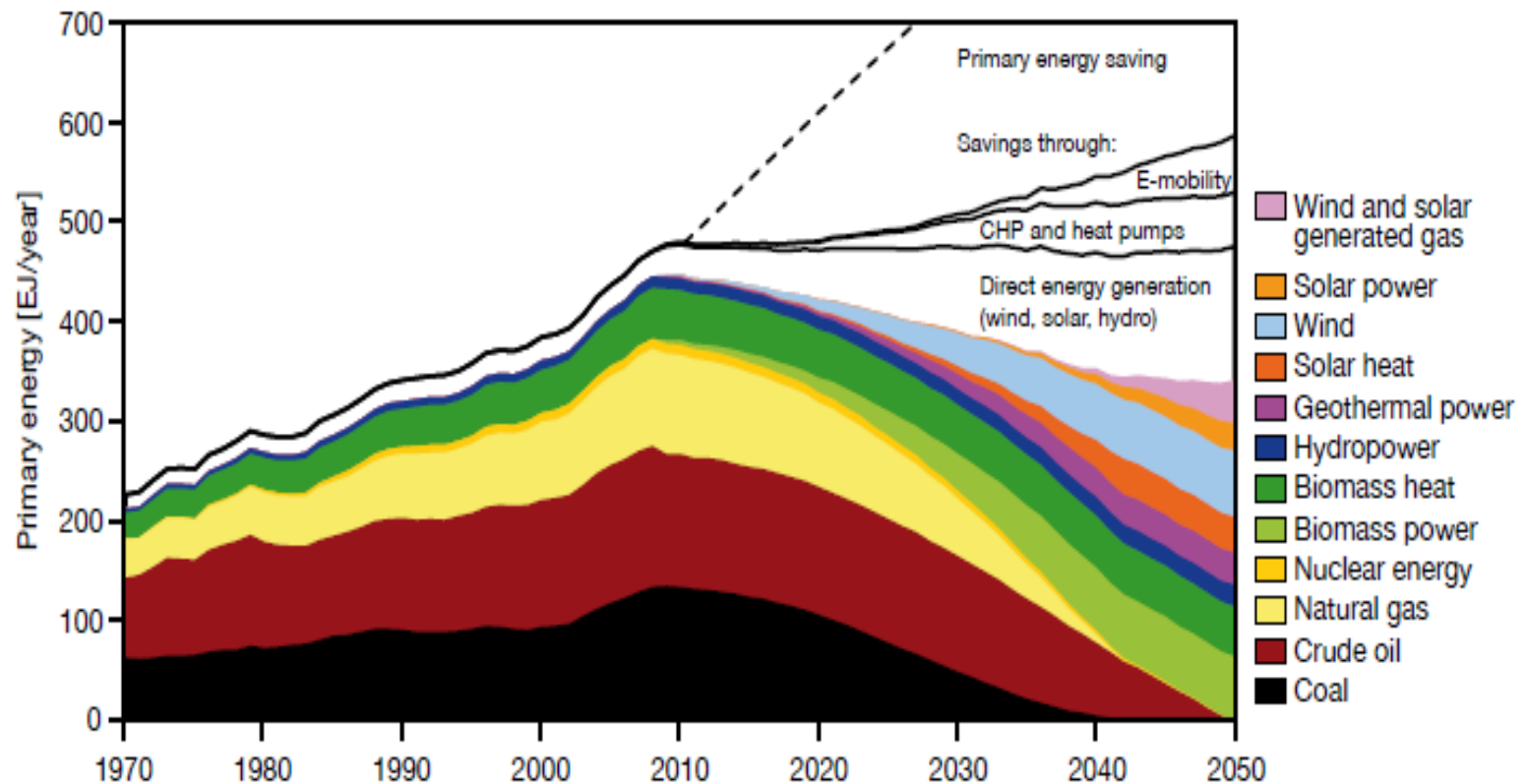


# Pour l'ensemble des fossiles

Emissions de carbone, en Gt/an



**Un regard sur les scénarios énergétiques...  
...et sur les difficultés d'appréciation**

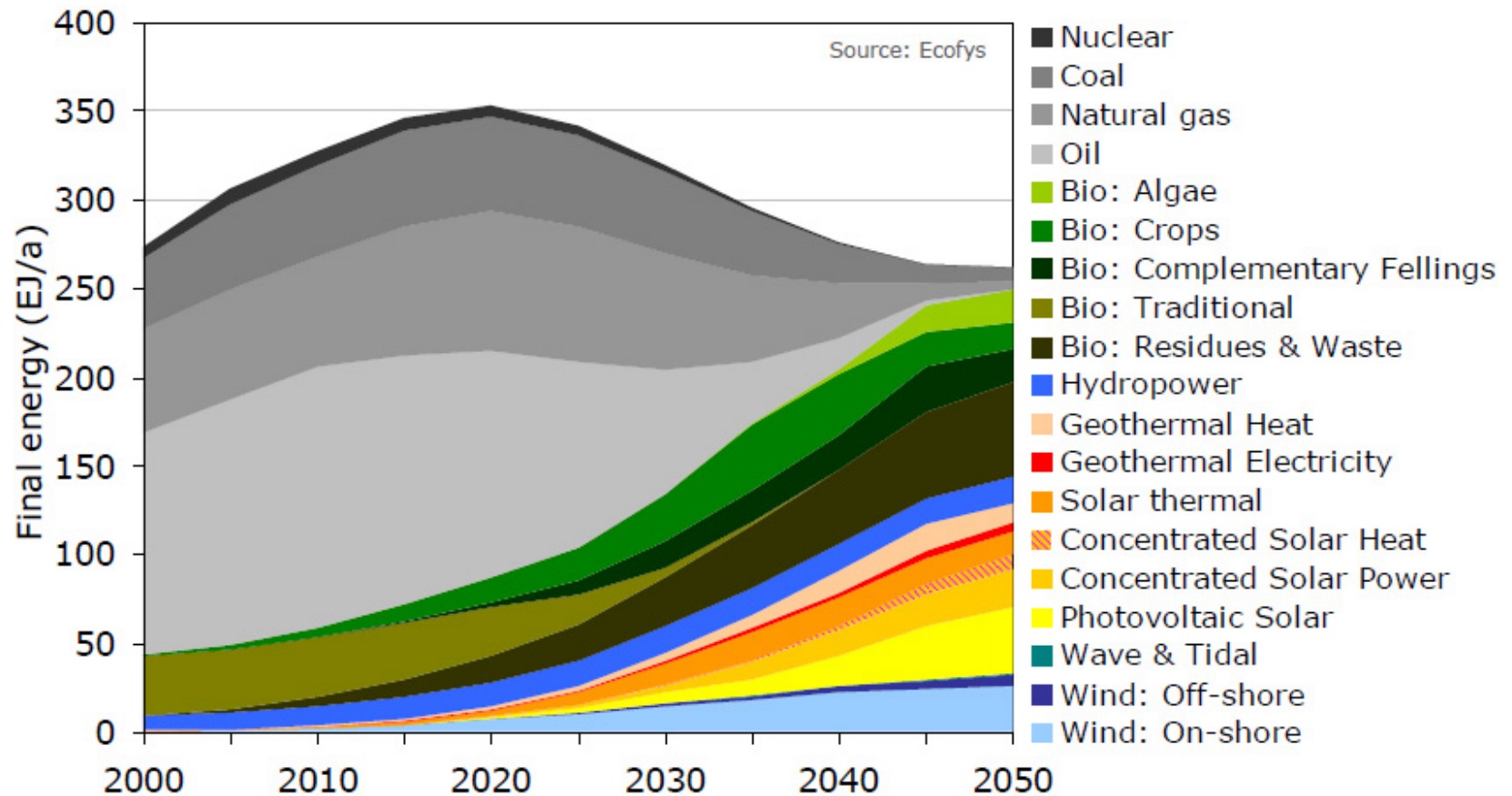


**Figure 4.1-1**

Vision for a global renewable energy supply by 2050: the figure shows the distribution of global primary energy demand by 2050, using the direct energy equivalency method. The scenario is based on an extrapolation of current expansion rates for renewable energies. Renewables are accorded priority in the energy system, leading to the substitution of existing conventional energy carriers. The economy of existing infrastructures and the availability of key materials have not been taken into account. The dotted line shows the development of global primary energy demand without transformation, based on the GEA baseline scenario (Figure 1.2-4). CHP = combined heat and power.

Source: WBGU

# Ecofys (WWF, Greenpeace)



# **ADEME :**

## **100% renouvelable électrique France**

*« Nous publions aujourd'hui une étude d'une nature différente, relative à l'exploration technique du déploiement des EnR au sein du mix électrique: à l'instar des travaux du NREL (Laboratoire National pour les Energies Renouvelables américain) de 2012 étudiant un scénario 100% EnR aux USA, il s'agit ici d'une étude scientifique à caractère prospectif et exploratoire et non pas d'un scénario politique. Les mix électriques envisagés restent en effet théoriques, puisqu'ils sont construits ex-nihilo, et ne prennent pas en compte la situation actuelle, ni le scénario pour arriver au résultat. »*

*« L'étude réalise une analyse de différents mix électriques optimaux à un horizon lointain sans prendre en compte l'existant. Elle ne s'intéresse donc pas à la trajectoire d'investissement permettant d'assurer une transition entre le système électrique actuel et les mix étudiés» (page 19). »*

Cf. blog de Sylvestre Huet pour une analyse détaillée

# Comment interroger ces scénarios mondiaux ?

**Remarque : dans les deux exemples mondiaux ci-dessus, l'énergie finale en 2050 est la même qu'aujourd'hui. Est-ce compatible avec ce que les démographes prévoient concernant la répartition de la population urbaine (forte consommation d'énergie) et rurale (faible consommation) ?**



# Evolution de la population mondiale

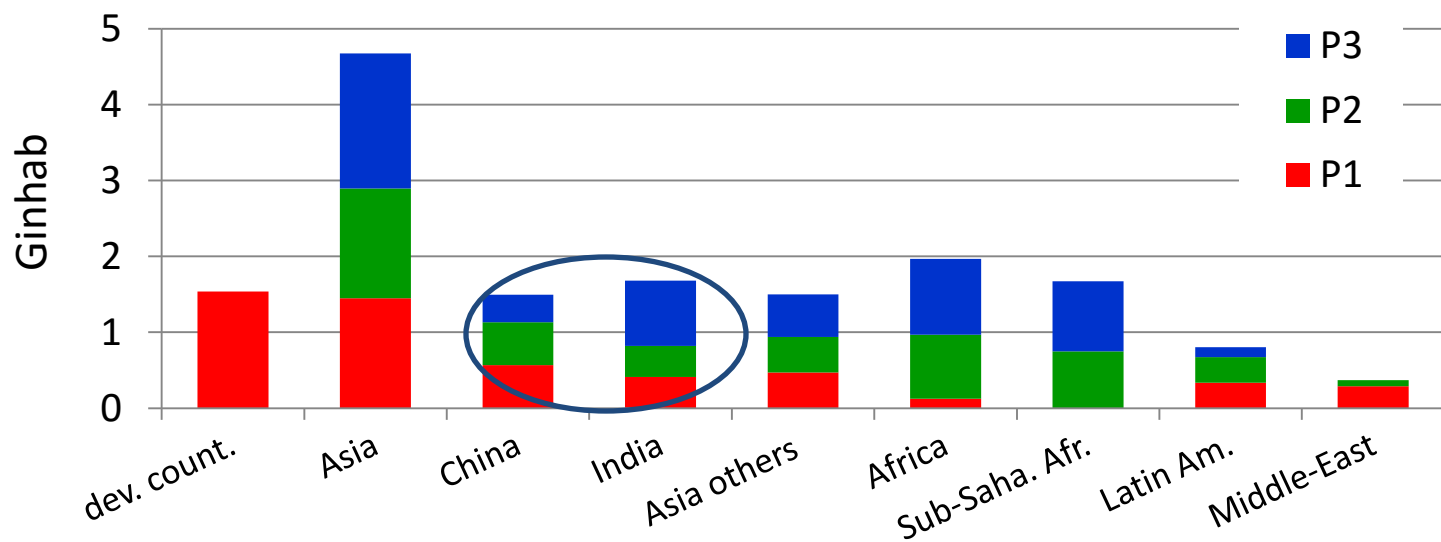
$P_1, P_2, P_3$  avec niveaux de consommation  $C_1, C_2, C_3$

Résultats (taux d'urbanisation)

$P_{1,World} = 3,6$  Ghab.

$P_{2,World} = 3,0$  Ghab.

$P_{3,World} = 2,7$  Ghab.



## Aujourd'hui :

$$C_1 = 4,5 \text{ tep/hab/a} \quad C_2 = 1 \text{ tep/hab/a} \quad C_3 = 0,5 \text{ tep/hab/a}$$

## Hypothèses 2050 :

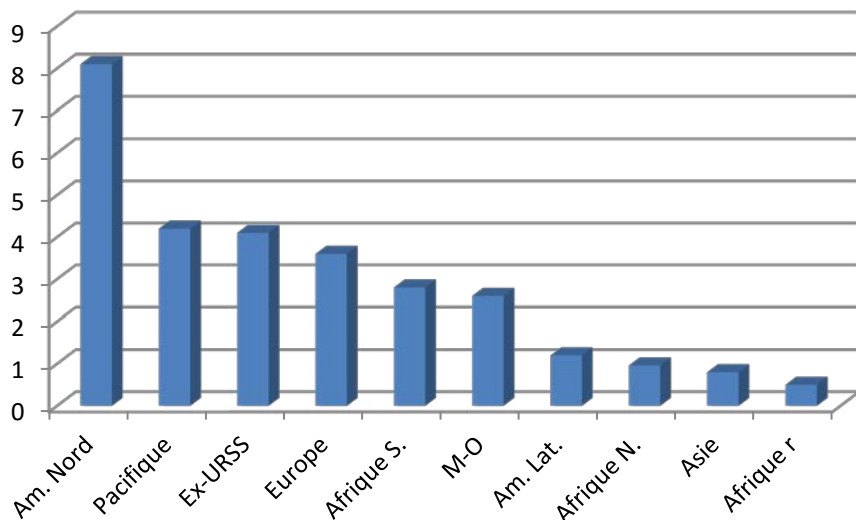
$$E_{\text{tot}} = 12 \text{ Gtep avec } P_1 = 3,6 \text{ Ghab } P = 3,0 \text{ Ghab } P = 2,7 \text{ Ghab}$$

$$E_{\text{tot}} = P_1 C_1 + P_2 C_2 + P_3 C_3 = C_3 (P_1 C_1 / C_3 + P_2 C_2 / C_3 + P_3)$$

C1/C2/C3	C1	C2	C3
9/2/1	2,61	0,58	0,29
4/2/1	1,73	0,86	0,43
1/1/1	1,08	1,08	1,08

# Consommation d'énergie

tep/hab/an



7 milliards d'hommes et 12 Gtep, soit  
**1,71 tep/hab/an**

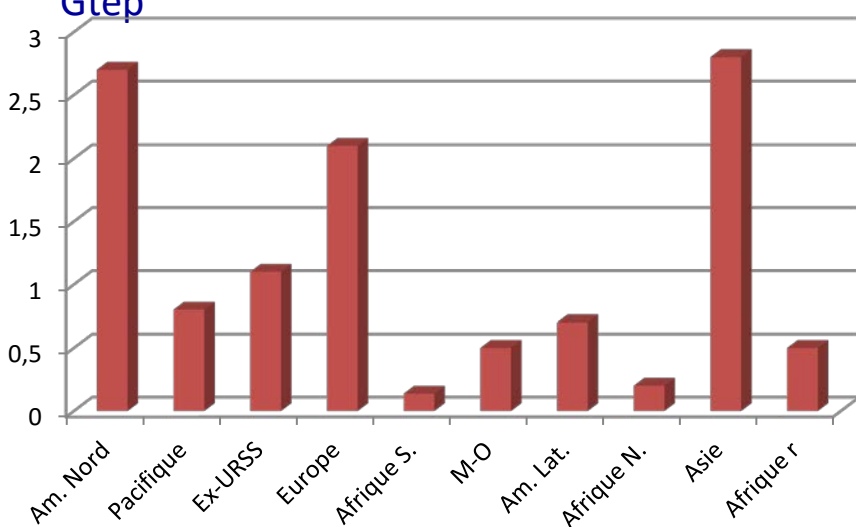
Pour une population de 10 milliards, en  
conservant la même moyenne, cela  
fait **17,1 Gtep**

Dans les pays riches, consommation de  
**4,5 tep/hab/an** (3,8 sans les USA).

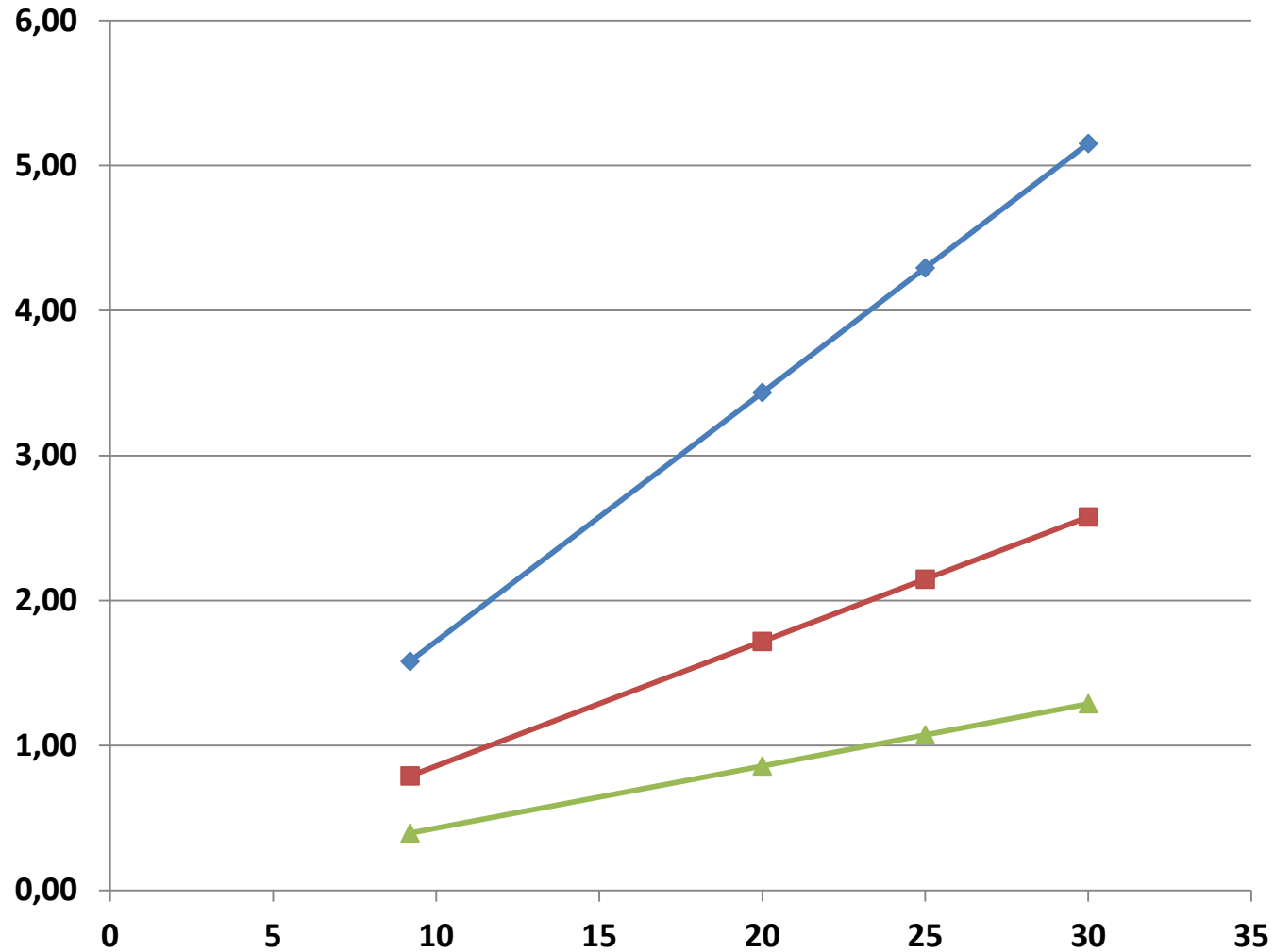
Pour 10 milliards, cela fait **45 Gtep** (38)

Estimation raisonnable pour 2050 :  
**environ 20 Gtep** (25 Gtep ?)

Gtep



# $C_i$ en fonction de l'énergie totale $E_{tot}$



# Bilan des renouvelables

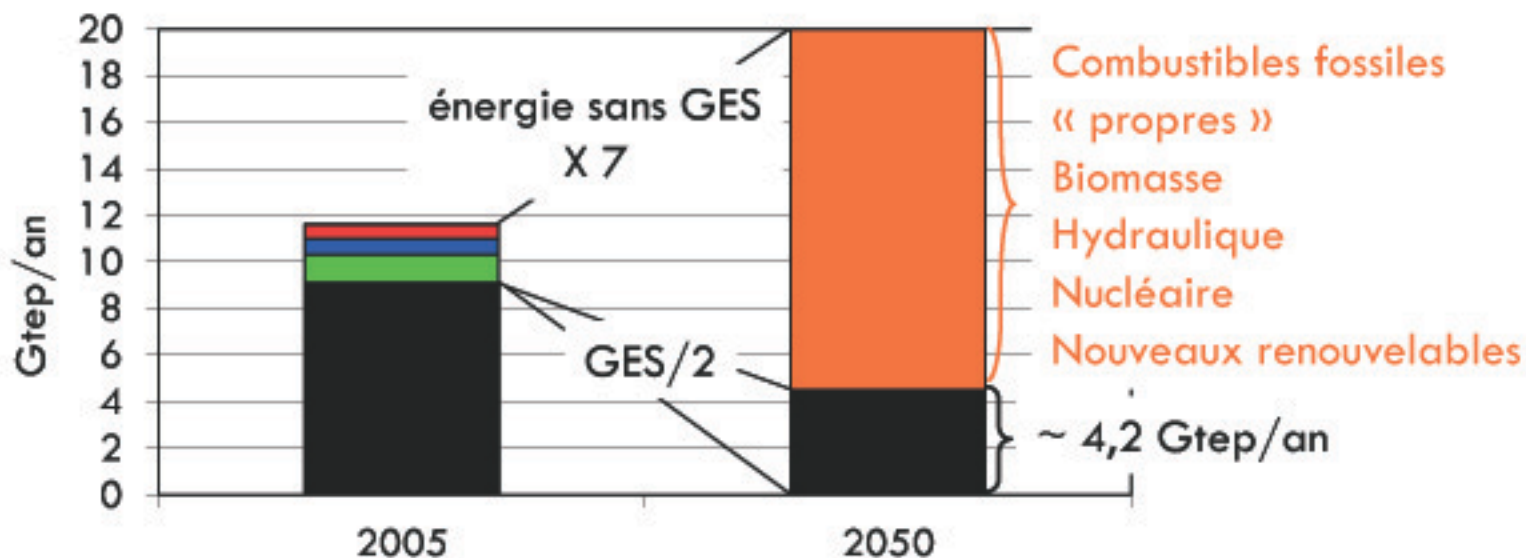
	hydraulique	biomasse		solaire			géothermie	éolien	total
		biocarburant	bois	thermique	PV	concentré			
2008 (Gtep/an)	0,7	0,03	0,9	-	0,04	-	0,02	0,05	1,74
<b>2050 (Gtep/an)</b>	<b>2</b>	<b>0,5</b>	<b>2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5 → 0,7</b>	<b>0,3</b>	<b>1</b>	<b>7,3</b>
transport									
chaleur HT									
chaleur BT									
électricité									

- beaucoup de sources renouvelables spécifiquement dédiées à la production d'électricité (~ 3,5 Gtep/an)

- **Potentiel total des renouvelables en 2050 : 7,3 Gtep/an**

# Le casse-tête énergétique

Subvenir aux besoins énergétiques croissants d'une population mondiale en augmentation et réduire nos émissions de GES



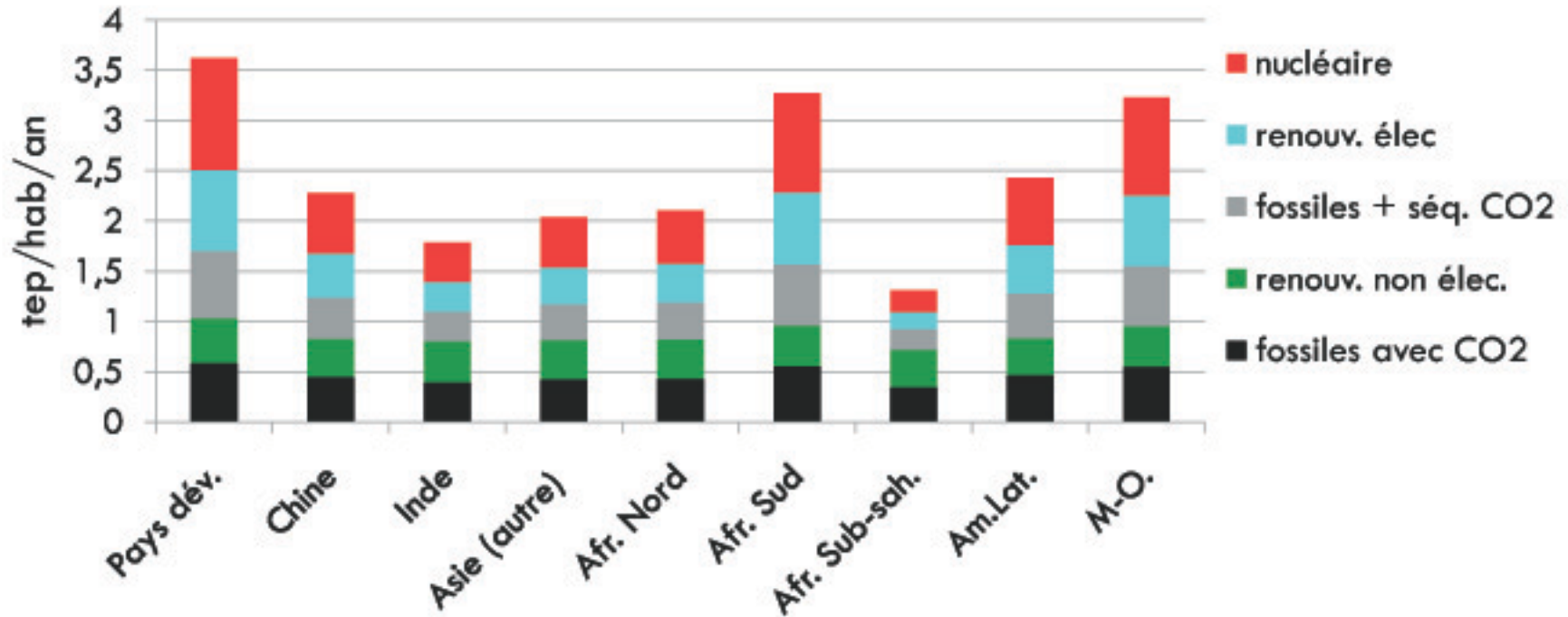
Les sources non émettrices de CO<sub>2</sub> ont-elles un potentiel suffisant ? Sont-elles adaptées à nos besoins ?

→ Estimation du potentiel en 2050 de chaque source

- maturité industrielle ?
- coût ? (investissement, fonctionnement, combustible, ...)
- contraintes environnementales (surface utilisée, émissions polluantes, risques)
- acceptabilité (nucléaire, éolien, séquestration de CO<sub>2</sub>)

# Mix par région

Nucléaire : x8



- Emissions de CO<sub>2</sub>/hab homogènes au niveau de la planète ~ 1,7 tCO<sub>2</sub>/hab/an
- Répartition homogène des renouvelables « chaleur » ~ 0,5 tep/hab/an
- Part des renouvelables « électrique », du nucléaire et de la séquestration CO<sub>2</sub> augmente avec le niveau de développement

S. Bouneau, S. David, J.-M. Loiseau, O. Méplan (JT)

# Pour finir

**Ceux qui réfléchissent à une évolution pacifiée du monde...**

**... et les autres**

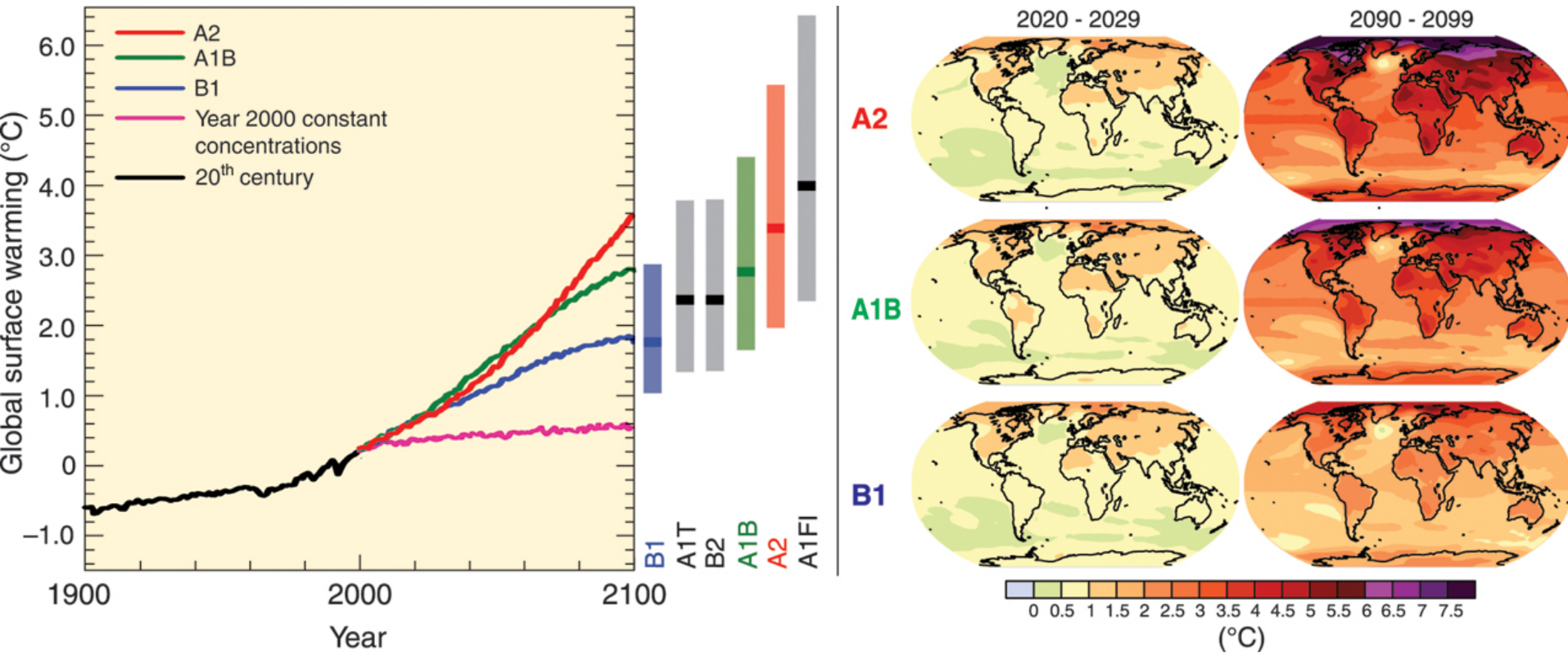


**Pour se faire peur ...**

***Climate wars*, de Gwynne Dyer, 2010**

[Gwynne Dyer](#)

# Un monde 4 degrés plus chaud



<http://flood.firetree.net/>

# **Danger principal : crise de l'agriculture**

- 1. Vagues de réfugiés climatiques : métaphore du canot de sauvetage, frontière Mexique-USA, bords méditerranéen**
- 2. Faillite des Etats incapables de nourrir leur population**
- 3. Guerres inter-étatiques pour le contrôle de l'eau : Turquie-Irak pour l'Euphrate, Inde-Pakistan pour l'Indus, Nil**