

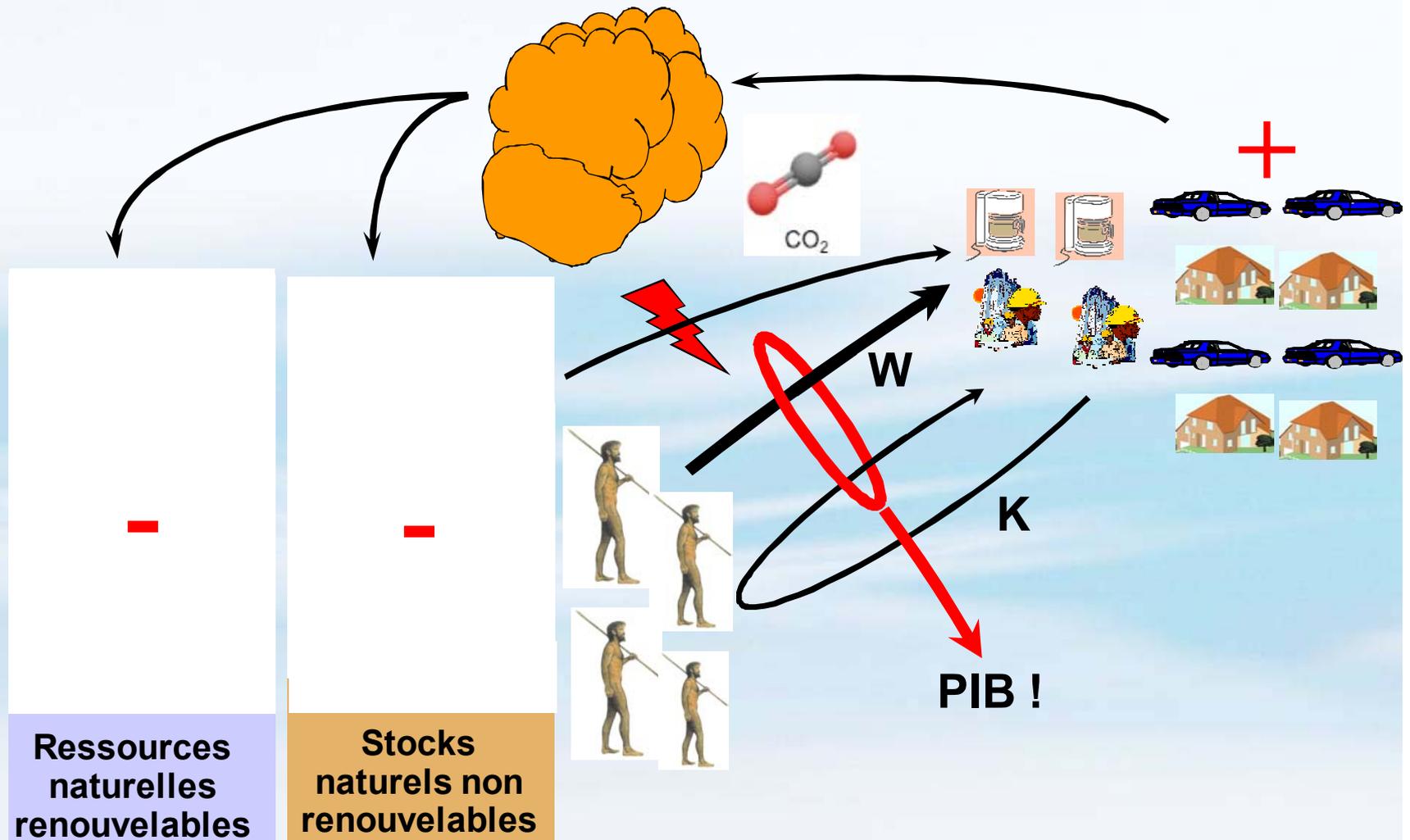
QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (LZW)
sont requis pour visionner cette image.



Energie et climat : de la coupe aux lèvres...

Jean-Marc Jancovici - 30 novembre 2009

L'économie mondiale en un clin d'œil



L'énergie, plus fort que les euros

L'énergie est là dès que le monde change :

Modification de température



Modification de la vitesse



Modification de forme



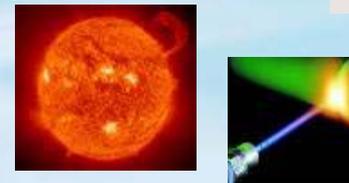
Modification de la composition chimique



Modification de la position dans un champ (magnétique, électrique, gravitationnel...)



Changement de composition atomique

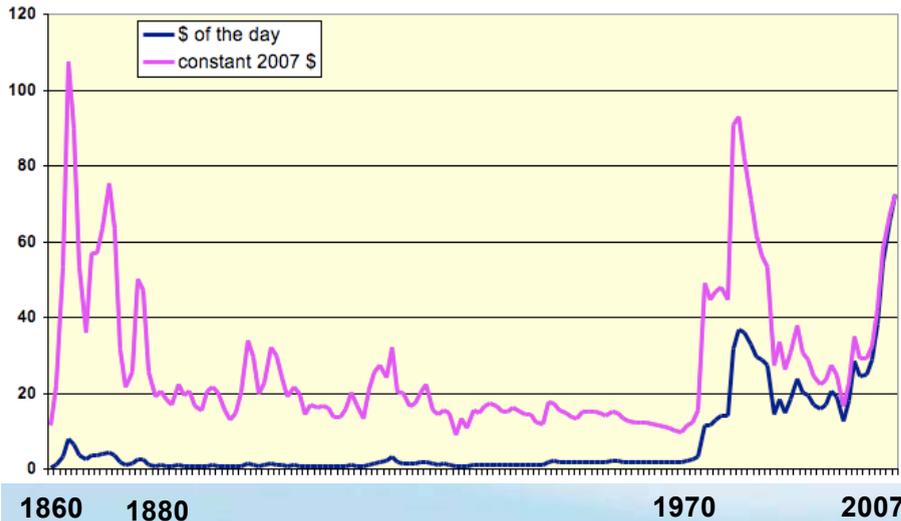


Modification de l'énergie ou du nombre de photons



L'énergie n'est donc rien d'autre que l'unité de compte de la transformation du monde qui nous entoure

Plus chère, l'énergie ? La bonne blague !

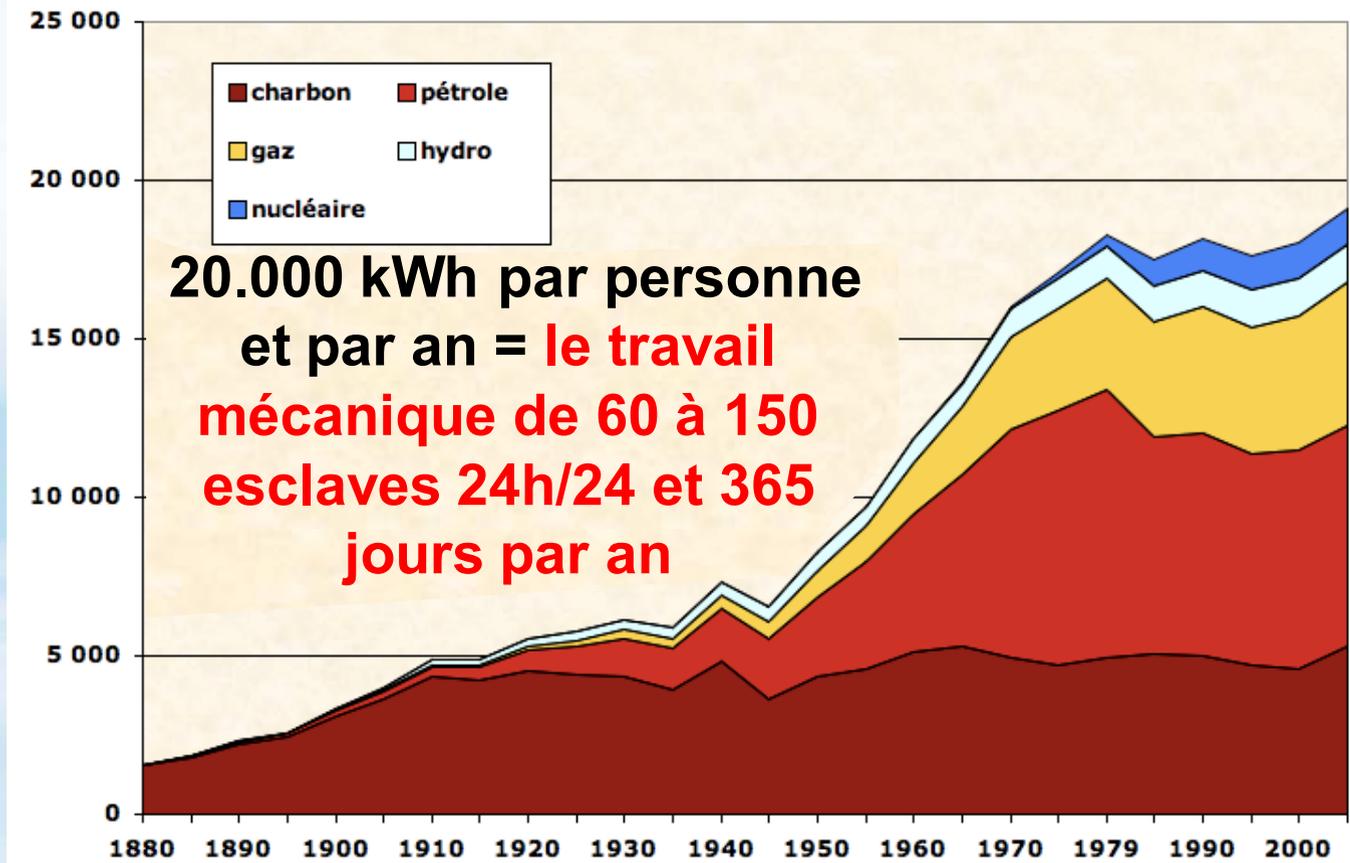


Prix du baril depuis 1861 en \$ courants et en \$ de 2007. Source BP Statistical Review, 2008



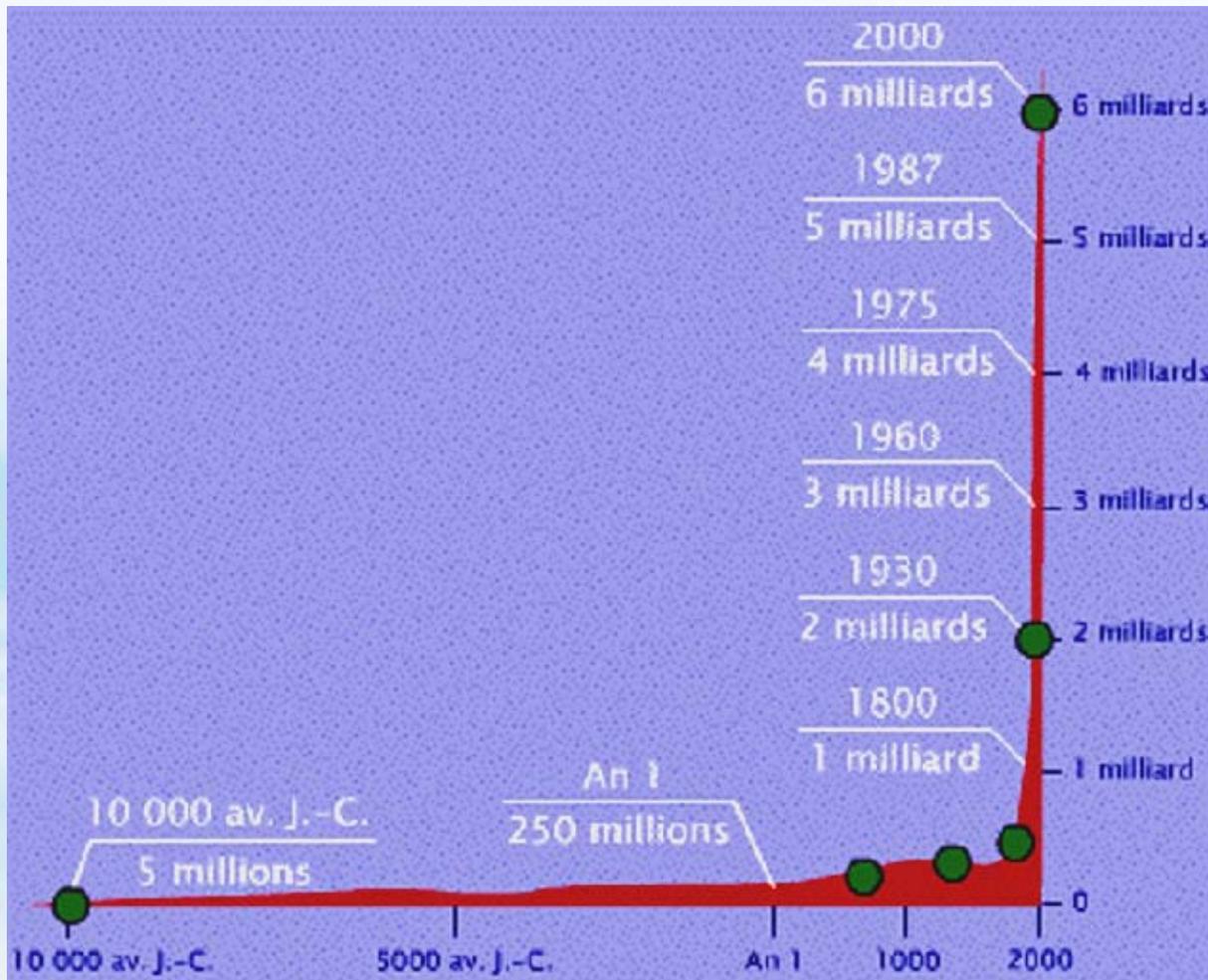
US Real GDP per Capita, 1860-2007
Source : Johnston & Williamson, "What Was the U.S. GDP Then?"
MeasuringWorth, 2008.

Il faut travailler 30 à 100 fois moins de temps pour se payer une unité d'énergie mécanique en 2000 qu'en 1850



Consommation d'énergie en kWh par habitant, moyenne mondiale, de 1880 à 2005 -
compilation de l'auteur sur sources AIE, Schilling et al., WRI.

Plus de consommateurs, aussi....



2009 : > 6,7 milliards d'hommes... and rising

Évolution démographique depuis le néolithique (découverte de l'agriculture). Source : Musée de l'Homme

Population x 1000 + énergie x 10 = croissance !!!

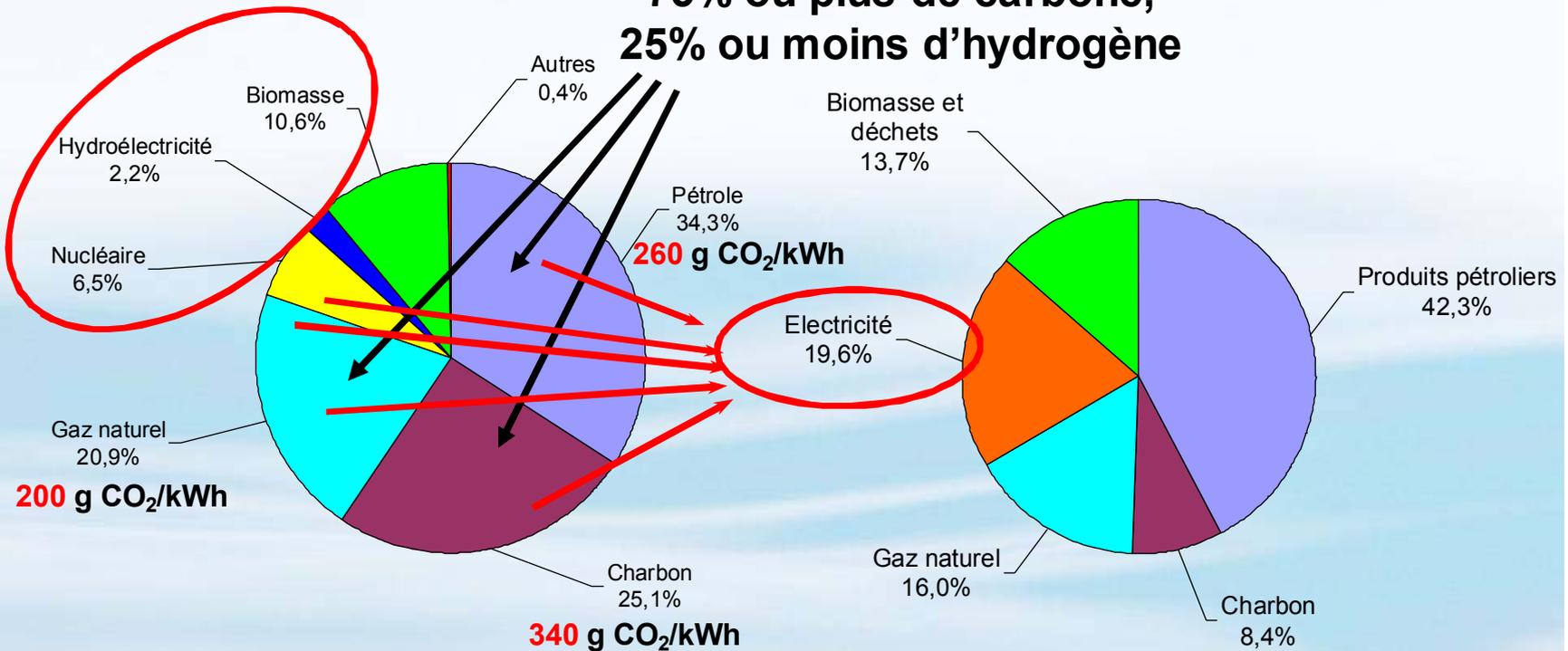
La « taille de la boîte »
(l'environnement) **est en**
train de devenir un
problème majeur

La « taille de la boîte »
(l'environnement) n'est pas
vraiment un problème



Energie primaire = carbone, ou presque

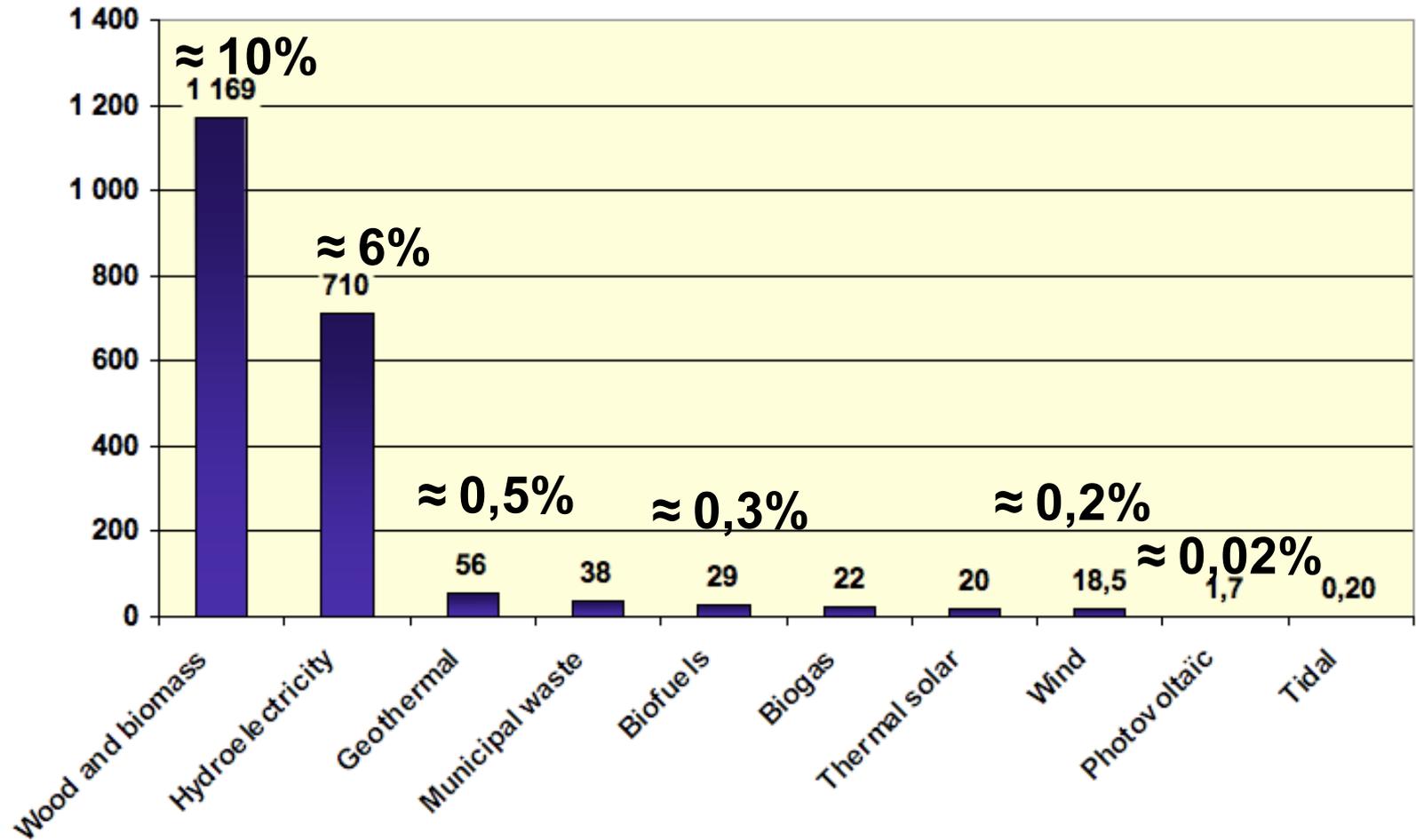
**Combustibles fossiles =
75% ou plus de carbone,
25% ou moins d'hydrogène**



11,1 Gtep_{primaire} → 7,6 Gtep_{final}

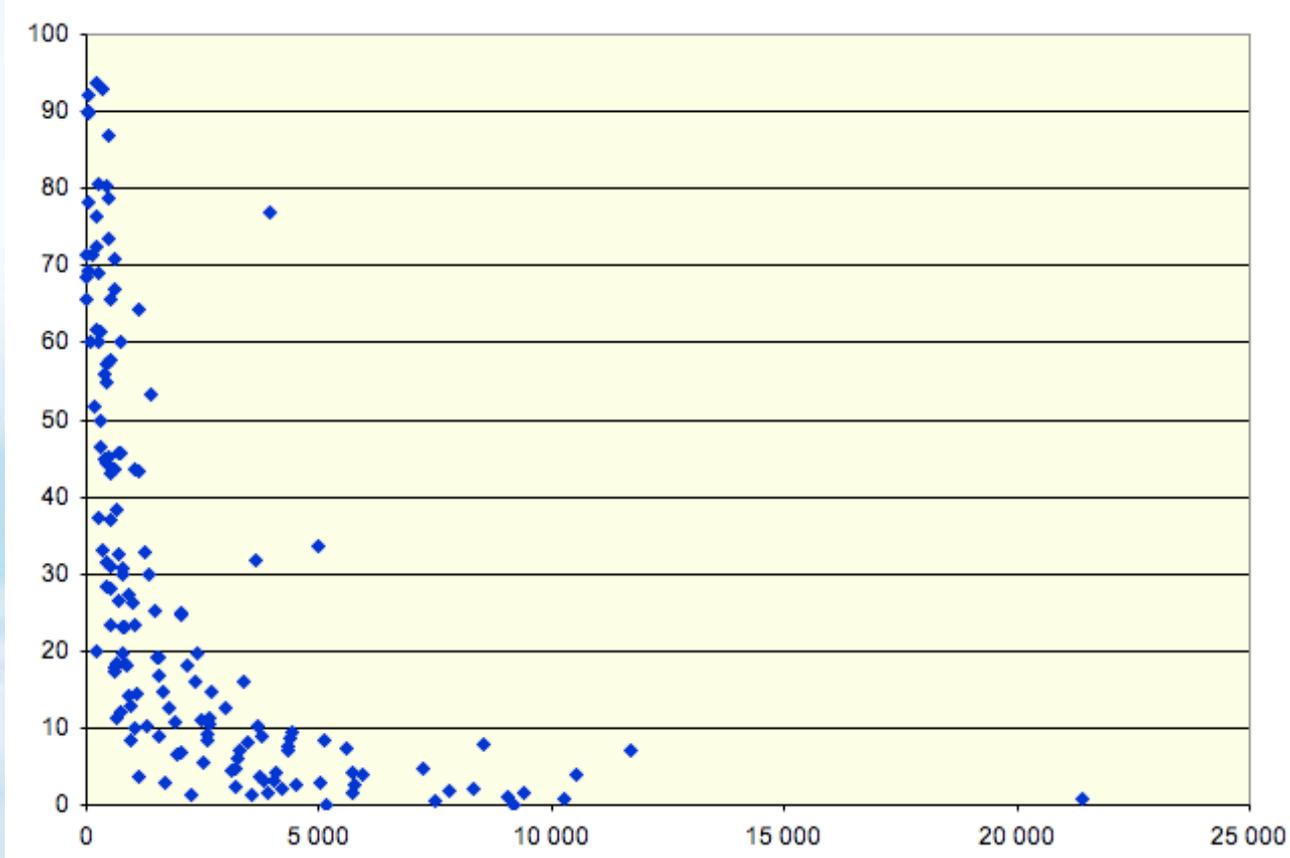
Bilan énergétique mondial en 2004 - Source : AIE 2006

Renouvelables ? Plus on cause, moins il y en a...



Contribution des énergies renouvelables au bilan énergétique mondial en 2008. Compilation de l'auteur de AIE, BP stat, Observer

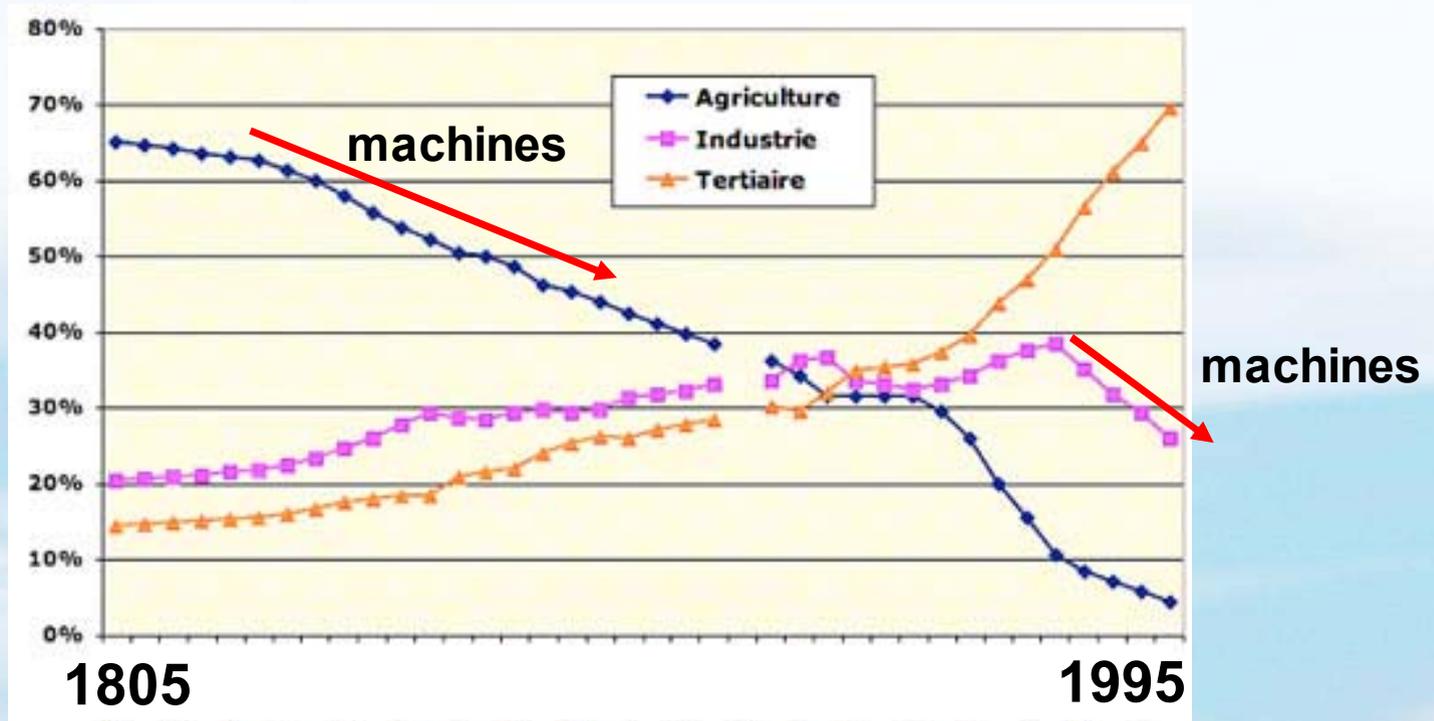
Plus d'énergie = moins de paysans



Consommation d'énergie par personne et par an (ktep) vs. % de l'emploi dans l'agriculture.

Sources WRI, US DOE

Plus d'énergie = moins d'ouvriers ensuite

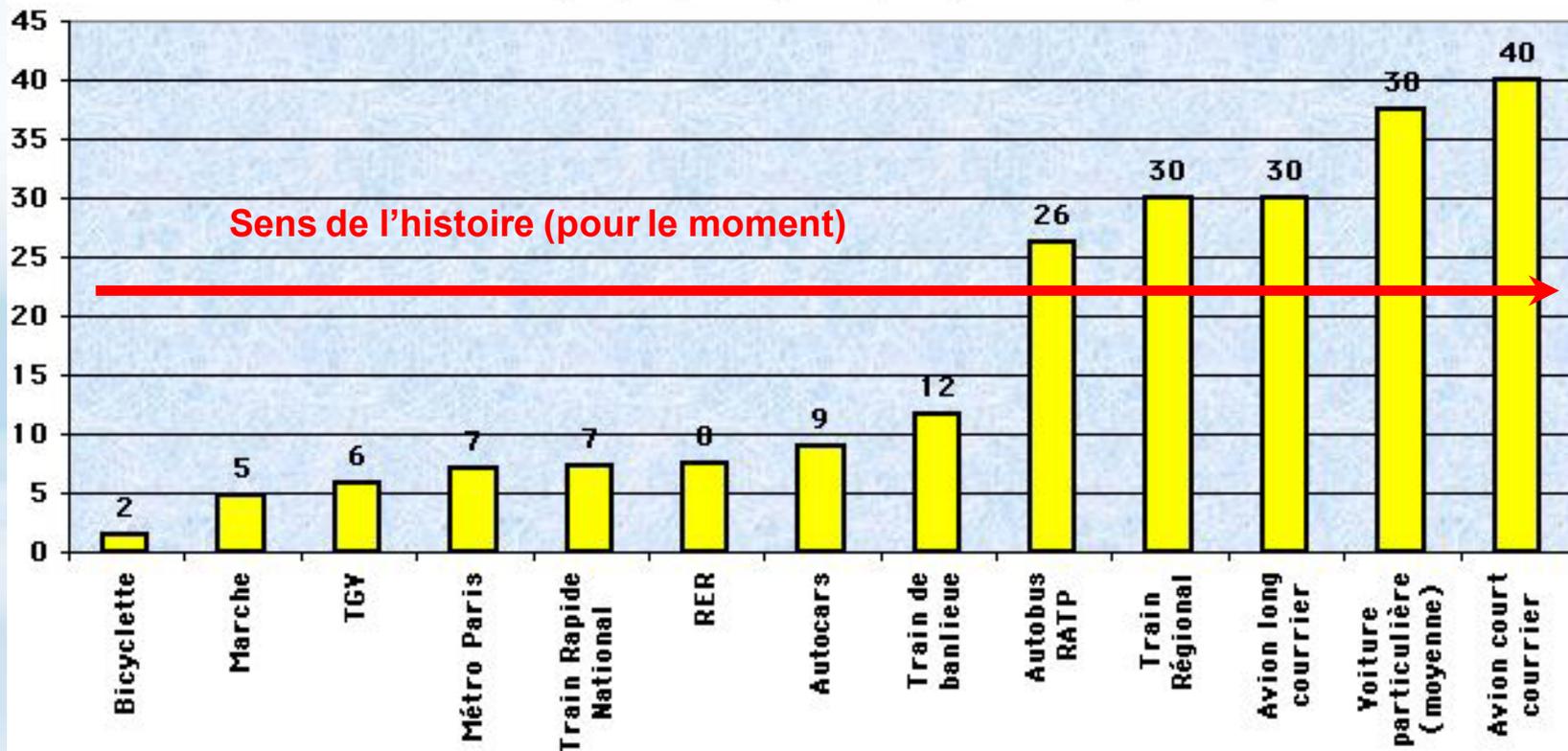


Part de chaque secteur dans l'emploi en France.

Source INSEE

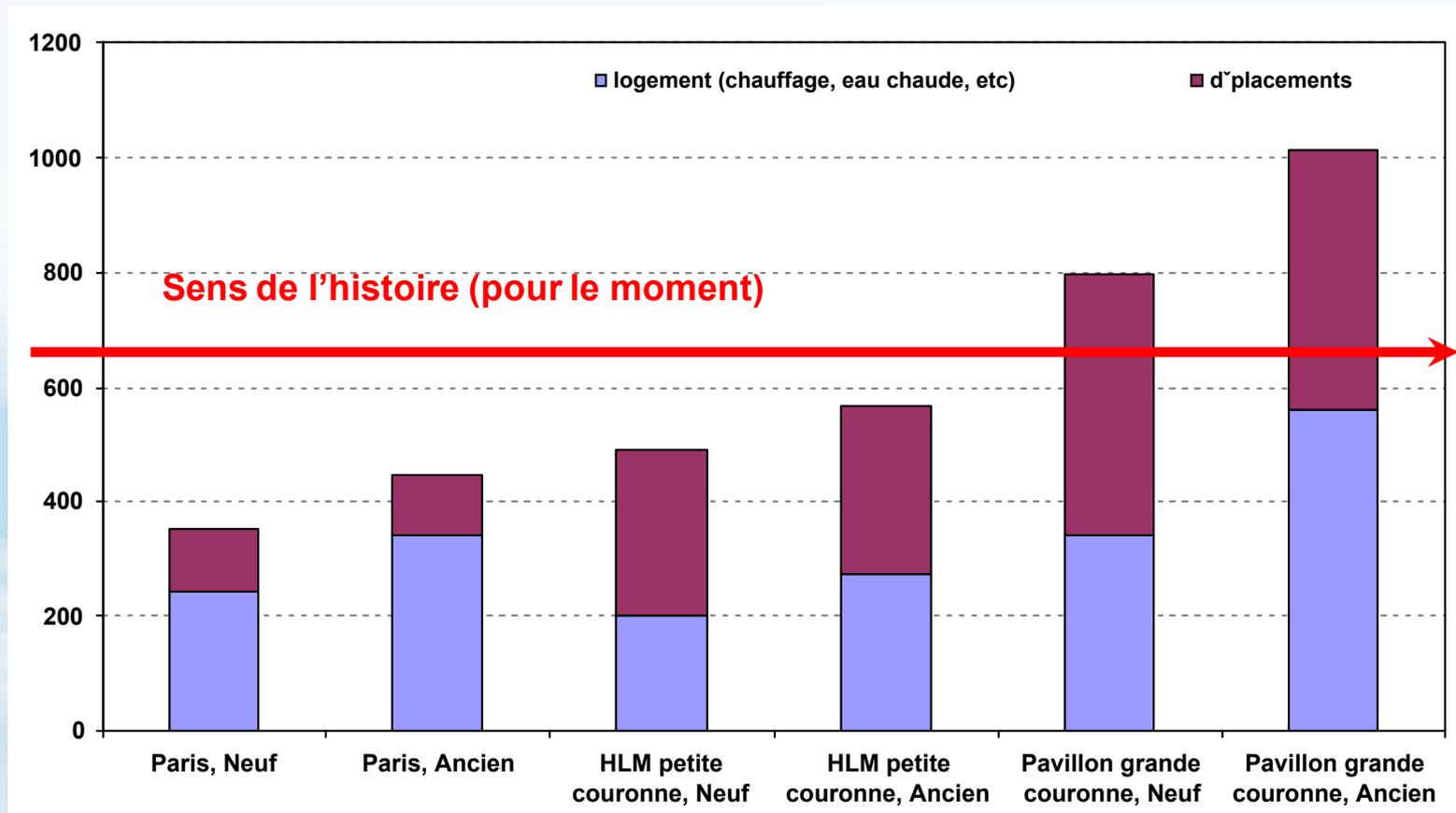
Plus d'énergie = plus vite, plus loin, moins cher

Consommation d'énergie par passager.km, en grammes équivalent pétrole



Consommation d'énergie par passager **pour un km** (la voiture tient compte du taux de remplissage moyen) en grammes équivalent pétrole. Sources diverses.

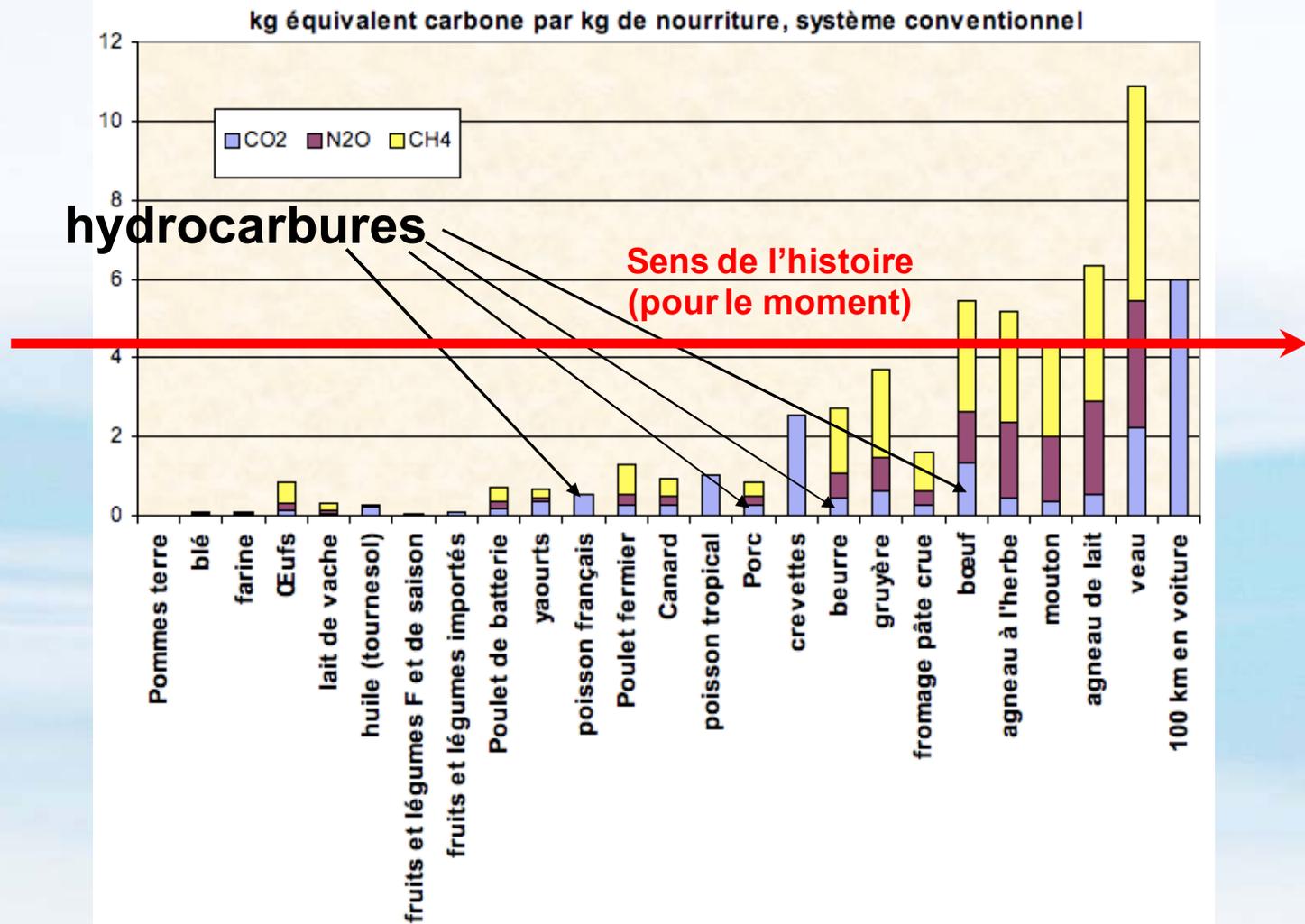
Plus d'énergie = pavillon pour tous



Emissions de gaz à effet de serre, en kg équivalent carbone par habitant et par an, pour la mobilité quotidienne et le chauffage.

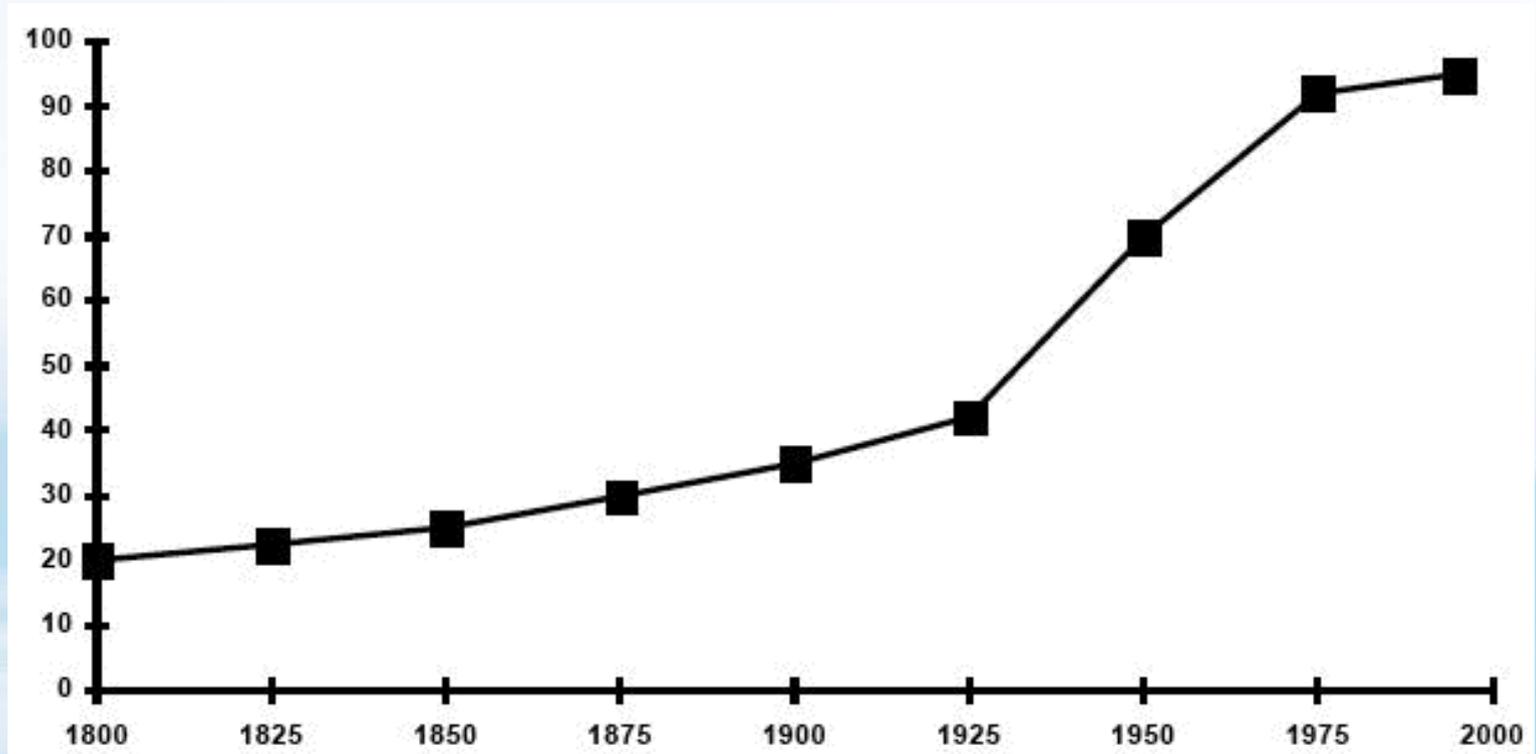
Jancovici, 2001, d'après Traisnel, 2001

Miam miam kWh pour de vrai



Source : Jancovici/Ademe, 2009

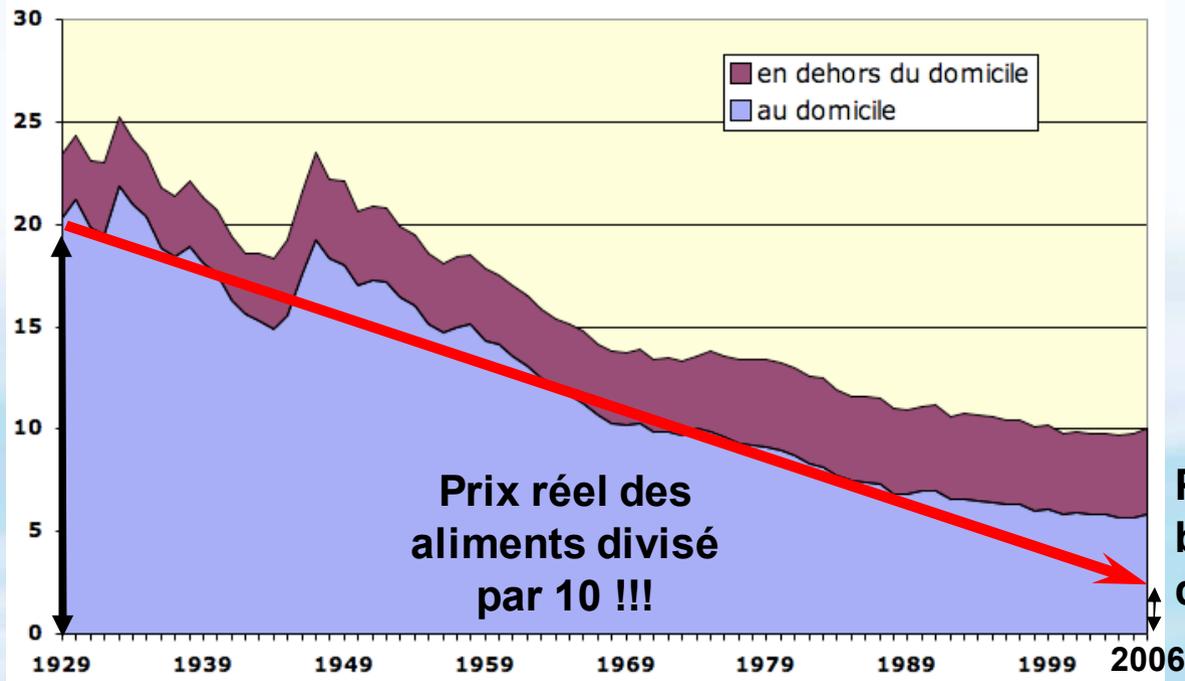
Viande x 5 pour un prix ÷ 5 à 10



Evolution de la consommation de viande par personne et par an en France. Source : Bernard Sauvart, INRA

Plus d'énergie = nourriture moins chère

Produits
bruts = **80%**
du total

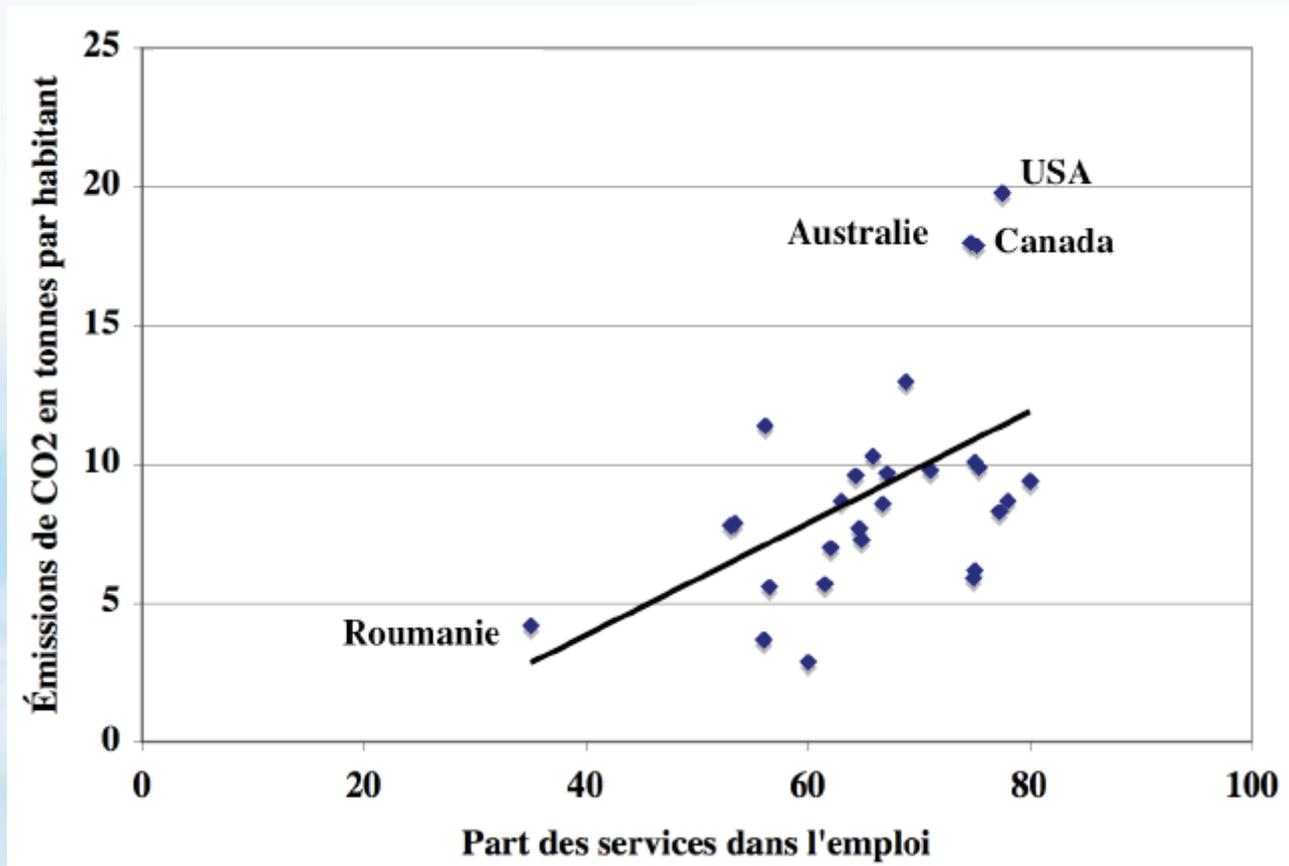


Produits
bruts = **20%**
du total

Evolution de la part de l'alimentation dans le budget des ménages américains de 1929 à 2006, en pourcentage.

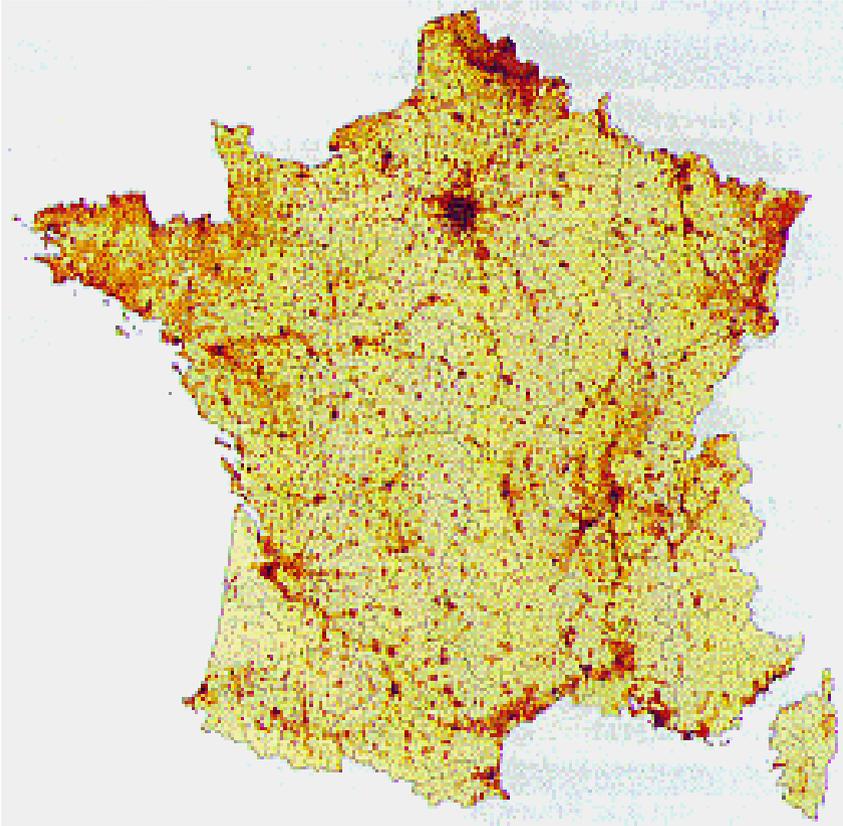
Source : US Department of Agriculture, 2008

Plus d'énergie c'est... plus de bureaux !

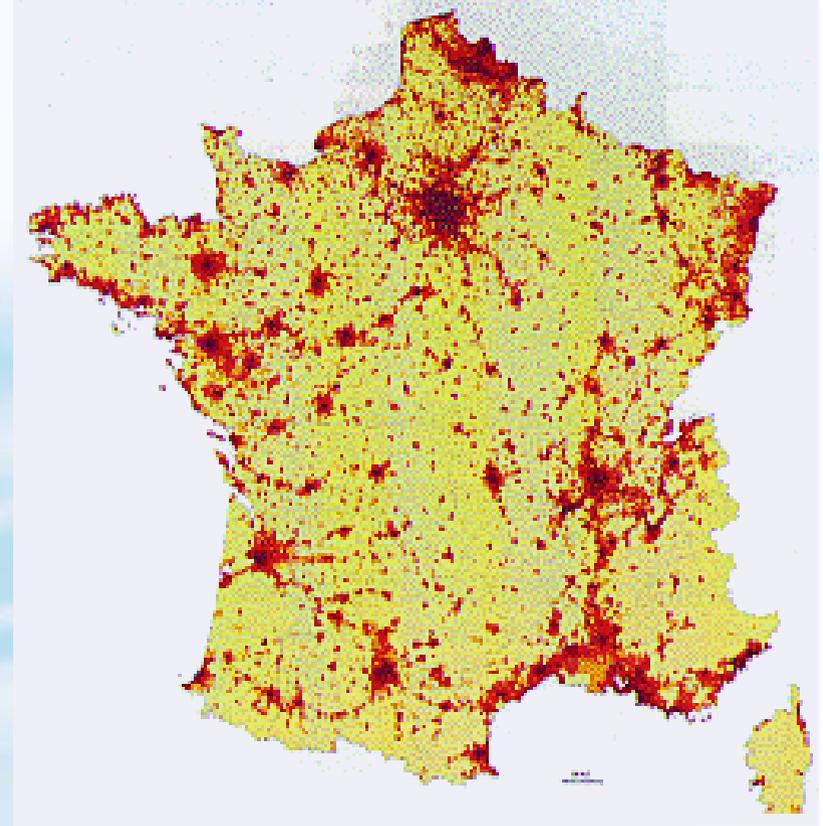


Part des services dans l'emploi et émissions de CO₂ par habitant et par an.
Source : Jean Gadrey, sur sources primaires Eurostat et OCDE (emploi dans les services) et PNUD (CO₂ par personne.an).

Plus d'énergie = la ville qui s'étale



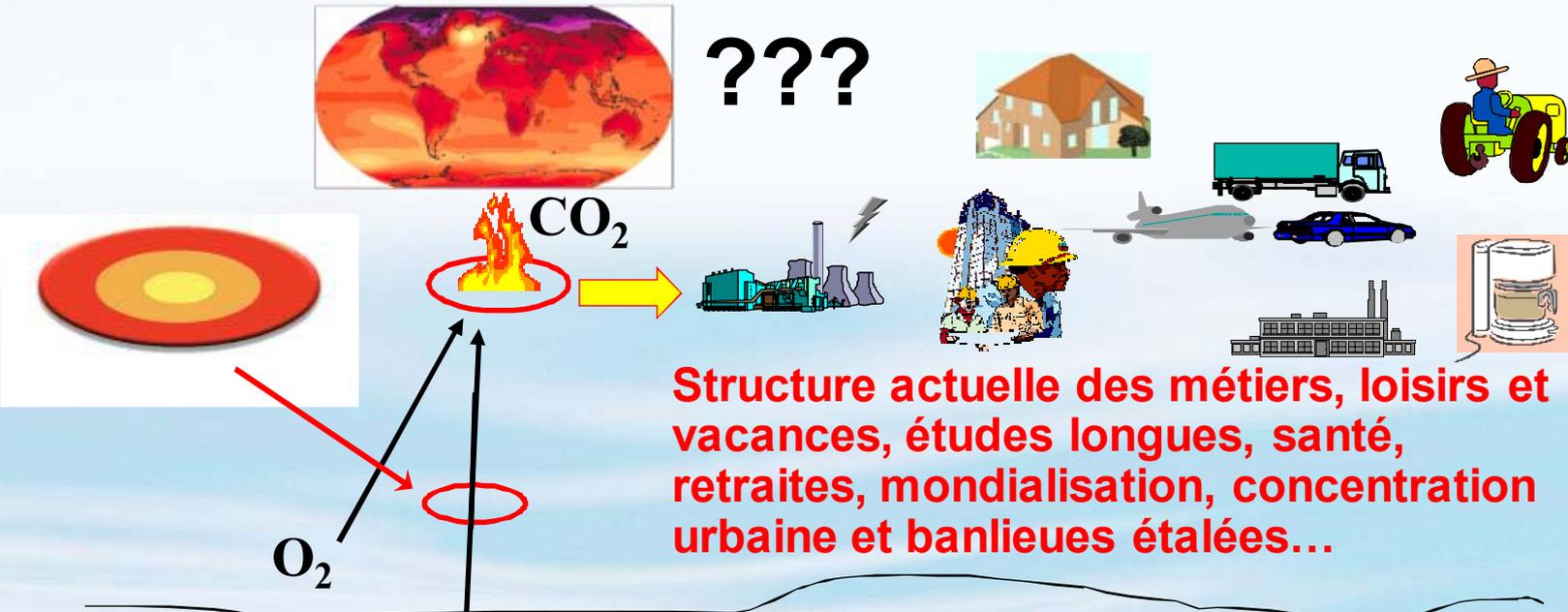
1936, 42 millions d'habitants



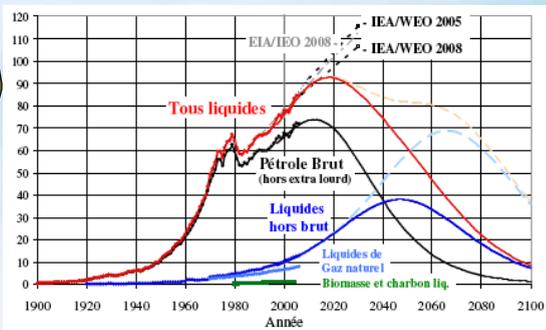
2000, 59 millions d'habitants

Source DATAR

L'ère du feu, croissance à gogo et 2 questions...

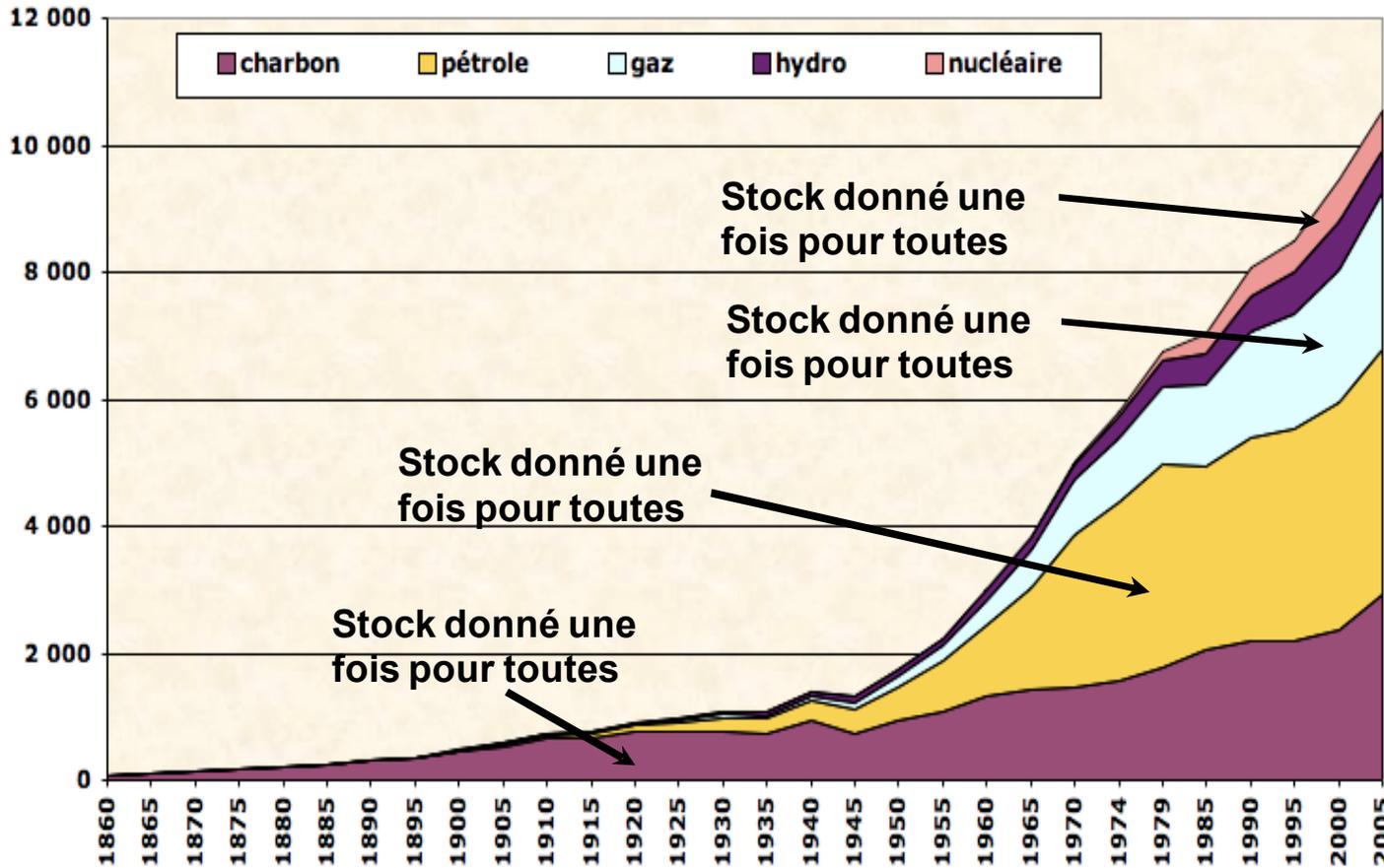


Structure actuelle des métiers, loisirs et vacances, études longues, santé, retraites, mondialisation, concentration urbaine et banlieues étalées...



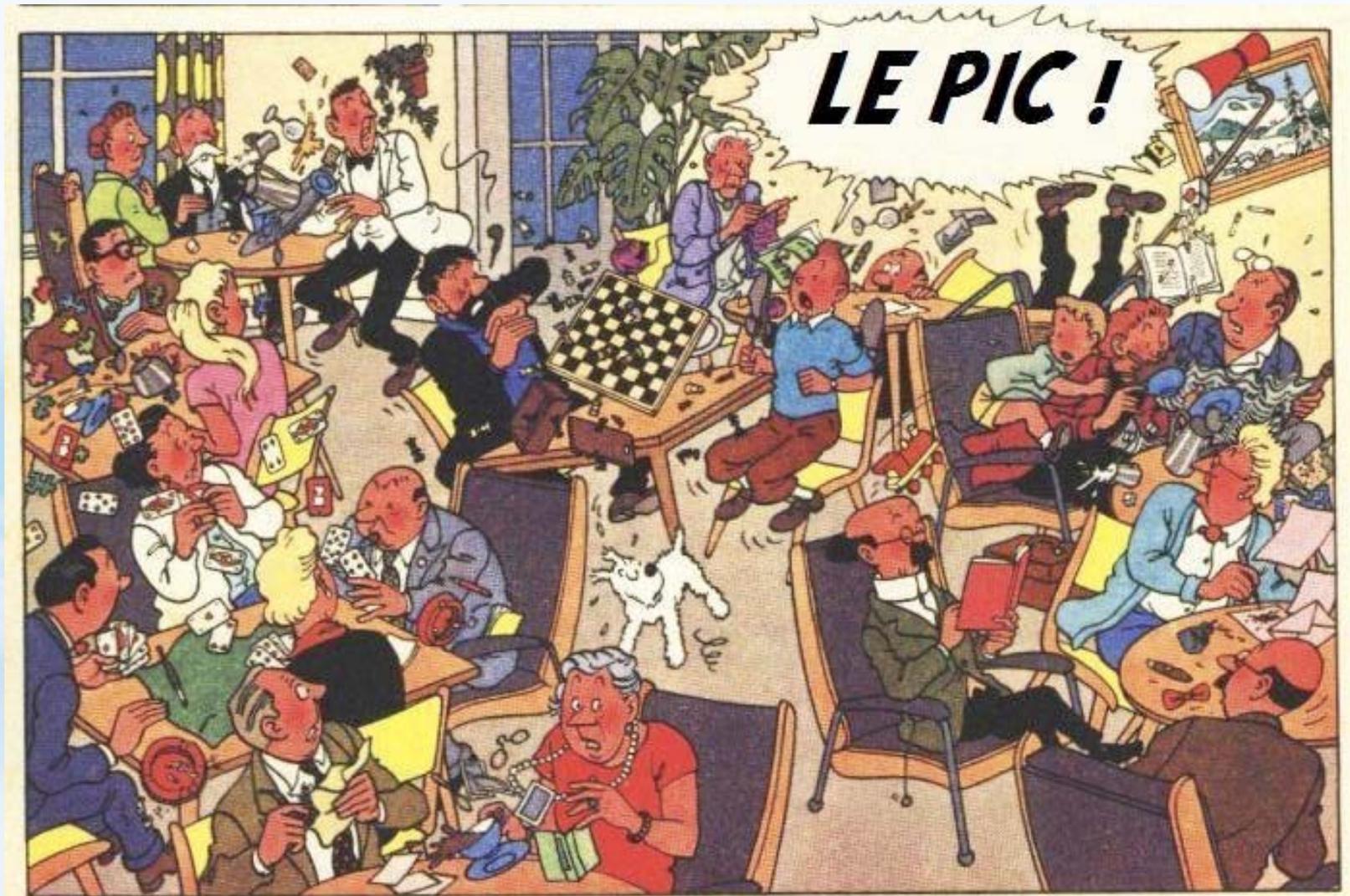
???

Gaz et électricité à tous les étages : au résultat

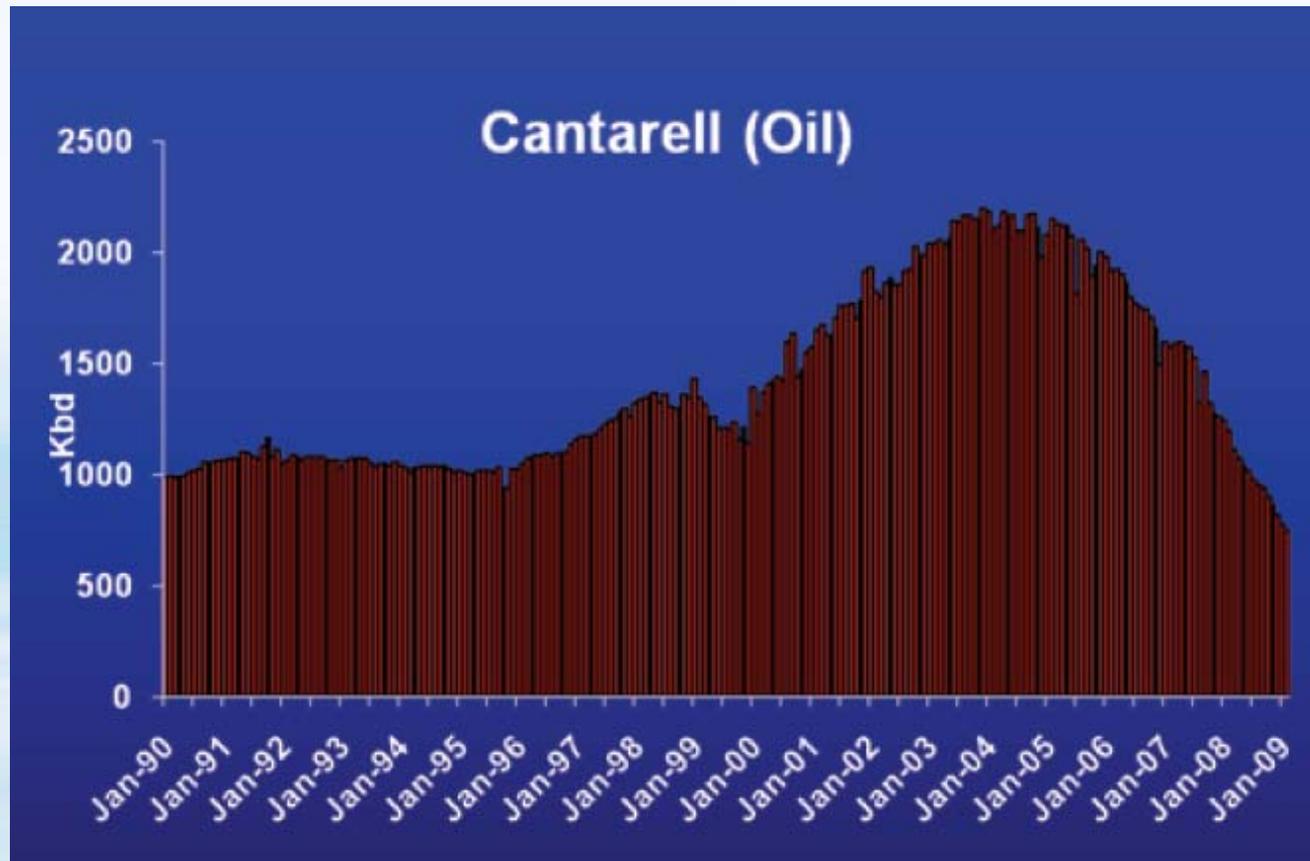


Consommation mondiale d'énergie primaire en Mtep (millions de tonnes équivalent pétrole) depuis 1860. Sources Schilling & al + AIE + BP statistical review, compilation de l'auteur

Les maths, c'est décidément détestable...

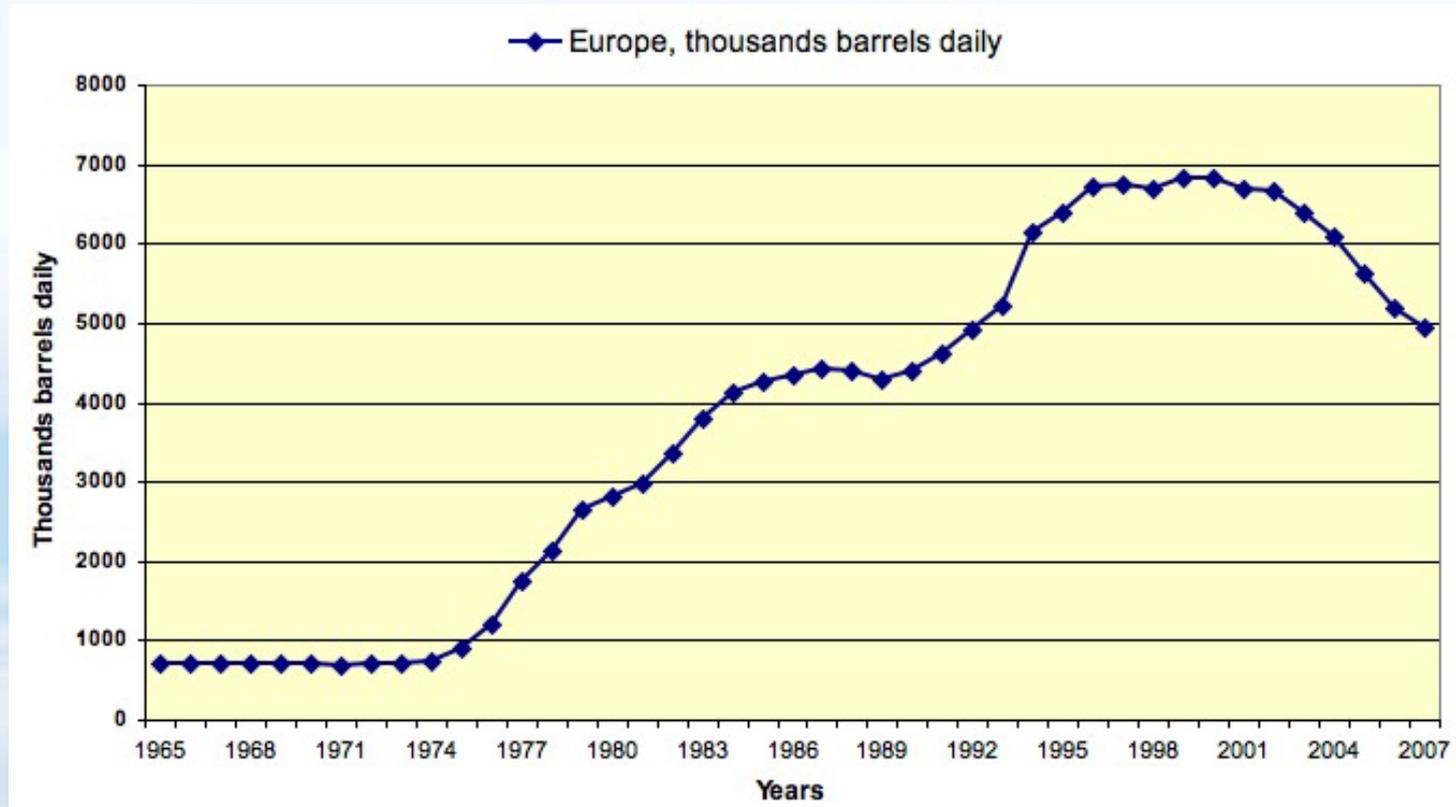


Pic au niveau d'un champ



Production de pétrole du champ de Cantarell (Mexique). Source Matthews Simmons, Simmons & Cie, 2009

Au grand jeu du pic, les européens sont excellents

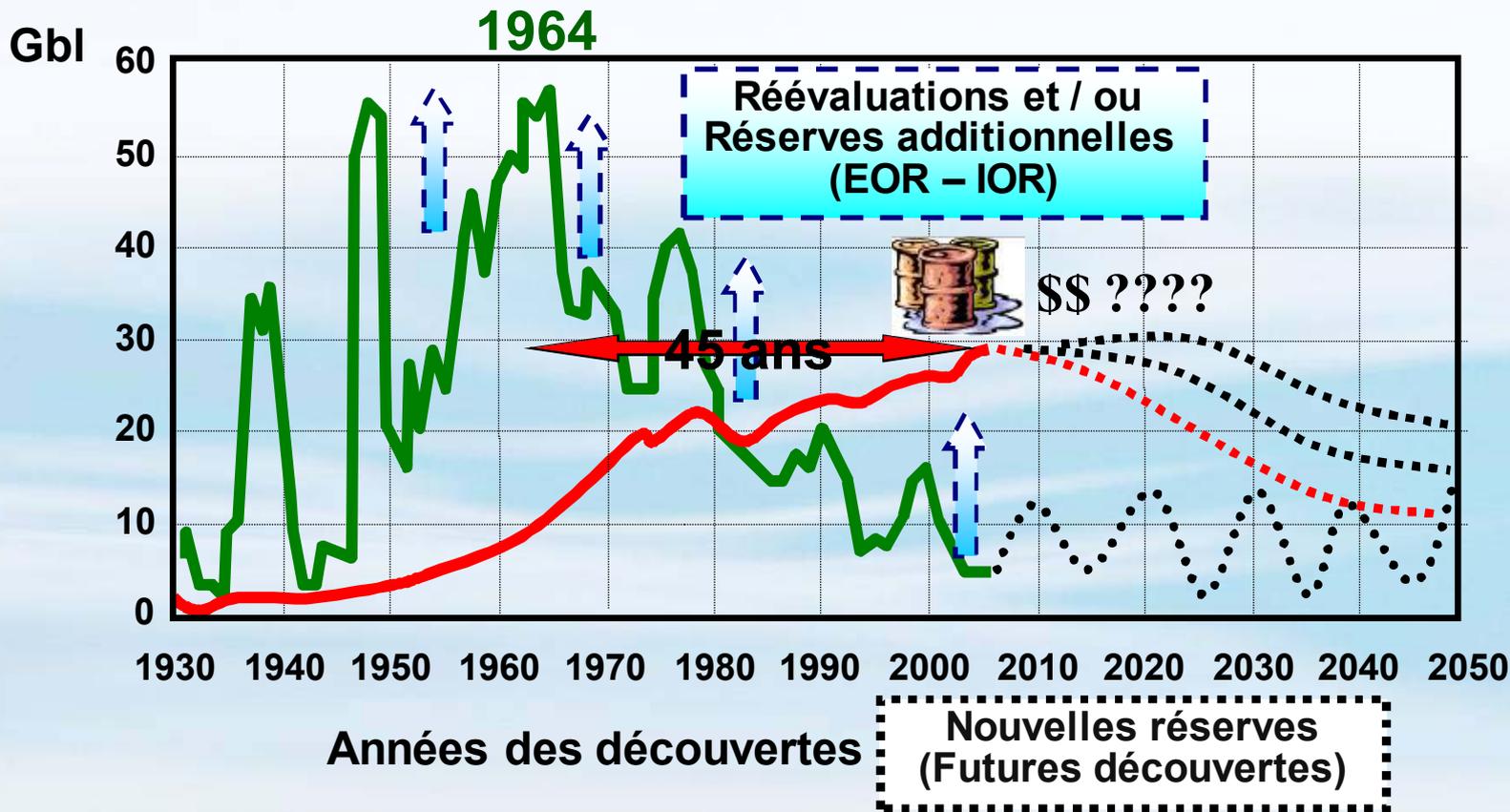


Production de pétrole en Mer du Nord ($\approx 6\%$ de la production mondiale), en milliers de barils/jour. Pic en 2000.

Source BP Statistical Review, 2008

Avec des idées et pas de pétrole, on dit quoi ?

Volumes découverts annuellement Volumes produits annuellement



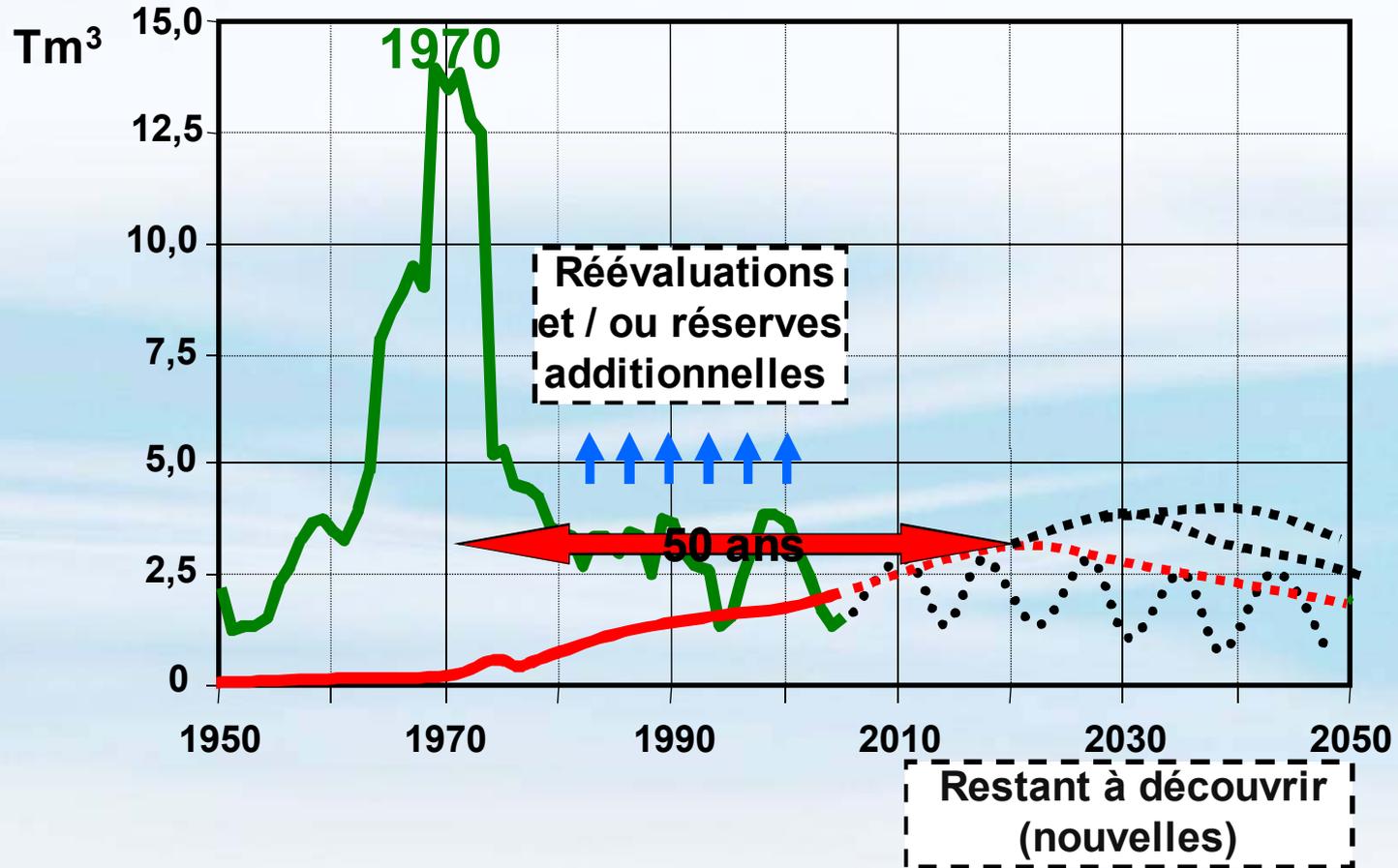
Institut Français du Pétrole, Direction Géologie-Géochimie-Géophysique

Yves MATHIEU Combloux 2009

Plus de pétrole ? Mettons les gaz !

Volumes découverts annuellement

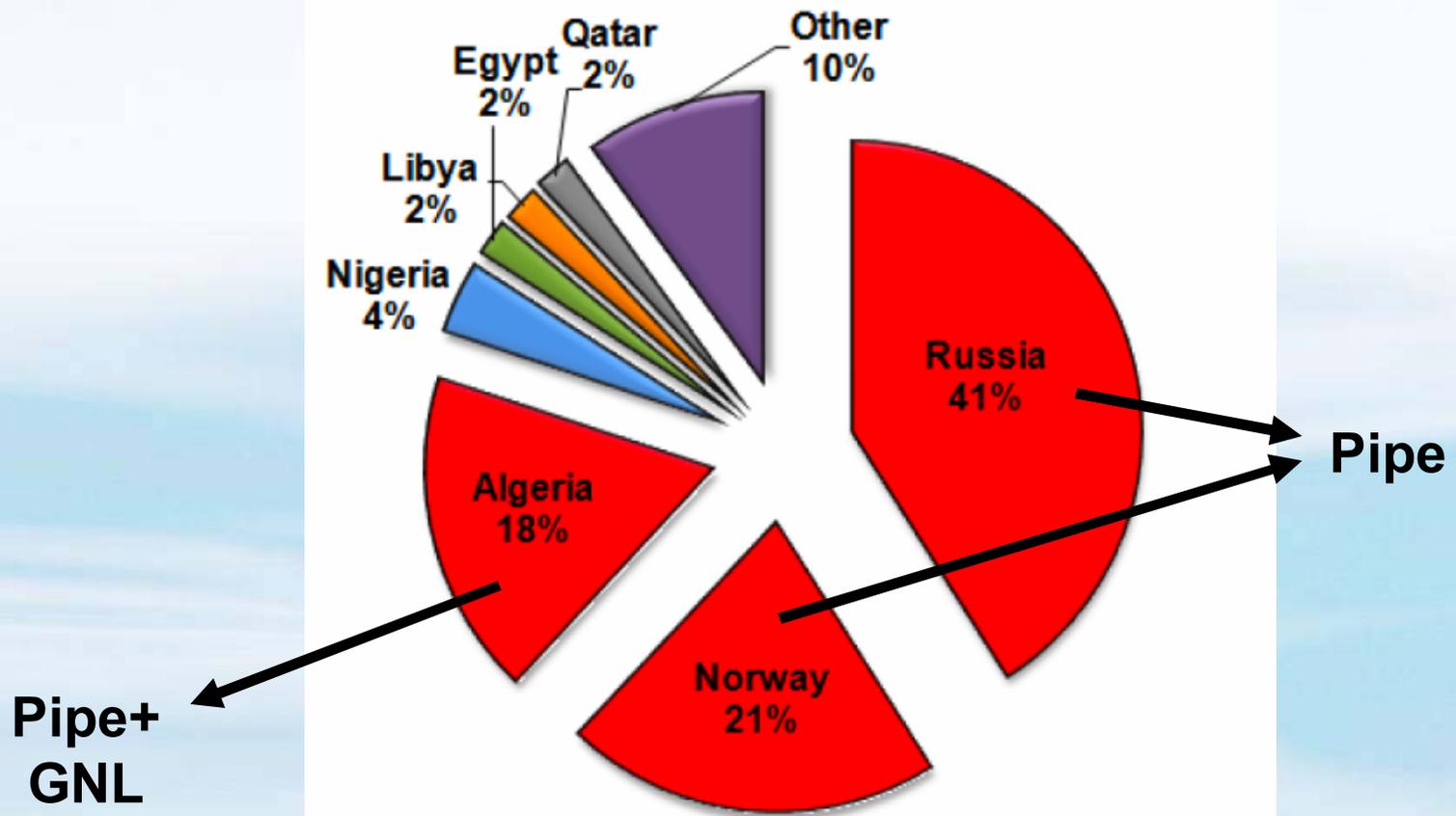
Volumes produits annuellement



Direction Géologie-Géochimie-Géophysique

Yves MATHIEU Combloux 2009

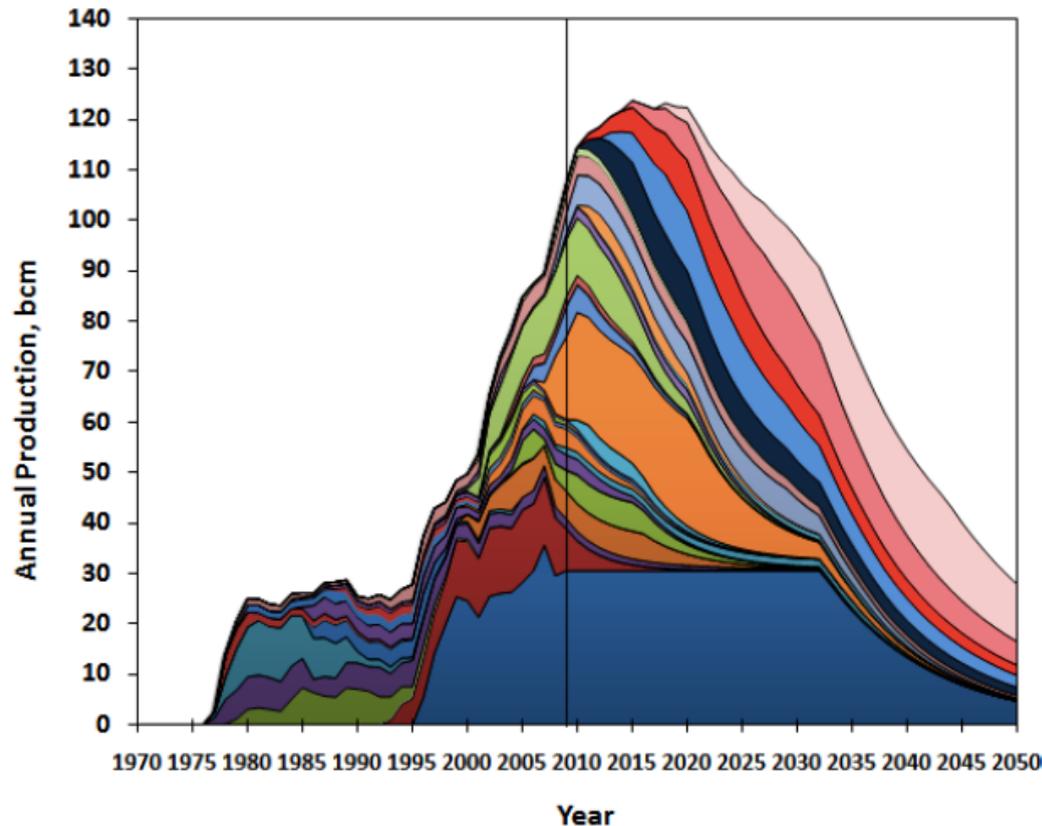
Gaz à tous les étages ?



Origine du gaz consommé en Europe.

Source IEA, Natural Gas Market Review, 2008

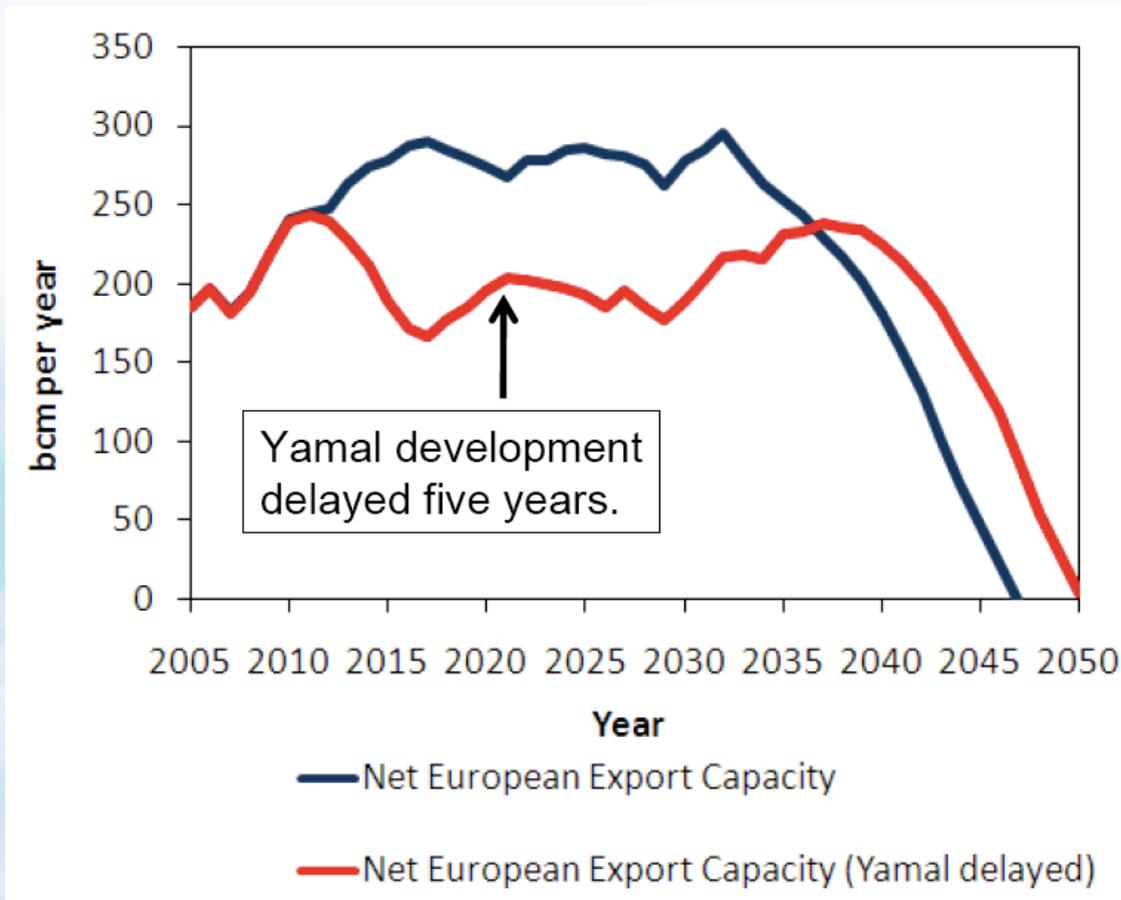
Gaz à tous les étages ?



**Production de gaz en Norvège, incluant le reste à découvrir ou réévaluer.
Pic vers 2015.**

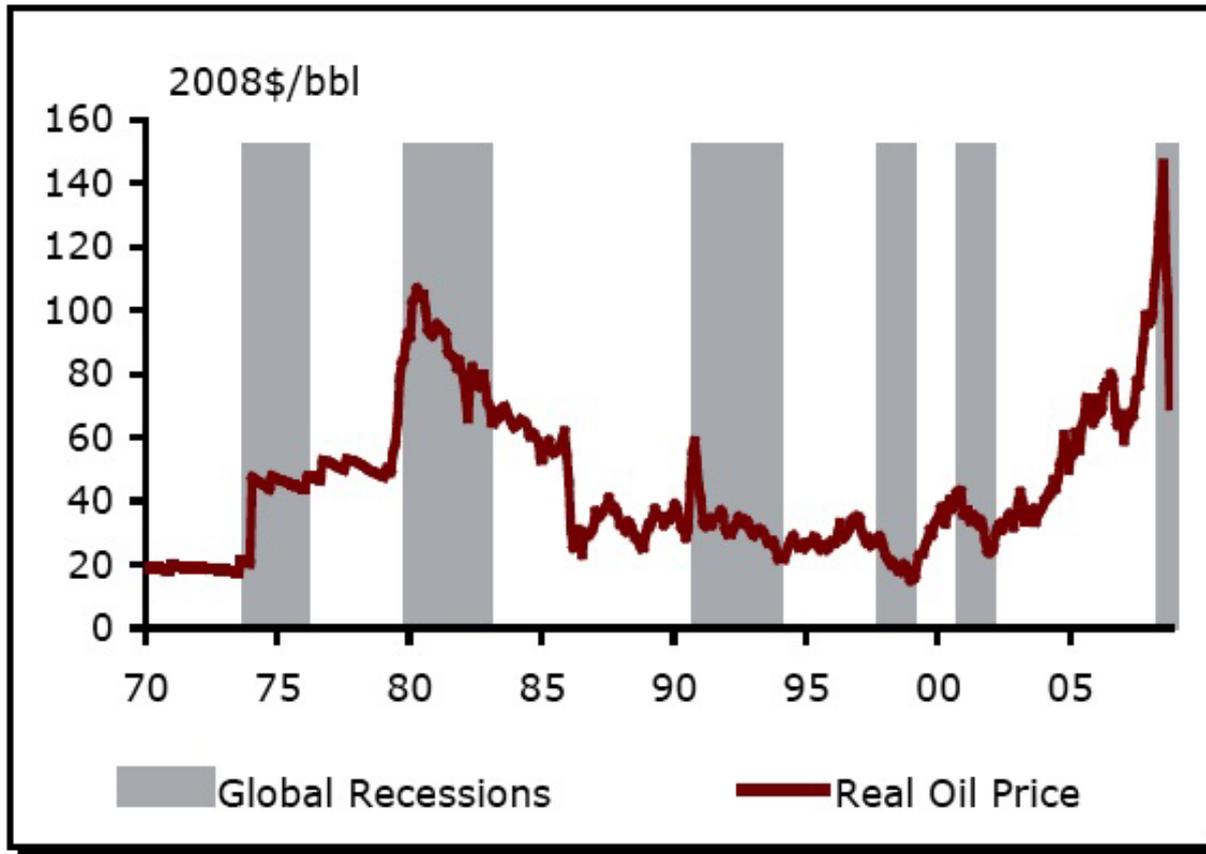
Source Söderbergh, B., et al., European energy security: The future of Norwegian natural gas.... Energy Policy (2009)

Gaz à tous les étages ?



**Capacité d'exportation du gaz russe en Europe.
Source: Preliminary data Soderbergh (2009)**

La crise : les banques, ou le pétrole ?



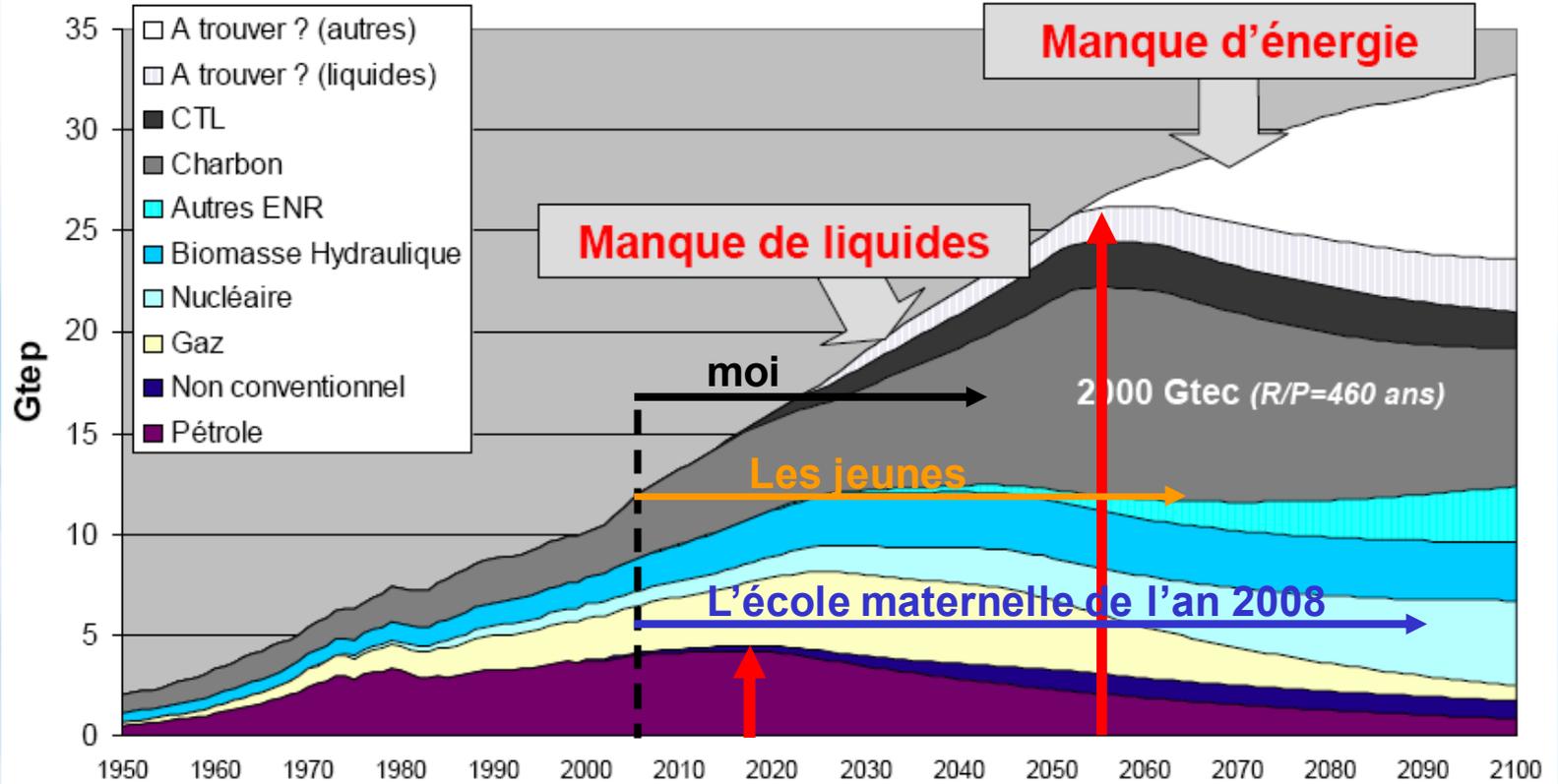
Depuis 1970, chaque hausse de prix du baril est suivi d'une récession, et inversement le pétrole baisse surtout en période de récession.

Source CIBC World Markets, octobre 2008

Cramer tout le charbon : 30 à 40 ans de rab...

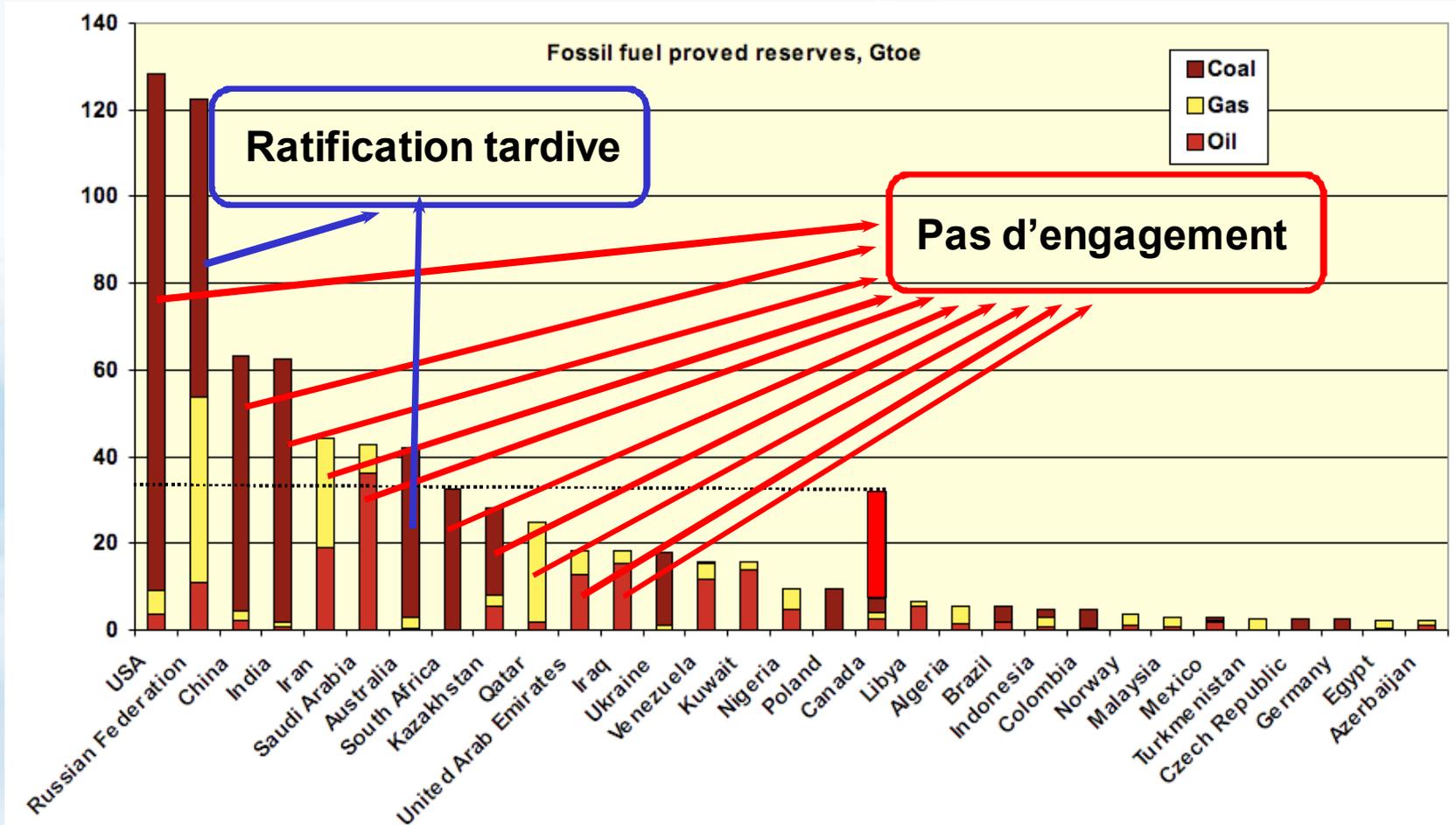
Quelles énergies pour demain ?

(demande tendancielle)



Source du graphique : Bernard Rogeaux, EDF, décembre 2007

Et qui arrive en tête des réserves de carbone?



Cumul gaz+pétrole+charbon par pays pour les réserves prouvées.

Source BP Statistical Review, 2007

Pétrole vers charbon, pas glop pas glop...

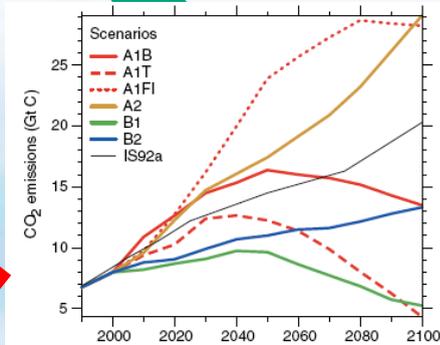
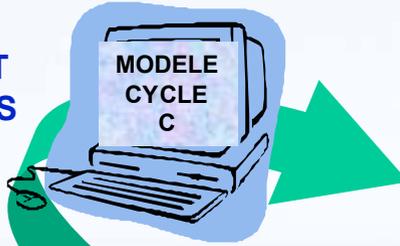
Concentration atmosphérique en CO ₂ au moment de la stabilisation	Concentration atmosphérique tous gaz à effet de serre au moment de la stabilisation en CO ₂ -équivalent	Période de survenance du maximum des émissions de CO ₂	Augmentation de température globale à l'équilibre, par rapport à la température de 1850
350 à 400 ppm	445 à 490 ppm	2000 à 2015	2,0 à 2,4 °C
400 à 440 ppm	490 à 535 ppm	2000 à 2020	2,4 à 2,8 °C
440 à 485 ppm	535 à 590 ppm	2010 à 2030	2,8 à 3,2 °C
485 à 570 ppm	590 à 710 ppm	2020 à 2060	3,2 à 4,0 °C
570 à 660 ppm	710 à 855 ppm	2050 à 2080	4,0 à 4,9 °C
660 à 790 ppm	855 à 1130 ppm	2060 à 2090	4,9 à 6,1 °C

450 ppm de CO₂ à stabilisation : nous avons « encore droit » à 250 Gt de carbone, soit les réserves pétrolières et gazières et RIEN DE PLUS

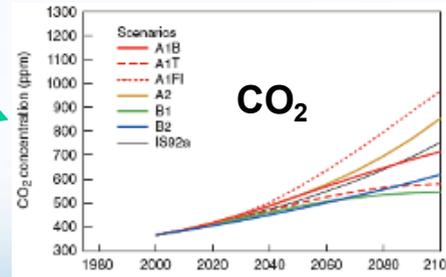
Source IPCC, novembre 2007

La simulation du climat, aussi fiable que la bourse ?

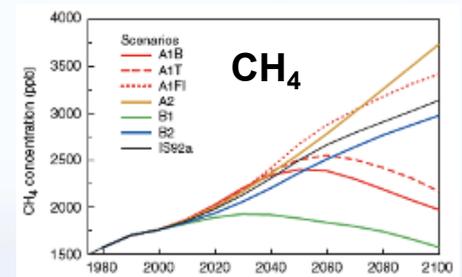
**HYPOTHESES
ECONOMIQUES ET
DEMOGRAPHIQUES**



Emissions de GES

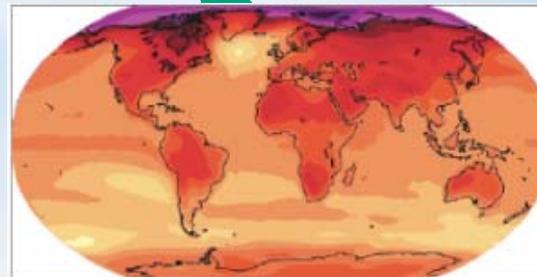
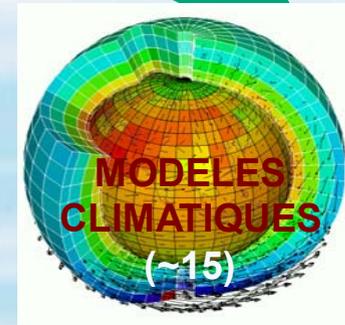


CO₂



CH₄

Concentration en GES



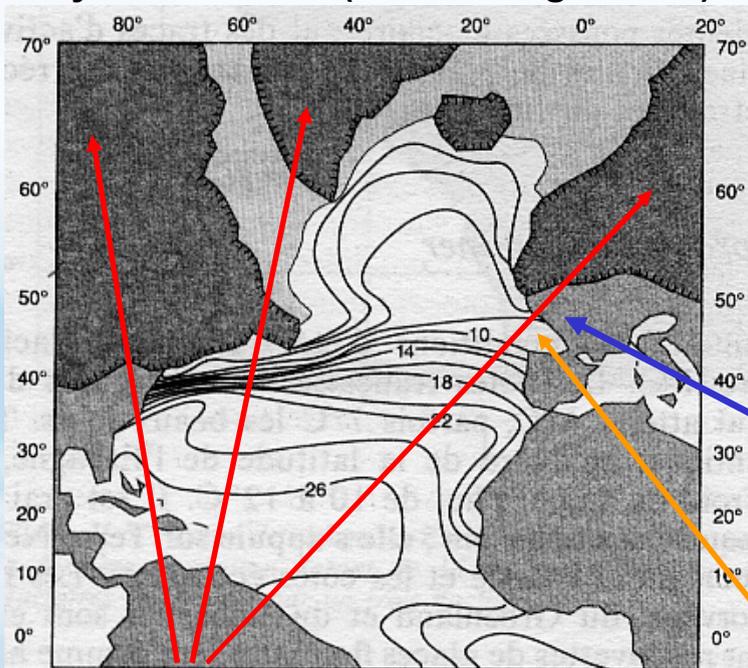
Climat Futur

5 °C en un siècle, juste un pull en moins ?

+ 5°C !!!

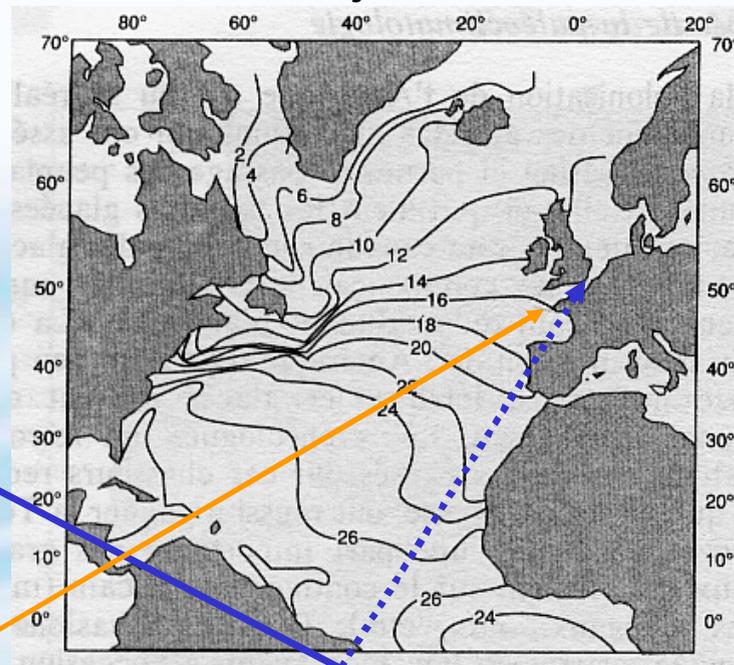
Aujourd'hui

Il y a 20.000 ans (maximum glaciaire)



Période glaciaire : plusieurs km de glace recouvrent l'Amérique et l'Europe du nord. La France ressemble au nord sibérien actuel

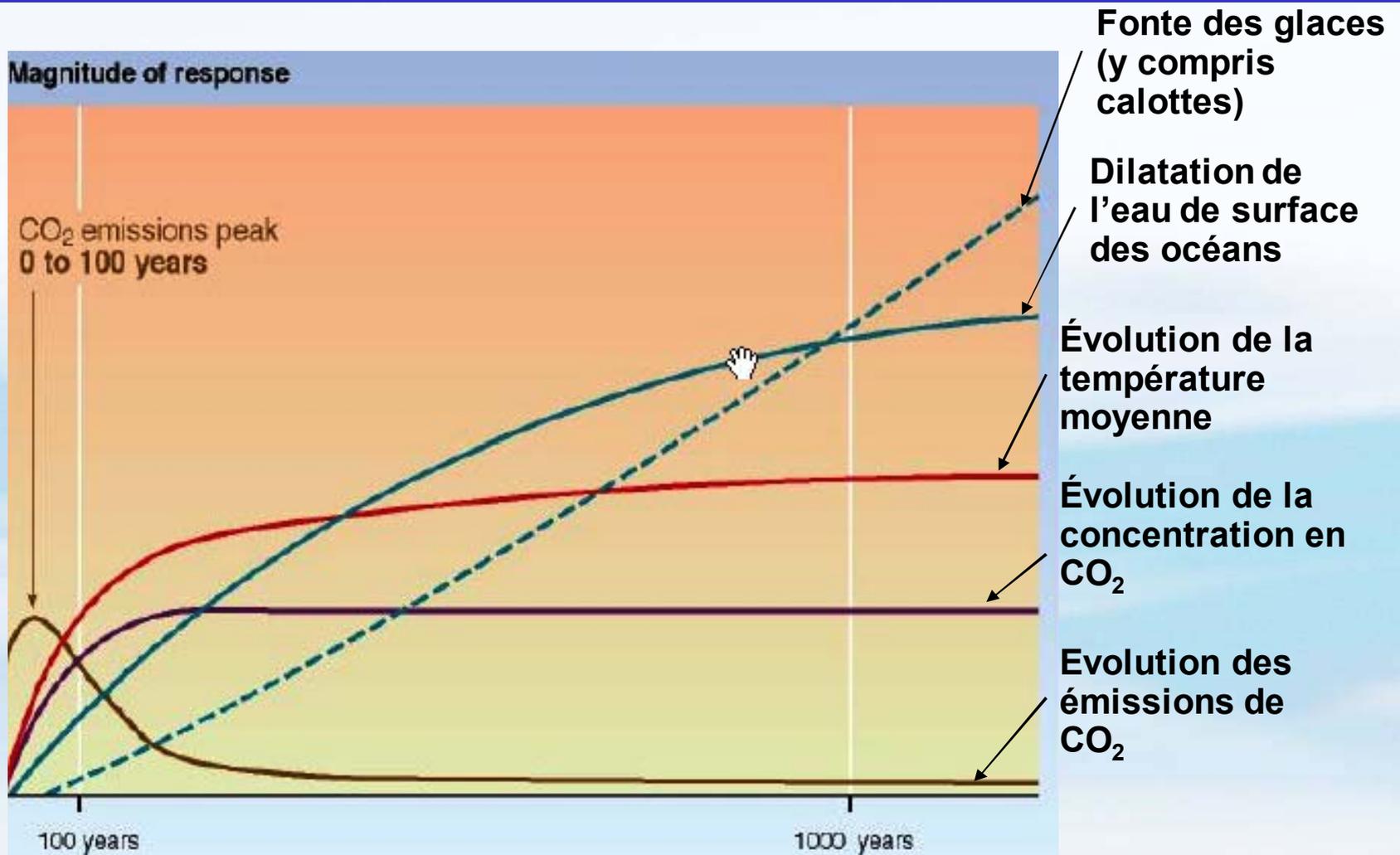
Période glaciaire : l'Europe continentale est plus froide de 10 à 15°C mais l'océan tropical a peu varié



Période glaciaire : on passe à pied sec de France en Angleterre : la mer est plus basse de 120 mètres !

-> Quelques degrés de hausse en un siècle, ce serait un choc massif et ingérable

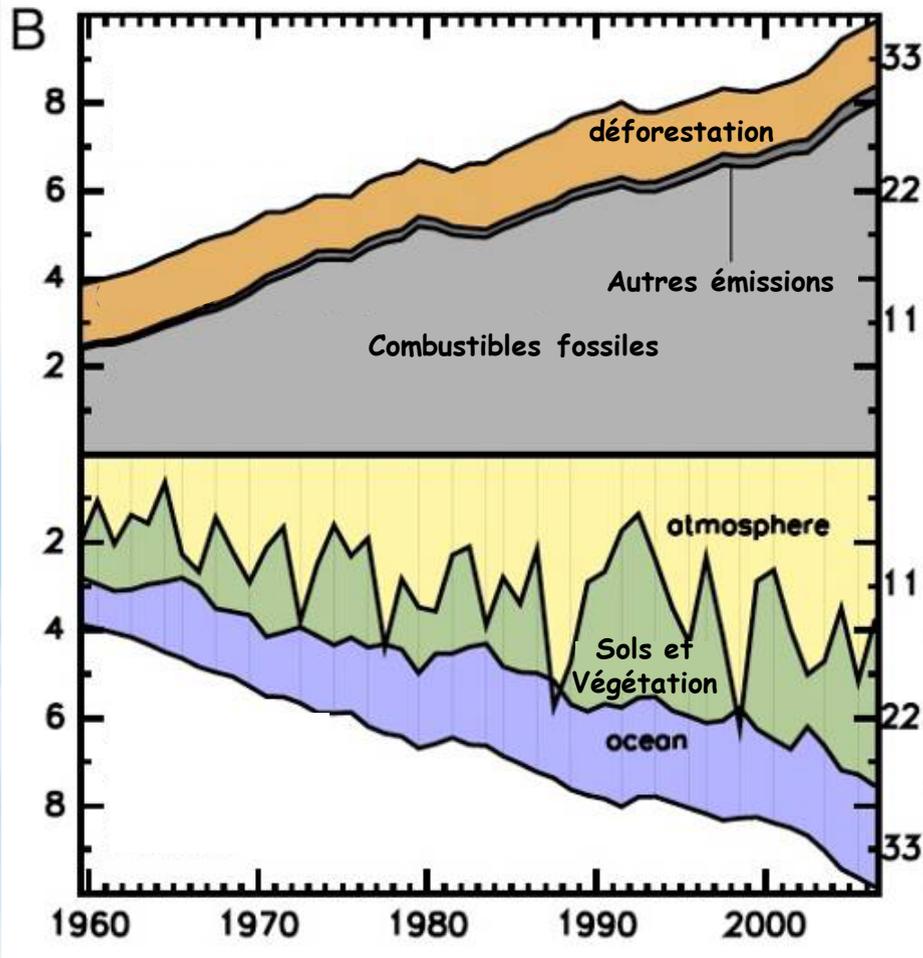
Au secours ! Où est le bouton « reset » ?



Source : Climate Change 2001, the scientific Basis, GIEC

Moins de CO₂... combien exactement ?

Milliards de tonnes de carbone



Emissions de CO₂ passées de **15** à **presque 40** milliards de tonnes en un peu moins de 50 ans

L'atmosphère conserve environ **45%** des émissions ↗

Les végétaux absorbent environ **30%** des émissions →

L'océan absorbe environ **25%** des émissions, ↘

Emissions humaines de CO₂ depuis 1960 (en haut), et flux résultants (en bas).

Source : Canadell et al, Proceedings of the National Academy Of Science (US), 2007.

Et Copenhague dans tout ça ?

1992 : Convention climat. Objectif = « **stabiliser** les concentrations de gaz à effet de serre » etc

-> **diviser les émissions de CO₂ par 3 !!**

Des émissions de CO₂ divisées par 3 pour 8 milliards d'hommes, cela fait 1,7 tonne de CO₂ par personne et par an, soit **15% du bilan carbone actuel d'un Français = 4,2%** de baisse des émissions **tous les ans**

1,7 tonne de CO₂ = **85 m²** chauffés au gaz une année à 100 kWh/m².an -> **passif impératif**

1,7 tonne de CO₂ ≈ **10.000 km** en voiture à 6 litres aux 100 km -> « concentrer les villes »... économiquement viables !

1,7 tonne de CO₂ ≈ **2.000 kWh** d'électricité fournie par une centrale à charbon performante ; le double avec une centrale à gaz performante (un Français = 8.000 kWh par an tous usages confondus)

1,7 tonne de CO₂ = la construction de **5,8 m²** de logement béton -> modification des techniques constructives

Devdjian et Borloo dans le même bateau, fastoche ?

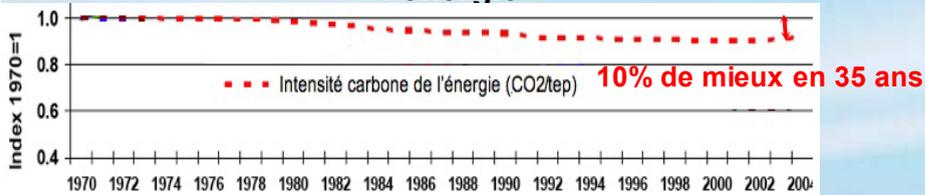
L'équation de Kaya :

A diviser par 3... et le sera !

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

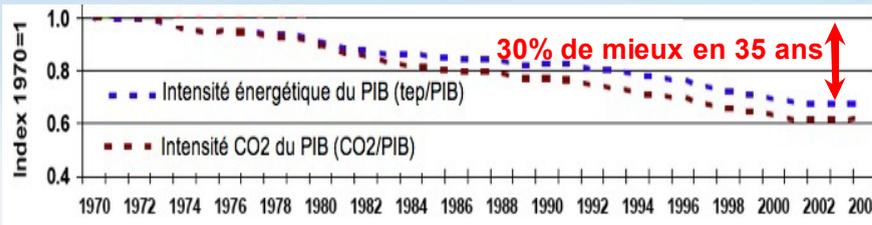
Emissions de gaz carbonique = Contenu en gaz carbonique de l'énergie * Intensité énergétique de l'économie * Production par personne * Population

« Magic technique » N°2 : l'efficacité carbone de l'énergie

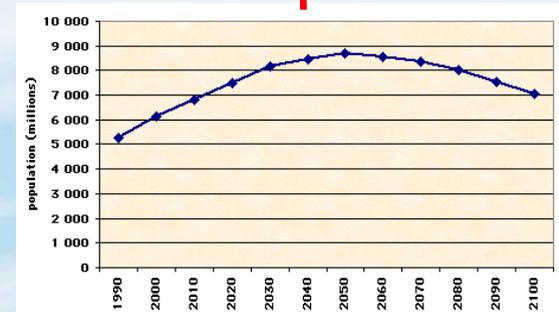


Il faut gagner 80% en 40 ans, en doublant l'approvisionnement énergétique !

« Magic technique » N°1 : l'efficacité énergétique



Gain de 35% en 41 ans ?



2% de croissance par an = x 2,3 en 41 ans ; 4% par an c'est x 5 en 41 ans !!!

Au régime, et au travail : ça passe ?

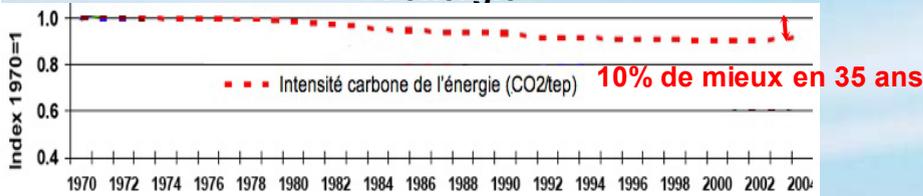
L'équation de Kaya :

A diviser par 3

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

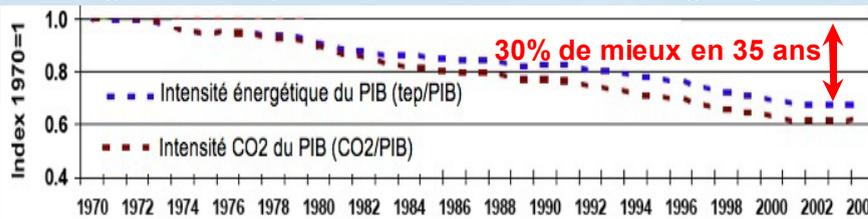
Emissions de gaz carbonique = Contenu en gaz carbonique de l'énergie * Intensité énergétique de l'économie * Production par personne * Population

« Magic technique » N°2 : l'efficacité carbone de l'énergie



Gain de 60% en 41 ans, avec appro énergétique diminué de 10%

« Magic technique » N°1 : l'efficacité énergétique



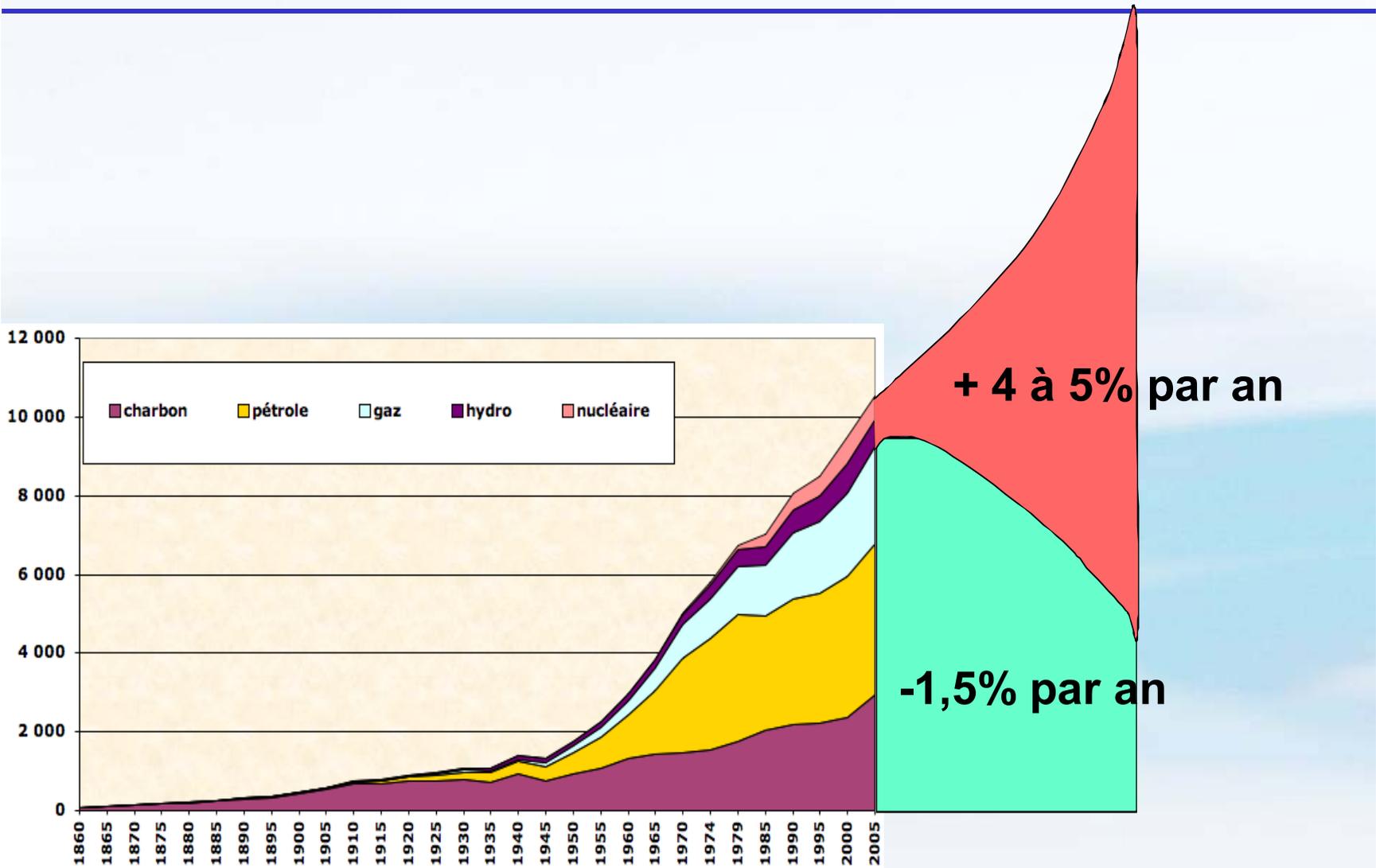
Gain de 34% en 40 ans



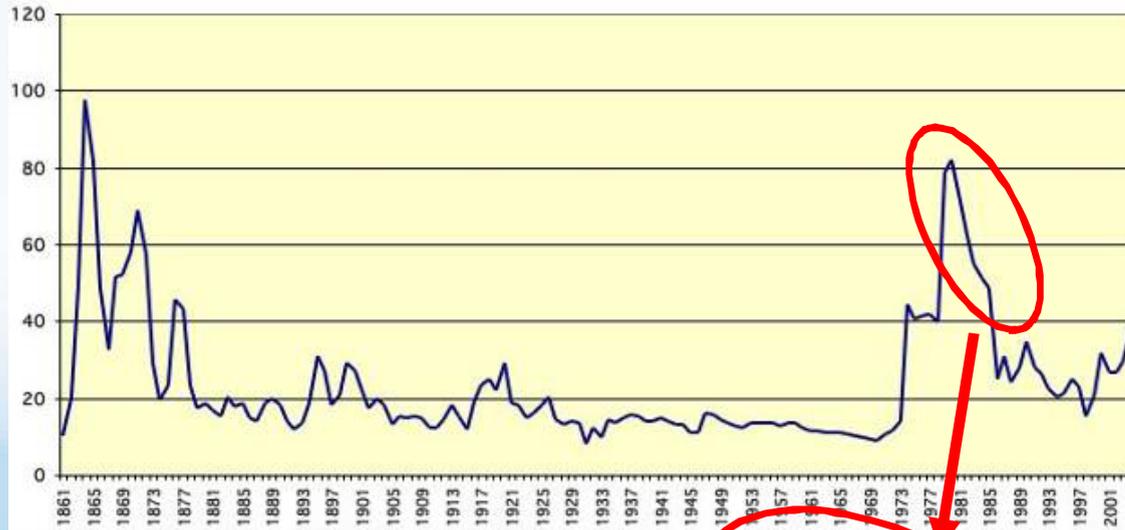
+ 35% d'ici 2050

Le PIB par personne est stable (\Leftrightarrow \div par 3 à 4 en Occident)

Sarko pouvoir d'achat et Sarko le vert...



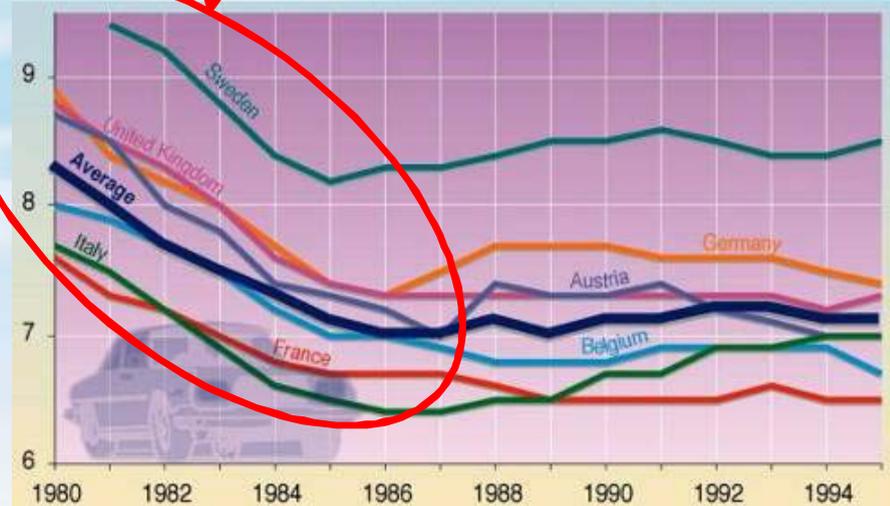
La morale c'est bien, mais le prix c'est mieux



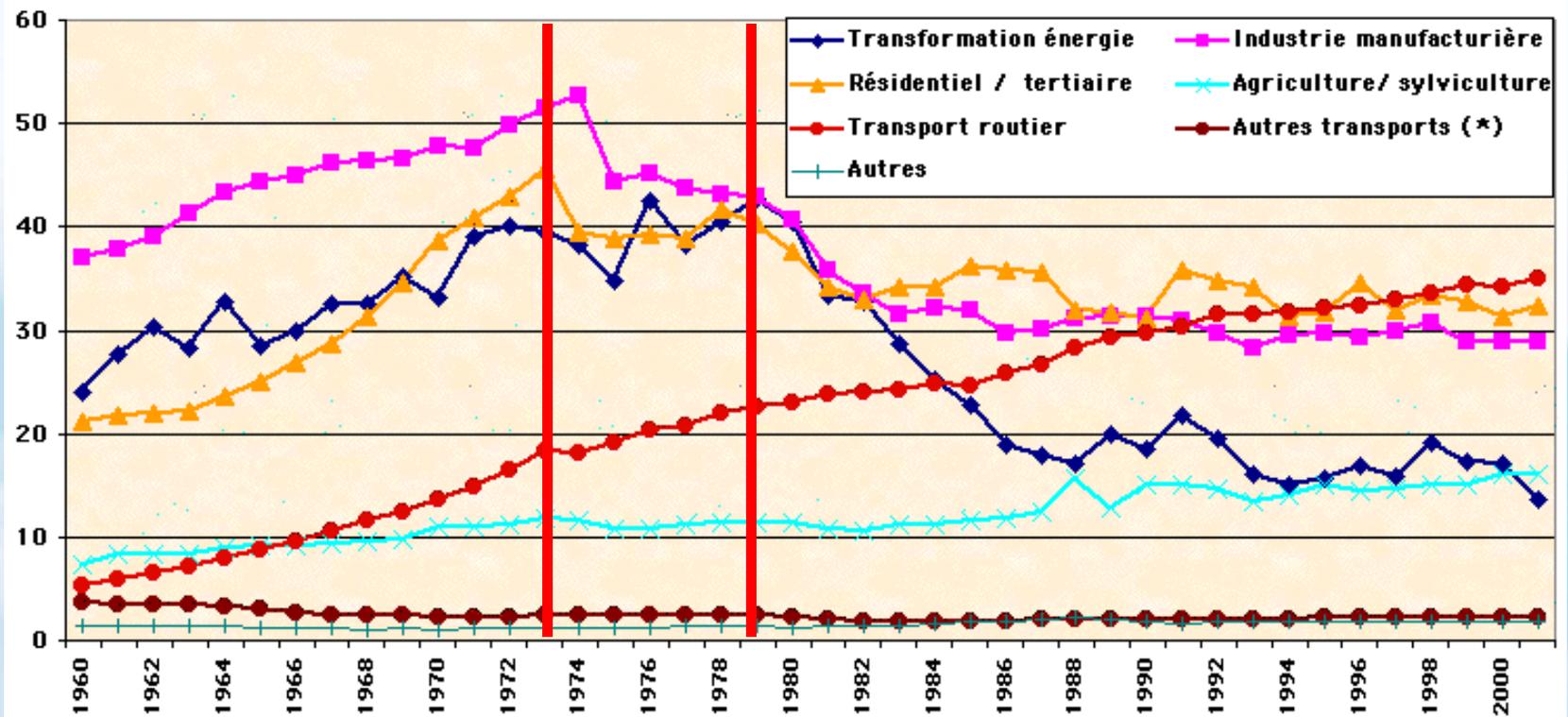
Prix du pétrole en \$ constants (de 2004) depuis 1861.
Source BP Statistical Review, juin 2005

Consommation aux 100 km des voitures neuves vendues dans divers pays de l'OCDE.

Source GIEC



Je vous remets un petit coup de signal-prix ?

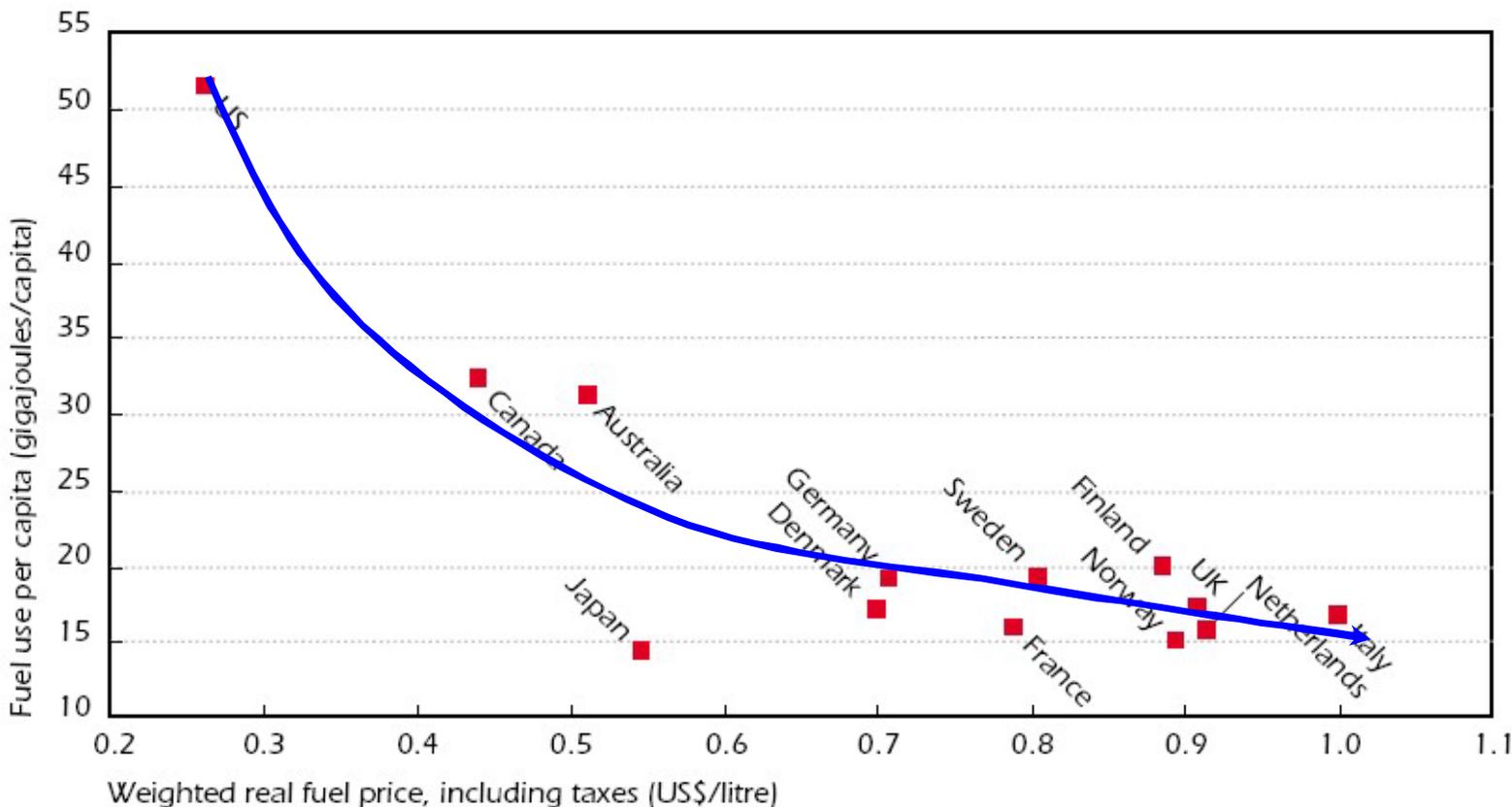


Emissions de CO2 par secteur entre 1960 et 2002 en France. L'effet des chocs pétroliers est très variable selon le secteur

Source CITEPA, format SECTEN, 2002

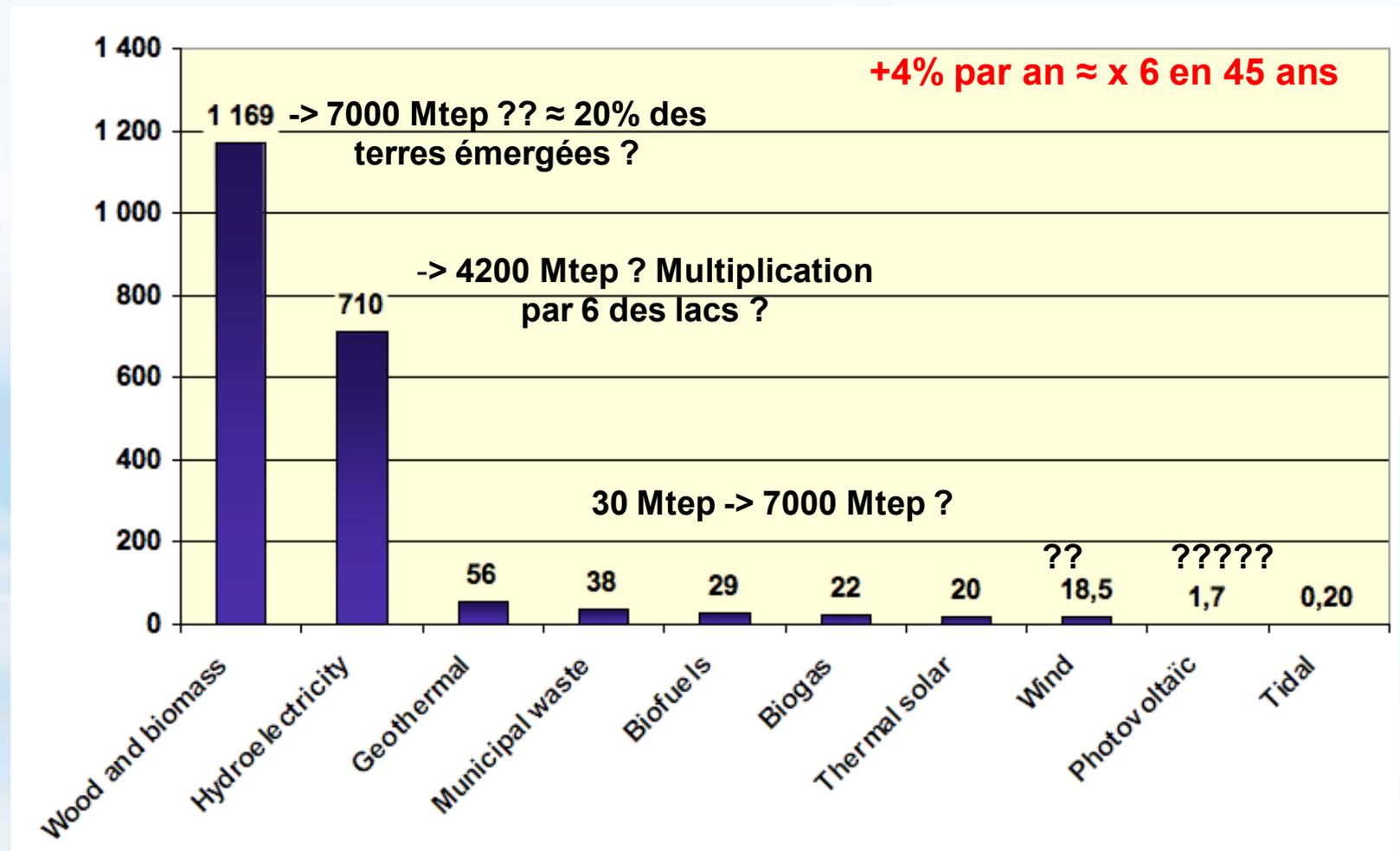
In tax we trust, définitivement...

Car Fuel Use per Capita versus Average Fuel Price, 1998



Consommations de carburants routiers par habitant en 1998 (axe vertical, en gigajoules ; une tonne de pétrole \approx 42 GJ) en fonction du prix de détail TTC des carburants en \$ par litre (axe horizontal). Source AIE, 2004

Roulerons nous tous à l'éthanol ?



Contribution des énergies renouvelables au bilan énergétique mondial en 2008.
L'hydroélectricité est en équivalent primaire. Compilation de l'auteur.

Quelques éléments de réflexion :

L'accident de Tchernobyl, selon l'OMS, fera de quelques milliers à quelques dizaines de milliers de décès prématurés **en 40 ans** (le tabac, l'alcool, la voiture ou la « malbouffe » : environ un million chacun par an),

Les déchets nucléaires, en France, c'est 200 tonnes de matières par an qui sont à peu près aussi dangereuses que des phytosanitaires très agressifs

Les réserves d'uranium accessibles si on y met le prix sont importantes (et en U238 ne constituent plus une limite)

Mais... 4% de croissance sur 45 ans, c'est **2.500 réacteurs nucléaires en 2050** (400 aujourd'hui), 5.000 si 50% de pertes après production de l'électricité (stockage, conversion en H₂, etc), **10.000** si peu de contribution des renouvelables.

Y aura-t-il les capitaux ? (2.500 réacteurs ≈ 5.000 G\$, ≈ 10% du PIB mondial 2010)

Y aura-t-il les compétences ?

Y aura-t-il les emplacements ?

Y aura-t-il la volonté en démocratie, avec 20 ans de préavis ?

Se passer du nucléaire augmente la difficulté, mais le nucléaire seul ne nous sauve pas !

Dur métier que celui de journaliste

Matière première sur le climat : > 200.000 pages de littérature scientifique



Rapport du GIEC = 800 pages de littérature scientifique (taux de compression = 250 environ, soit de 100 heures à... 24 minutes)



Le résumé pour décideur = 20 pages (taux de compression = 40 ; on passe de 24 minutes à... 36 secondes)



Un article dans le journal = 1/2 page (taux de compression = 20 ; on passe de 36 secondes à 1,8 seconde)

Faites comme eux, ayez de saines lectures



Livres *d'actualité*

