

# Numérique

# Énergie

# Climat

d'après les conférences de  
Jean-Marc Jancovici et du Shift Project

# Jean-Marc Jancovici



Co-fondateur  
et associé



Cabinet de conseil spécialisé  
en transition bas carbone.

Fondateur et  
président



THE SHIFT  
PROJECT

Think tank militant pour la décarbonation  
de l'économie

Professeur



Mines  
ParisTech

Les générations futures...

Auteur

jancovici.com

Livres  
Site documentaire sur les sujets  
énergie et climat

Membre du Haut Conseil pour le Climat  
Ingénieur Polytechnicien X 84 et ENST 86

**« - À ton avis, quel est le pire  
fléau de notre époque,  
l'ignorance ou l'indifférence ?**

**- Je sais pas et je m'en fous. »**

# Prêt pour avaler la pilule rouge ?





## Selon vous, qu'est-ce que l'énergie ?

• A: Ma facture d'électricité, de gaz... et le plein

• B:

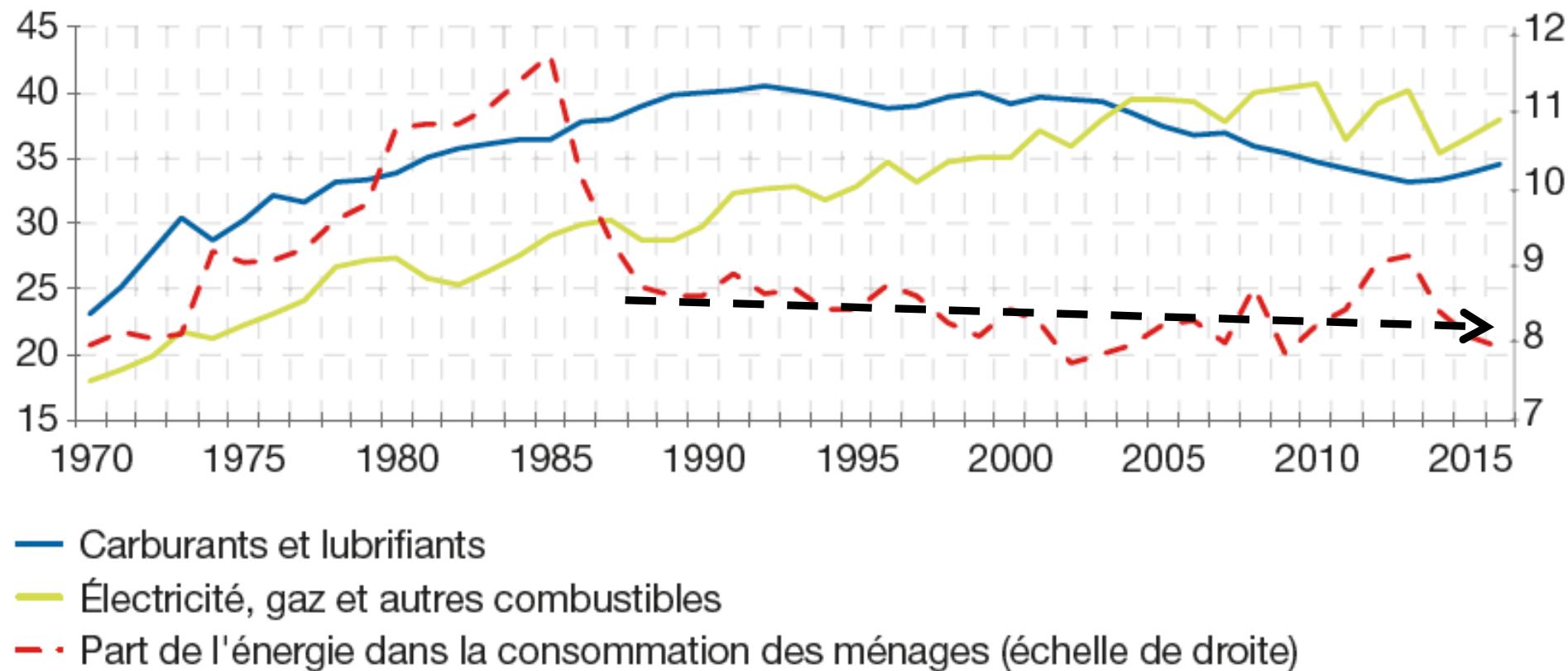
• C:

• D:

# 10% des dépenses des ménages ...

En milliards d'euros 2010

En % de la consommation mesurée en euros courants



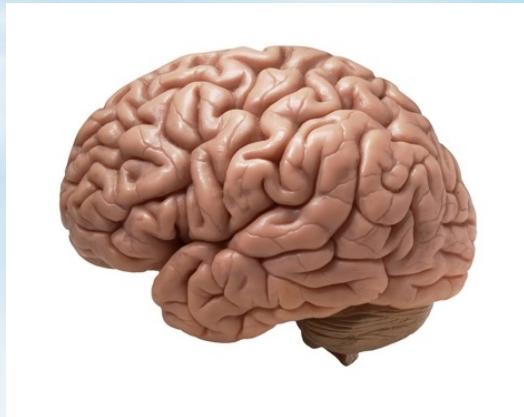
# On ne va quand même pas passer la nuit sur 10% des sous...



= 10%



= 10%



= 2%





## Selon vous, qu'est-ce que l'énergie ?

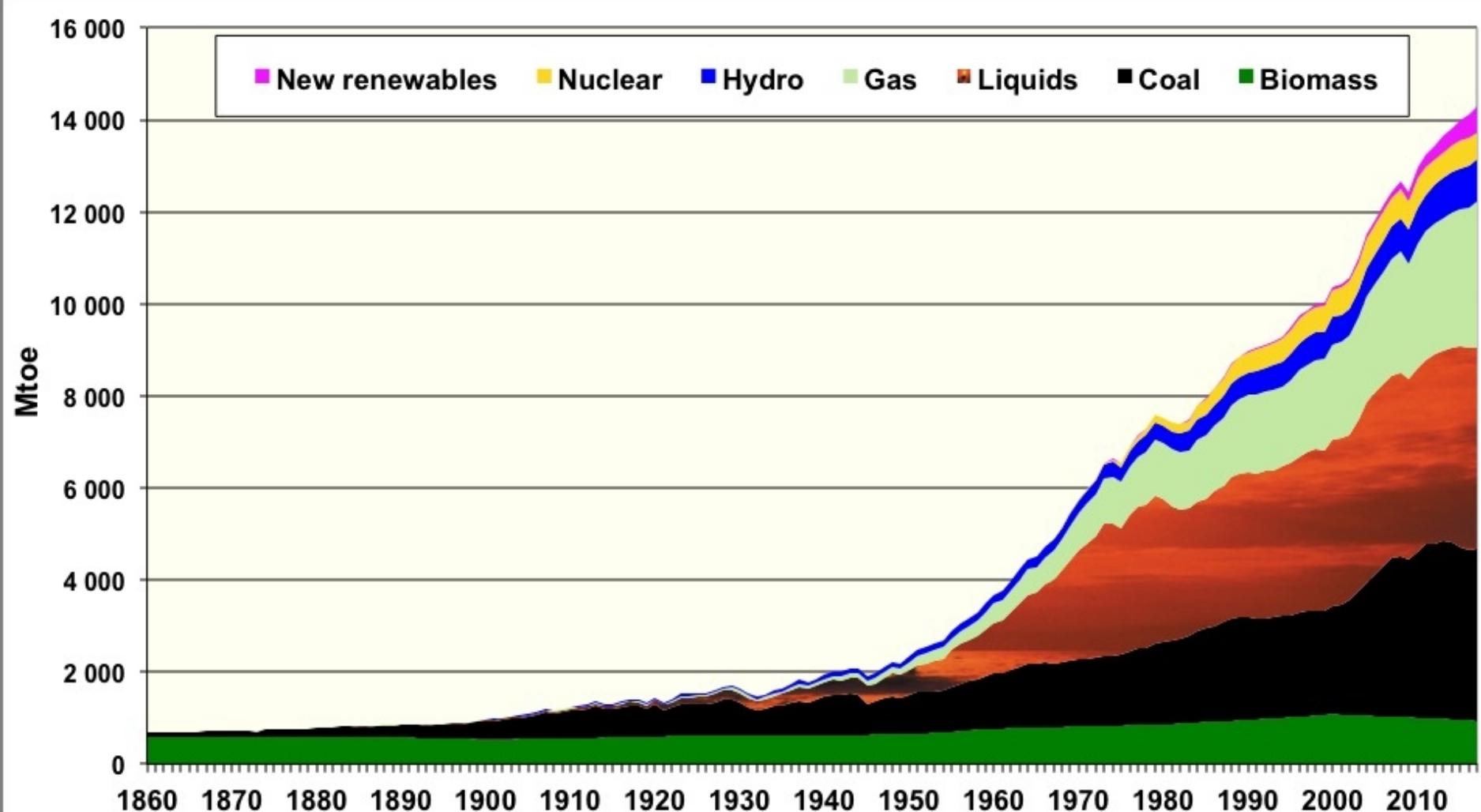
• A: Ma facture d'électricité, de gaz... et le plein

• B: Il faut l'économiser !

• C:

• D:

# Miam miam kWh



Consommation d'énergie dans le monde 1860-2017. Jancovici, 2018



## Selon vous, qu'est-ce que l'énergie ?

• A: Ma facture d'électricité, de gaz... et le plein

• B: Il faut l'économiser !

• C: Il faut 100% renouvelable !

• D:

# Il fut un temps où nous étions renouvelables et durables...





## Selon vous, qu'est-ce que l'énergie ?

• A: Ma facture d'électricité, de gaz... et le plein

• C: Il faut 100% renouvelable !

• B: Il faut l'économiser !

• D: Ce dont on est rempli un matin où l'on est en forme

# L'énergie, plus fort que les euros

De l'énergie entre en jeu dès que le monde change :

**Modification de température**



**Modification de la vitesse**

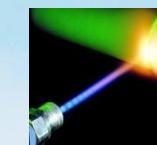
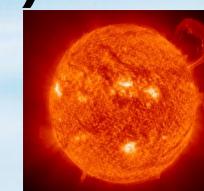


**Modification de forme**



**Modification de la composition chimique**

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



**Changement de composition atomique**

**Interaction entre matière et rayonnement :**



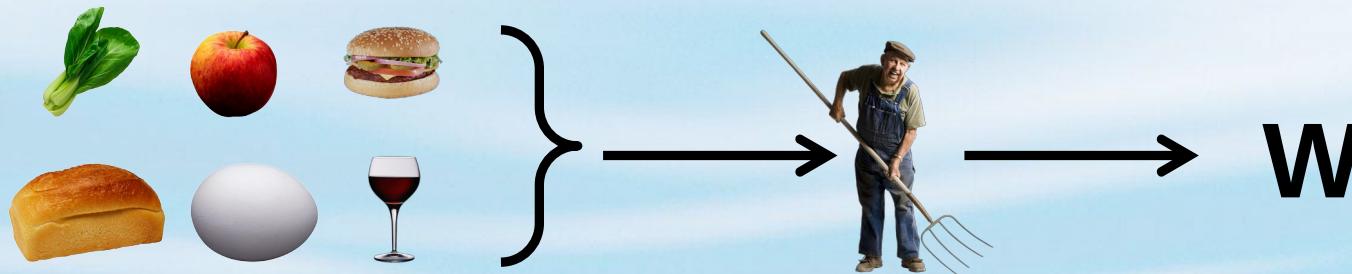
**L'énergie n'est donc rien d'autre que l'unité de compte de la transformation du monde qui nous entoure**

# La physique, c'est utile aussi pour la réflexion politique !

L'énergie, c'est ce qui **quantifie la transformation de l'environnement**

A cause de la loi de conservation de l'énergie, « utiliser de l'énergie », c'est en pratique extraire de l'énergie de l'environnement et la transformer dans un convertisseur.

La seule énergie que les hommes peuvent convertir en direct, c'est la biomasse et ses dérivés comestibles



Pour utiliser « autre chose » (du pétrole, du gaz, de l'uranium, du vent...) il faut un autre convertisseur qui s'appelle une machine



« Utiliser de plus en plus d'énergie », c'est donc en pratique « commander de plus en plus de machinerie »

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



$80 \text{ kg} + 10 \text{ kg}$   
 $\times 2000 \text{ m de}$   
 $\text{dénivelée}$   
 $\approx 0,5 \text{ kWh}$



$\times 10$

1 jour sur 2 : 100 kWh/an



$\times 100$

$6 \text{ m}^3 \text{ terre} \times 1 \text{ m}$   
 $0,05 \text{ kWh}$   
 $(10 \text{ kWh/an})$



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



$80 \text{ kg} + 10 \text{ kg}$   
 $\times 2000 \text{ m de}$   
 $\text{dénivelée}$   
 $\approx 0,5 \text{ kWh}$

→  $\times 10$

→  $\div 500$

→  $\div 10-100$

→  $\times 100$

→  $\div 5000$

1 jour sur 2 : 100 kWh/an

Au SMIC : 200 €/kWh

Même un esclave : 4-40 €/kWh

$6 \text{ m}^3 \text{ terre} \times 1 \text{ m}$

$0,05 \text{ kWh}$   
(10 kWh/an)

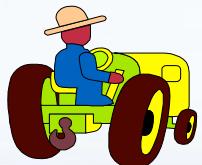
2000 €/kWh



# L'homme produit avec la machine, ou la machine avec l'homme ?



= 100 W pour les jambes, 10 W pour les bras



= 60 kW ≈ 600 paires de jambes



= 100 kW ≈ 10.000 paires de bras



= 400 kW ≈ 4.000 paires de jambes



= 100 MW ≈ 1.000.000 paires de jambes...



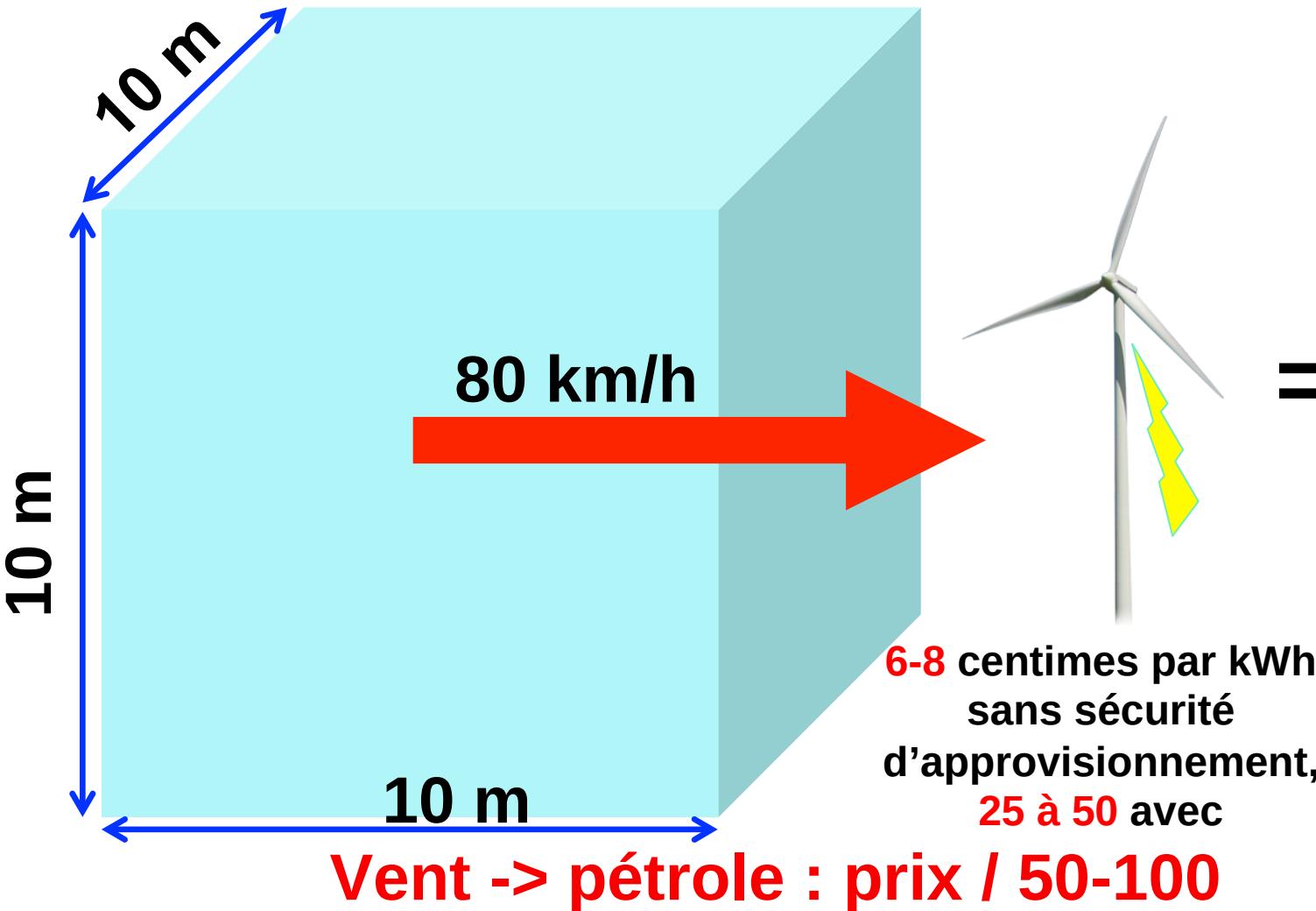
= 100 MW ≈ 10.000.000 paires de bras !



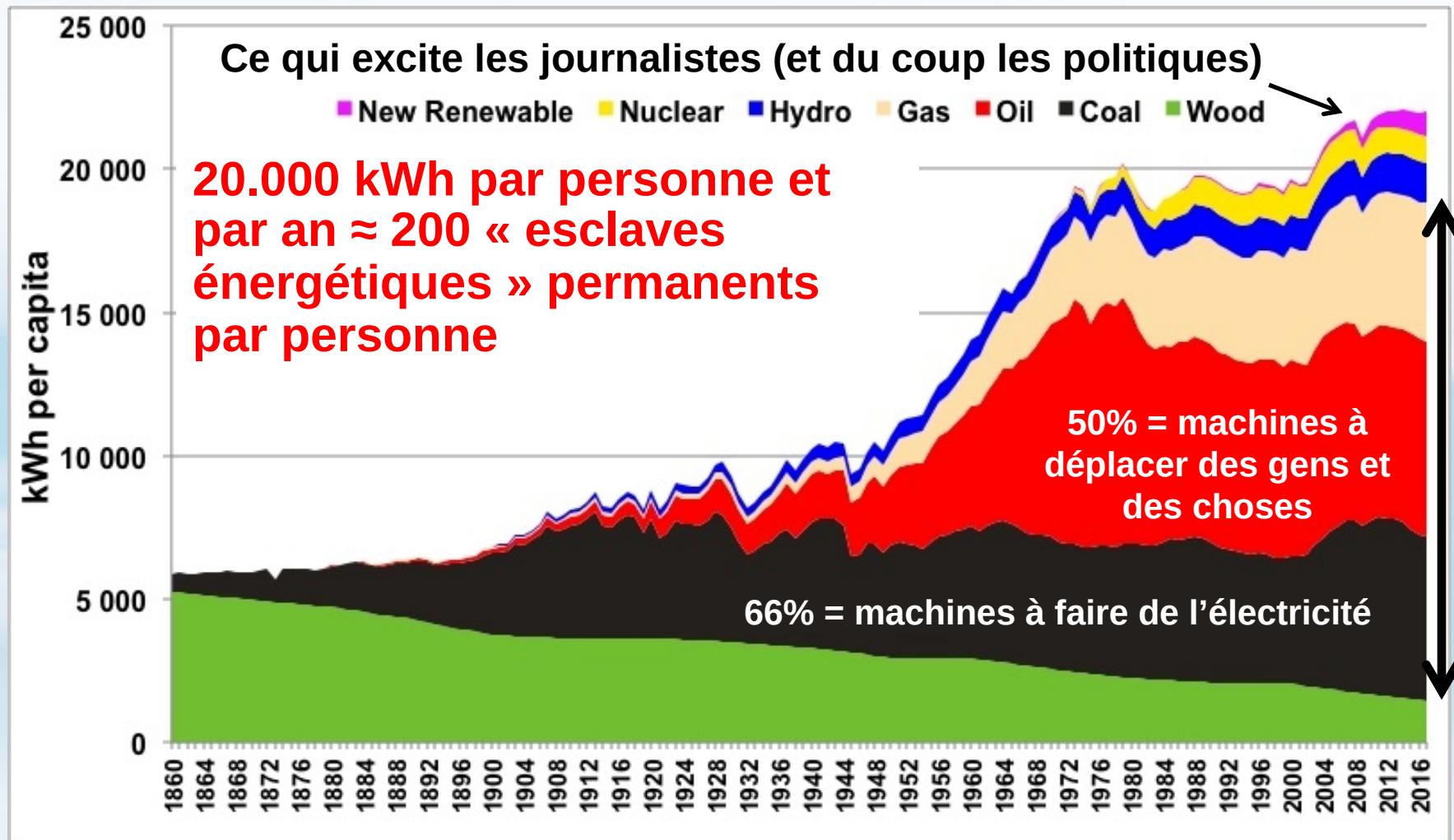
# Les voici, nos esclaves des temps modernes !



# Pourquoi Diable être passé des ENR au pétrole diabolique ?

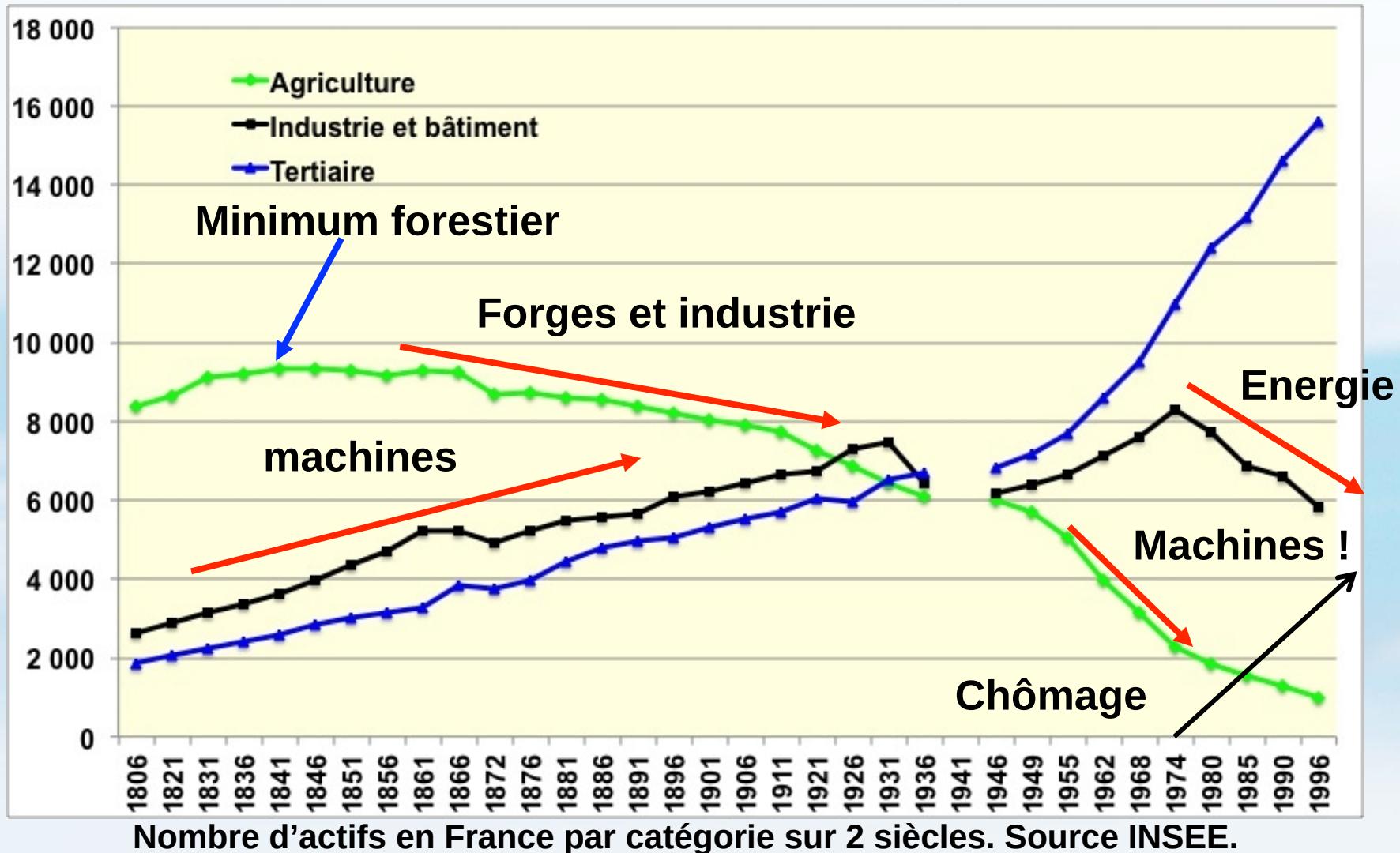


# Miam miam kWh : c'est pas durable, mais c'est si bon...

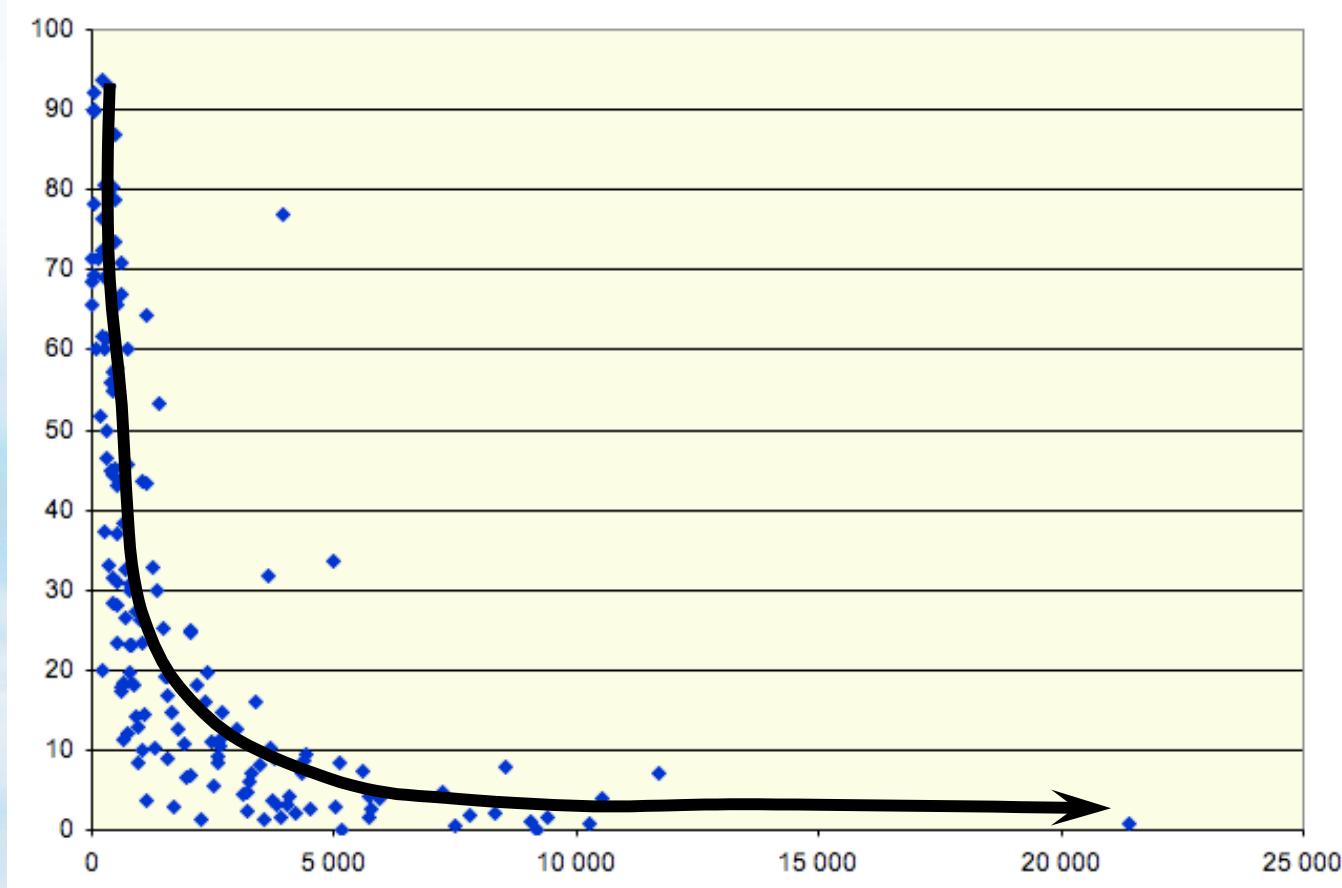


Énergie mise en jeu par personne, moyenne mondiale 1860-2017. Jancovici, 2018

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

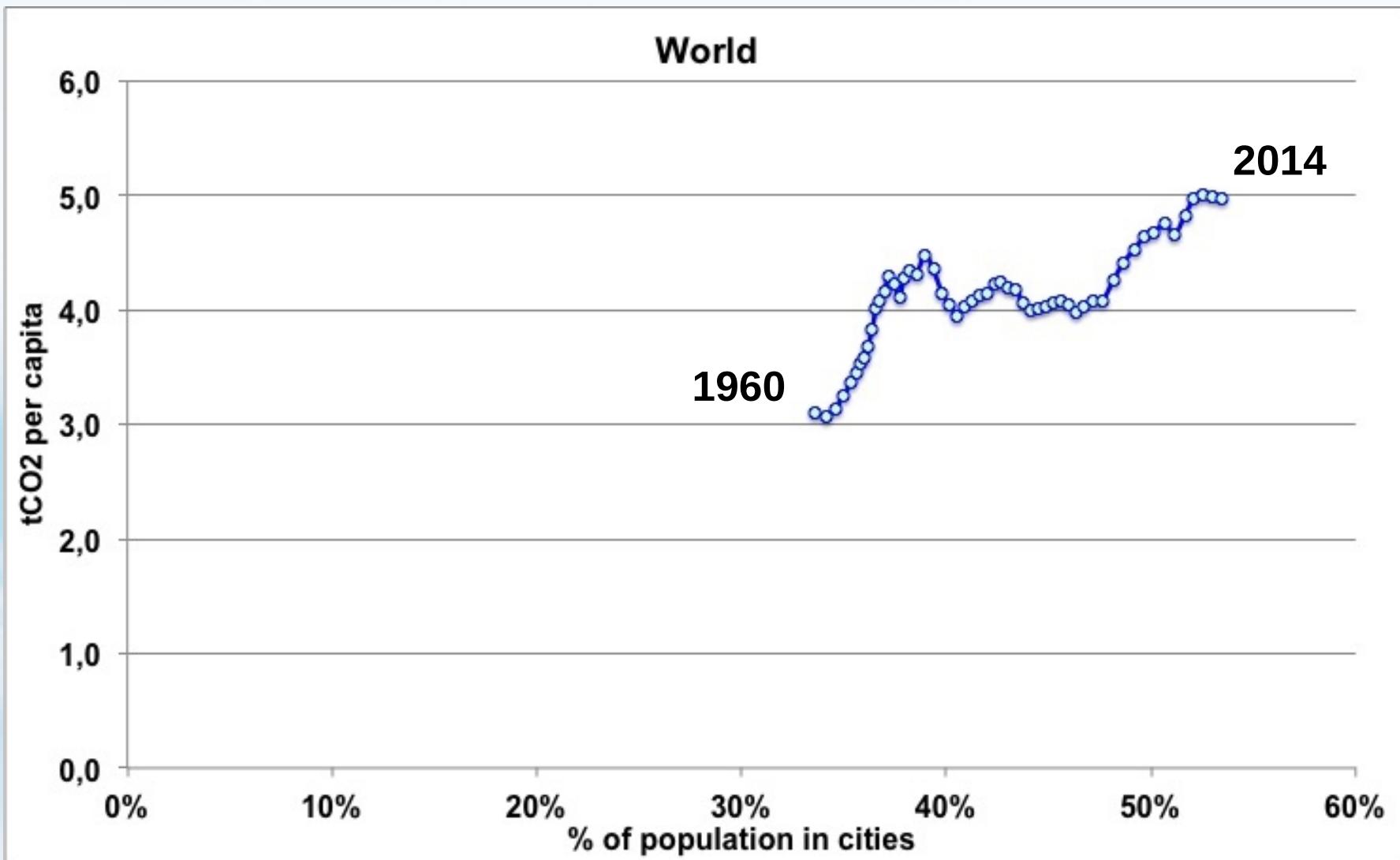


# Plus d'énergie = moins de paysans



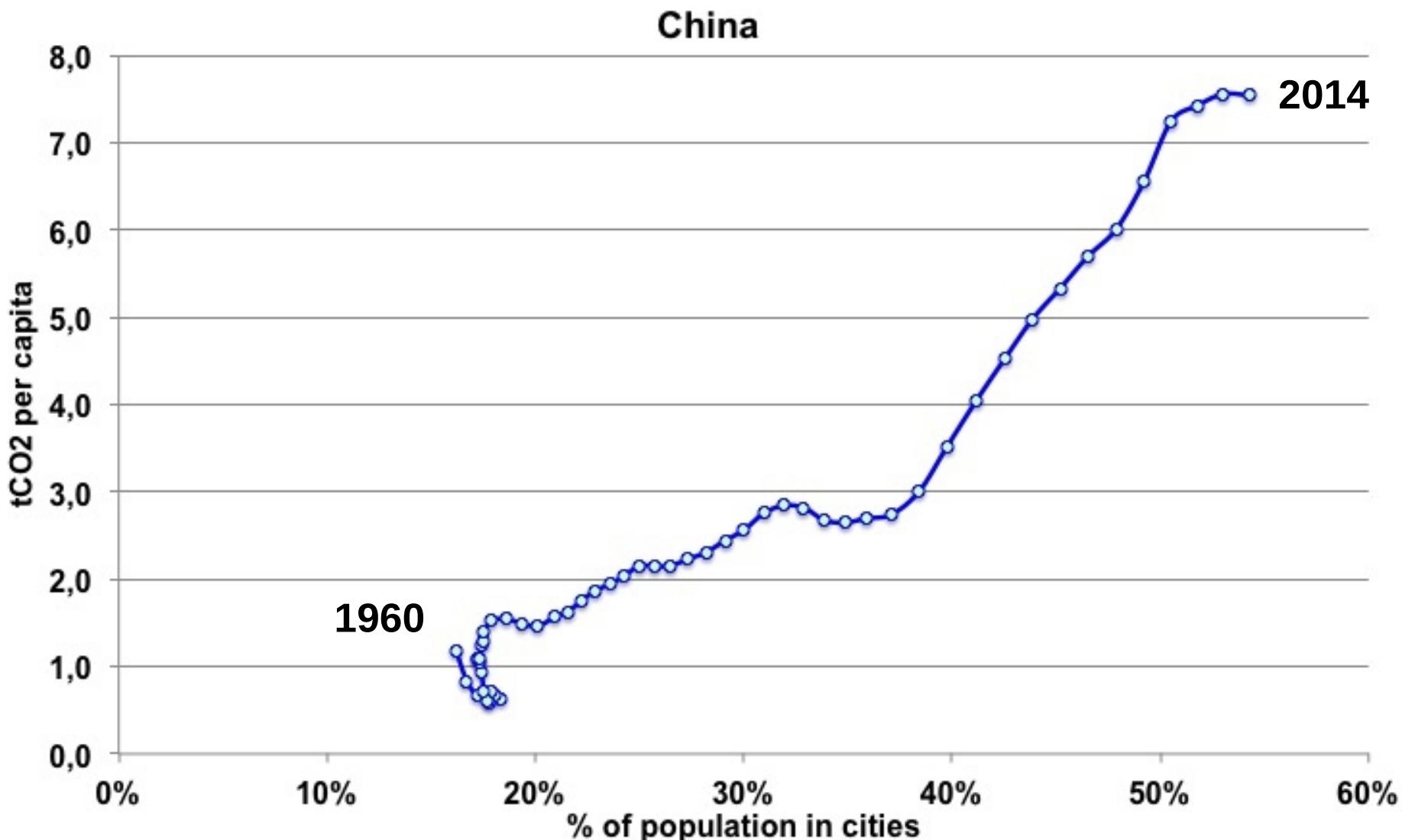
**Consommation d'énergie par personne et par an (kep) vs. % de l'emploi dans l'agriculture.**  
Sources WRI, US DOE

# Plus d'énergie = plus de villes !



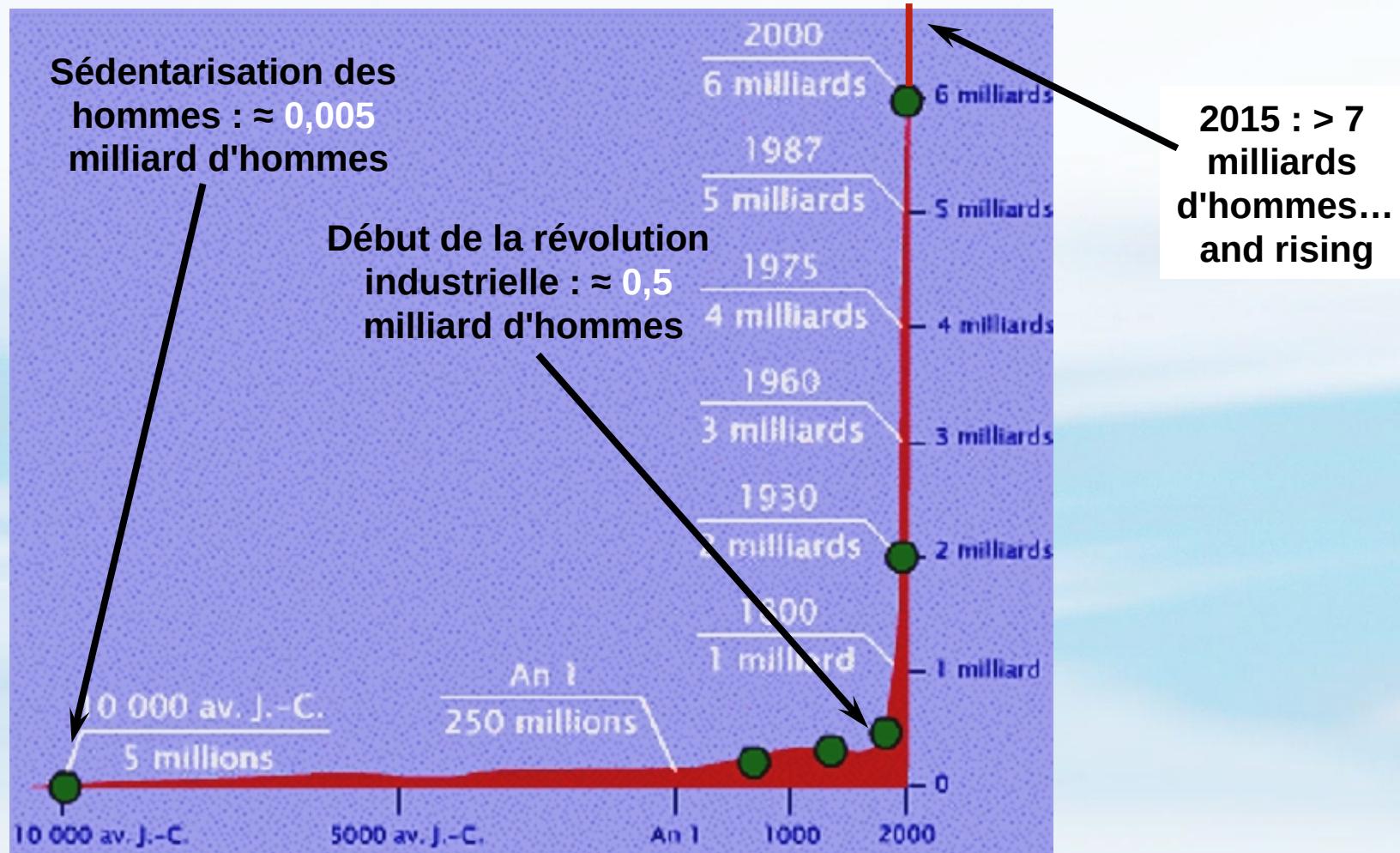
Fraction de la population dans les villes vs émissions de CO2 par personne dans le monde. Donnés Banque Mondiale

# Plus d'énergie = plus de villes !



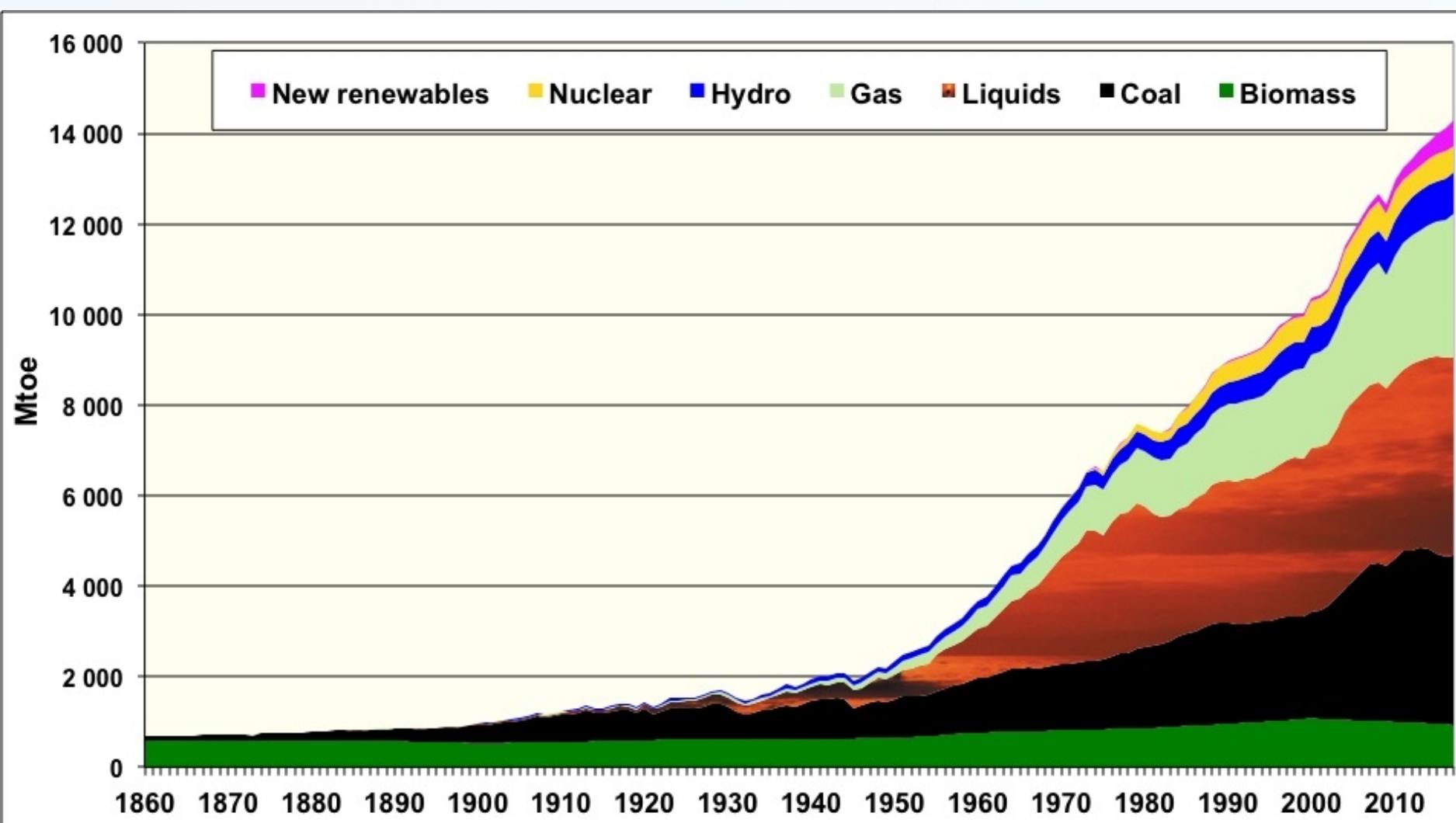
Fraction de la population dans les villes vs émissions de CO2 par personne en Chine. Donnés Banque Mondiale

# Plus de consommateurs, aussi....



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

# Plus x plus = beaucoup plus



Consommation d'énergie mondiale, de 1860 à 2017.  
Jancovici, 2018, sur sources Schilling et al., 1977, BP Statistical Review, 2018, divers

# Si nous sommes ici, c'est un peu à cause de lui...



**Les ressources naturelles sont inépuisables, car sans cela, nous ne les obtiendrions pas gratuitement. Ne pouvant ni être multipliées ni épuisées, elles ne sont pas l'objet des sciences économiques**

Traité d'économie politique (1803)

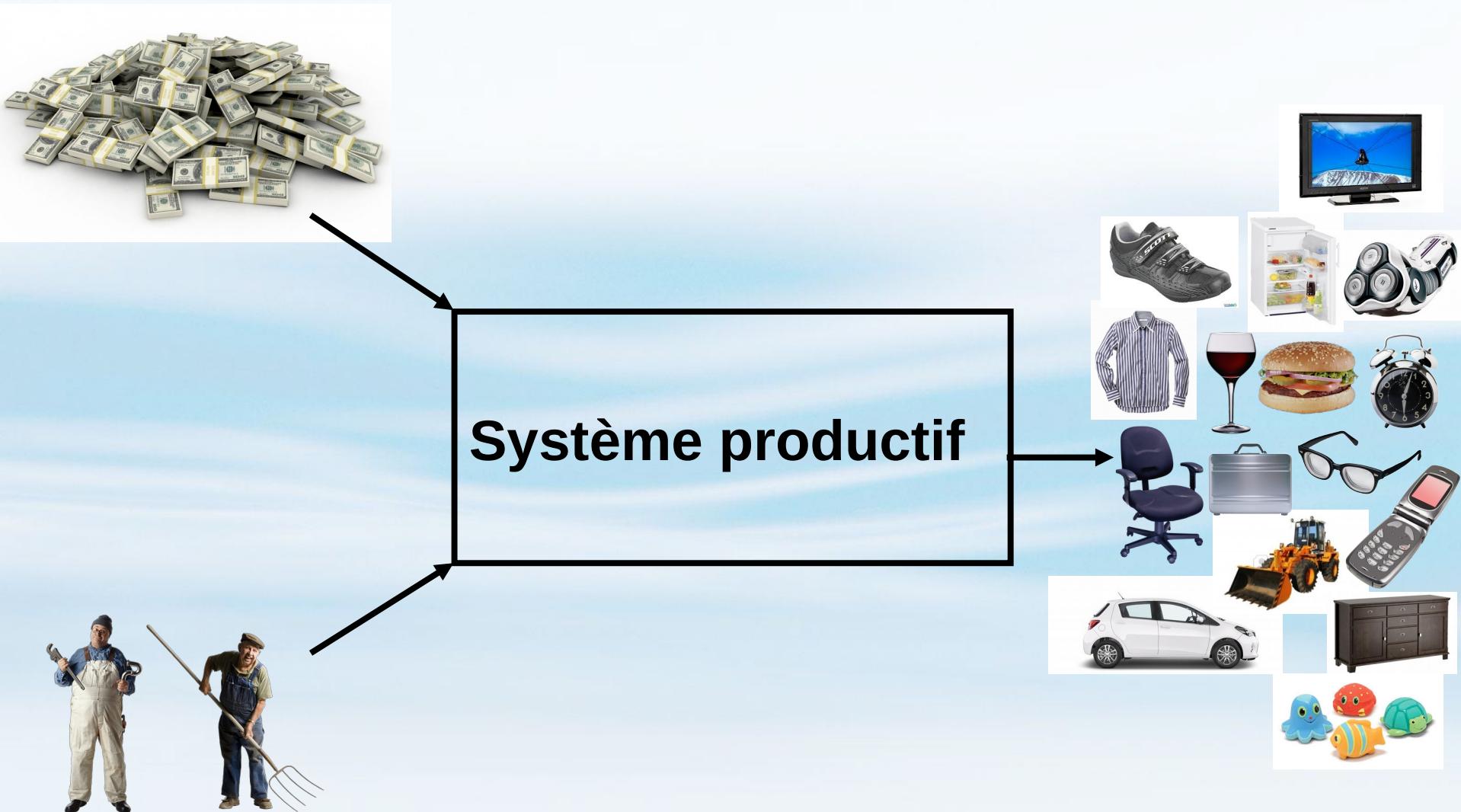


# Notre capital de départ

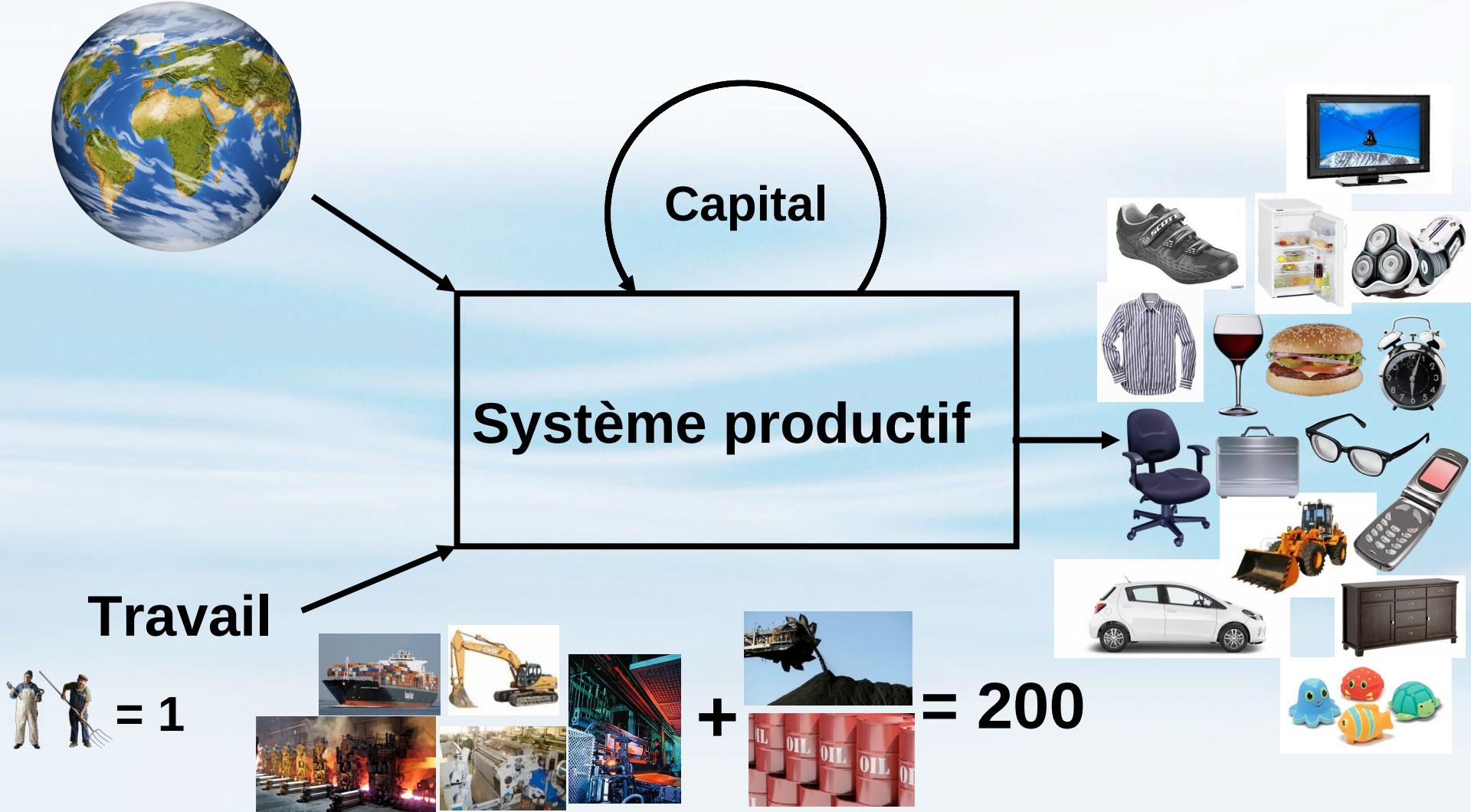


**Le seul vaisseau spatial habitable pour 7 milliards d'habitants que nous ayons à disposition**

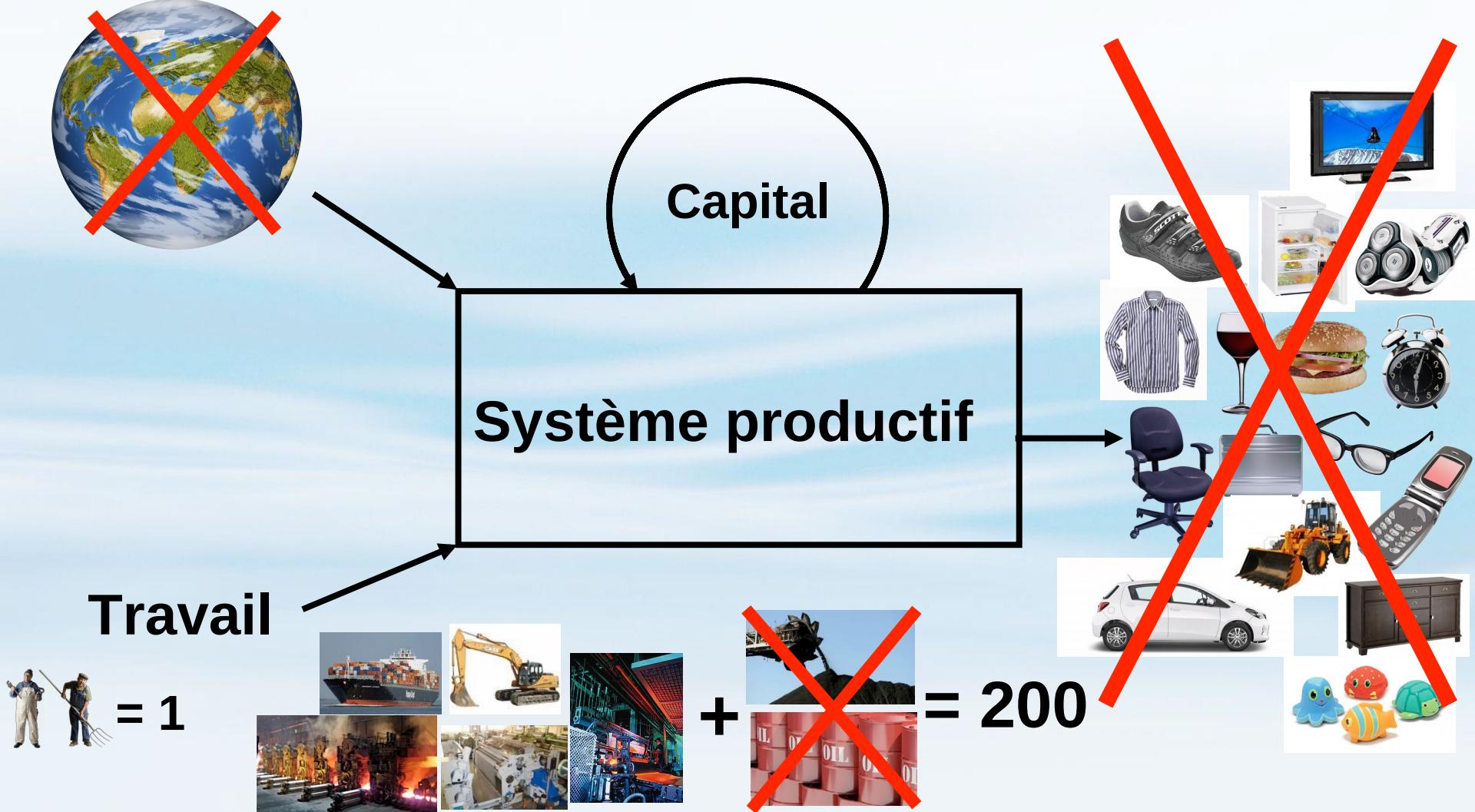
# L'économie de la terre plate

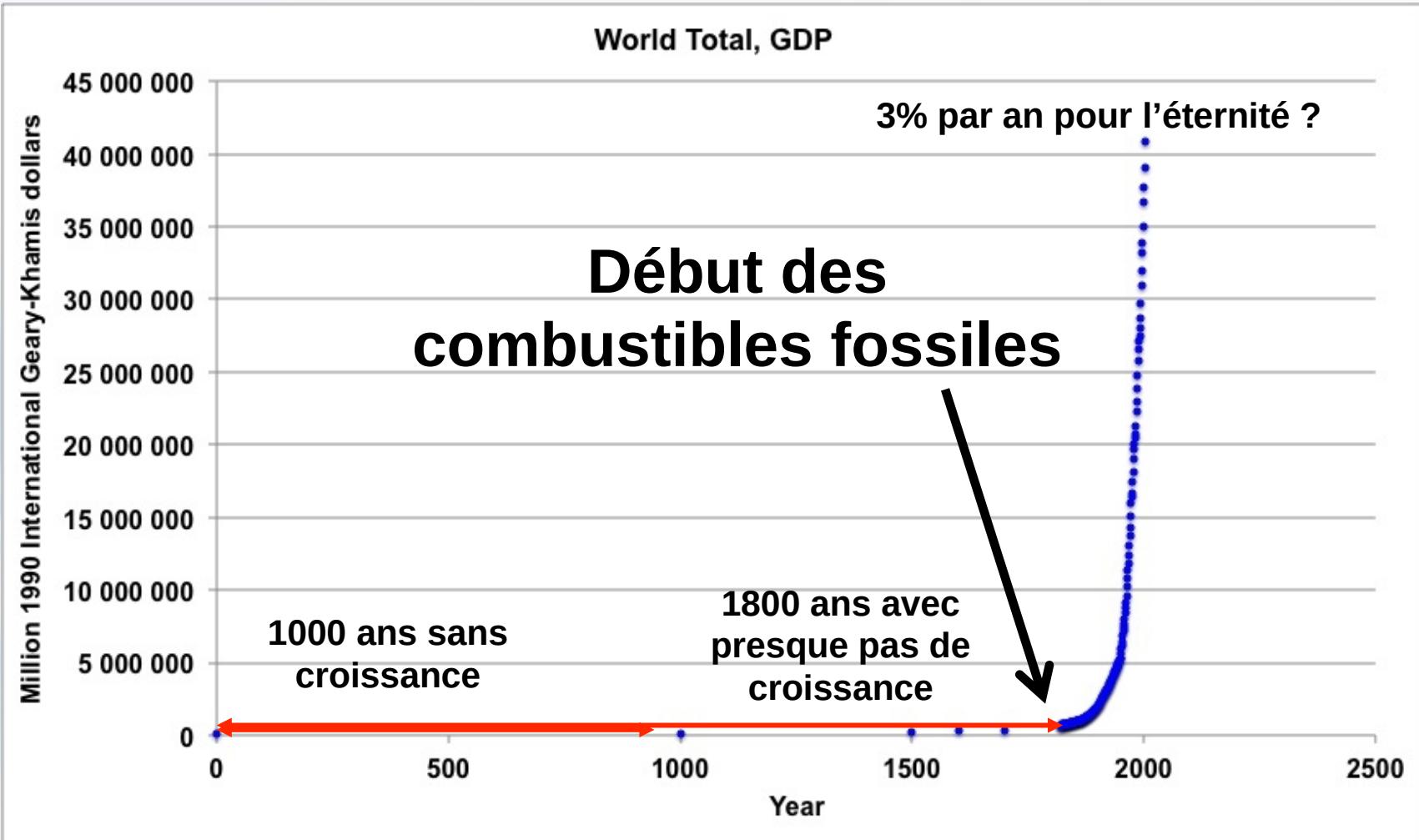


# En fait, il vaut mieux avoir de la ressource...



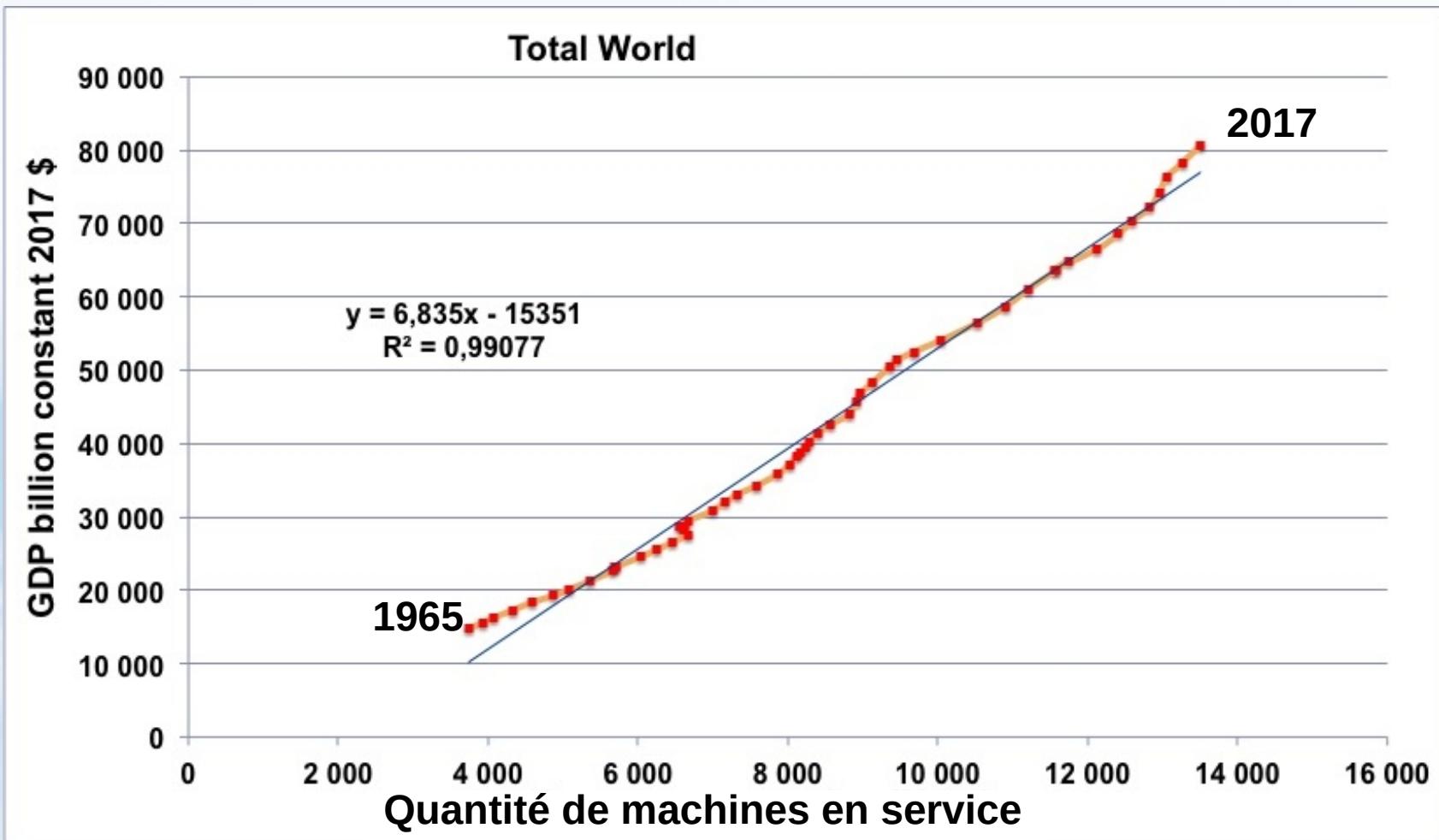
# Sinon ...





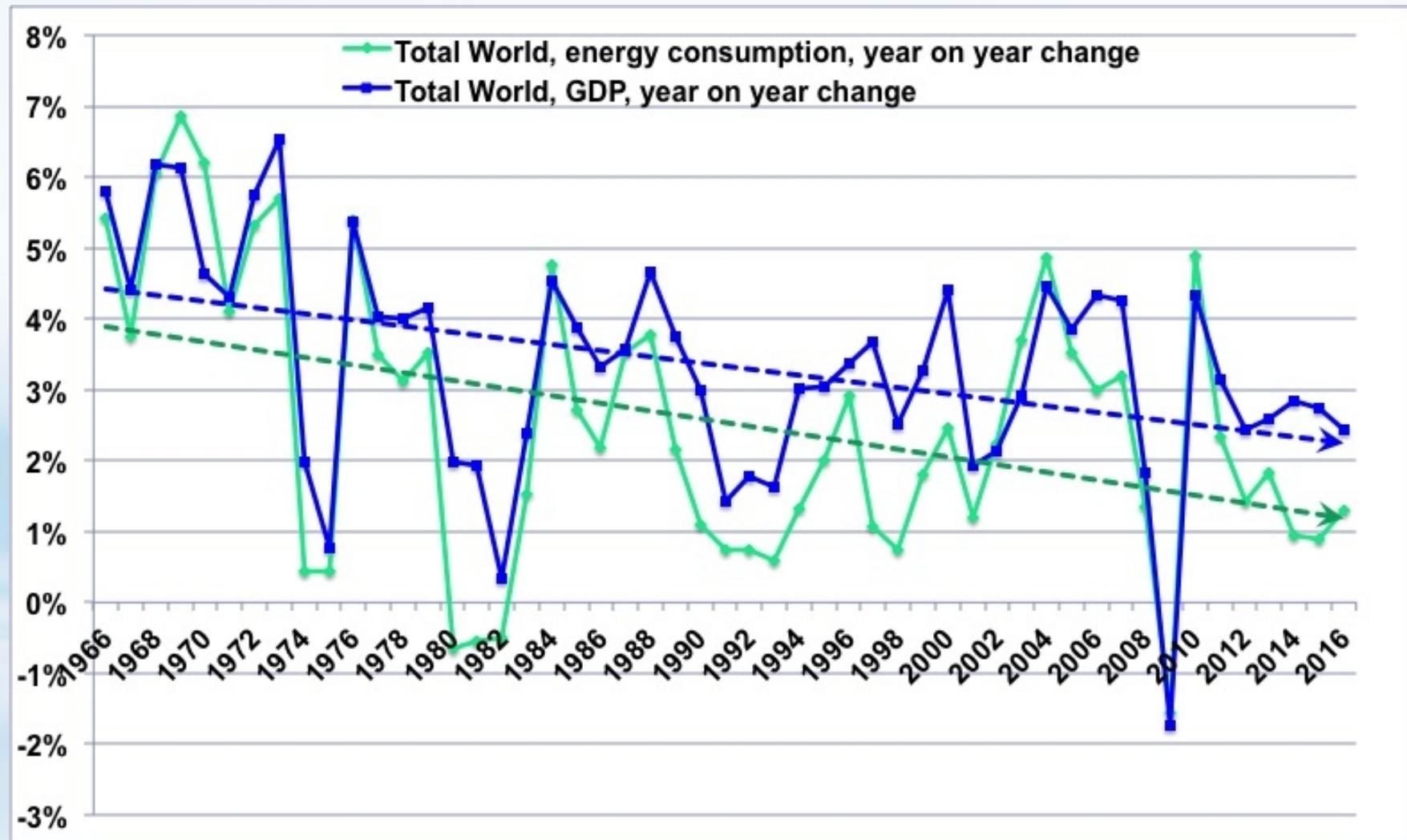
PIB mondial reconstitué de l'an 0 à 2003. Source Maddison, 2010

# Le meilleur modèle macro-économique du monde : une droite



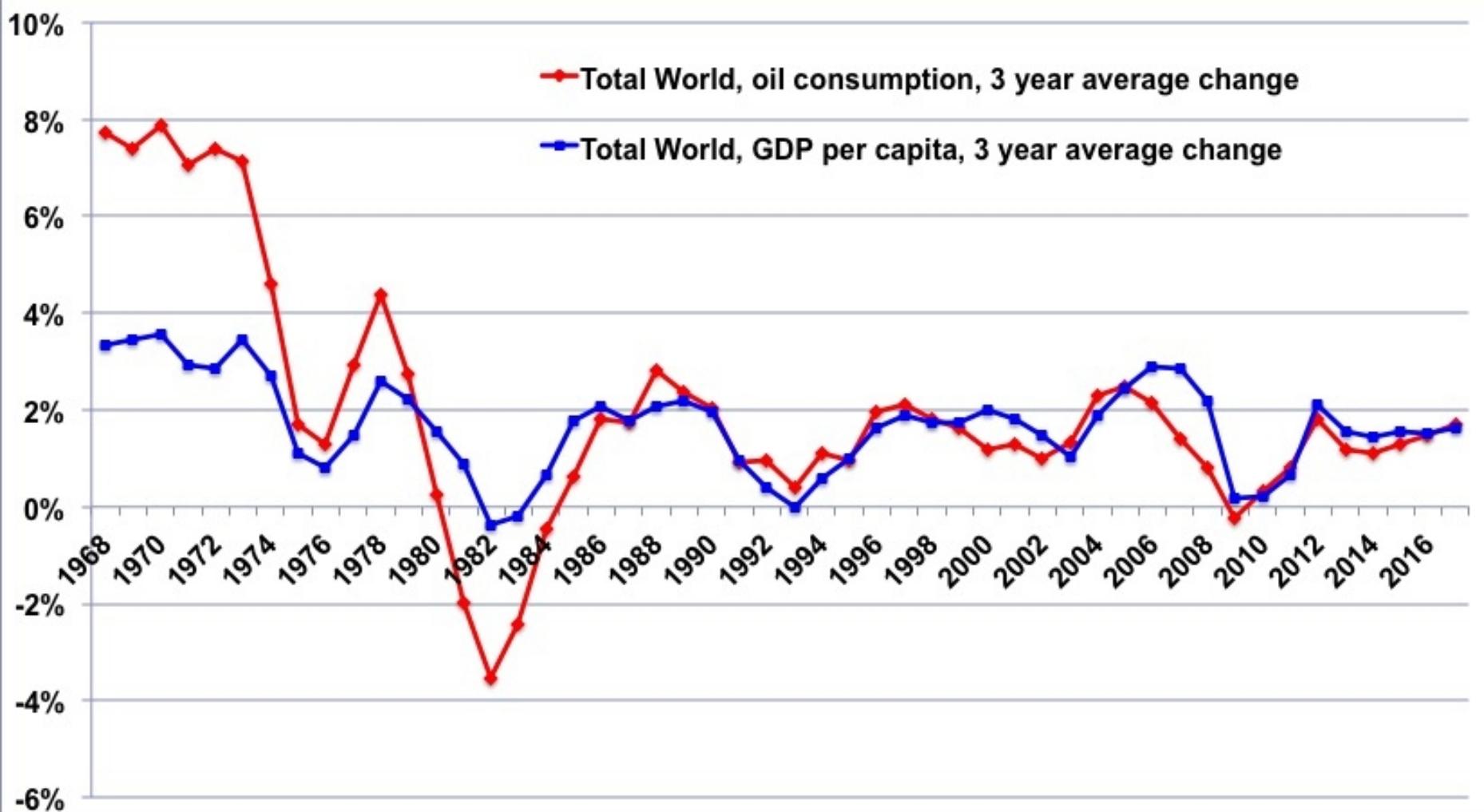
Énergie consommée (en abscisse) et PIB en dollars constants (ordonnée) pour le monde. Données primaires World Bank pour le PIB et BP stat pour l'énergie

# Puis-je avoir du PIB sans énergie ?



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

# Puis-je avoir du PIB sans pétrole ?



Variation annuelle, depuis 1970, du pétrole consommé dans le monde, et du PIB par personne dans le monde. Mêmes sources que précédemment.

# Les maths, c'est décidément détestable...

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

Une extraction annuelle indéfiniment croissante est impossible

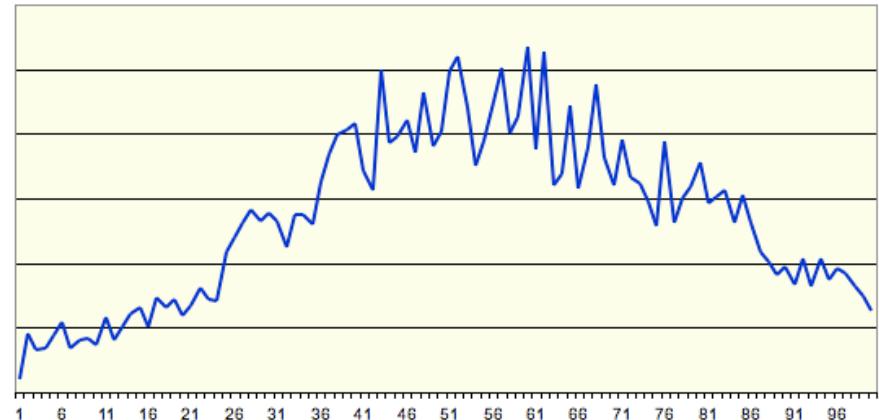
Même une extraction annuelle indéfiniment constante est impossible (sinon stock infini !)

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

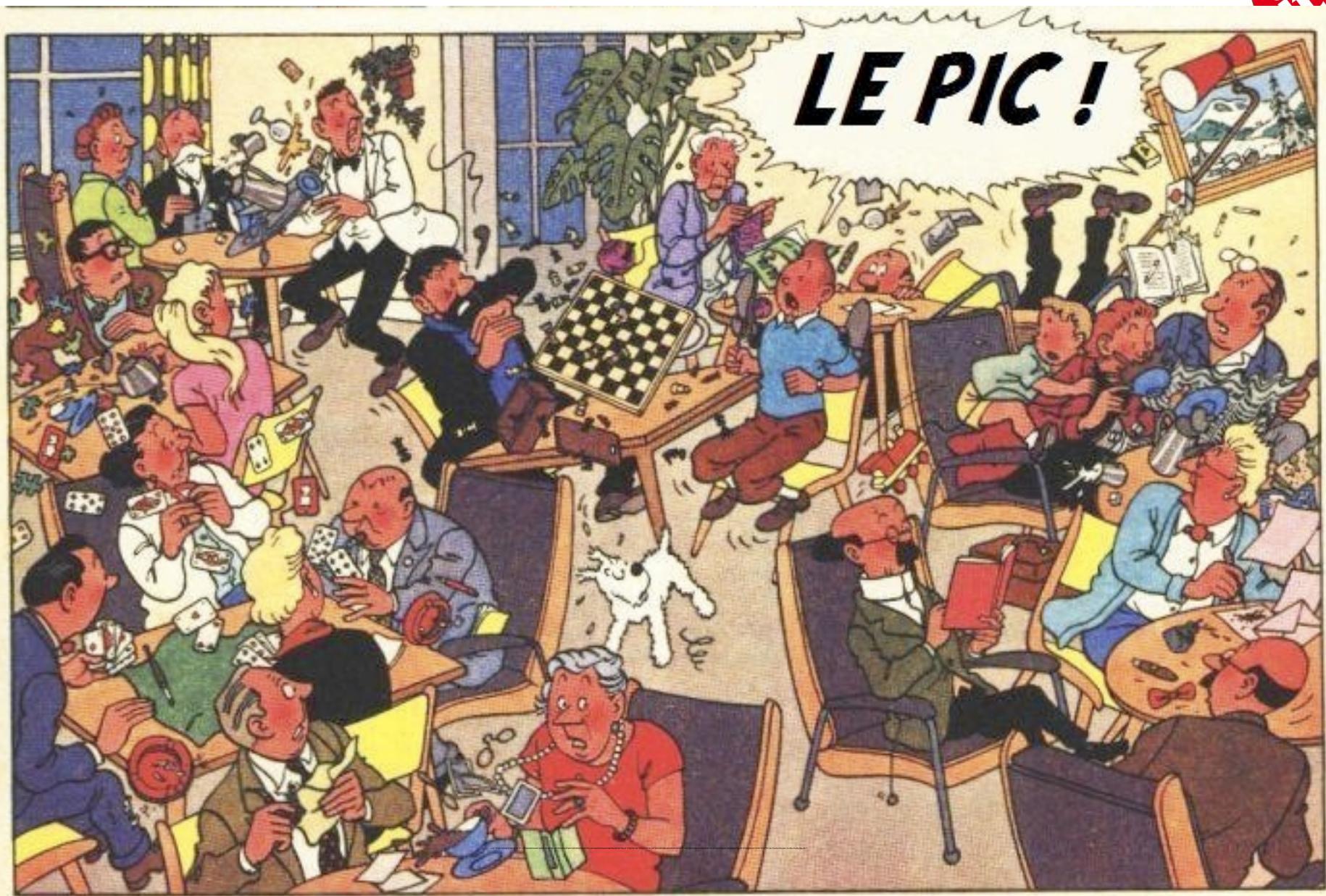
Est nulle à  $-\infty$

Est nulle à  $+\infty$

Passe par un maximum absolu entre les 2

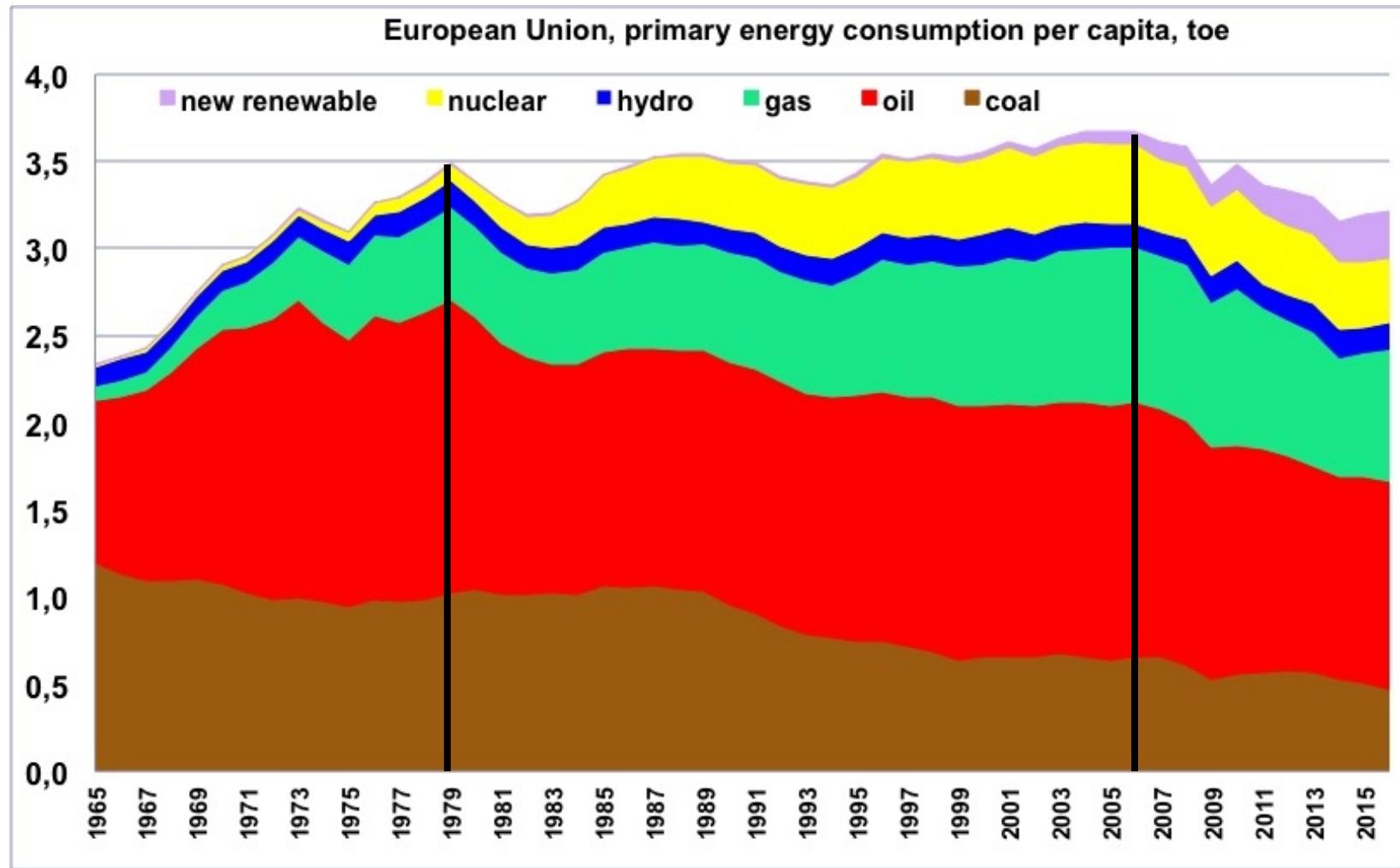


# Les maths, c'est décidément détestable...



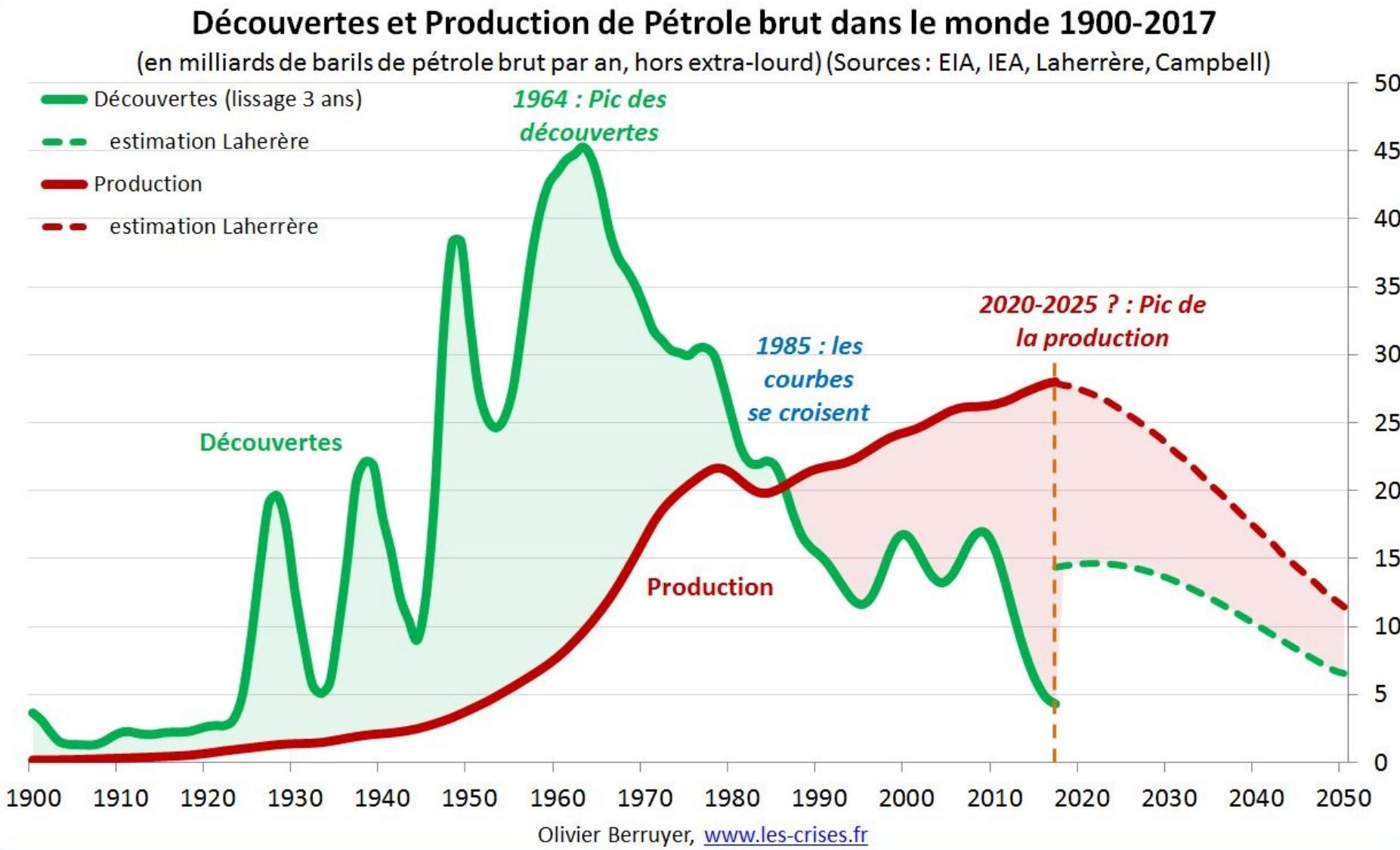
# Sécurité d'approvisionnement ?

## Quelle sécurité ?

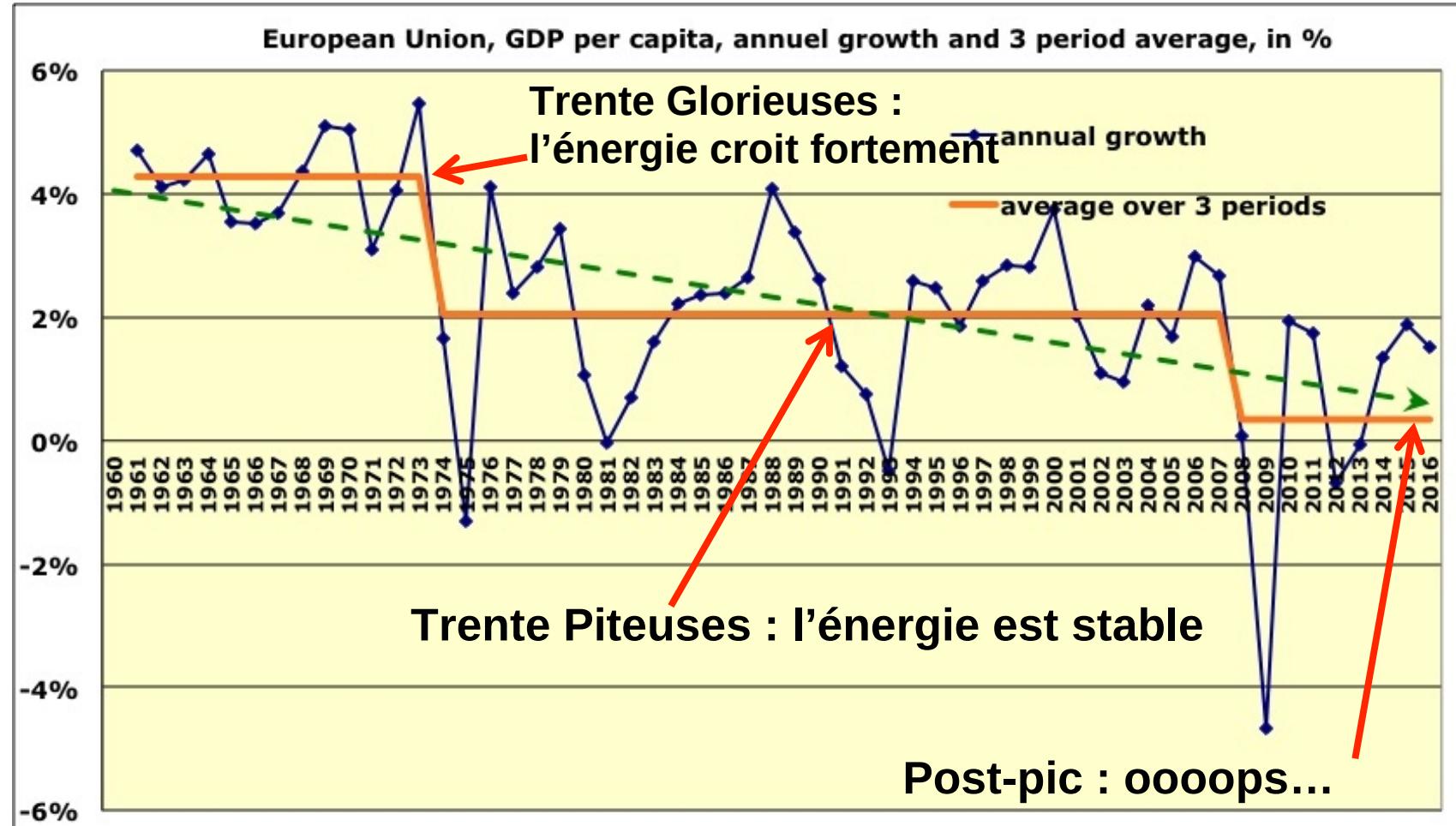


Consommation d'énergie en Europe depuis 1965. Données BP Statistical Review, 2016

# Prochain pic pétrolier ?

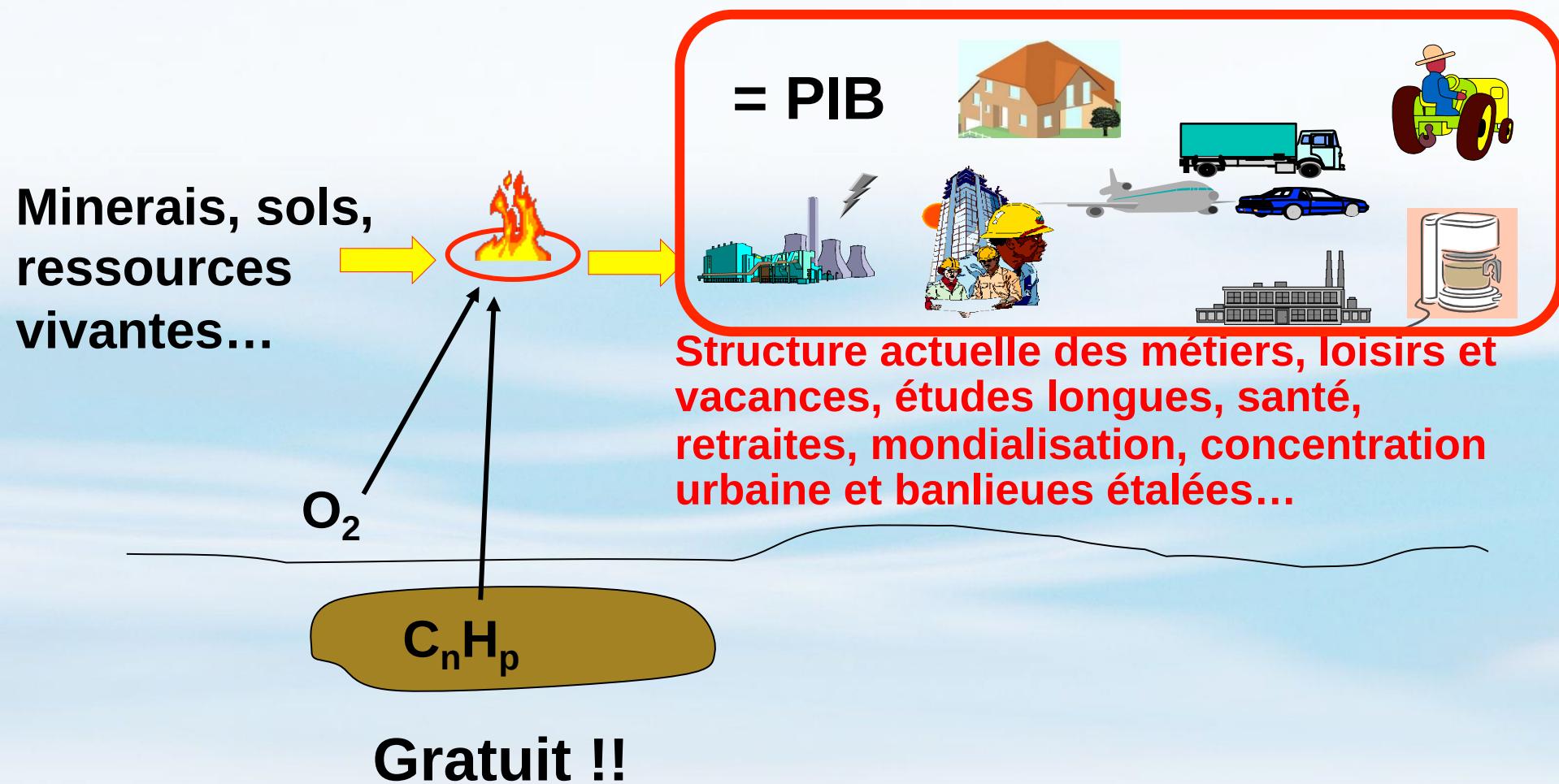


# Saloperie de physique !



Variation annuelle du PIB par personne en Europe. Jancovici, sur données World Bank.

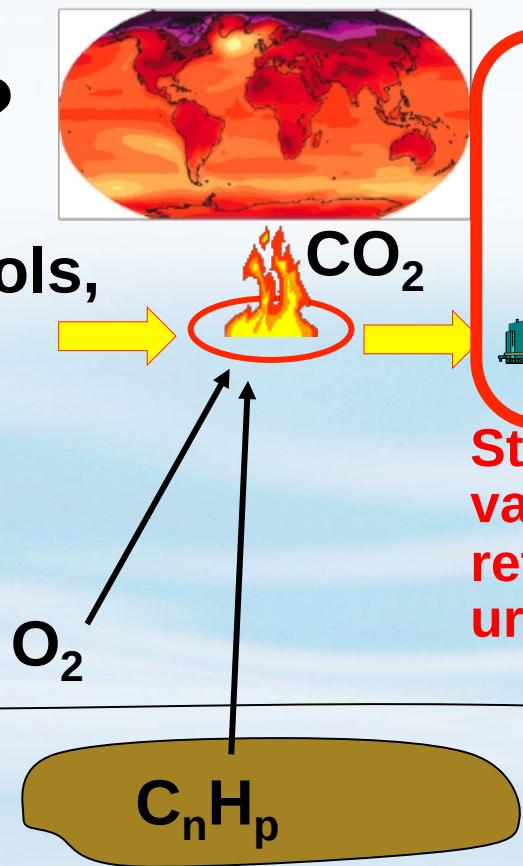
# L'ère du feu, croissance à gogo et 2 questions...



# Boum ou Crac ? ... ou les deux ?

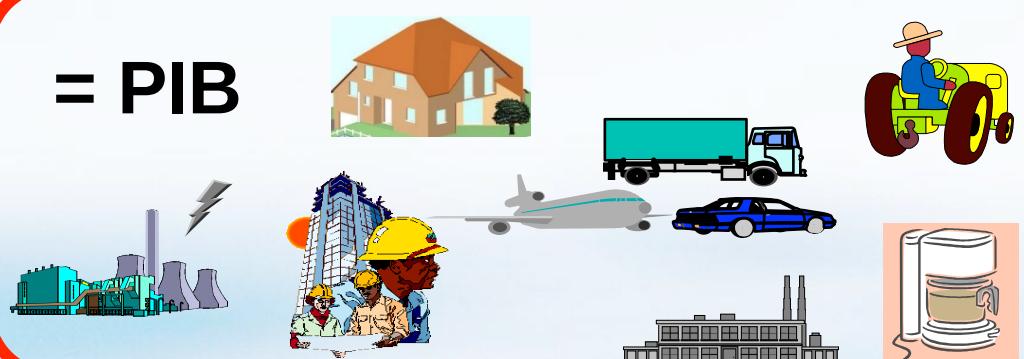
**Boum ?**

Minerais, sols,  
ressources  
vivantes...



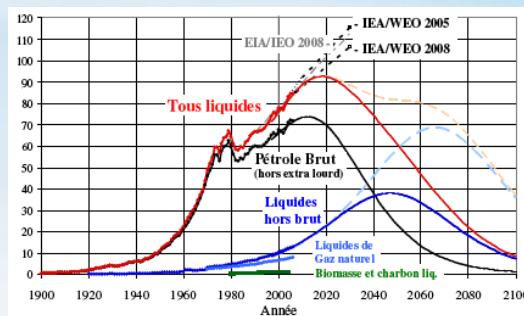
**Gratuit !!**

= PIB



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

**Crac ?**



**BOUM !**

S'il n'y avait pas d'effet de serre



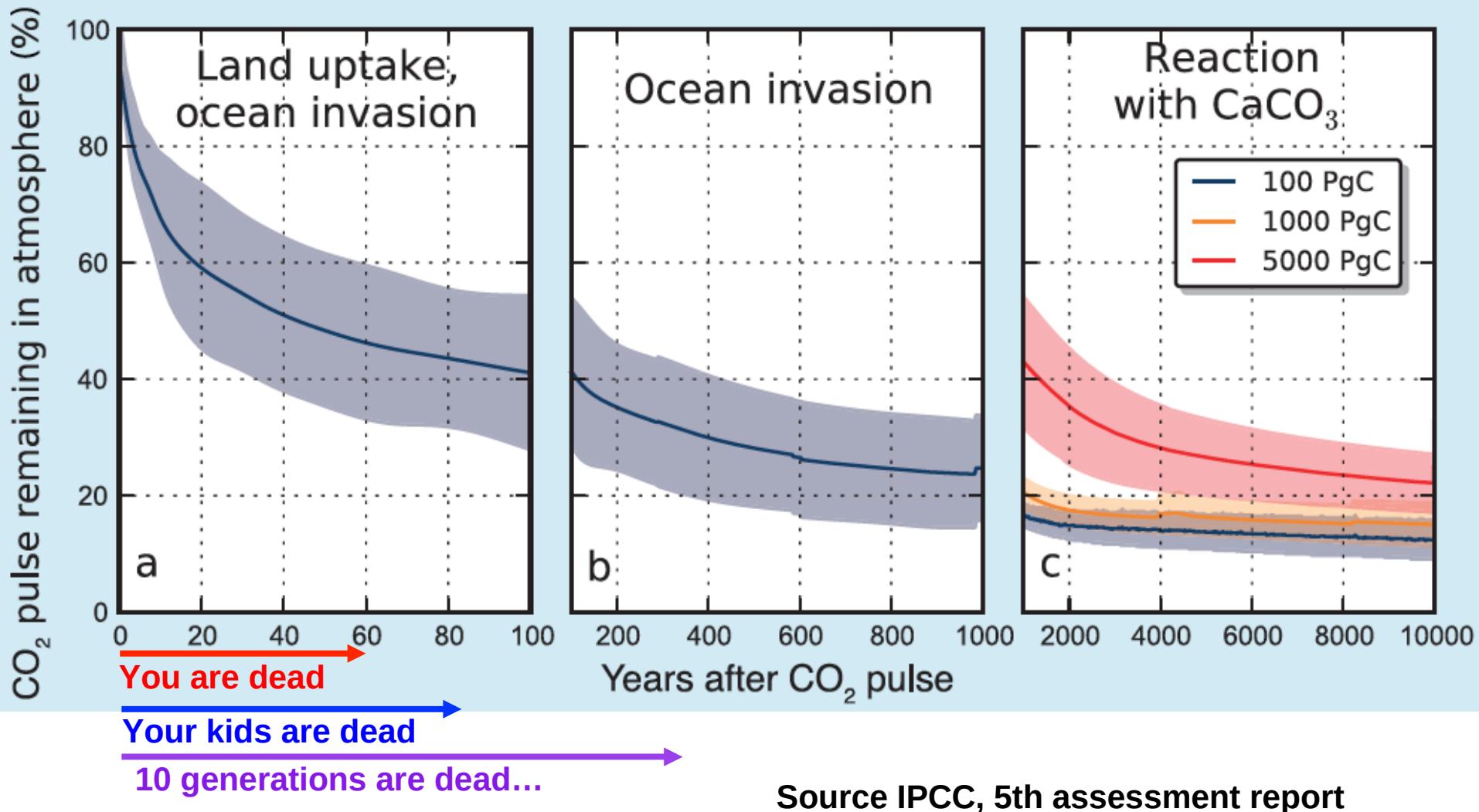
La vie grâce à l'effet de serre



Un risque de déséquilibre



# Help! Where is the reset button?



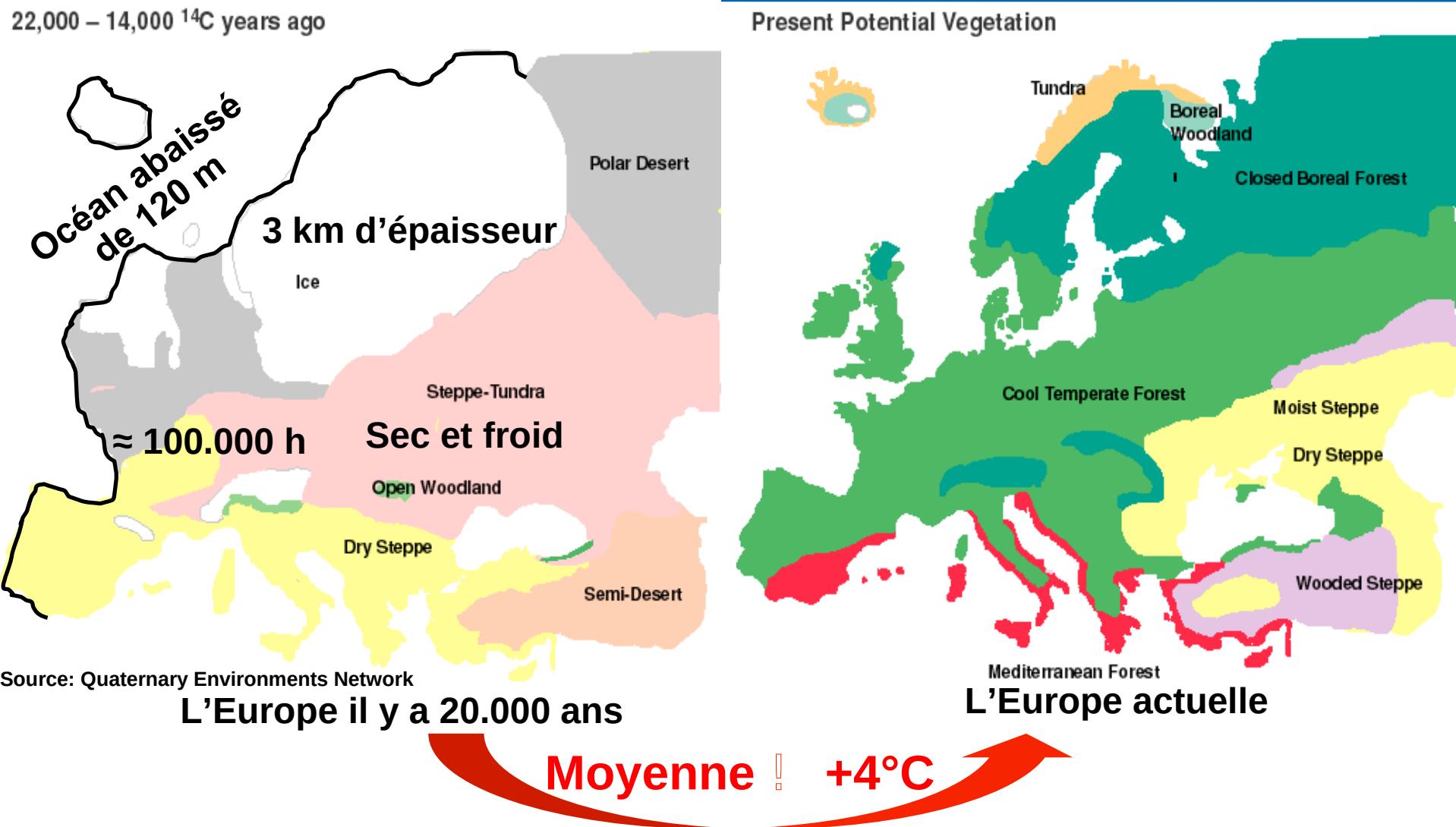
# 4°C, juste un pull en moins ?

Present Potential Vegetation

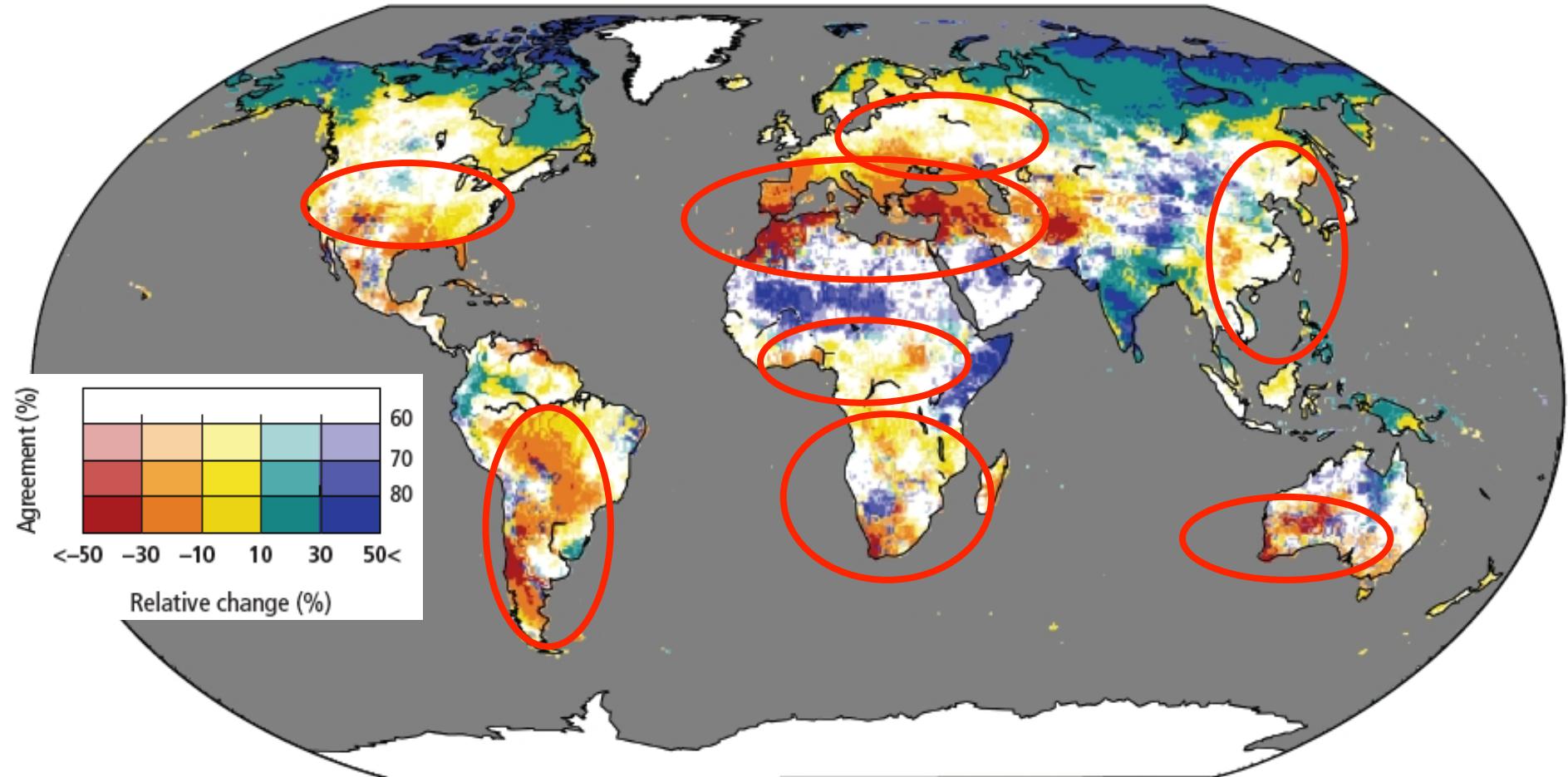


Source: Quaternary Environments Network

# 4°C, juste un pull en moins ?

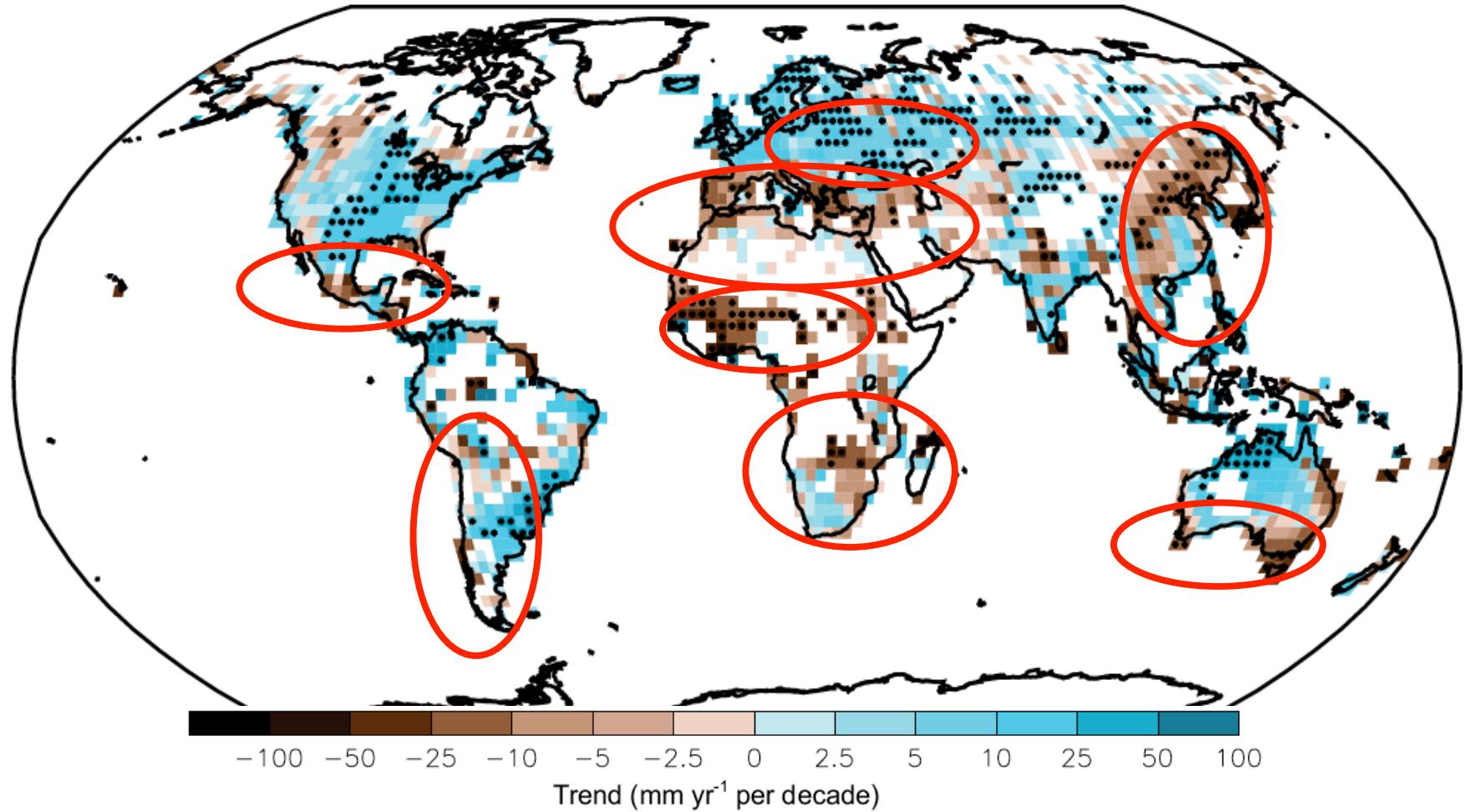


# Mais un climat, ce n'est pas juste une température moyenne



Moyenne inter-modèles de l'évolution des précipitations pour une hausse de 2°C de la moyenne par rapport à 1980-2010. Source : GIEC, 5è rapport d'évaluation, 2014

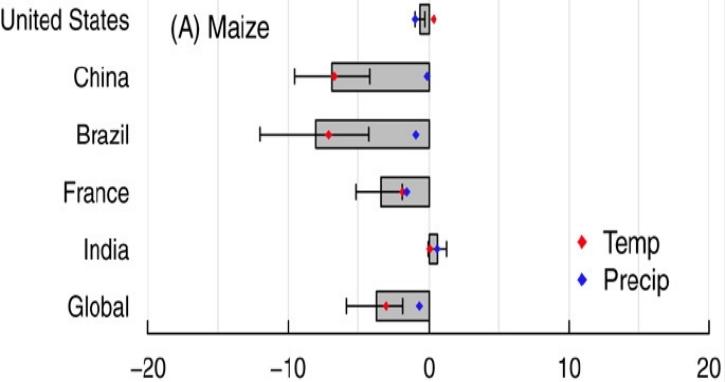
# Pleuvra, pleuvra pas ?



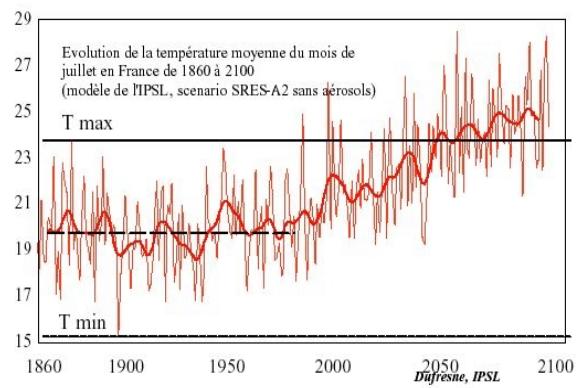
Évolution constatée des précipitations sur la période 1951-2010. Source : IPCC, 5<sup>e</sup> rapport d'évaluation, 2013

# Un jour, l'avenir devient le présent

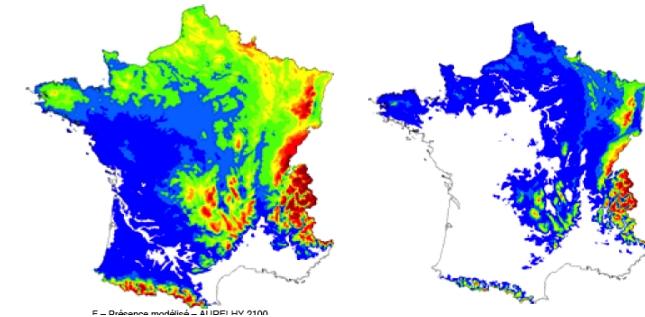
Avec une ampleur qui dépendra de nos émissions



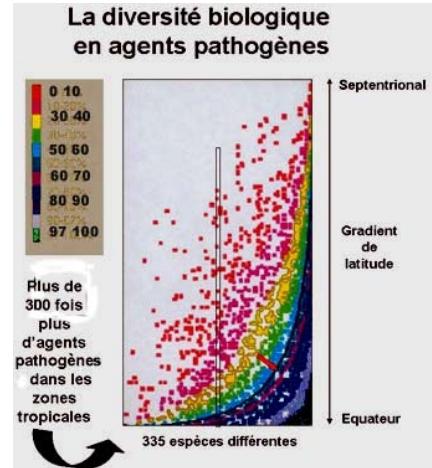
Baisse des rendements agricoles



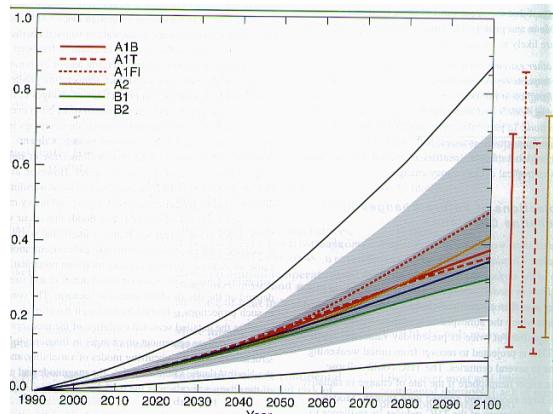
Vagues de chaleur



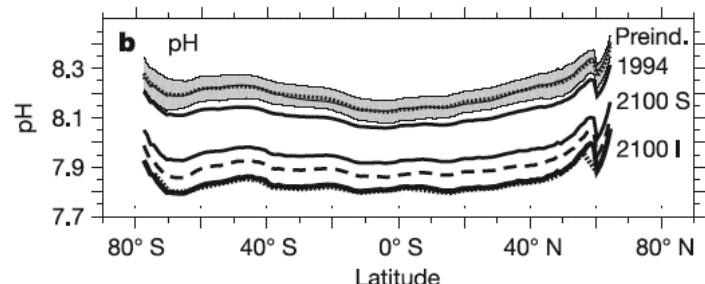
Atteinte aux écosystèmes



Agents pathogènes



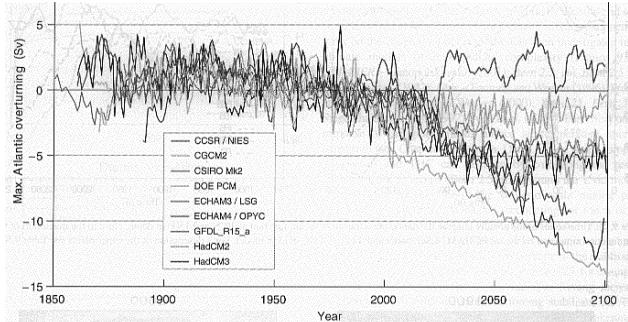
Hausse du niveau de l'océan



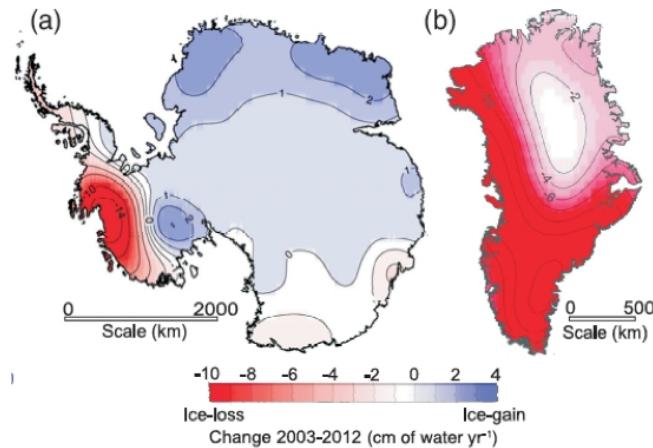
Acidification de l'océan

# Partez pas, y'a du rab

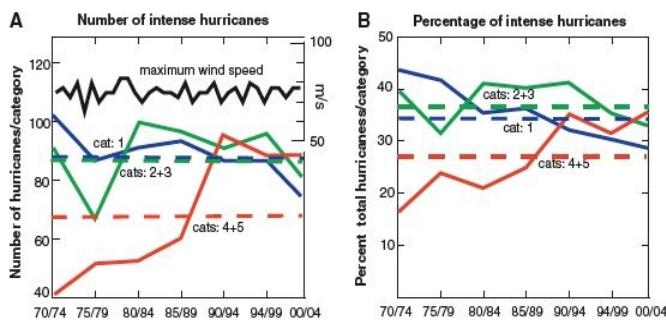
Avec une ampleur qui dépendra de nos émissions



**Changement de la circulation océanique**

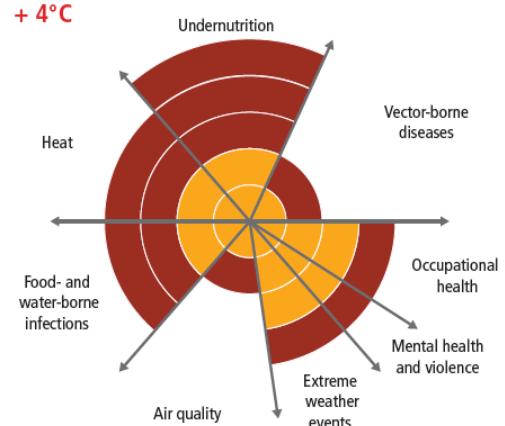
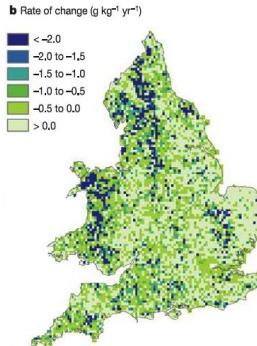


**Fonte/désagrégation des calottes**

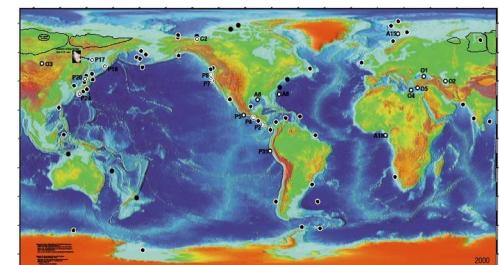


**Intensification des phénomènes extrêmes**

**Relargage du carbone des sols**



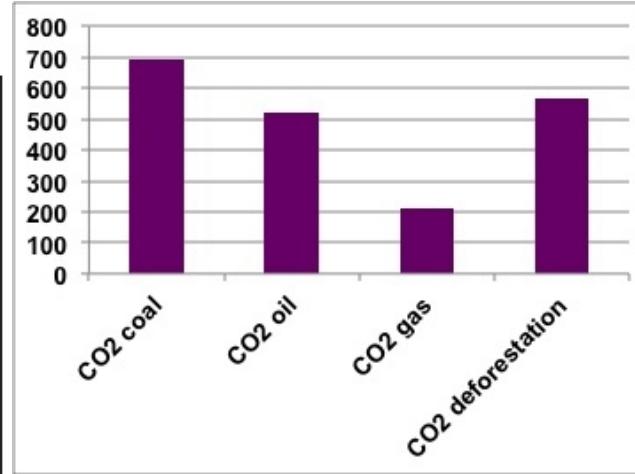
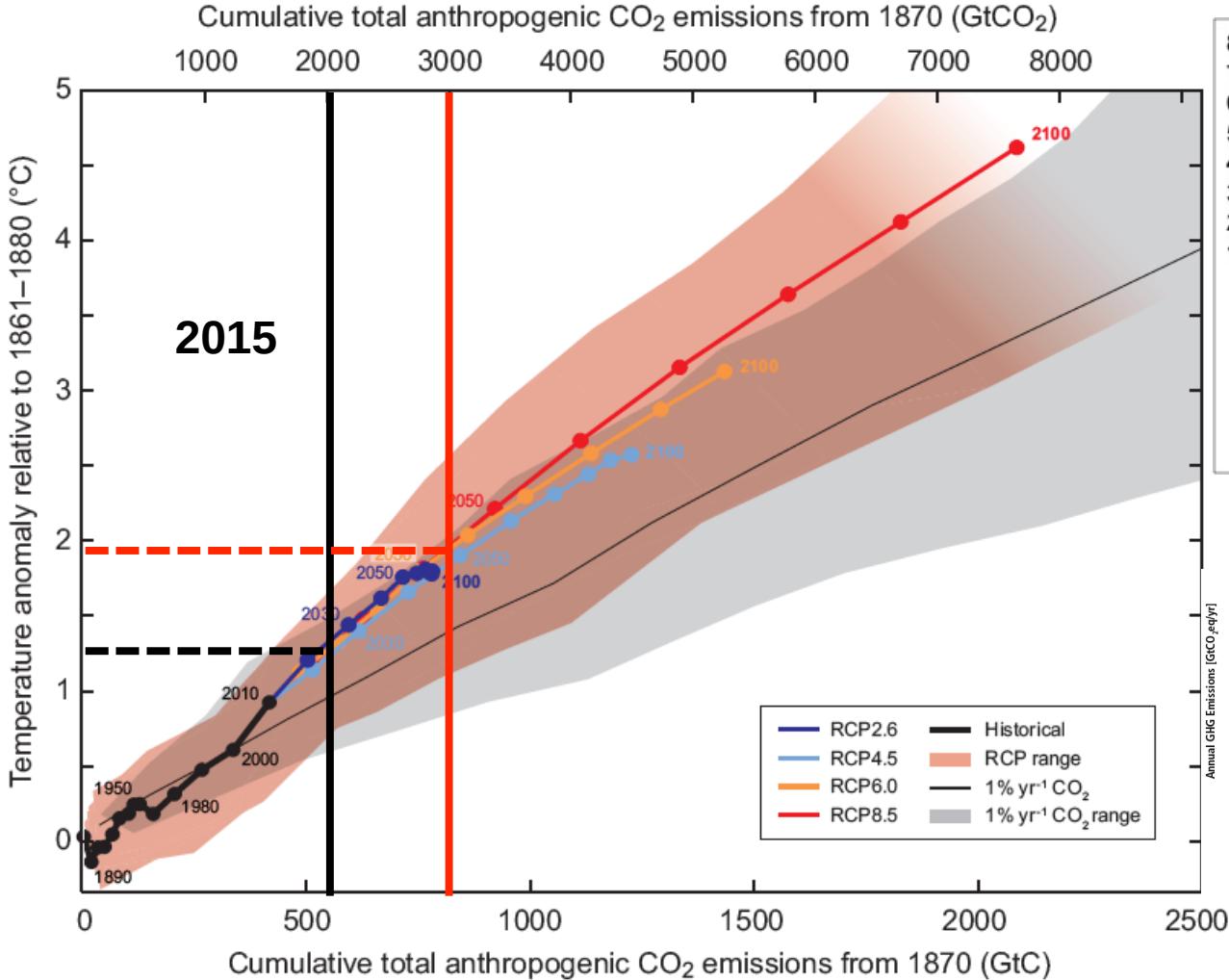
**Conséquences sanitaires**



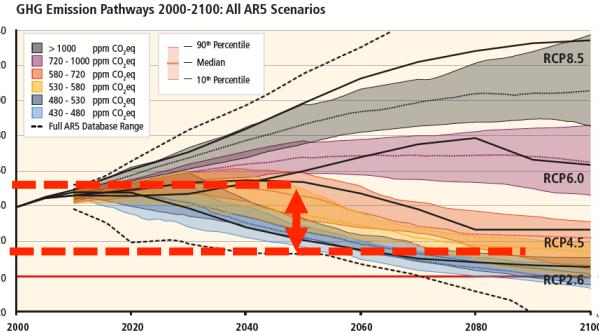
**Et nous ne verrons jamais venir à l'avance toutes les conséquences possibles, puisque l'expérience est inédite**



# 2°C, fingers in the nose?



**Émissions cumulées de CO<sub>2</sub> depuis 1870 en Gt**



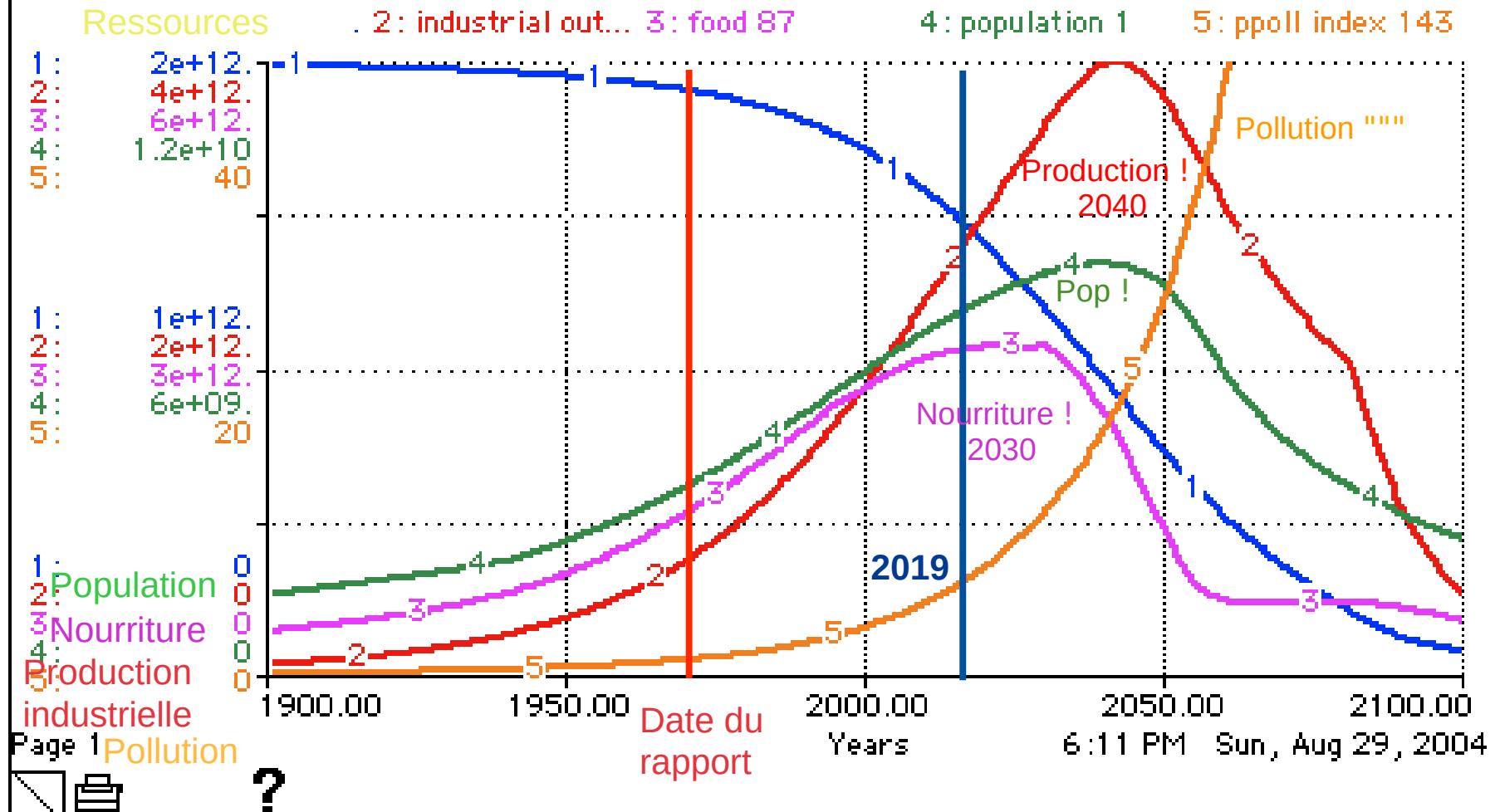
÷ 3 en 2050

Élévation de température en 2100 en fonction du cumul émis depuis 1870. IPCC, 2015

**CRAC !!!**



# Le Club de Rome : tout va bien... avant que tout aille mal



State of the World



# On souffle un peu, avant de continuer ...

Les faits sont  
complètement démentis  
par mon opinion.

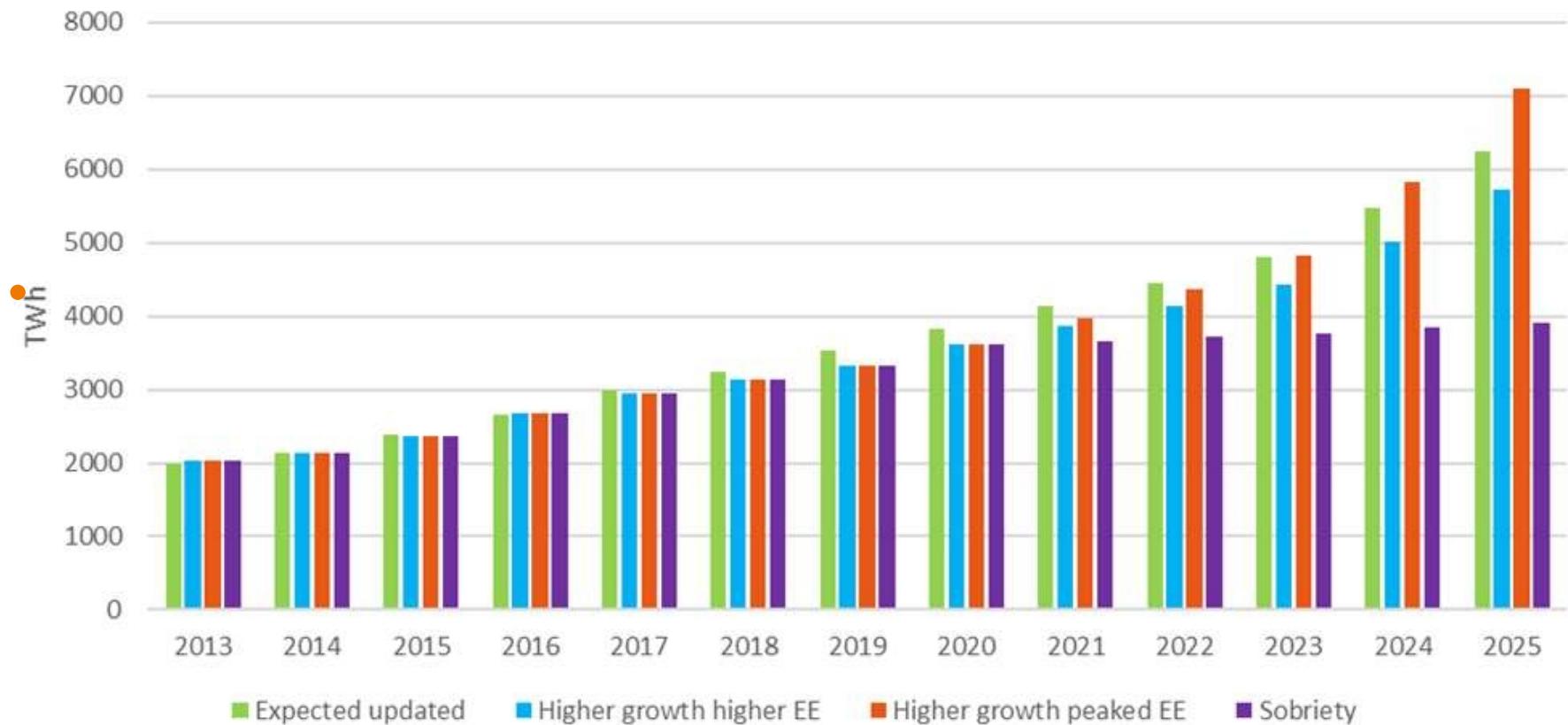


# **Le Monde Merveilleux du Numérique**

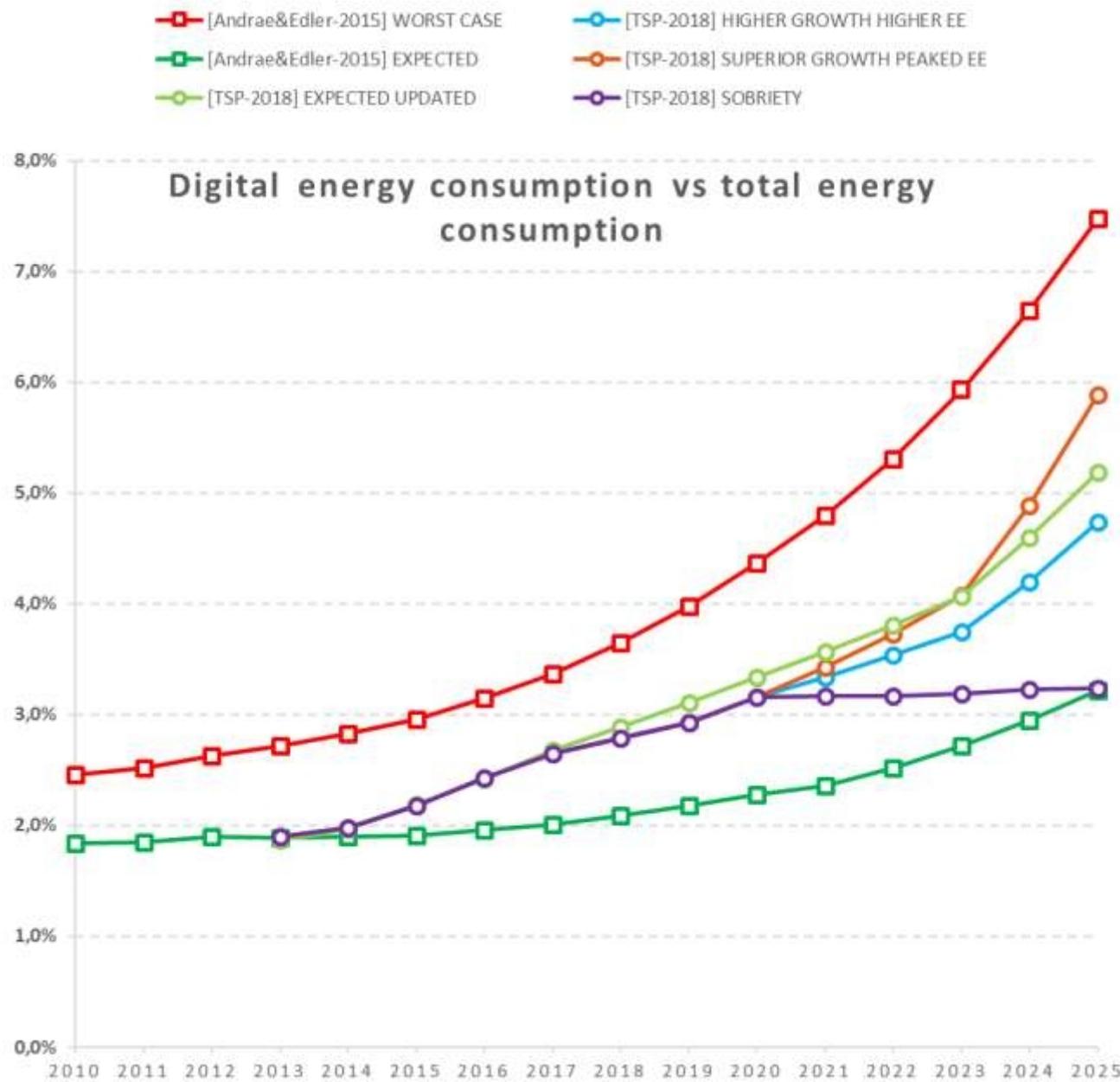


# Un triplement en 10 ans (?)

Digital energy consumption

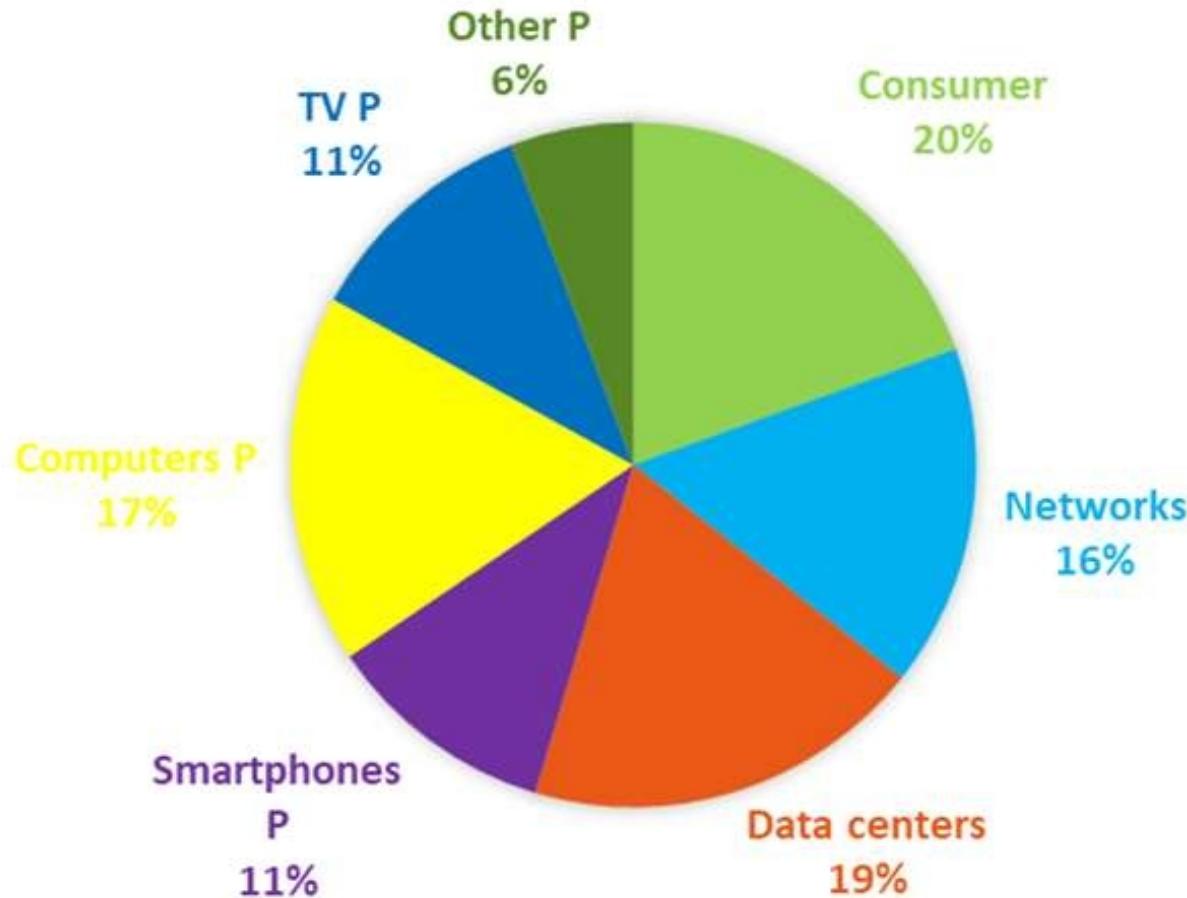


NB : 2017 : Electricité tous usages = 21000 TWh



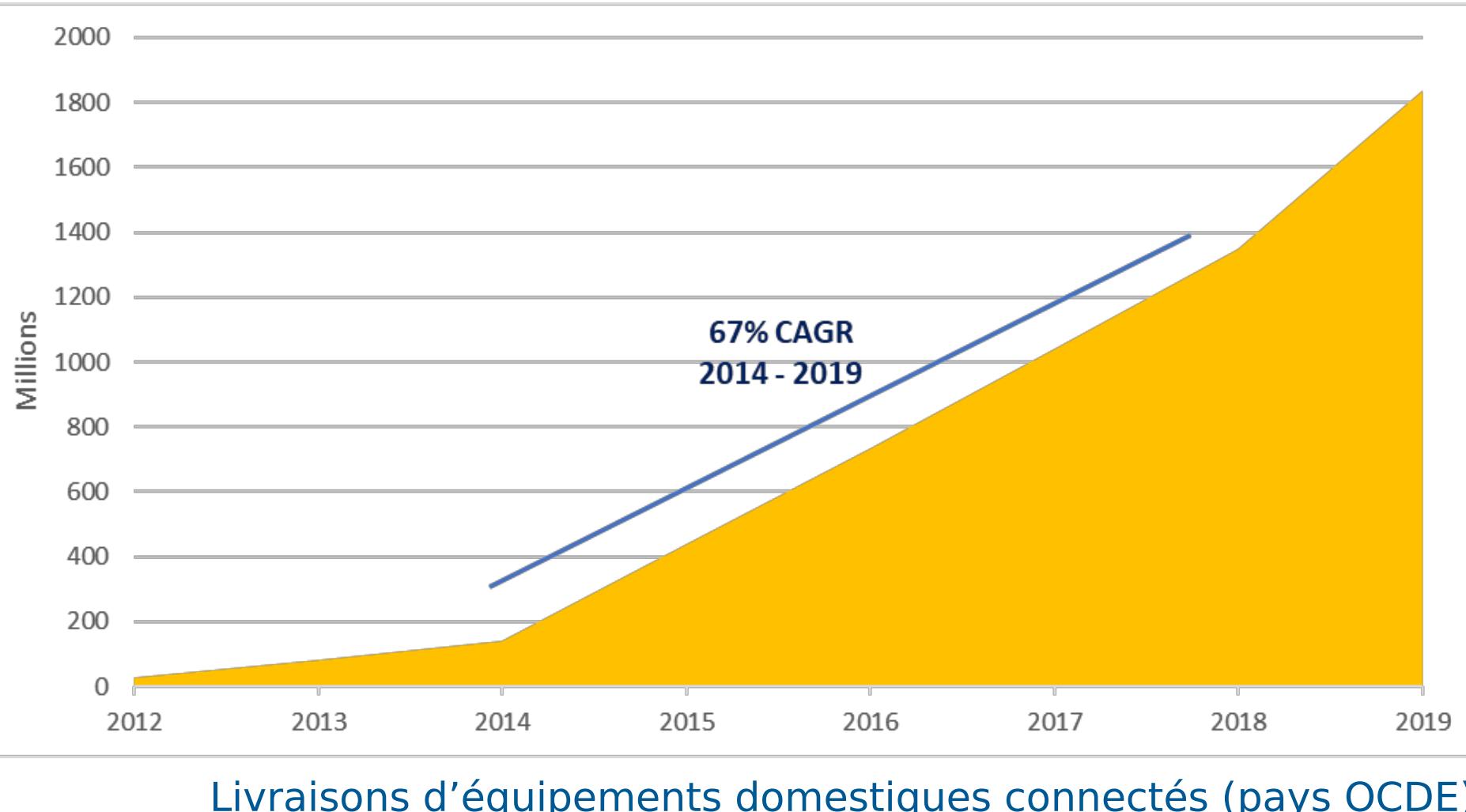
# Les postes de consommation

Digital energy consumption 2017

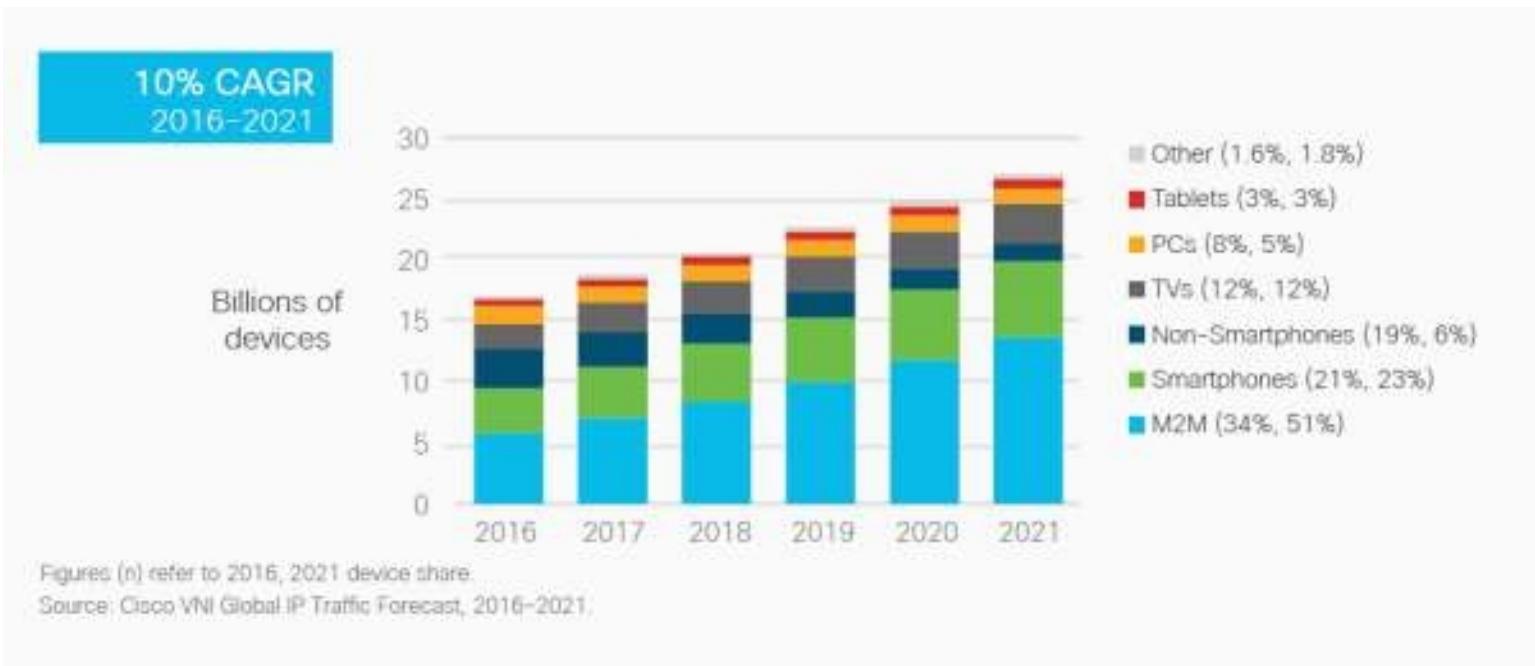


**60% = terminaux et périphériques dont 2/3 pour la production**

# Toujours plus de terminaux



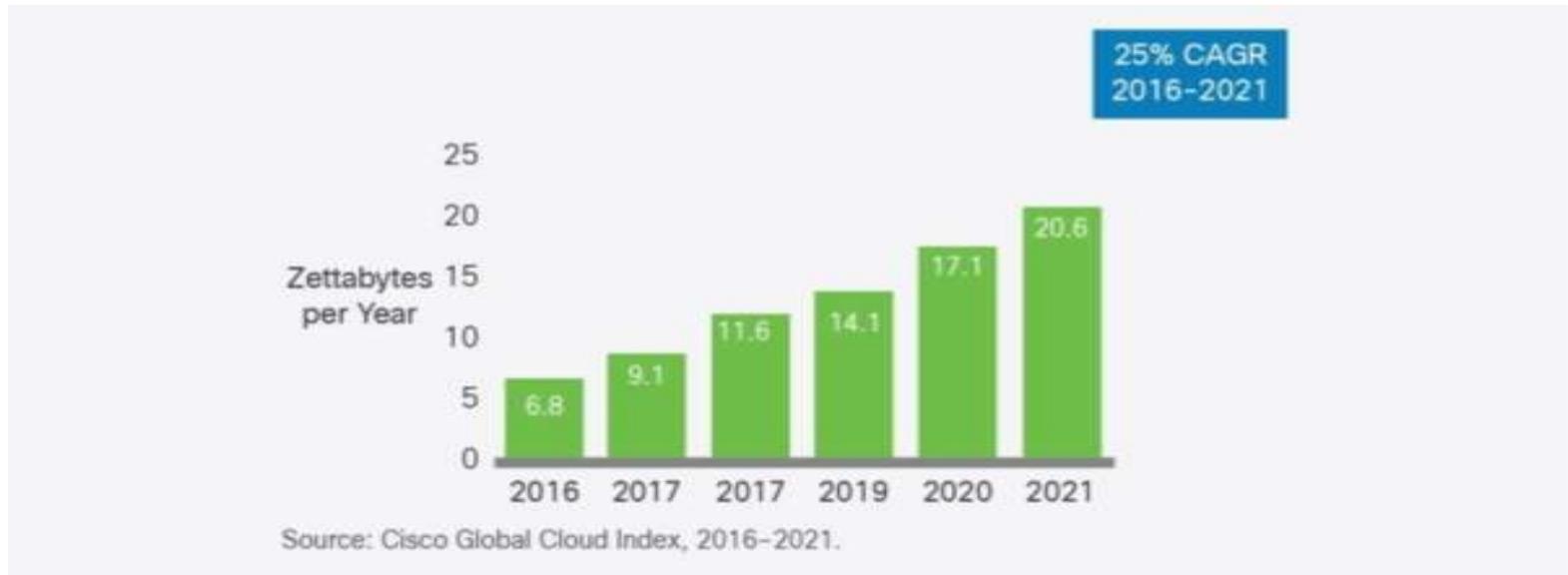
# Évolution du parc de terminaux



M2M = machine to machine

Source Shift Project : rapport lean ICT 2018

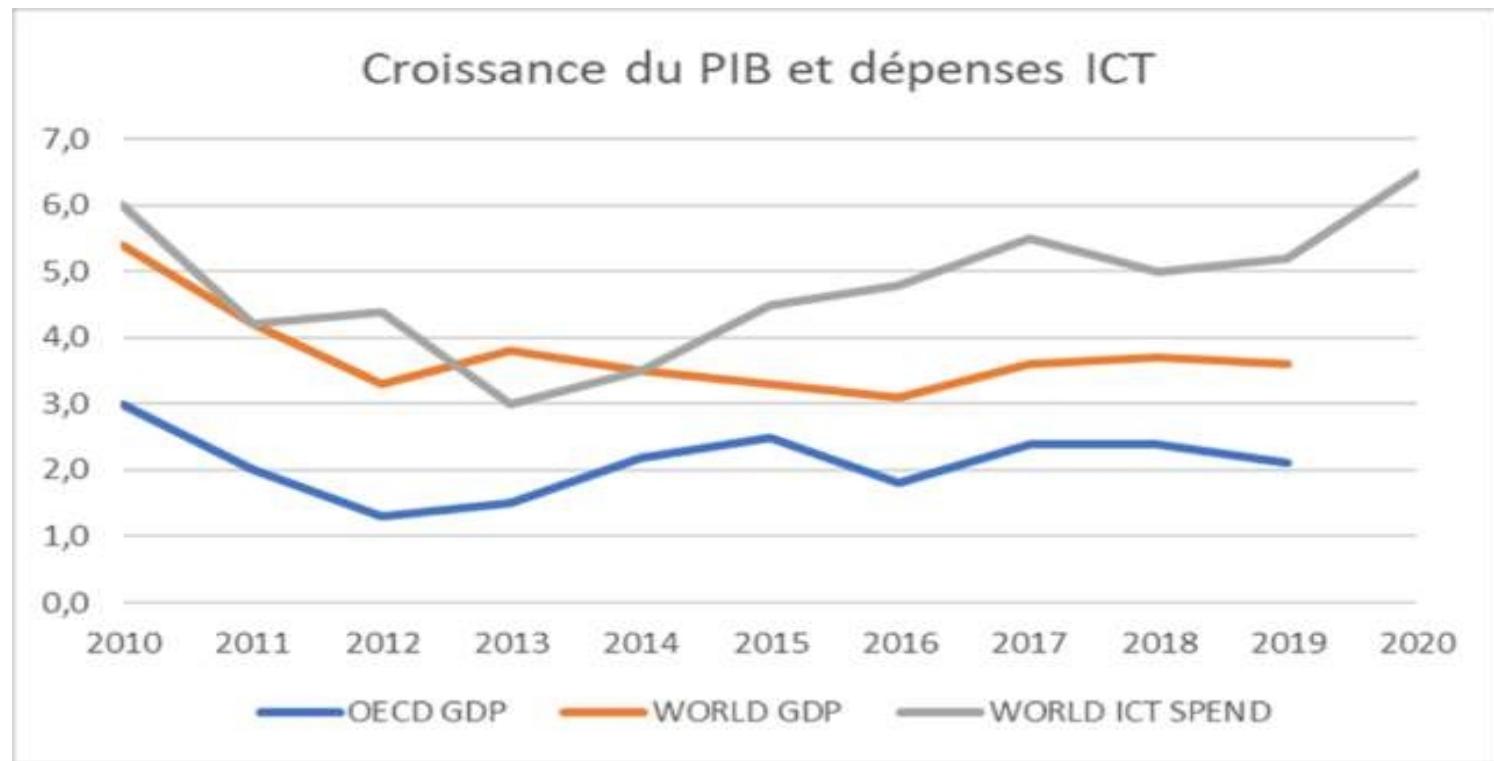
## Évolution du trafic des data centers et des réseaux



Zettabyte =  $10^{21}$  octets  
1 000 000 000 000 000 000 octets

Ordre de grandeur du Yottabyte ( $10^{25}$  octets) attendu avec l'IoT

La surconsommation numérique n'a pas d'impact perceptible sur la performance économique globale.



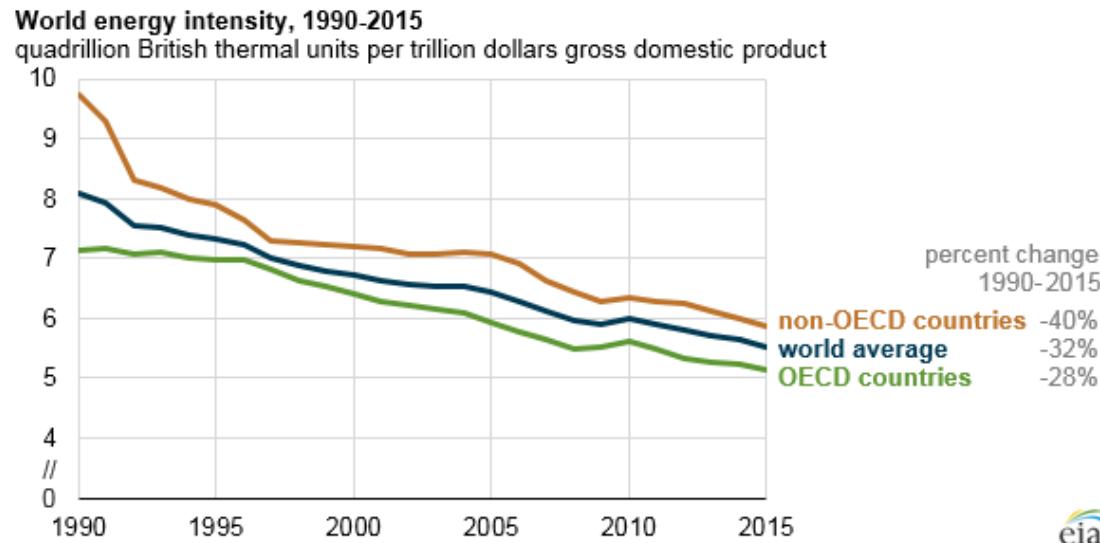
Source Shift Project : rapport lean ICT 2018

## Numérique

Croissance annuelle consommation énergétique : + 9%

Croissance annuelle CA : + 5 %

Dégradation intensité énergétique ~ -4% par an

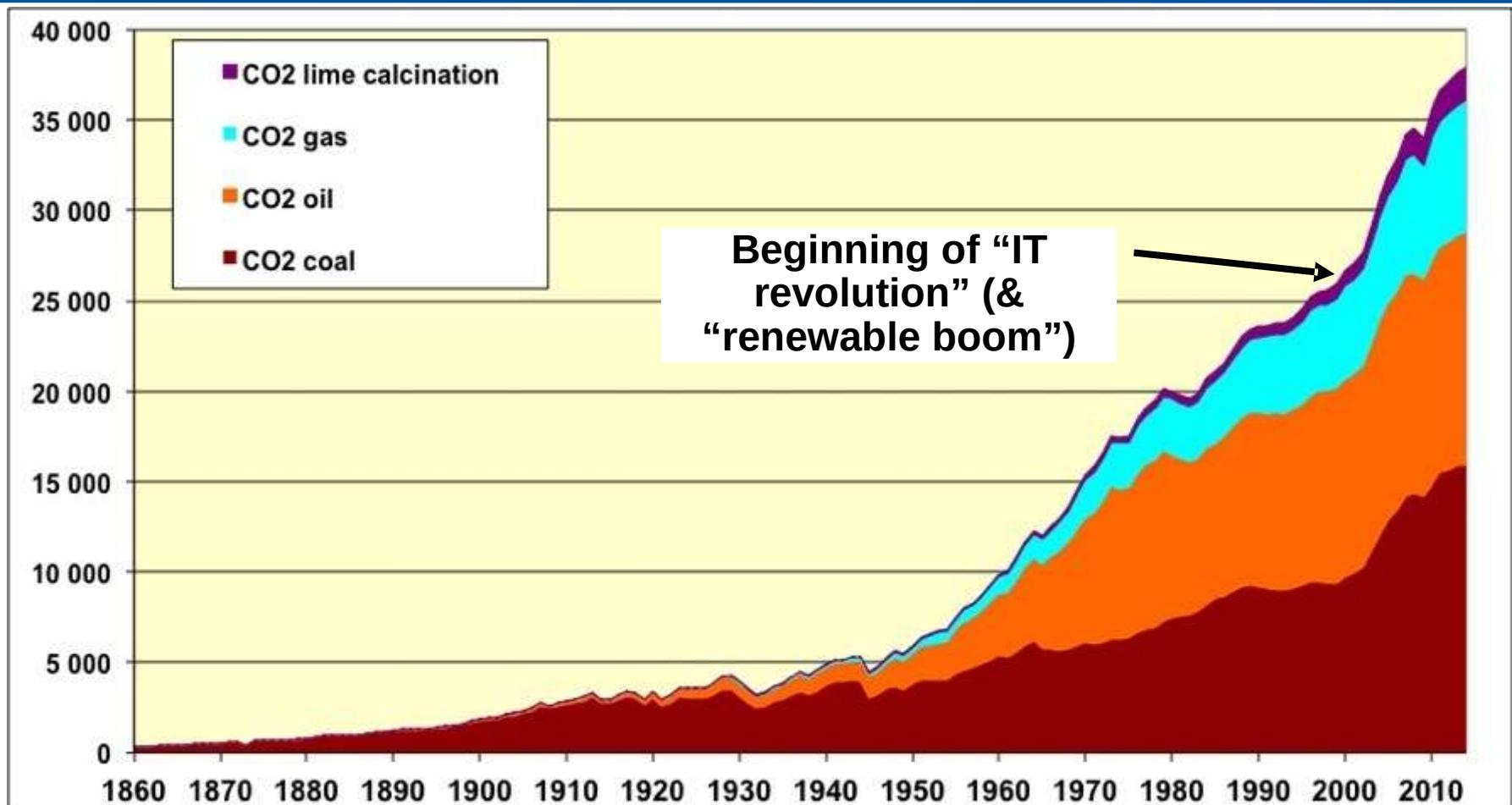


En comparaison, PIB mondial :

Amélioration intensité énergétique + 1,8 % par an

Consommer un euro de numérique en 2018 induit une consommation d'énergie supérieure de 37% à ce qu'elle était en 2010.

# IT would dematerialize the rest of the world ?



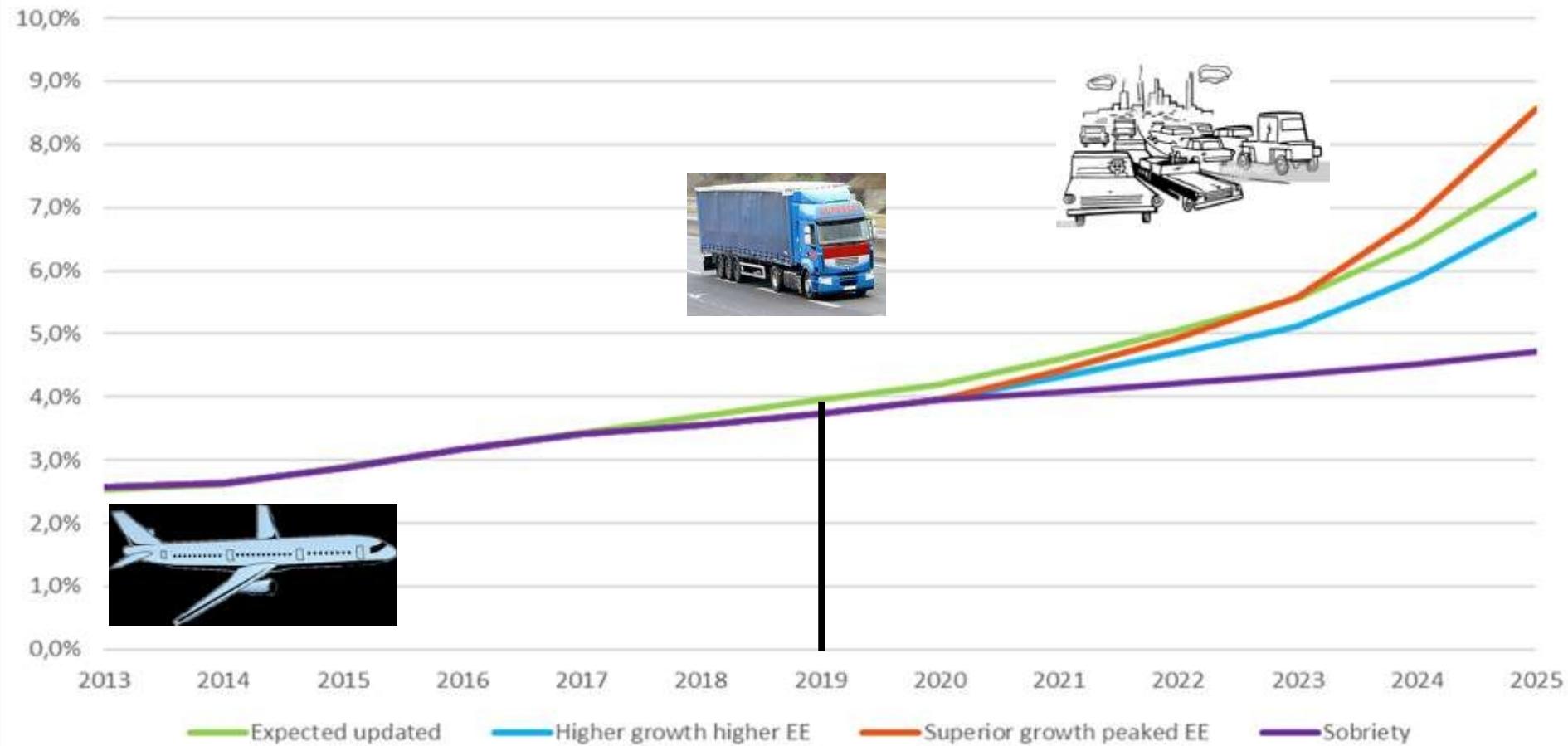
CO2 emissions since 1860. Jancovici, on primary data from Shilling et al, and BP Statistical Review.

# Dematerialized, uh?

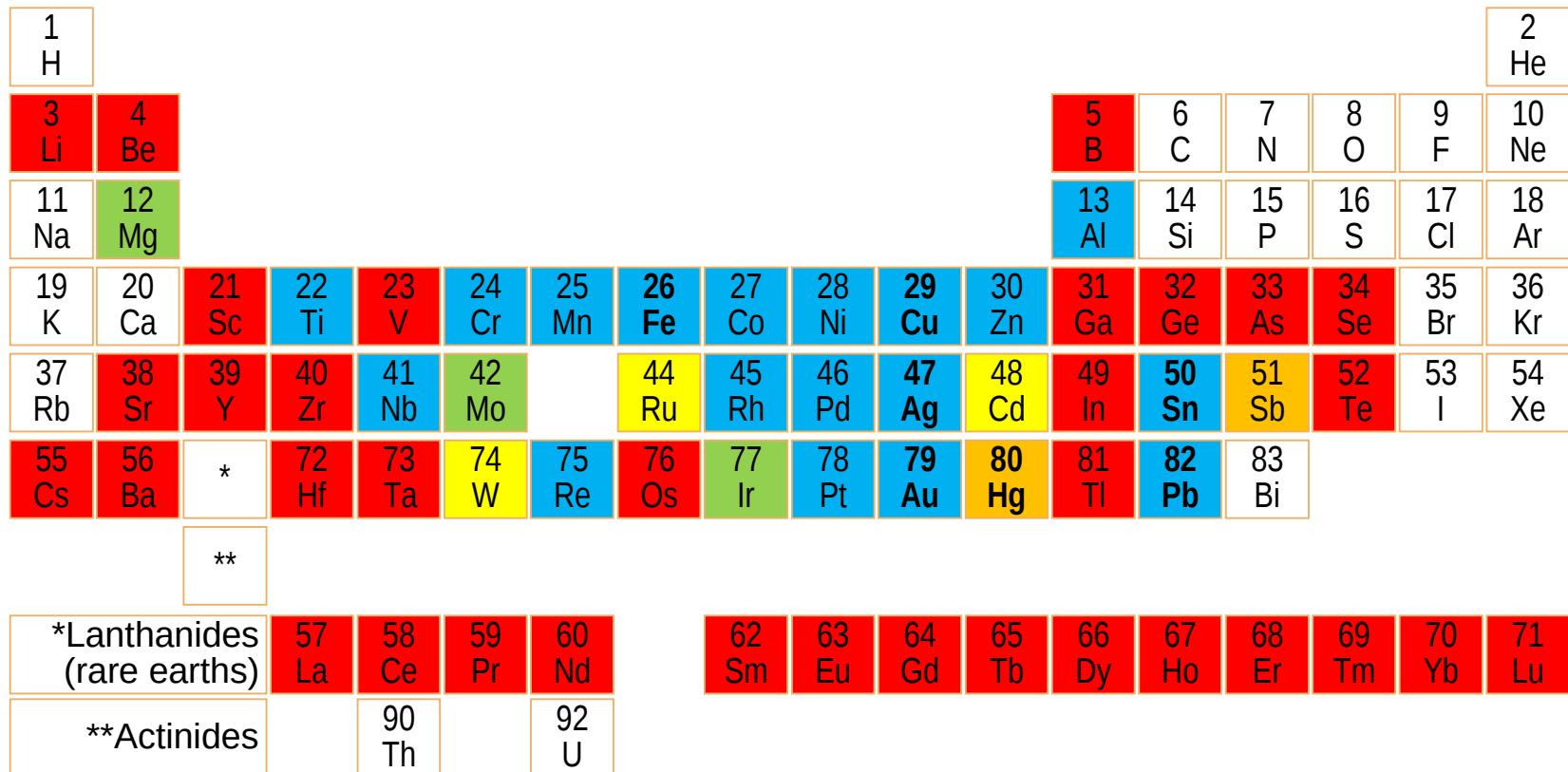


# Faster than air travel!

Digital share of GHG emissions



# High tech saving the world: how many times can I play?



Recycling rate of metals

< 1%    1 - 10%    10 - 25%    25 - 50%    > 50%

Source : UNEP / Recycling rates of metals 2011

# You wouldn't want the life expectancy of a smartphone



18 months!



# **Malthusiens**

**vs**

# **Cornucopiens**

**Choisis ton camp,  
camarade !**

# QUESTIONS ?