

# CYCLE DE CONFERENCES : QUELLES ÉNERGIES EN 2050 ?

18.09.2007 :

Population mondiale - Les besoins et les sources actuels d'énergie - L'exception française.

2.10.2007 :

La fin (annoncée) du pétrole - Le CO<sub>2</sub> et l'effet de serre.

16.10.2007 :

Les énergies renouvelables (non fossiles) - Le vecteur hydrogène.

20.11.2007 :

Le nucléaire ancienne génération et nouvelle génération.

4.12.2007 ( supprimée):

Les économies d'énergie (nouveaux véhicules, matières premières, etc.).

## Population mondiale (~ 6.5 milliards en 2005)

Le **pays industrialisés** (EU, Russie, Japon, Am. Du Nord, Australie), avec ~20 % de la population, consomment ~ 50 % de l'énergie mondiale.

Le taux de natalité est de + 0.5 à 1% dans le pays développés, de 2 à 2.8 % dans les autres.

**Pays industrialisés** ~ 1 milliard pers.

**Pays En voie de Développement** ~ 2-3 milliard

**Pays sous-développés** les autres

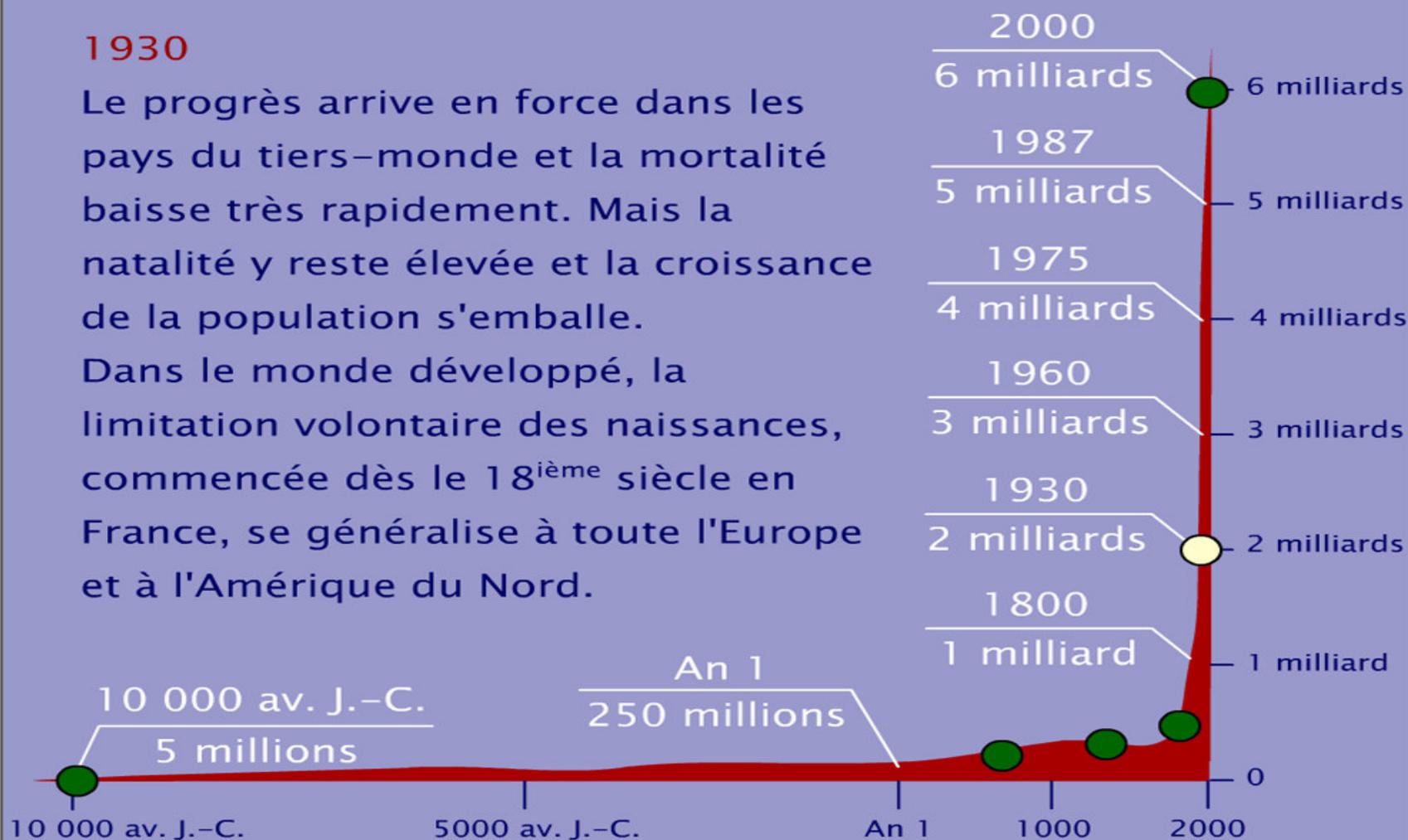
( 2 milliards de personnes n'ont pas accès à l'électricité)

# Population mondiale

**1930**

Le progrès arrive en force dans les pays du tiers-monde et la mortalité baisse très rapidement. Mais la natalité y reste élevée et la croissance de la population s'emballe.

Dans le monde développé, la limitation volontaire des naissances, commencée dès le 18<sup>ième</sup> siècle en France, se généralise à toute l'Europe et à l'Amérique du Nord.



## CONSOMMATION D'ÉNERGIE (MONDE 2005)

La consommation mondiale d' énergie en 2005 est de

**10.5 Gtep / an**

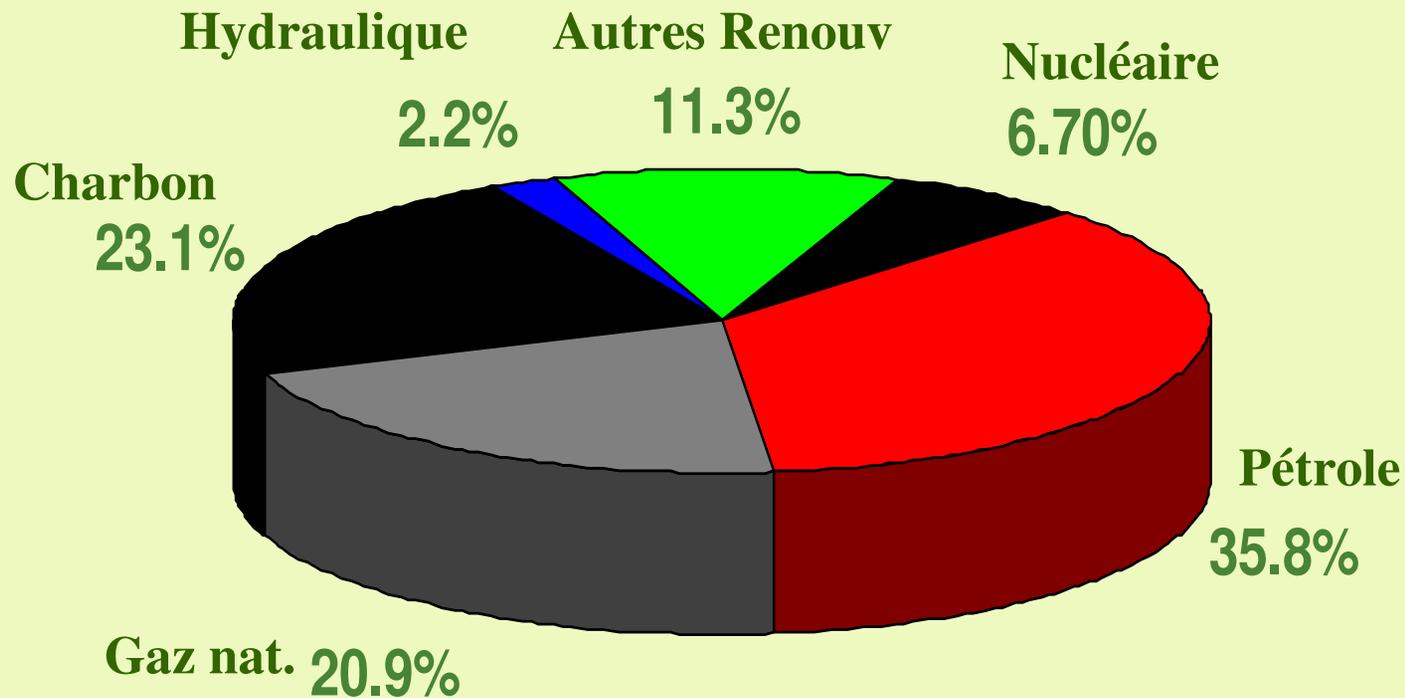
( 10.5 milliards de tonnes-équivalent-pétrole )

La moyenne de consommation par an et par personne  
(**6.5 milliards** d'habitants) est de

**1.6 tep** ( dont électricité 150 W )

## CONSOMMATION D'ÉNERGIE (MONDE 2005)

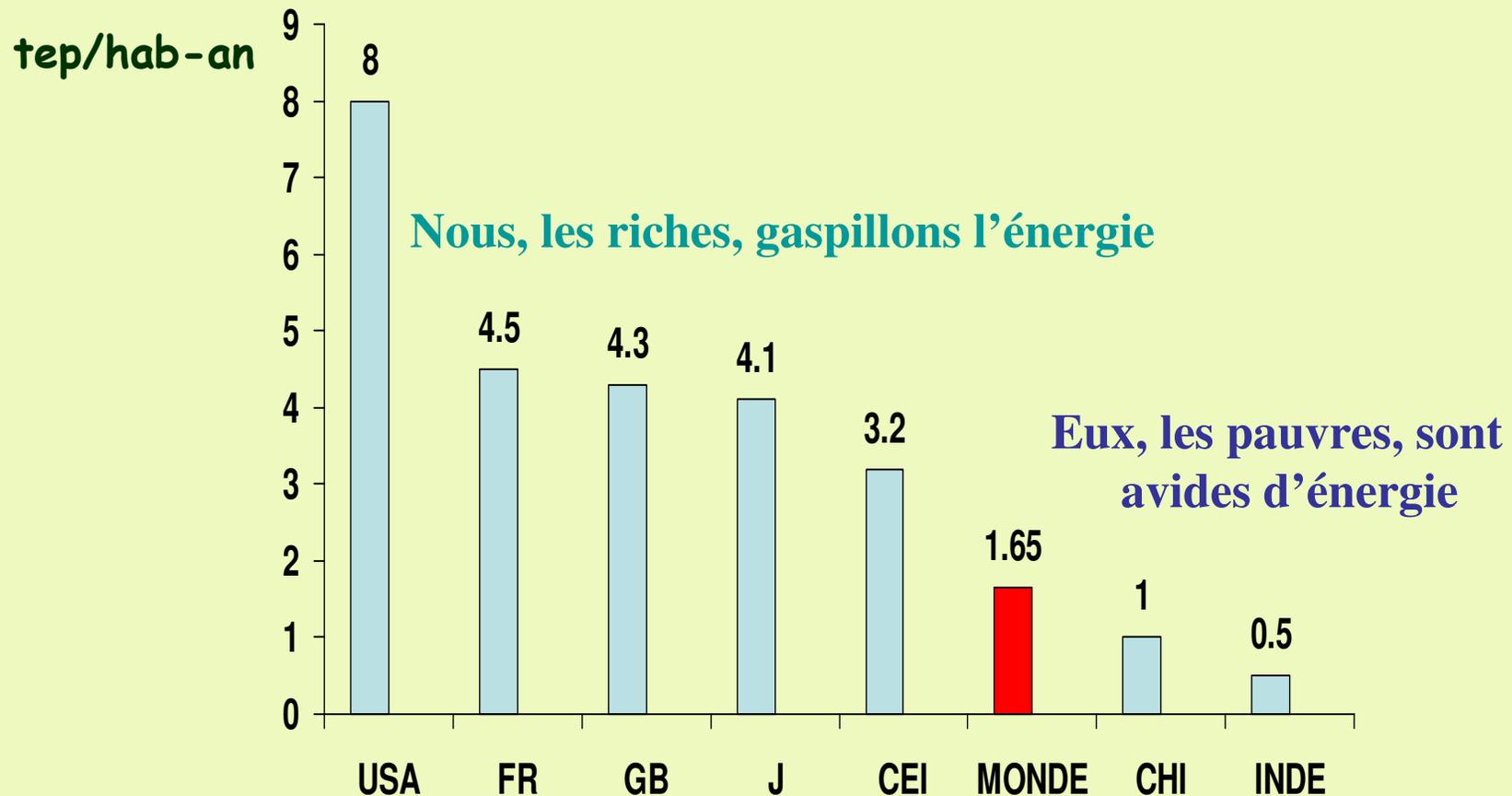
~ 10.5 Gtep/an dont ~80% d'énergies fossiles carbonées



Émissions : 8 GteqC => 30 Gt CO<sub>2</sub> /an

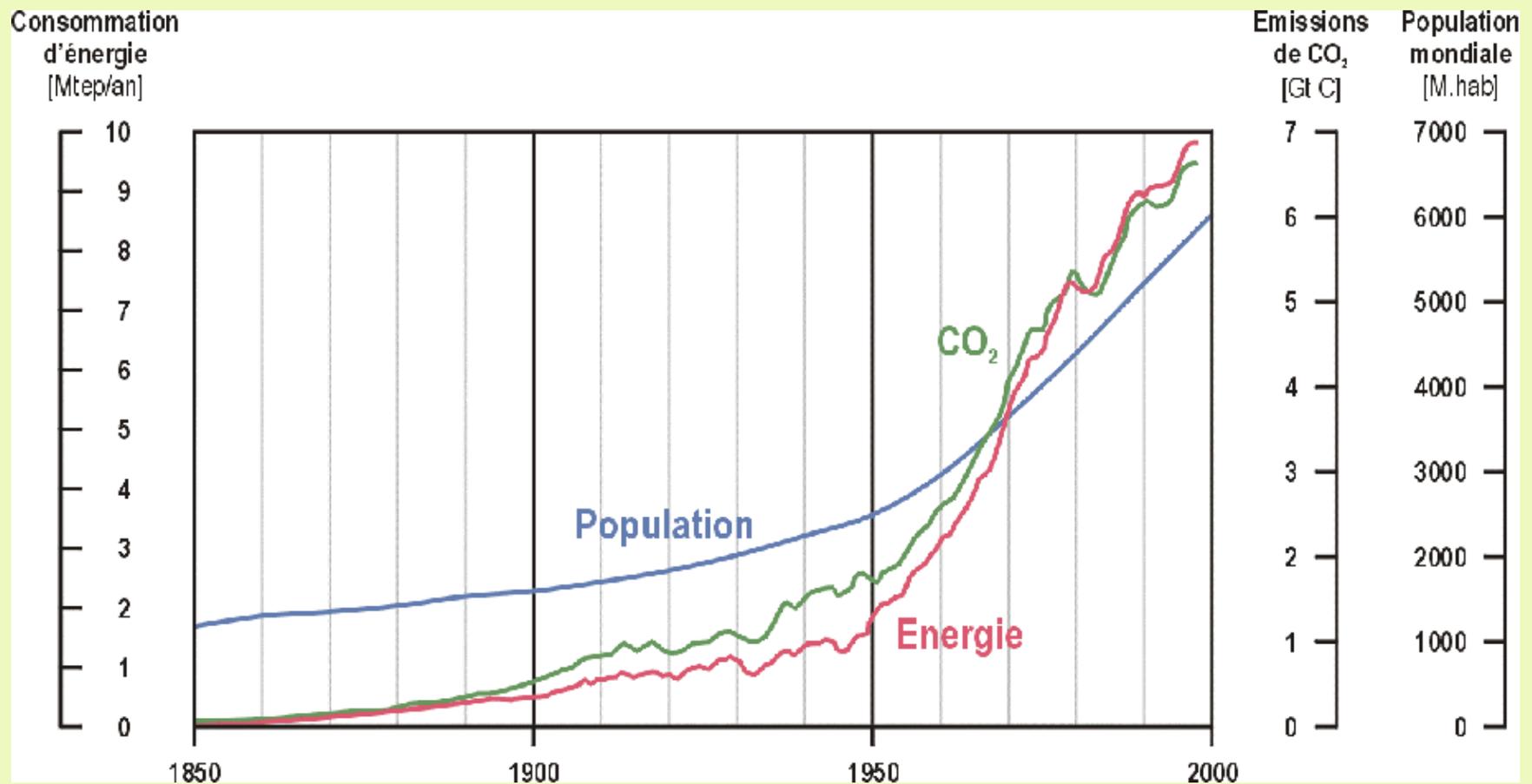
# CONSOMMATION MONDIALE D'ÉNERGIE

**Monde : ~10.5 Gtep / an**



Source: AIE 2004

La population augmente de 1.5 % / an.  
La demande en énergie augmente de 2.2 % / an  
( donc plus vite ).

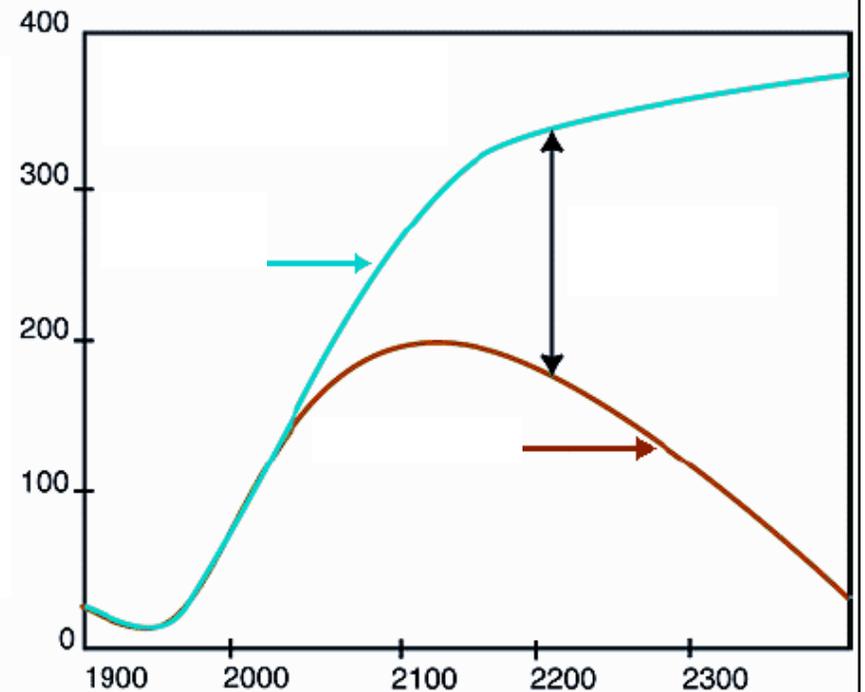
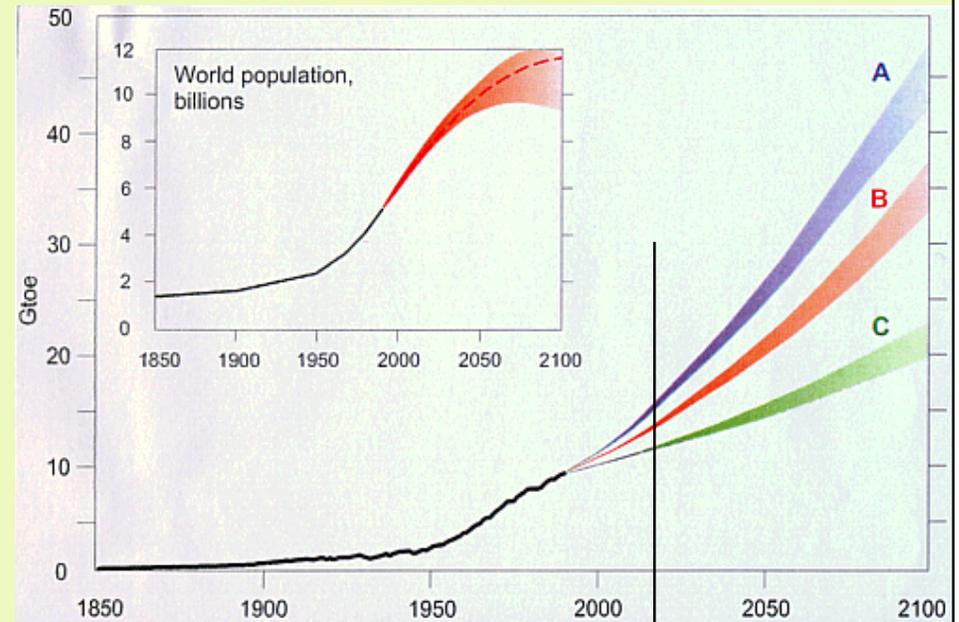


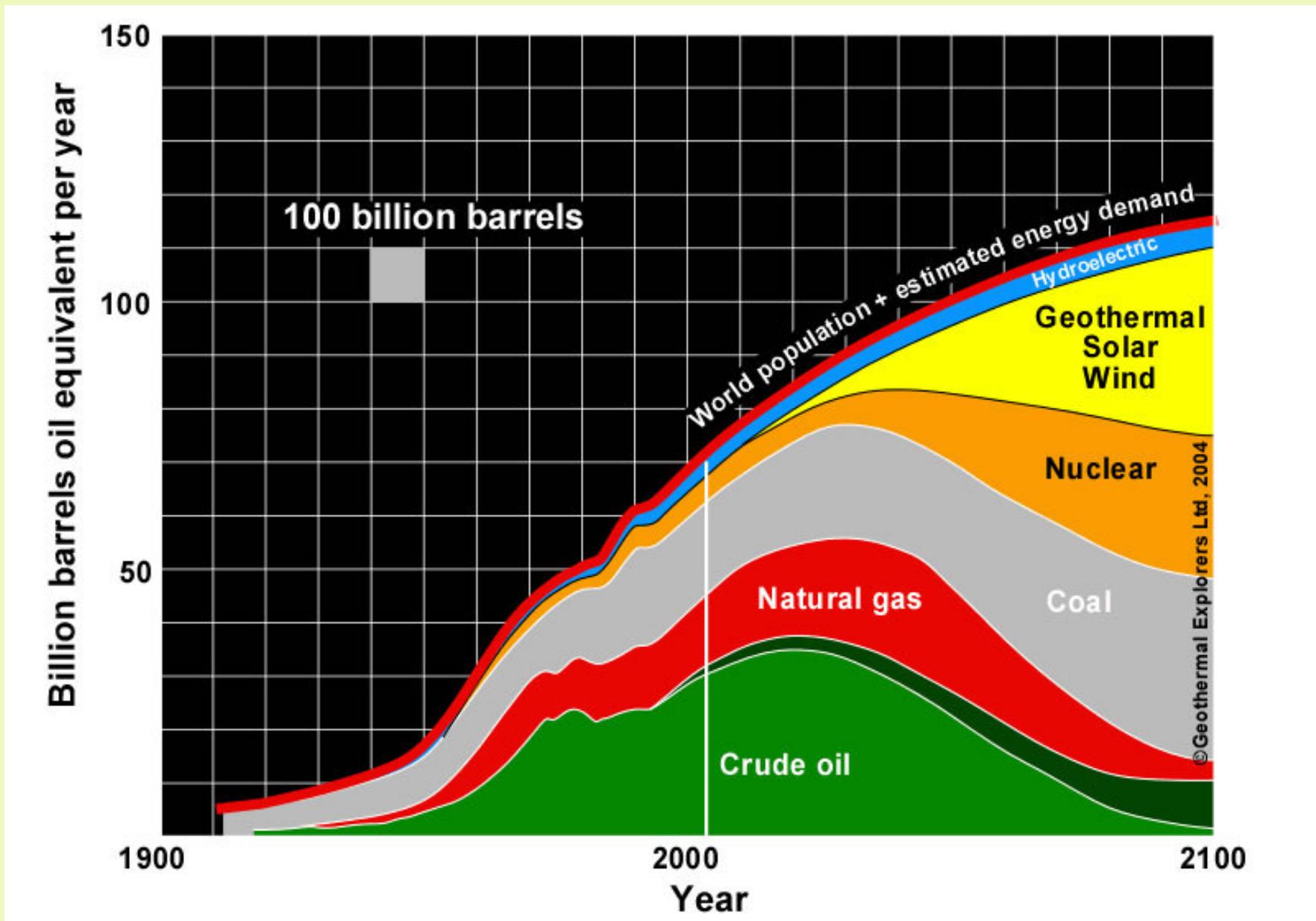
La demande en énergie augmente de 2.2 % par an

De 10.5 Gtep on passera en 2050 à :

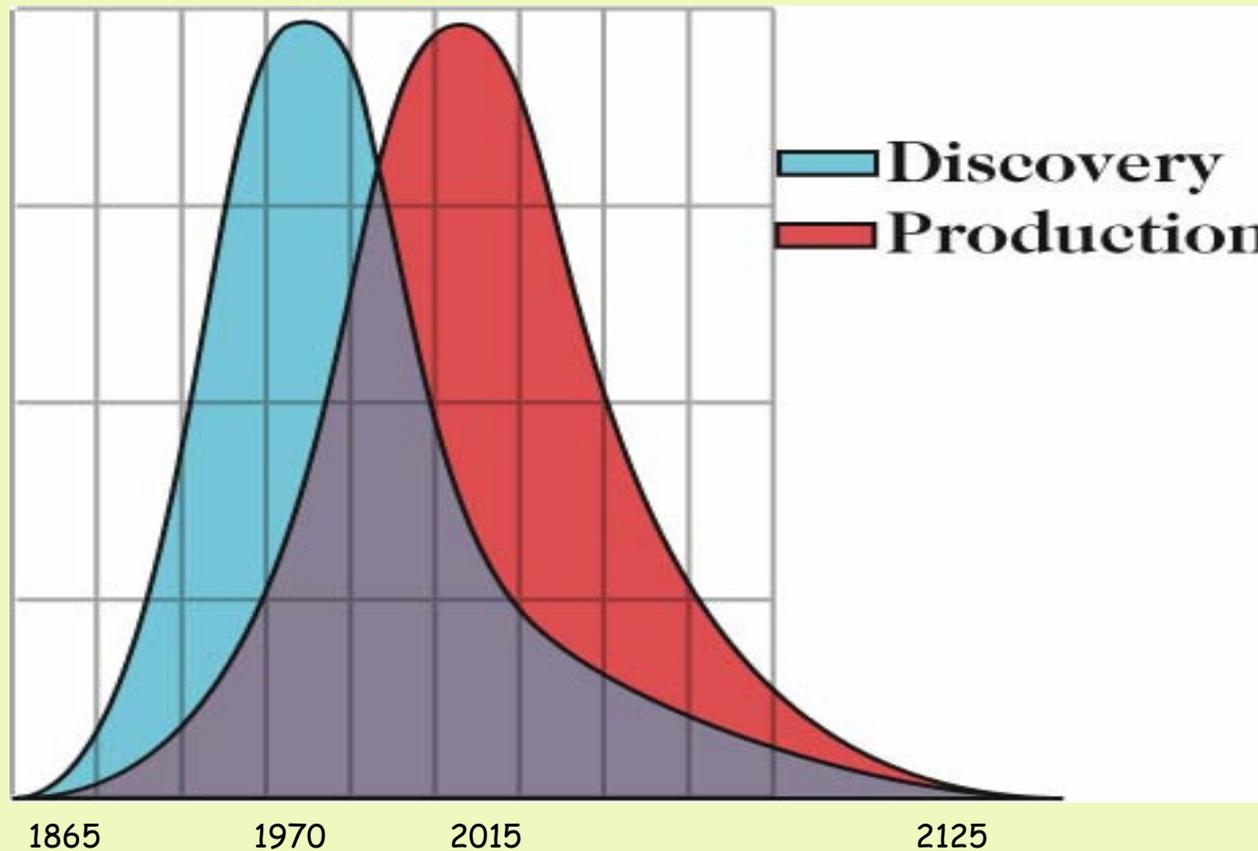
15 Gtep / an  
20 Gtep / an  
30 Gtep / an

La demande en énergie dépassera l'énergie disponible dès 2030.

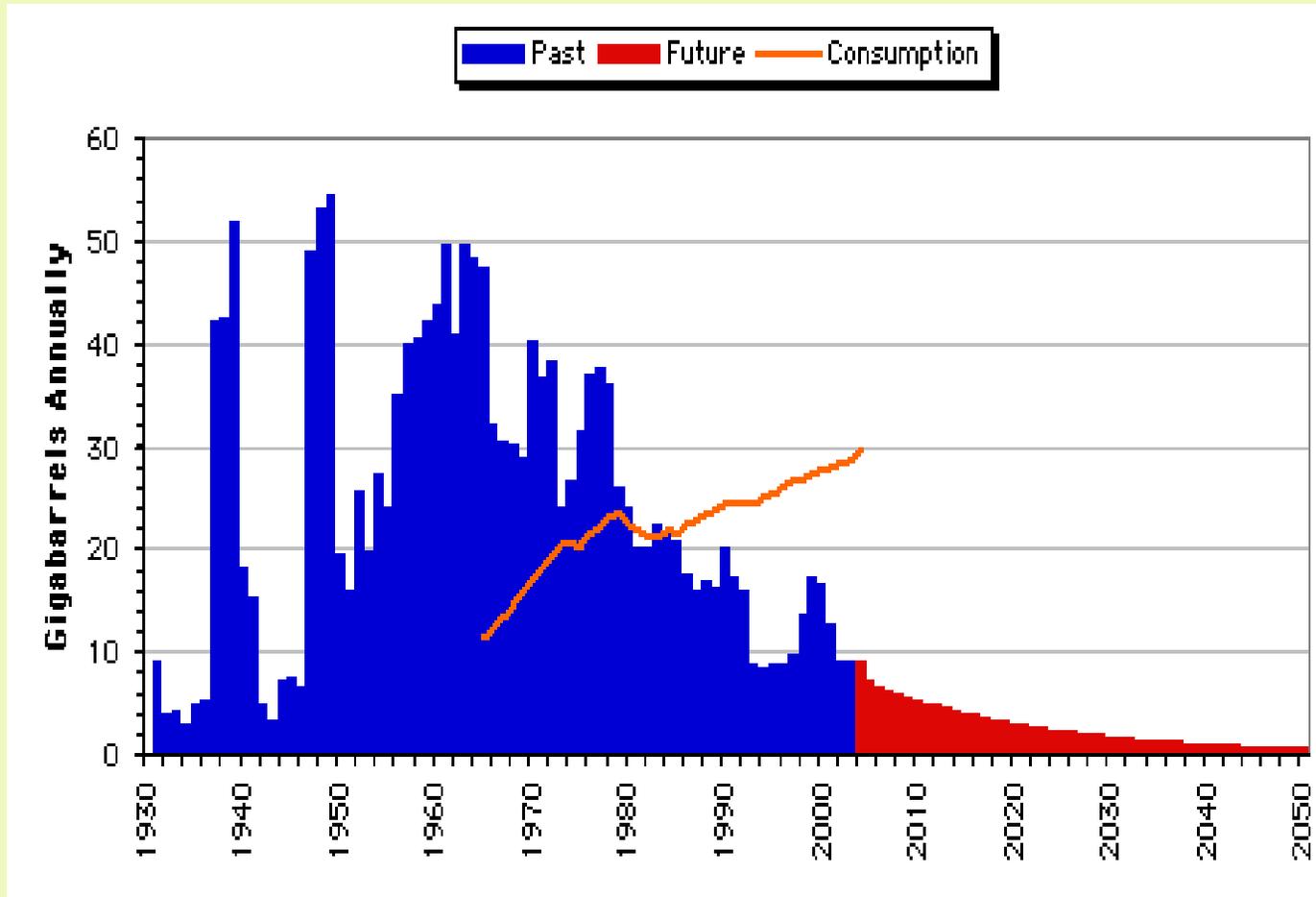




Entre pic de découvertes et pic de production  
du pétrole : ~ 35 ans



# Pétrole - Le pic des découvertes



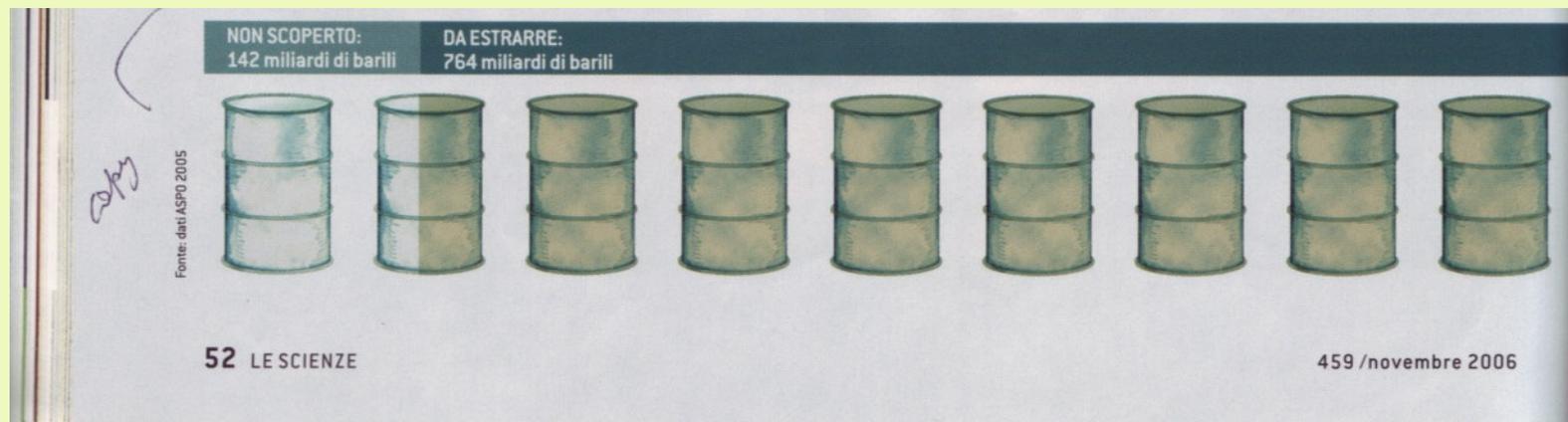
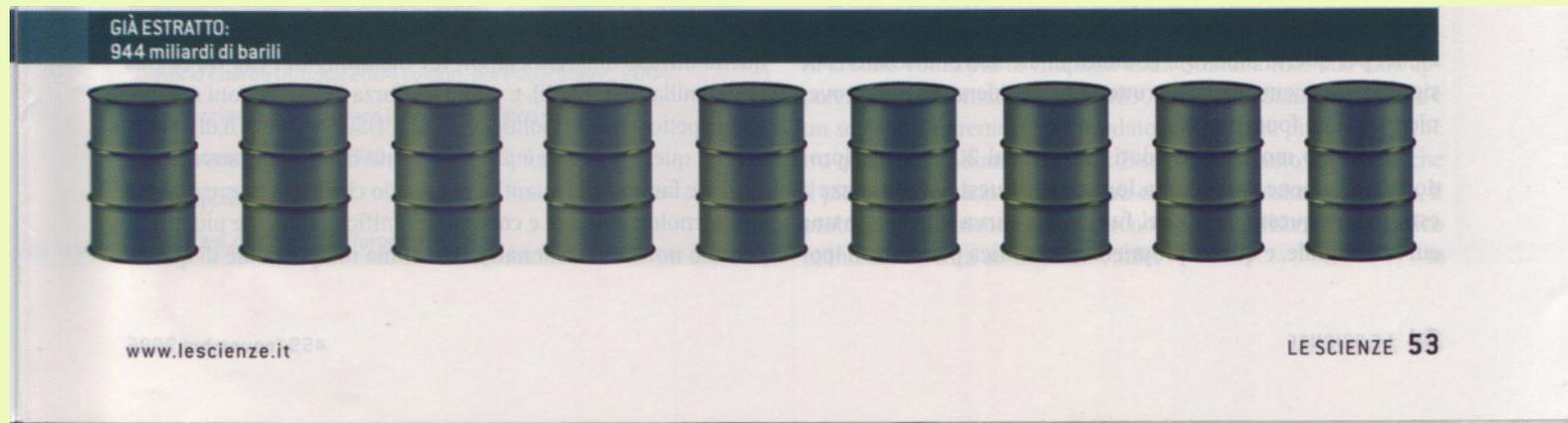
## Les pics de production...

Le pic d'extraction de combustibles sera atteint:

en	2015 ~	pour le pétrole
en	2030 ~	pour le gaz naturel
en	2050 ~	pour le charbon
en	?	pour l'Uranium

# Combien de pétrole ?

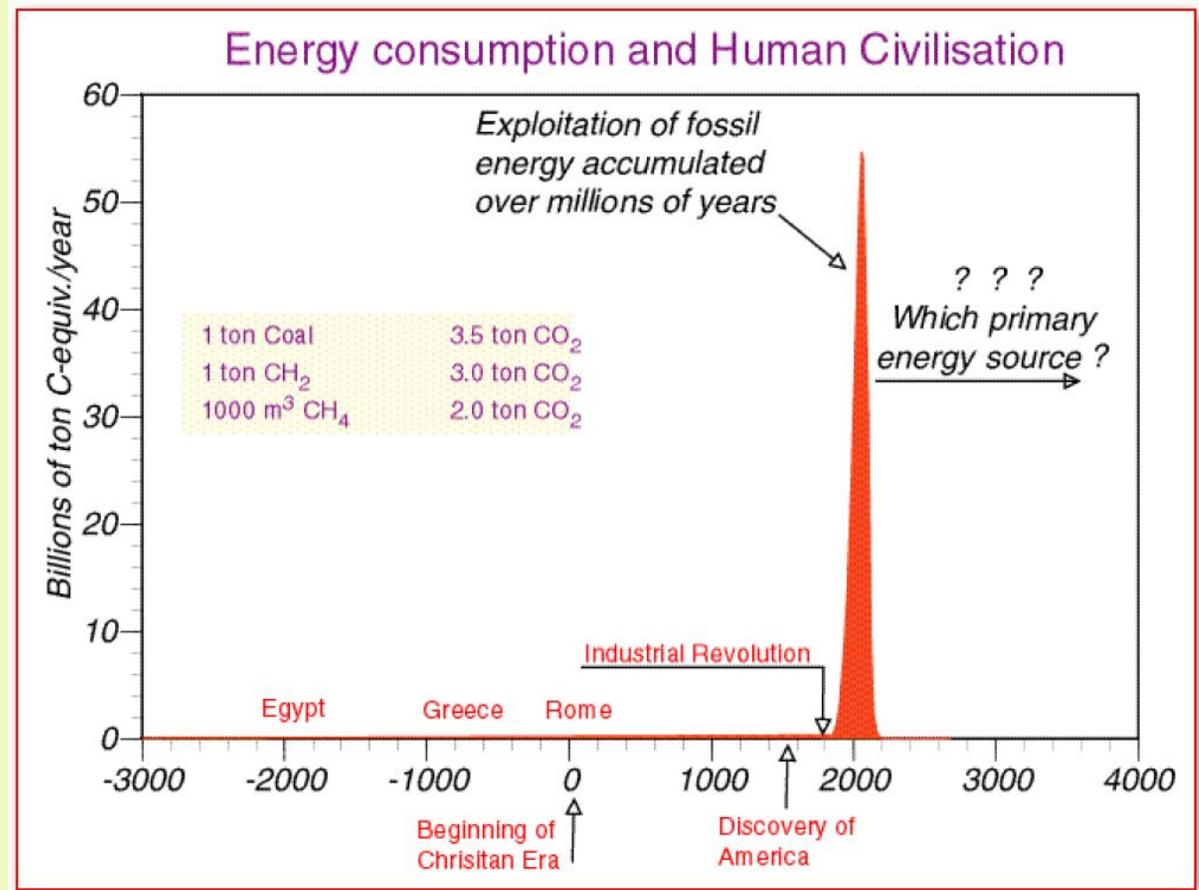
Déjà extrait : 944 milliards de barils



# La fin du pétrole : un évènement qui se produira une seule fois dans l'histoire de l'humanité.

L'age du pétrole durera en tout et pour tout **trois siècles**, et nous atteignons la **moitié** de cette période.

Depuis le début de l'industrie pétrolière, en 1859, jusqu'à la fin 2005, aux prémices du déclin, cette industrie aura été caractérisée par la **surproduction\*\***.



\*\* Jusqu'ici le bas prix du pétrole n'a pas incité à chercher des alternatives.

# Consommation et ressources

% de la demande annuelle	Combustible	Réserves disponibles	Consommation annuelle	Années d'utilisation <u>au</u> <u>taux actuel</u> <u>de</u> <u>consommation</u>
38 %	Pétrole	130 Gt	3.8 Gt	35
21 %	Gaz naturel	120 Gt	2.2 Gt	55
21 %	Charbon	1000 Gt	2.2 Gt	400
7 %	Uranium	2-5 Mt	0.05 Mt	40-100* 2400-3000**

\* Réacteurs de fission conventionnels

\*\* Réacteurs de fission avancés (IVème génération)

[ M = 1 million, G = 1 milliard ]

# Pétrochimie

Une brosse à dents est faite à 100% de pétrole.

Mais aussi :

Pneumatiques, chambres à air, bitume et macadam, pièces de carrosserie, huiles lubrifiantes,

Pesticides et engrais, emballages plastiques (la chaîne alimentaire consomme 10 x l'énergie obtenue), chewing-gum...

Moquettes en Nylon, bateaux, téflon, CD et DVDs, Néoprène, joints, engins de sport, Gore-Tex, Lycra, détergents, rouge à lèvres...

# Les défis...

Il est impératif de réduire la consommation d'énergie, afin de :

Prolonger la vie des réserves énergétiques, le temps de mettre en place des solutions de rechange - il en va aussi de la paix dans le monde.

Réduire (ou ne pas augmenter) les émissions de  $CO_2$  - il en va de la stabilité du climat terrestre.

2) C'est au pays développés qu'il revient de réduire leur consommation, parce que :

Avec 20 % de la population ils consomment 50 % de l'énergie annuelle.

Eux seuls ont la technologie pour le faire.

On ne peut pas demander aux pays qui essaient de sortir de la pauvreté de réduire "leur" consommation.

Les plus riches seront les premiers à souffrir d'une pénurie d'énergie.

## L'effet de serre...

est un phénomène naturel, bénéfique, qui maintient la surface de la Terre à une température moyenne de

**+ 15°C**

au lieu de **-18°C**

soit un bonus de 33°C !

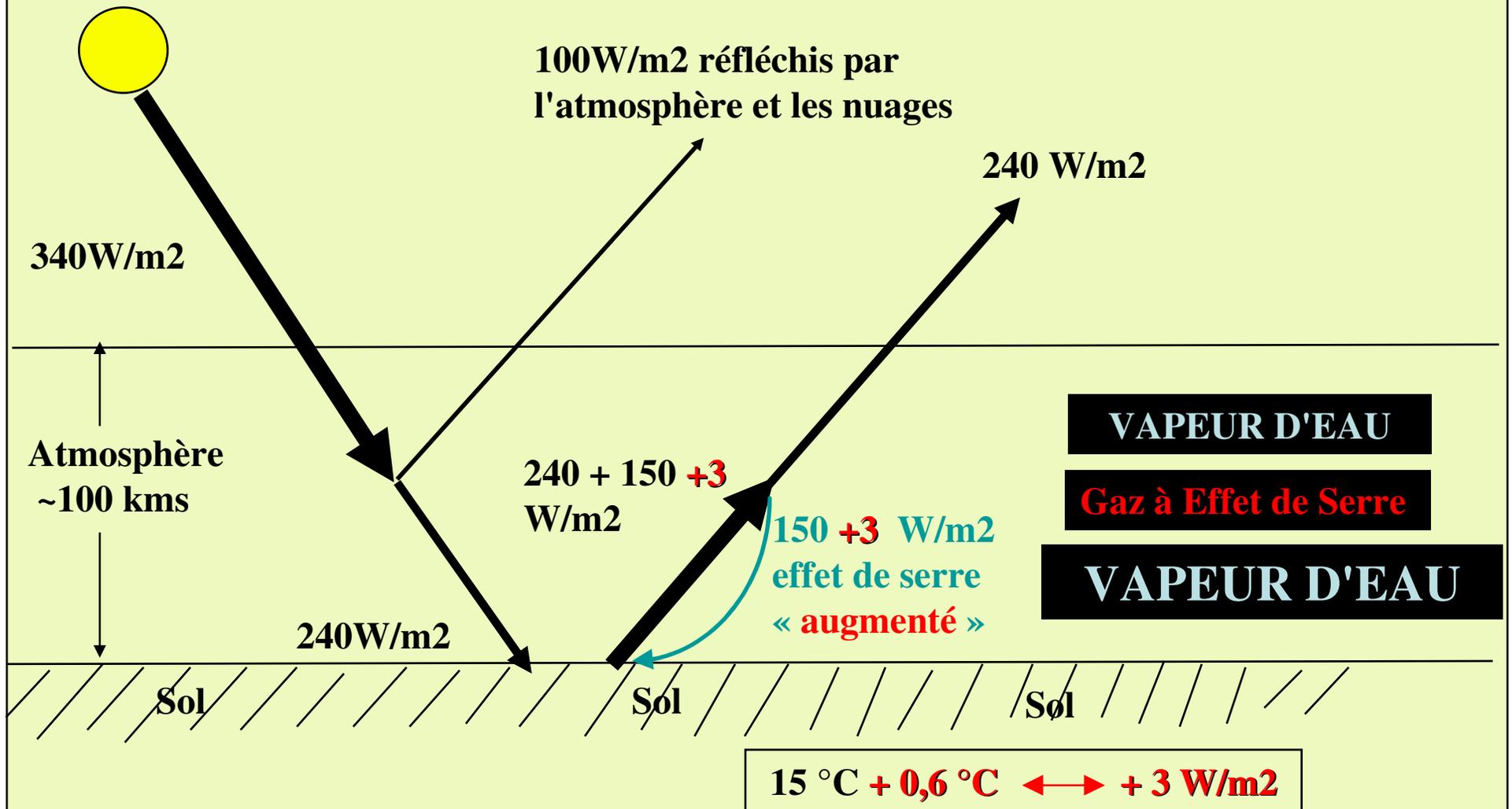


Phénomène dû principalement à la **vapeur d'eau**, et à quelques gaz à effet de serre (g.e.s) :

- Gaz carbonique **CO<sub>2</sub>**
- Méthane **CH<sub>4</sub>**

et autres, en petite concentration.

# Bilan radiatif de la Terre Moyenne annuelle



# Les gaz à effet de serre - résumé

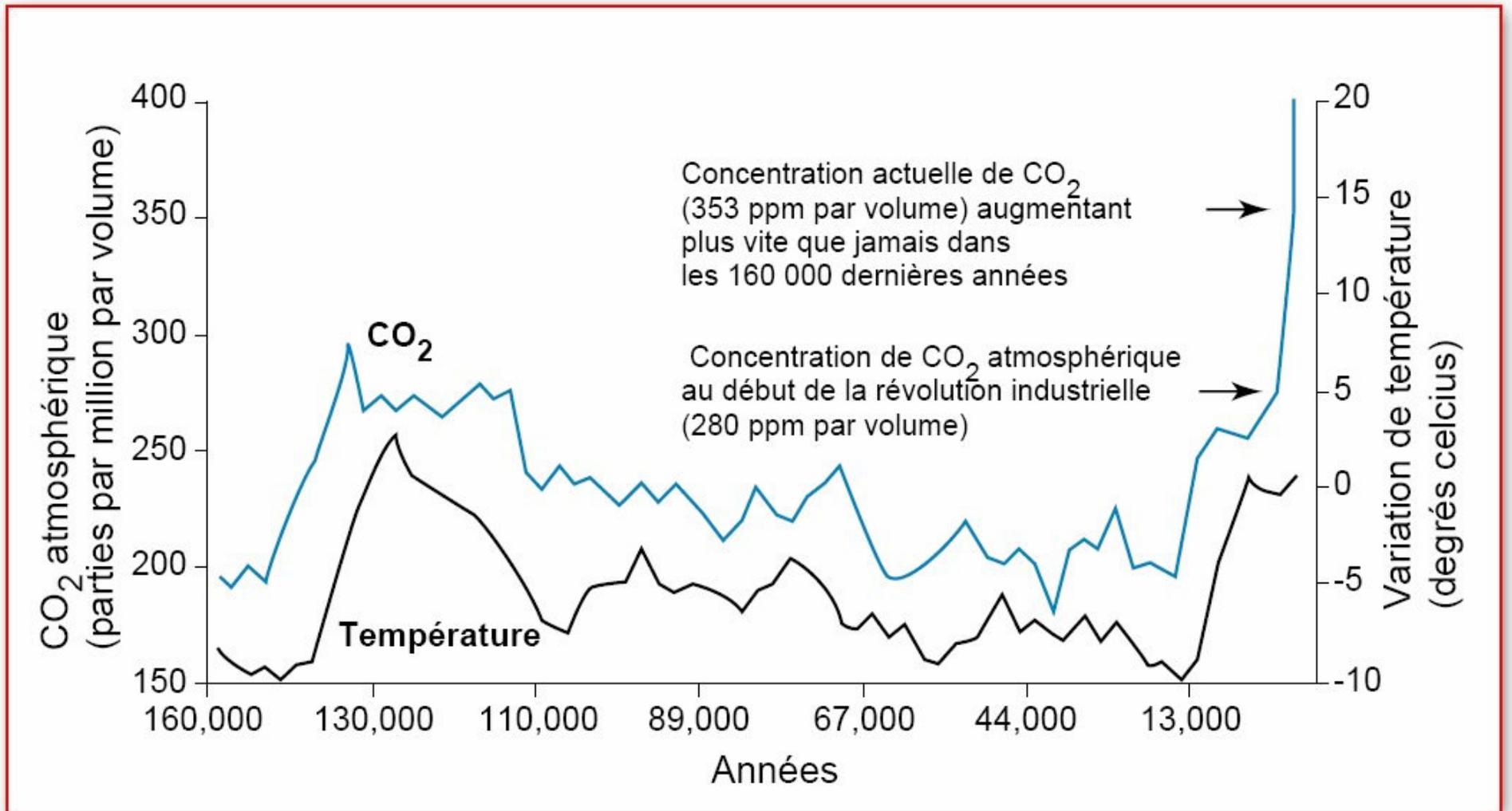
S'il n'y avait pas d'effet de serre la température moyenne de la terre serait à  $-18^{\circ}\text{C}$  alors qu'elle de  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Depuis le début de l'ère pré-industrielle l'effet de serre a augmenté de  $2,45 \text{ W/m}^2$ , soit 1%. C'est peu, mais c'est probablement la cause de  $0,6^{\circ}\text{C}$  de hausse des températures.

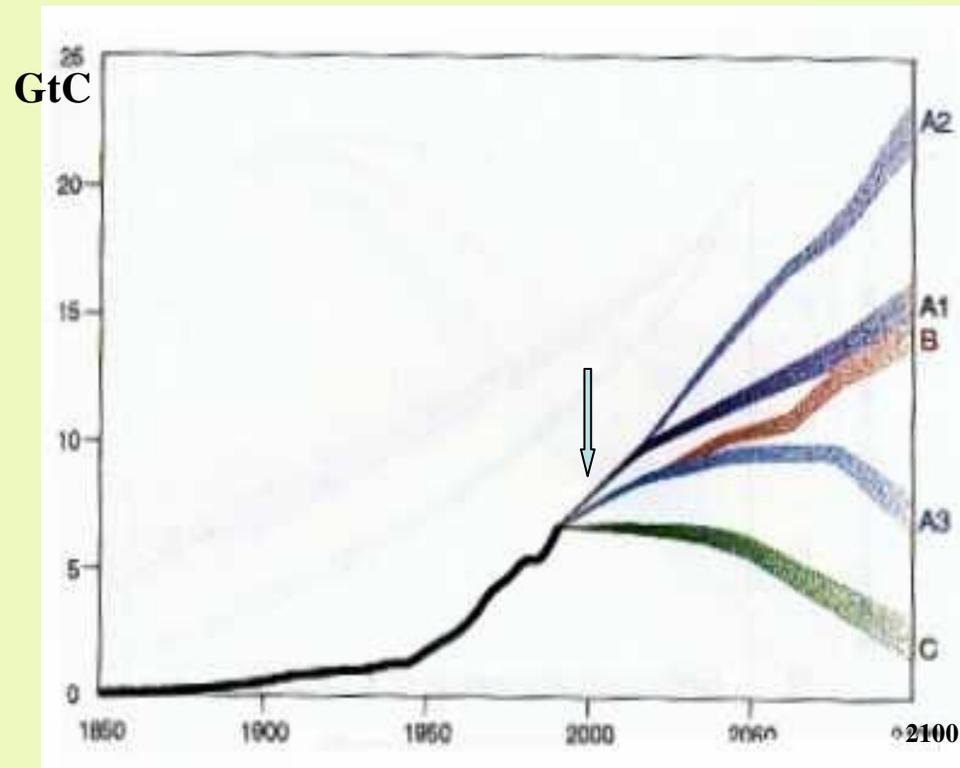
Selon les scénarios de consommations d'énergie et les modèles de prévision, la hausse des températures pourrait atteindre 2 à  $6^{\circ}\text{C}$  d'ici la fin du siècle.

Les "experts" ont fixé assez arbitrairement le seuil de dangerosité du  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère à 450 ppm. Et au delà ?

# CO<sub>2</sub> et température vont de pair...



# Les rejets mondiaux de CO<sub>2</sub>

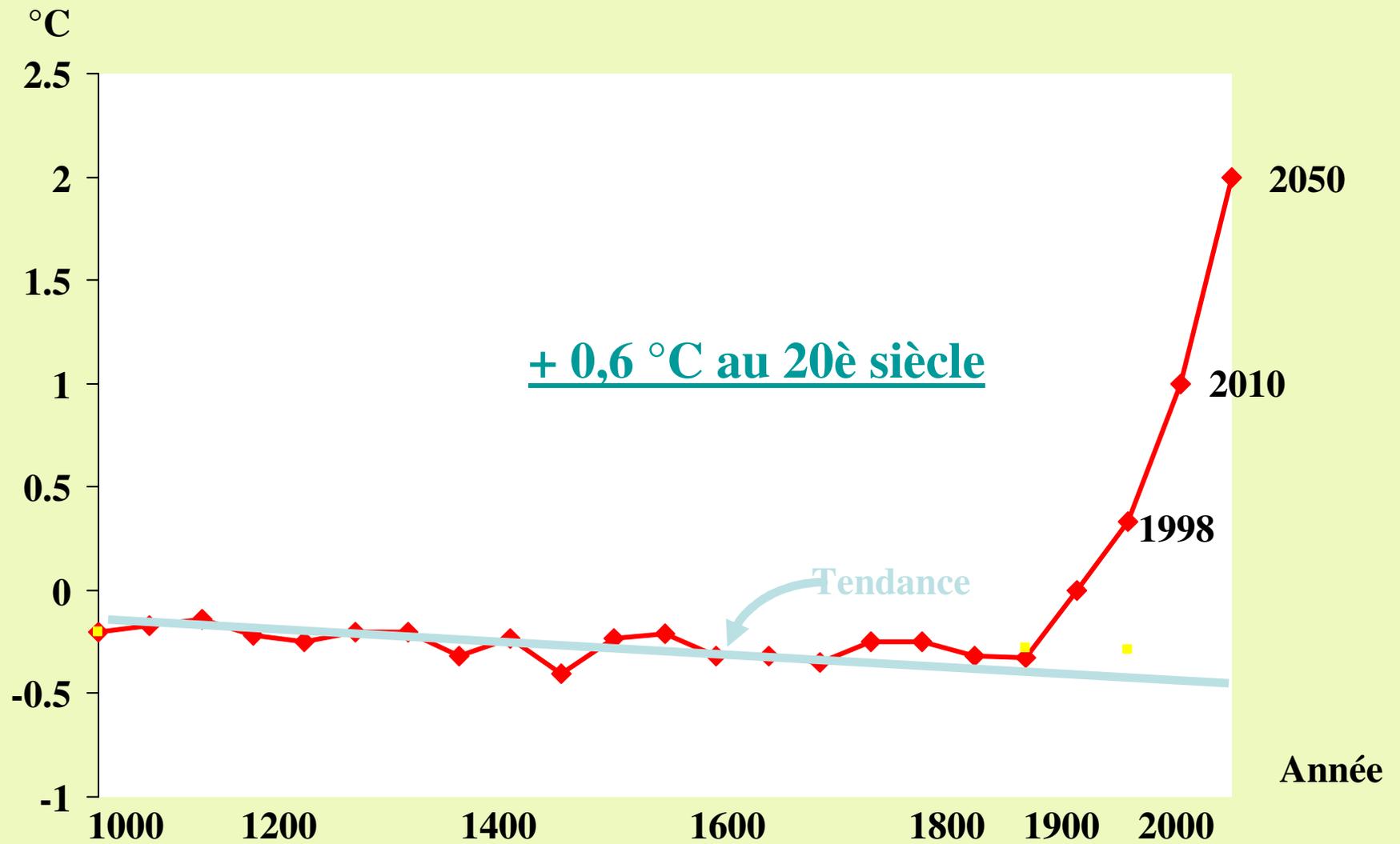


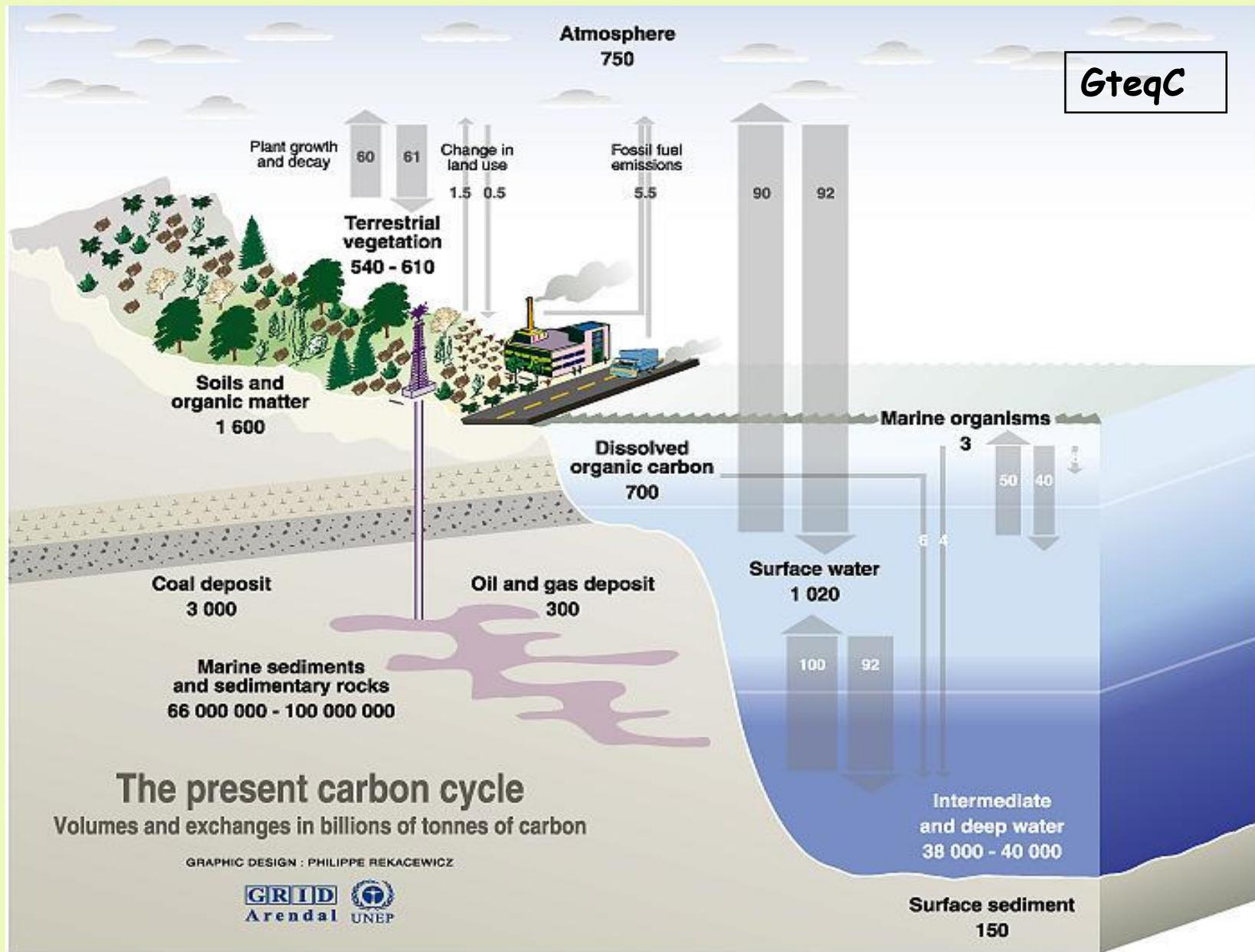
*Pour limiter le réchauffement à 2 °C, il faut amener les rejets à 5 GtC d'ici 2050 et 3 ou 4 d'ici 2100*



*On est pas très doués pour les prévisions !*

# Anomalie des températures





Sources: Center for climatic research, Institute for environmental studies, university of Wisconsin at Madison; Okanagan university college in Canada, Department of geography; World Watch, November-December 1998; Climate change 1995, The science of climate change, contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge press university, 1996.

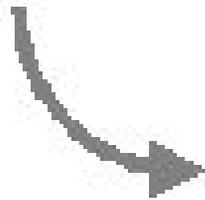
# ONF

REJETS

déforestation  
1,5 Gt/an



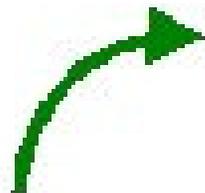
énergie fossile  
5 Gt/an



végétation  
1,5 Gt/an



océan  
2 à 3 Gt/an



FIXATION

excédent  
atmosphérique :  
2 à 3 Gt

# Séquestration du CO<sub>2</sub>

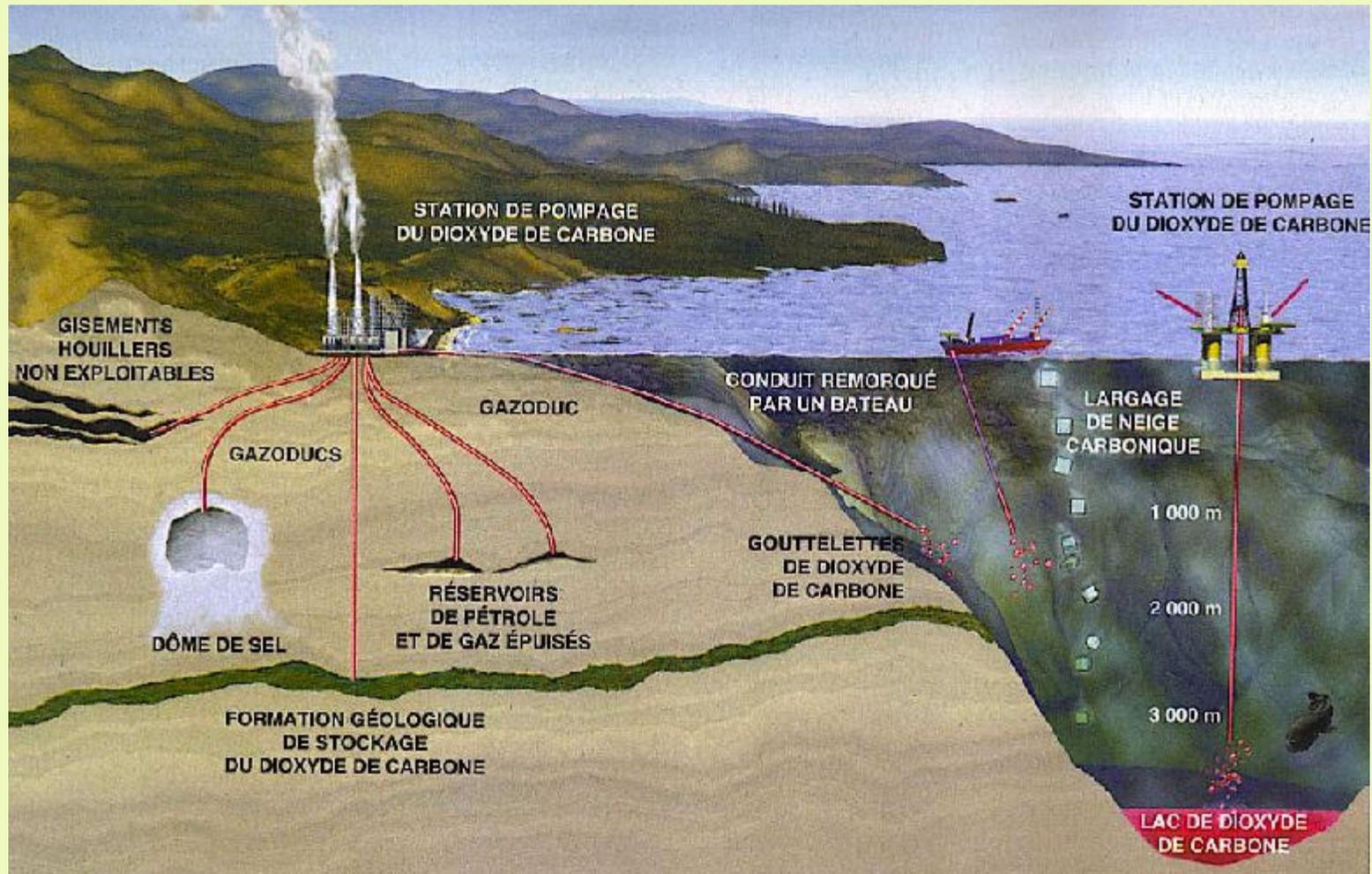


Diagramme illustrant les diverses possibilités théoriques de séquestration.  
"Station de pompage" ne signifie pas "station d'épuration de l'atmosphère" !  
Il s'agit juste d'un endroit où le CO<sub>2</sub> est injecté en sous-sol.

## *Scénario* pour les sources d'énergie en 2050

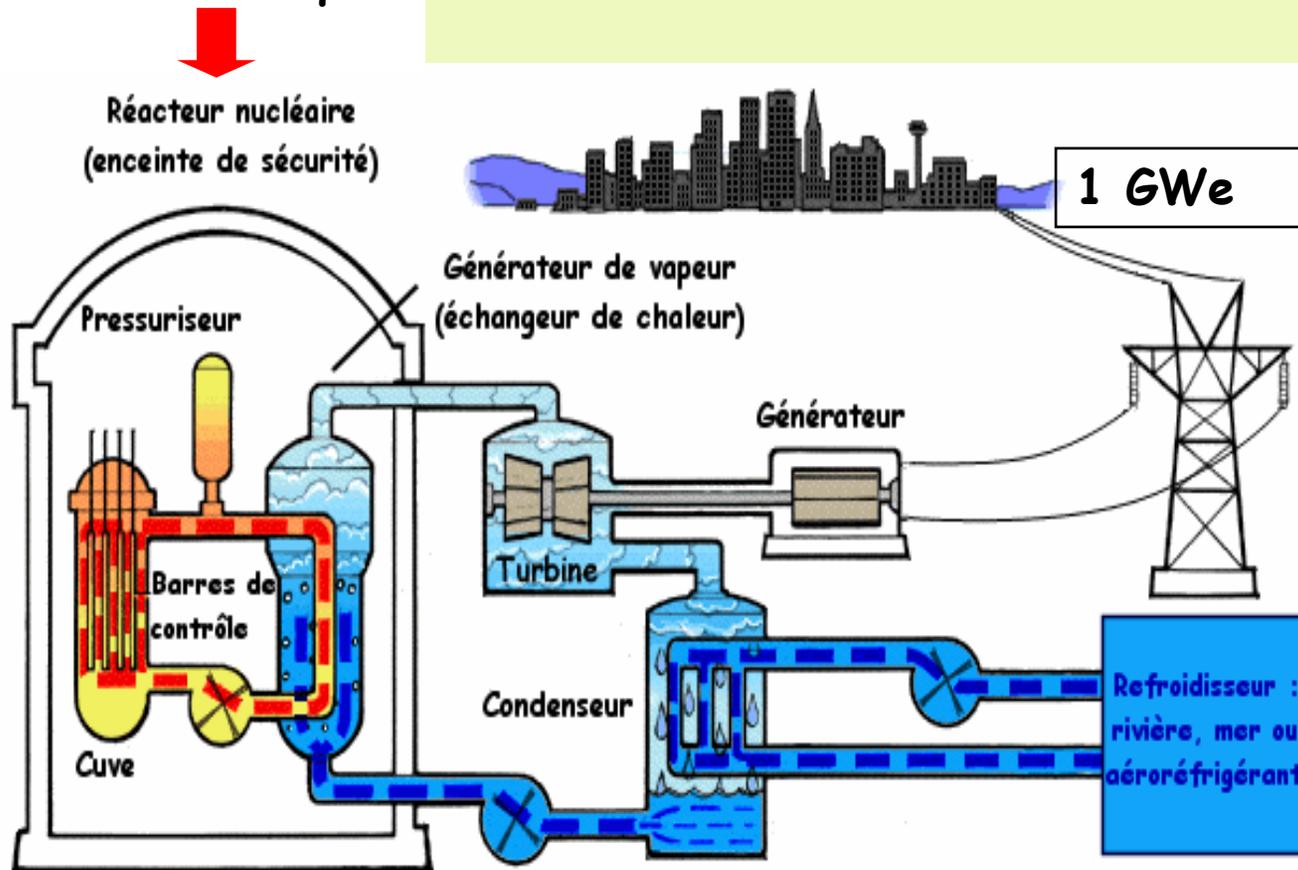
Énergie primaire en Gtep (*)	2000	2050
Fossiles	7,5	7,5
Hydraulique	0,7	1,4
Bois traditionnel	1,2	1,1
Nouveaux renouvelables	0,2	5,2
Nucléaire	0,6	5,2
<b>Total</b>	<b>10,2</b>	<b>20,4</b>

Demande énergétique mondiale supposée en 2050 (\*) - Gtep = milliards de tonnes équivalent pétrole ;

# Le réacteur PWR (le modèle le plus utilisé en France)

Deux circuits d'eau : primaire (155 bar et 345 °C) et Secondaire : vapeur => turbine/génératrice => condenseur

**3 GW thermiques**



# Que faut-il pour alimenter 1 centrale nucléaire PWR ?

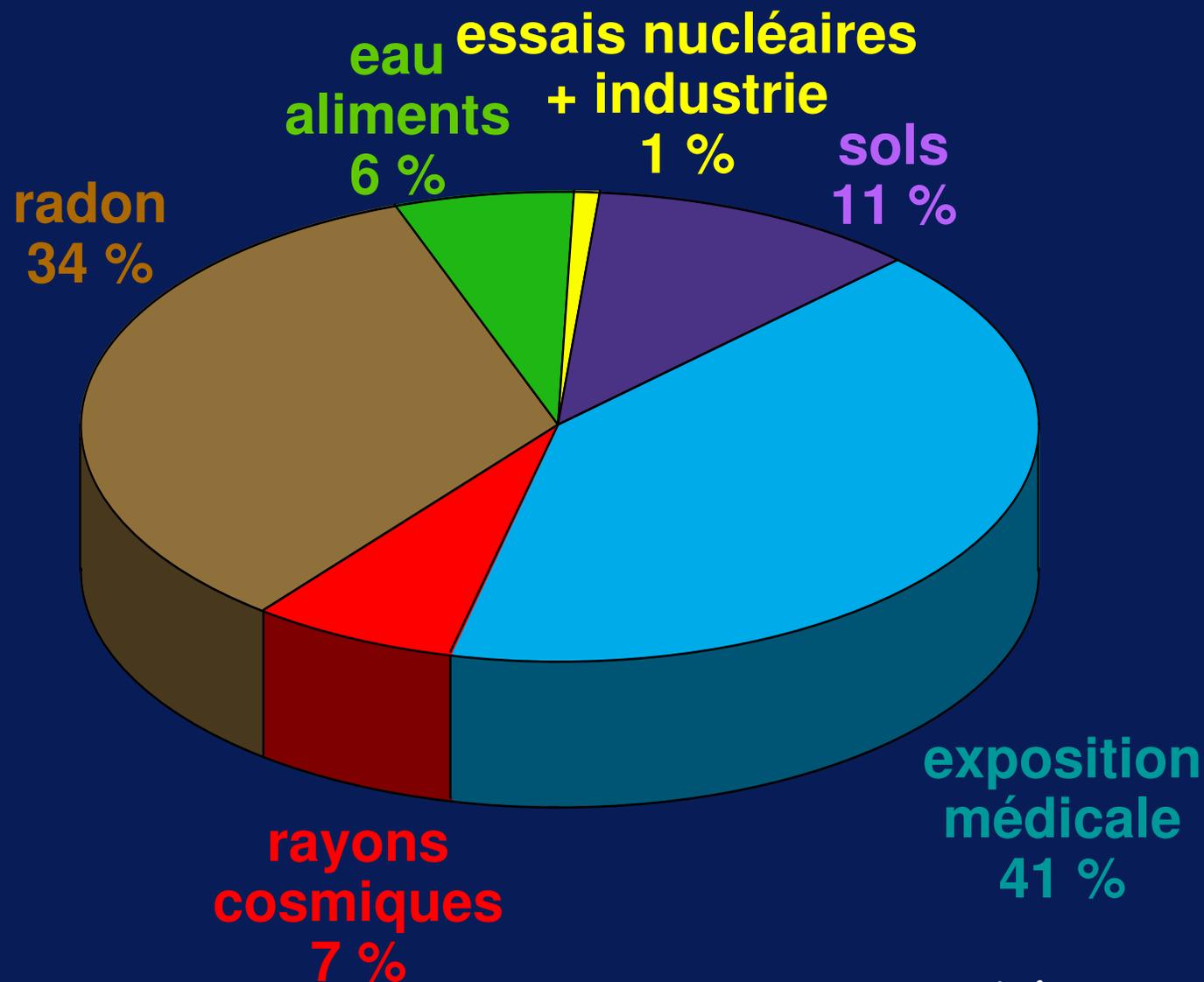
120 tonnes d'Uranium naturel  
(97.3% de U-238, 0.7% de U-235) →

**22 tonnes d'Uranium enrichi (recharge)**  
(3.5% de U-235) →

~ 1 tonne de U-235 brûlé en 20 mois, et...

22 tonnes de déchets radioactifs.

# irradiation naturelle et médicale



# Consommation d'énergie en France

	Primaire (Mtep)	Secondaire (Mtep)	%
Pétrole	94.7	85.8	48.7
Gaz naturel	40.8	37.2	21.2
Charbon	13.5	6.2	3.6
Prod. Nucléaire	117.7	36.4	20.6
Én. renouvelables et déchets	17.5	10.5	5.9
<i>Total</i>	<i>284.2</i>	<i>176.2</i>	

Par habitant : ~ 4.5 tep/an, ou 6000 W  
dont électricité : 1000 W

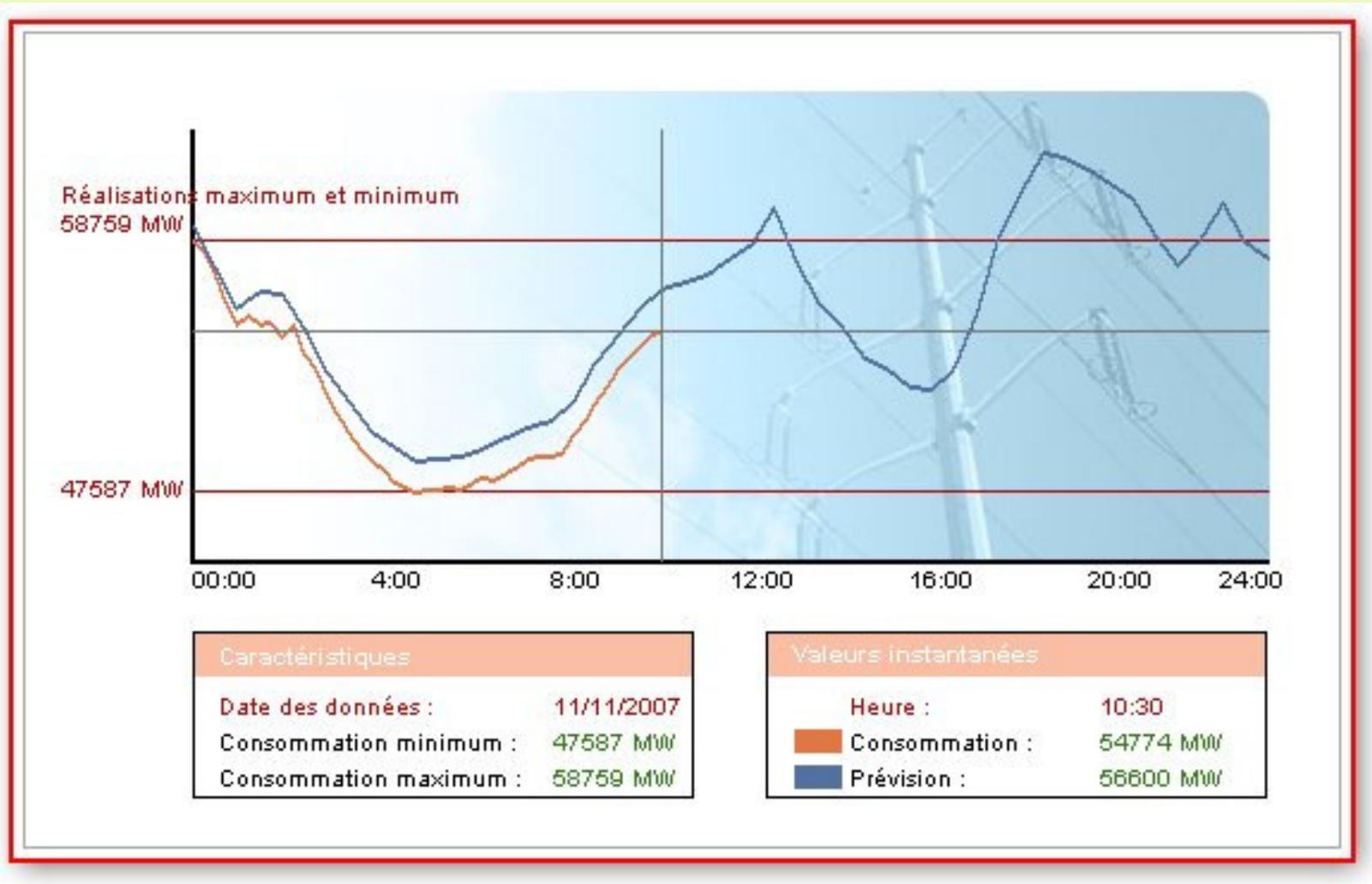
## Production EdF 2006

	TWh	%	GW.an
Nucléaire	424	78 %	49
Thermique	54	10 %	6
Hydroélectrique	61	11 %	7
Renouvelables	5.6	1 %	0.6
<i>Total</i>	<i>550</i>		<i>62.6</i>

Part de l'électricité dans la demande d'énergie : ~18 %

Gains : 1 MW  $\Leftrightarrow$  0.5 M€

# RTE gestion du réseau de distribution électrique



## Sources d'énergie renouvelables