

# L'homme, l'énergie, la transition et l' député(e)

Jean-Marc Jancovici - 6 février 2013

# Commençons par la fin (pour changer)

**L'énergie - surtout fossile - a façonné la totalité du monde qui nous entoure, et notamment l'essentiel des avantages sociaux que nous pensons « acquis pour l'éternité »**

**En première approximation, le PIB mondial ne dépend de rien d'autre que de l'énergie disponible en volume, mais pas de son prix (qui répartit la rente)**

**En Europe, l'énergie est orientée à la baisse de manière involontaire (pétrole et gaz) ou volontaire sans substitution commode (nucléaire) -> la récession va devenir la norme « un certain temps ».**

**Il est inutile de compter sur « les fruits de la croissance » pour financer la transition : nous avons trop attendu pour cela. Désormais toute mesure inutile engendre un effet d'éviction sur des mesures qui le seraient plus**

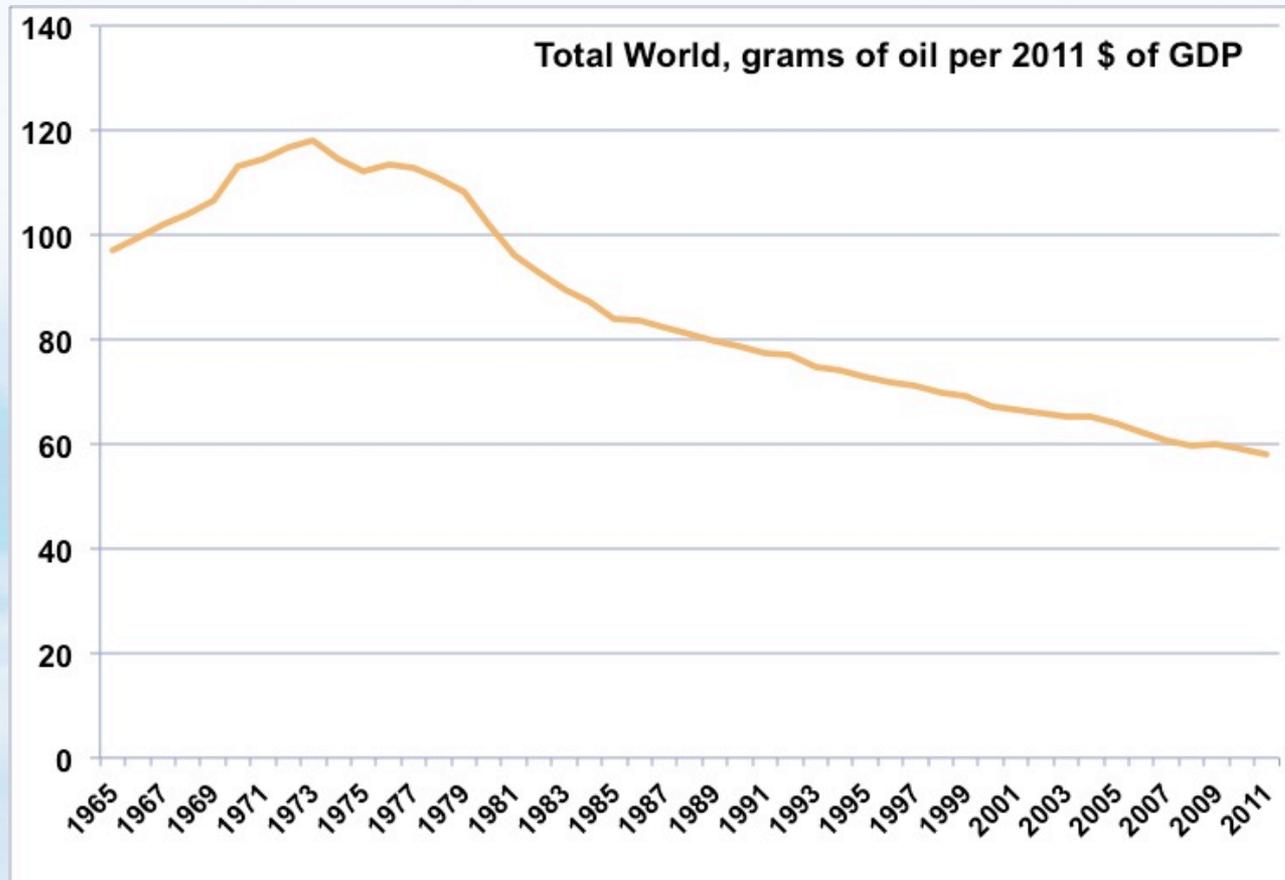
**Le temps joue très rapidement contre l'Europe**

**Il y a trop d'énergie fossile pour ne pas « détruire le climat », mais déjà plus assez pour avoir une économie européenne qui évite les chocs**

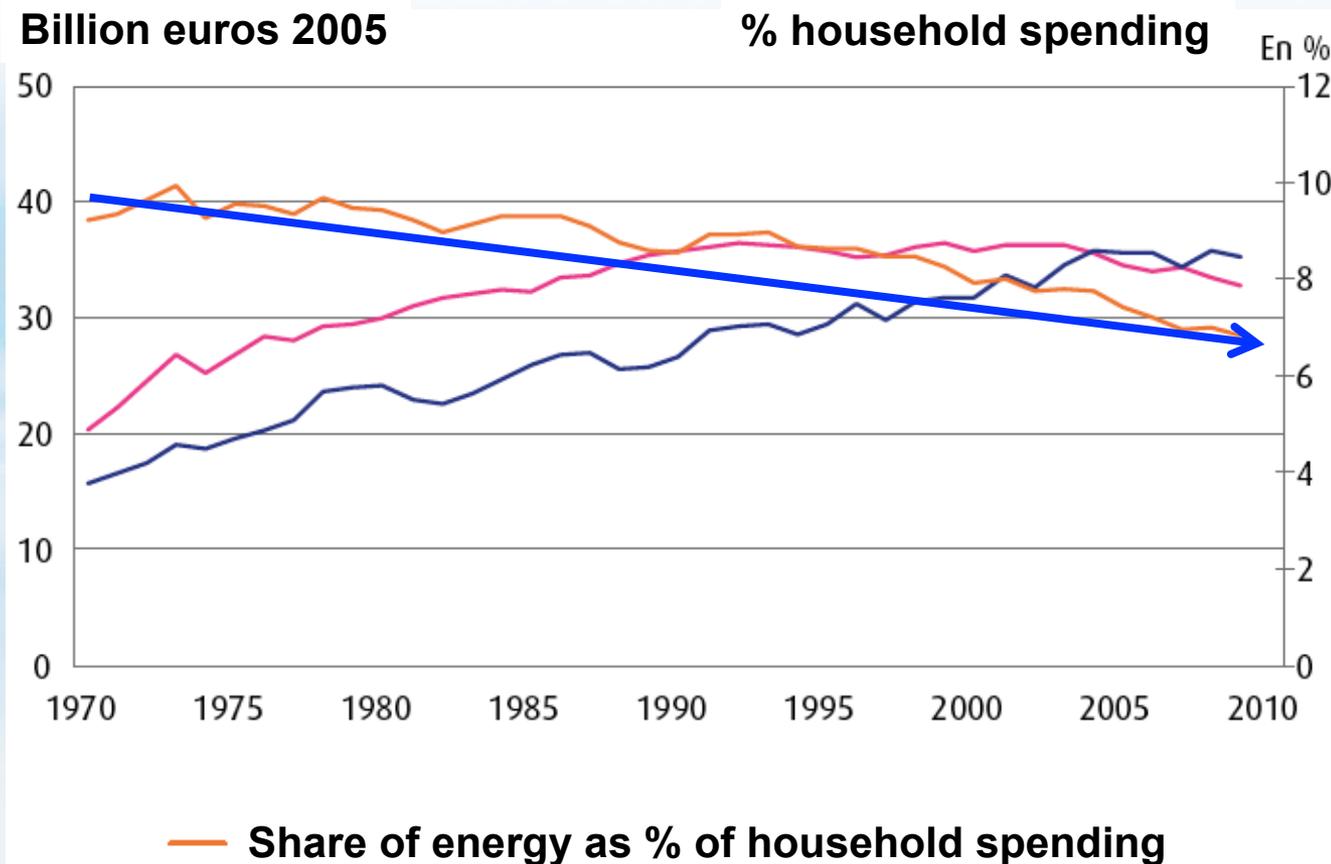
**La hiérarchie des nuisances valable en monde infini ne vaut plus en monde fini**

# Continuons par les bonnes raisons de s'arrêter là

**Non ! Il y a moins de pétrole dans le PIB qu'avant**

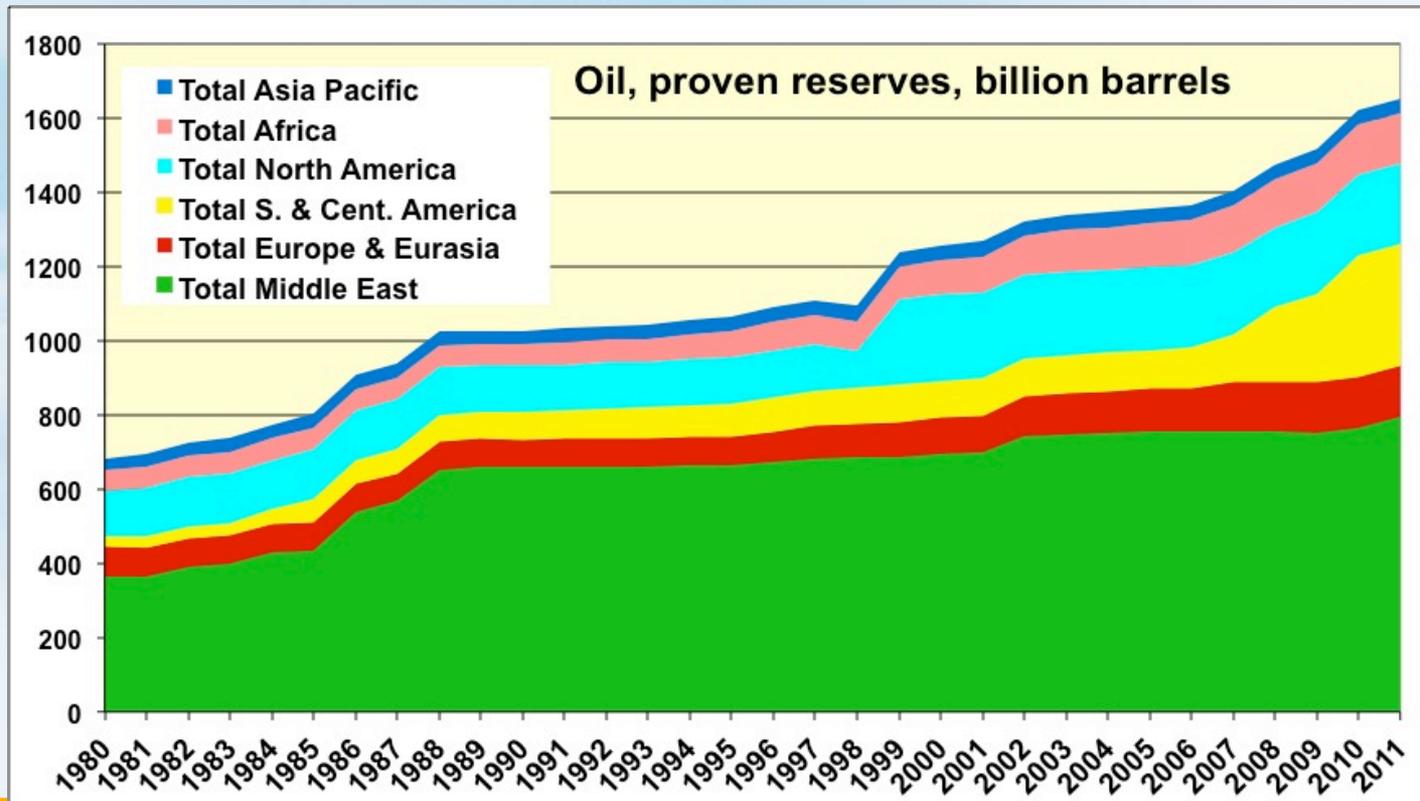


**Non ! L'énergie c'est moins de 10% de la dépense des ménages (en France), et cela décroît**



# Continuons par les bonnes raisons de s'arrêter là

**Non ! Le monde regorge de pétrole, de gaz, de charbon...**



**Non ! Nous nous occuperons du climat en 2015,  
promis juré craché**

**Non ! Même s'il y avait un problème, la technologie et  
le marché s'en occuperont en 2 temps 3 mouvements**

**Non ! Nous pouvons faire 100% renouvelables et zéro  
nucléaire avec la croissance perpétuelle, c'est juste  
une affaire de volonté politique...**

**Ah, heu, eh bien, c'est-à-dire, voyons voir...**

# 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



Interaction entre matière et rayonnement :



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

# Nietzsche voulait des surhommes : le pétrole l'a fait

## Energie mécanique fournie par un organisme humain :

3.000 mètres de dénivelée (facile !) pour une personne de 65 kg : 0,5 kWh d'énergie mécanique (pour les sceptiques :  $E = mgh$  ; ici  $E = 65 \times 9,81 \times 3000 \approx 1,9 \text{ MJ} \approx 0,5 \text{ kWh}$ ). Avec des bras, c'est 10 fois moins

Faites cela un jour sur deux  $\rightarrow \approx 100 \text{ kWh}$  par an (10 avec les bras)

Avec une personne payée au SMIC ( $\approx 20.000$  euros par an avec charges sociales) : **200 à 2000 euros** par kWh d'énergie mécanique

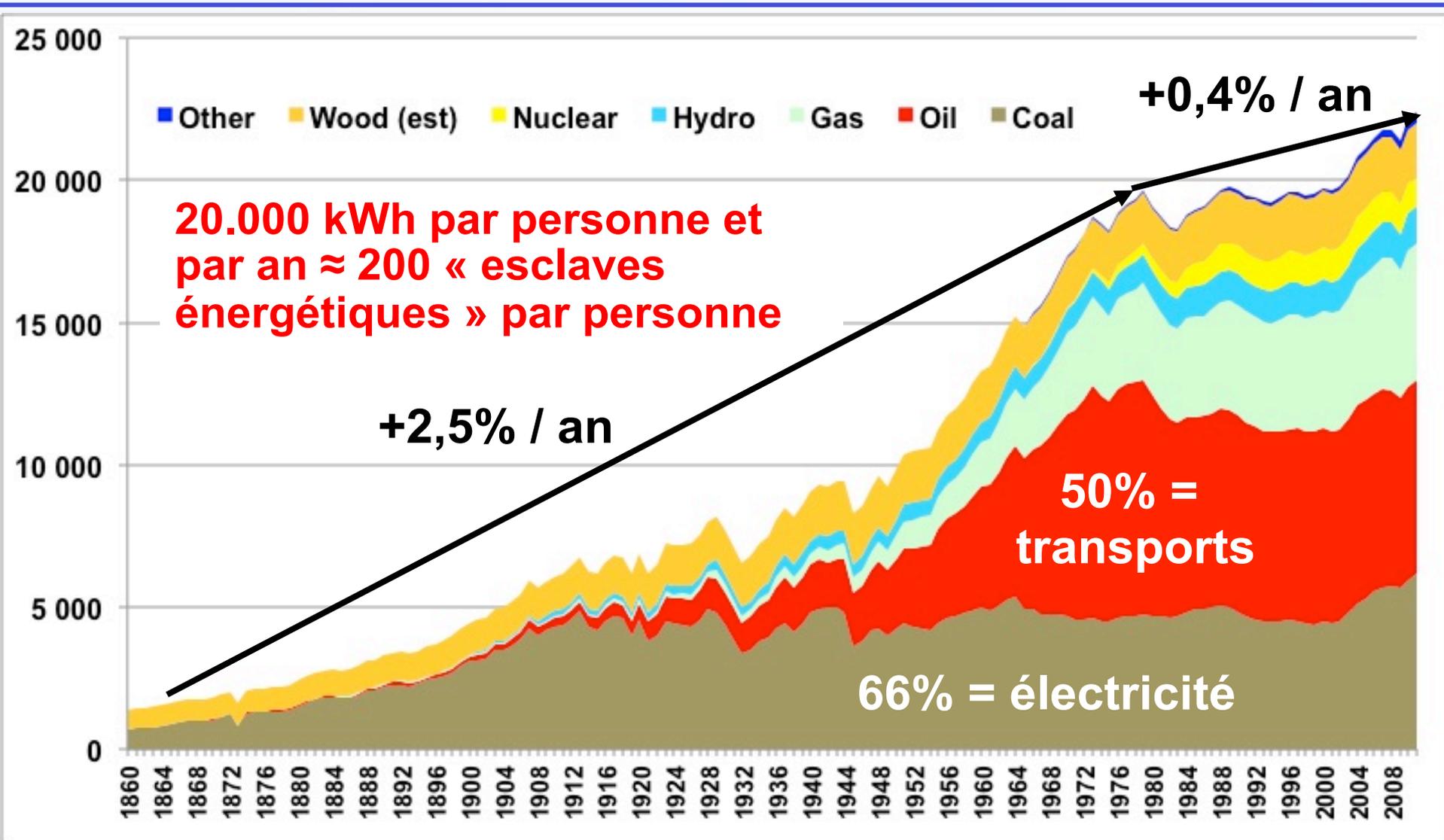
Même un esclave - qu'il faut nourrir, loger, habiller... - et qui coute un euro par jour produit de l'énergie mécanique @ 4-40 €/kWh

1 litre d'essence, c'est (roulement de tambour)... 10 kWh ; après passage dans un moteur c'est 2 à 4 kWh d'énergie mécanique

**0,20 à 0,50** euro le kWh mécanique (avec de l'électricité :  $\approx 0,20$  euro)

**Le coût marginal d'un kWh mécanique est 1.000 à 10.000 fois moins cher avec la machine qu'avec un travailleur humain payé au SMIC**

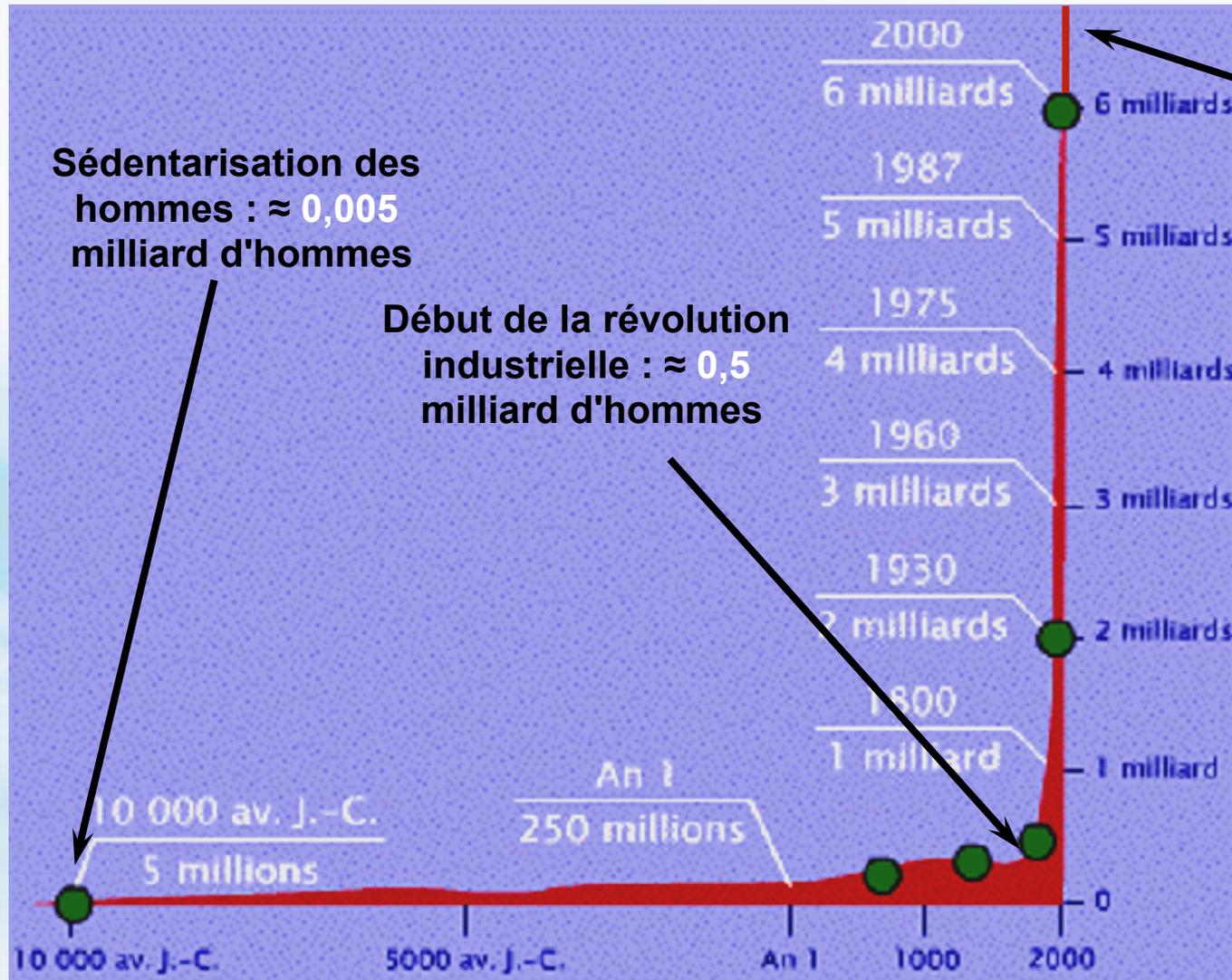
# Miam miam kWh



Consommation d'énergie par personne, moyenne mondiale, de 1880 à 2011.

Source : Jancovici, 2012, sur données primaires Schilling et al., 1977, BP Statistical Review, 2012, UN, 2012.

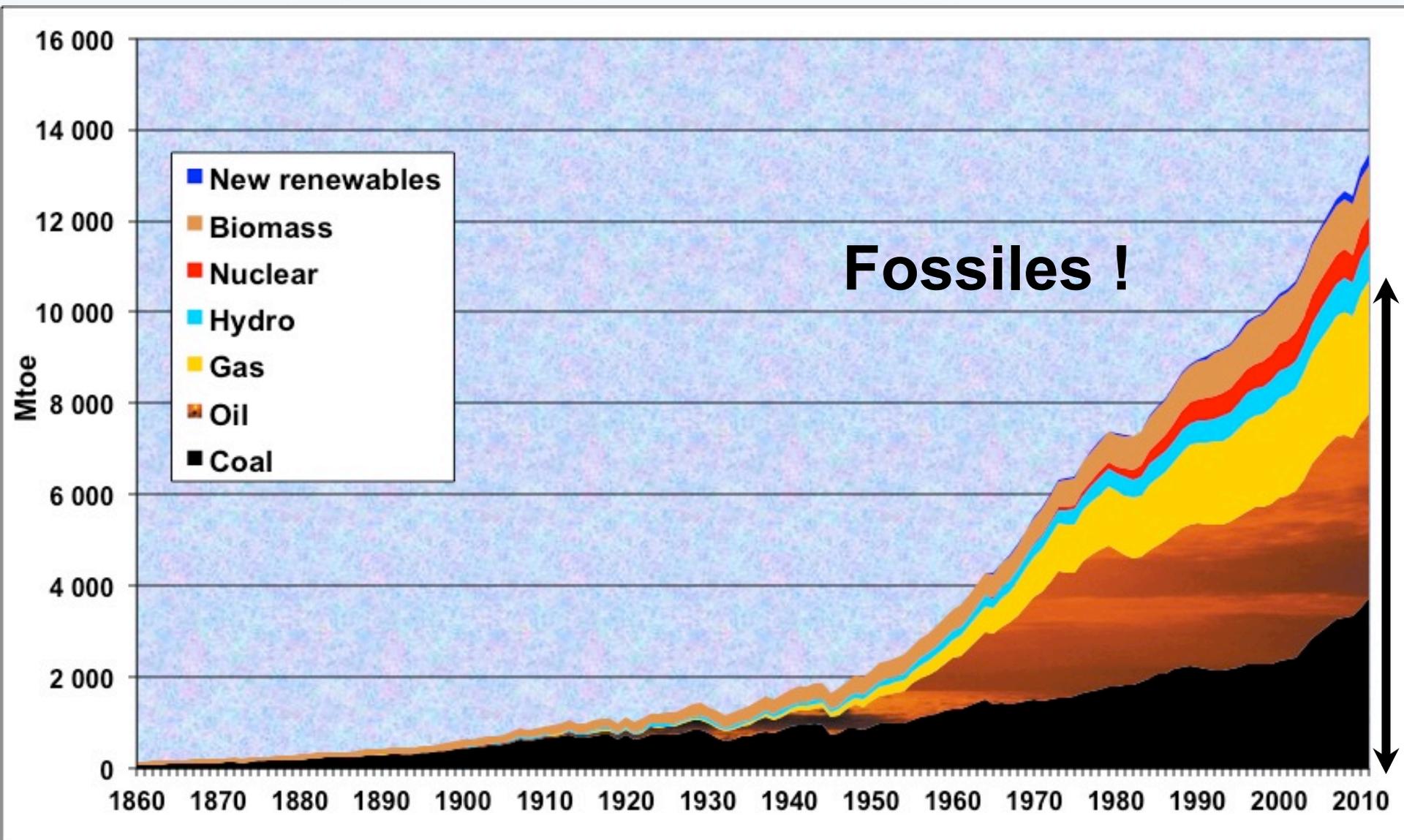
# Un poil de consommateurs en plus, aussi....



2012 : > 7 milliards d'hommes... and rising

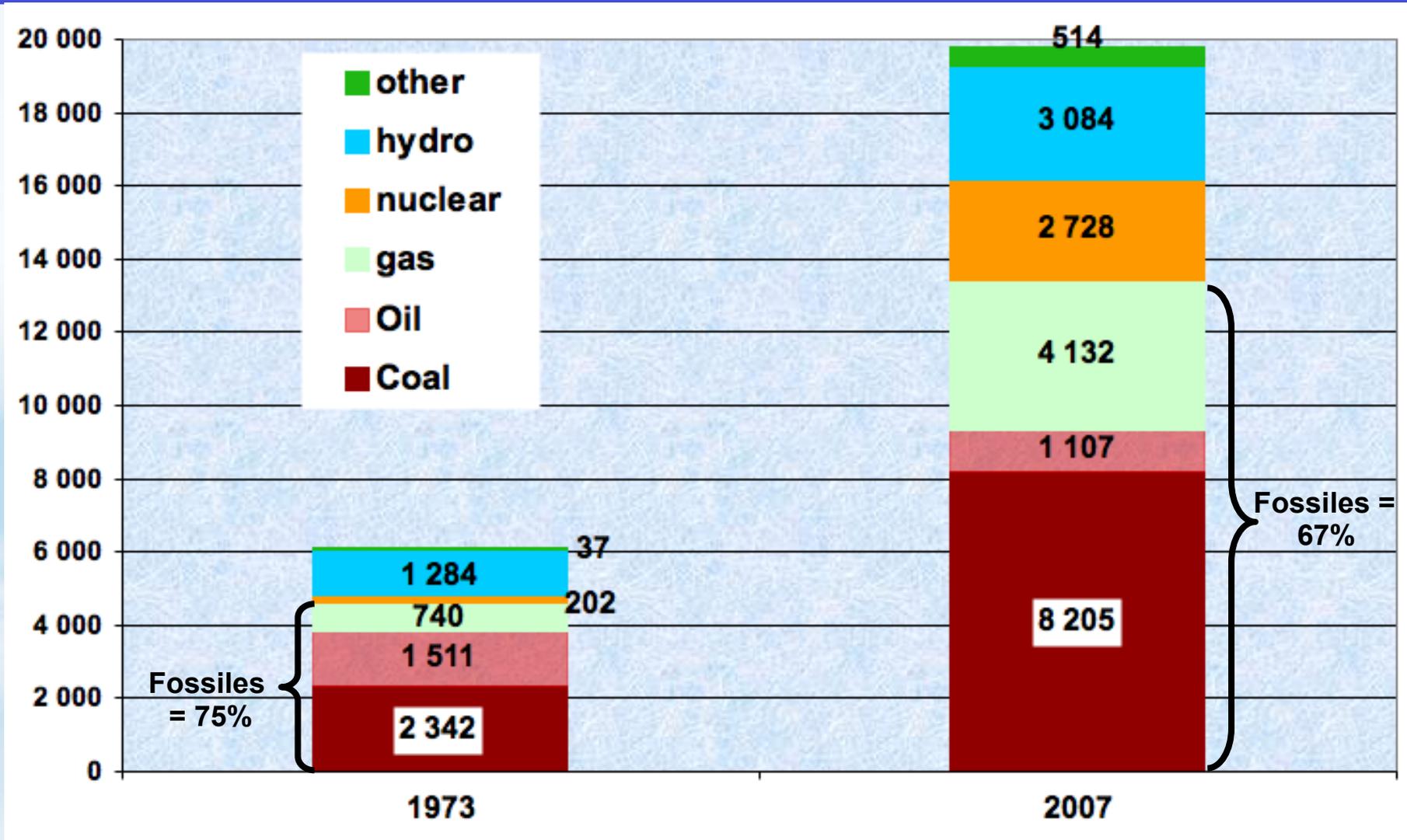
Évolution démographique depuis le néolithique (découverte de l'agriculture). Source : Musée de l'Homme

# Miam miam kWh à 7 milliards



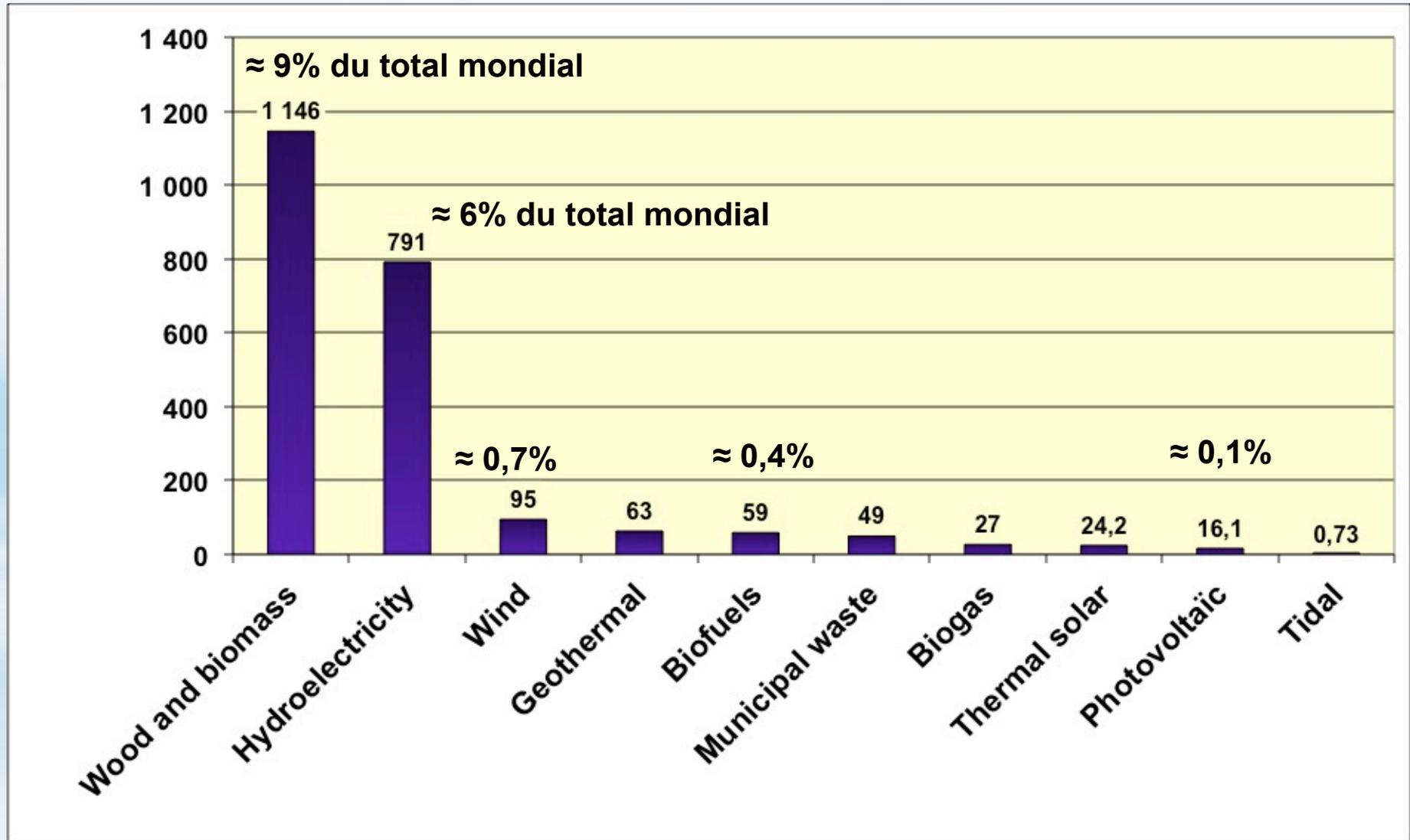
Consommation mondiale d'énergie, de 1880 à 2011. Source : Jancovici, 2012, sur données primaires Schilling et al., 1977, BP Statistical Review, 2012, World Bank, 2012

# Electricité = carbone, cela est quasiment vrai



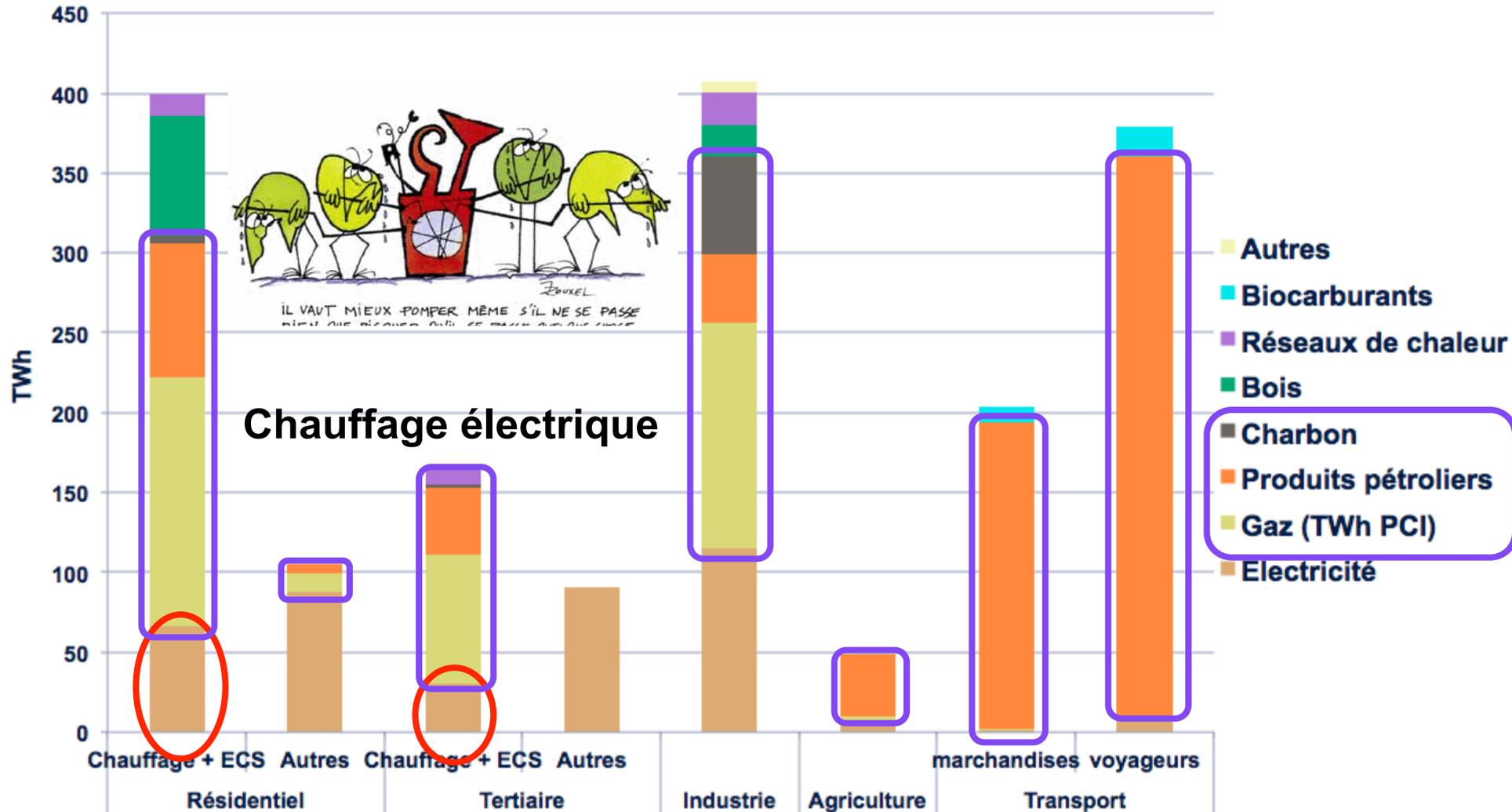
Décomposition de la production électrique mondiale par source d'énergie primaire en 1973 et 2007. Source : AIE 2009

# Les renouvelables : plus on en cause, moins il y en a



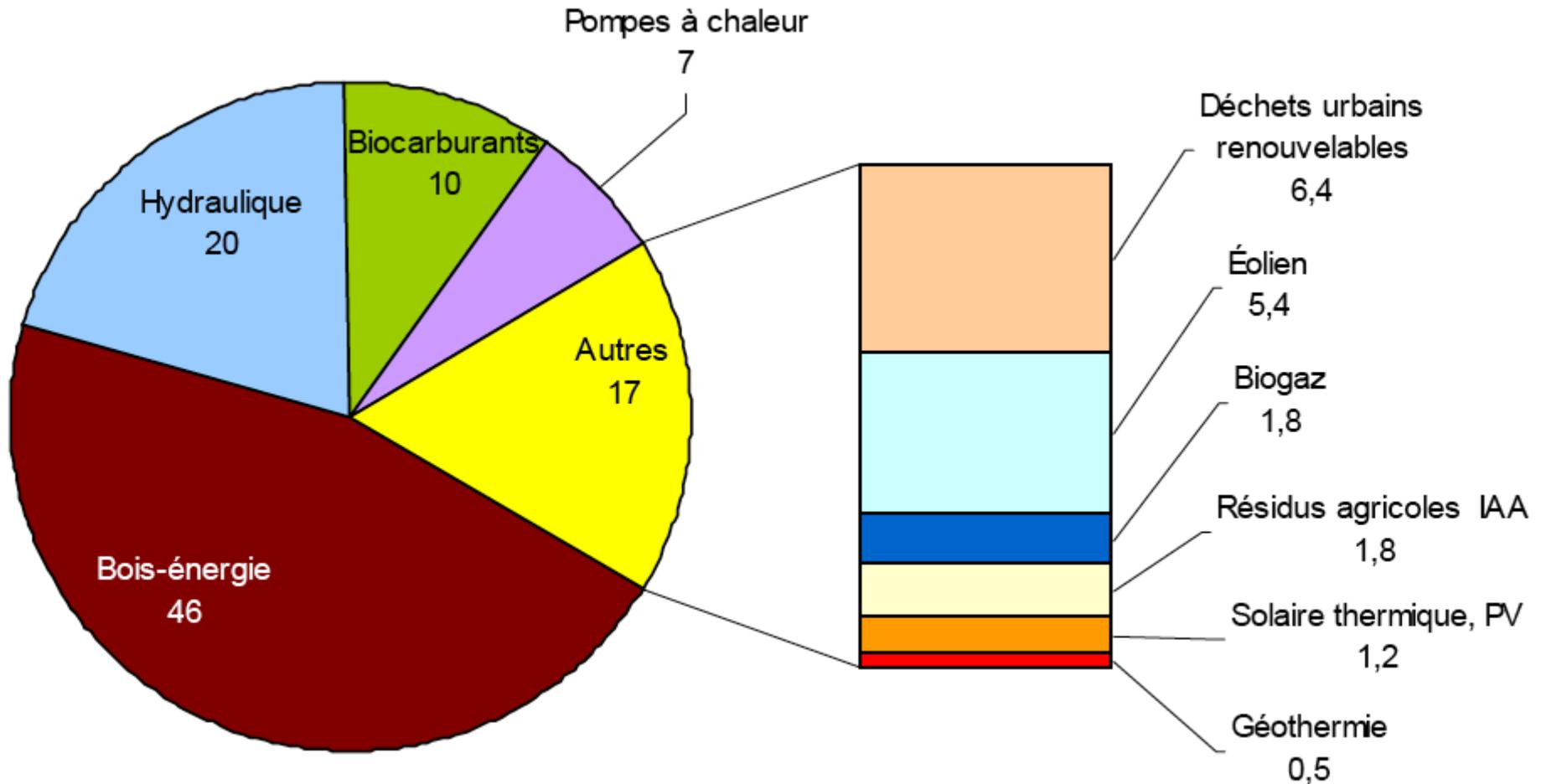
Contribution des énergies renouvelables au bilan énergétique mondial en 2011.  
Compilation de l'auteur sur sources diverses

# La France, pays « tout nucléaire » ?



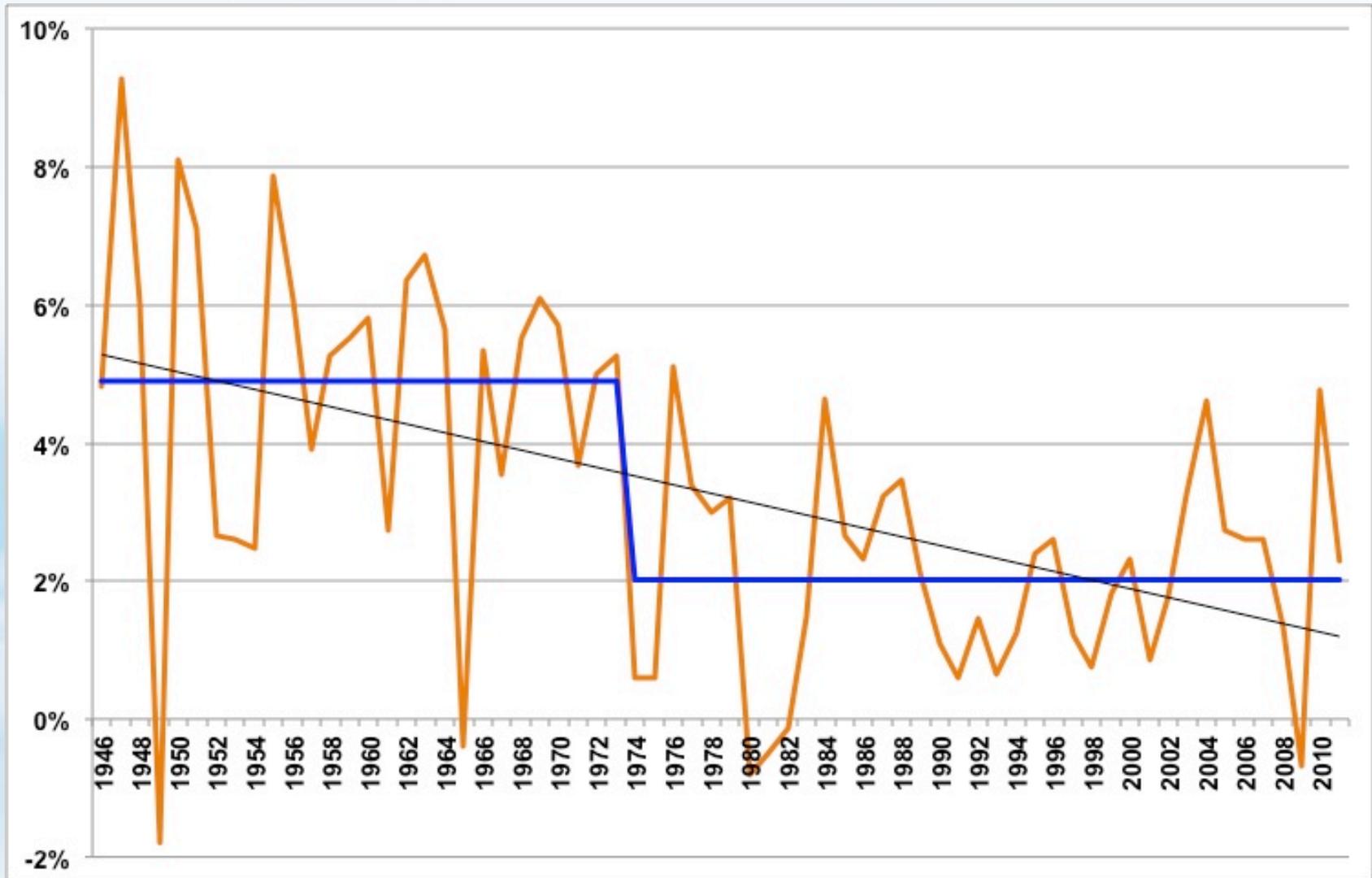
Répartition de la consommation d'énergie finale en France par secteur et par type d'énergie, en TWh. Source SOeS, 2011

# La France, renouvelable ou pas ?



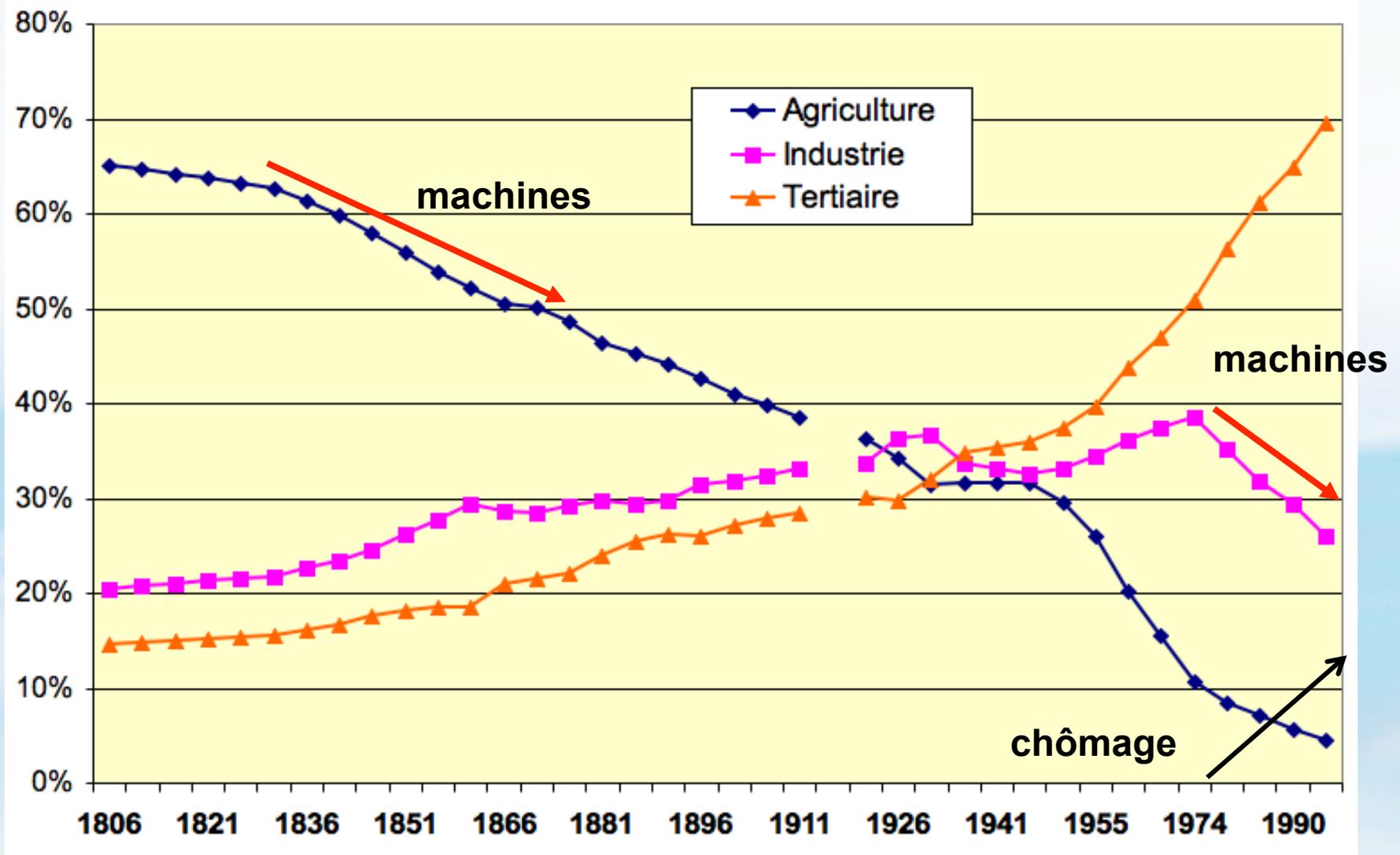
Répartition de la consommation d'énergie renouvelable en France par nature, sur un total d'environ 20 millions de tonnes équivalent pétrole (soit 7,5% du total Français). Source SOeS, 2012

# Plus de miam miam combien de temps ?



**Croissance de la consommation mondiale d'énergie, de 1945 à 2011. Source : Jancovici, 2012, sur données primaires Schilling et al., 1977, BP Statistical Review, 2012**

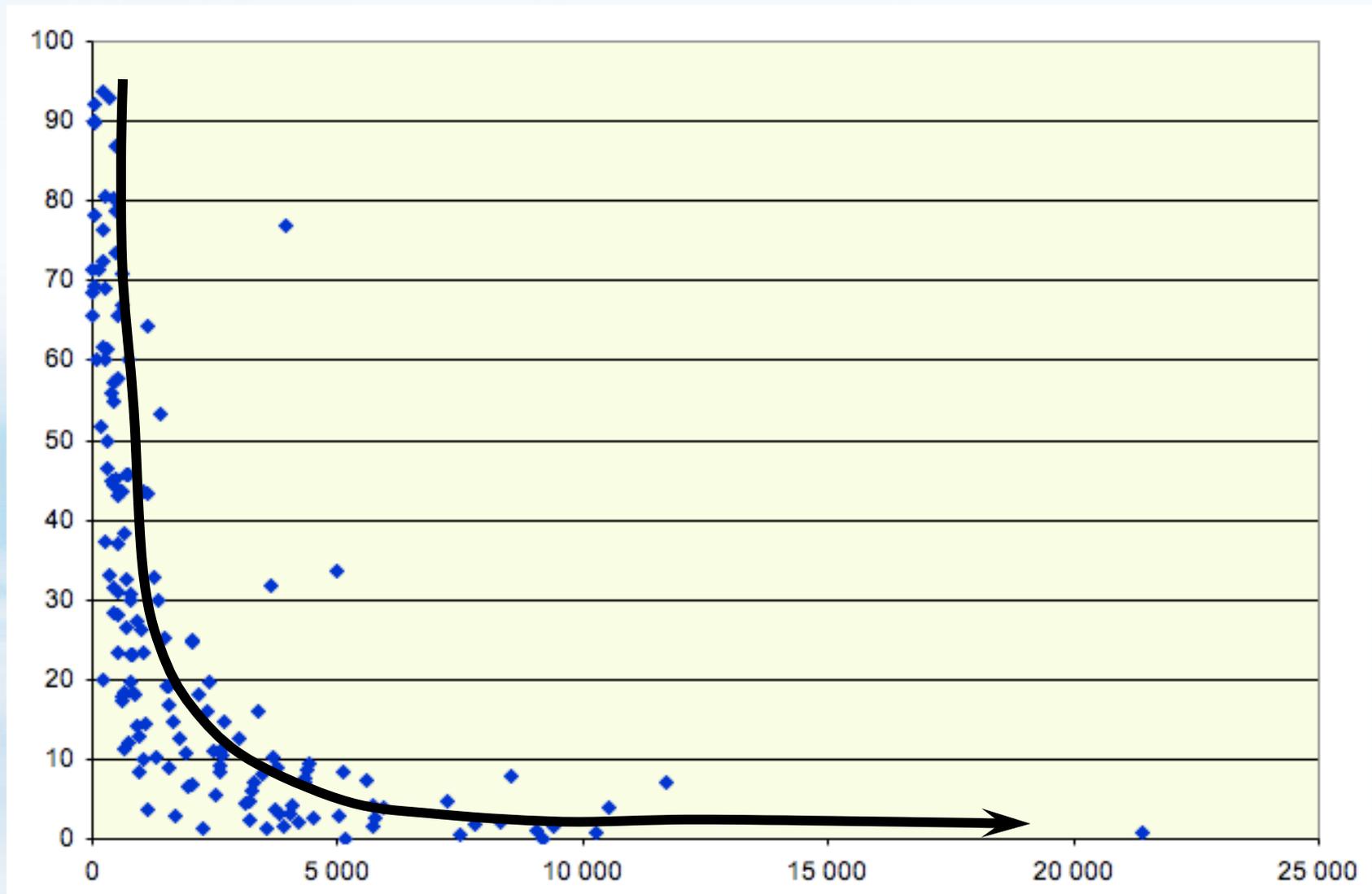
# Plus d'énergie = tout le monde à l'usine, puis au bureau



Part de chaque secteur dans l'emploi en France.

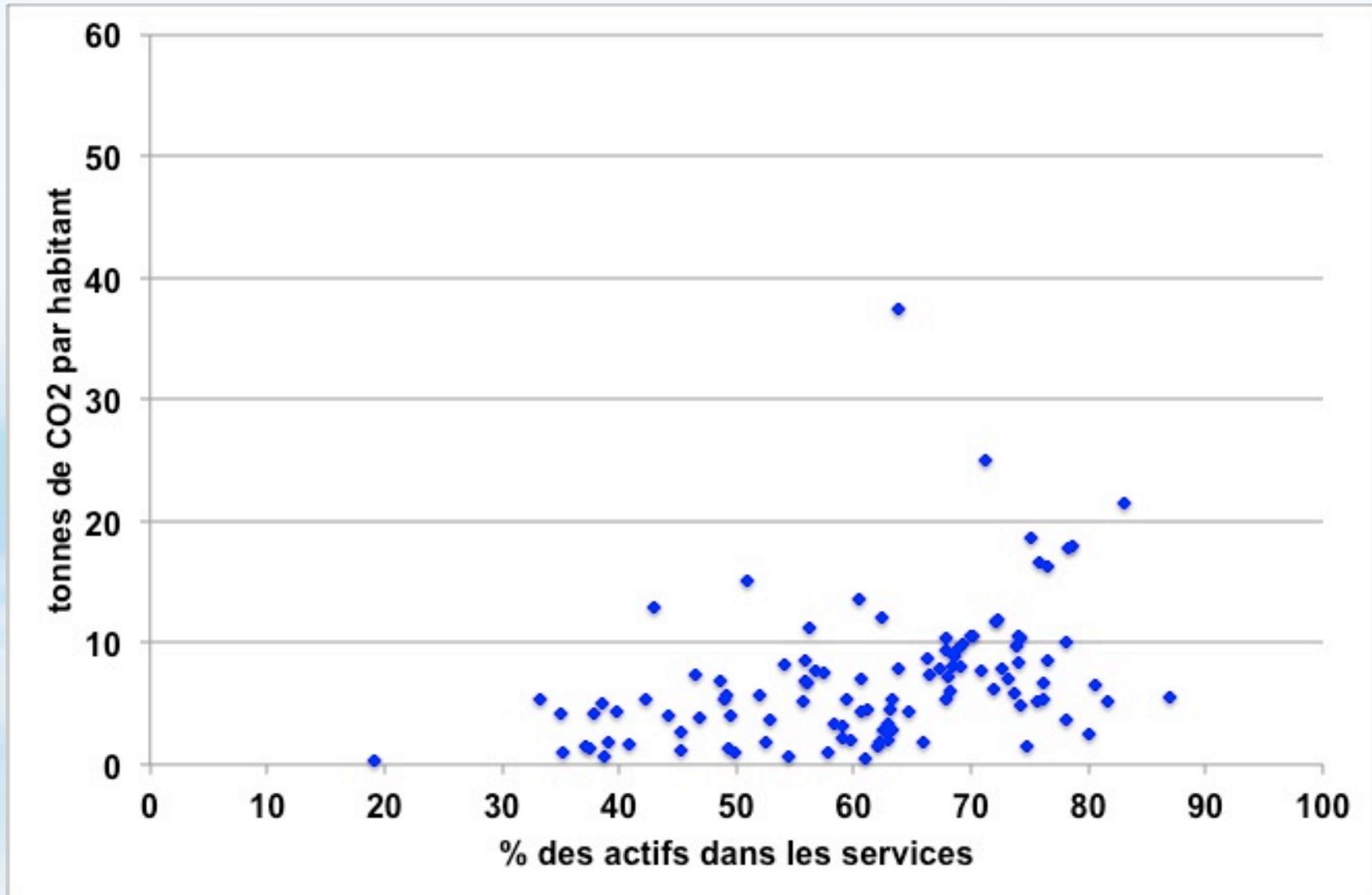
Source INSEE

# Un tracteur = 1000 paires de jambes, et cela se voit !



**Consommation d'énergie par personne et par an (ktep) vs. % de l'emploi dans l'agriculture. Sources WRI, US DOE**

# Vous avez dit dématérialisation ?

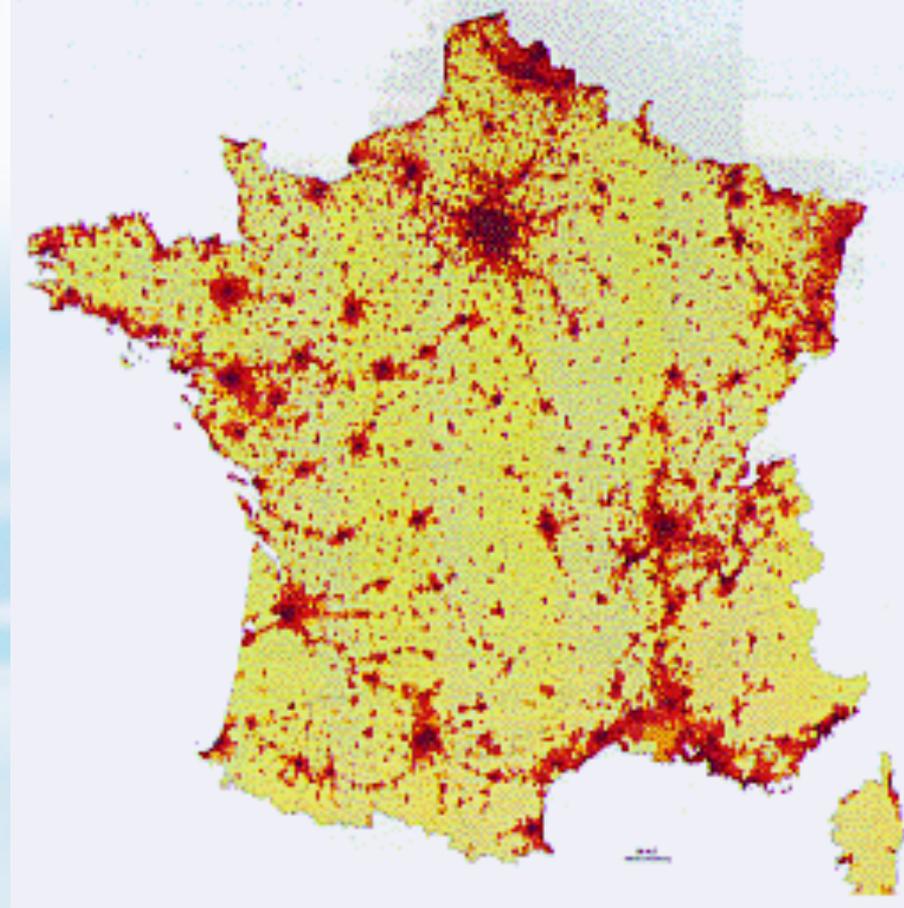


**Emissions de CO<sub>2</sub> par personne et par an vs. % de l'emploi dans les services en 2010. Données primaires World Bank, 2012**

# Plus d'énergie = la ville pour tous, mais à la campagne !



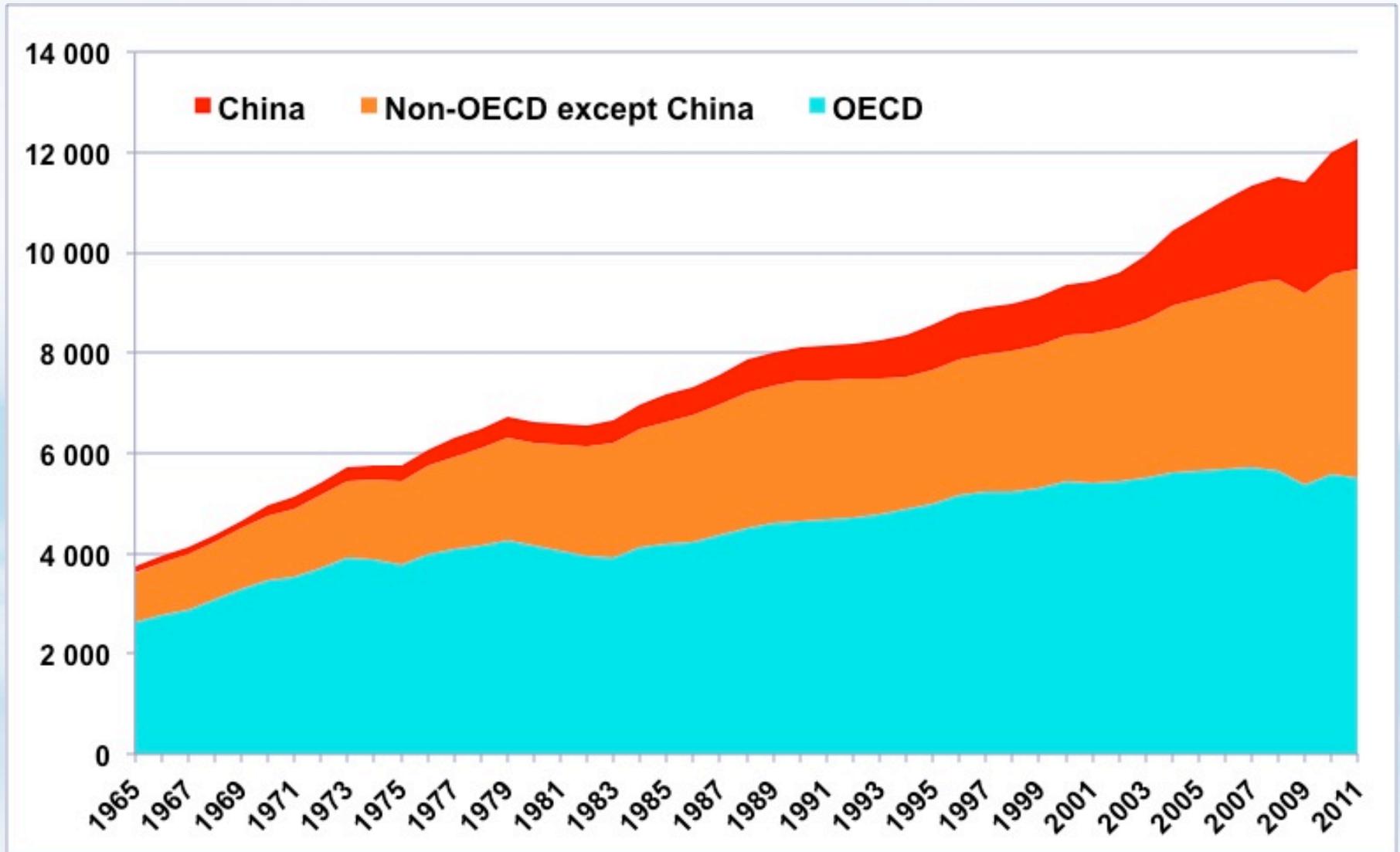
1936, 42 millions d'habitants



2000, 59 millions d'habitants

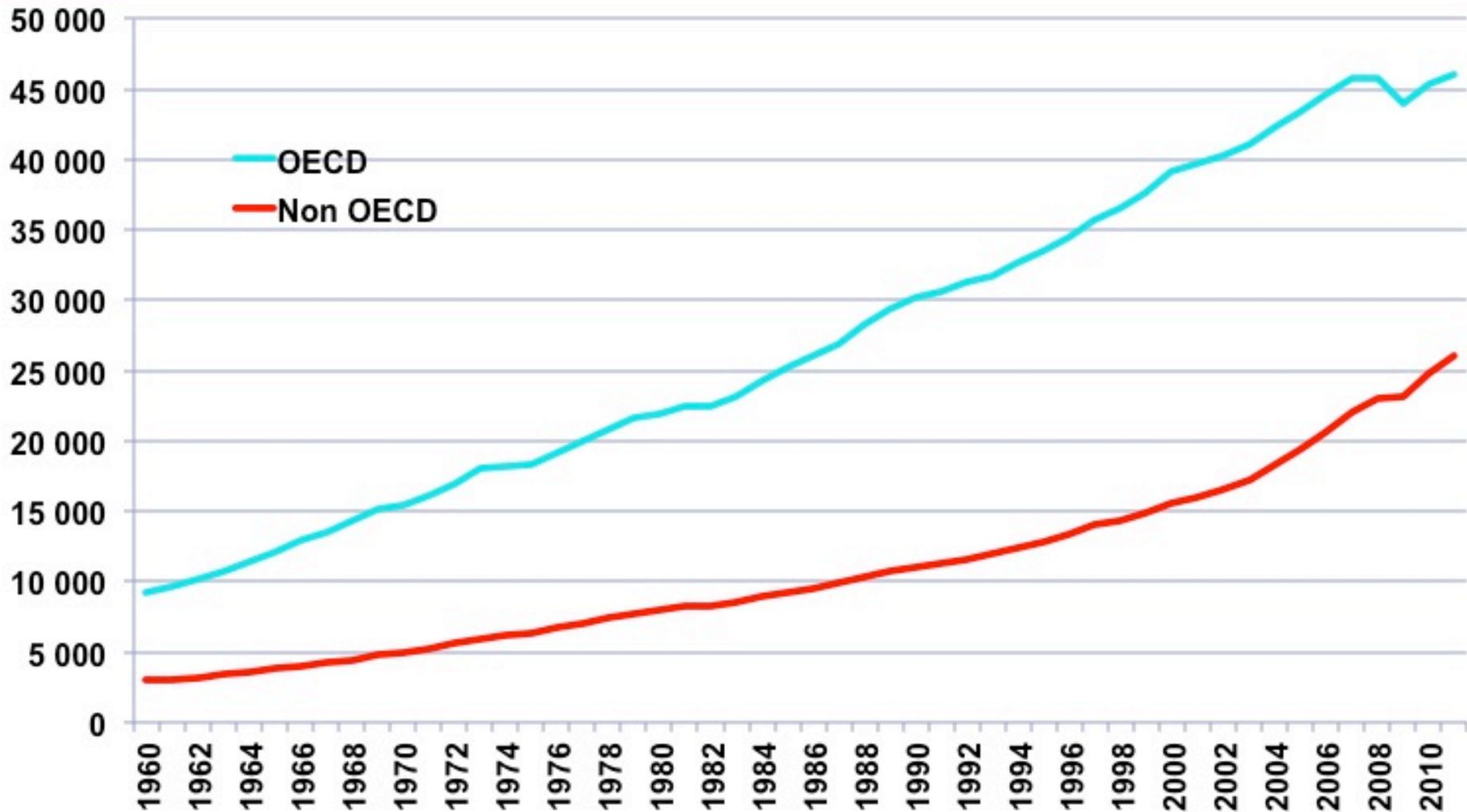
Source DATAR

# La croissance ? Tant pis pour les riches !



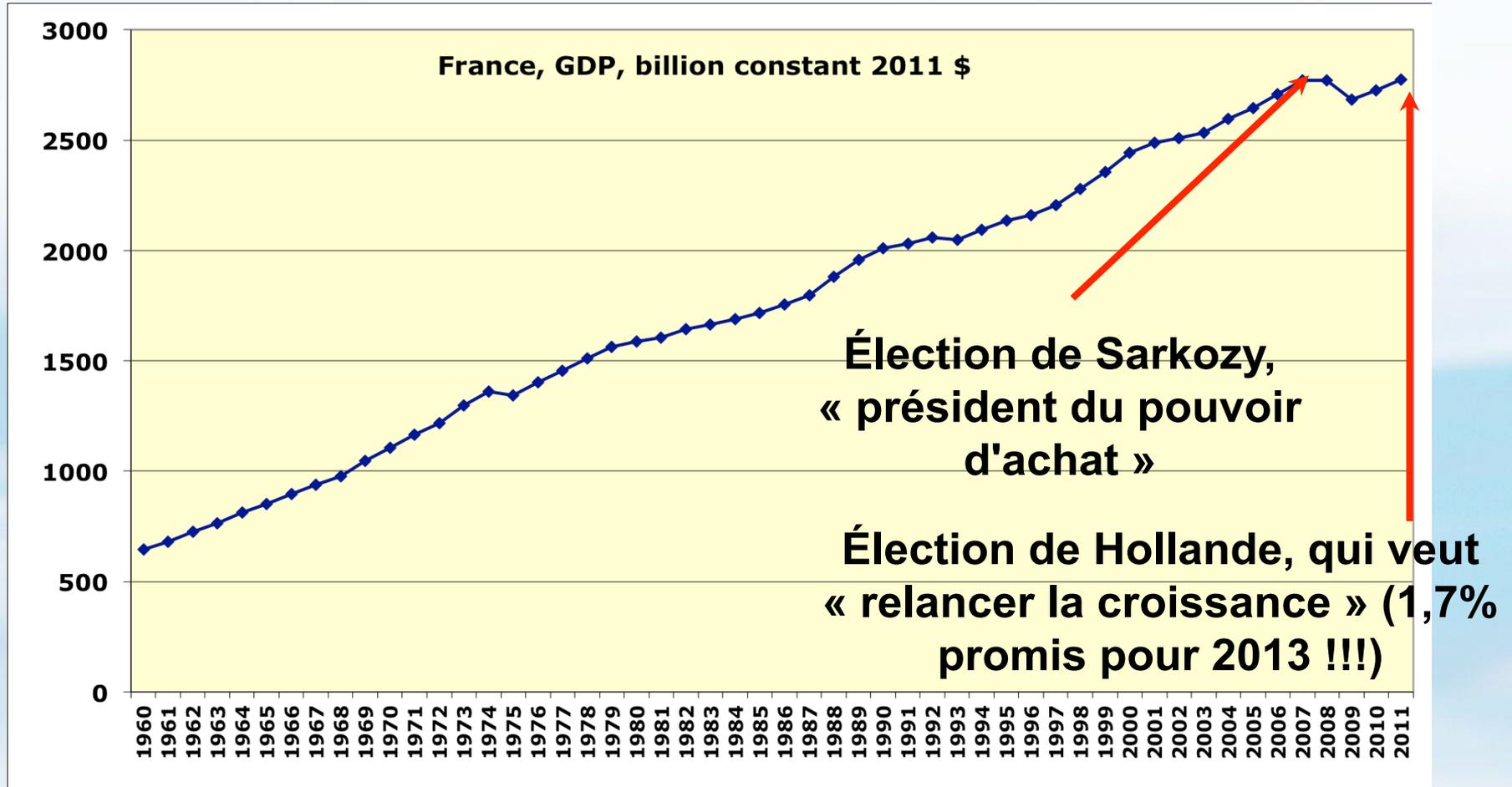
**Evolution de l'approvisionnement énergétique primaire depuis 1965, par zone, en millions de tonnes équivalent pétrole. Source BP Stat 2012.**

# Pas de pot pour les promesses électorales



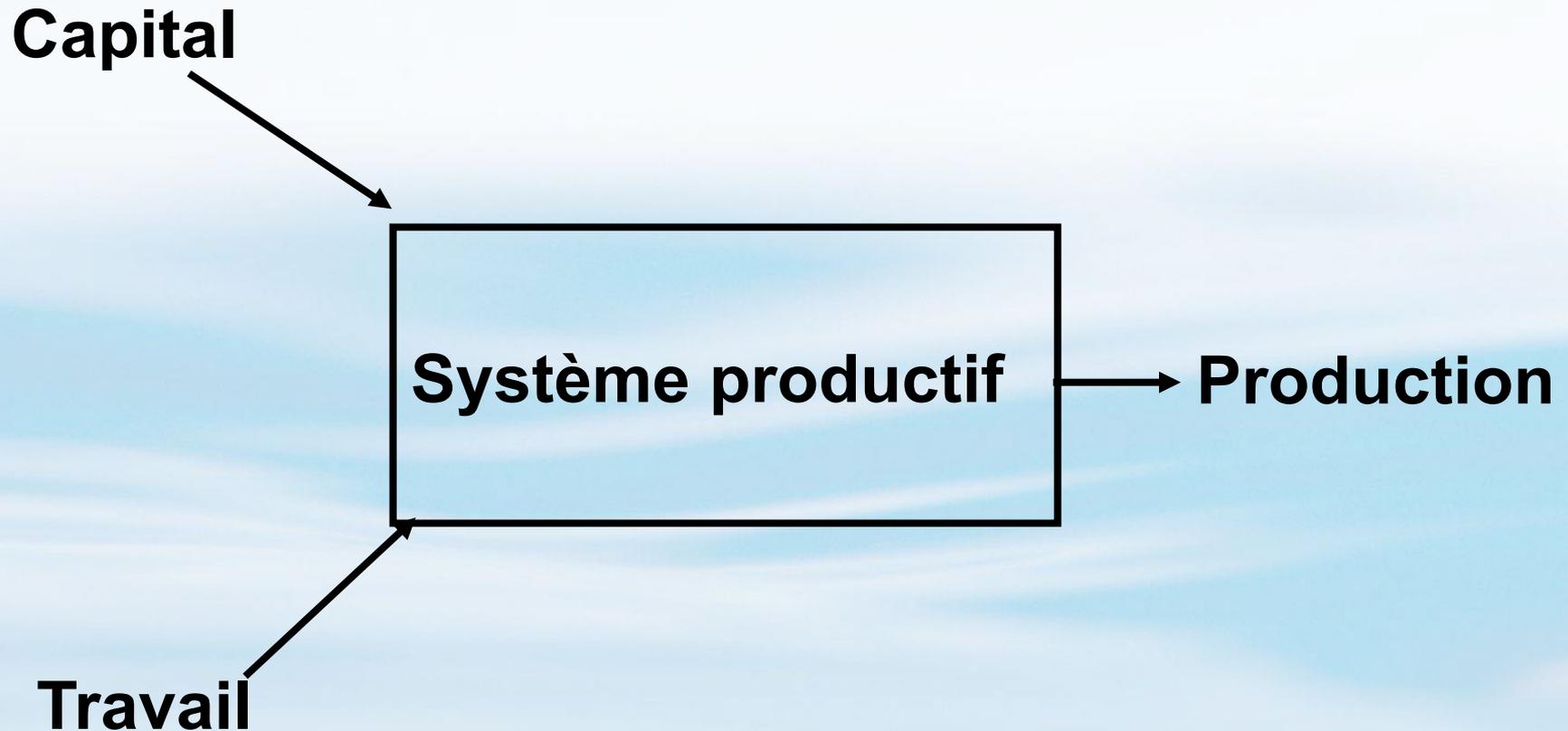
**Evolution du PIB mondial depuis 1960, en dollars 2011 constants, par zone. Données primaires World Bank, 2012**

# Faut-il croire nos présidents, ou la règle de trois ?

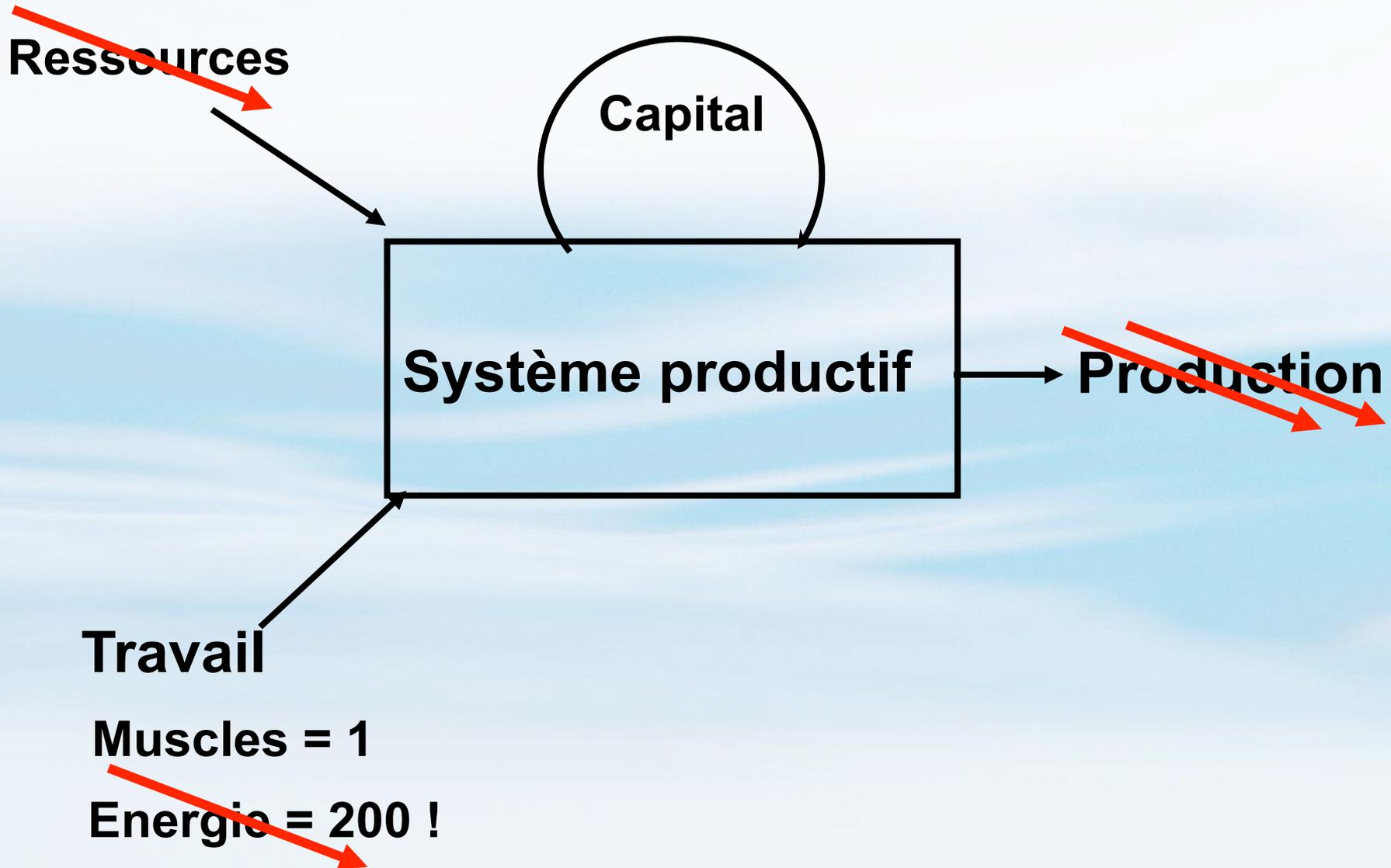


Evolution du PIB français, en dollars constants, depuis 1960. Source World Bank ; déflateur Jancovici.

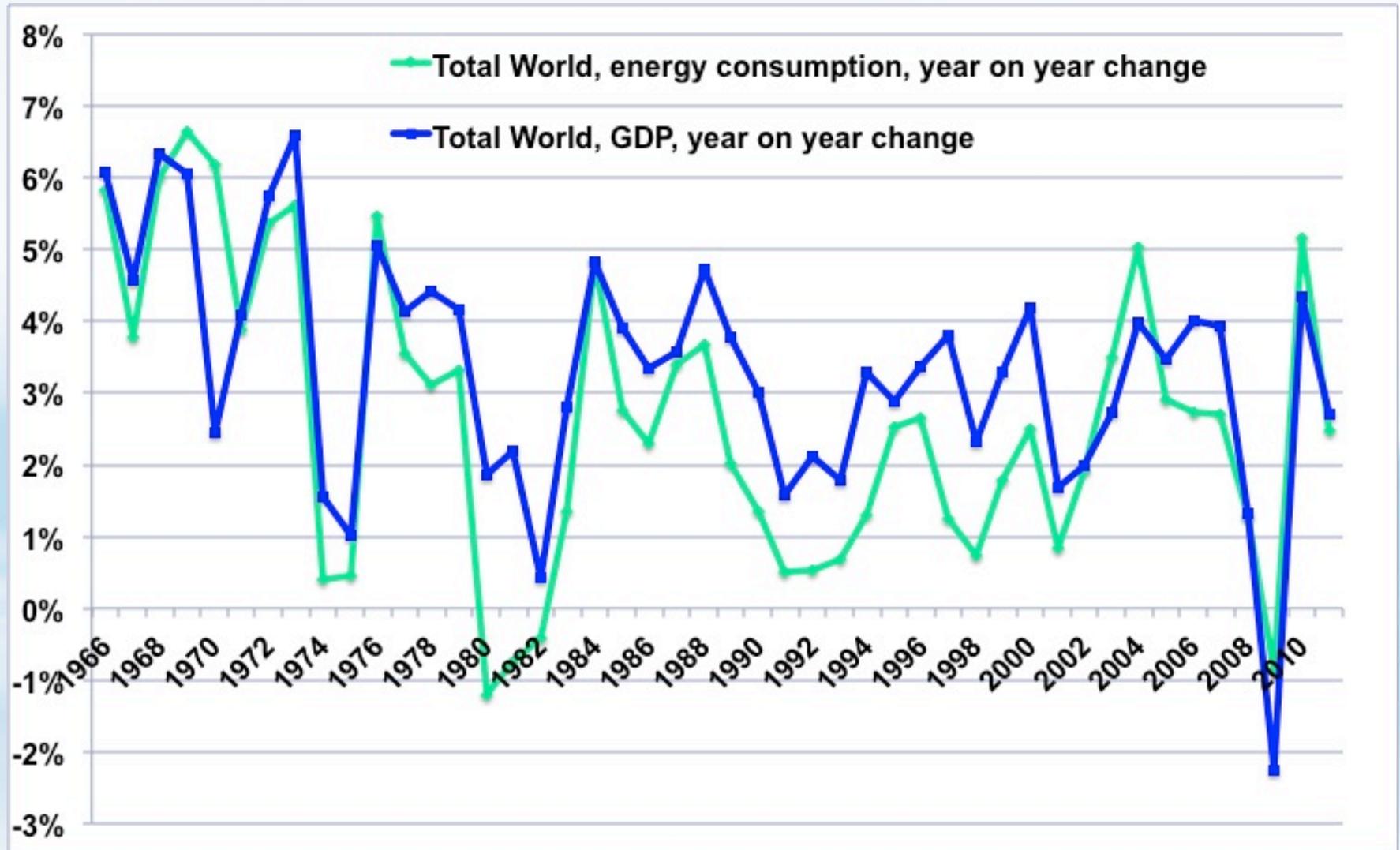
# L'économie vue par Super Mario... ou Super Ayrault



# En fait, il vaut mieux avoir de la ressource !

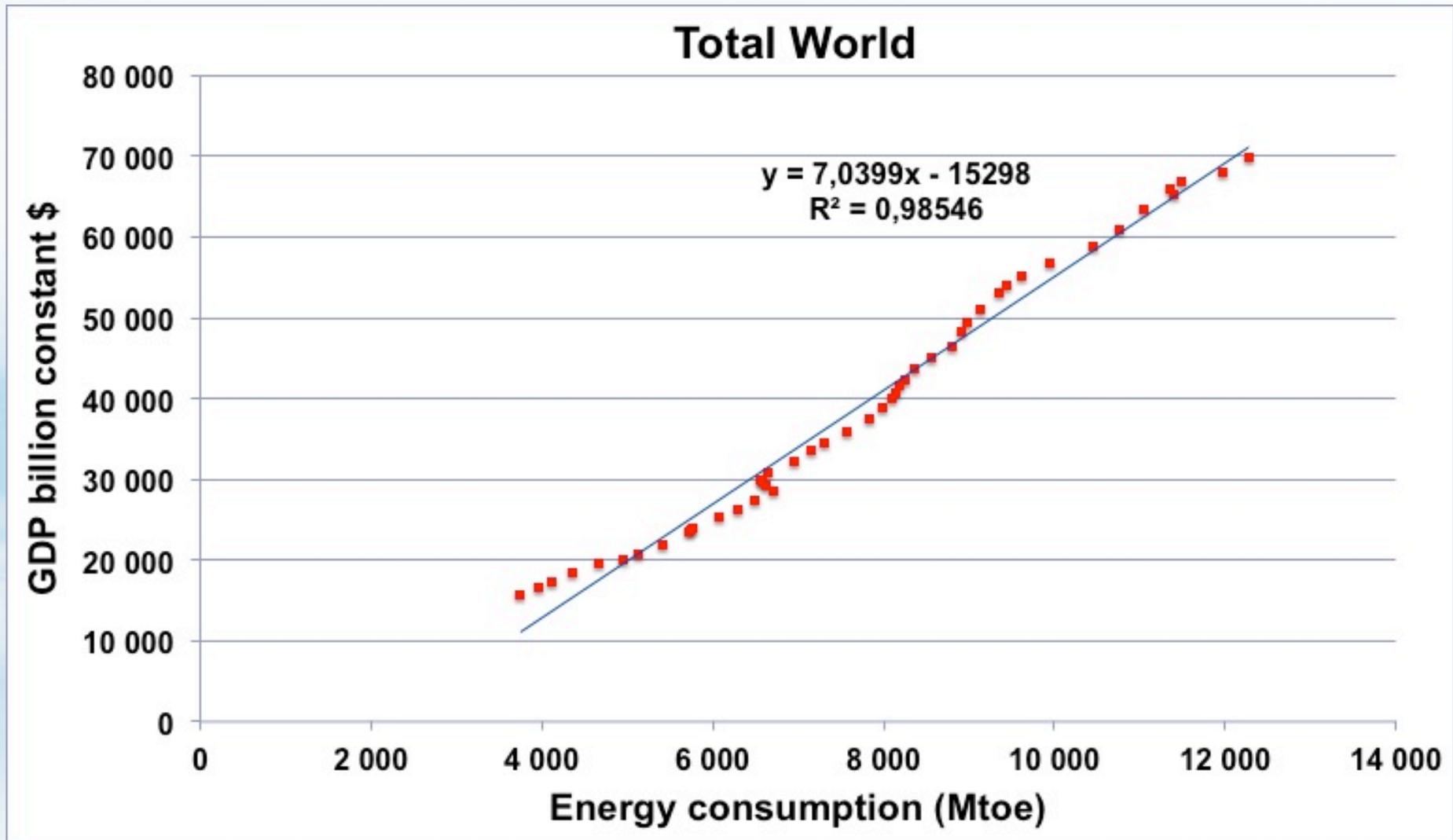


# La théorie est faite pour être passée au banc d'essai



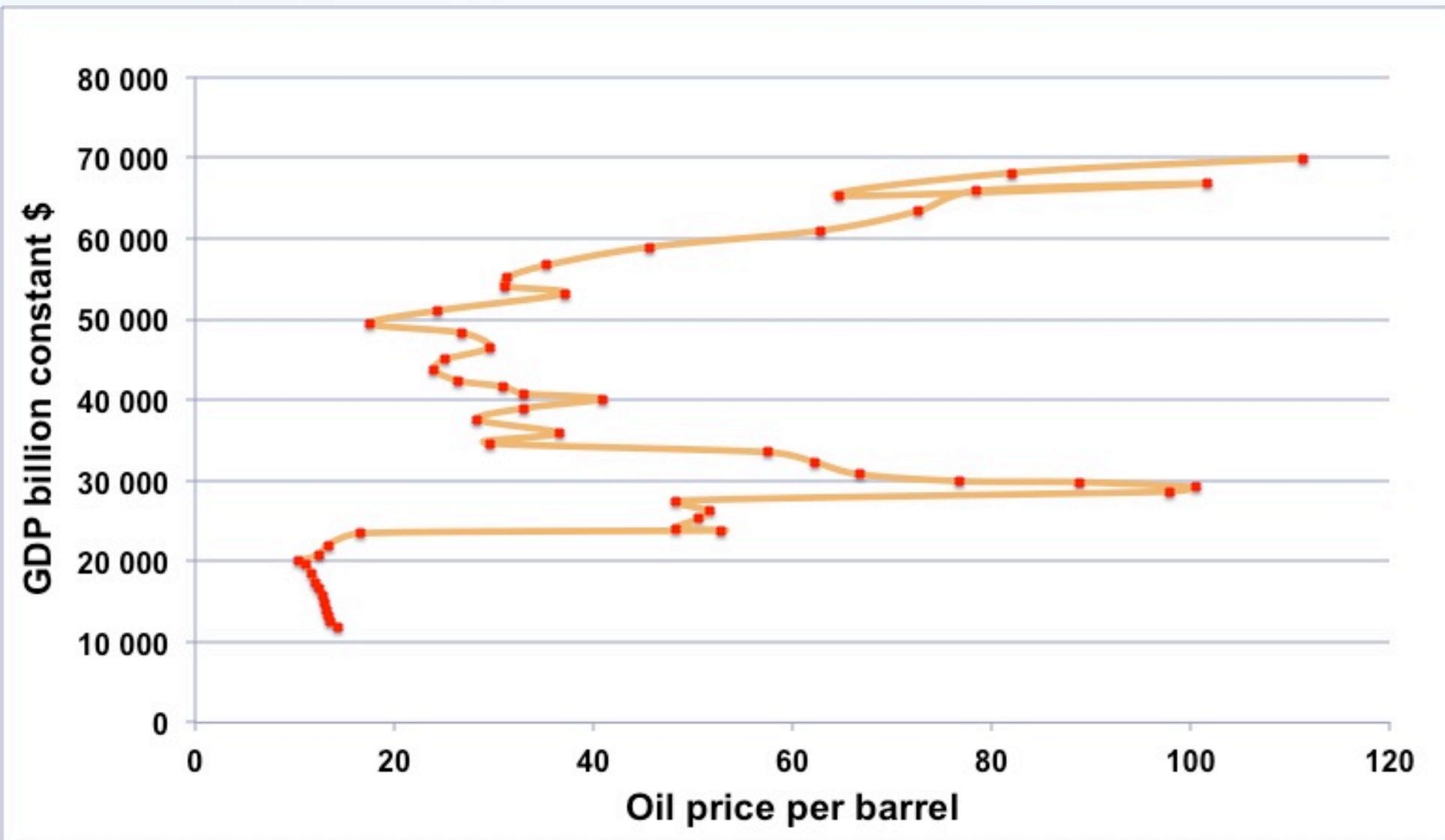
Variation annuelle de la consommation d'énergie (en vert) et du PIB en dollars constants (en bleu), pour le monde. Source World Bank 2012 pour le PIB, BP Stat 2012 pour l'énergie

# Puis-je avoir du PIB sans énergie ?



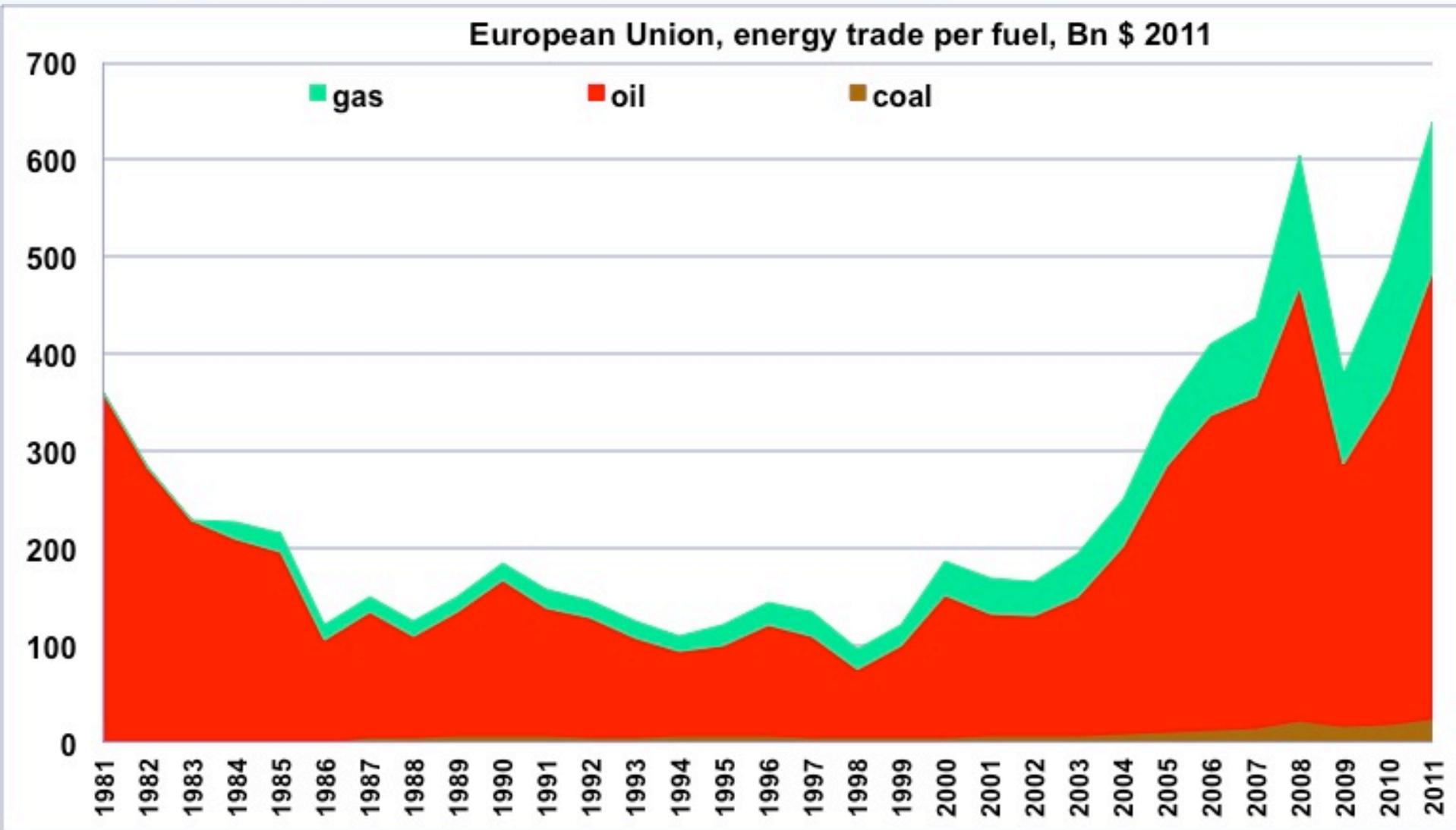
Energie consommée (en abscisse) et PIB en dollars constants (ordonnée) pour le monde, de 1965 to 2011. Source World Bank 2012 et BP Statistical Review 2012

# Un pétrole cher est-il nuisible pour le PIB ?



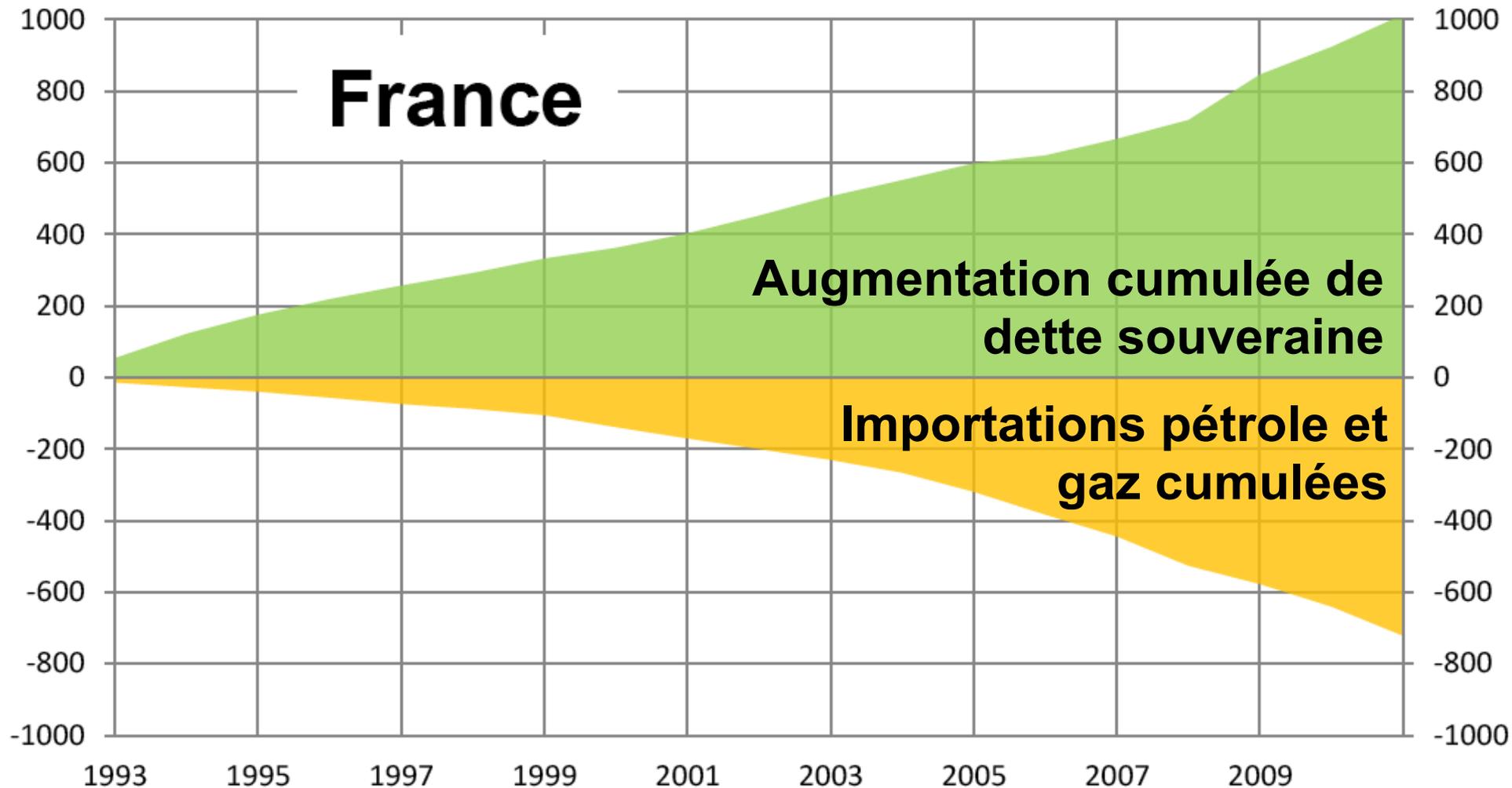
Prix du pétrole (abscisse) et PIB en dollars constants (ordonnée) pour le monde, de 1965 to 2011. Source World Bank 2012 et BP Statistical Review 2012

# Payer les fonctionnaires russes et saoudiens, notre rêve



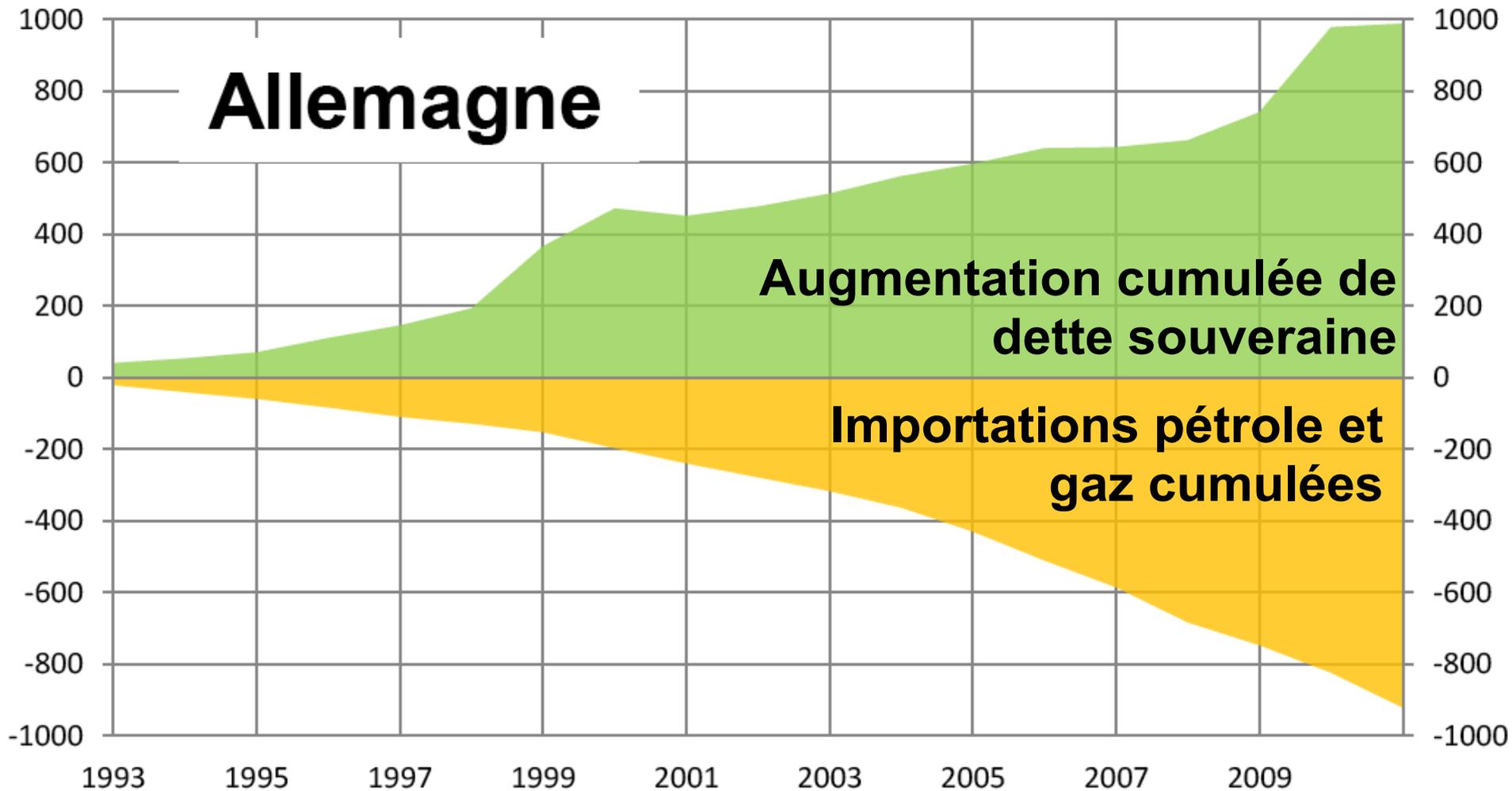
Montant de la facture énergétique de l'Union, en milliards de dollars constants.  
Calculs Jancovici sur données BP Statistical Review 2012

# La dette française : les abrutis d'en face, ou la pétrole ?



**Augmentation cumulée de la dette souveraine (vert) et importations cumulées de pétrole et de gaz (jaune), de 1993 à 2011. Source Olivier Rech, 2012.**

# La dette allemande revisitée par le pétrole...



**Augmentation cumulée de la dette souveraine (vert) et importations cumulées de pétrole et de gaz (jaune), de 1993 à 2011. Source Olivier Rech, 2012.**

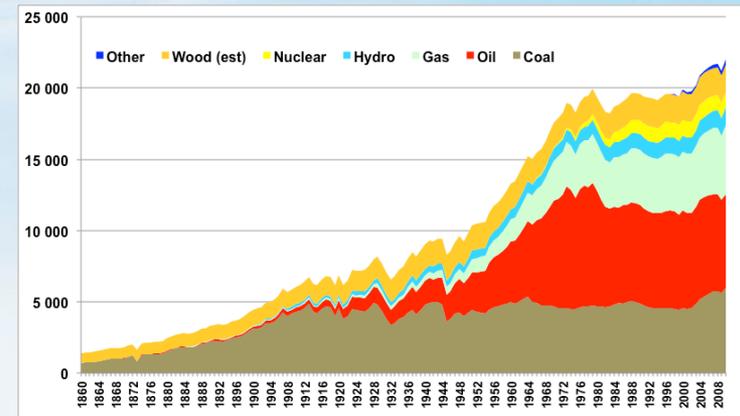
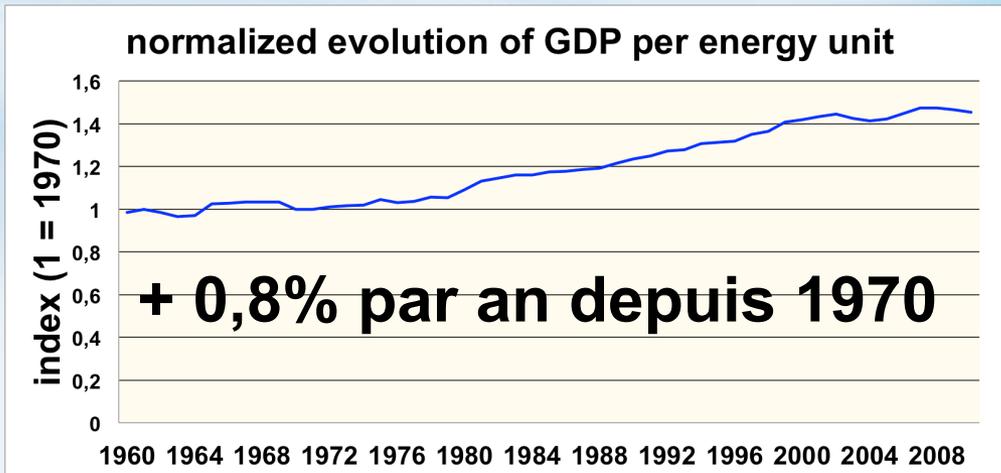
# Ma croissance ! Ma croissance !

$$\frac{GDP}{POP} = \frac{GDP}{NRJ} * \frac{NRJ}{POP}$$

$$\% \left( \frac{GDP}{POP} \right) = \% \left( \frac{GDP}{NRJ} \right) + \% \left( \frac{NRJ}{POP} \right)$$

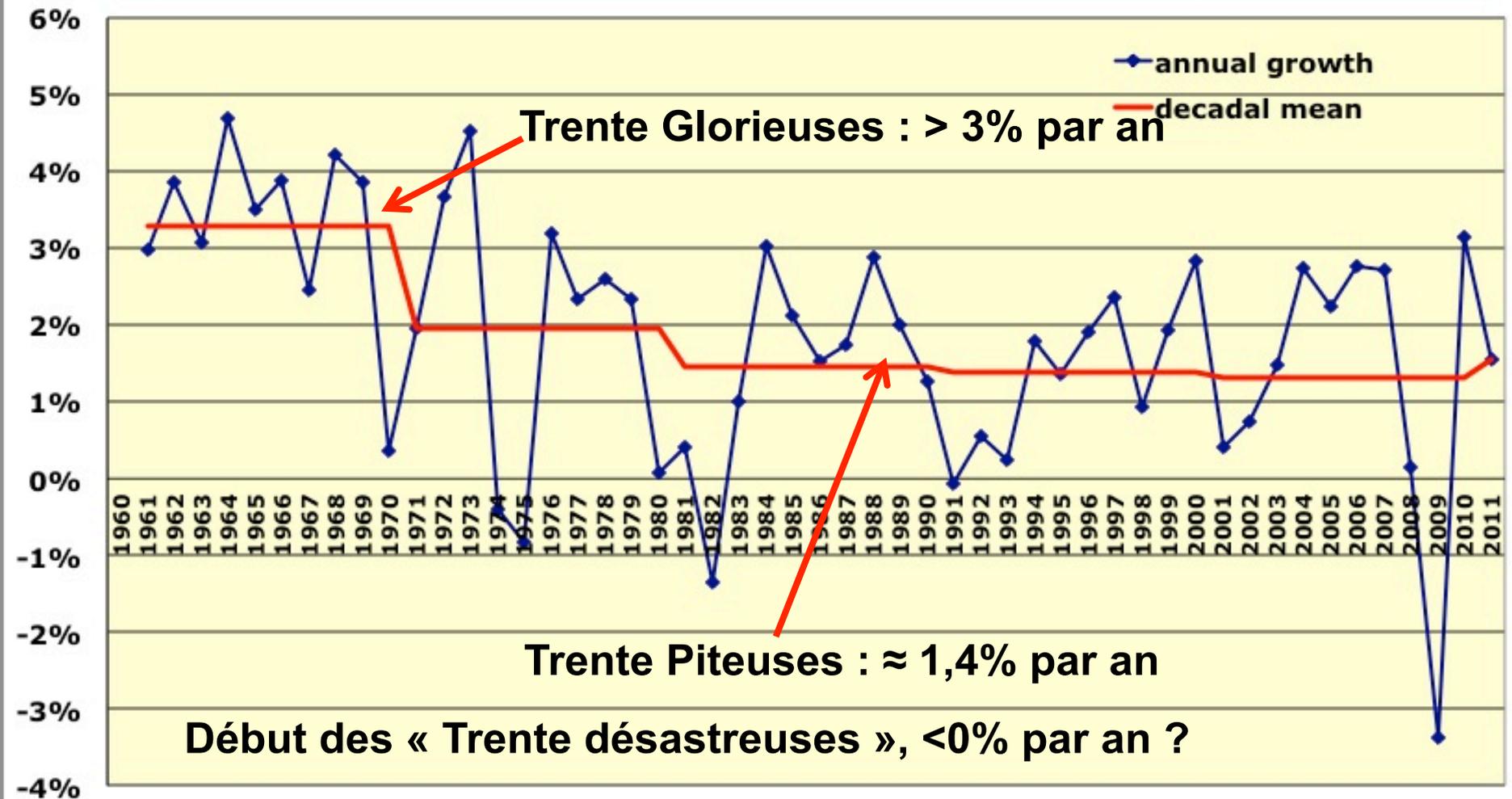
>3%/an avant 1980, 1,2% après

+2,5%/an avant 1980, 0,4% après



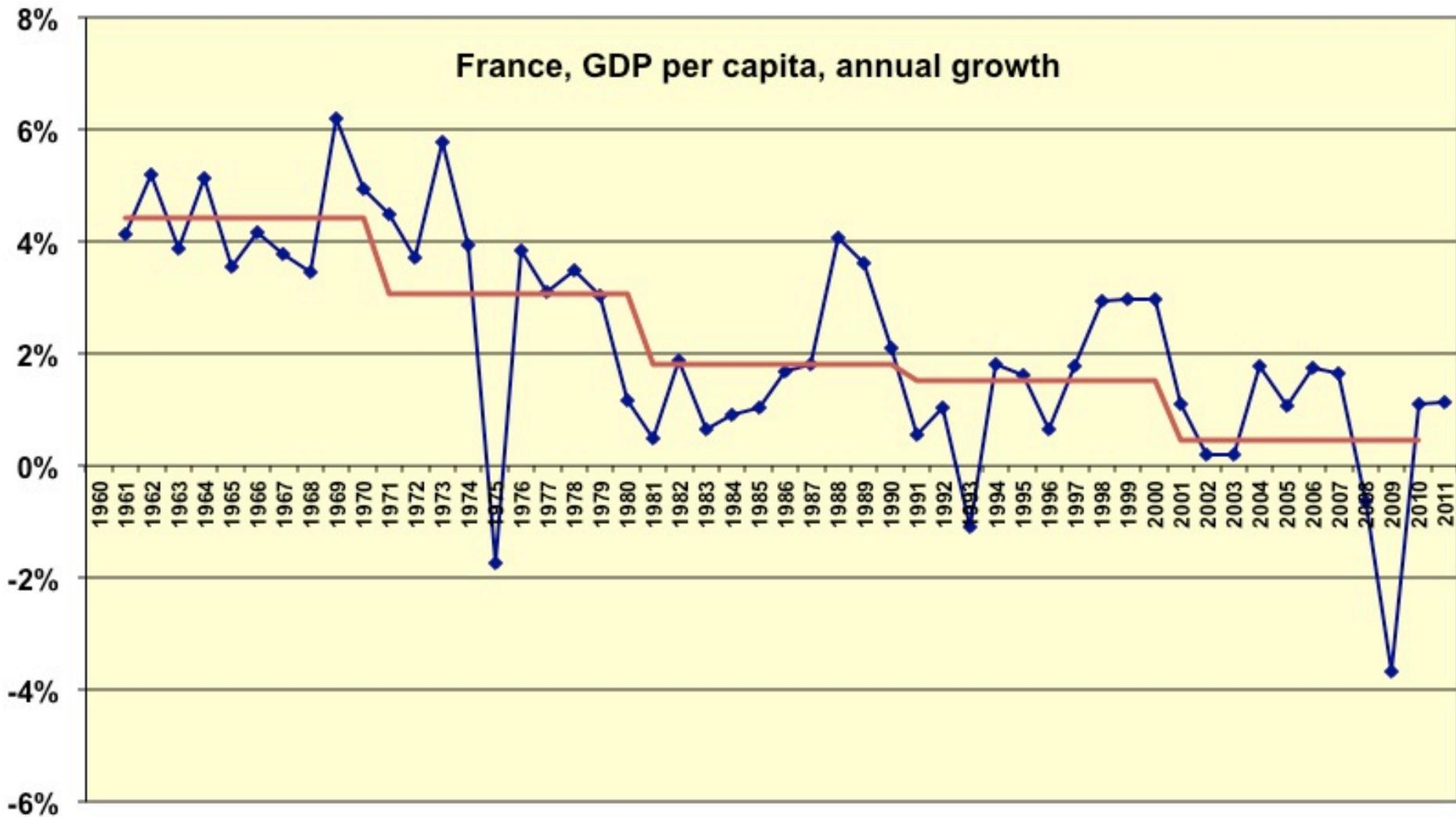
# Les (belles) courbes sont-elles d'accord ?

Total World, GDP per capita, annuel growth and decadal mean, in %



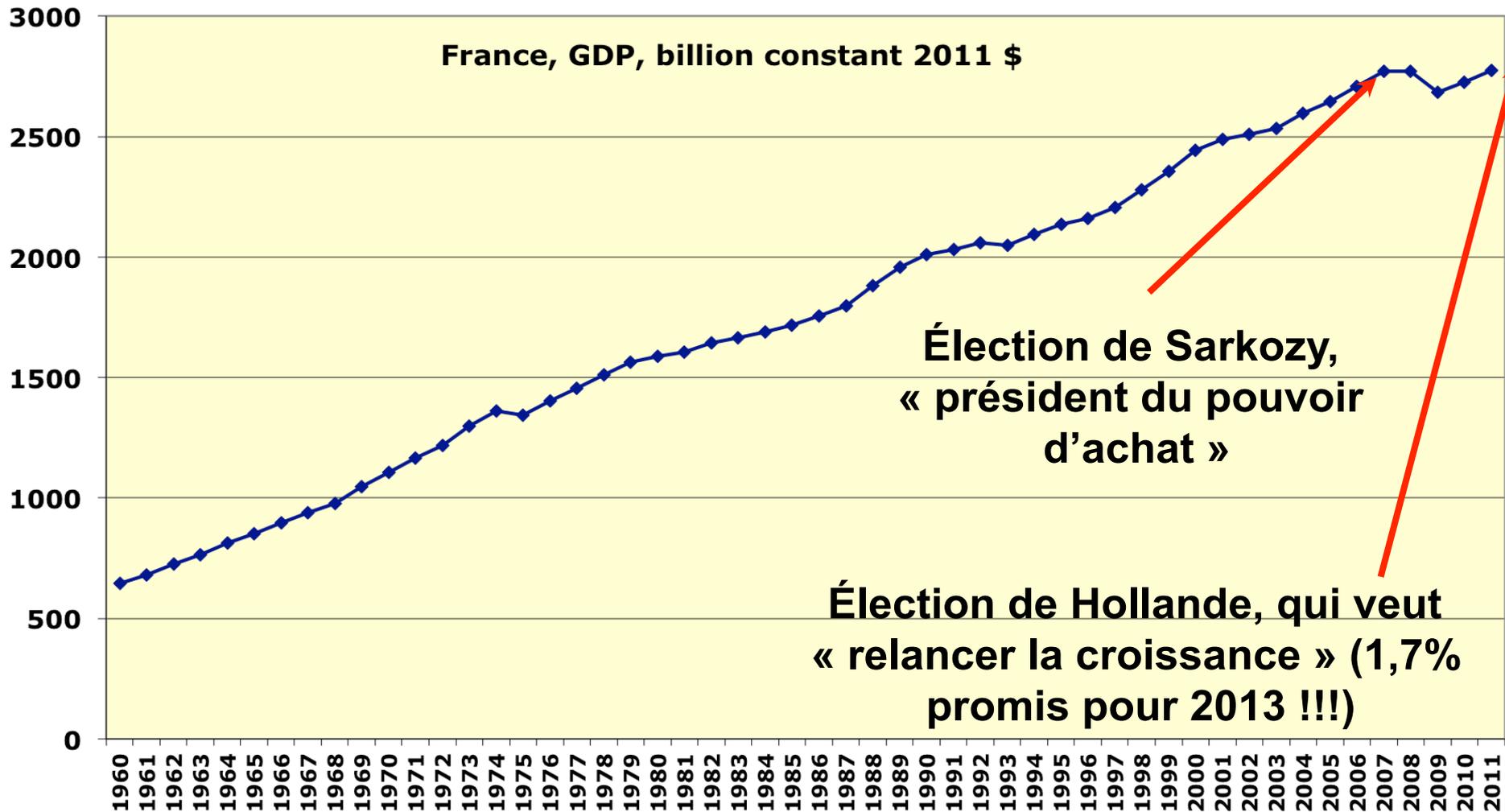
Variation du PIB par personne en dollars constants depuis 1960. En bleu, variation annuelle ; en rouge, moyenne par décennie (source World Bank 2012).

# Camembert et promesses électorales sont dans un Batho...



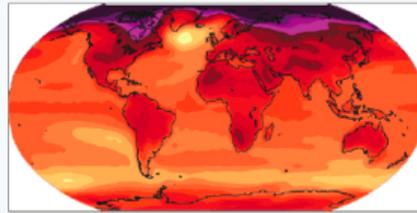
Idem pour la France (source World Bank 2012).

# Faut-il dire la vérité au citoyen ou endormir l'électeur ?



Evolution du PIB français, en dollars constants, depuis 1960. Source World Bank ; déflateur Jancovici.

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



???



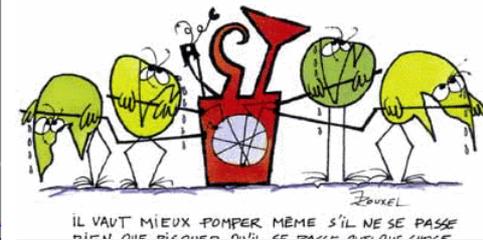
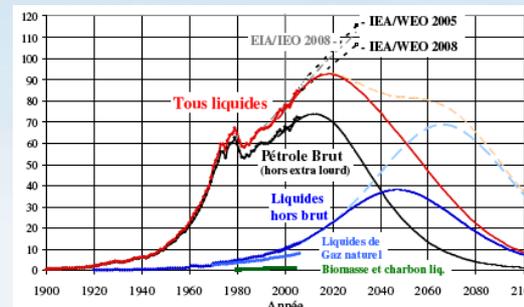
**Structure actuelle des métiers, loisirs et vacances, études longues, santé, retraites, mondialisation, concentration urbaine et banlieues étalées...**

O<sub>2</sub>

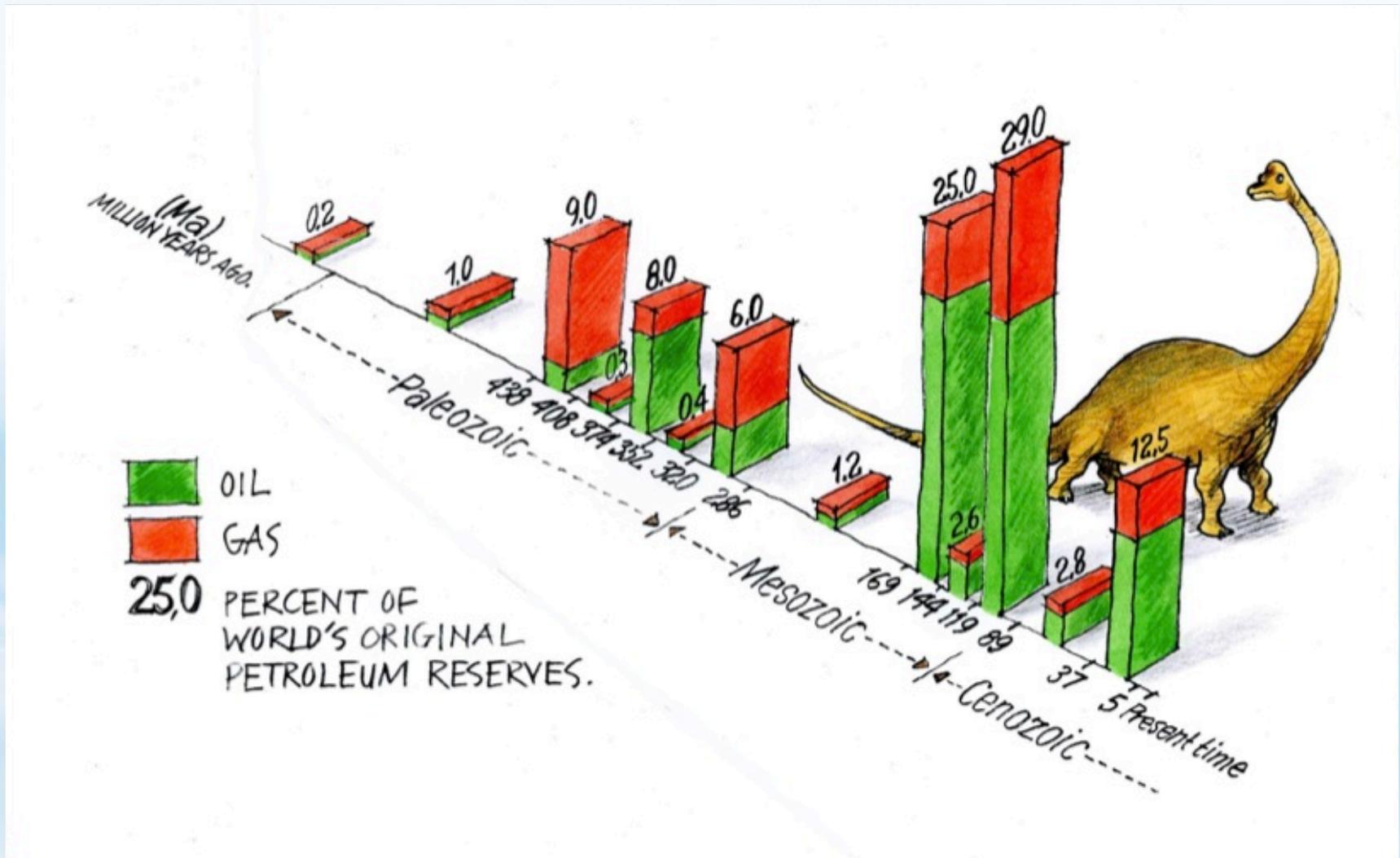


**Gratuit !!**

???



# Pétrole et gaz, des énergies de dinosaure !



Époques de formation du pétrole et du gaz, en pourcentage des réserves mondiales. Source Université d'Uppsala, Suède, 2011

# Les maths sont décidément détestables...

Dès qu'il y a un stock de départ donné une fois pour toute (hydrocarbures, minerais...)

Une extraction annuelle indéfiniment croissante est impossible

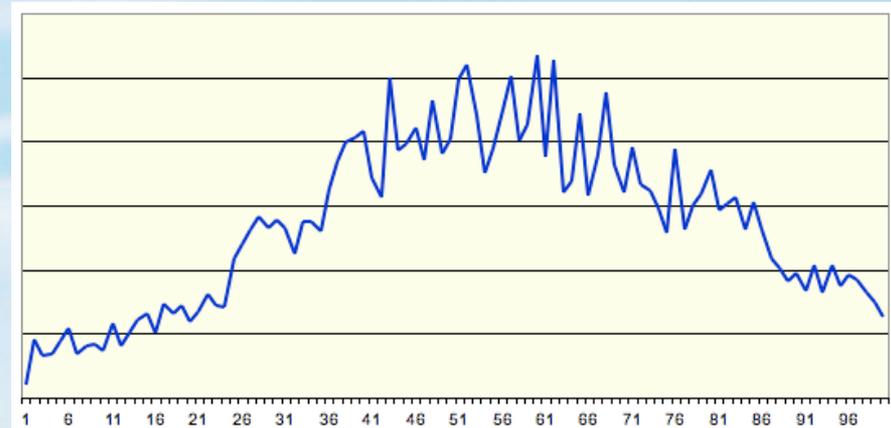
Même une extraction annuelle indéfiniment constante est impossible (sinon stock infini !)

Il se démontre qu'en pareil cas l'extraction annuelle :

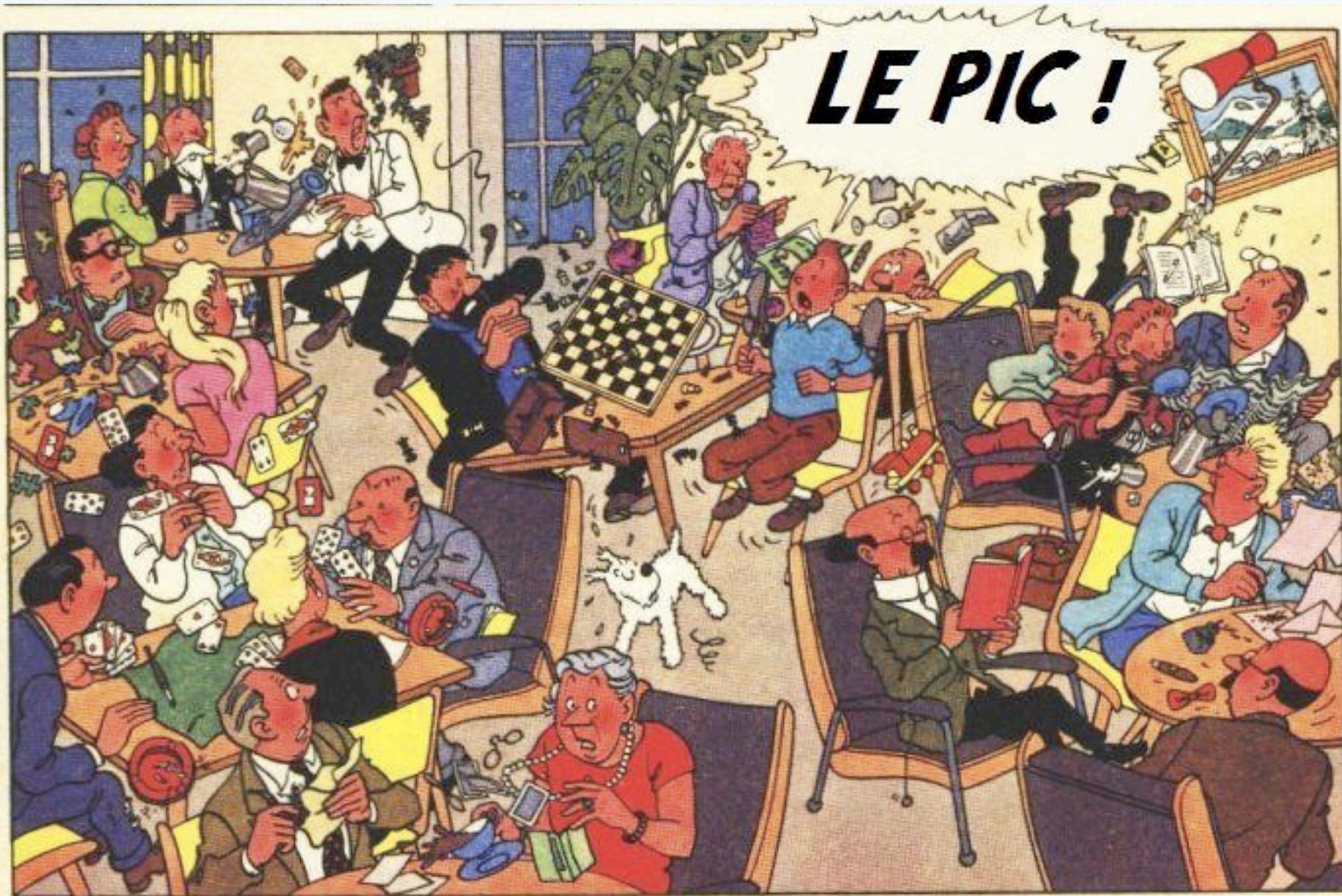
Est nulle à  $-\infty$

Est nulle à  $+\infty$

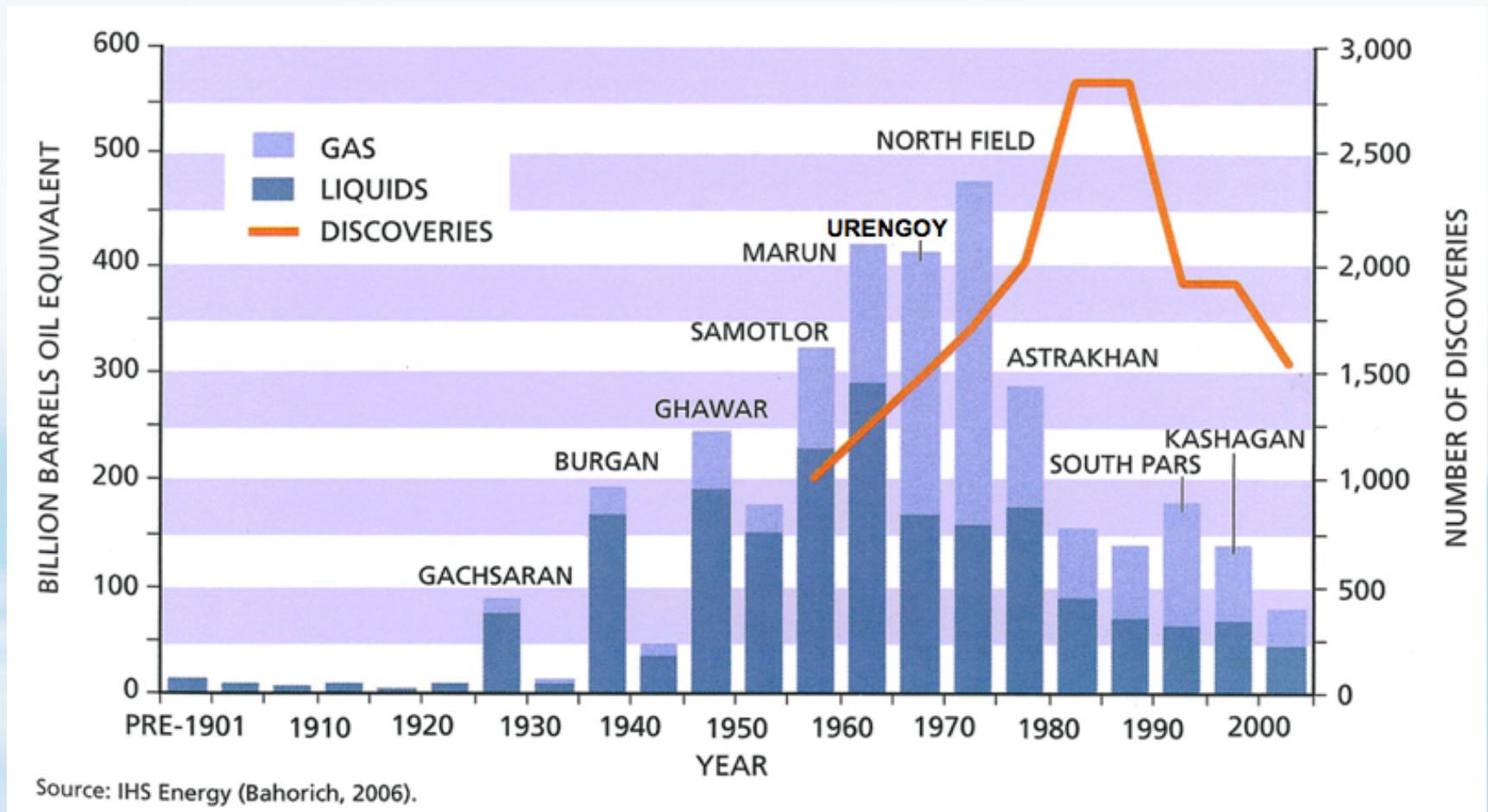
Passe par un maximum absolu entre les 2



Les maths sont décidément détestables...



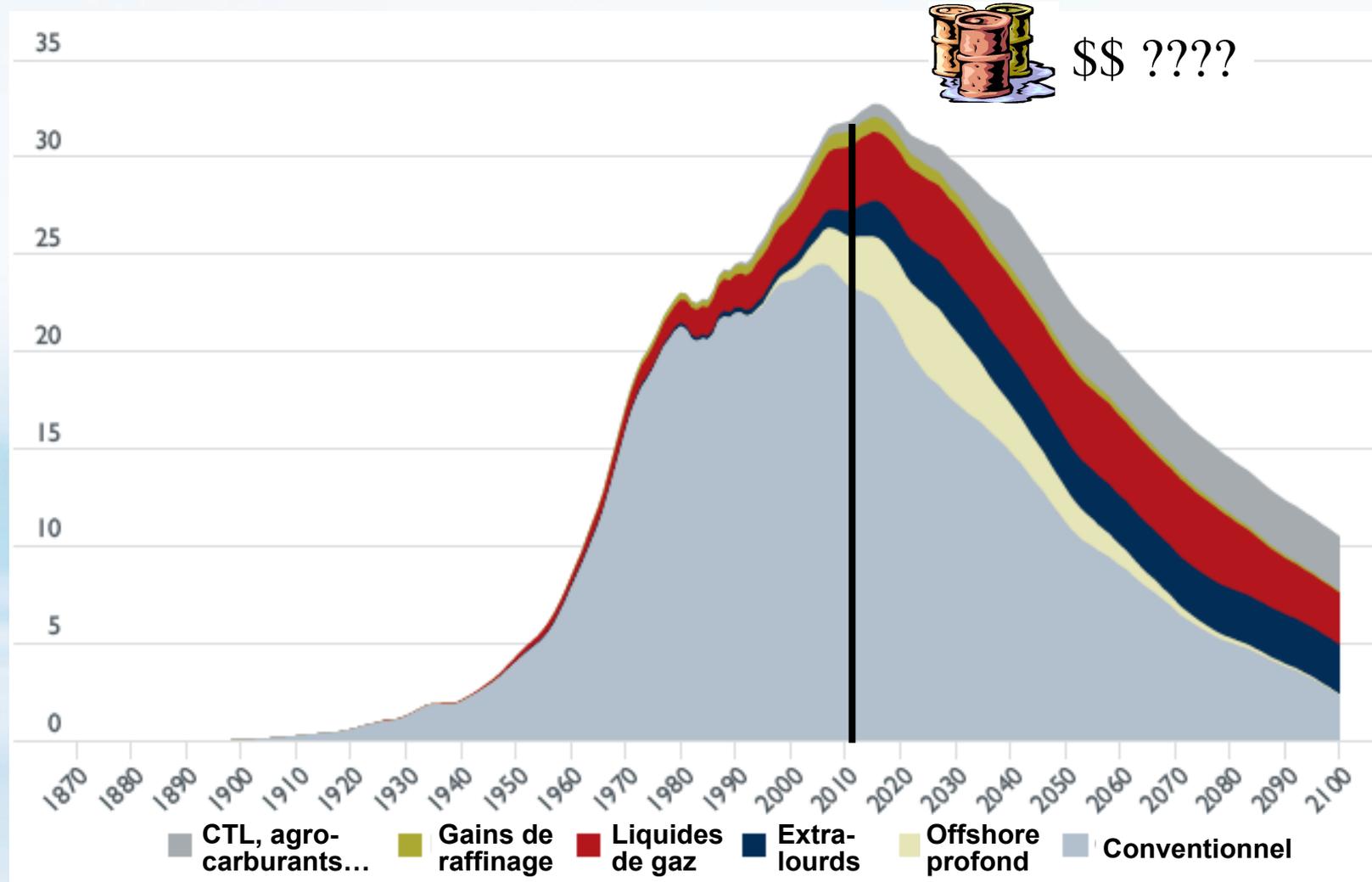
# Mieux vaut d'abord trouver le pétrole si on veut l'extraire



Découvertes mondiales de pétrole et de gaz récupérable depuis 1900 hors US et Canada, en milliards de barils équivalent pétrole par décennie (1 tonne = 7,3 barils).

Source : IHS, 2006

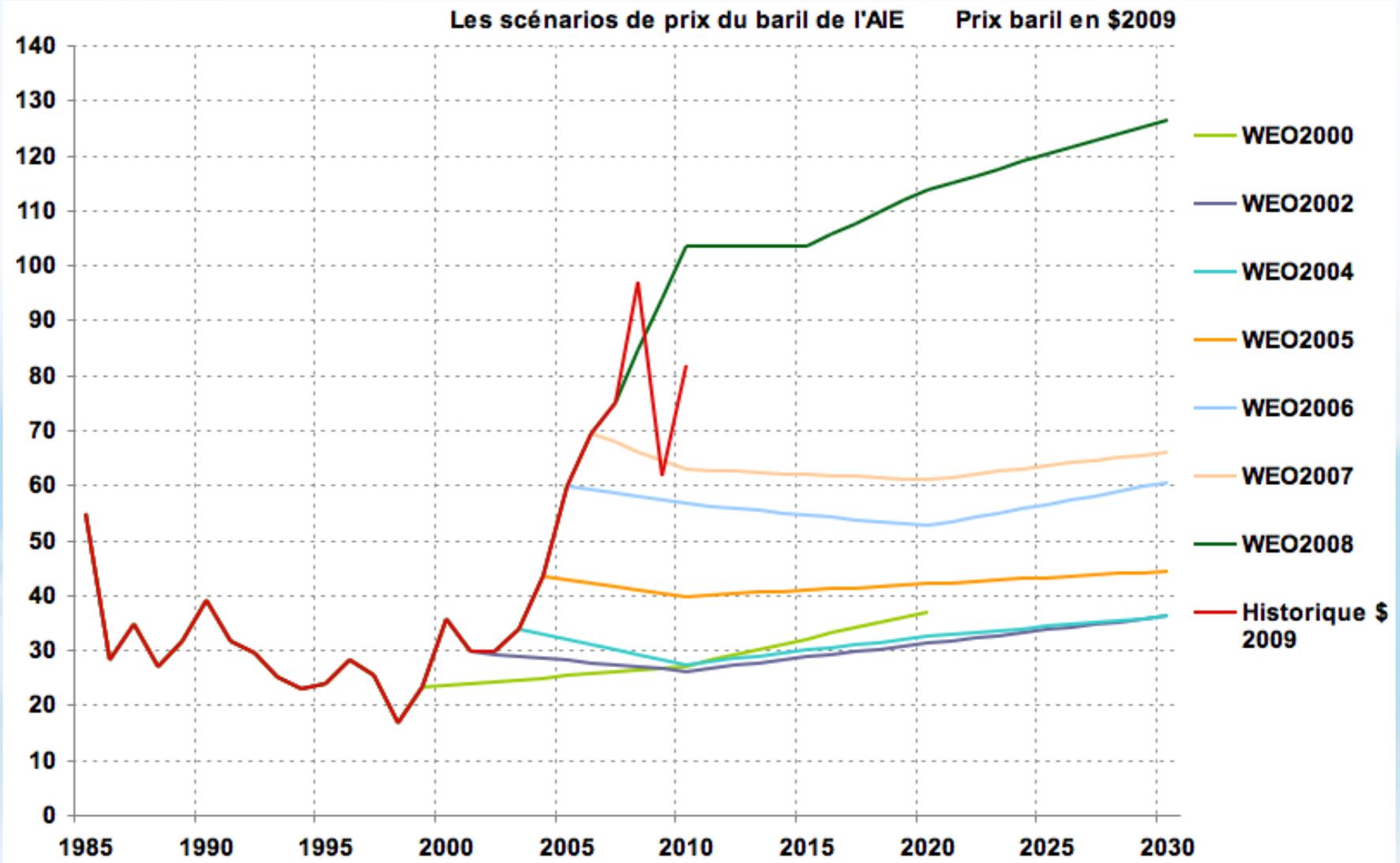
# Et le pic mondial, il est loin papa ?



**Simulation de la production mondiale de « liquides », discriminée par type de production.**

Source : « Transport energy futures: long-term oil supply trends and projections », Australian Government, Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Local Government, Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics (BITRE), Canberra (Australie), 2009

# Les projections de l'AIE : quelle grosse marrade !

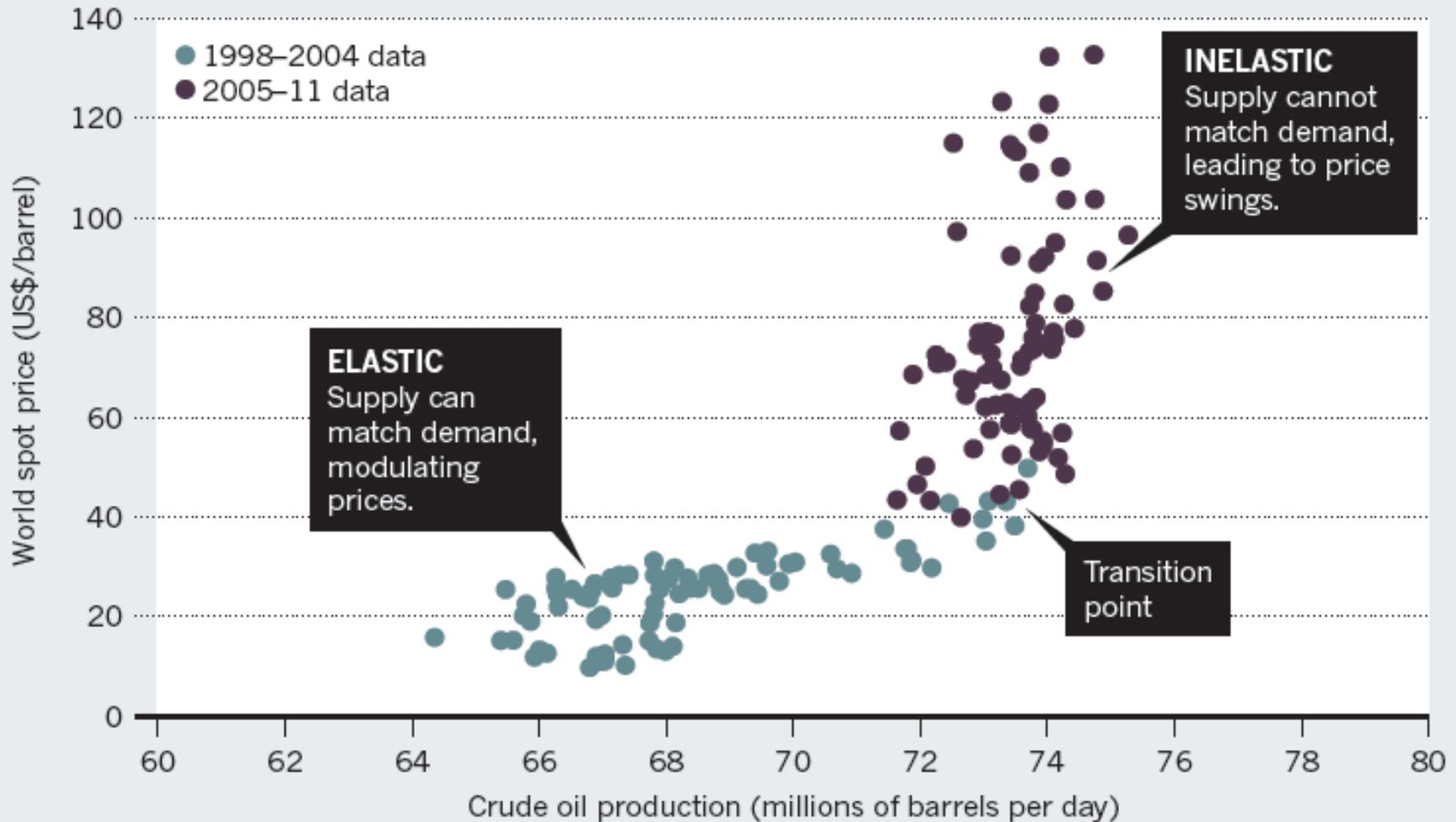


Prix réel du baril en \$ 2009 et prévisions de prix de l'AIE pour les années 2000 à 2008. analyse Carbone 4

# Le prix du pétrole est-il encore élastique ?

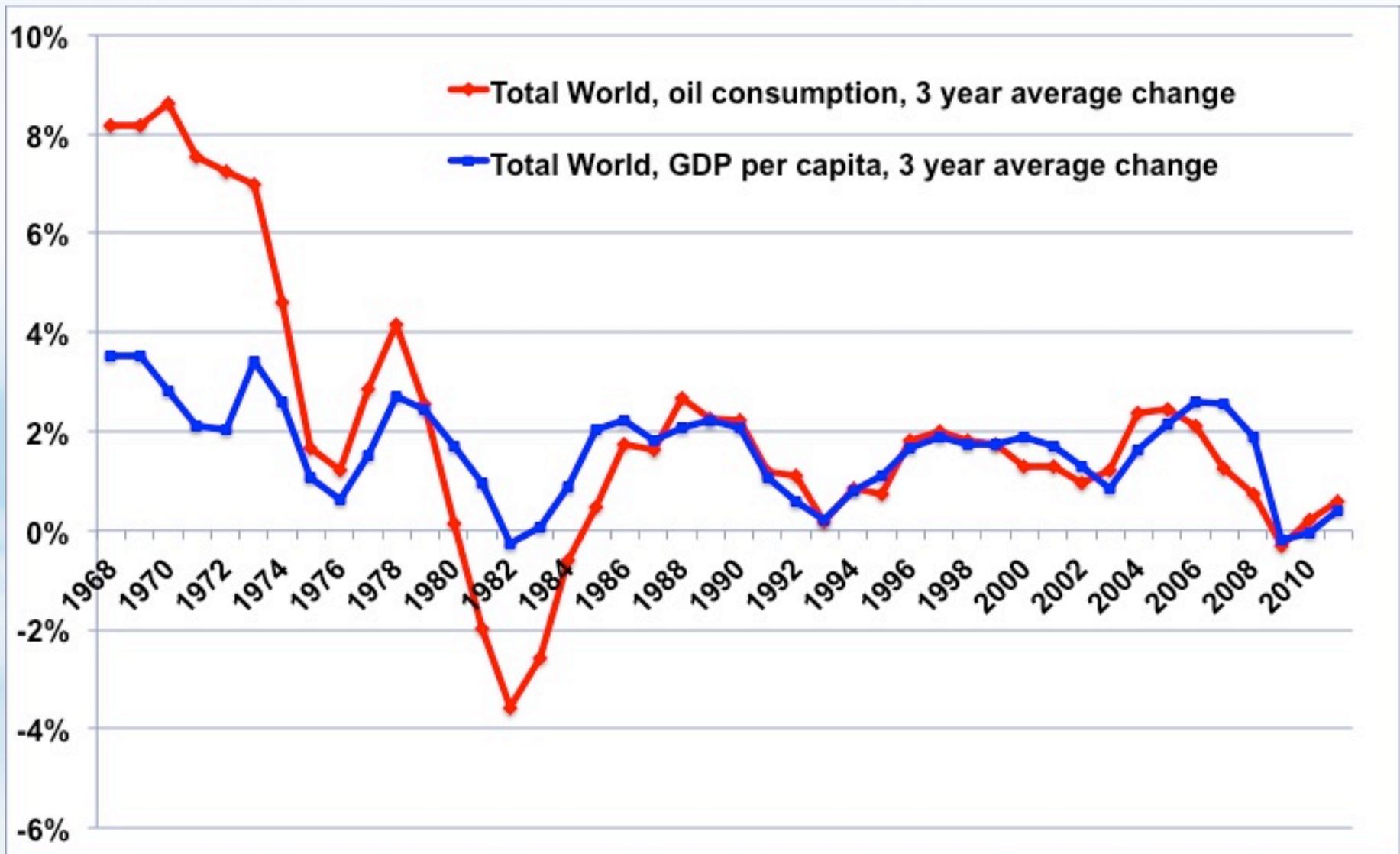
## PHASE SHIFT

The abrupt change in oil economics can be seen in this scatter plot of production versus price.



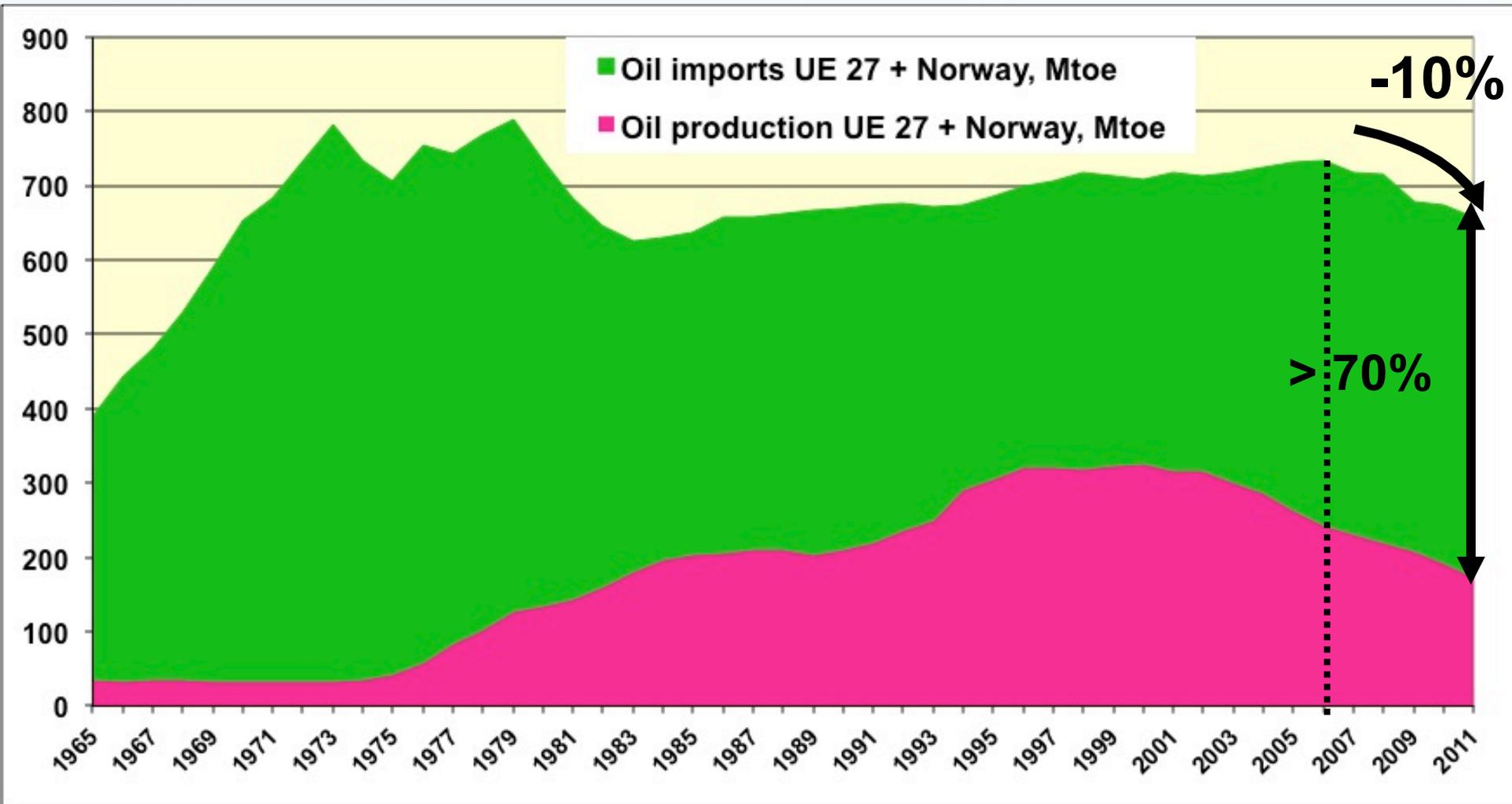
Source : *Oil's tipping point has passed*, James Murray et David King, Nature, janvier 2012.

# Cherchez les débits (de pétrole), vous aurez le crédit (de \$)



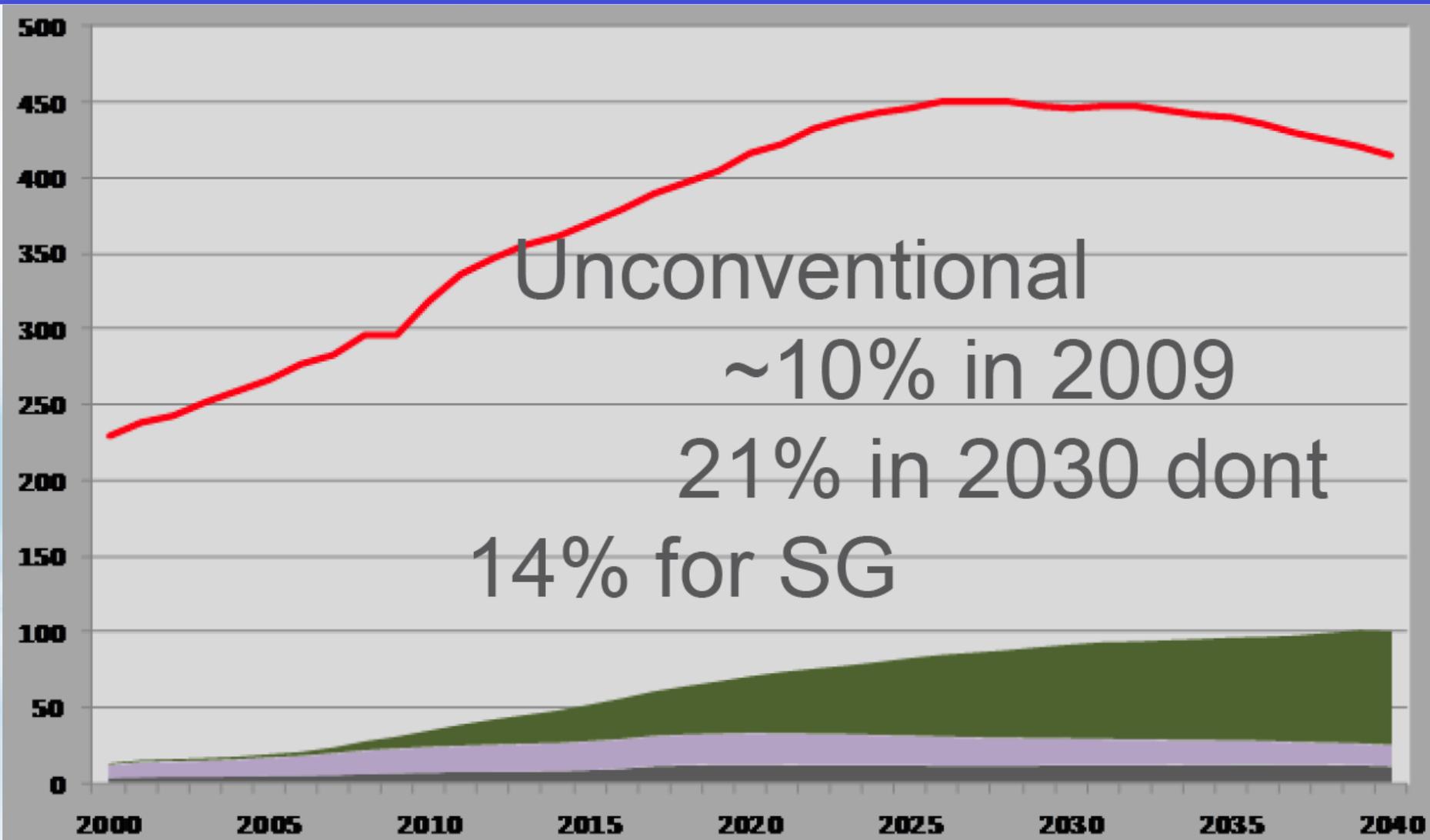
Variation lissée de la consommation mondiale de pétrole (rouge) et du PIB par personne (bleu). Source World Bank 2012 pour le PIB, BP Stat 2012 pour le pétrole

# Camionneur en Europe, un métier d'avenir ?



Production domestique (rose) et importations annuelles (vert) de pétrole, en millions de tonnes, pour la zone UE+Norvège. Source BP Statistical Review 2012

# Plus de pétrole ? Mettons les gaz !



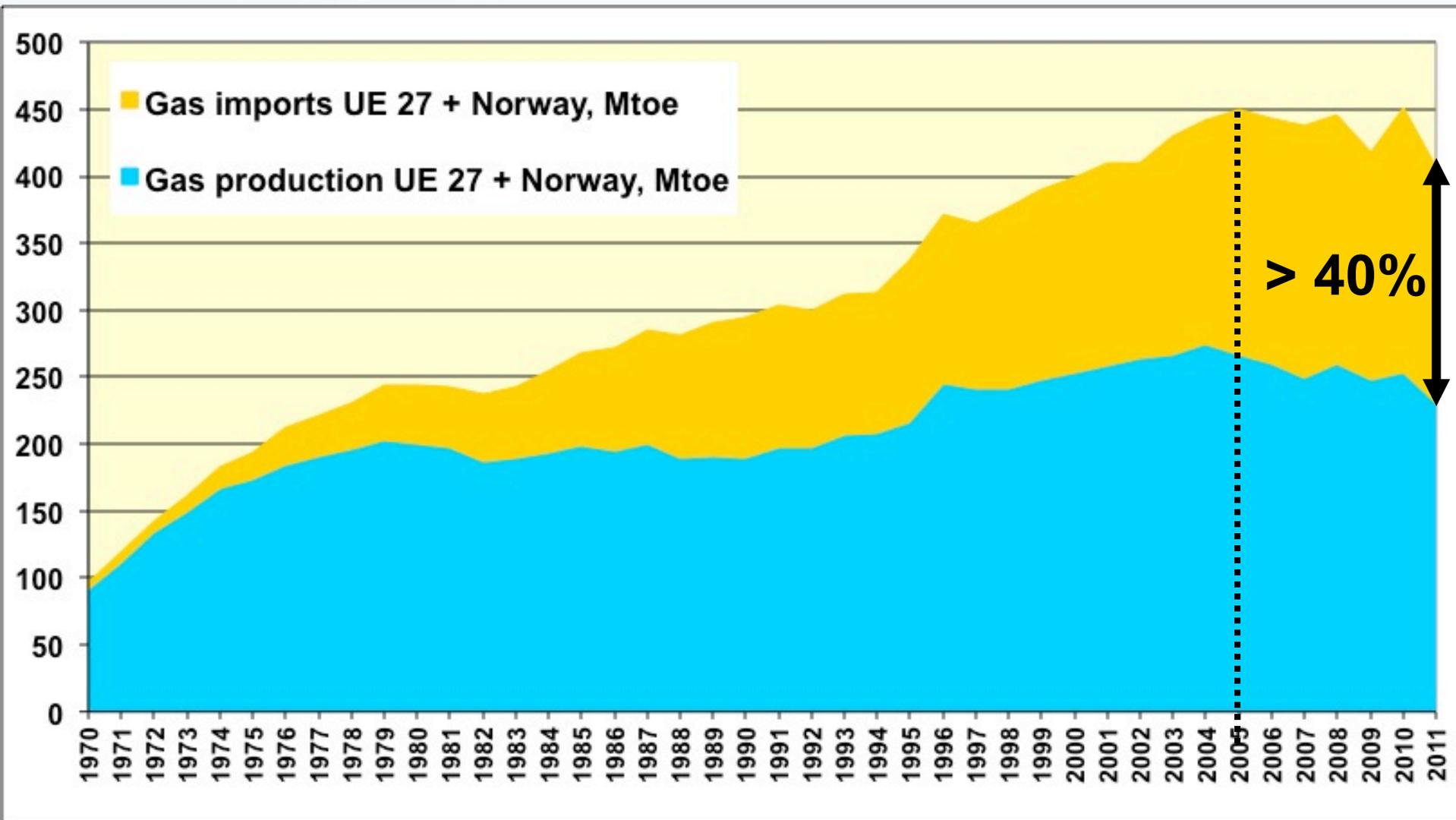
Simulation de la production mondiale de gaz, en milliards de pieds cubes par jour (!), jusqu'en 204. Source Total, 2011

**J'fais des trous, des p'tits trous...**



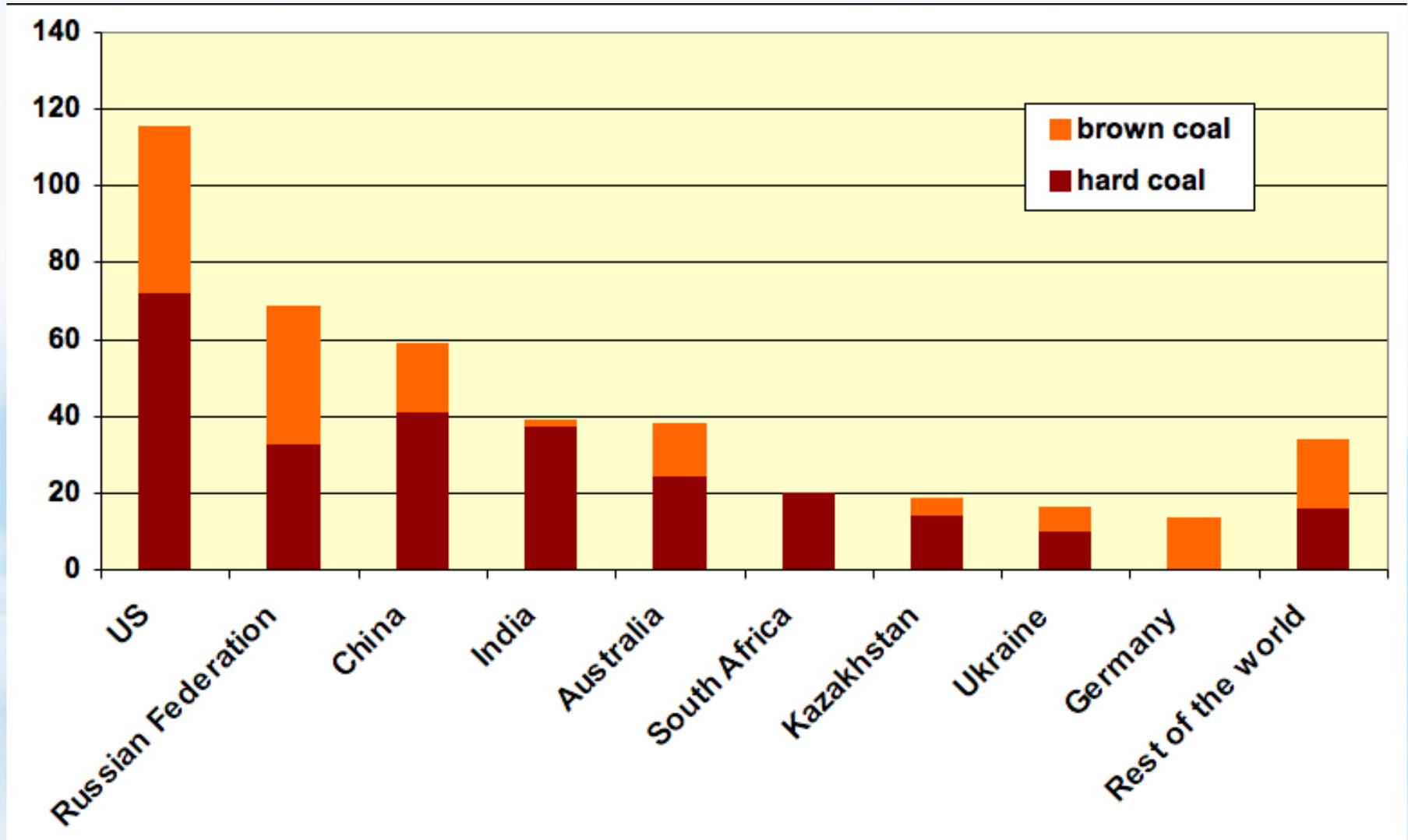
**Exploitation de gaz non conventionnels aux USA**

# Il y aura des manifestations contre le prix du gaz...



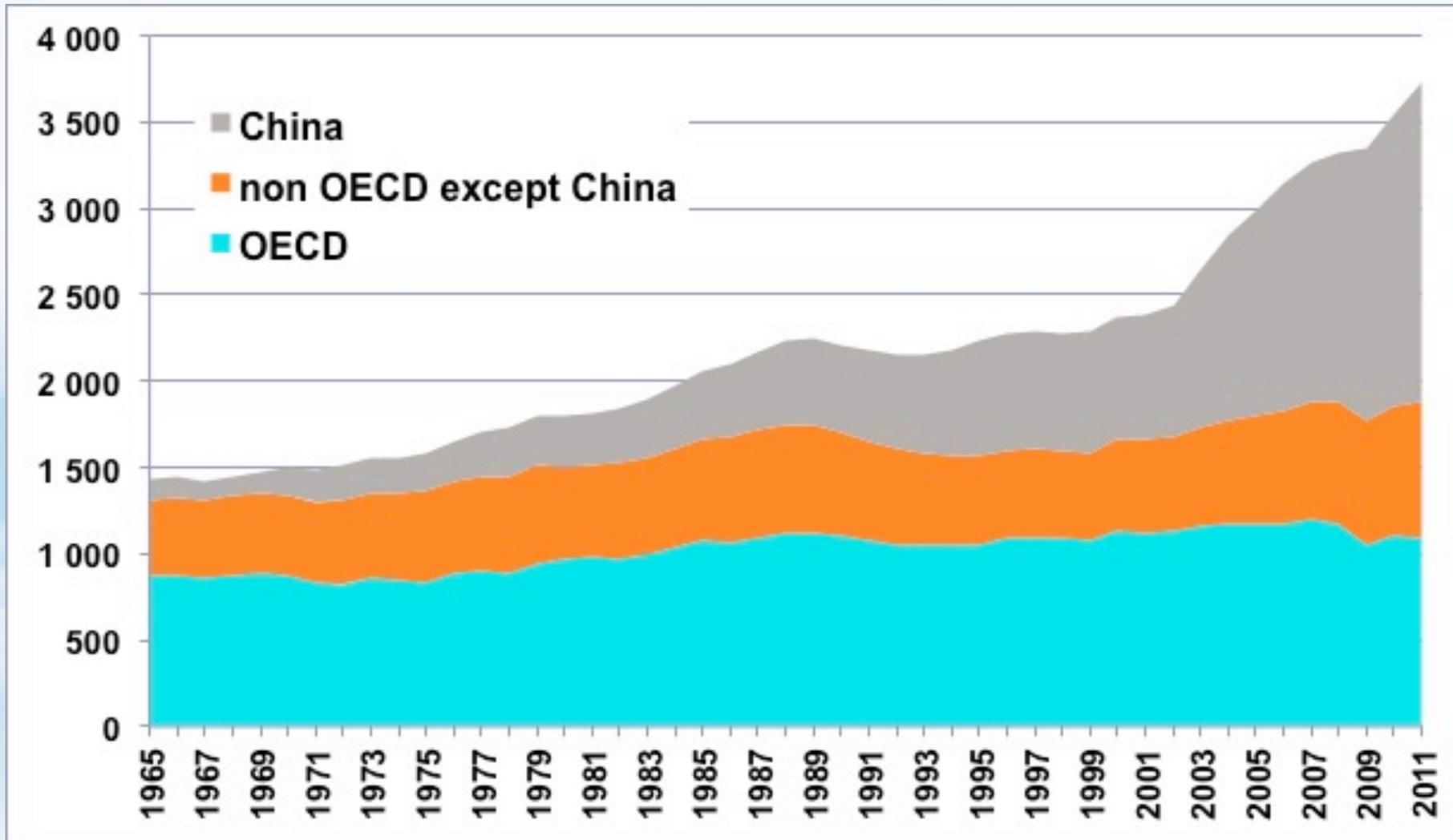
Production domestique (bleu) et importations annuelles (orange) de gaz, en millions de tonnes équivalent pétrole, pour la zone UE+Norvège. Source BP Statistical Review 2012

# De la simplicité des négociations climat



**Réserves de charbon par pays, en milliards de tonnes équivalent pétrole (BP Statistical Review, 2012). 8 pays possèdent plus de 90% du charbon mondial !**

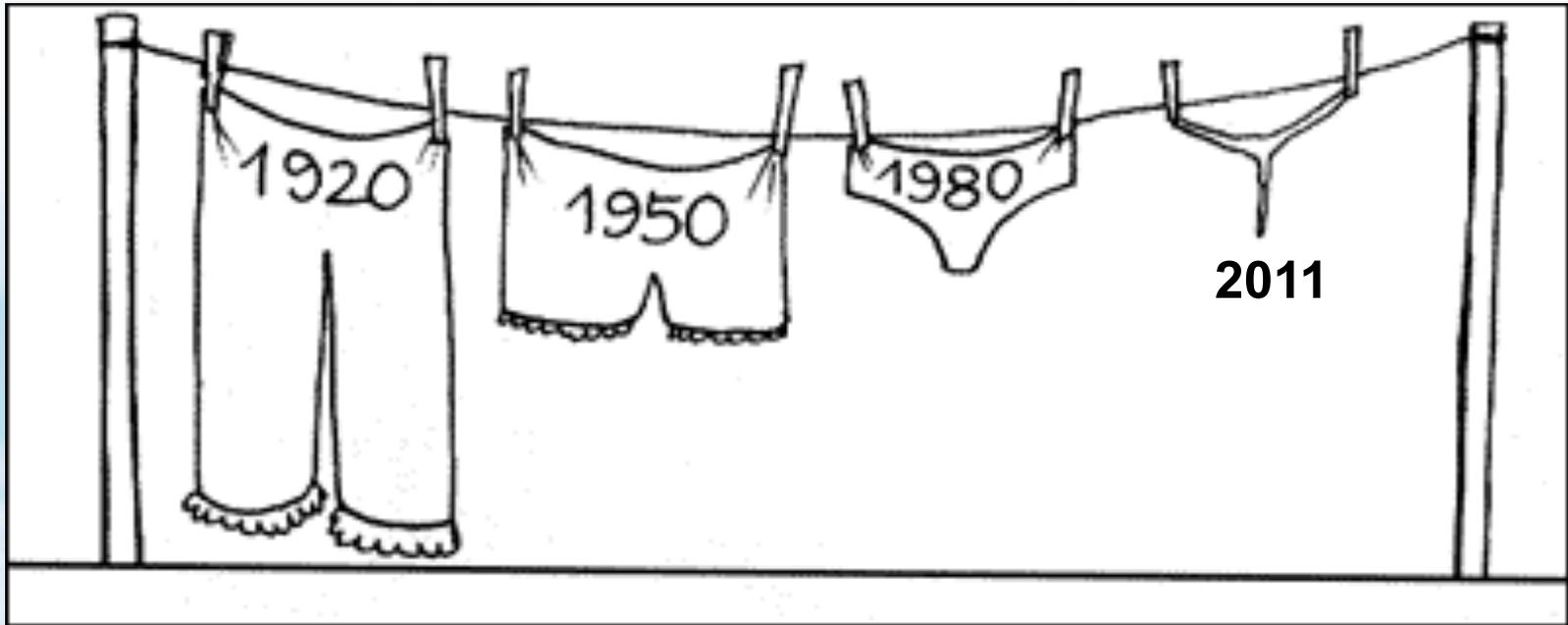
# De la simplicité des négociations climat (bis)



Evolution de la consommation de charbon dans le monde, en millions de tonnes équivalent pétrole (BP Statistical Review, 2012).

# L'observation, mère de toutes les lois en physique

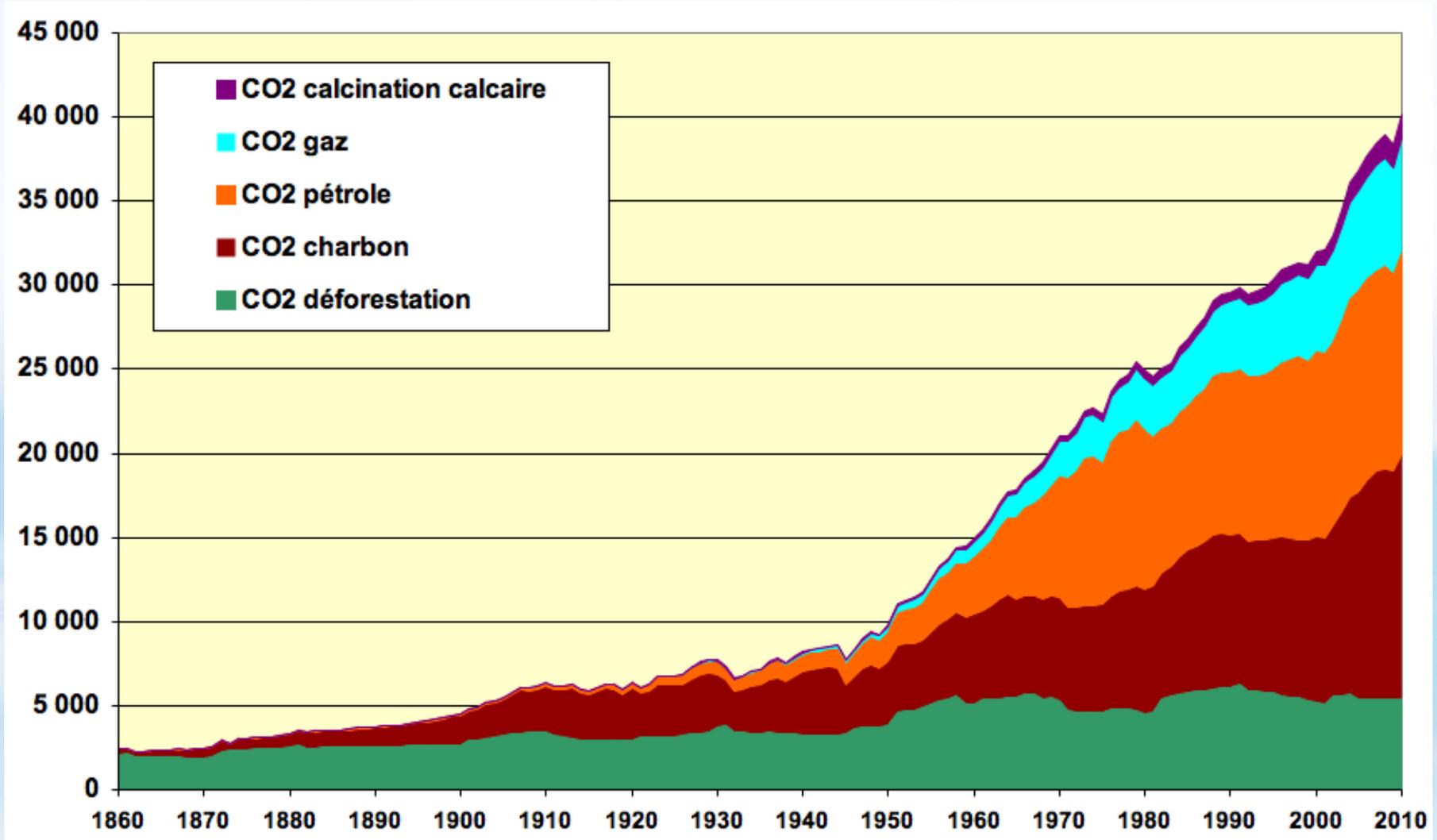
**Il est évident qu'Allègre néglige des données d'observation irréfutables**



**Effet du relèvement des températures l'habillement depuis 1920**  
**Source : Petit Bateau ; Playtex ; Aubade ; Princesse Tam Tam**

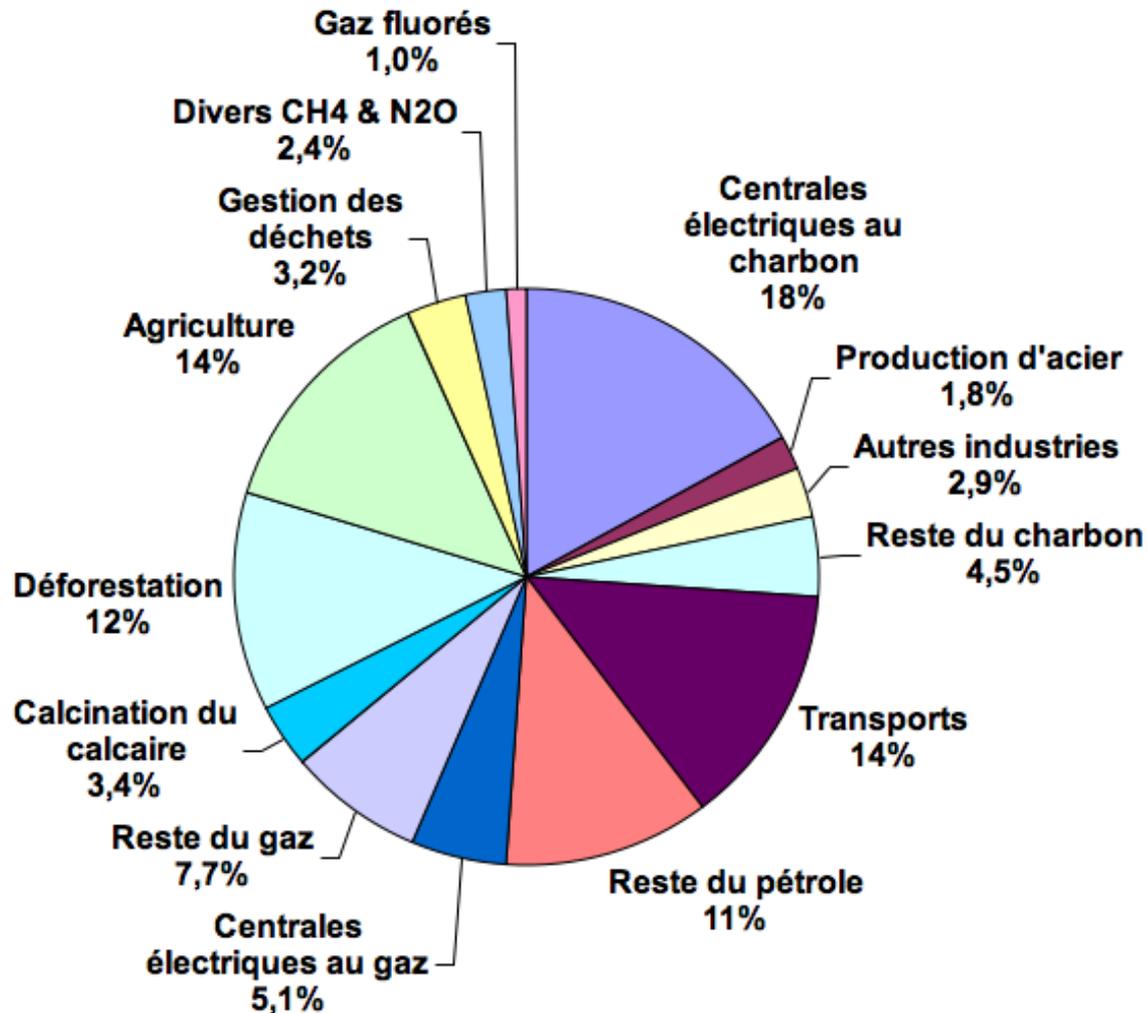
**Vivement 2020 ?**

# L'homme, agent climatique



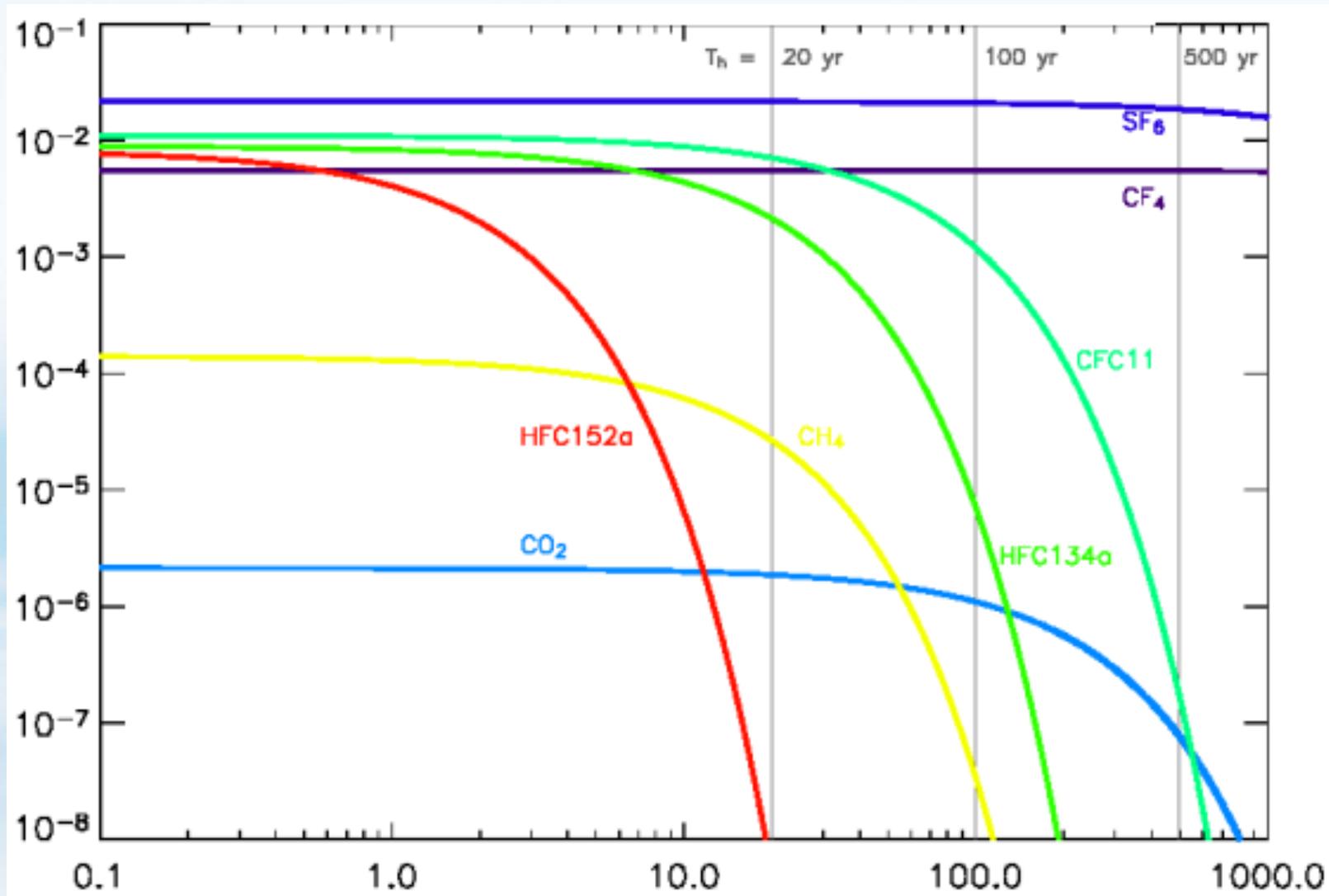
Emissions de CO<sub>2</sub> toutes sources depuis 1860. Calculs de l'auteur sur données Schilling et al. & BP Statistical Review pour les combustibles ; source Houghton, The Woods Hole Research Center sur <http://cdiac.ornl.gov/trends> pour la déforestation ; extrapolations de l'auteur sur données partielles IPCC AR4 pour le ciment

# Un peu de charbon par ci, de voitures par là...



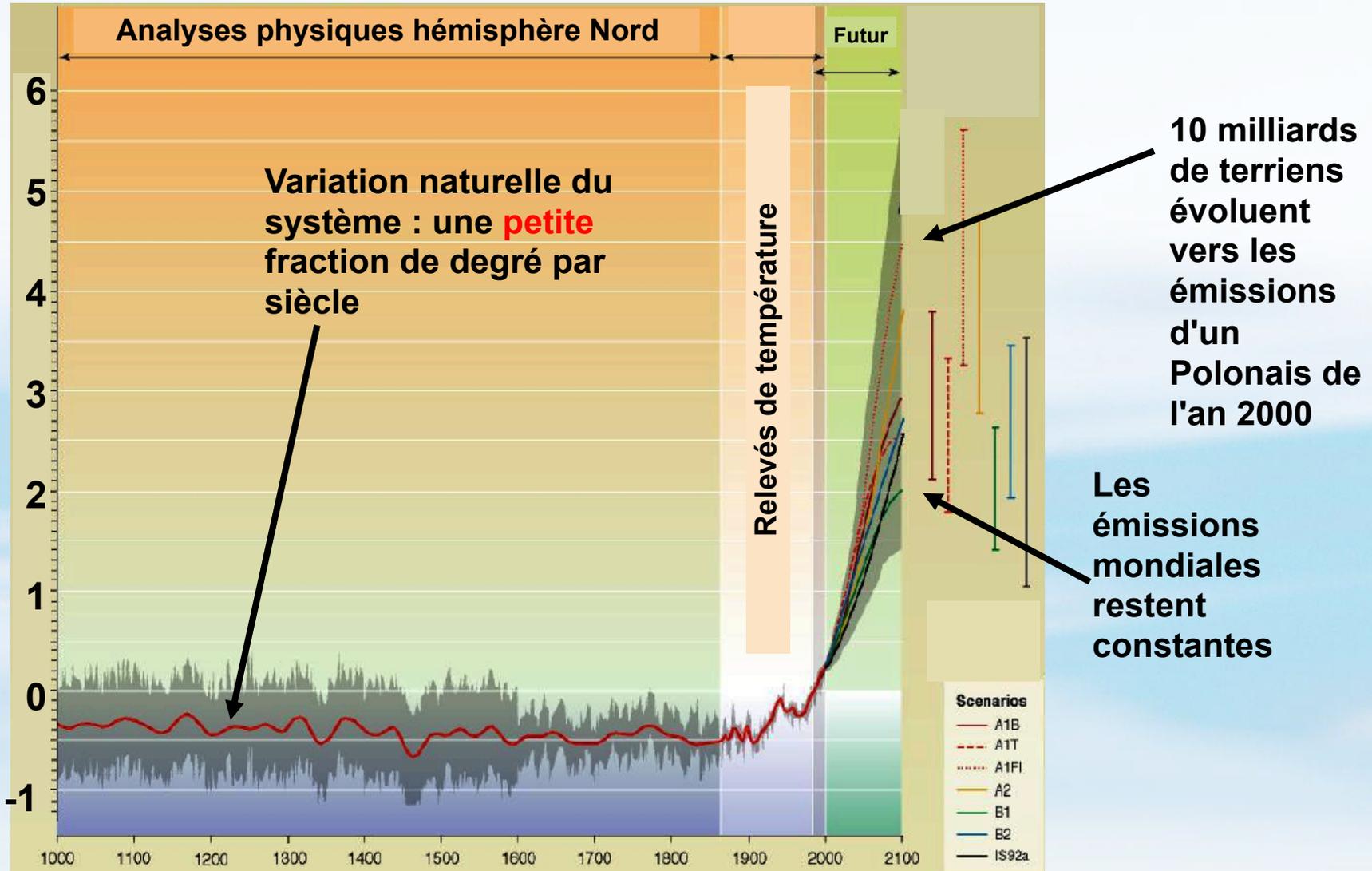
Répartition approximative des émissions de gaz à effet de serre hors ozone dans le monde par secteur, 2004, après réaffectation de la « production d'énergie » aux secteurs utilisateurs (Calcul de l'auteur avec sources primaires IPCC, BP stat, Shilling et al. Houghton)

# Le gaz à effet de serre aime s'envoyer en l'air... et y rester



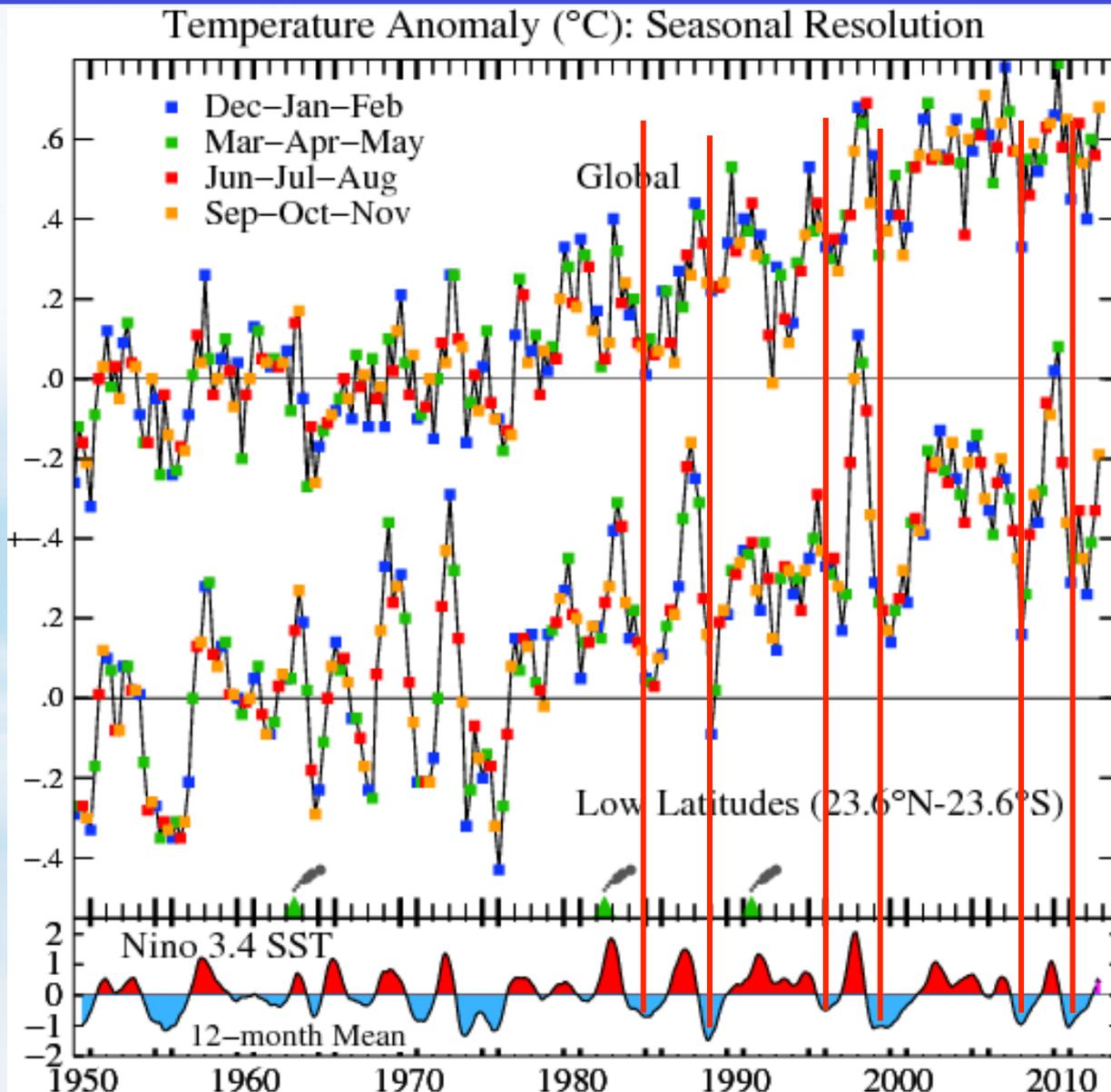
Forçage radiatif (en Watts par m<sup>2</sup>, échelle logarithmique, axe vertical) en fonction du temps (en années, échelle logarithmique, axe horizontal) d'un million de tonnes de gaz émise à l'instant 0. D. Hauglustaine, LSCE.

# Le problème est devant, pas derrière !



Évolution de la température moyenne de l'air au niveau du sol, selon les scénarii, et mise en perspective avec le passé. Climate Change 2001, The Scientific Basis, GIEC

# Le sceptique a besoin d'antiseptiques ! (pour les yeux)

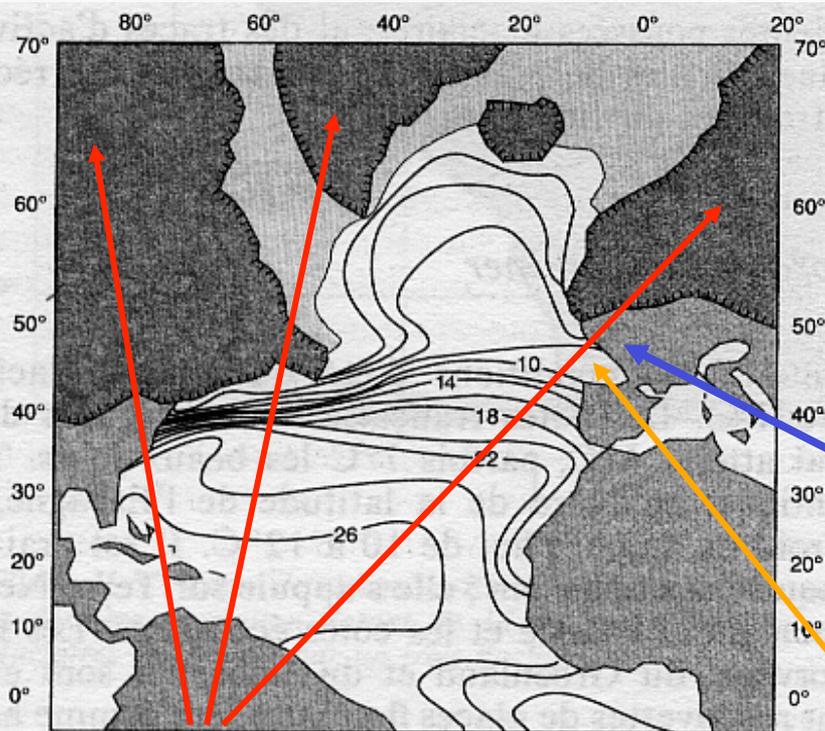


Evolution de la température moyenne trimestrielle depuis 1950. Source : GISS/NASA, 2012

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

**+ 5°C !!!**

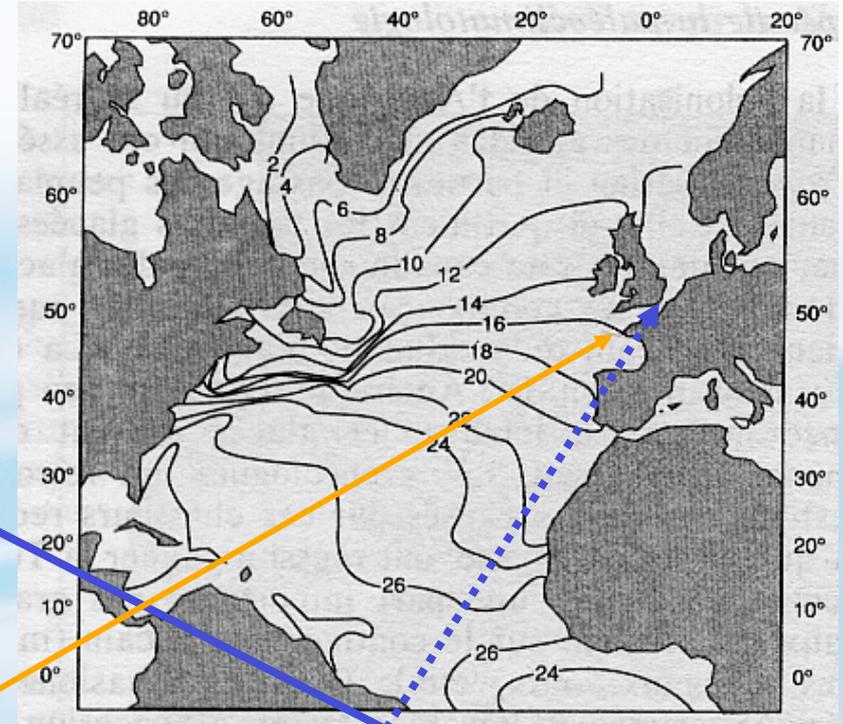
**Il y a 20.000 ans (maximum glaciaire)**



**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

**Aujourd'hui**

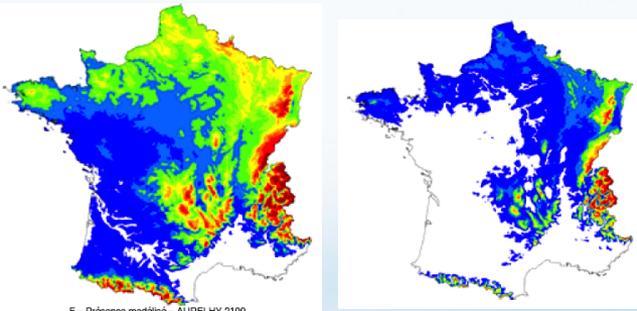


**Période glaciaire :** on passe à pied sec de France en Angleterre : la mer est plus basse de 120 mètres !

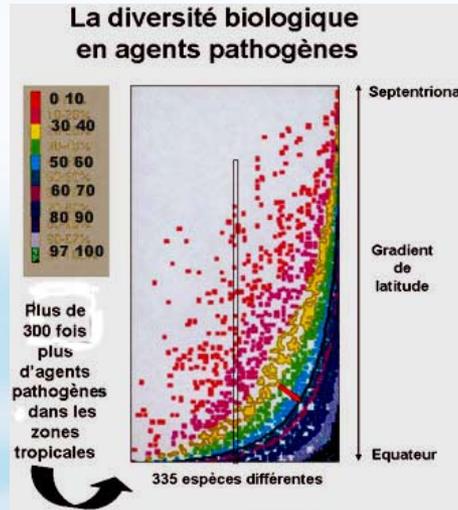
**-> Quelques degrés de hausse en un siècle, ce serait un choc massif et ingérable**

# Un jour l'avenir devient le présent

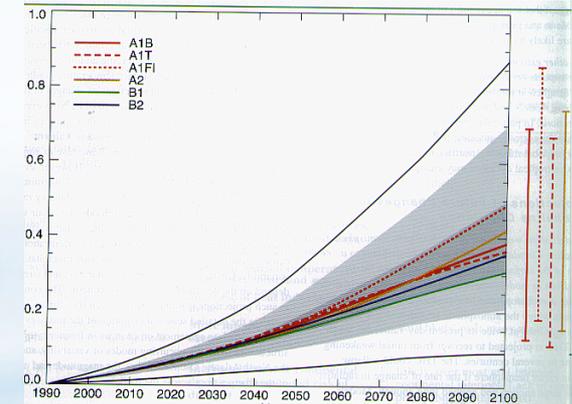
Avec une ampleur **qui dépendra de nos émissions**, conséquences possibles du changement climatique :



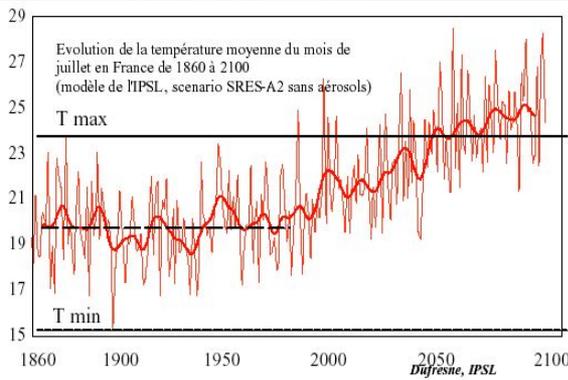
**Affaiblissement, disparition d'écosystèmes**



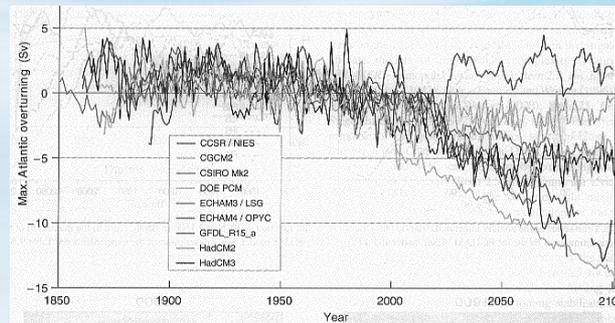
**Maladies**



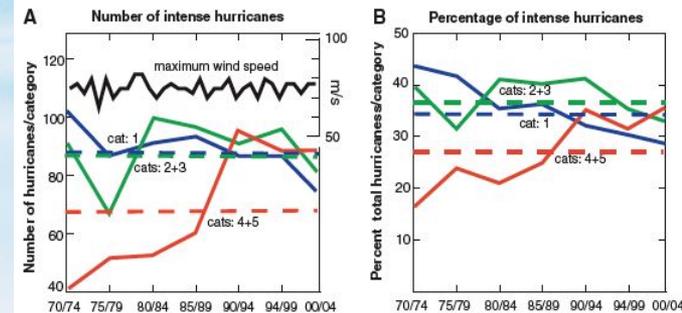
**Montée des eaux**



**Vagues de chaleur, inondations**



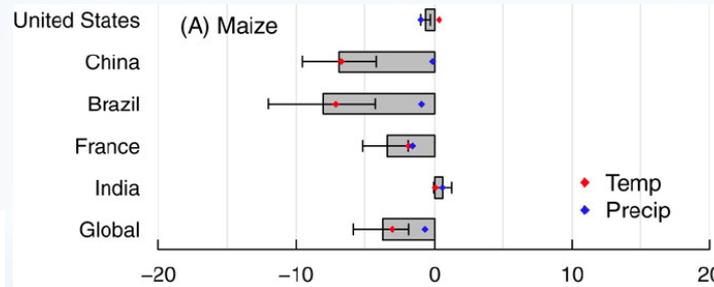
**Modification des courants marins**



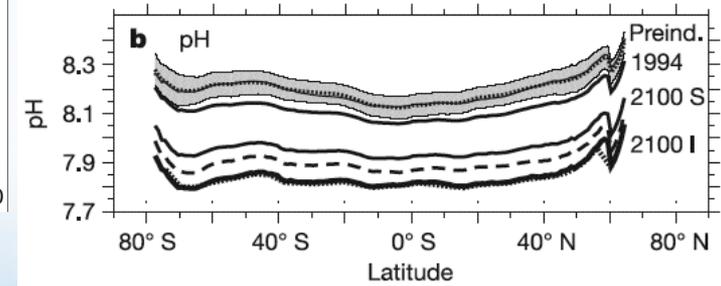
**Plus d'ouragans ?**

# Conséquences : partez pas, y'a du rab

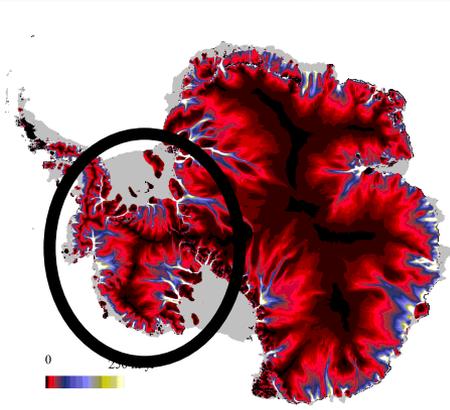
Avec une ampleur qui dépendra de nos émissions :



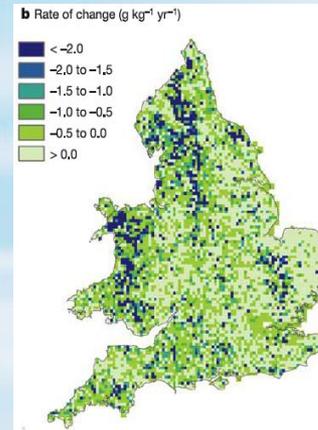
Baisse des rendements agricoles



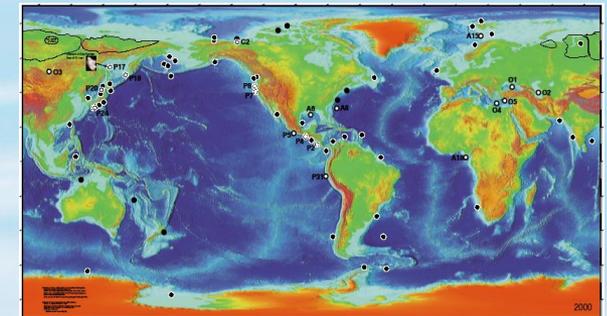
Acidification de l'océan



Désintégration de la calotte occidentale de l'Antarctique (et fonte du Groenland)



Relargage du carbone des sols

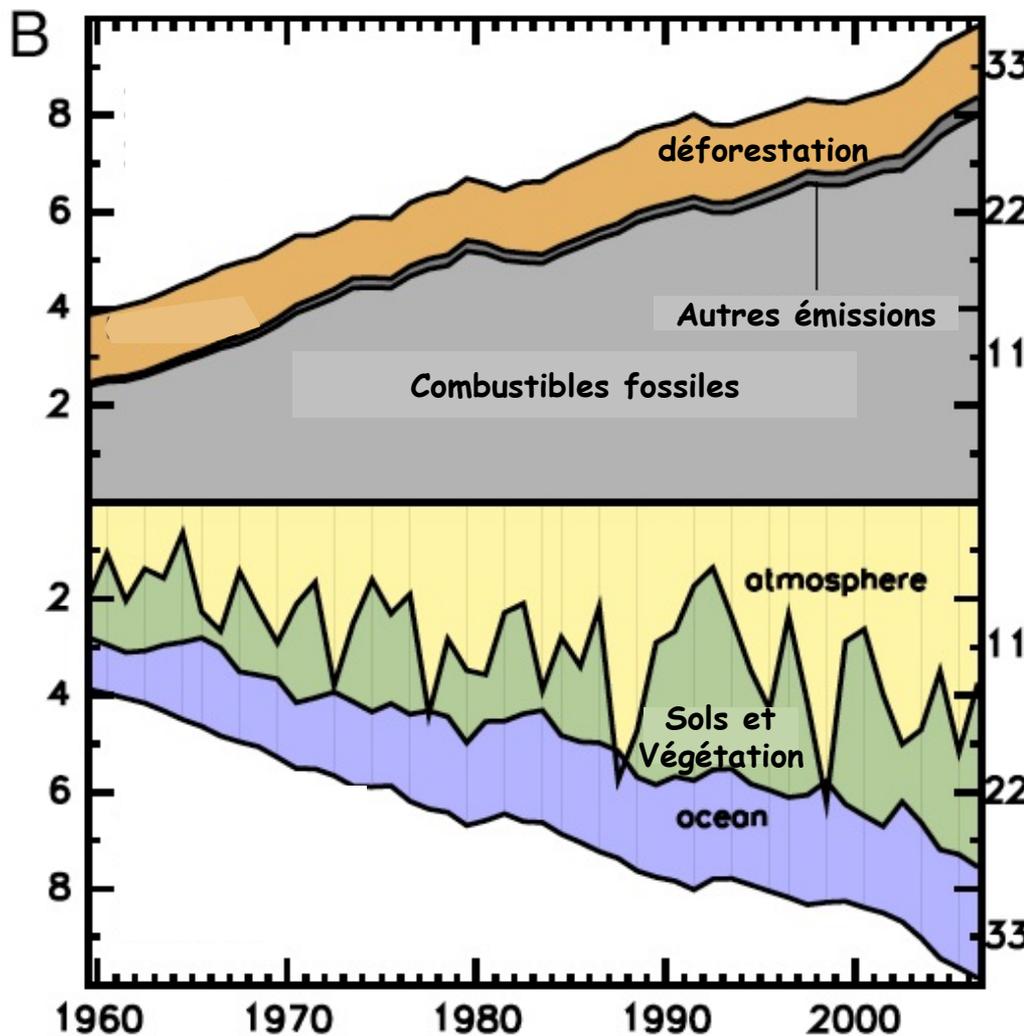


Hydrates de méthane, sols arctiques...

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

# Le CO<sub>2</sub> dans l'air : un petit tour et puis s'en va... ou pas ?

Milliards de tonnes de carbone



Emissions de CO<sub>2</sub> 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 →

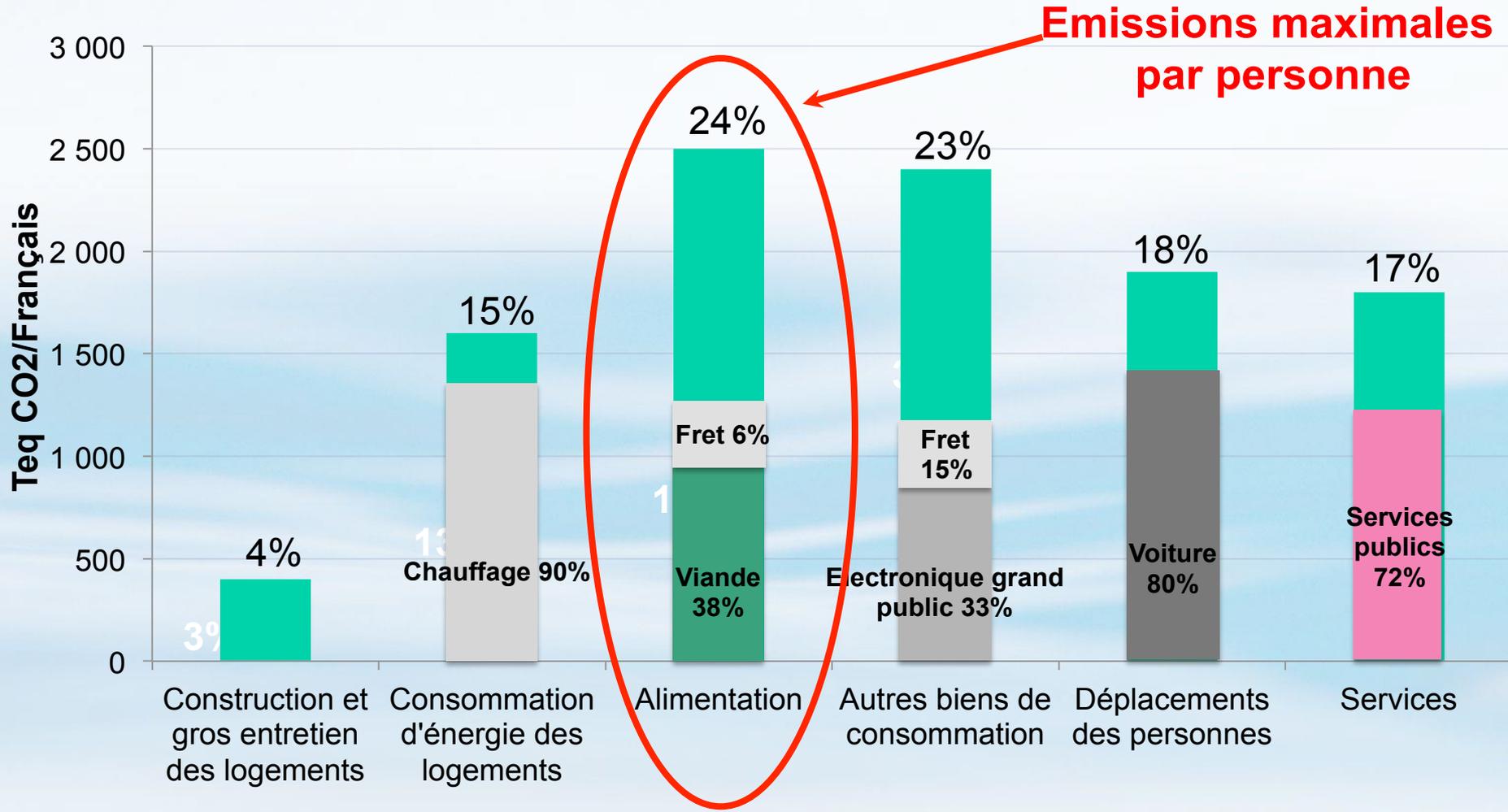
L'océan absorbe environ **25%** des émissions, ↘

Evolution des émissions de CO<sub>2</sub> depuis 1960 (en haut), et accroissement du stock de carbone de chaque compartiment de la planète sur la même période (en bas).

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

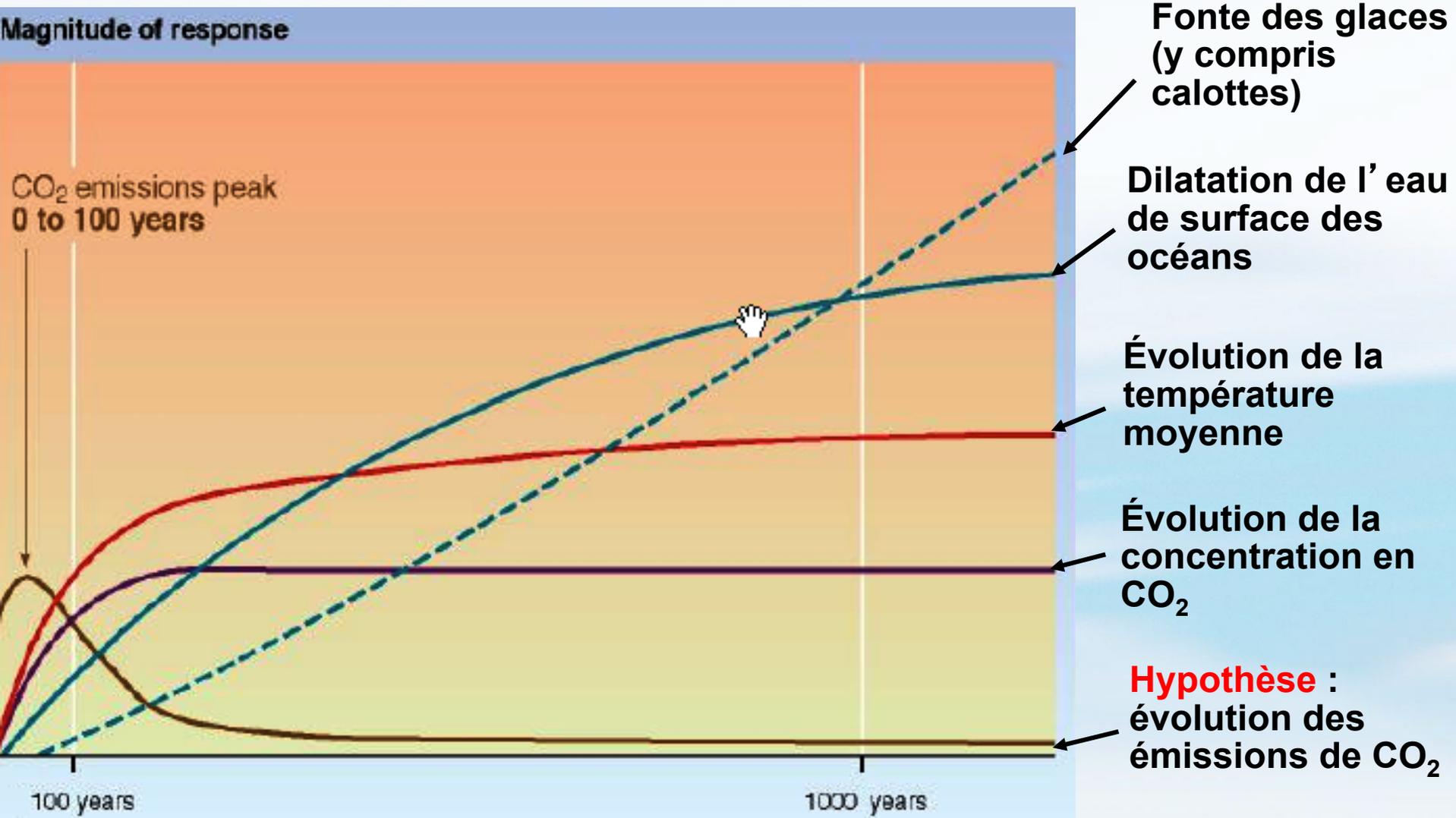
# Et le facteur 3 mondial, appliqué à l'électeur-consommateur...

## 10,5 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> -> 2 à 3



**Kg équivalent CO<sub>2</sub> par Français(e) et par poste en 2009 pour sa consommation finale. Calculs Carbone 4.**

# Au secours ! Où est le bouton « remise à zéro » ?



Source : Climate Change 2001, the scientific Basis, GIEC

# Les media sont (hélas ou heureusement ?) incontournables

## Media !

Nature du moyen de communication	Population touchée
Conférence d'un spécialiste, 1 fois par semaine, à 100 personnes en moyenne, pendant 40 ans	

**L'électeur est concerné quand le problème est dans les media de masse**

**Attention à bien examiner la « logique » des comportements avec ce que les autres savent, et non avec ce que l'on sait soi-même !**

# 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)**

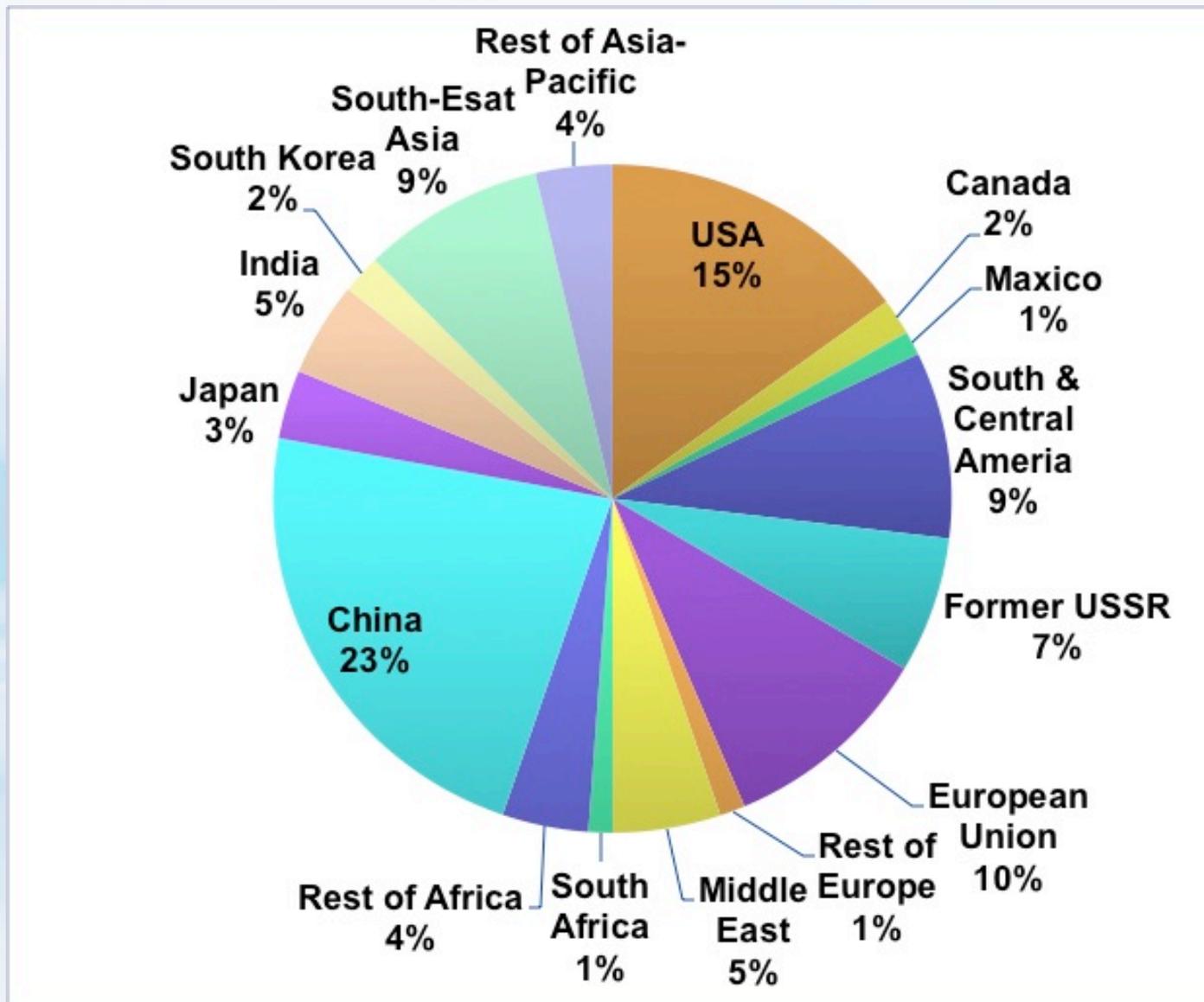


**Le résumé pour décideur = 20 pages (taux de compression = 40 ; on passe de 24 minutes à... 36 secondes)**



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

# Se mettre d'accord, pas fastoche...



Émissions de CO<sub>2</sub> par zone en 2011. Source BP Statistical Review, 2012

**Ce qui est simple est faux,  
et ce qui ne l'est pas est  
incompréhensible**

**Pas de chance :**

**L'environnement c'est compliqué**

**Les media savent surtout faire simple**

**Les problèmes c'est anxiogène**

**Les media ne doivent pas faire fuir leurs « clients »**

**Le lecteur/auditeur/télespectateur (y compris un député) ne saura jamais :**

**Pourquoi ce sujet et pas un autre**

**Pourquoi la presse est allée voir Dupont et pas Durand**

**Si les propos tenus ont été correctement interprétés**

**Si le/la journaliste avait un parti pris avant le tournage (nous en avons tous, tout le temps) et sur quelles bases**

**Pourquoi « on » a sélectionné ceci et pas cela dans les propos enregistrés ou notés**

**Si le texte - et le titre - d'une tribune est bien celui de l'auteur...**

**Tout élu qui s'informe essentiellement par le journal en matière d'énergie prendra des décisions aléatoires**

