

Énergie

Climat

Numérique

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



Think tank militant pour la décarbonation
de l'économie

Professeur



Mines
ParisTech

Les générations futures...

Auteur

jancovici.com

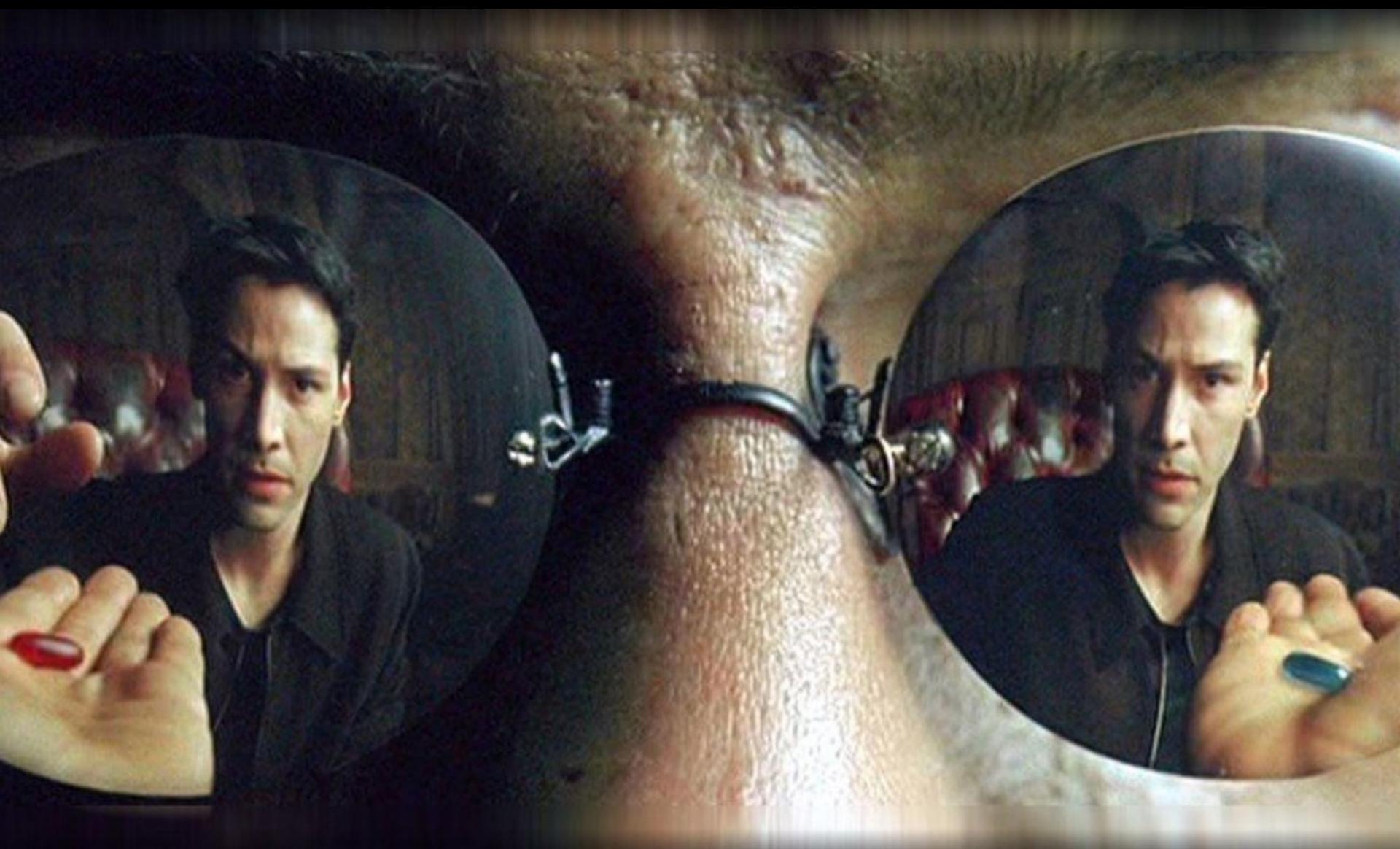
Livres
Site documentaire sur les sujets
énergie et climat

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 ?



Énergie

Climat

Numérique

L'énergie, qu'est-ce que c'est ?

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

Modification de température



Modification de la vitesse



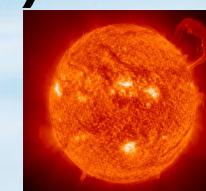
Modification de forme



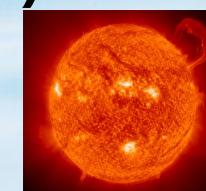
Modification de la composition chimique



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



Changement de composition atomique



Interaction entre matière et rayonnement :

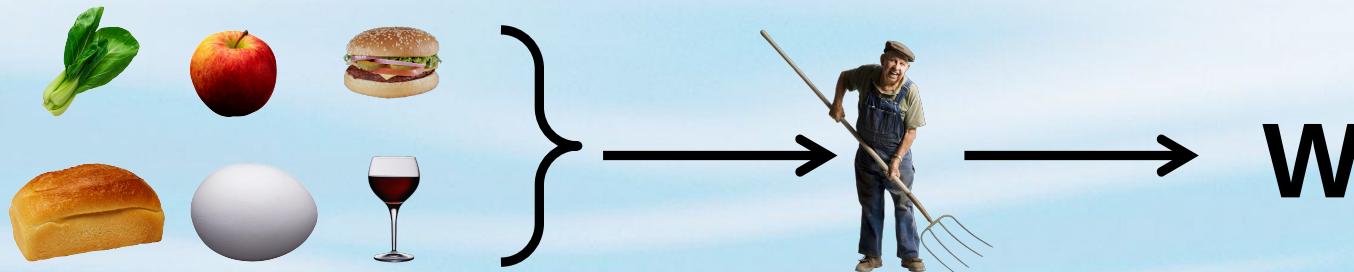
L'énergie n'est donc rien d'autre que l'unité de compte de la transformation du monde qui nous entoure

L'énergie, une grandeur physique

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



$80 \text{ kg} + 10 \text{ kg}$
 $\times 2000 \text{ m de}$
 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 kWh/an)



Nietzsche voulait des surhommes : le pétrole l'a fait



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

1 jour sur 2 : 100 kWh/an

Au SMIC : 200 €/kWh

Même un esclave : 4-40 €/kWh

6 m³ terre x 1 m

0,05 kWh
(10 kWh/an)

2000 €/kWh



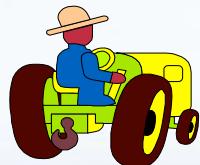
$$\begin{array}{r} \xrightarrow{x 10} \\ \xrightarrow{\div 500} \\ \xrightarrow{\div 10-100} \\ \xrightarrow{x 100} \\ \xrightarrow{\div 5000} \end{array}$$



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 !



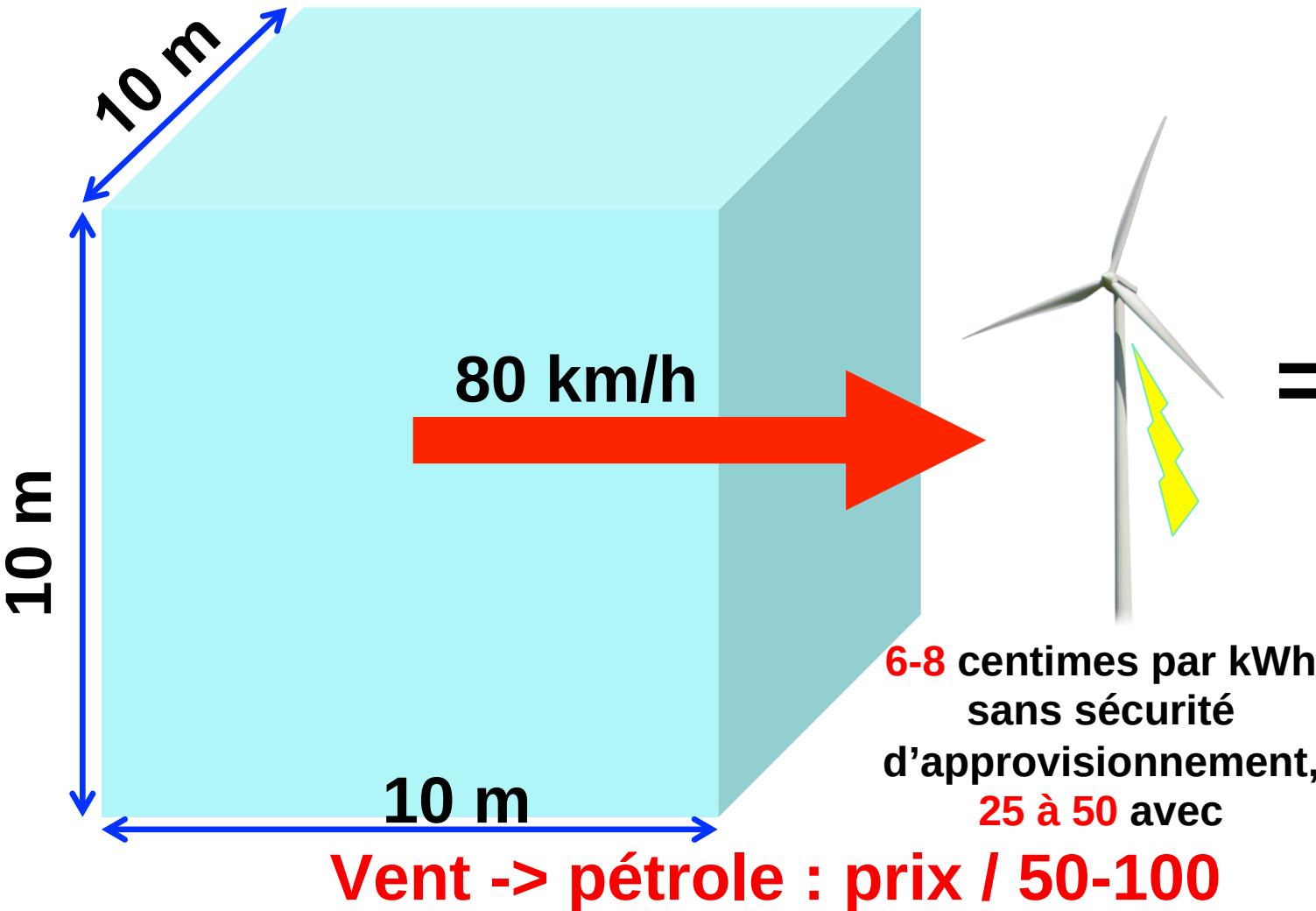
Les voici, nos esclaves des temps modernes !



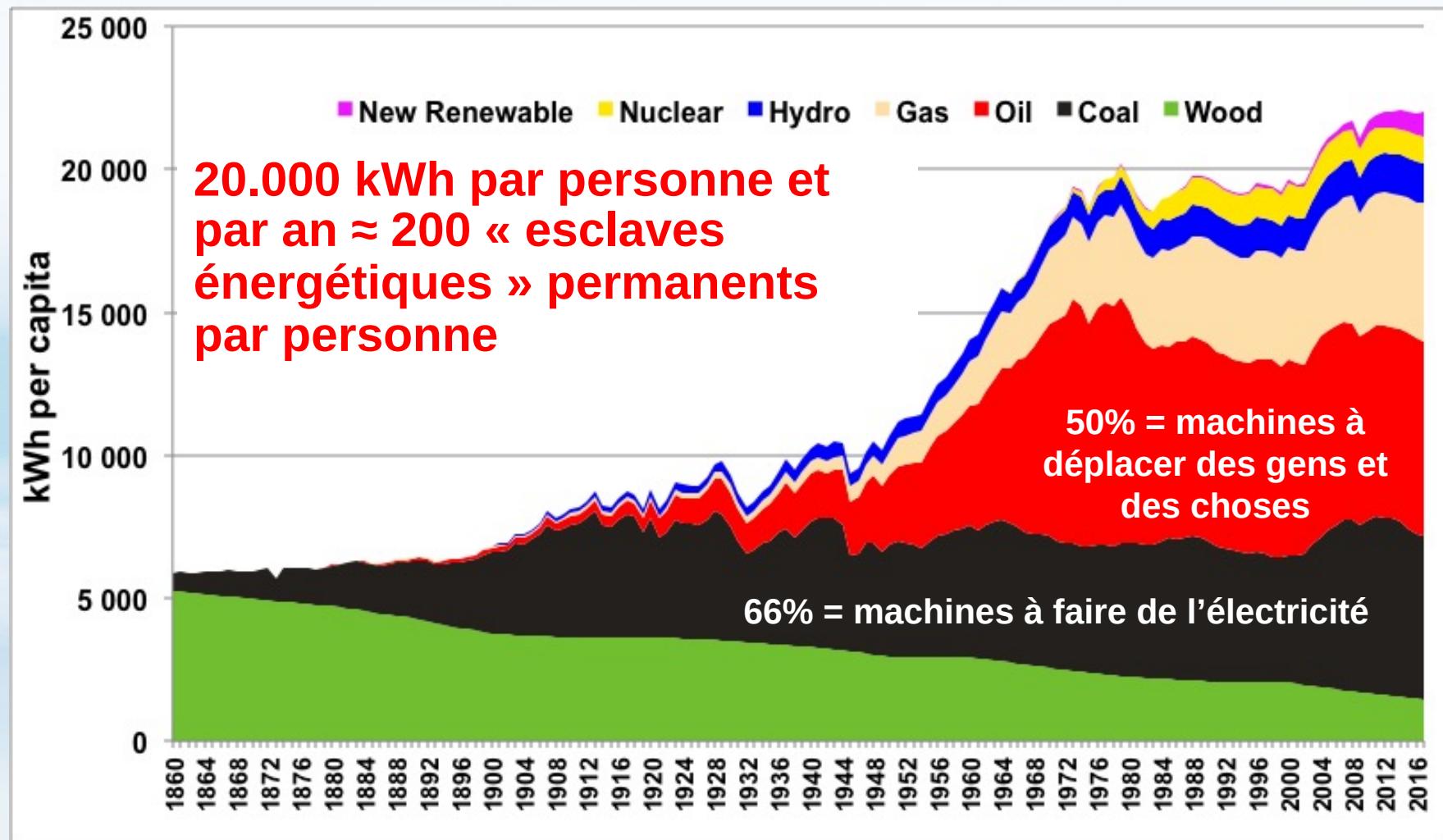
Il fut un temps où nous étions renouvelables et durables...



Pourquoi Diable être passé des ENR au pétrole diabolique ?

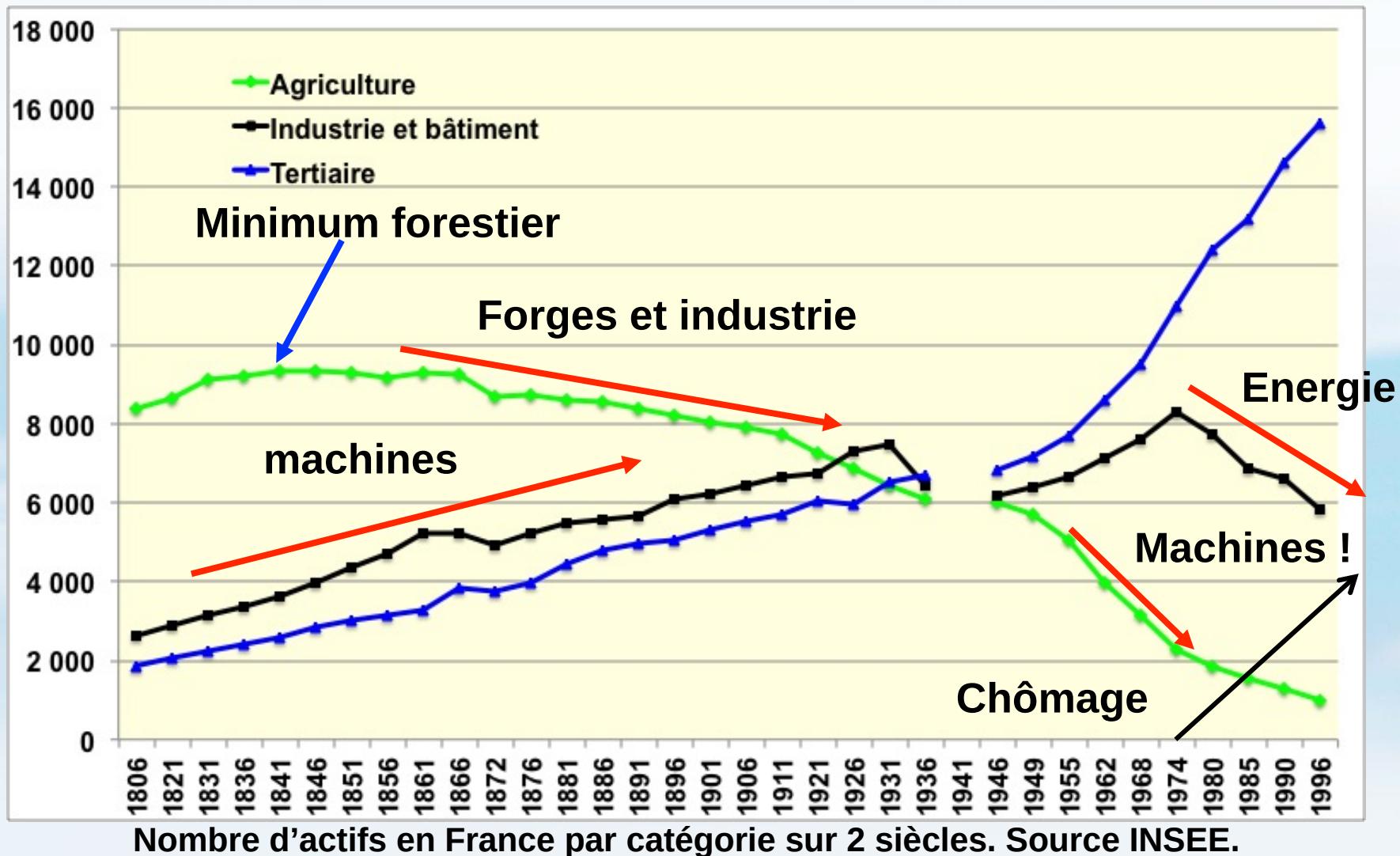


Miam miam kWh : c'est pas durable, mais c'est si bon...

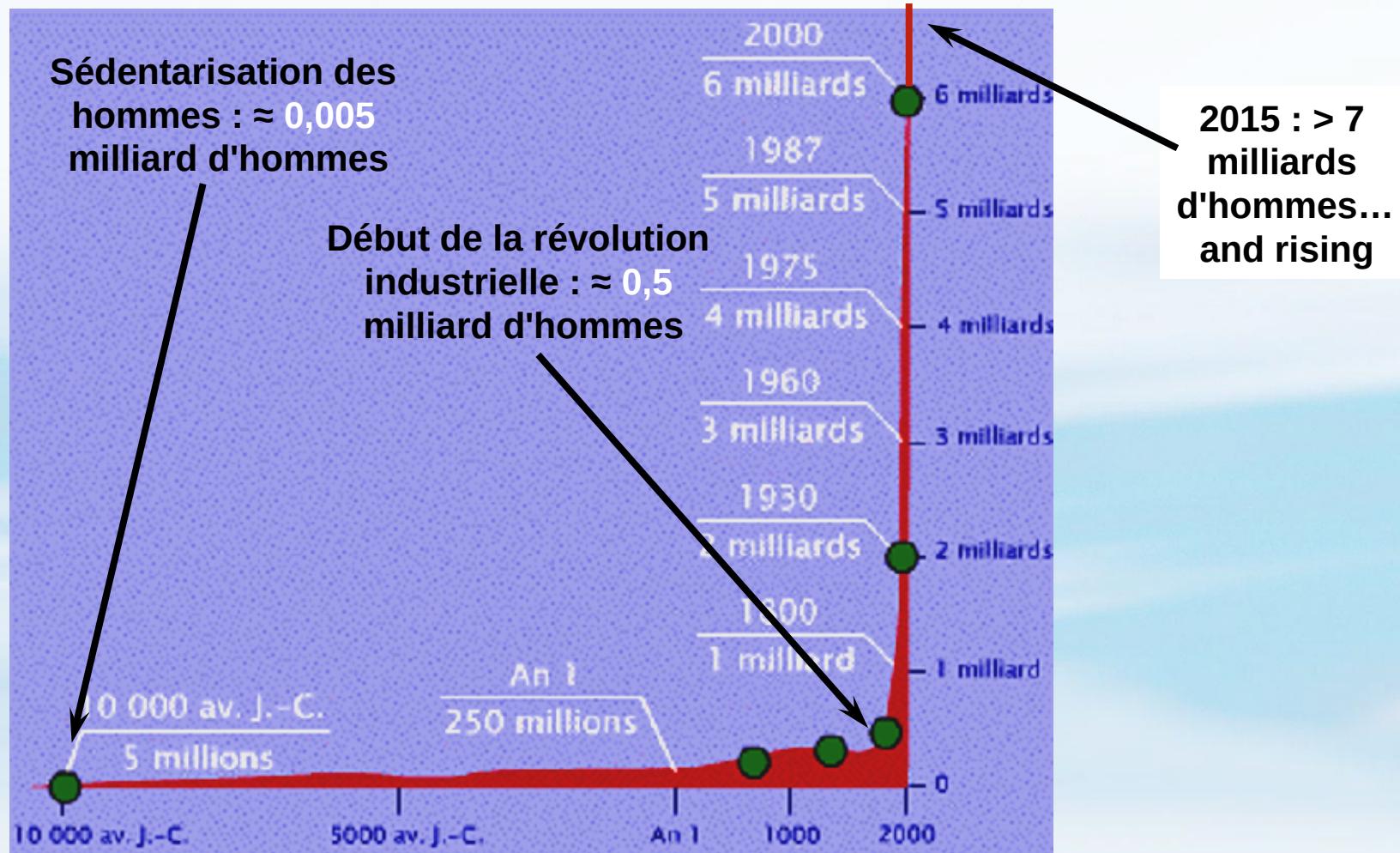


Énergie mise en jeu par personne, moyenne mondiale 1860-2017. Jancovici, 2018

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

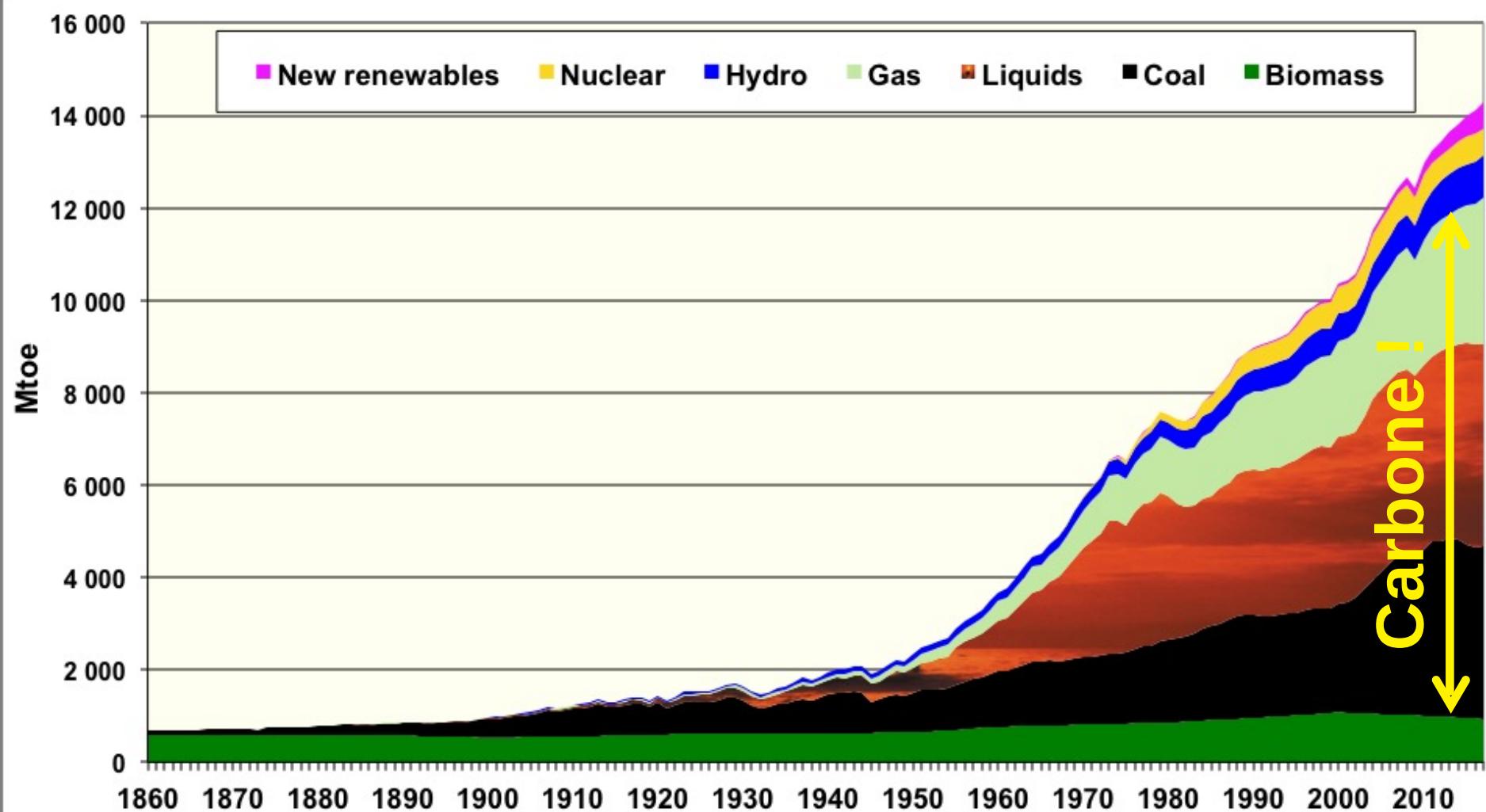


Plus de consommateurs, aussi....



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)

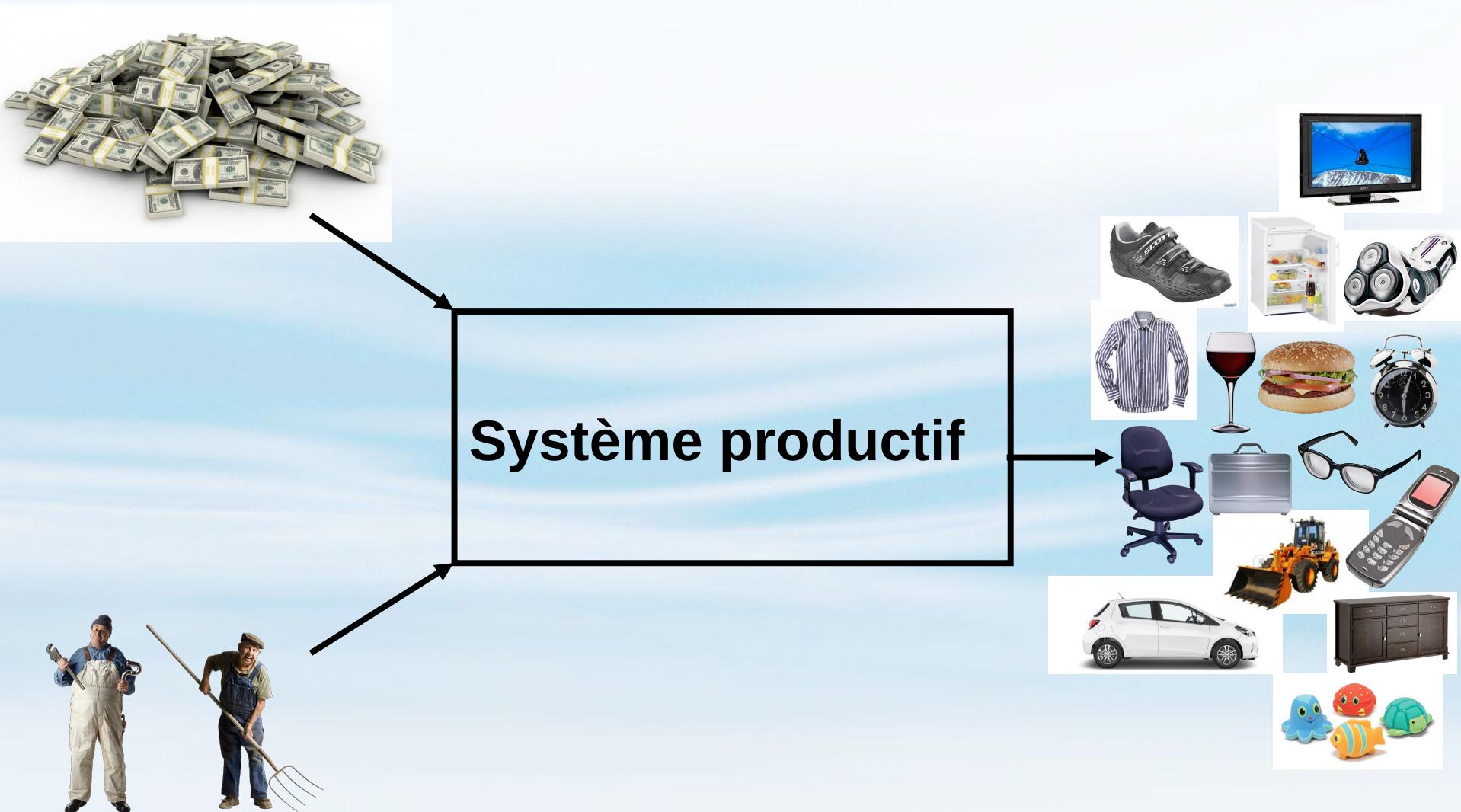


Notre capital de départ

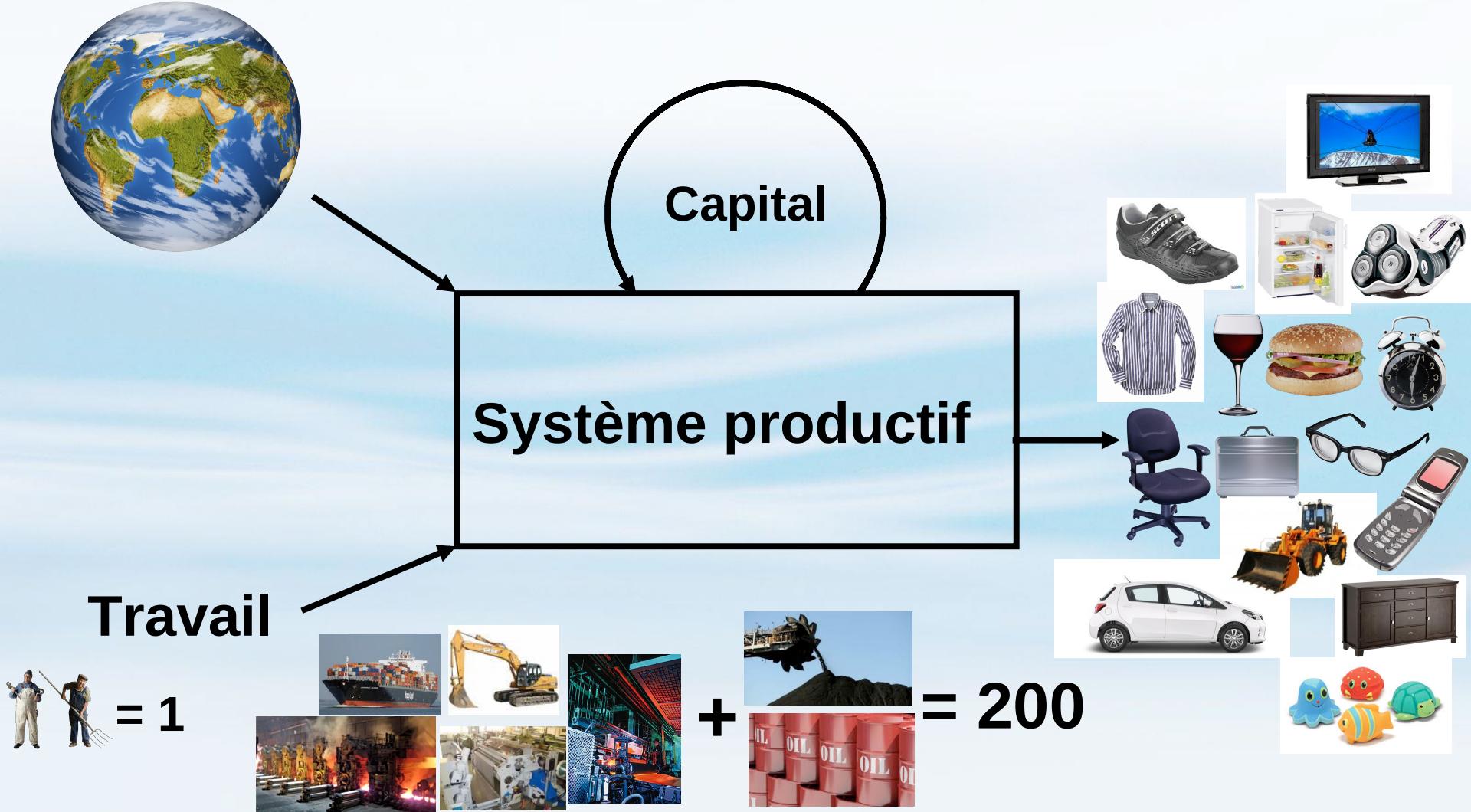


Le seul vaisseau spatial habitable pour 7 milliards d'habitants que nous ayons à disposition

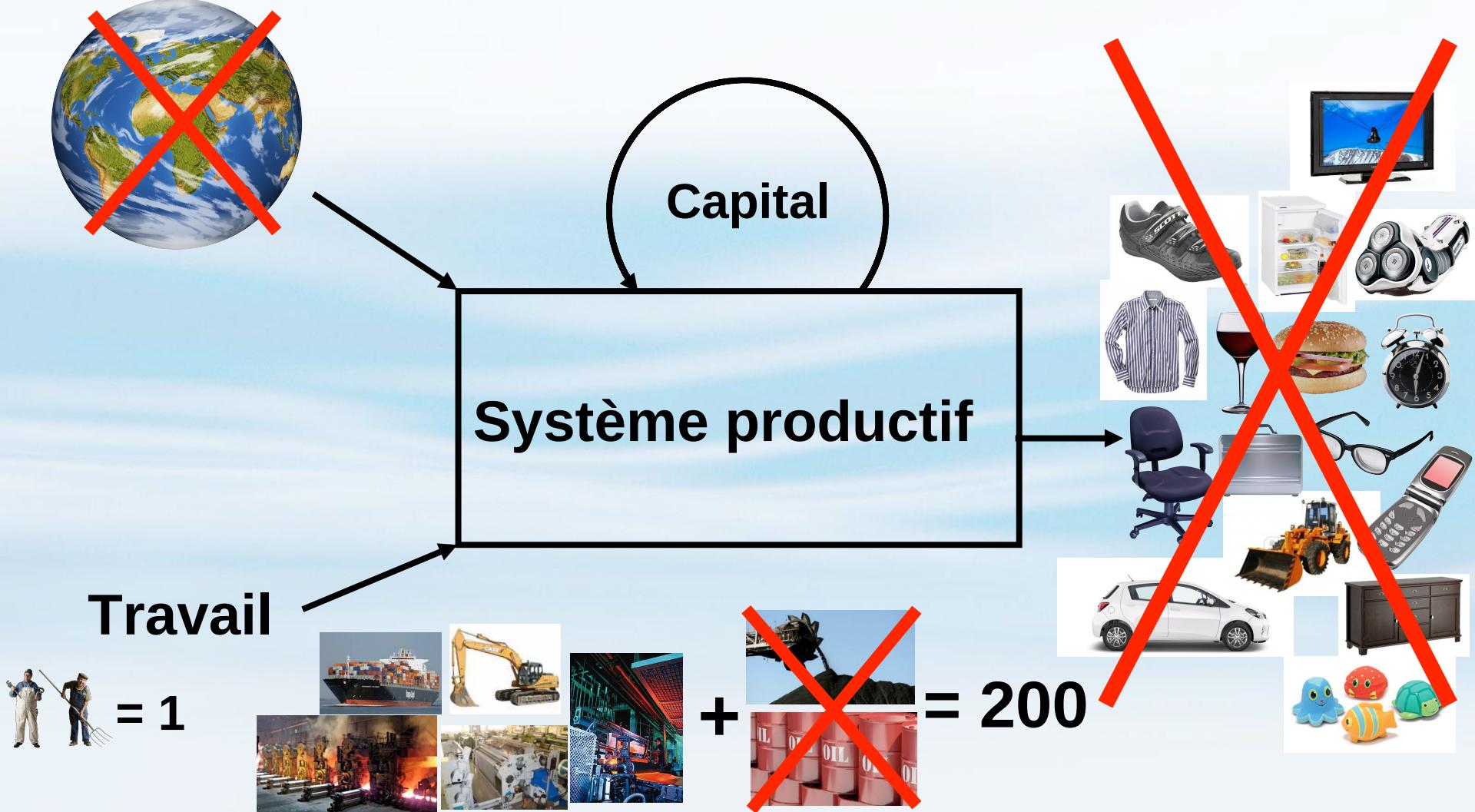
L'économie de la terre plate



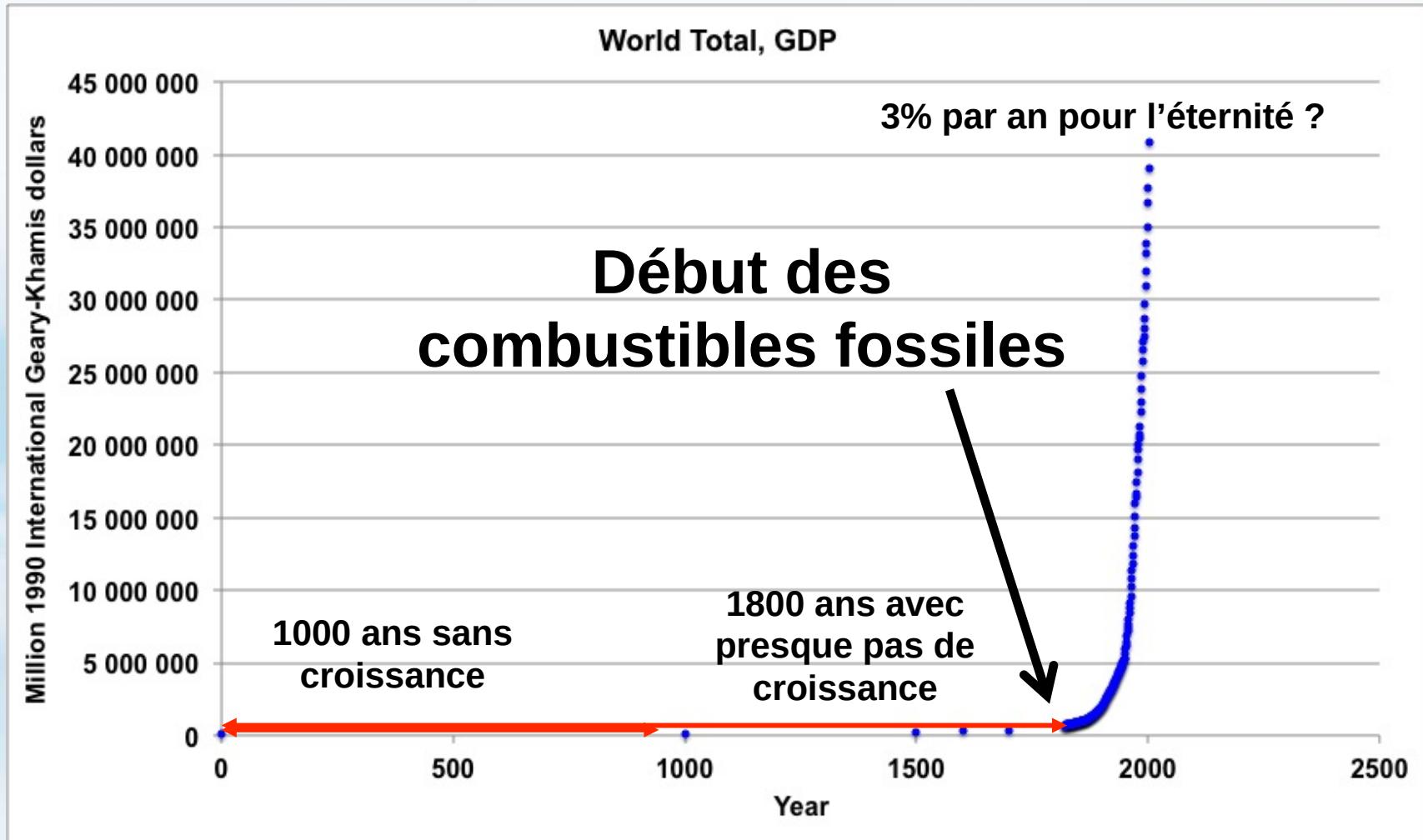
En fait, il vaut mieux avoir de la ressource...



Sinon ...

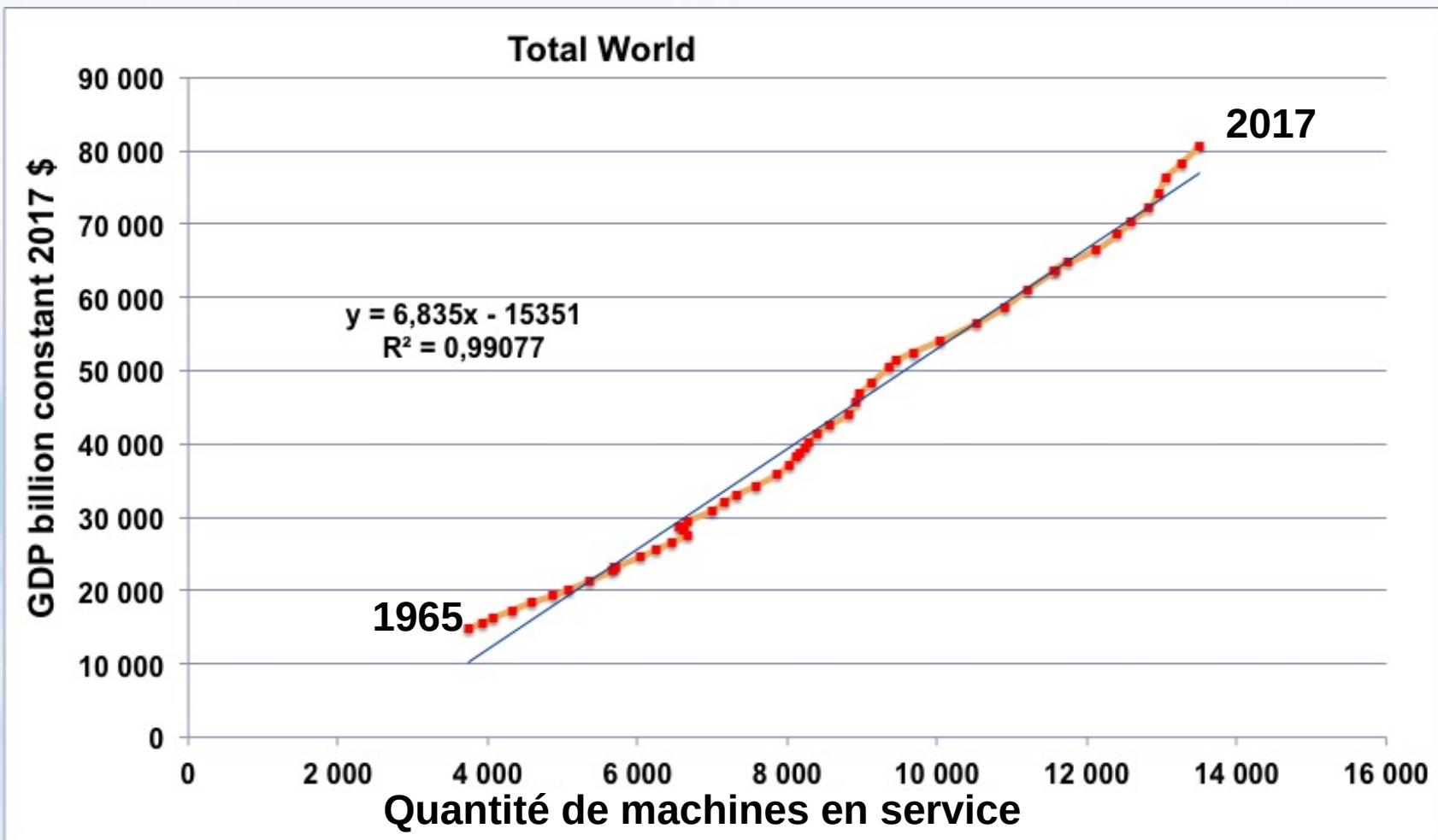


2000 ans de PIB



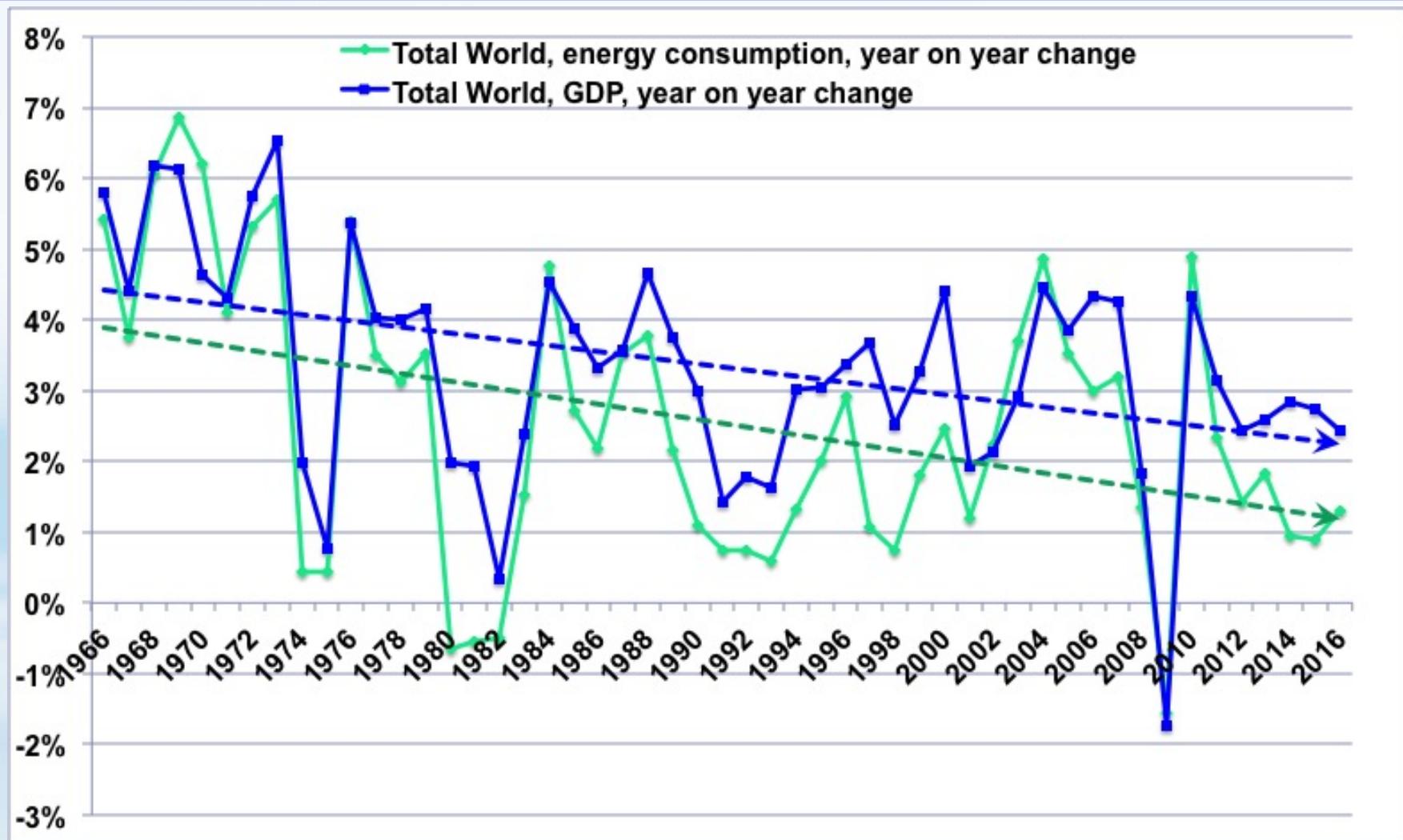
PIB mondial reconstitué de l'an 0 à 2003. Source Maddison, 2010

Le meilleur modèle macro-économique du monde : une droite



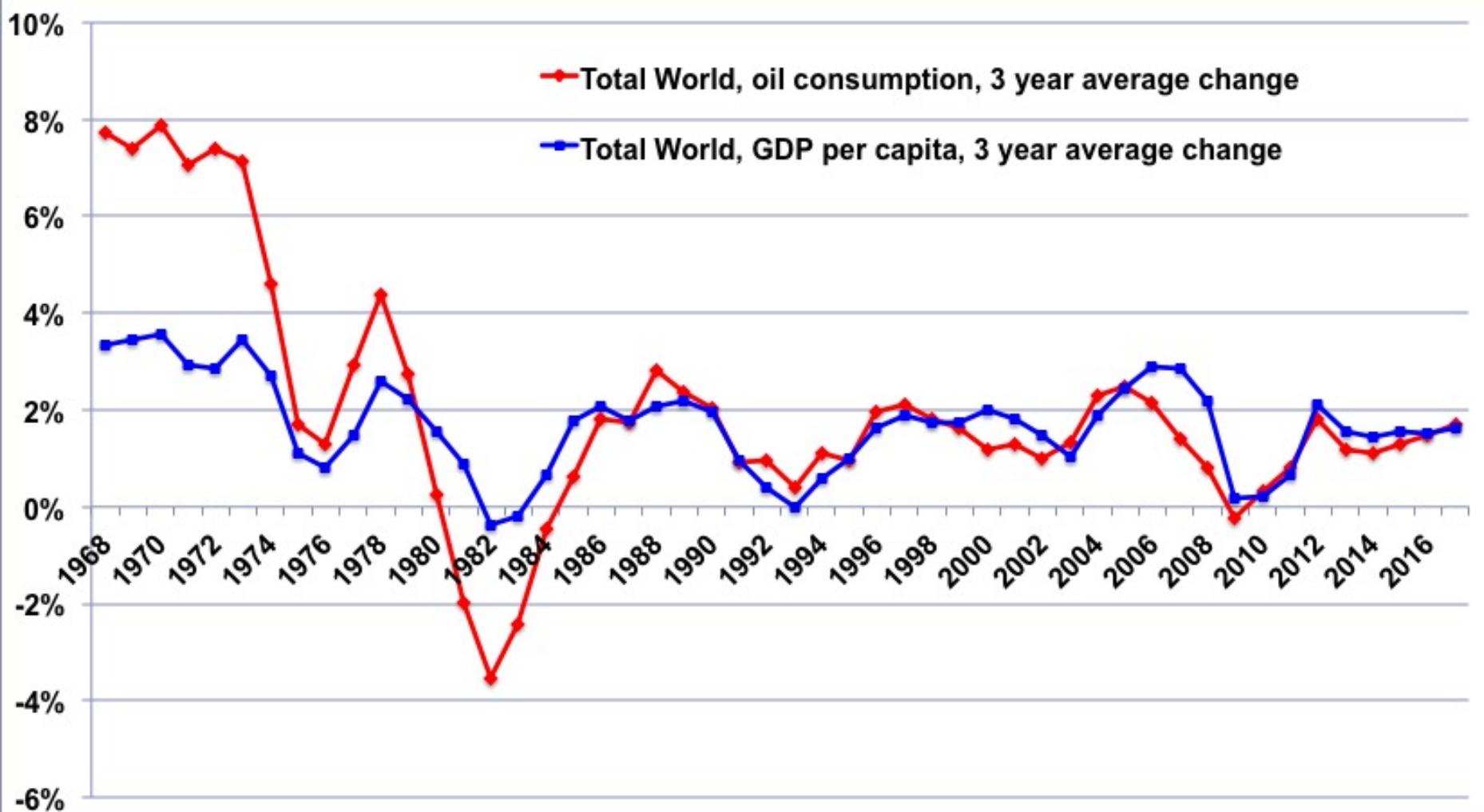
Énergie consommée (en abscisse) et PIB en dollars constants (ordonnée) pour le monde. Données primaires World Bank pour le PIB et BP stat pour l'énergie

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.



source : Hydrocarbures et Charbons, Yves Matthieu, Combloux 2019

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

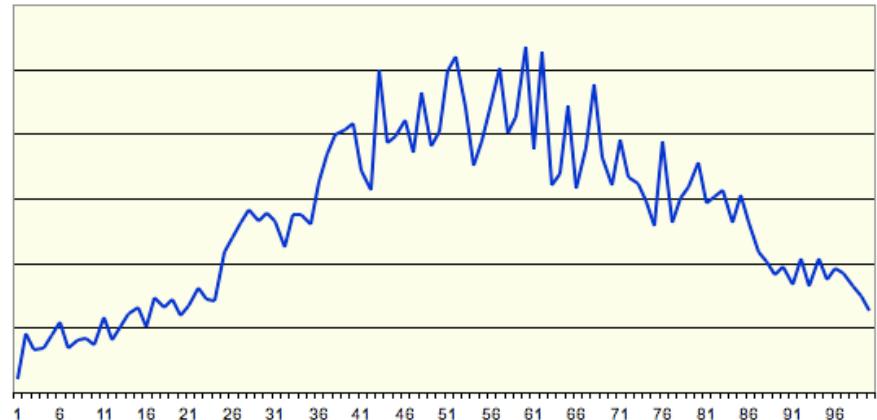
Même une extraction annuelle indéfiniment constante est impossible (sinon stock infini !)

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

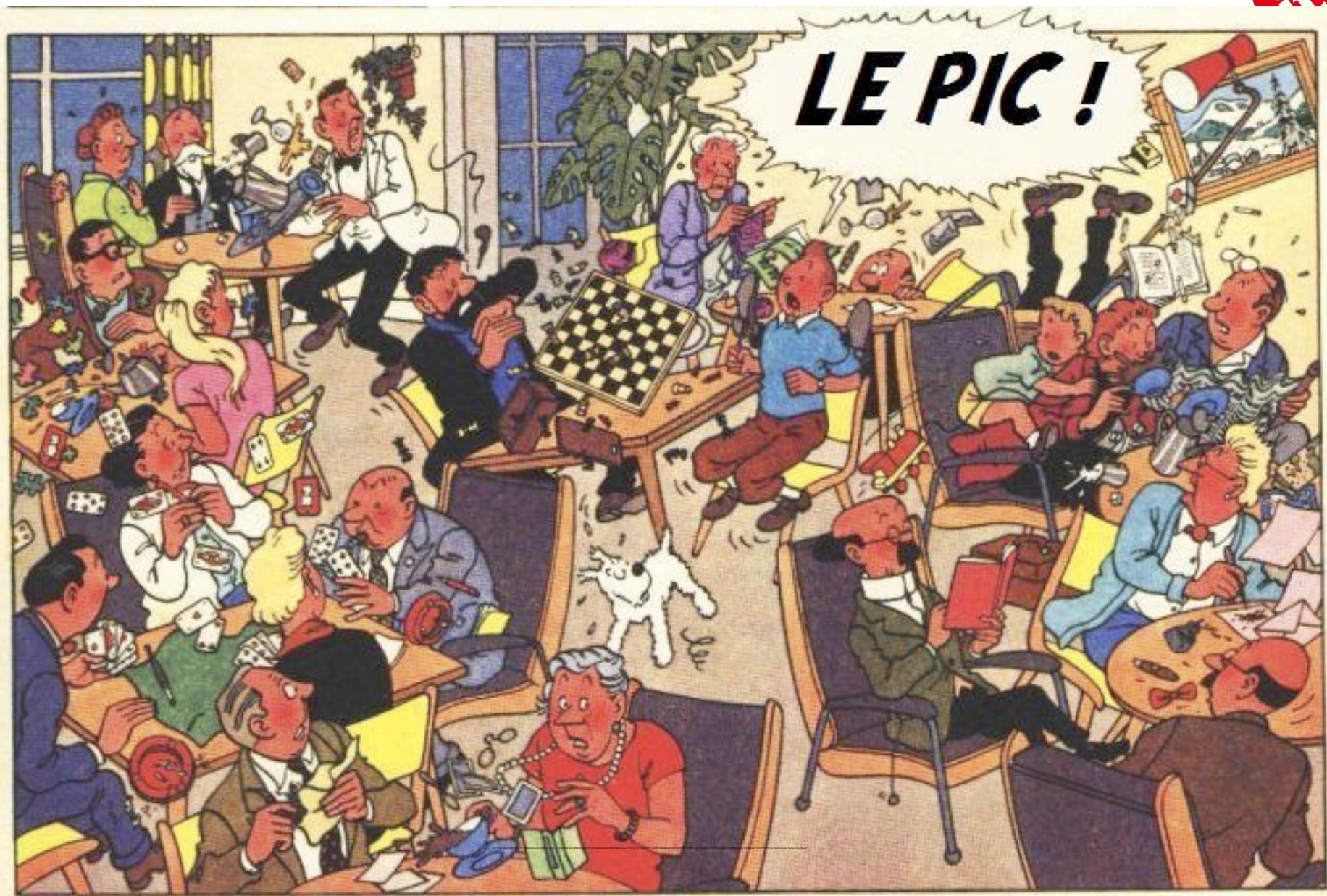
Est nulle à $-\infty$

Est nulle à $+\infty$

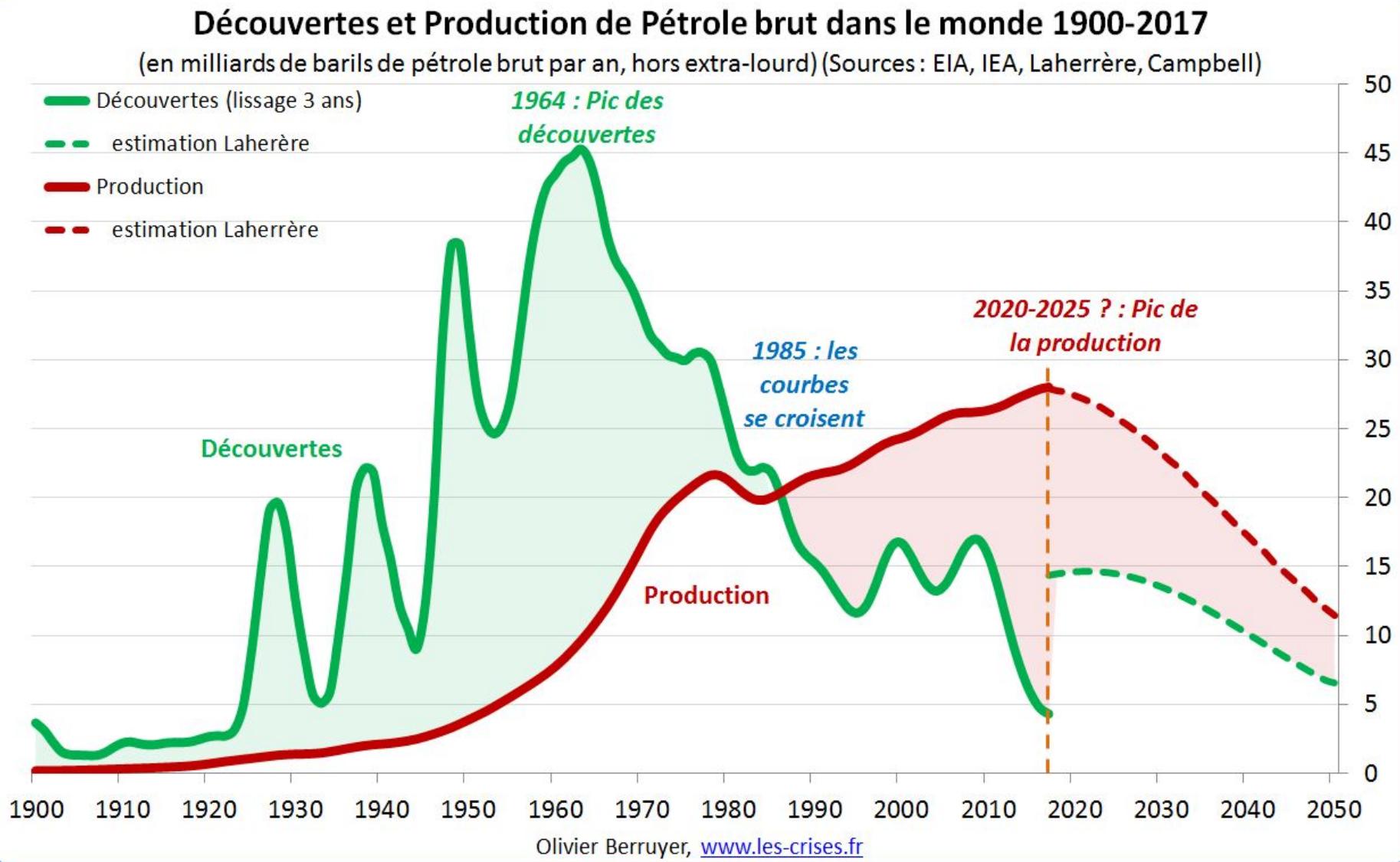
Passe par un maximum absolu entre les 2



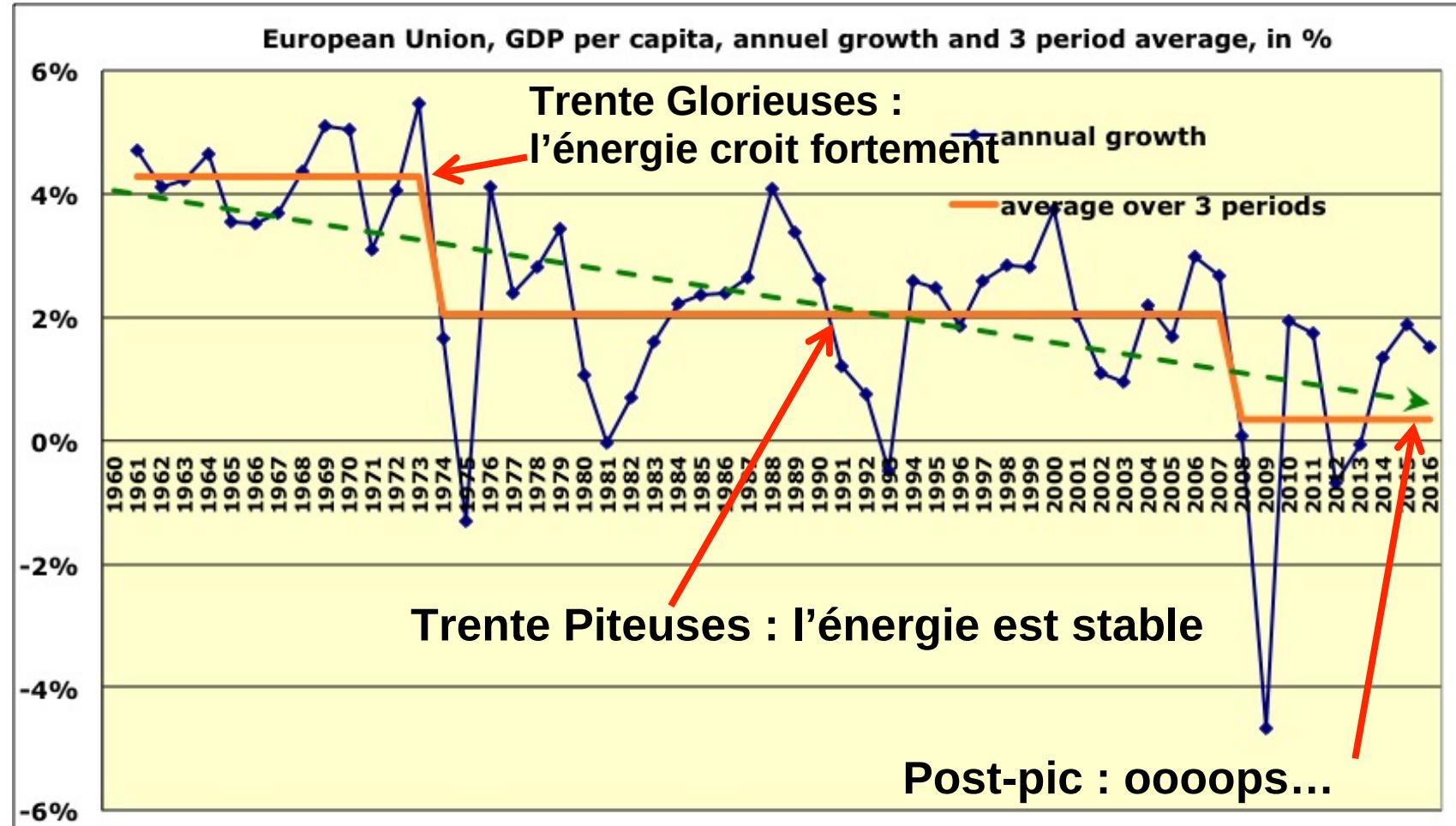
Les maths, c'est décidément détestable...



Prochain pic pétrolier ?



Saloperie de physique !



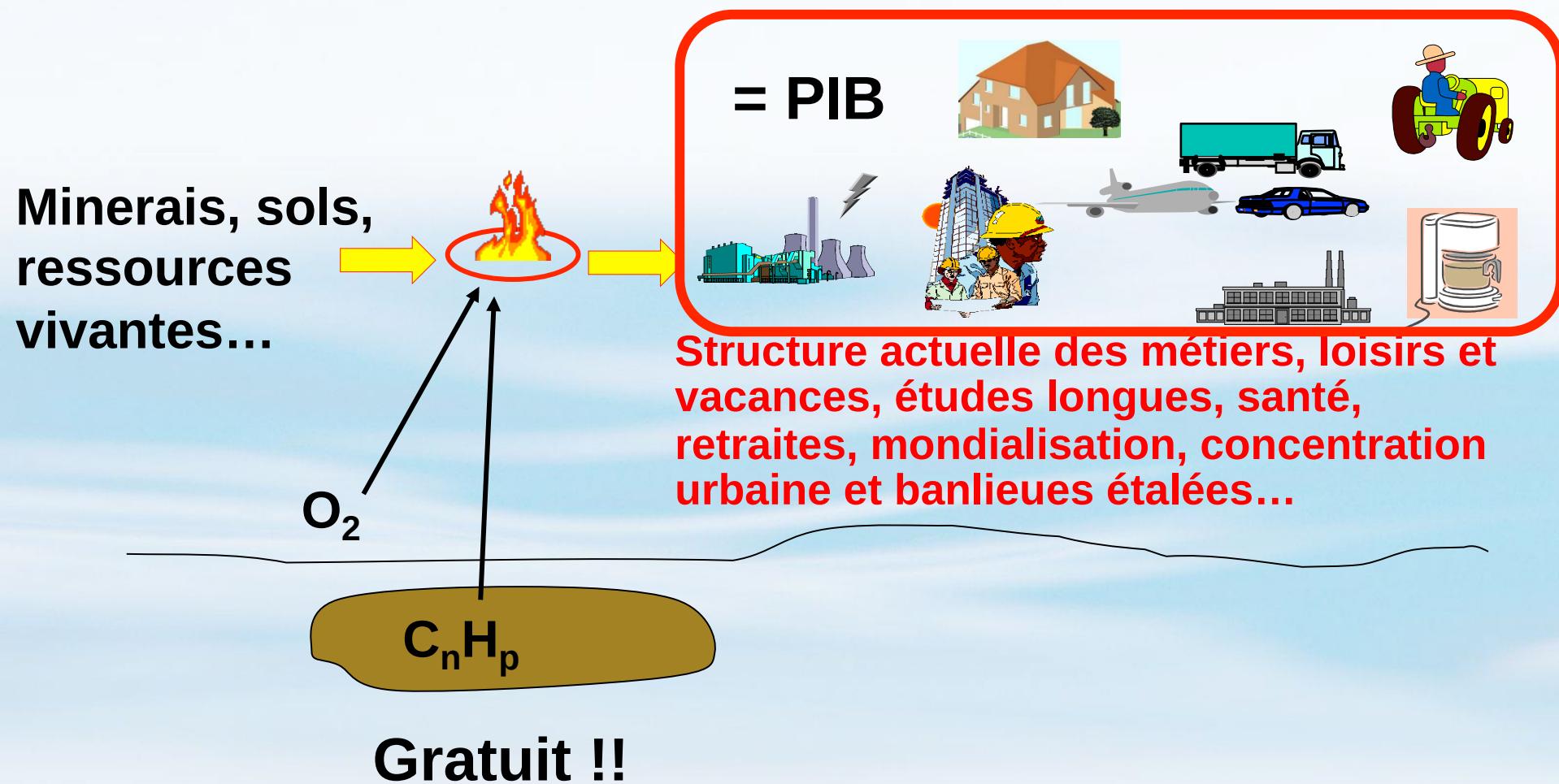
Variation annuelle du PIB par personne en Europe. Jancovici, sur données World Bank.

Énergie

Climat

Numérique

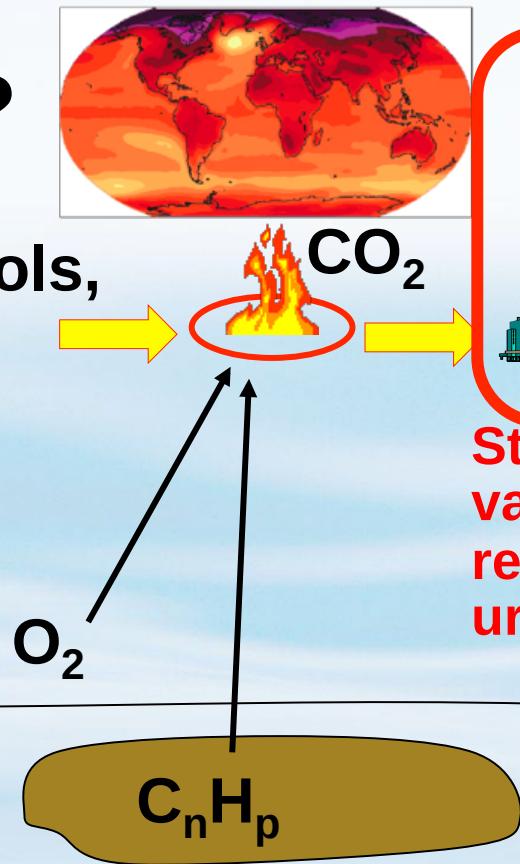
L'ère du feu, croissance à gogo et 2 questions...



Boum ou Crac ? ... ou les deux ?

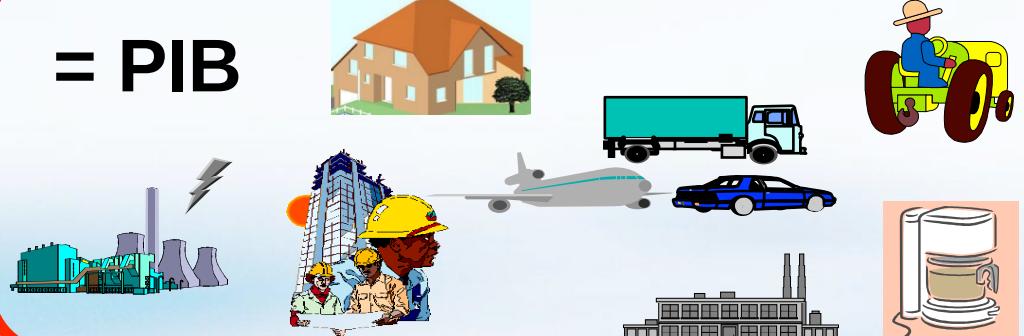
Boum ?

Minerais, sols,
ressources
vivantes...



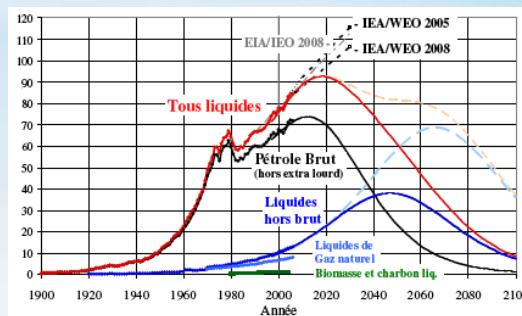
Gratuit !!

= 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

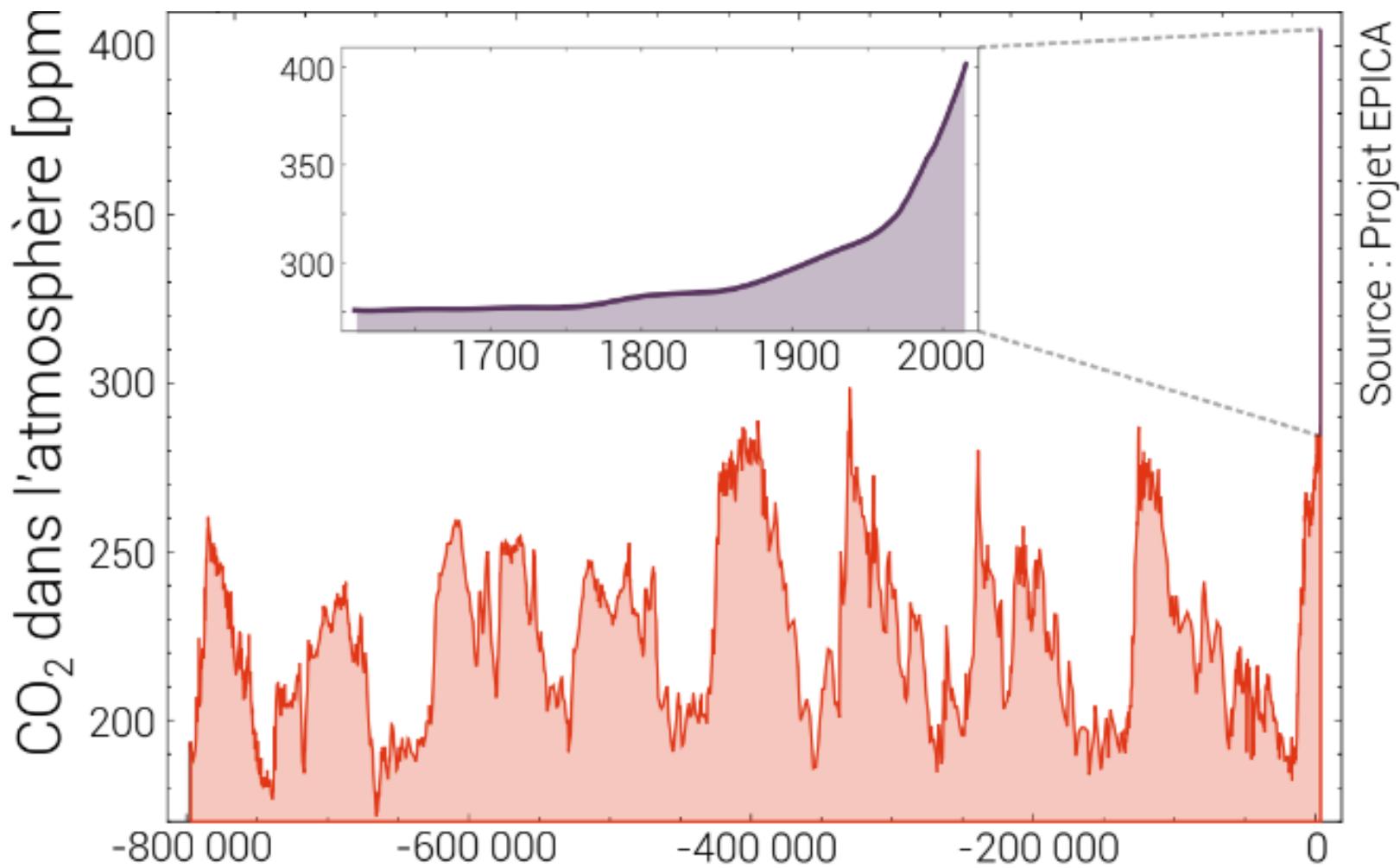


La vie grâce à l'effet de serre

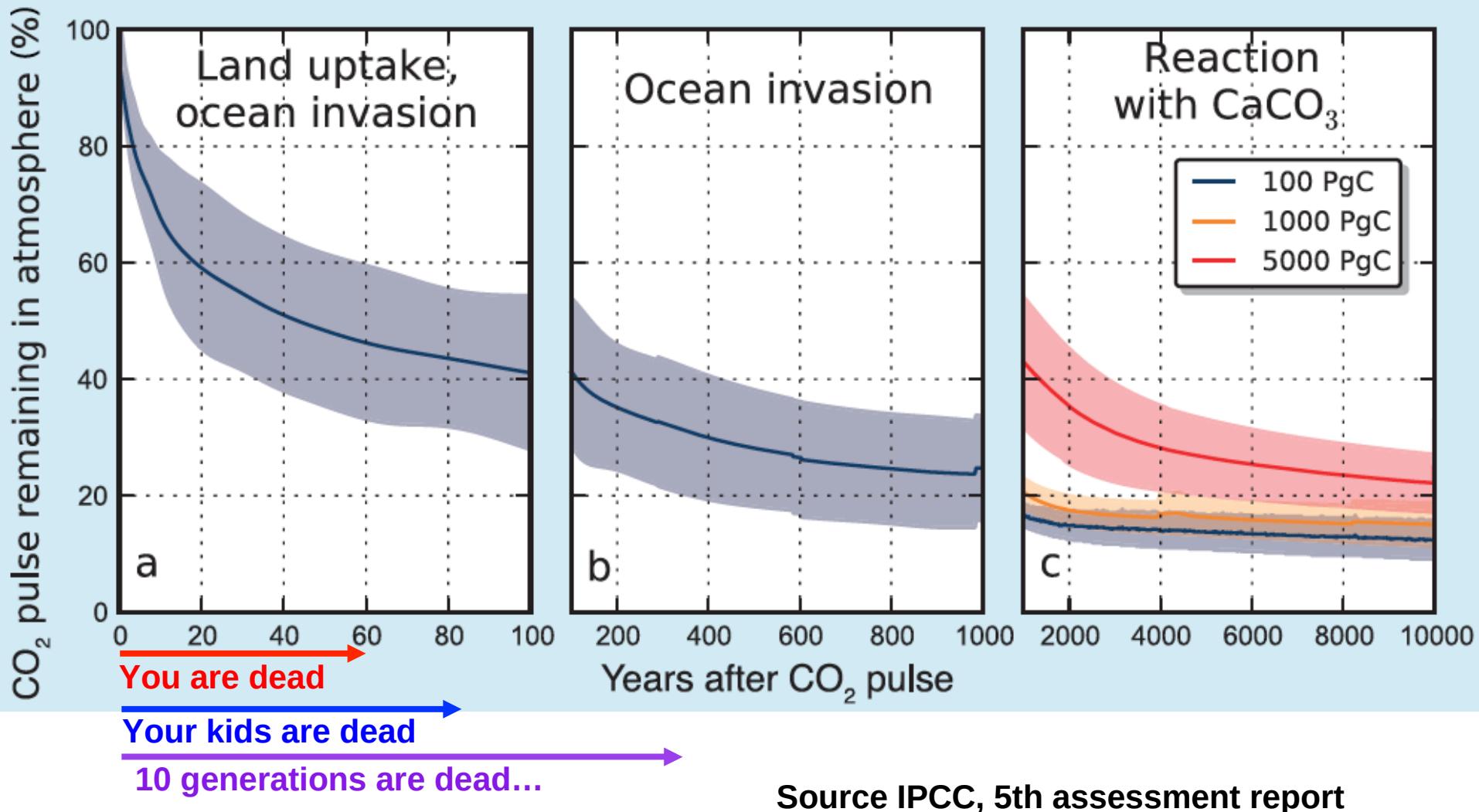


Un risque de déséquilibre



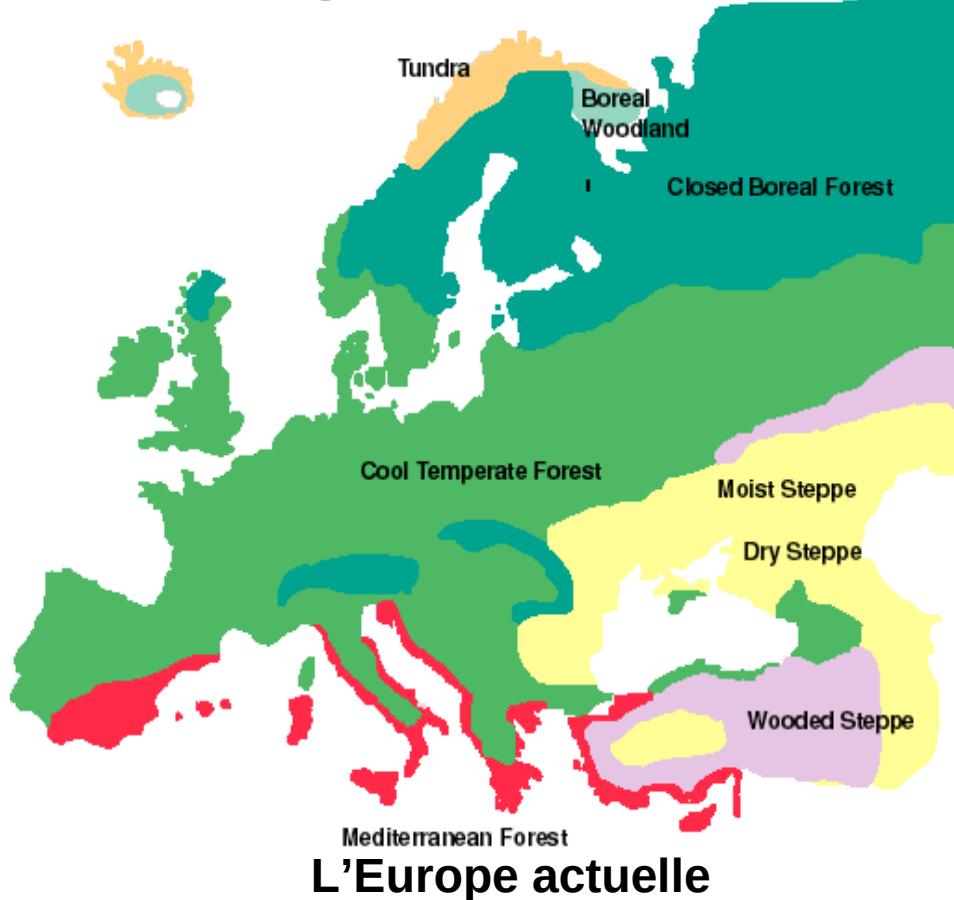


Help! Where is the reset button?



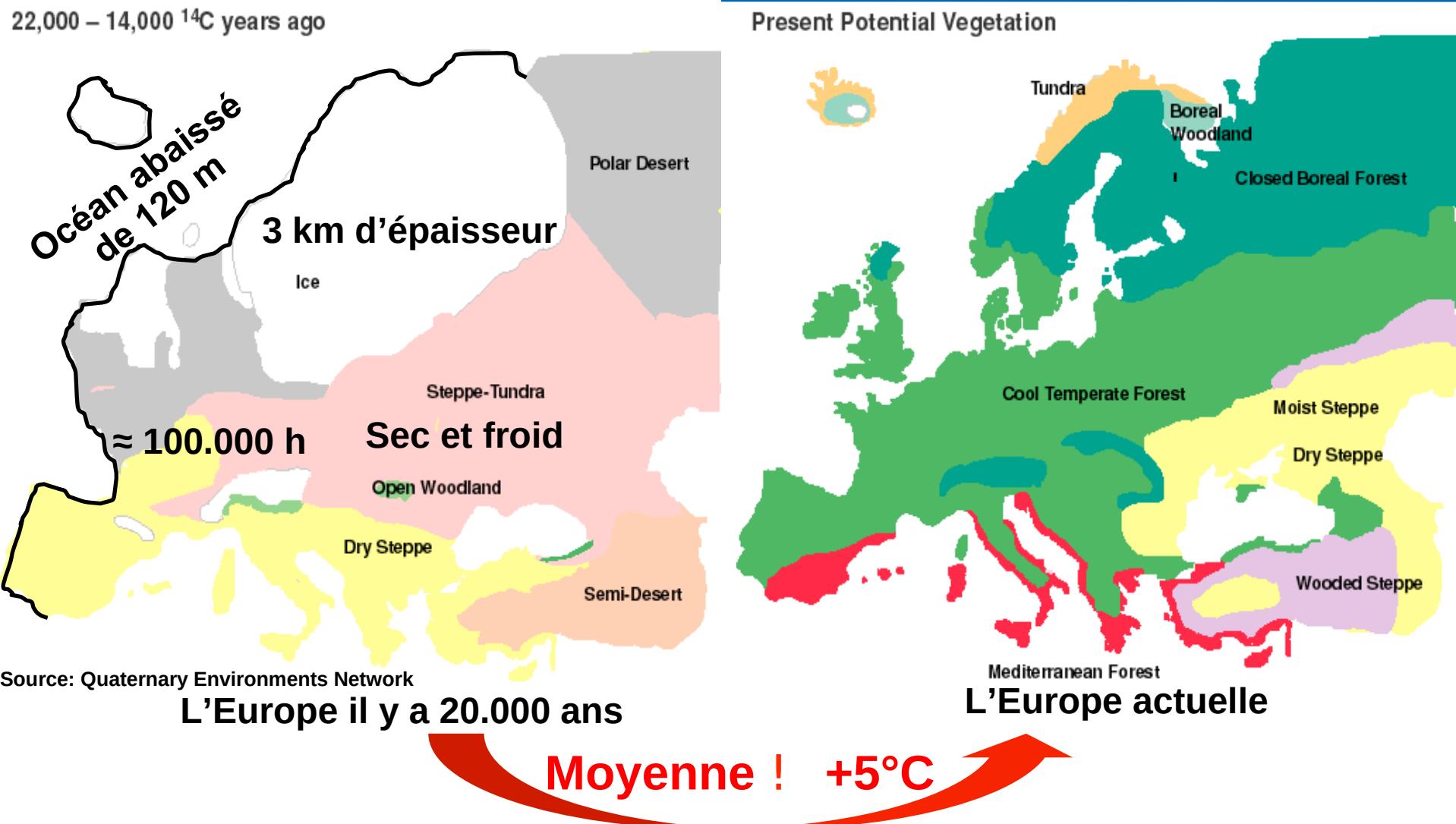
+5°C, juste un pull en moins ?

Present Potential Vegetation

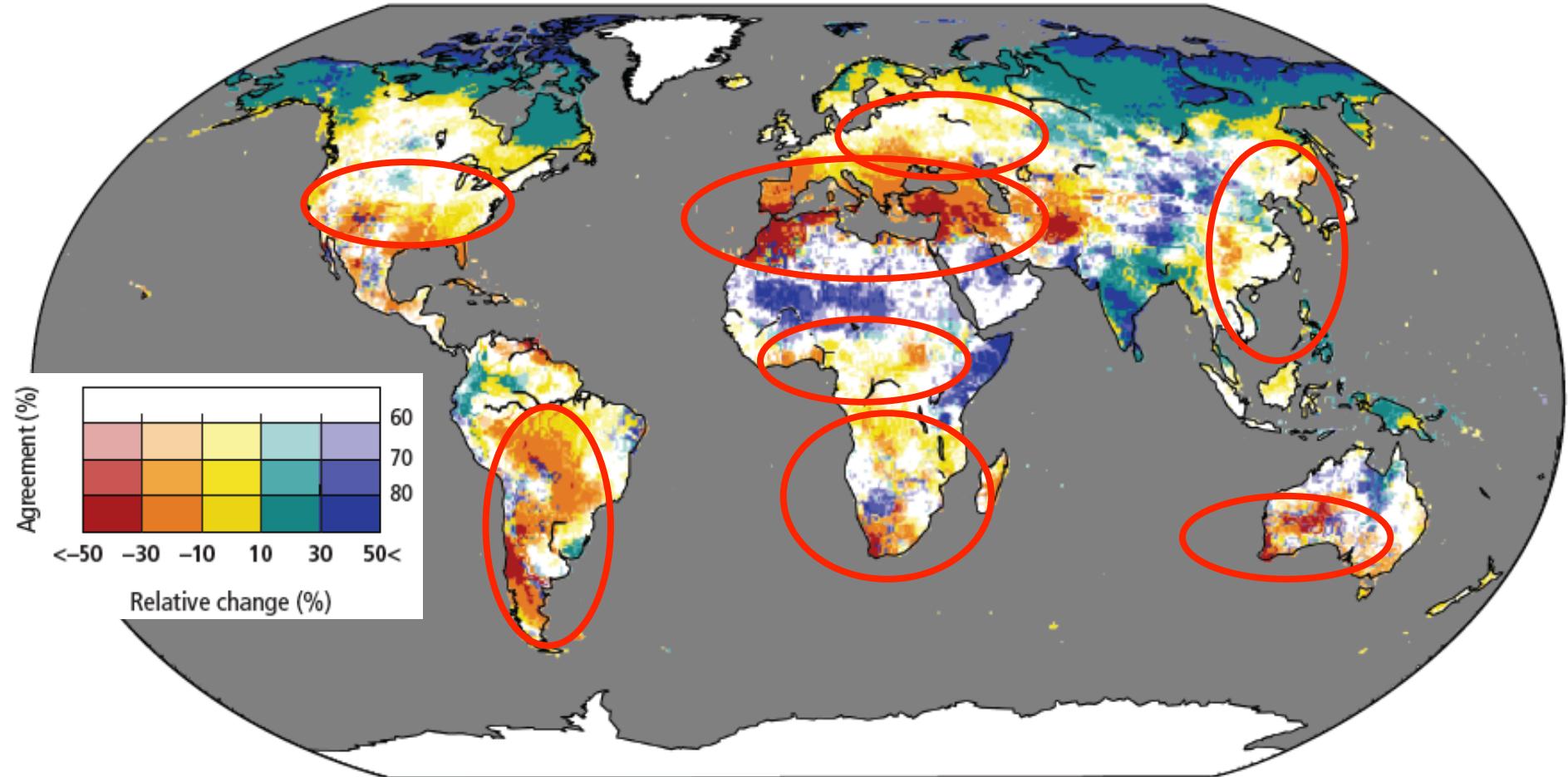


Source: Quaternary Environments Network

+5°C, juste un pull en moins ?

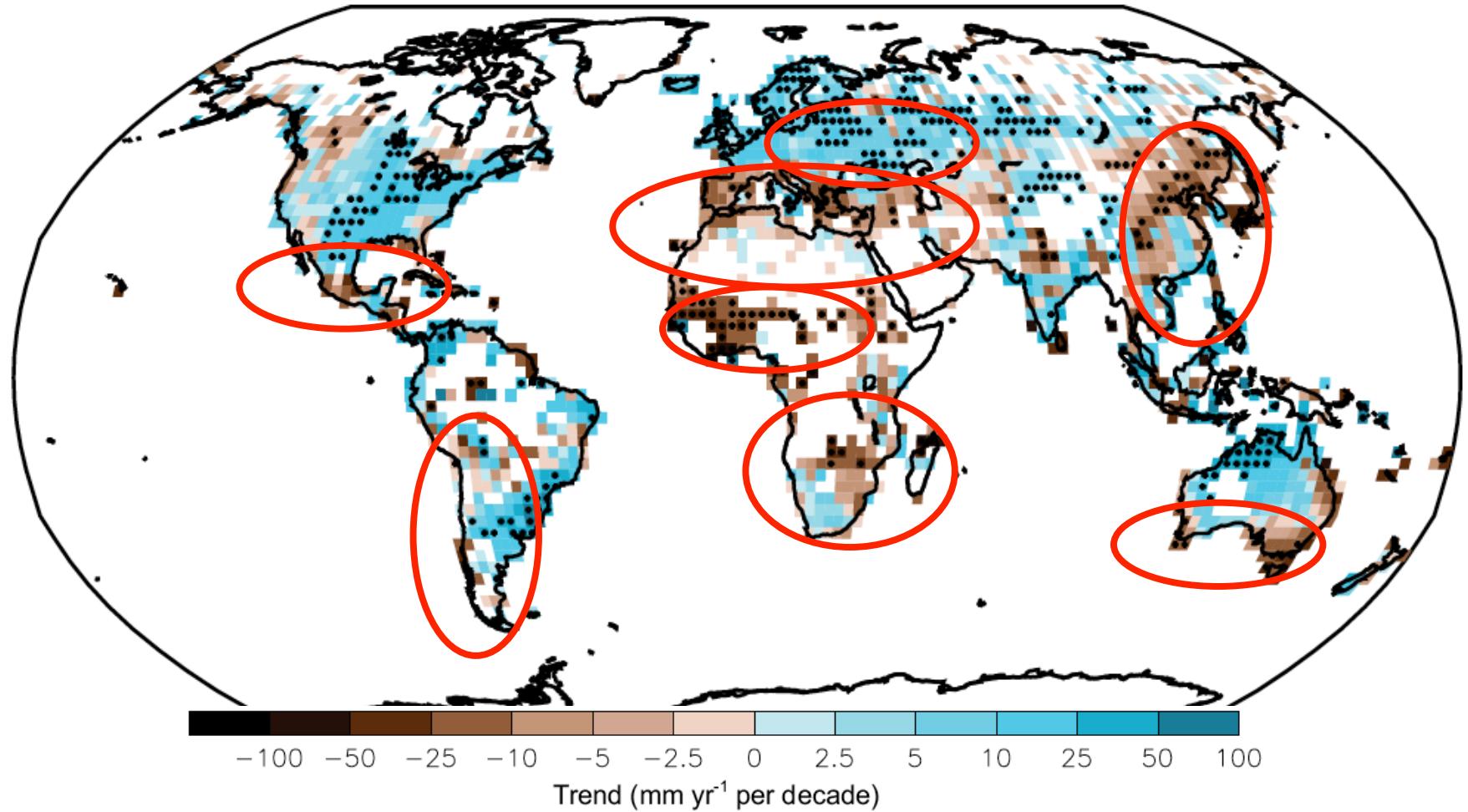


Mais un climat, ce n'est pas juste une température moyenne



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

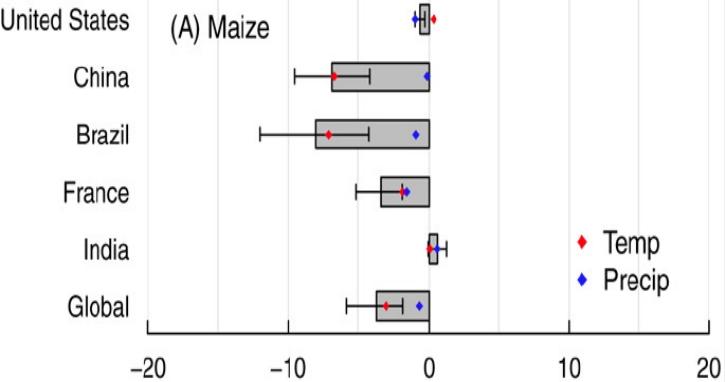
Pleuvra, pleuvra pas ?



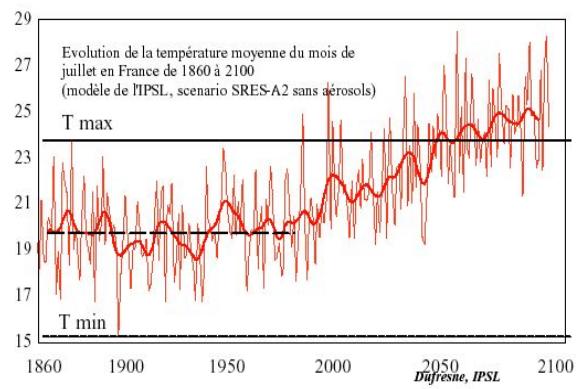
Évolution constatée des précipitations sur la période 1951-2010. Source : IPCC, 5^e rapport d'évaluation, 2013

Un jour, l'avenir devient le présent

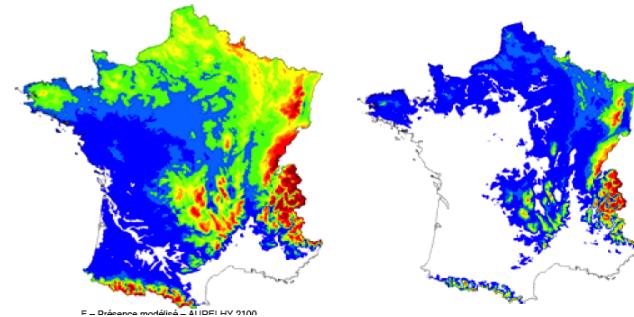
Avec une ampleur qui dépendra de nos émissions



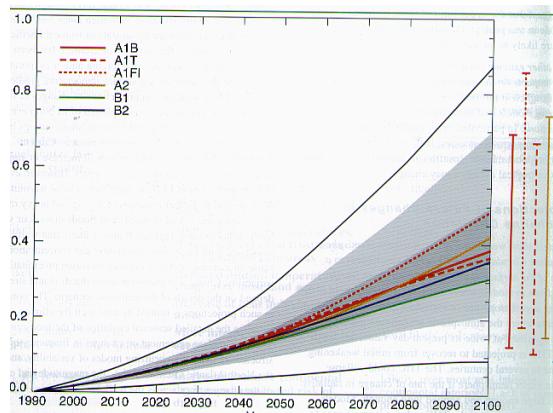
Baisse des rendements agricoles



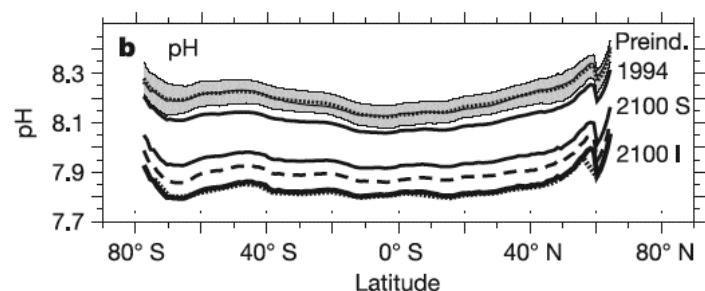
Vagues de chaleur



Atteinte aux écosystèmes



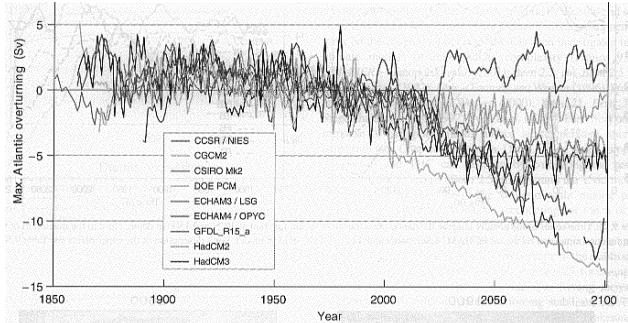
Hausse du niveau de l'océan



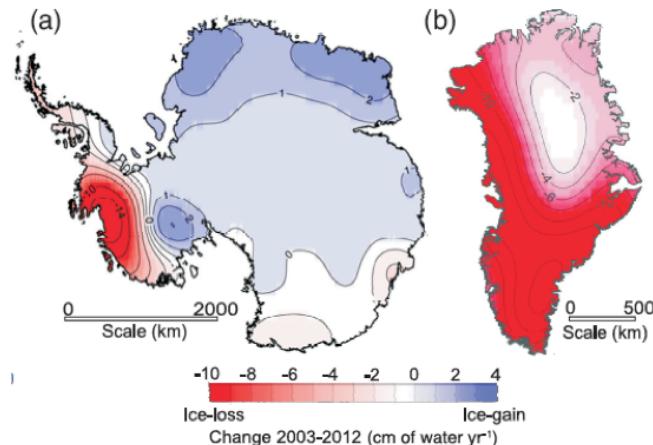
Acidification de l'océan

Partez pas, y'a du rab

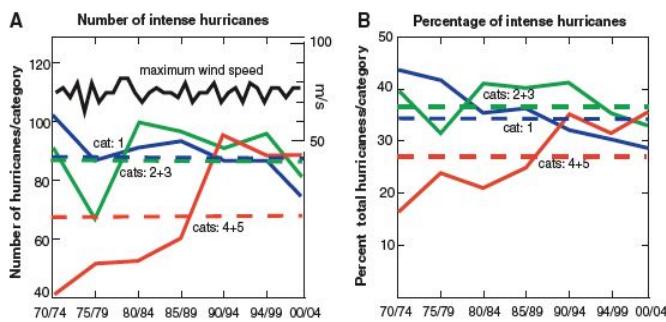
Avec une ampleur qui dépendra de nos émissions



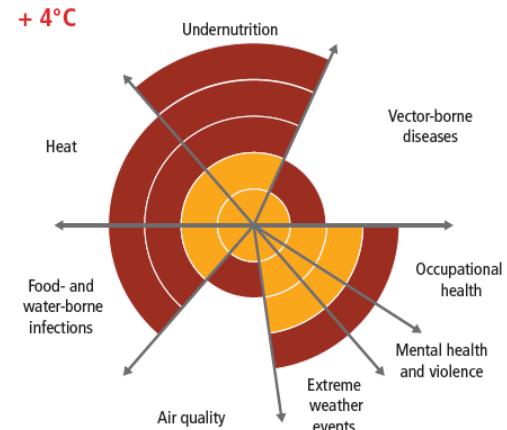
Changement de la circulation océanique



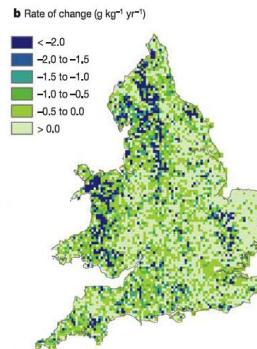
Fonte/désagrégation des calottes



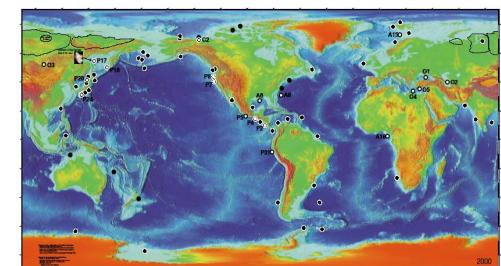
Intensification des phénomènes extrêmes



Conséquences sanitaires



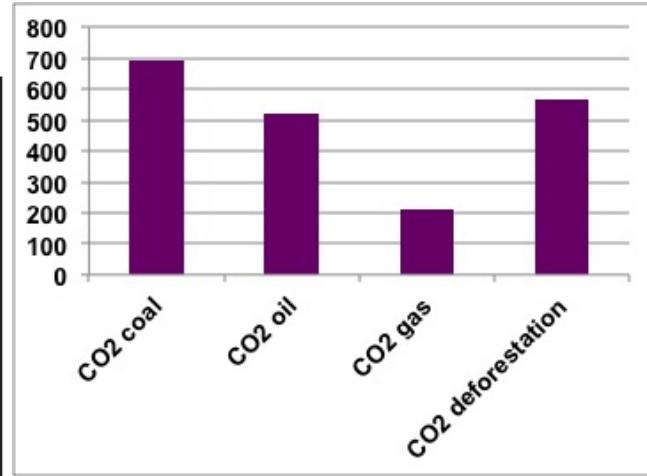
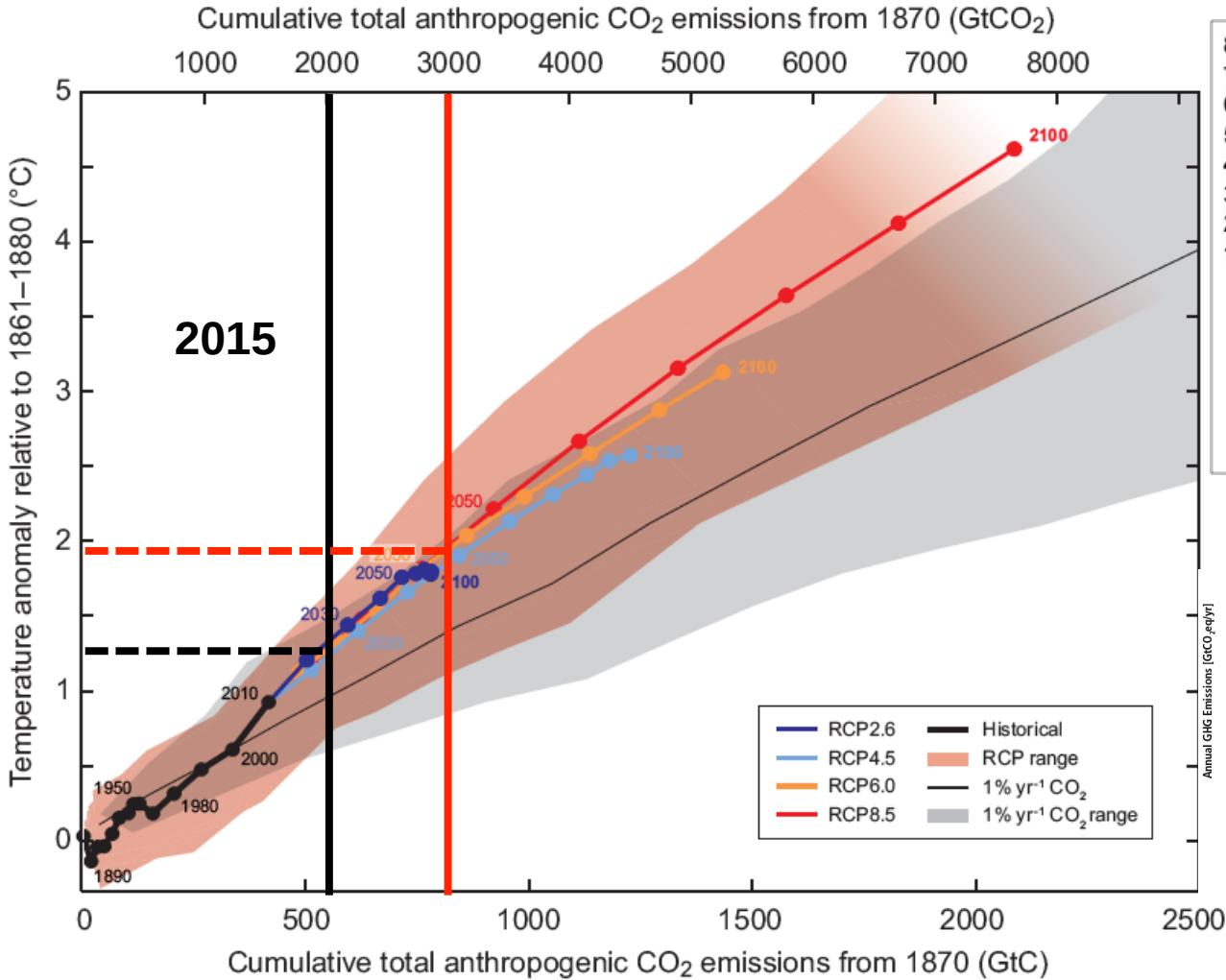
Relargage du carbone des sols



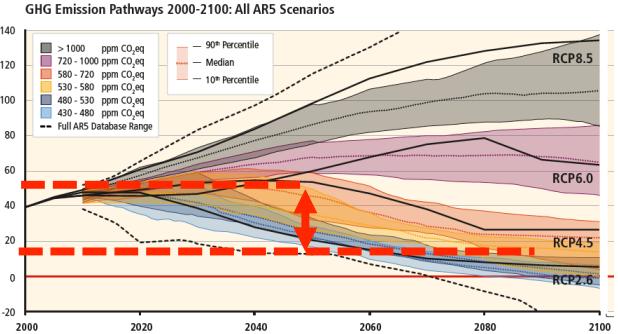
Et nous ne verrons jamais venir à l'avance toutes les conséquences possibles, puisque l'expérience est inédite



2°C, fingers in the nose?



Émissions cumulées de CO₂ depuis 1870 en Gt



÷ 3 en 2050

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

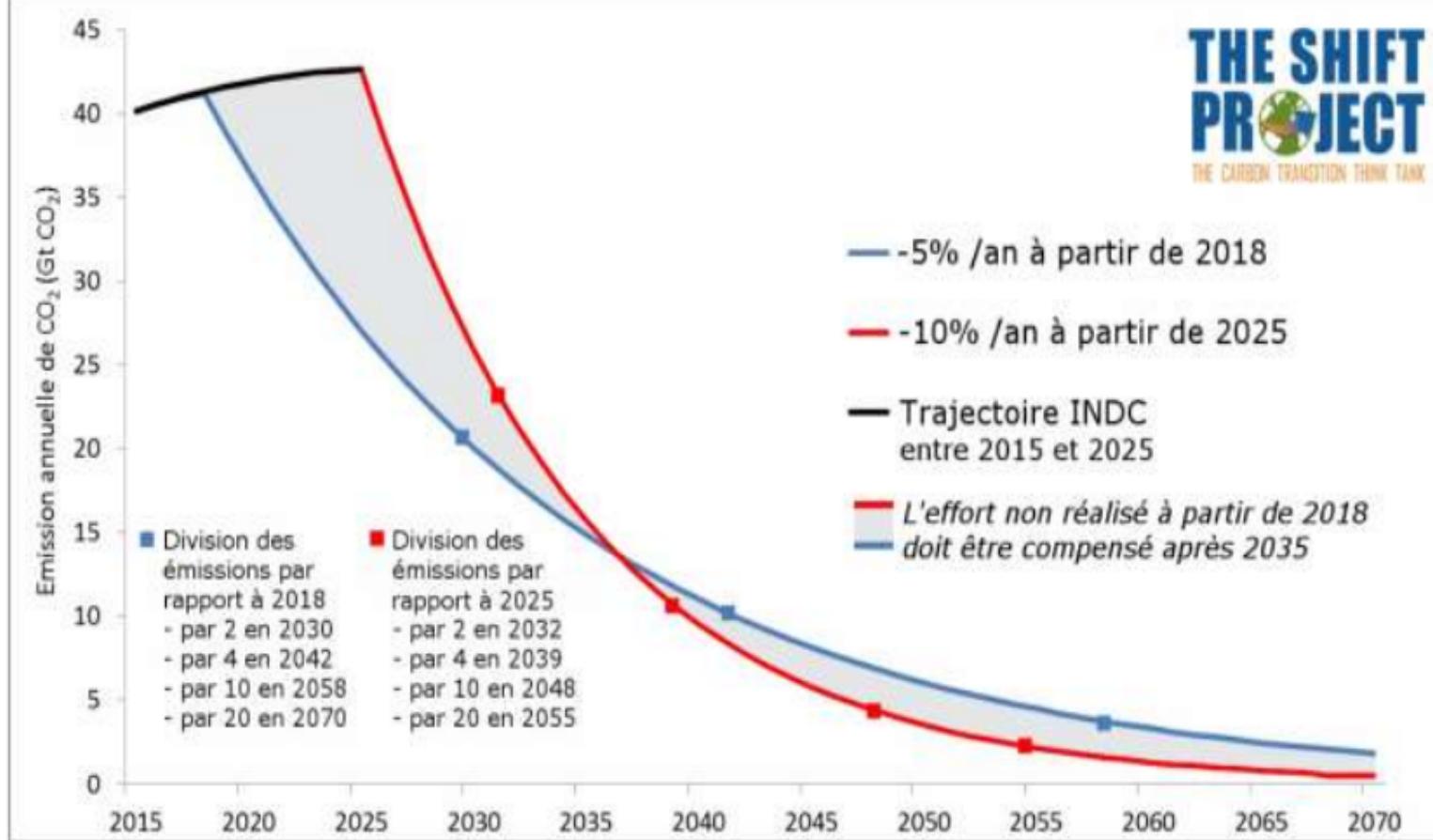
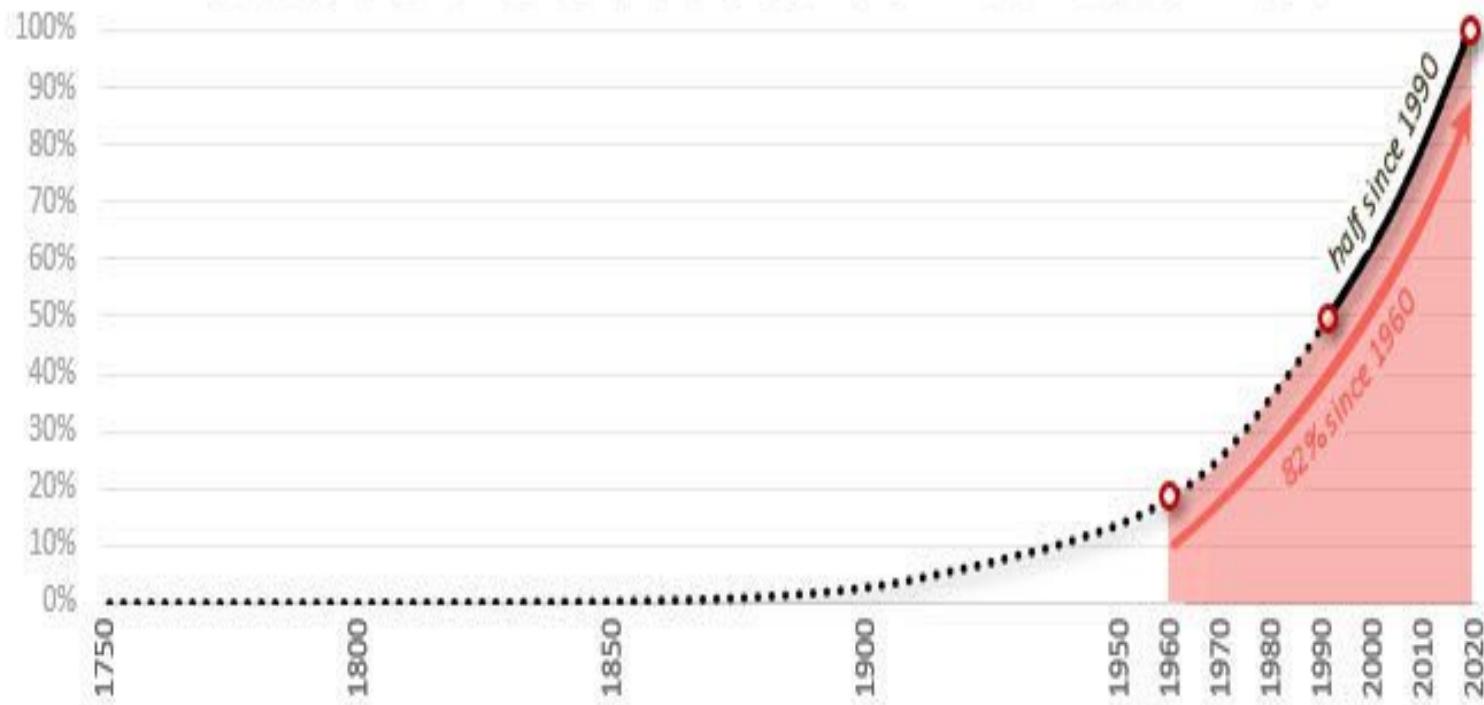


Figure 4 : Trajectoires d'émission compatibles avec une hausse de température limitée à 2°C
[Source : The Shift Project, 2016]

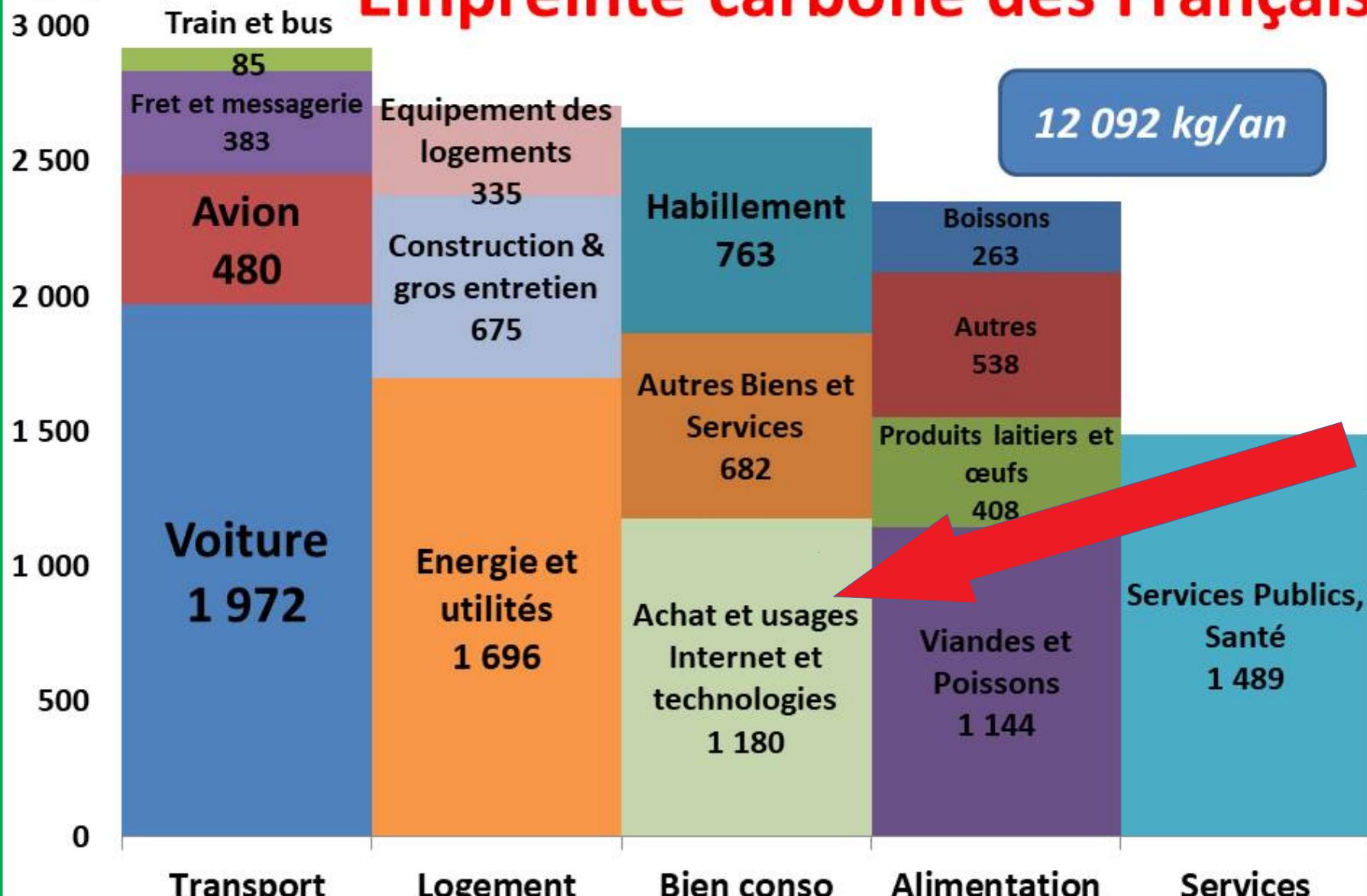
CUMULATIVE GLOBAL FOSSIL FUEL USE SINCE 1750



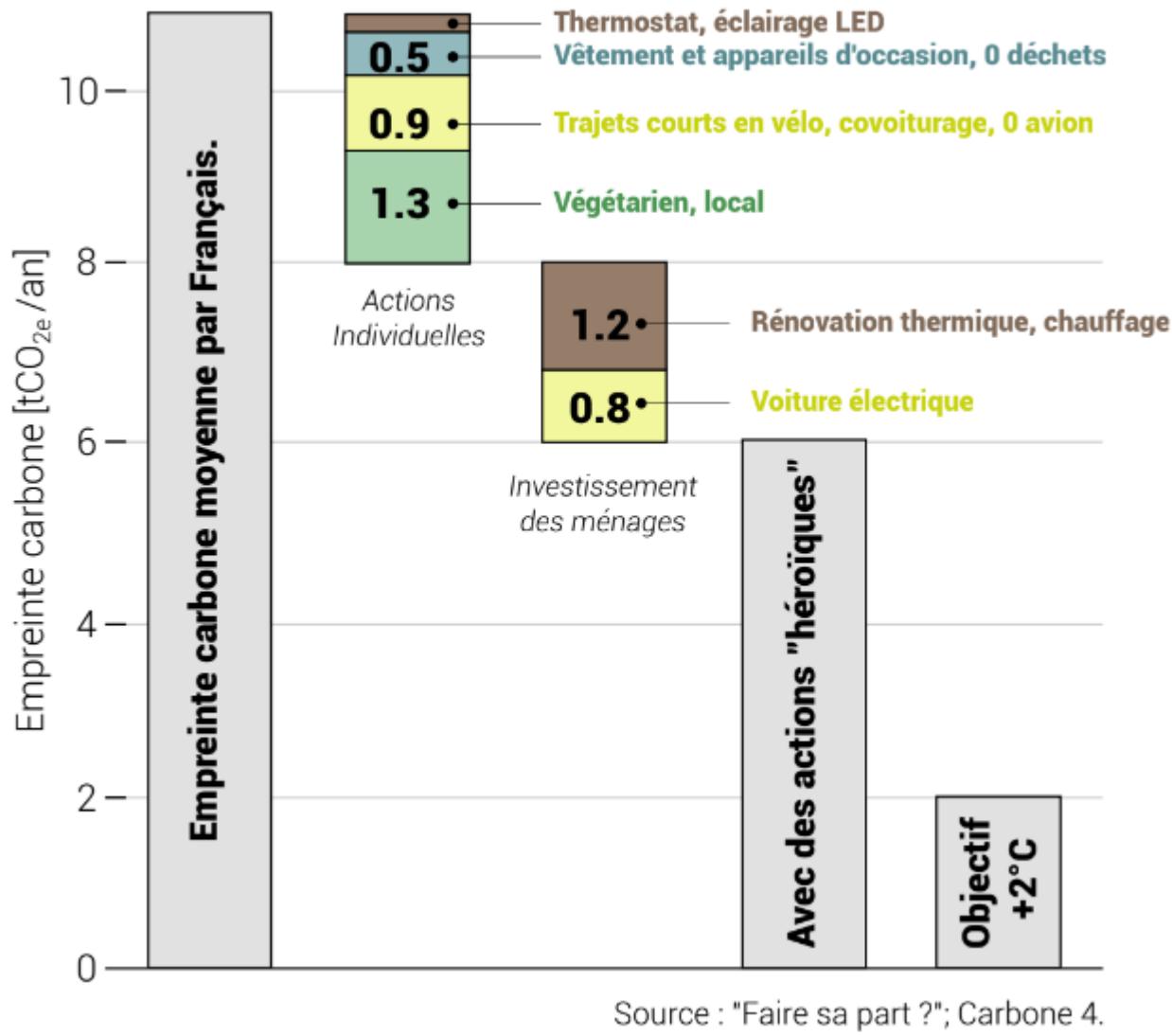
CUMULATIVE GLOBAL FOSSIL FUEL CONSUMPTION, 1751 - 2018. Percent of cumulative total as of 2018. SOURCE: CDIAC through 2014 and BP World Energy report for changes since 2014. https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2014.ems. CHART by Barry Saxifrage at VisualCarbon.org and NationalObserver.com. July 2019.

Kg eq CO₂/an

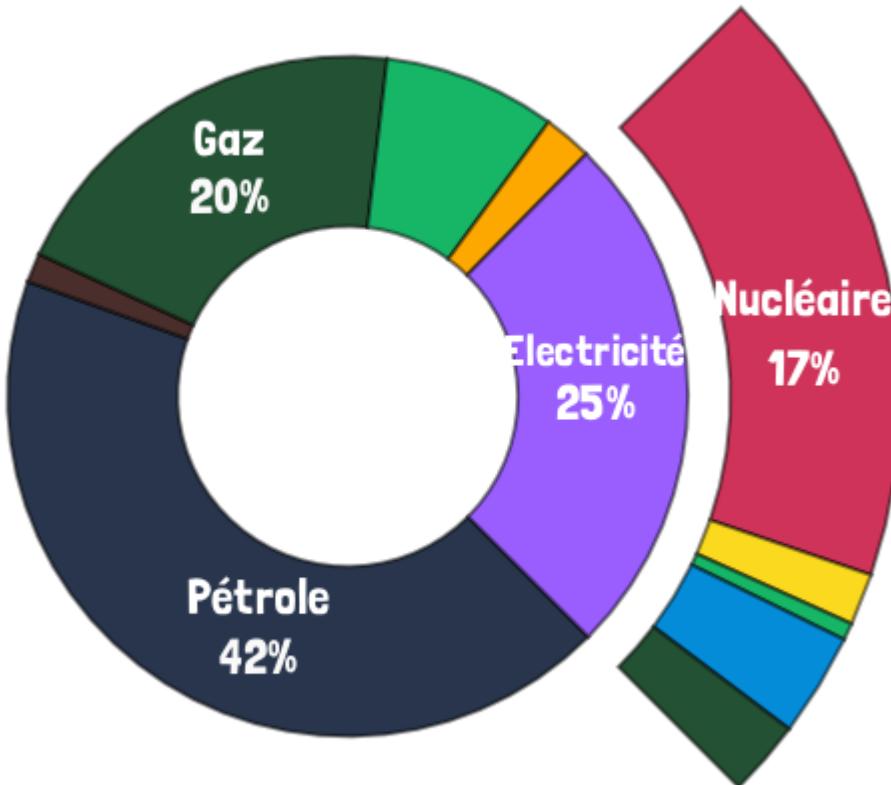
Empreinte carbone des Français



sources : statistiques.developpement-durable.gouv.fr ; Carbone 4 ; Agreste ; INSEE ; Année 2015-2016 Traitement : ravijen.fr



Énergie finale en France (2017) :

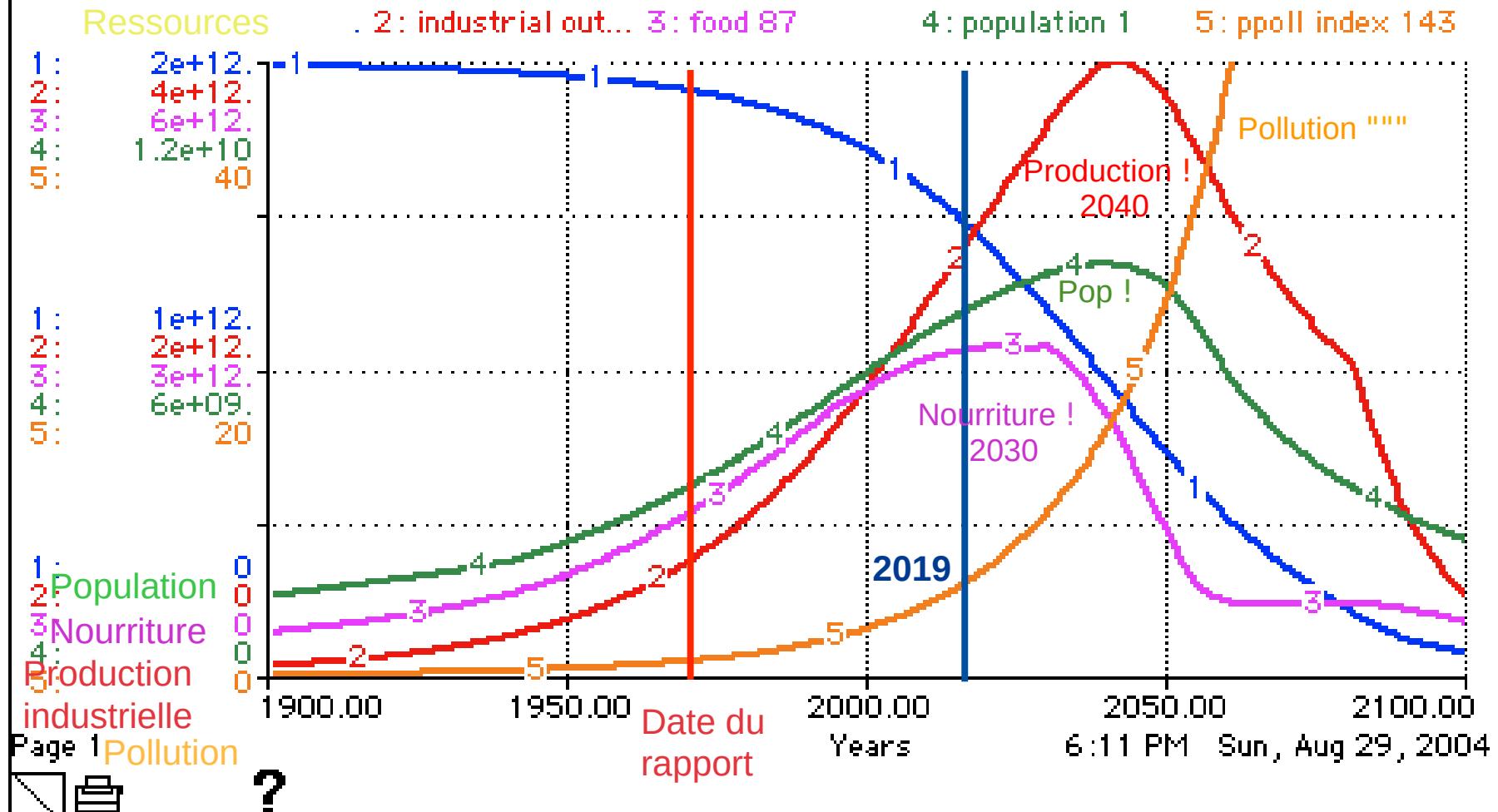


Source : IEA, RTE

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.



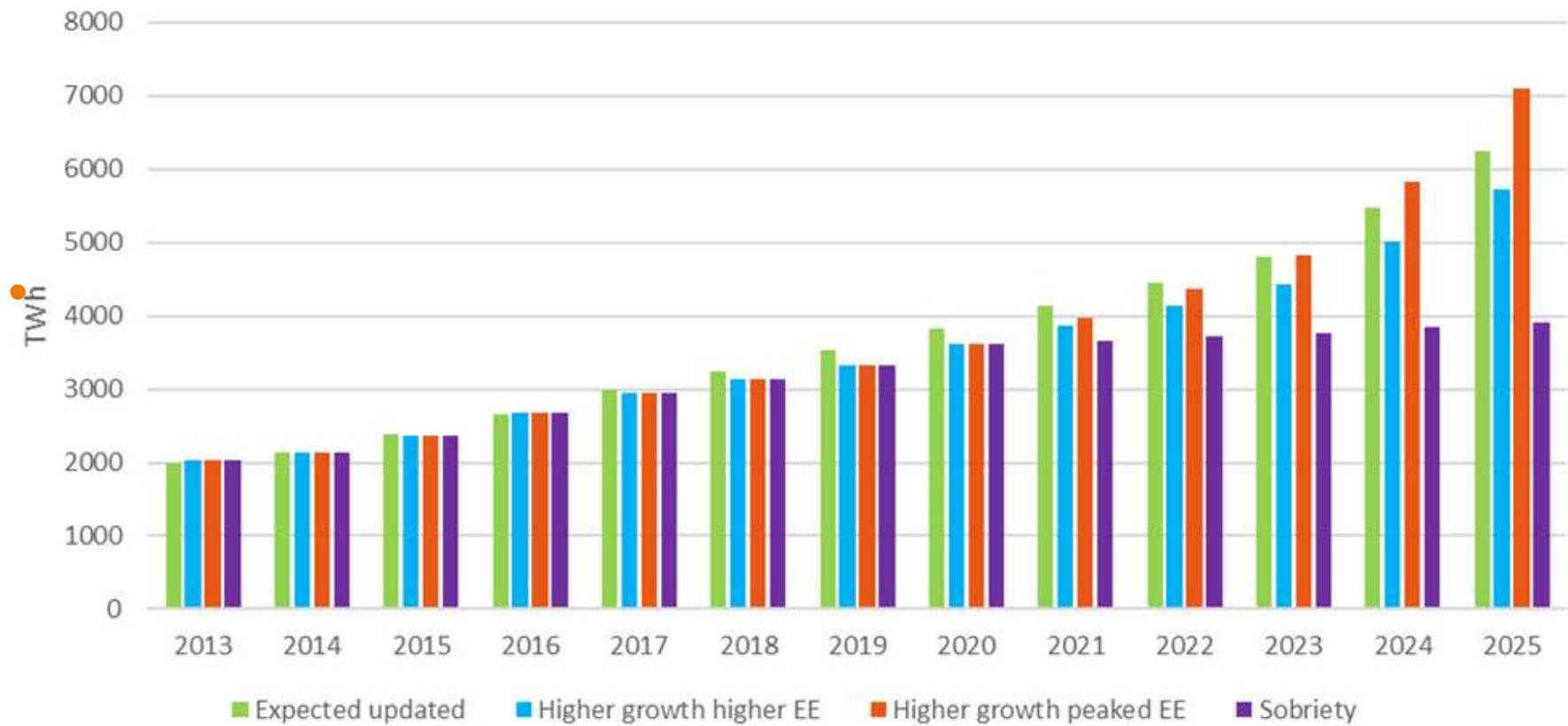
Xavier Groce-

Le Monde Merveilleux du Numérique

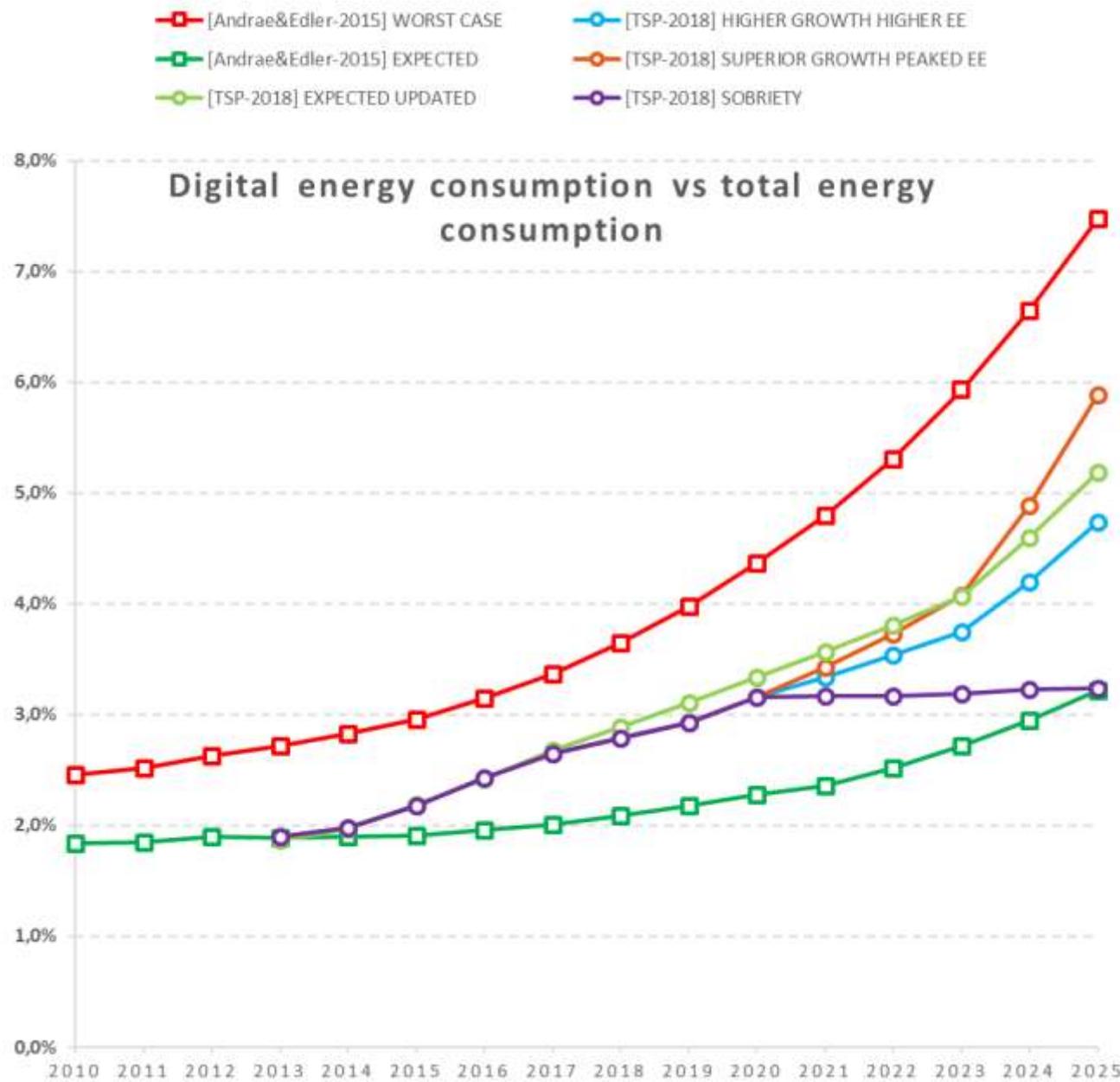


Un triplement en 10 ans (?)

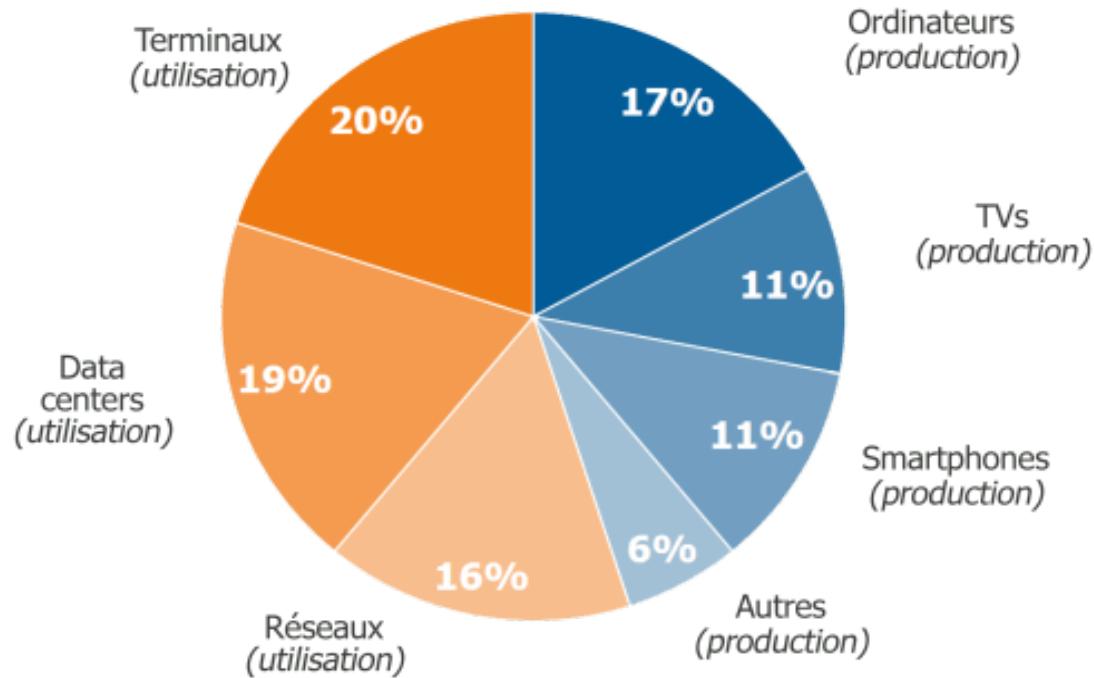
Digital energy consumption



NB : 2017 : Électricité tous usages = 21000 TWh



Les postes de consommation

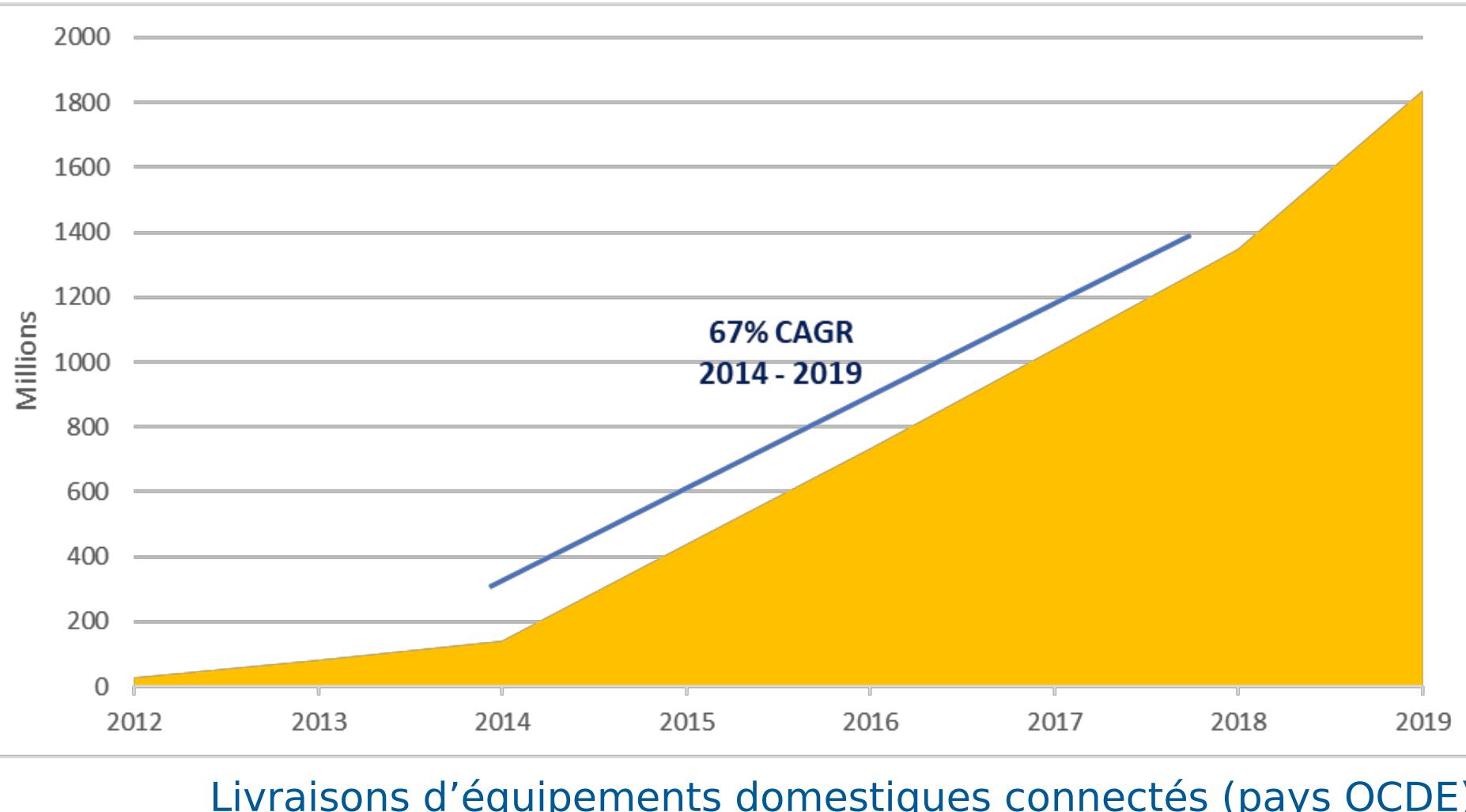


Distribution de la consommation énergétique du numérique par poste pour la production (45 %) et l'utilisation (55 %) en 2017

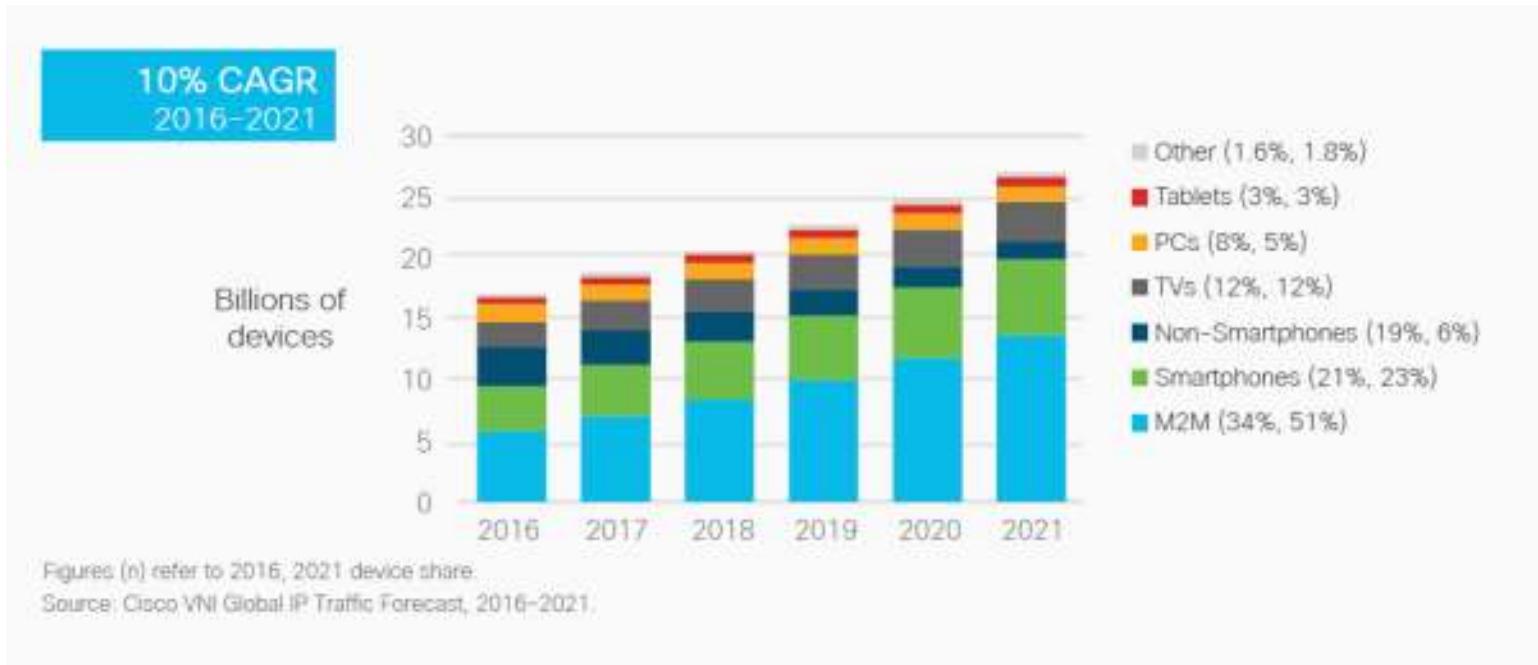
[Source : Lean ICT, The Shift Project 2018]

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

Toujours plus de terminaux



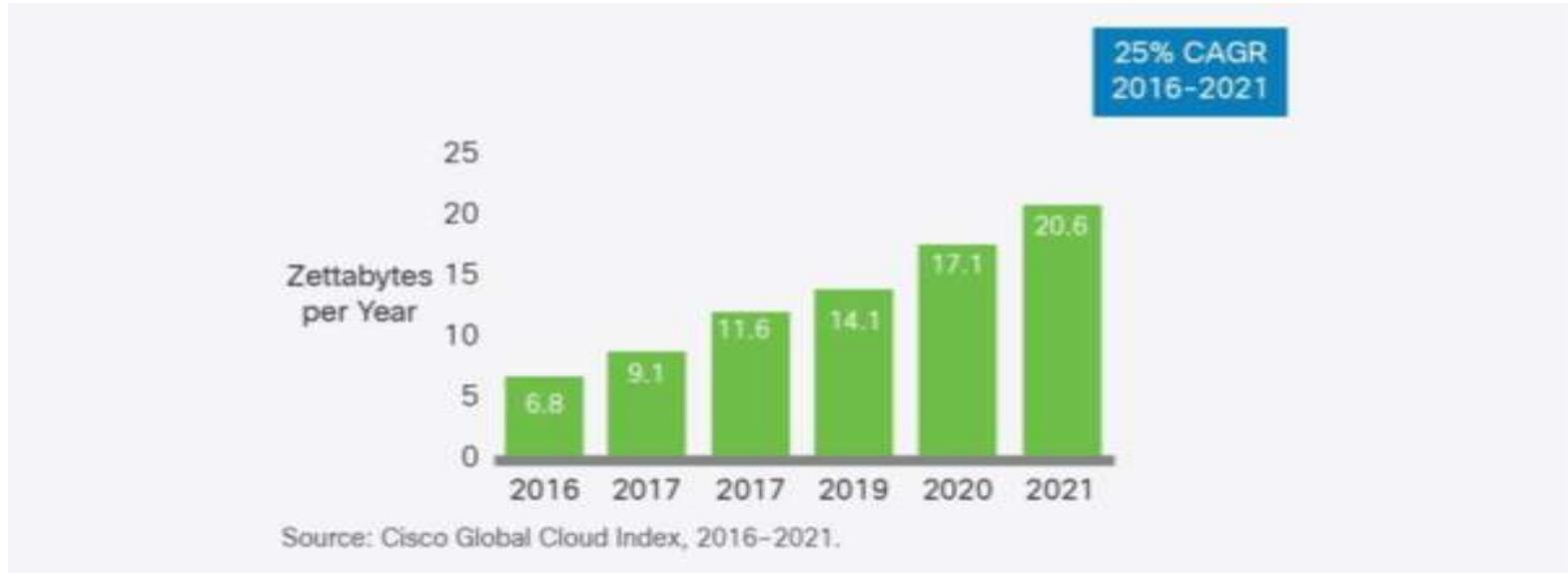
Évolution du parc de terminaux



M2M = machine to machine

Source Shift Project : rapport lean ICT 2018

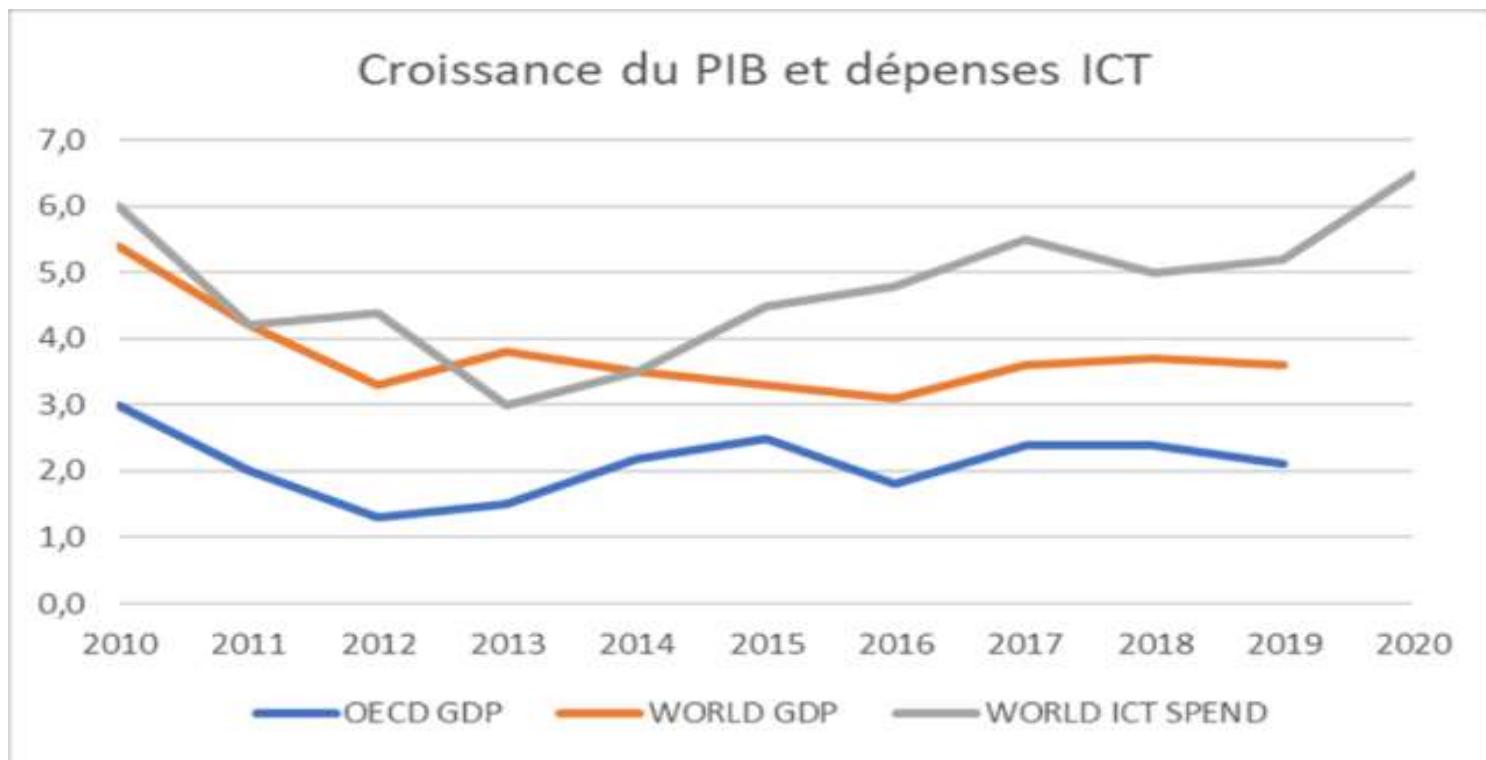
Évolution du trafic des data centers et des réseaux



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.



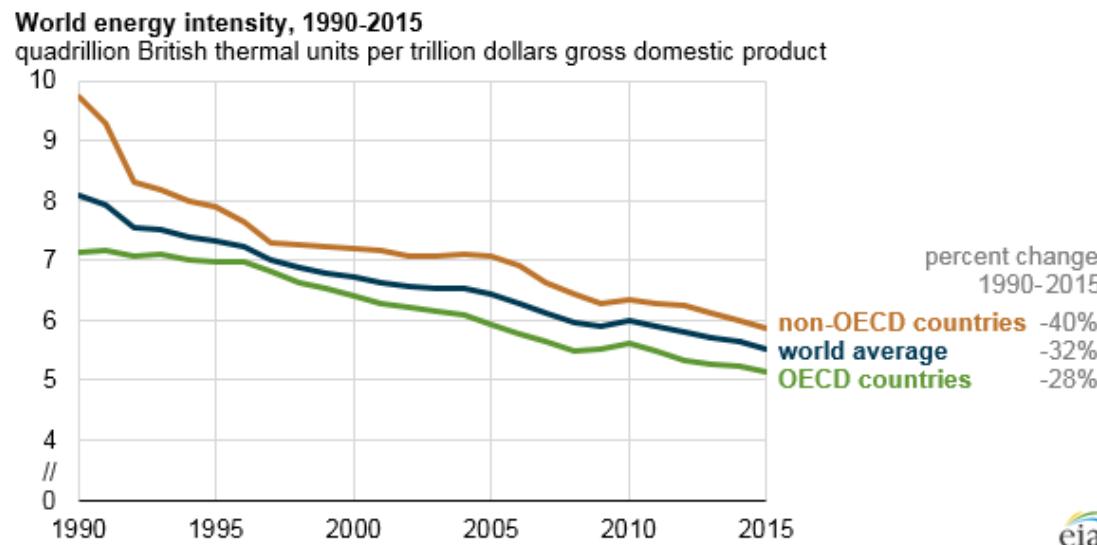
Source Shift Project : rapport lean ICT 2018

Numérique

Croissance annuelle consommation énergétique : + 9%

Croissance annuelle CA : + 5 %

Dégradation intensité énergétique ~ -4% par an

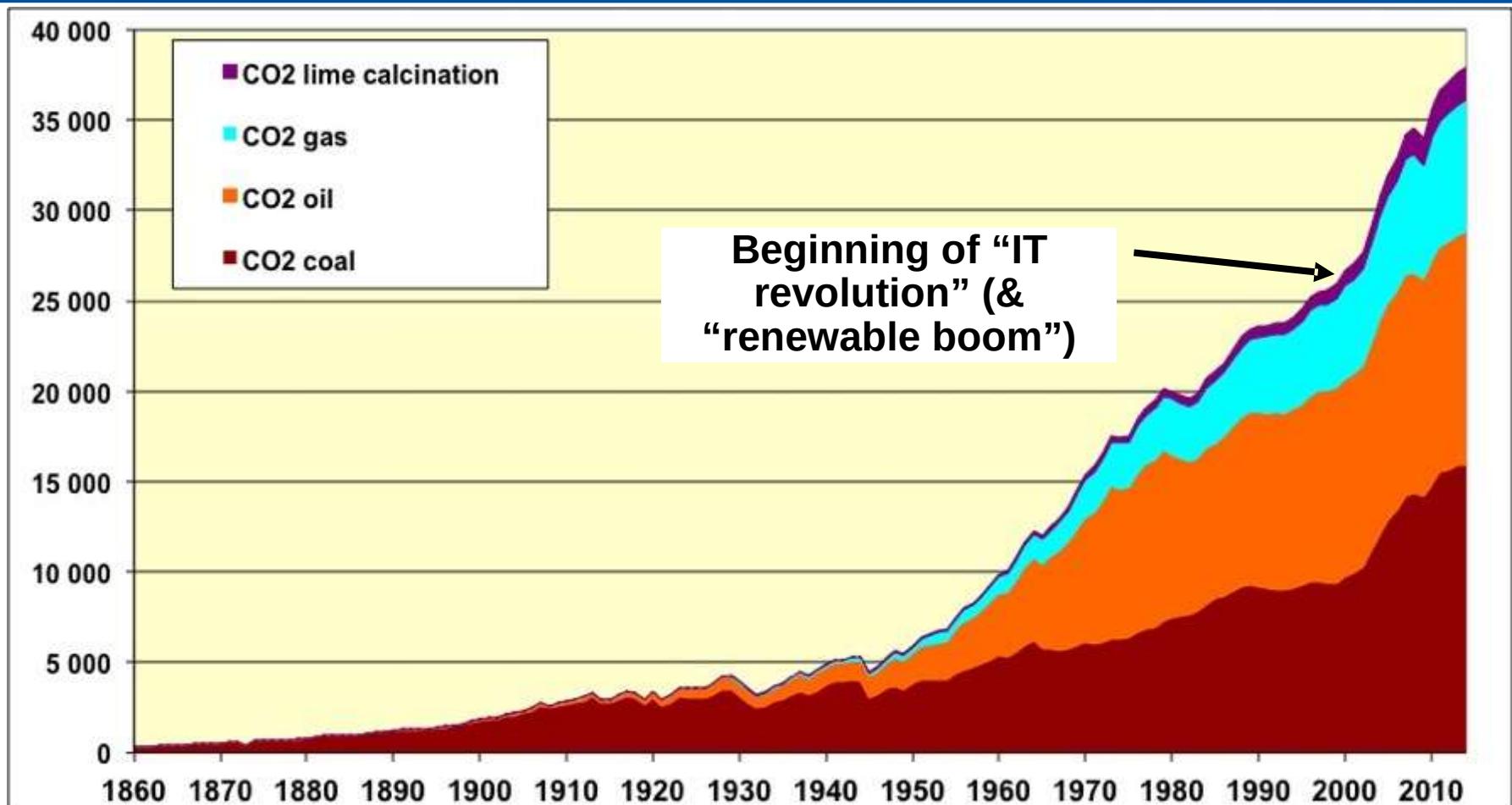


En comparaison, PIB mondial :

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 ?



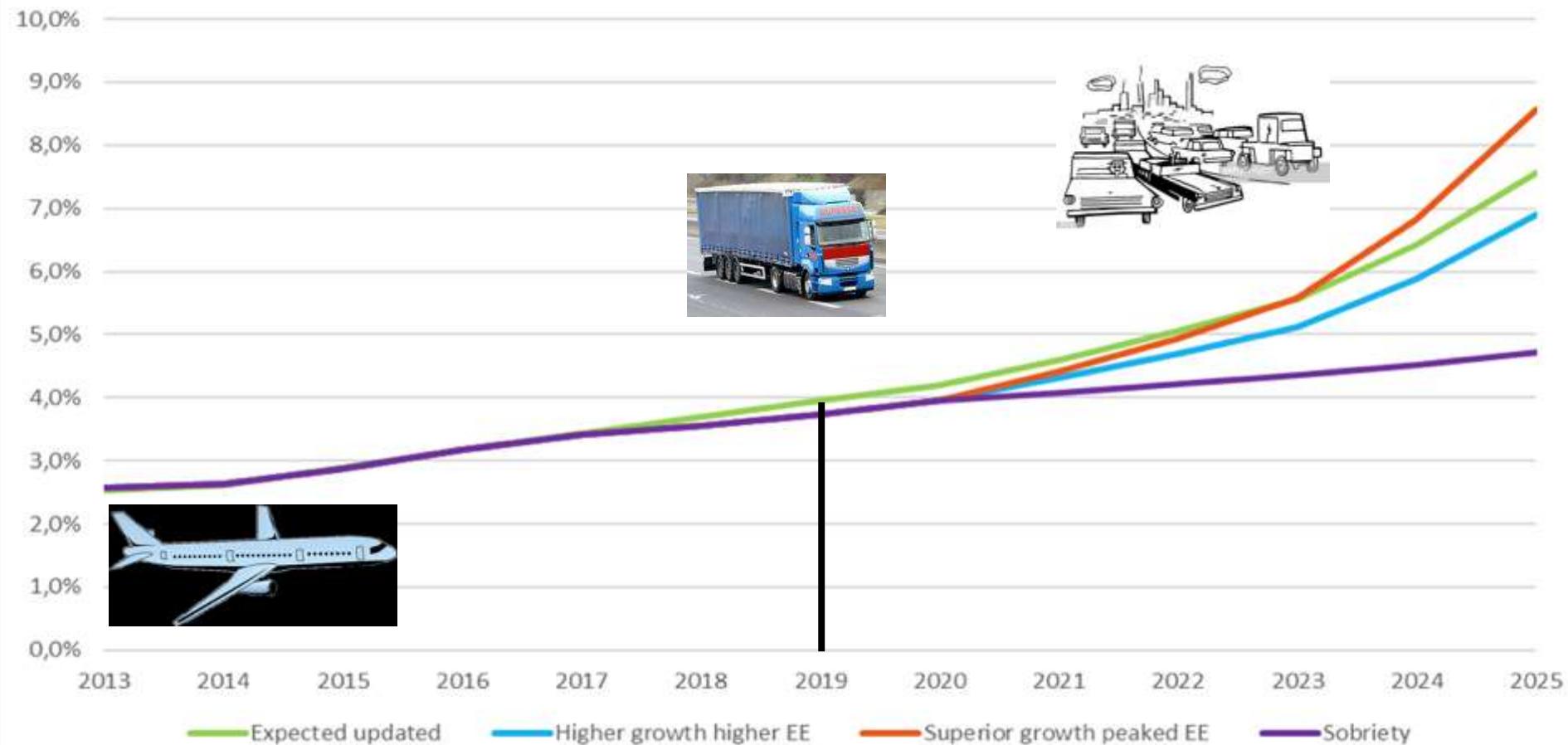
CO2 emissions since 1860. Jancovici, on primary data from Shilling et al, and BP Statistical Review.

Dematerialized, uh?

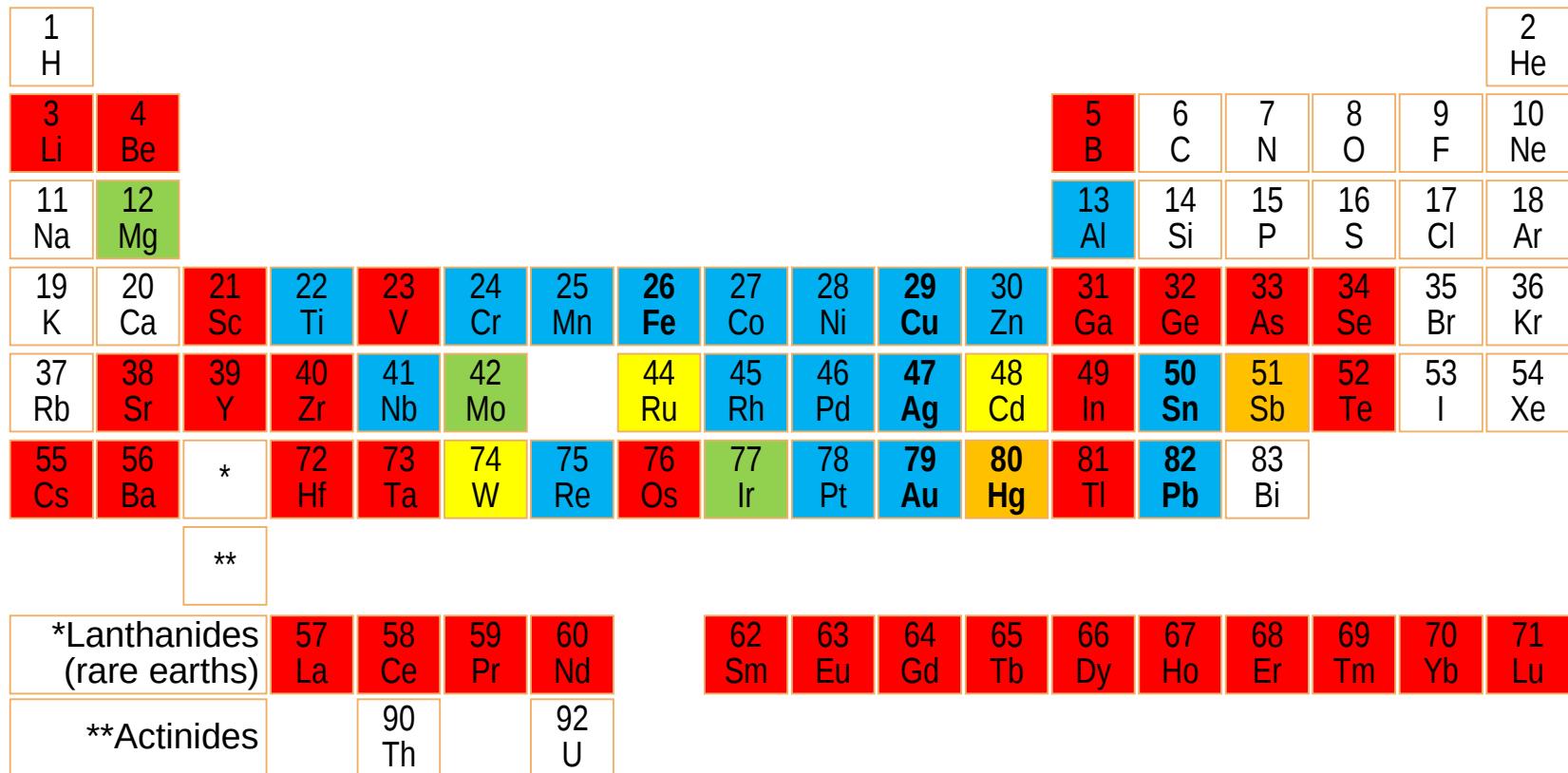


Faster than air travel !

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%

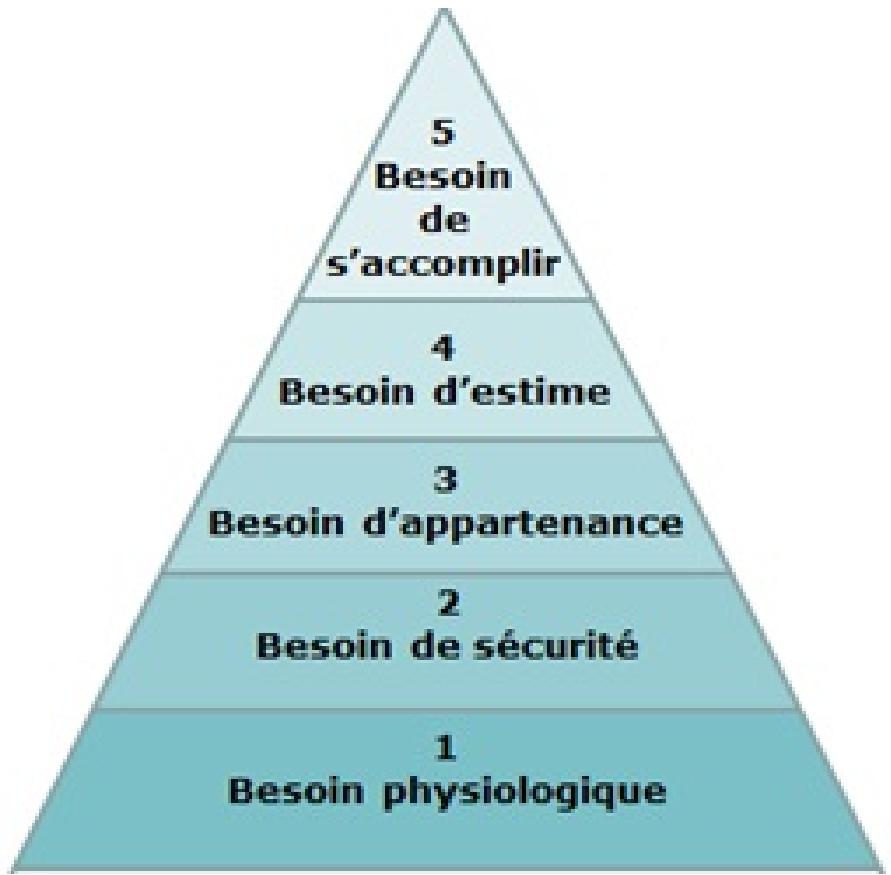
Source : UNEP / Recycling rates of metals 2011

You wouldn't want the life expectancy of a smartphone



18 months!





PYRAMIDE DES BESOINS PYRAMIDE DE MASLOW

Pyramide de Maslow de l'Empreinte Carbone

Hiérarchie et Accomplissement

5 776 kg

47.76%

Appartenance

2 665 kg

22.04%

Sécurité

2 260 kg

18.69%

Empreinte totale

12 092 kg CO₂

Physiologique

1 392 kg 11.51%

En kg CO₂ eq/an
ravijen.fr

QUESTIONS ?