



manicore.com



# Lost in transition

## Telecom Paris

### 3 septembre 2019

**Jean-Marc Jancovici**

[jmj@manicore.com](mailto:jmj@manicore.com)

[jean-marc.jancovici@carbone4.com](mailto:jean-marc.jancovici@carbone4.com)

[jean-marc.jancovici@theshiftproject.org](mailto:jean-marc.jancovici@theshiftproject.org)







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

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

♦B:

♦C:

♦D:



# On ne va quand même pas passer la nuit sur 5% de nos charges...



= 5%



= 5%



= 2%







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

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

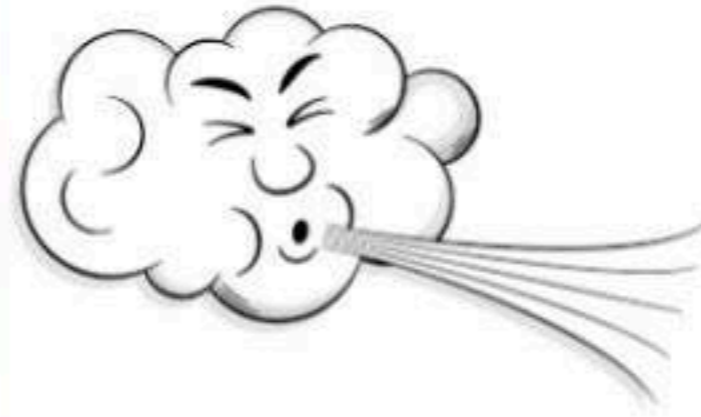
•B: Il faut l'économiser !

•C: Il faut 100% renouvelable !

•D:



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





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





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





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



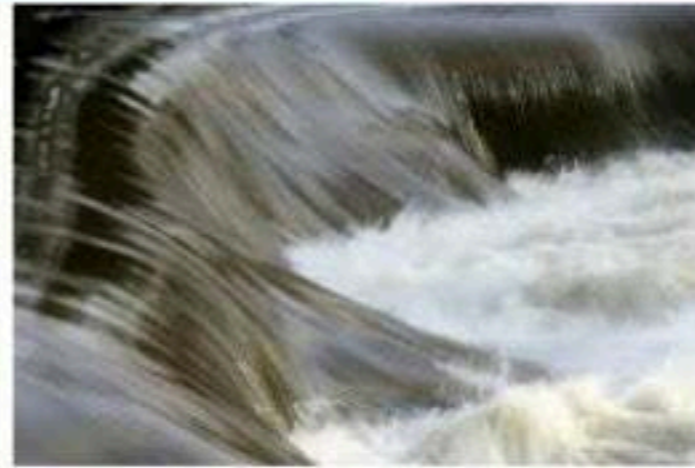


# Il fut un temps où nous étions renouvelables et durables...



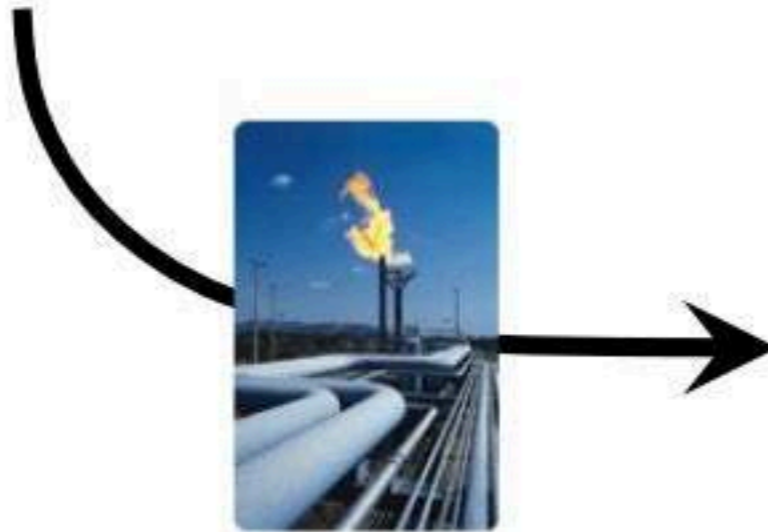
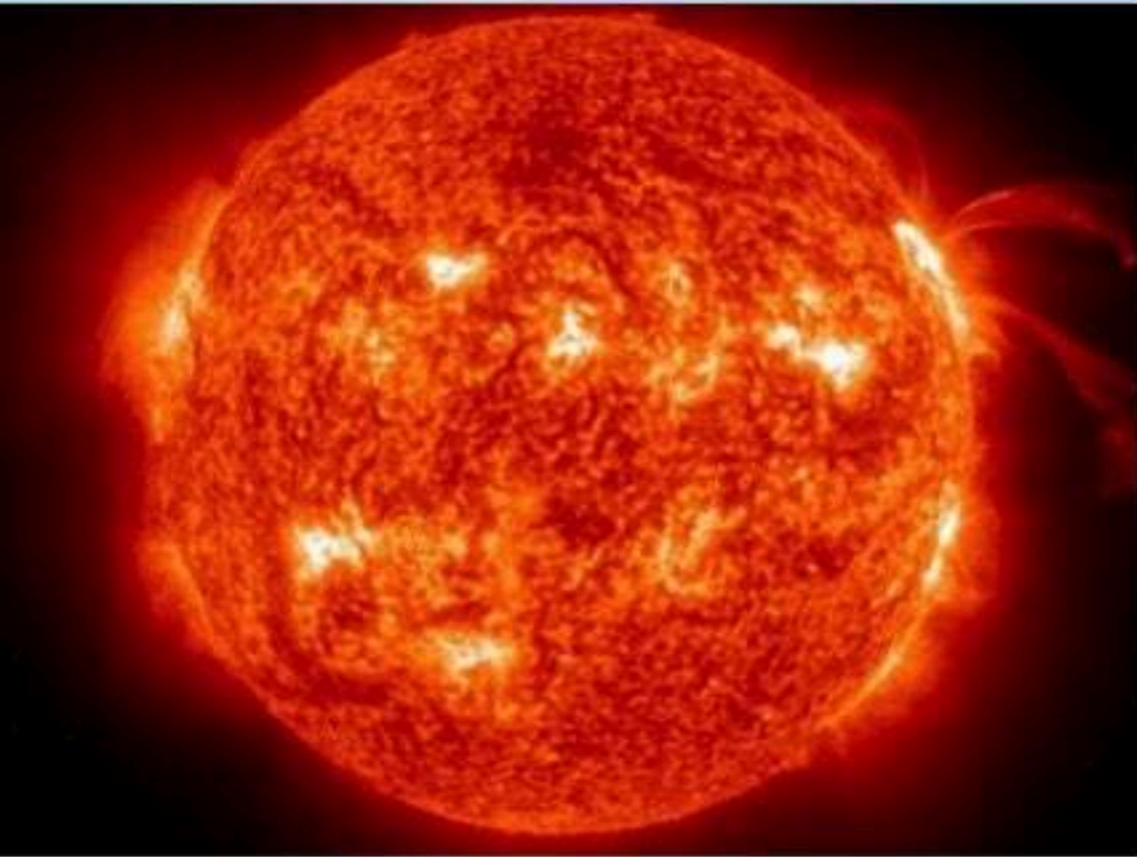


# Il fut un temps où nous étions renouvelables et durables...





# 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

•B: Il faut l'économiser !

•C: Il faut 100% renouvelable !

•D: Ce qui permet d'être super(wo)man pour de vrai

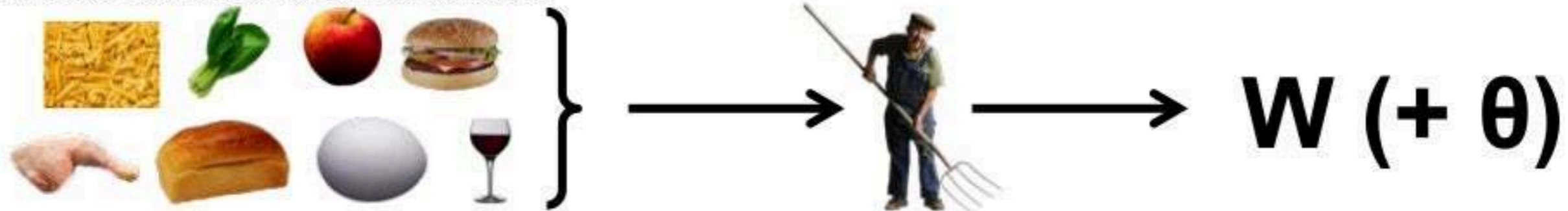


# De l'énergie ? C'est quoi ça ?

**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 (où elle se trouve déjà)** et la transformer avec un convertisseur.

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



Pour utiliser « plus puissant que soi » il faut un autre convertisseur, et l'énergie qui l'alimente



**« Utiliser de plus en plus d'énergie », c'est aujourd'hui en pratique « commander de plus en plus de machinerie » et « créer de plus en plus de flux »**



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



80 kg + 10 kg  
x 2000 m de  
dénivelée  
≈ 0,5 kWh

→  
x 10

→  
÷ 500

→  
÷ 10-100

→  
x 100

→  
÷ 5000



1 jour sur 2 : 100 kWh/an

**Au SMIC : 200 €/kWh**

**Même un esclave : 4-40 €/kWh**

6 m<sup>3</sup> terre x 1 m

0,05 kWh  
(10 kWh/an)

**2000 €/kWh**





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



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



= 60 kW  $\approx$  **600** paires de jambes



= 100 kW  $\approx$  **10.000** paires de bras



= 400 kW  $\approx$  **4.000** paires de jambes



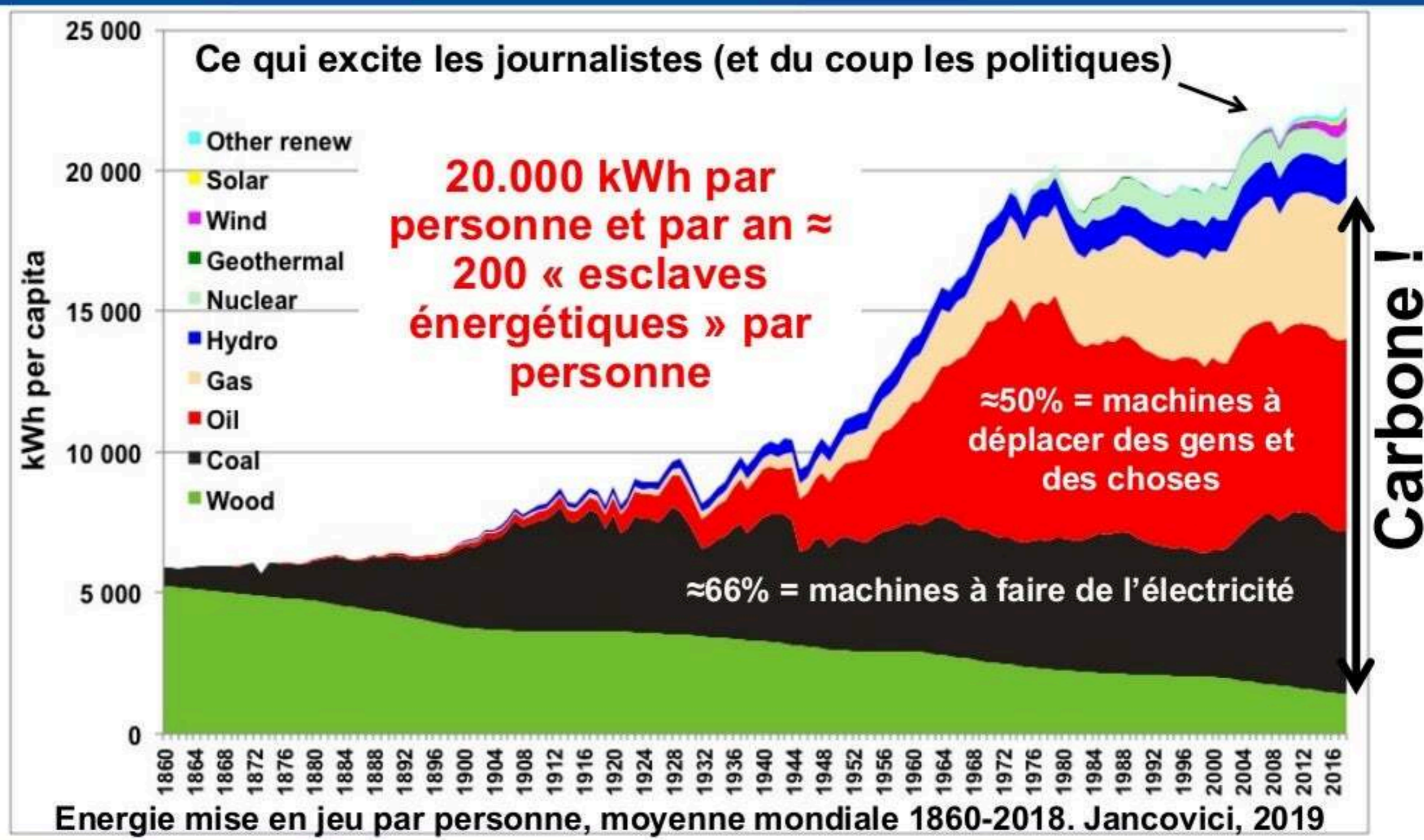
= 100 MW  $\approx$  **1.000.000** paires de jambes...



= 100 MW  $\approx$  **10.000.000** paires de bras !



# Miam miam kWh : c'est pas durable, mais qu'est-ce que c'est bon...





# Les voici, nos esclaves des temps modernes !

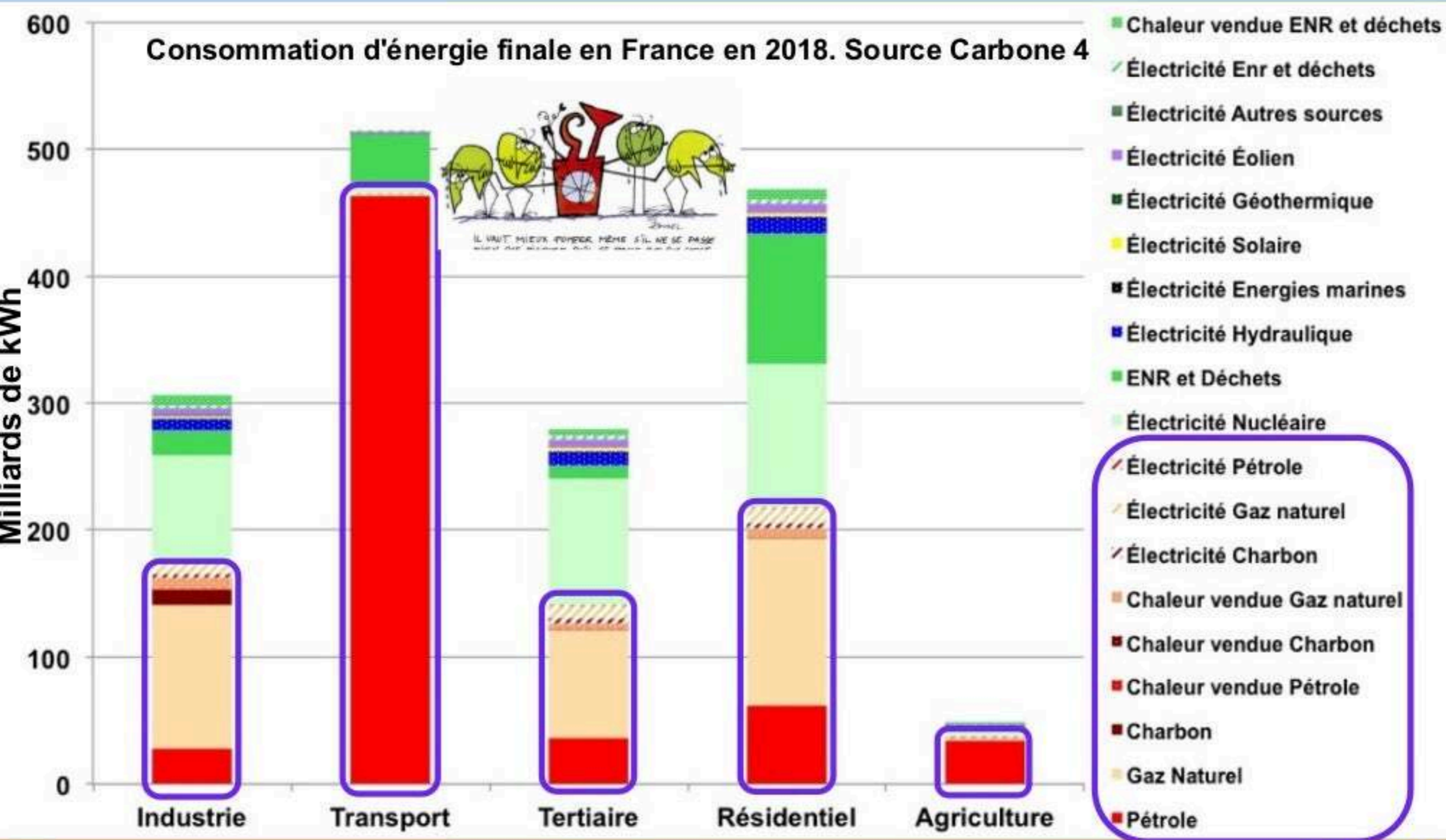
**+**

**=**

**200 (moyenne mondiale) à 600 (moyenne française)**

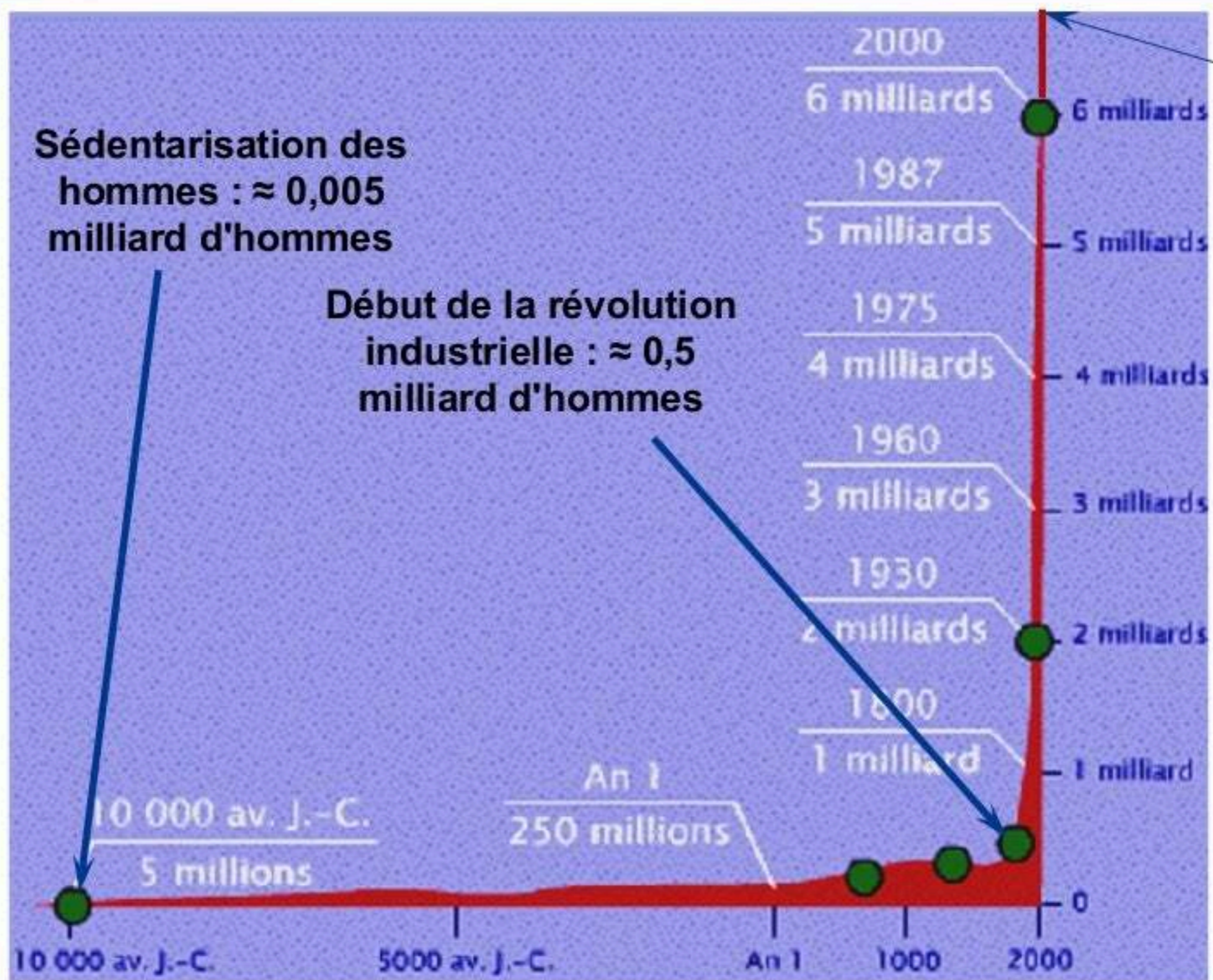


# La France, pays « tout nucléaire » ?





# Un peu plus de consommateurs aussi...

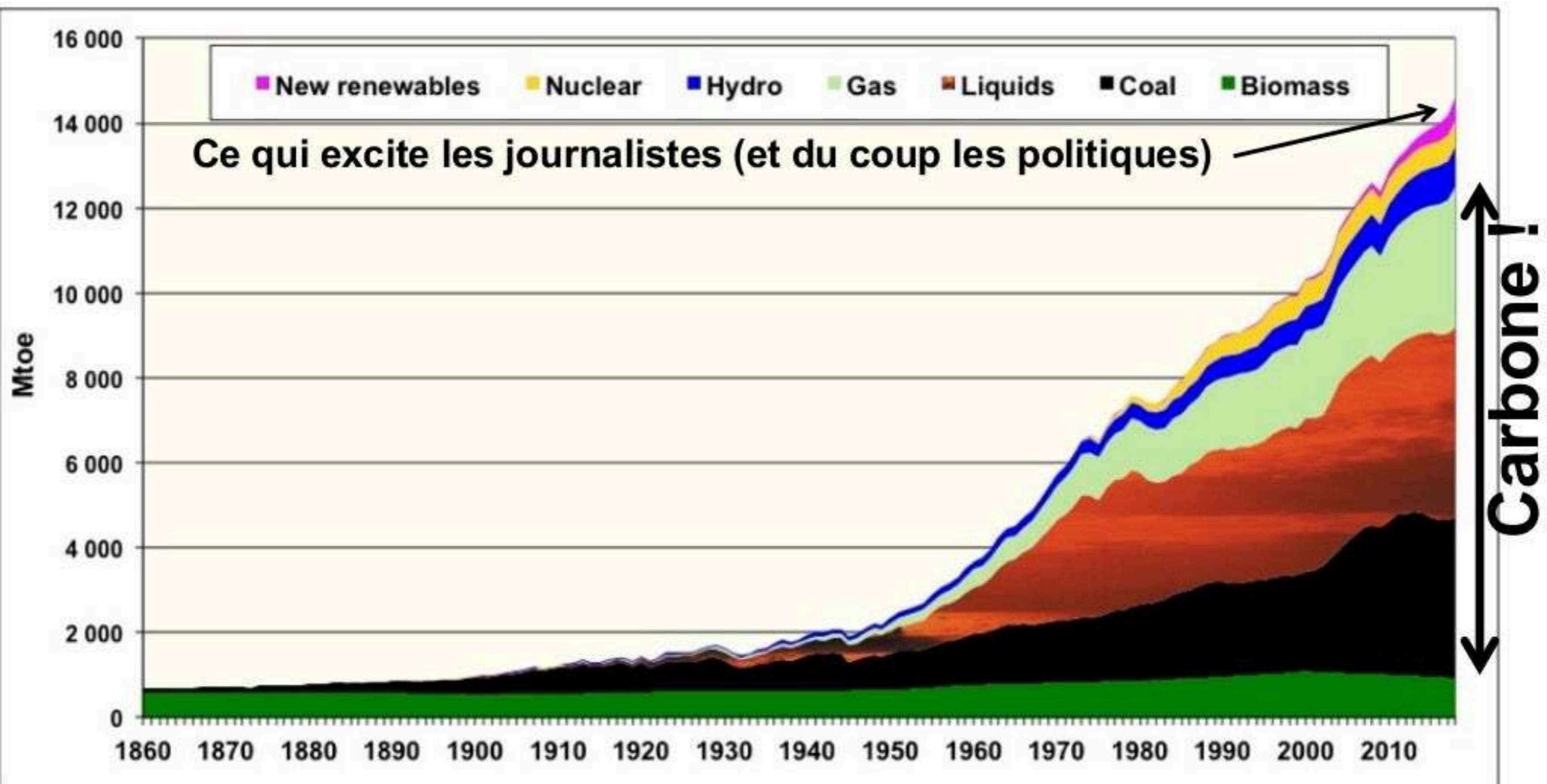


2019 > 7 milliards d'hommes... and rising





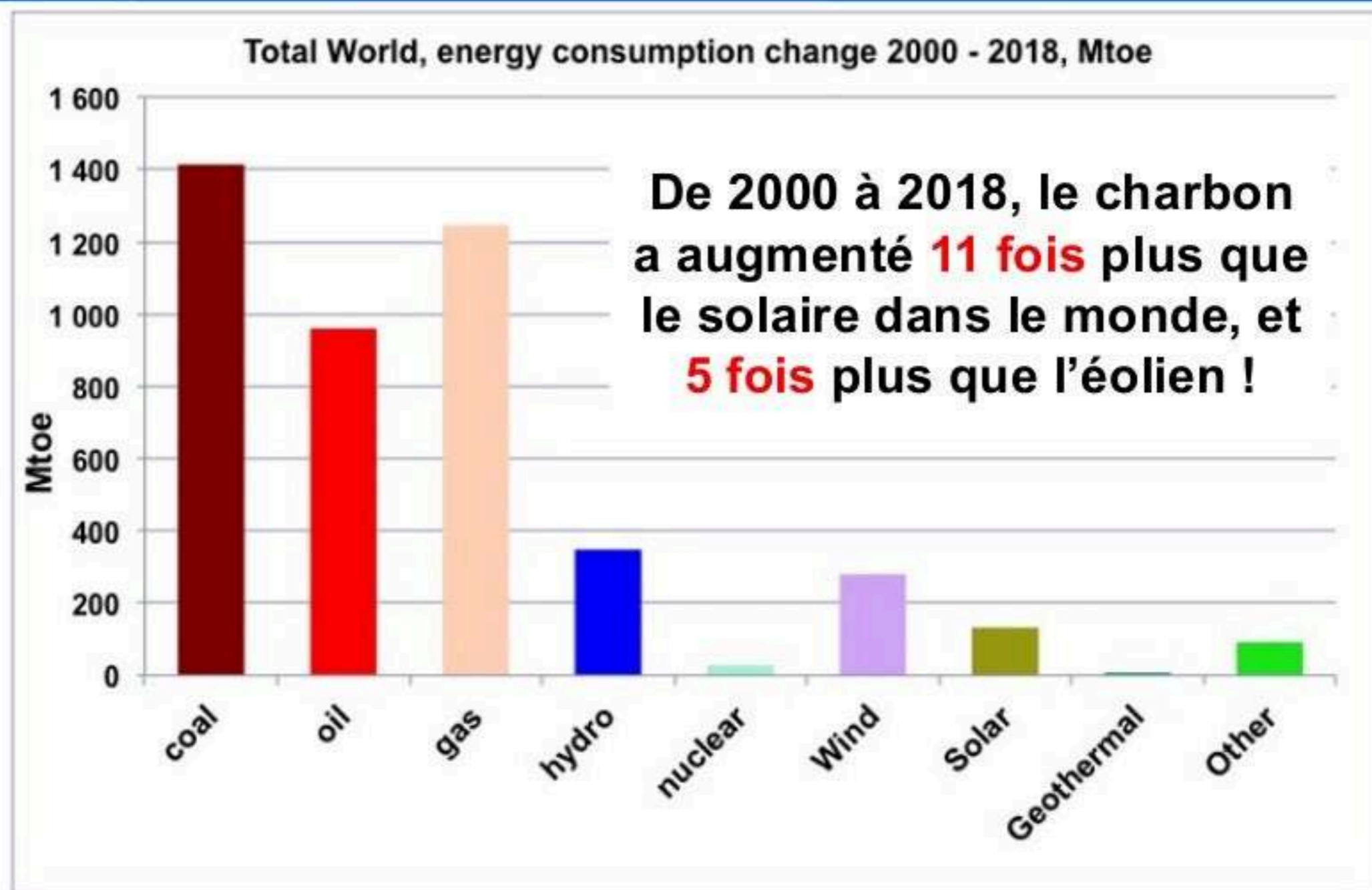
# Miam miam kWh + miam miam tout court



Consommation d'énergie dans le monde 1860-2018. Jancovici, 2019



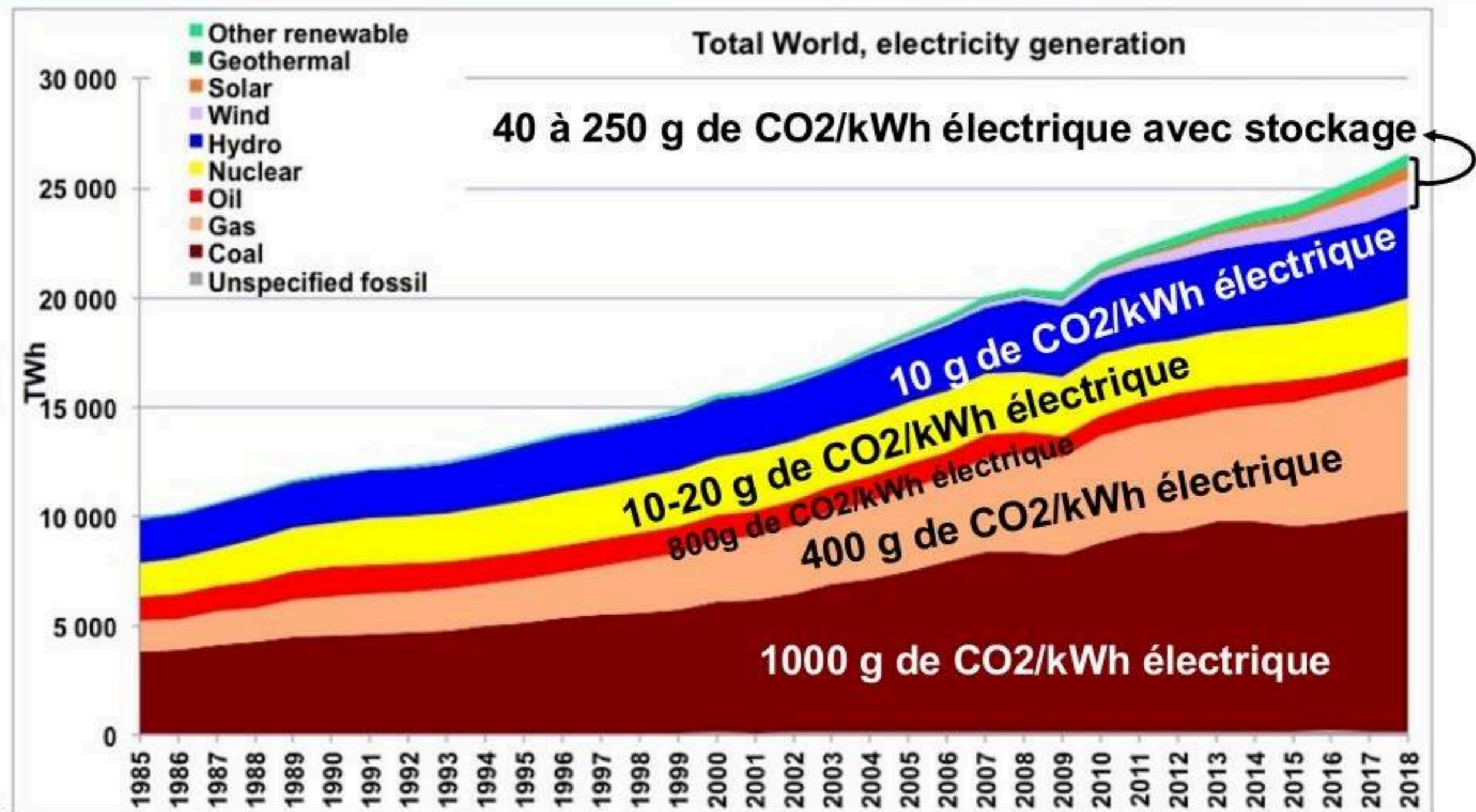
# Le solaire, énergie la plus en vogue, vraiment ?



Surplus de consommation mondiale par énergie entre 2000 et 2018. Jancovici, sur données BP Statistical Review 2017



# L'électricité sent hélas plus fort le carbone que le panneau



Évolution de la production électrique mondiale entre 1985 et 2018. Jancovici, sur données BP Statistical Review 2019





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)

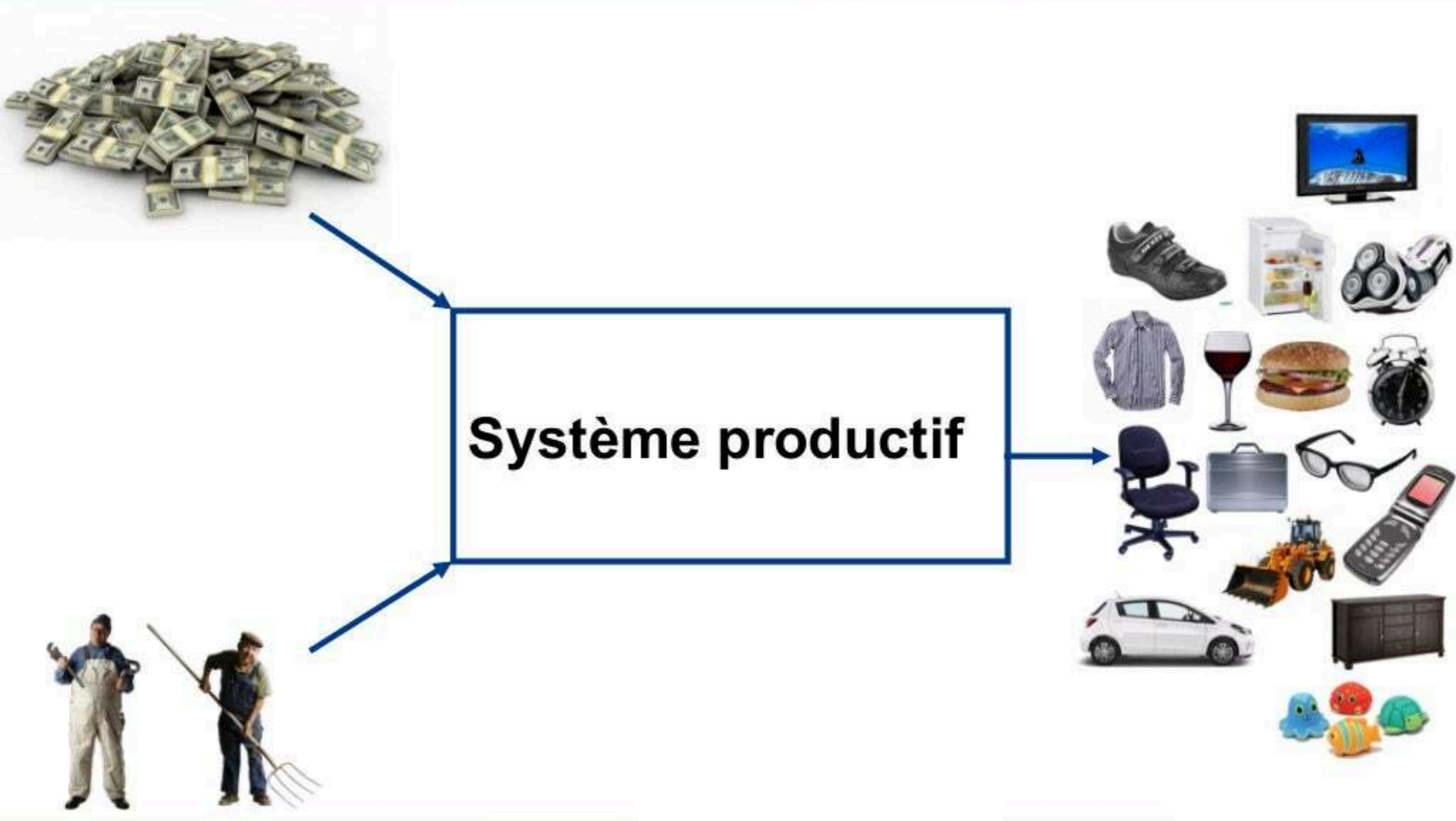


# Pas de prix... pas de dommage !





# L'économie de la terre plate





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



**Systeme productif**

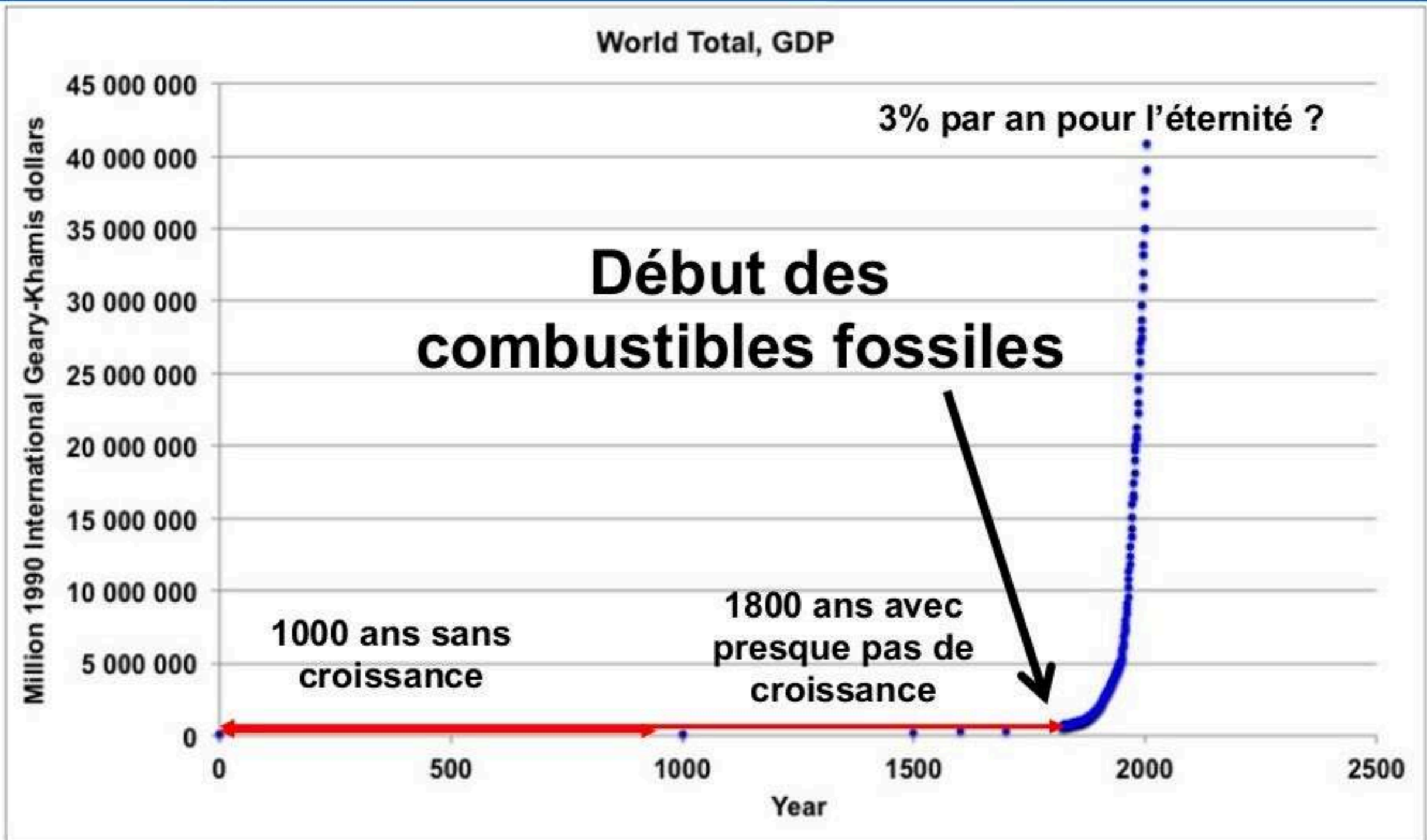


**Travail**





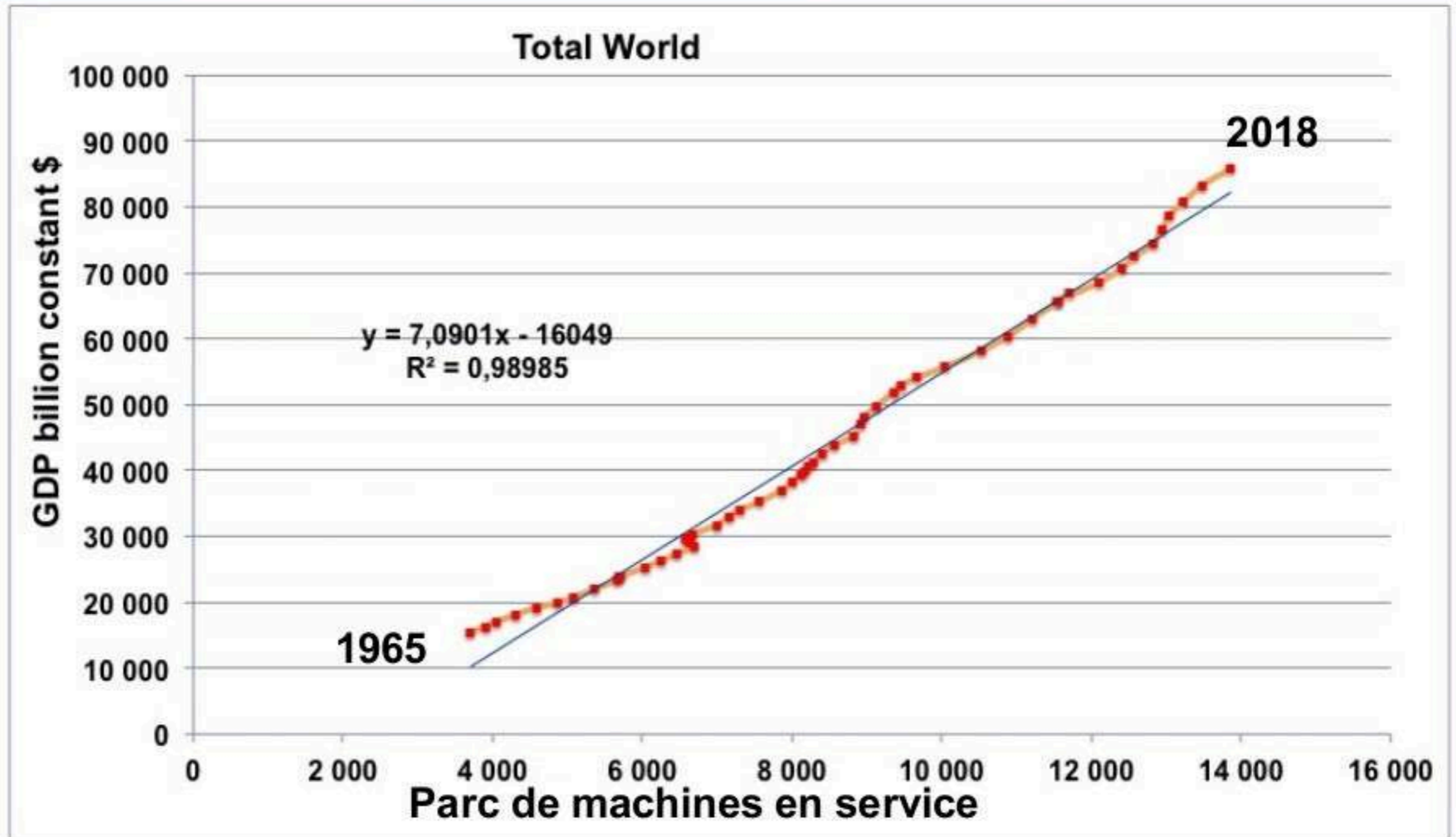
# Hollande et Sarkozy auraient du se présenter il y a 1000 ans !



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



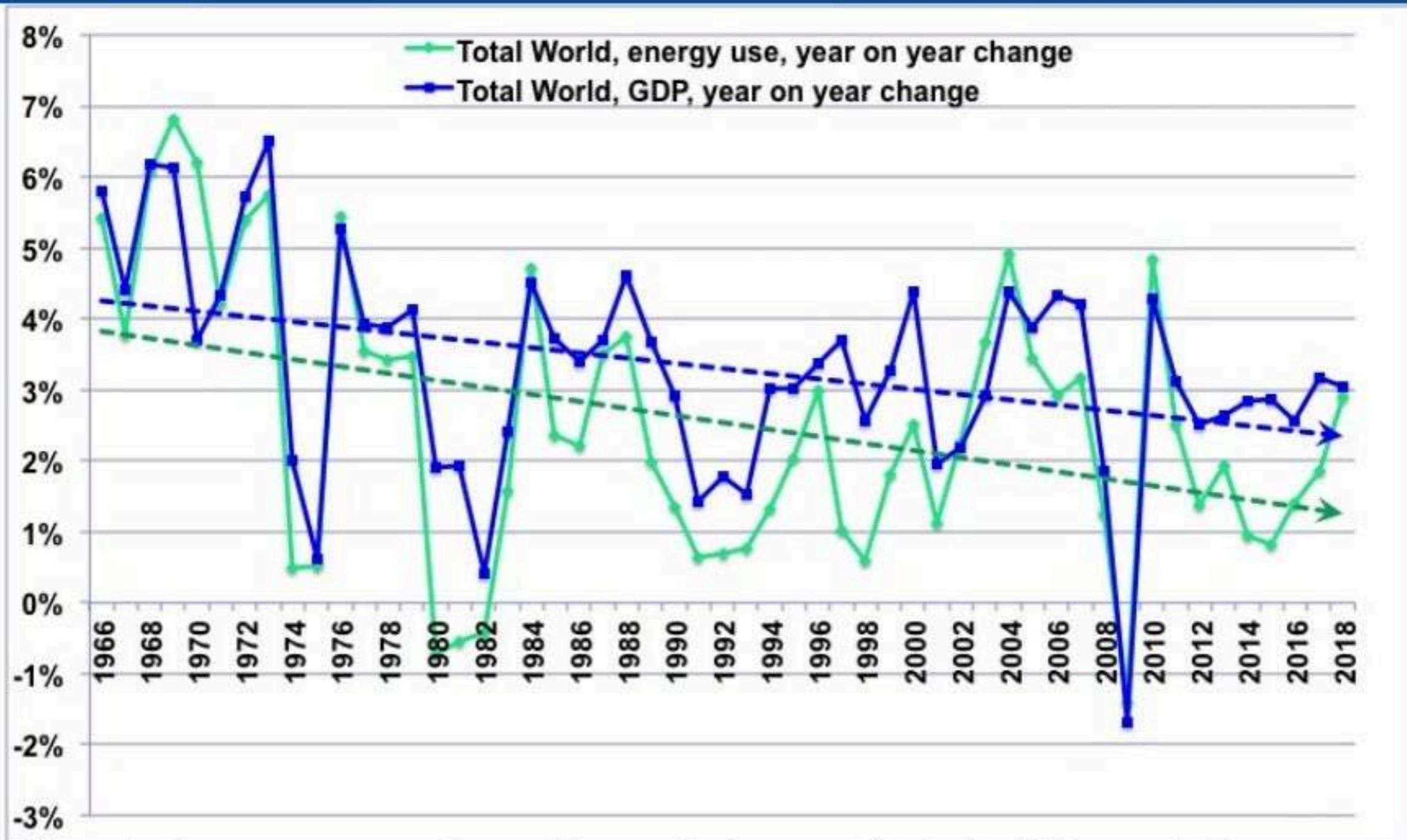
# Le meilleur modèle macro-économique du monde : une droite



Energie 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



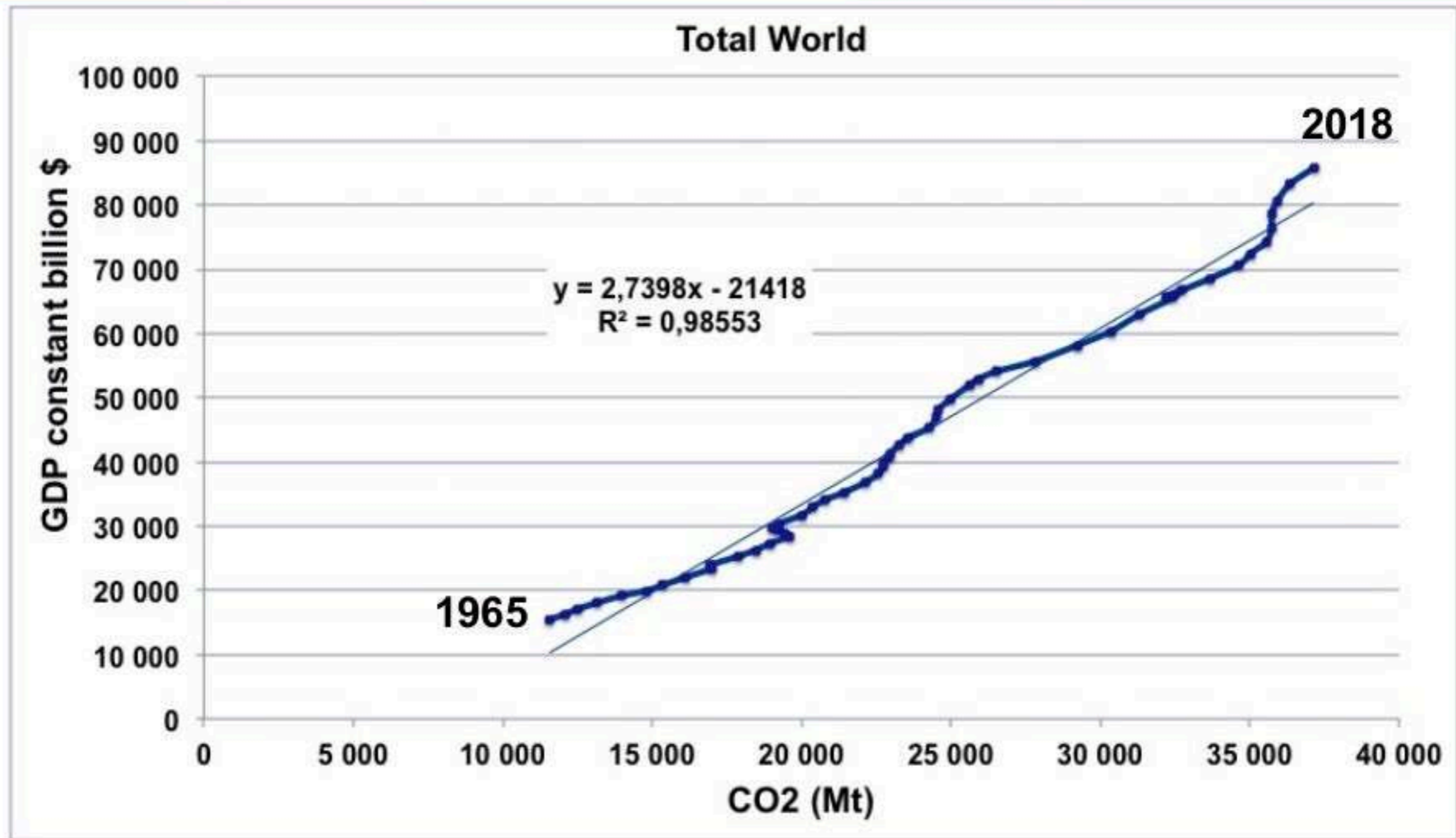
# Puis-je avoir du PIB sans énergie ?



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



# Et voici le drame des négociations climat...



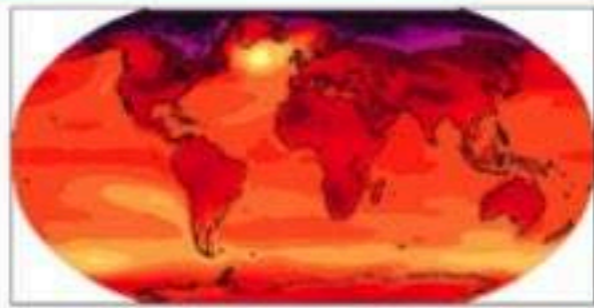
Energie consommée (en abscisse) et PIB en dollars constants (ordonnée) pour le monde. Données primaires World Bank pour le PIB et BP stat pour l'énergie



# L'ère du feu, croissance à gogo... pour combien de temps ?

## Boum ?

Minerais, sols,  
ressources  
vivantes... (gratuits  
aussi)

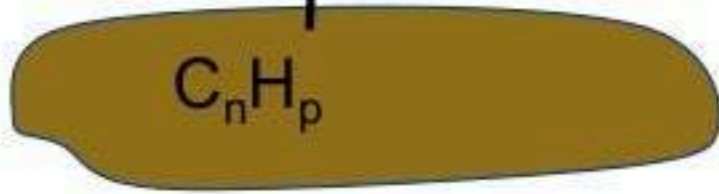


### = PIB



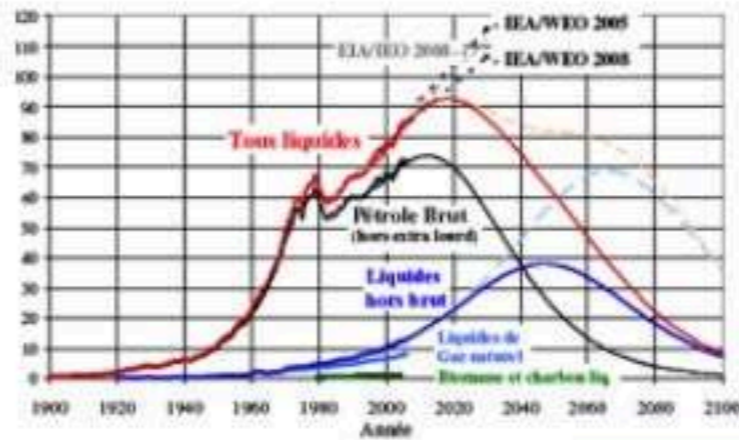
**Structure actuelle des métiers, loisirs et vacances, études longues, santé, retraites, mondialisation, concentration urbaine et banlieues étalées...**

O<sub>2</sub>



## Gratuit !!

## Crac ?



IL VAUT MIEUX POMPER MÊME S'IL NE SE PASSE





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

Une extraction annuelle indéfiniment croissante est impossible

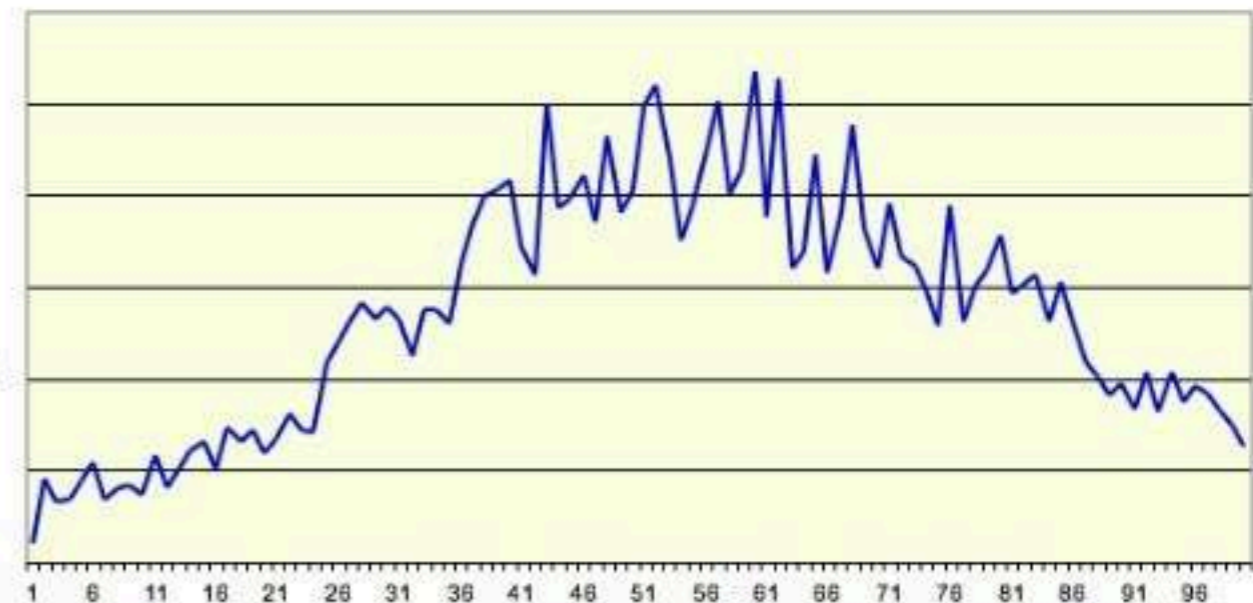
Même une extraction annuelle indéfiniment constante est impossible (sinon stock infini !)

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

Est nulle à  $-\infty$

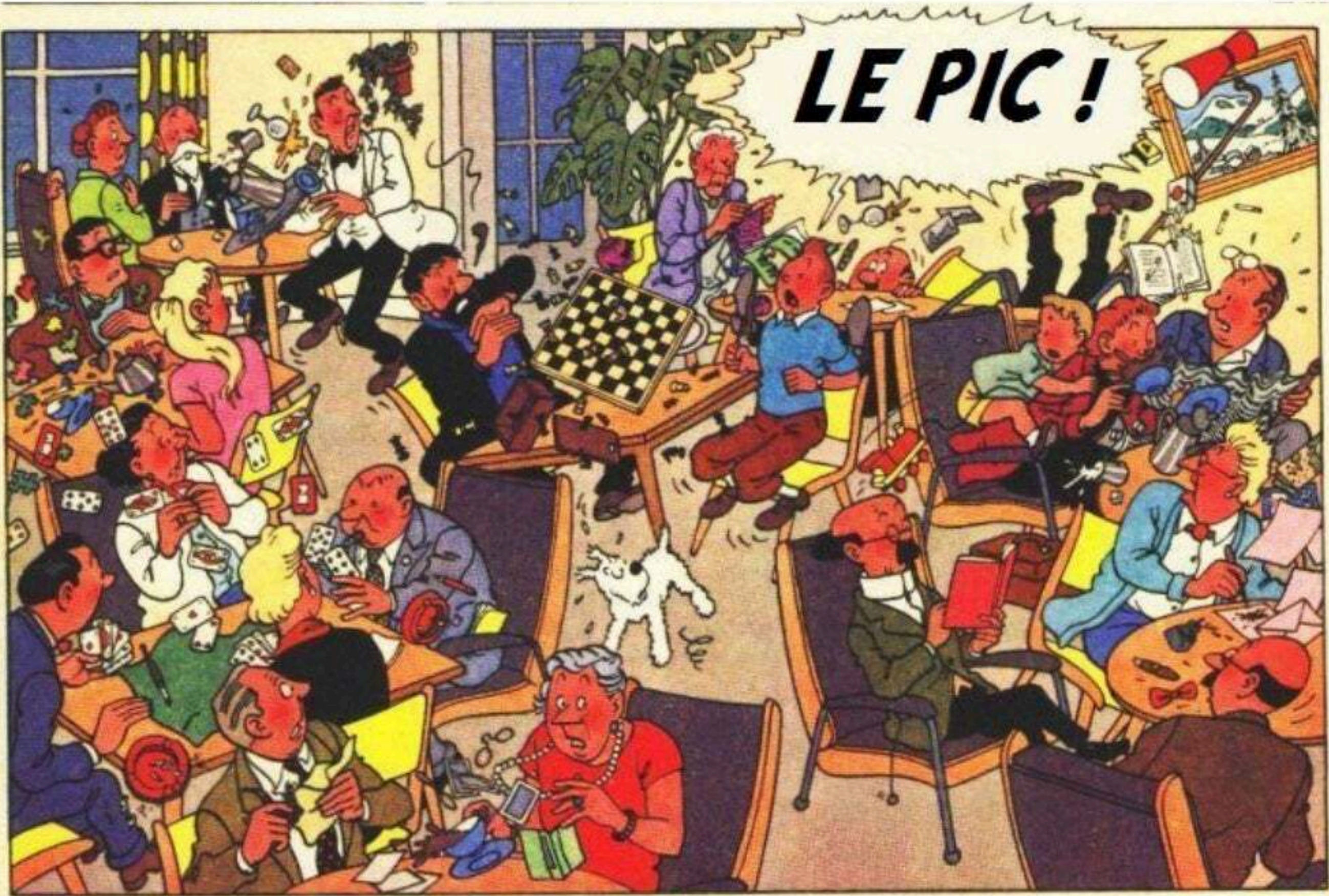
Est nulle à  $+\infty$

Passe par un maximum absolu entre les 2



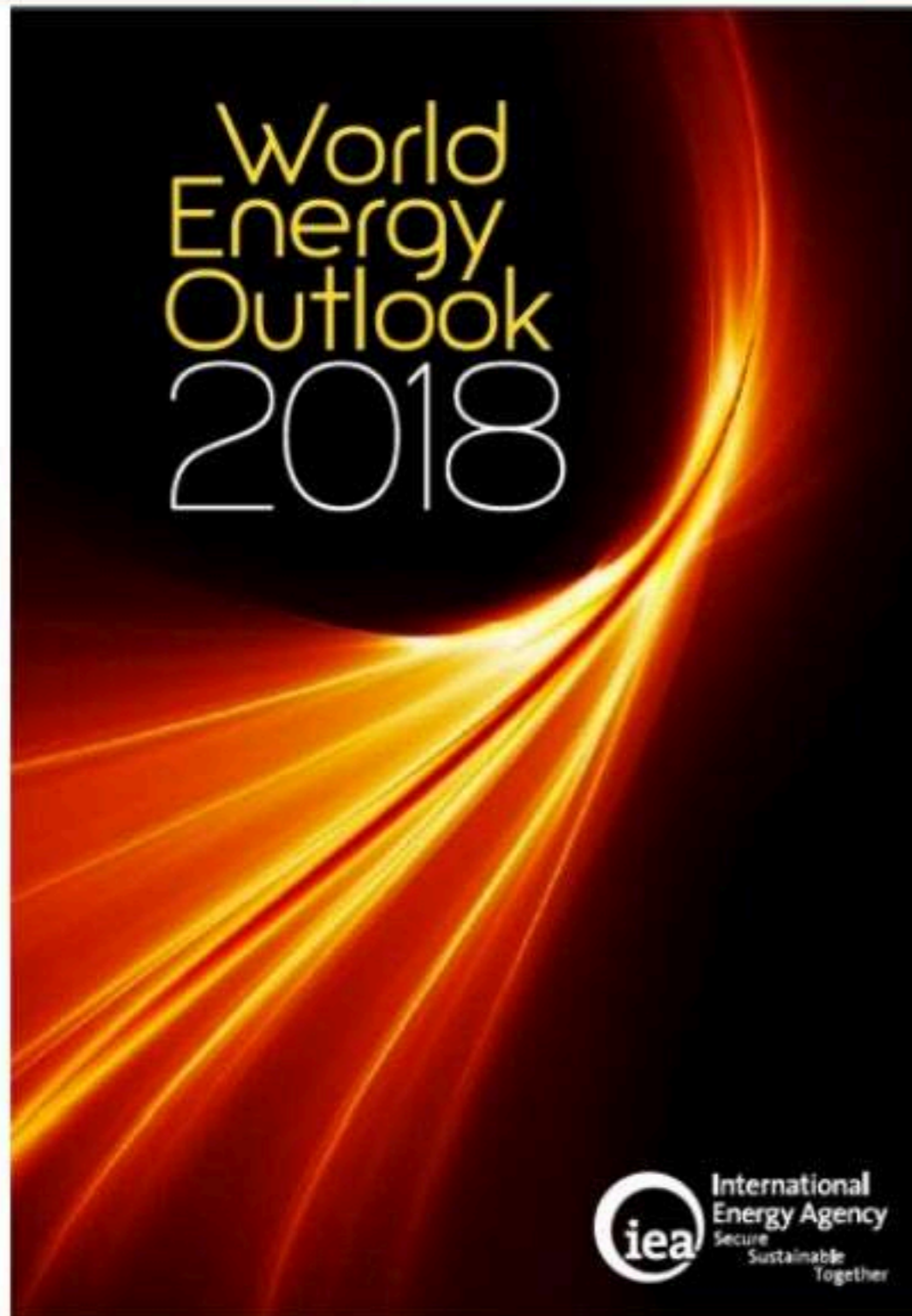


Les maths, c'est décidément détestable...





# Le loup sort du bois ?

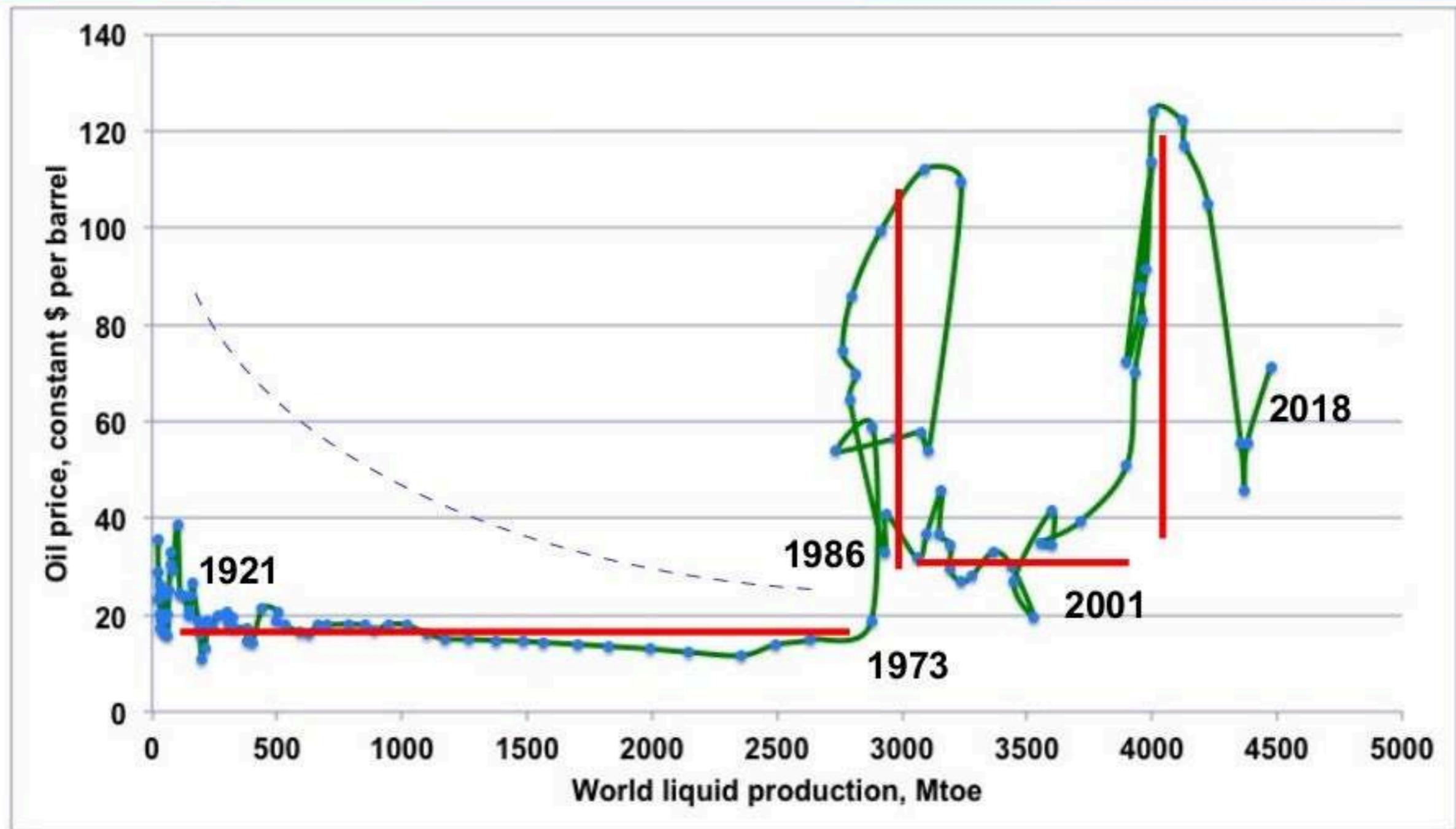


**« Global conventional crude oil production peaked in 2008 at 69.5 mb/d and has since fallen by around 2.5 mb/d »**

The average level of new conventional crude oil project approvals over the last three years is only half the amount necessary to balance the market out to 2025 (...). US tight oil is unlikely to pick up the slack on its own. (...) US tight oil (...) would need to more than triple in order to offset a continued absence of new conventional projects.



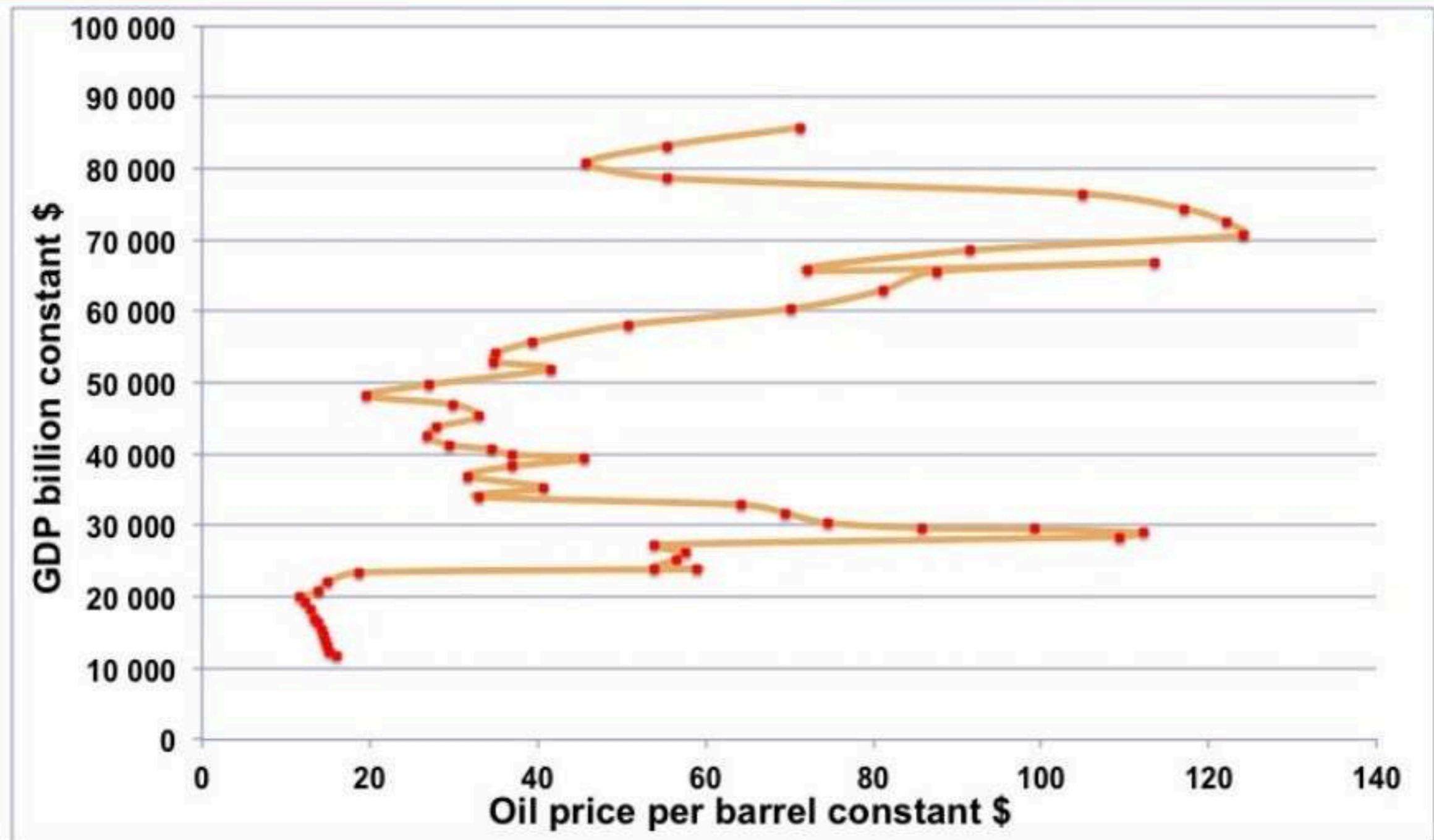
# Surtout qu'il n'y a aucun lien entre volume (combien il y en a) et prix !



Prix du baril en dollars constants (en ordonnée) vs volume vendu sur le marché (abscisse) de 1921 à 2018. Jancovici, 2019, sur données BP Statistical Review



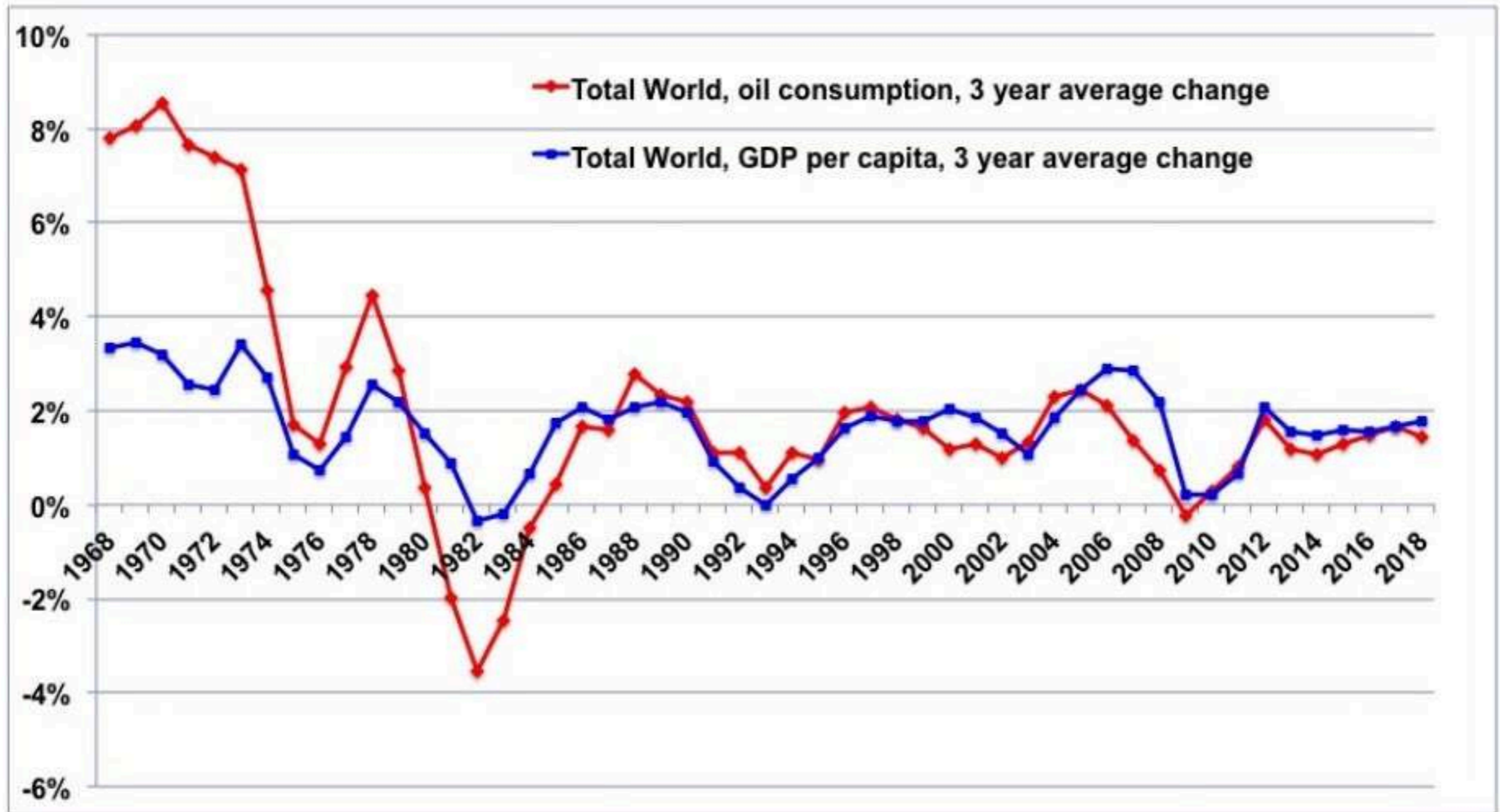
# Et le prix du pétrole n'a aucune importance sur l'économie mondiale



Prix du baril (en abscisse) vs. PIB en dollars constants (ordonnée) de 1921 à 2018.  
Jancovici, 2019, sur données BP Statistical Review



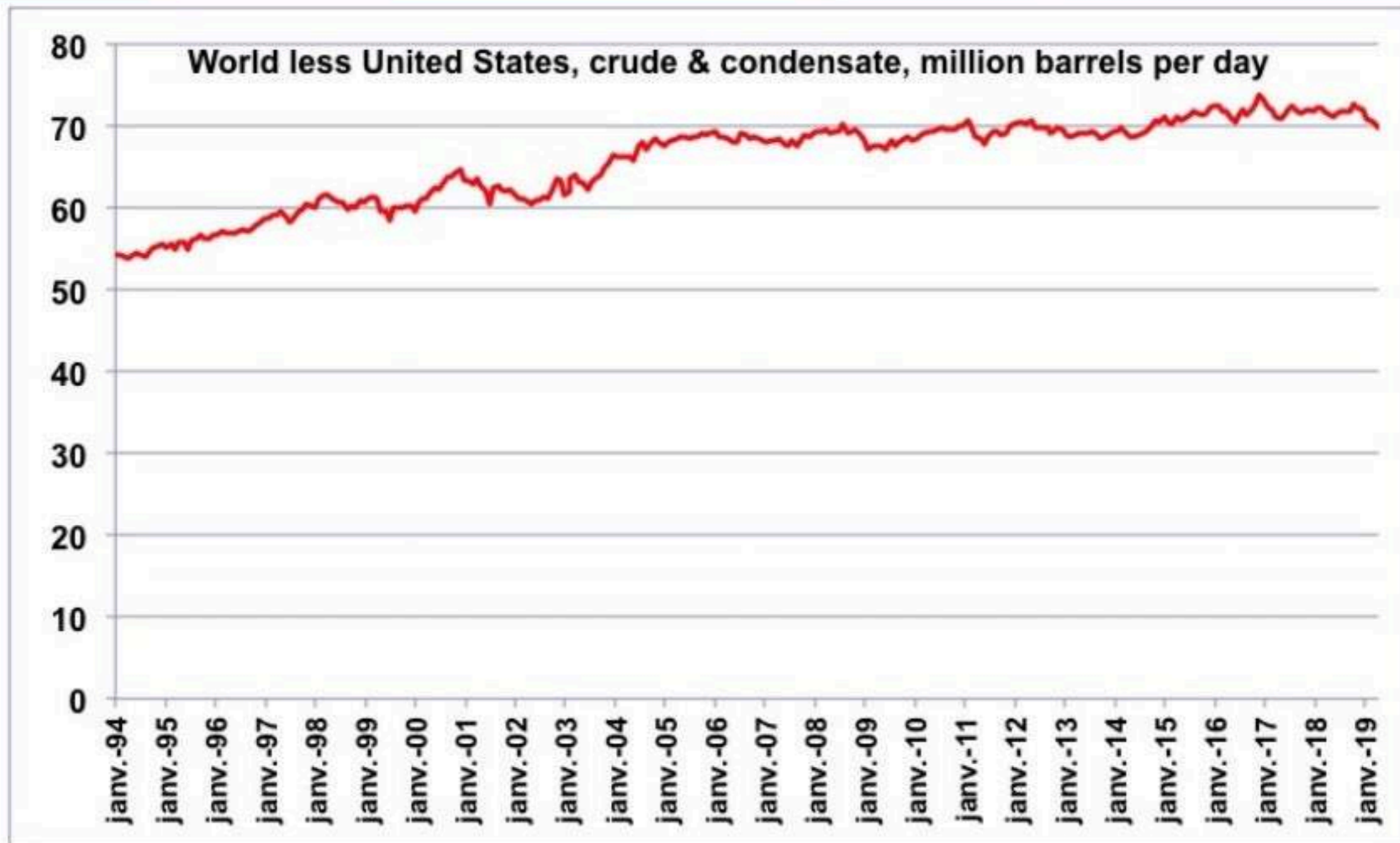
# Oubliez le prix, regardez le volume !



Variations respectives du tonnage de pétrole extrait dans le monde, et du PIB par personne. Jancovici, 2019, sur données World Bank & BP Statistical Review



# Et le volume, il porte un nom : les USA



Evolution de la production mensuelle de pétrole et condensats, pour le monde hors USA. Jancovici, 2019, sur données Energy Information Agency



**Plus de PIB et moins de CO2? No problem, puisqu'on le veut !**

TELECOM  
Paris

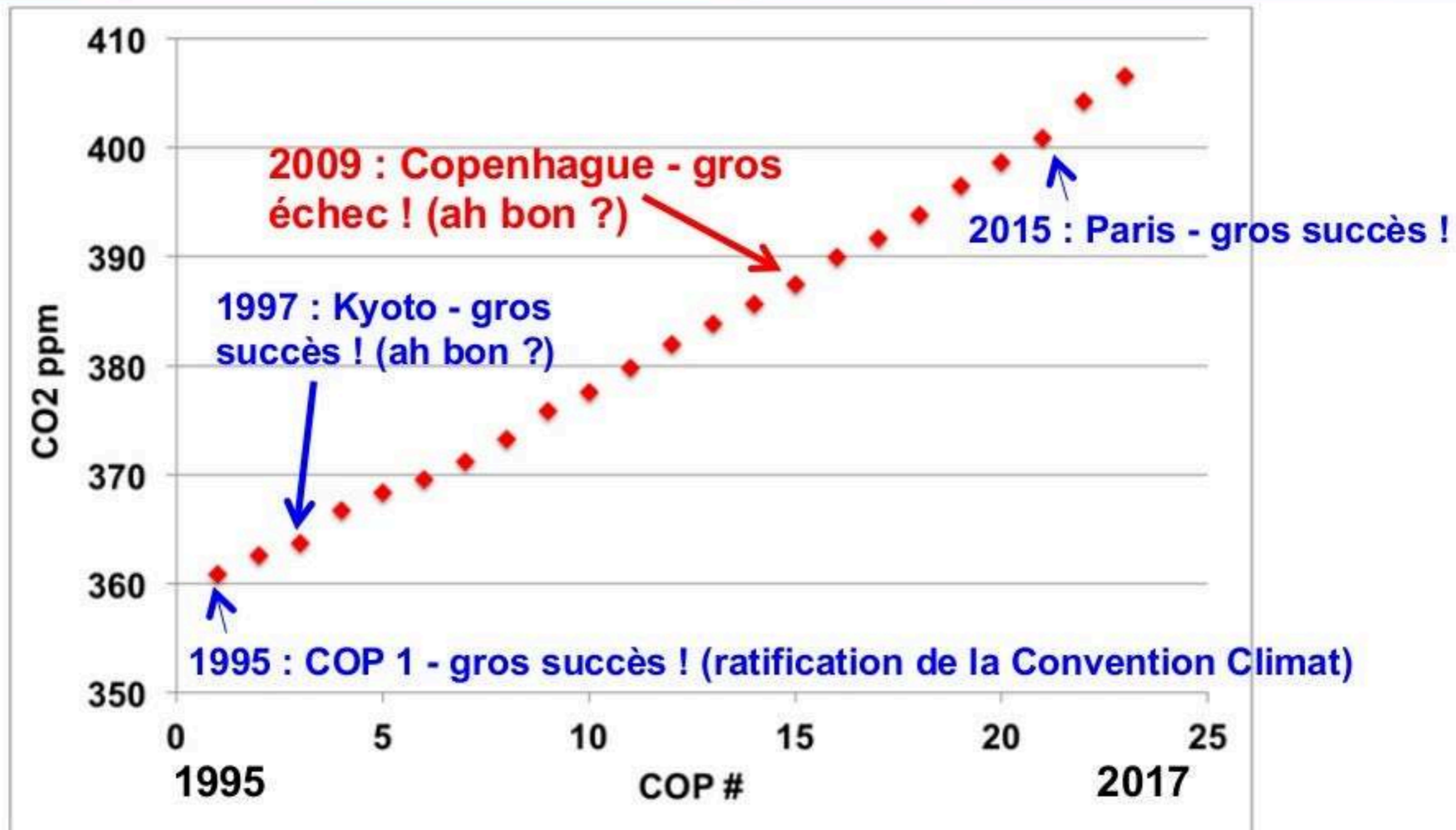


IP PARIS





# Tu causes, tu causes...



Concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> mesurée à chaque Conférence des Parties. Jancovici, d'après données NOAA ESRL.



# L'effet de serre, de la vieille science...

**1824 : Joseph Fourier, physicien français, publie "Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires", où il expose que la température du sol est augmentée par le rôle de l'atmosphère**

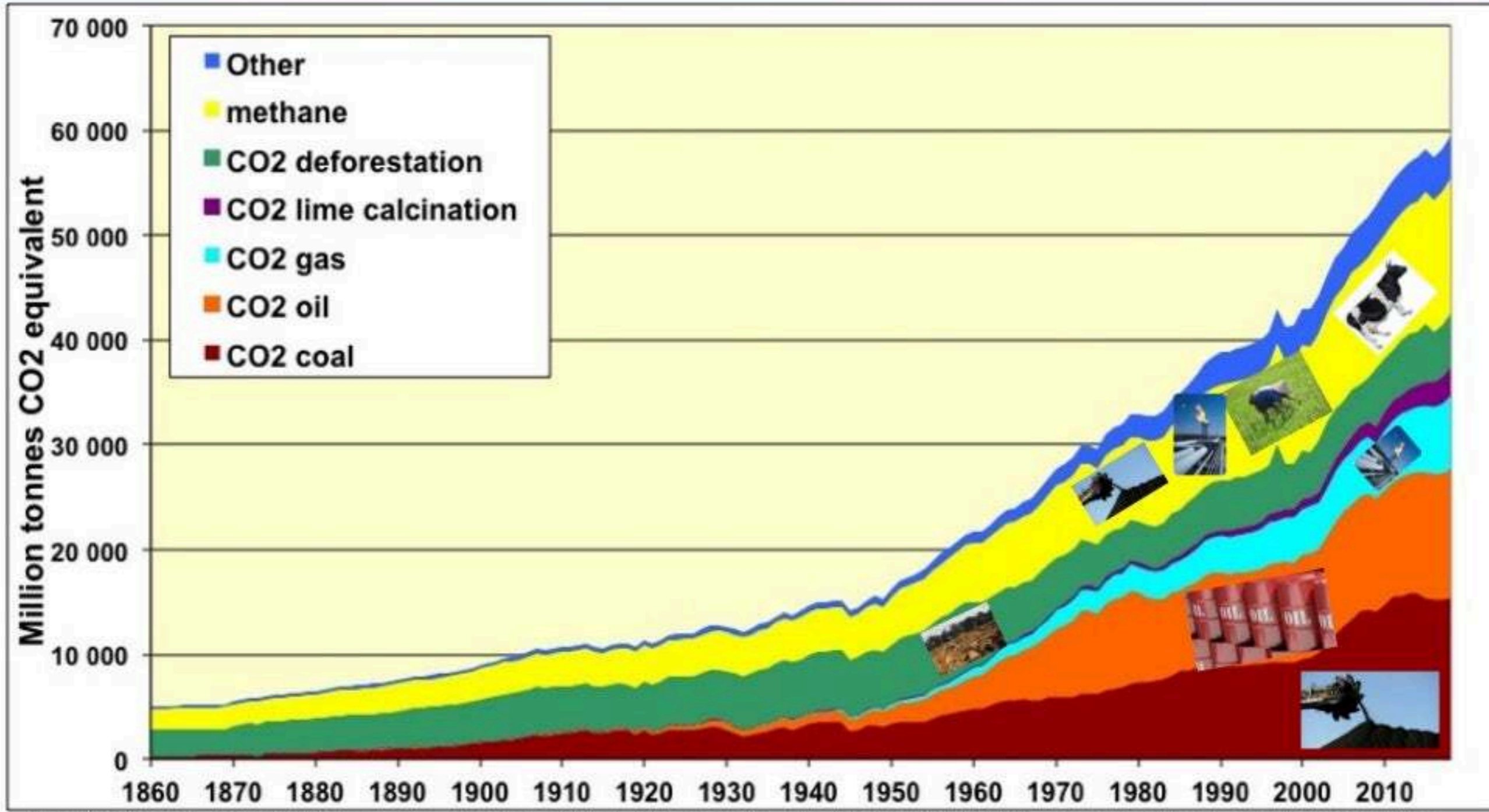
**1838 : Claude Pouillet, physicien français, puis Joseph Tyndall, un irlandais, attribuent l'effet de serre naturel à la vapeur d'eau et au gaz carbonique. Pouillet affirme que toute variation de la quantité de vapeur d'eau, comme de CO<sub>2</sub>, doit se traduire par un changement climatique**

**1896 : Svante Arrhenius, chimiste Suédois (Prix Nobel 1903) prédit que l'utilisation intensive des combustibles fossiles engendrera un réchauffement climatique. Il donne un ordre de grandeur : 4°C en plus pour un doublement du CO<sub>2</sub> dans l'air.**

**1958 : Keeling démarre la mesure en continu de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'air à l'observatoire de Manau Loa (Hawaï), et met en évidence l'augmentation de cette concentration, année après année, depuis lors.**



# Au début étaient les émissions

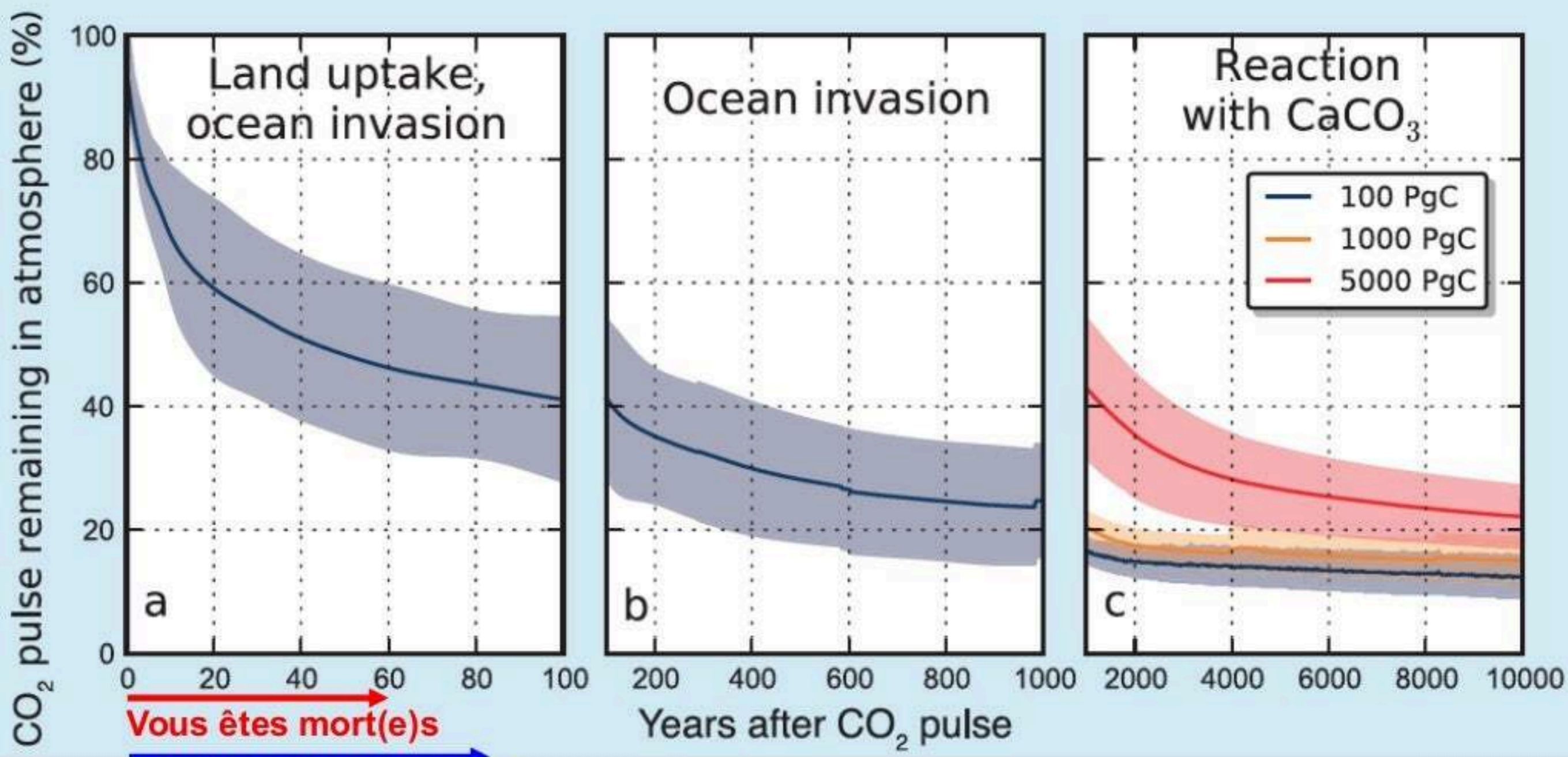


Emissions mondiales de gaz à effet de serre de depuis 1860. Jancovici, sur données diverses





# Au secours ! Où est le bouton reset ?



**Vous êtes mort(e)s**

**Vos enfants sont morts**

**10 générations sont mortes...**

Source IPCC, 5<sup>e</sup> rapport d'évaluation, 2014



# 5°C, juste un pull en moins ?

22,000 – 14,000 <sup>14</sup>C years ago

Present Potential Vegetation



Source: Quaternary Environments Network

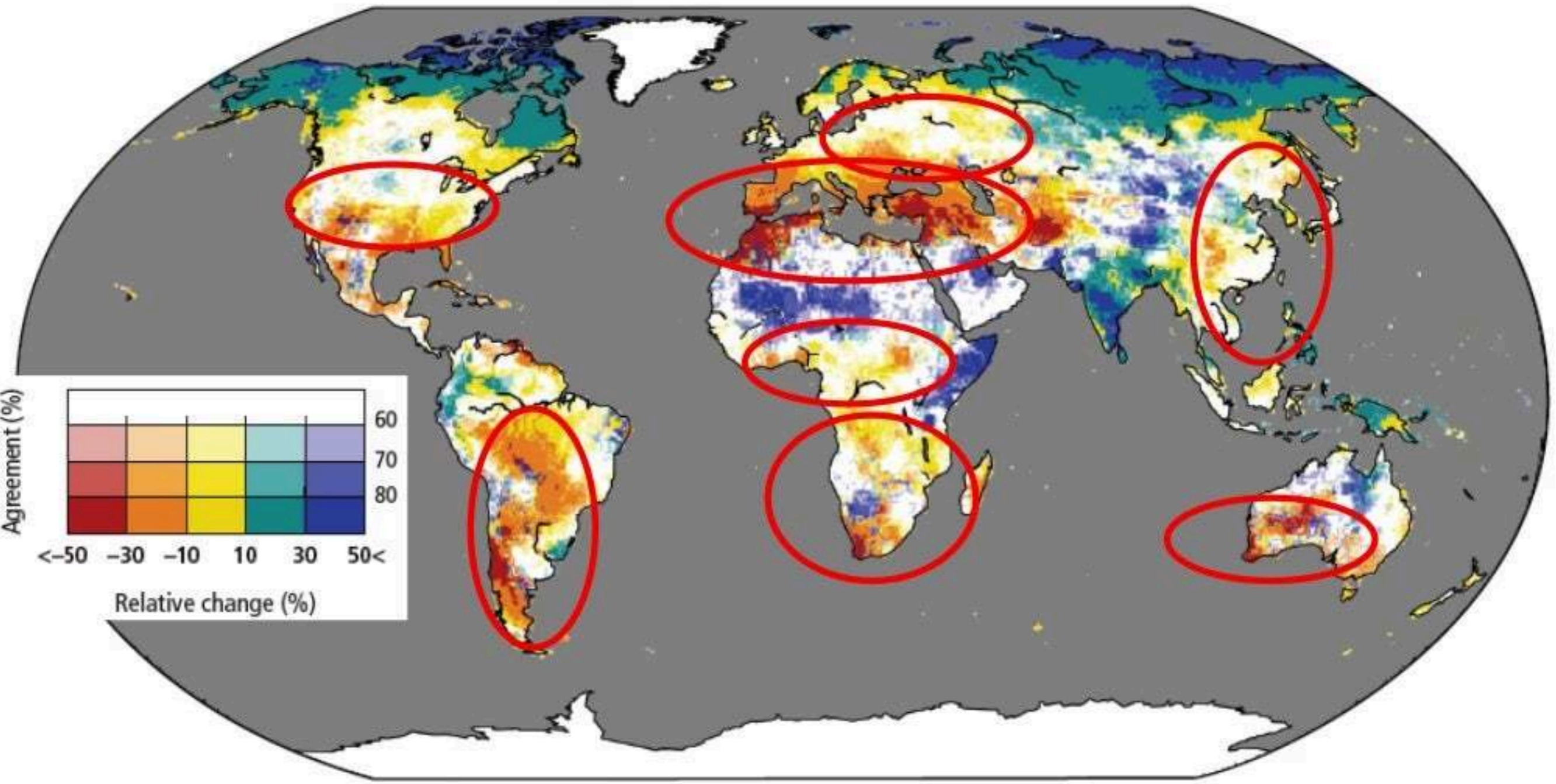
L'Europe il y a 20.000 ans

L'Europe actuelle

**Moyenne ↗ +5°C**



# Pleuvra, pleuvra pas ?

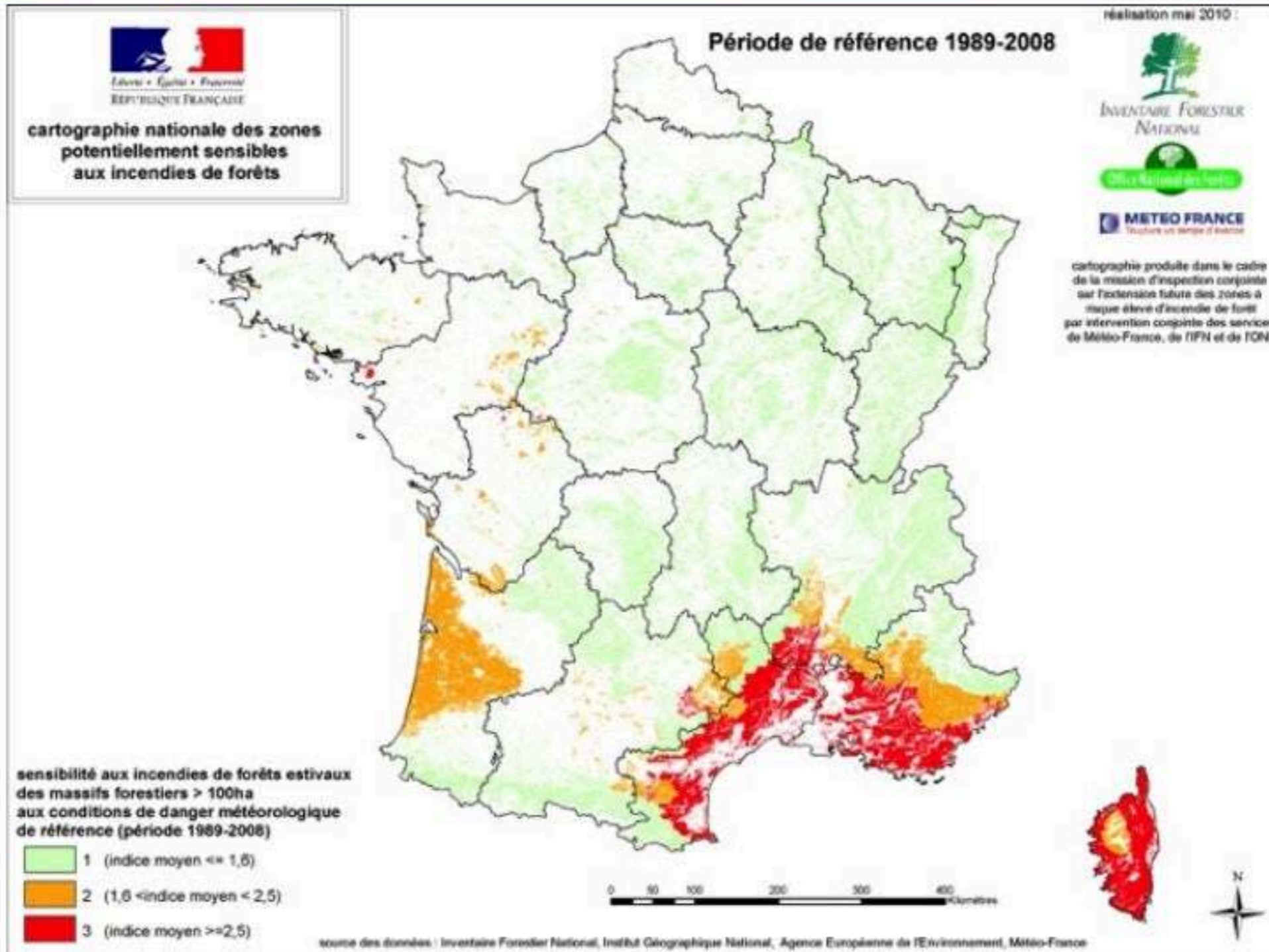


Moyenne inter-modèles de l'évolution des précipitations pour une hausse de 2°C de la moyenne par rapport à 1980-2010. Source : GIEC, 5<sup>e</sup> rapport d'évaluation, 2014





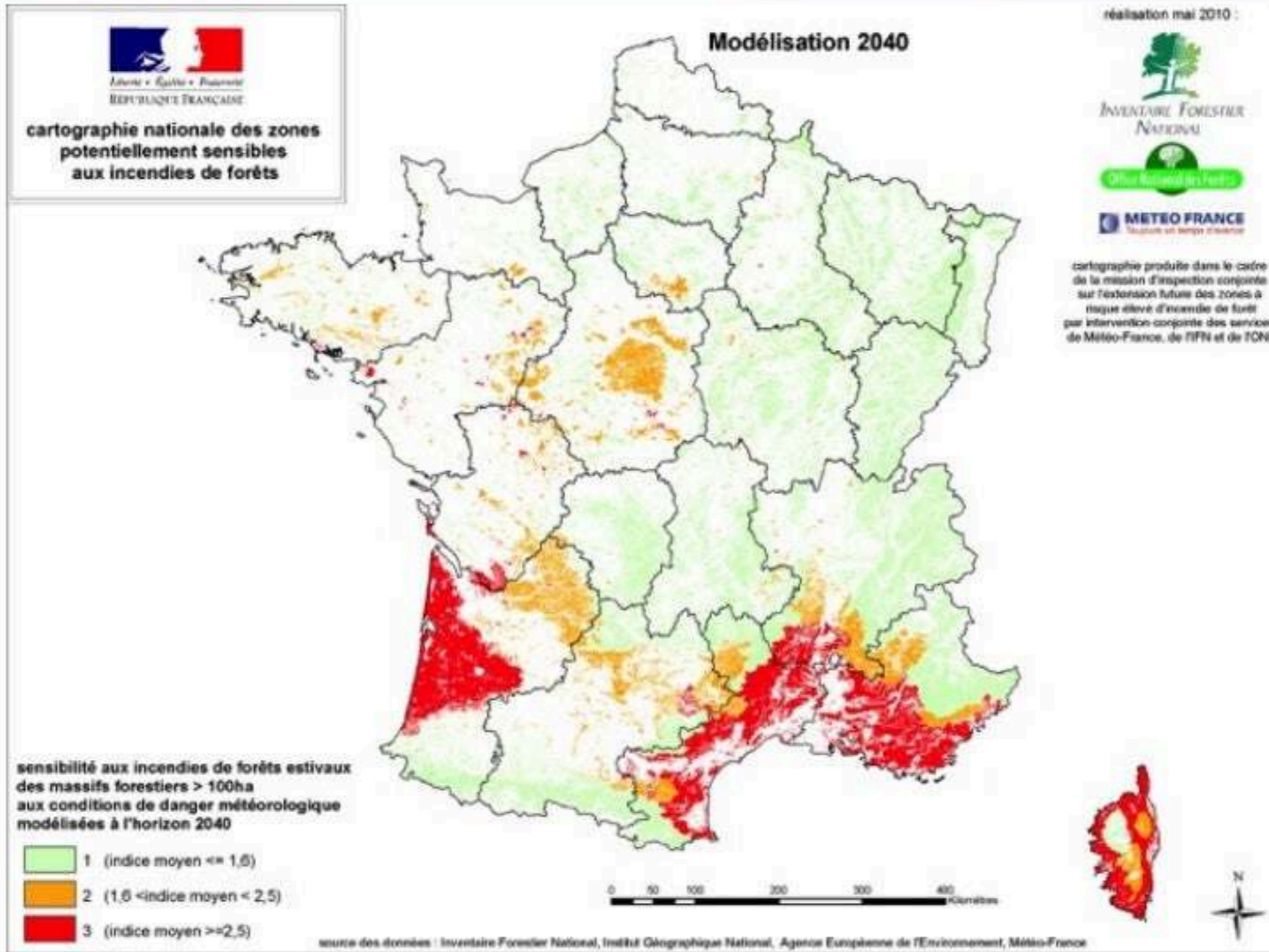
# Au feu !



## Risque d'incendie en France



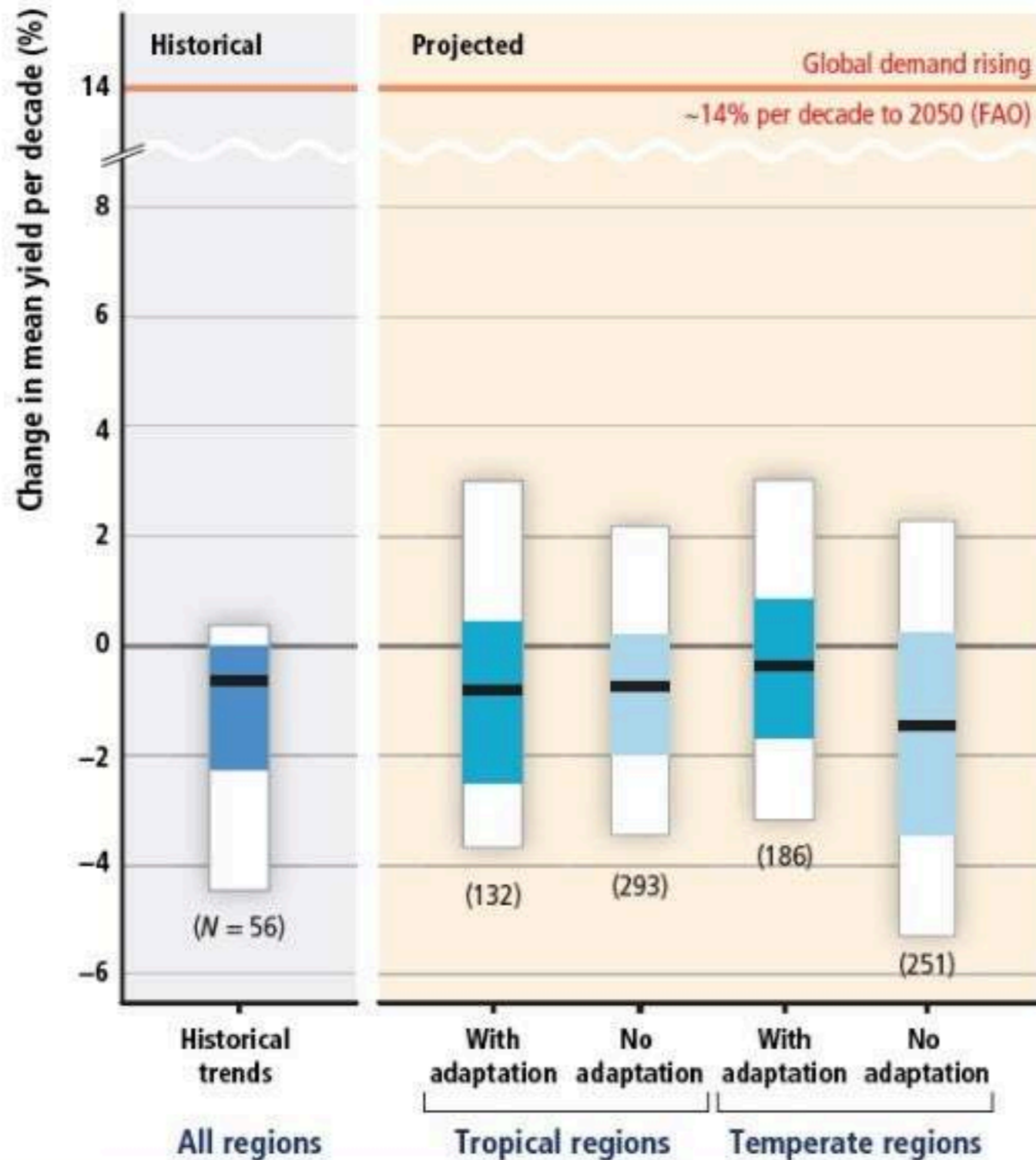
# Au feu !



## Risque d'incendie en France



# Poussera, poussera pas ?



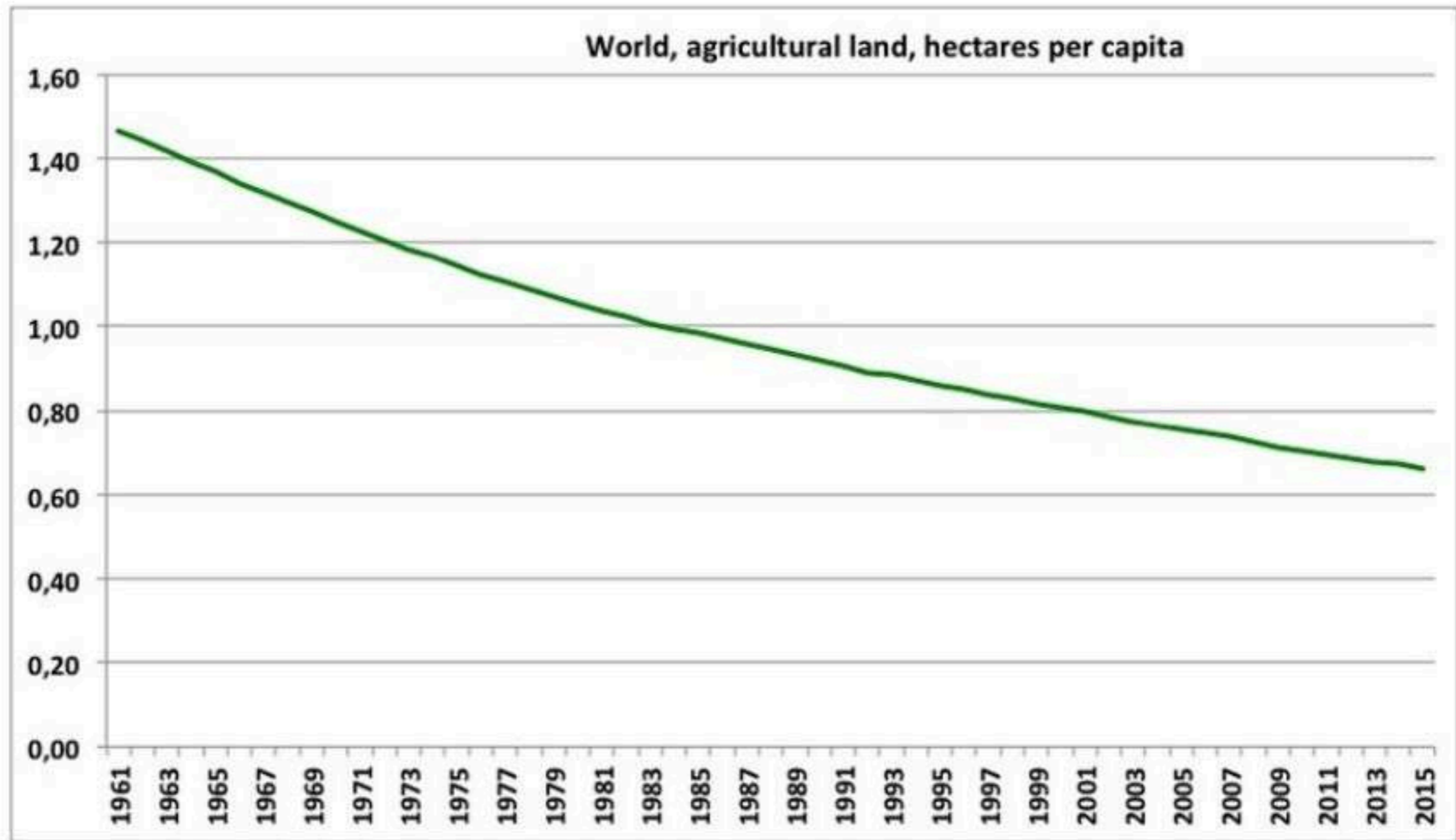
**Augmentation de la demande :  $\approx 14\%$  par décennie selon FAO. Comment concilier les deux approches ?**

**Variation des rendements (% par décennie) des cultures selon la zone climatique et l'existence ou non de mesures d'adaptation.**

**Source GIEC, 5<sup>e</sup> rapport d'évaluation, 2014**



# Et dans le même temps...

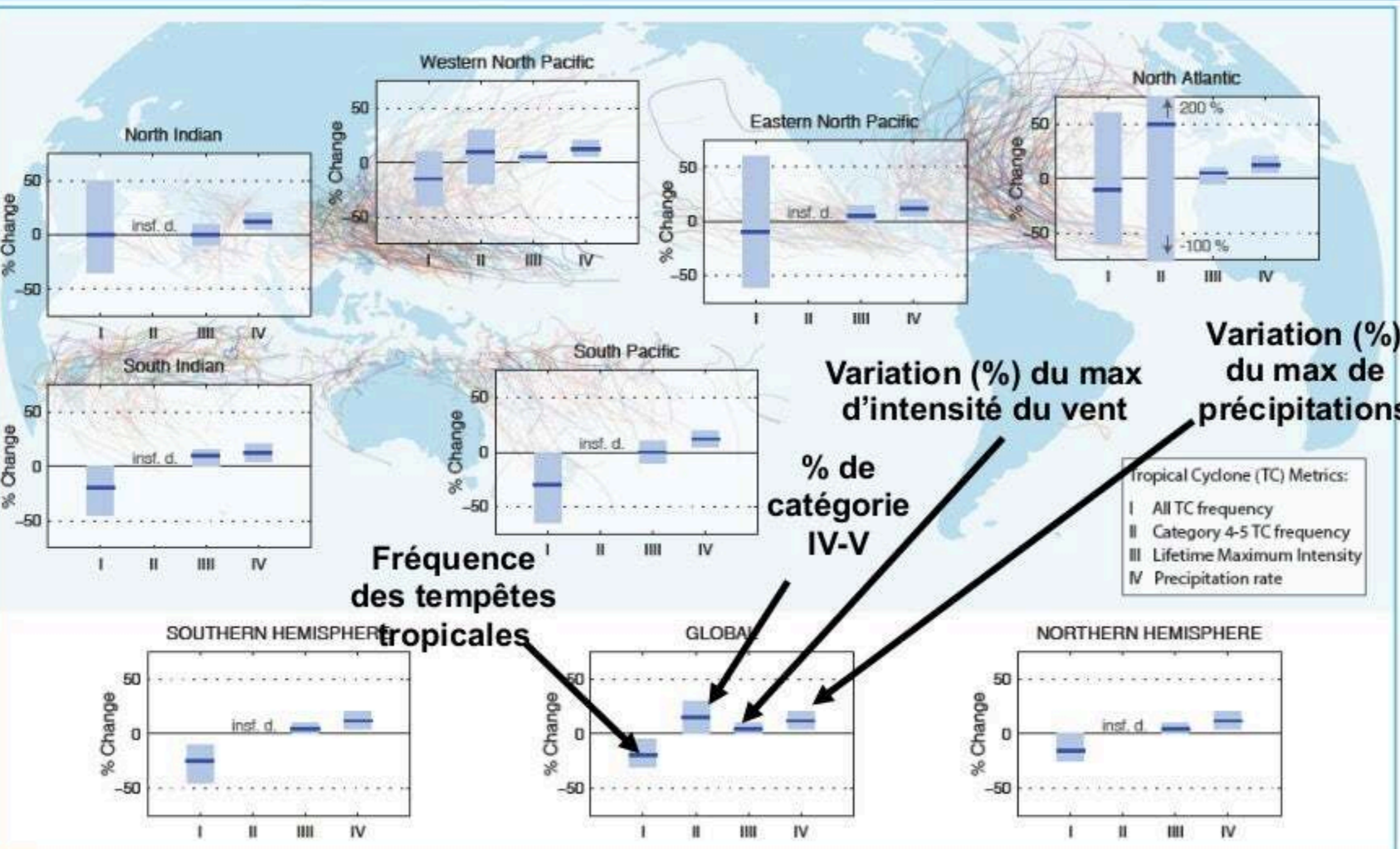


Evolution de la surface cultivable par personne

Sources World Bank Databank



# Détruira, détruira pas ?



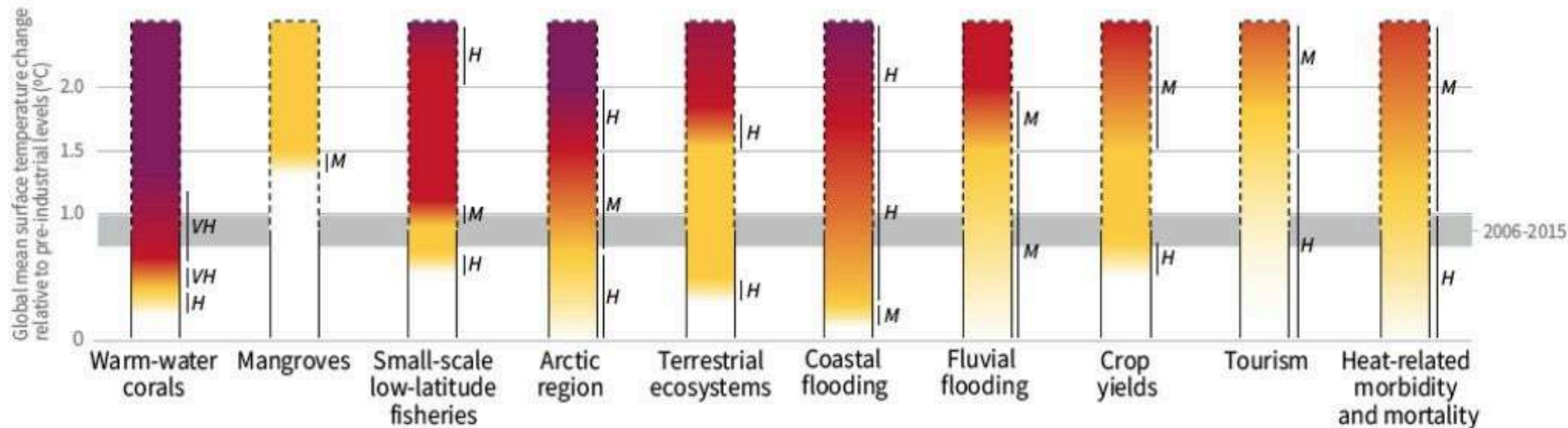
Variation en 2080-2100 (par rapport à 2000-2019) de caractéristiques diverses des tempêtes tropicales. Source GIEC, 5è rapport d'évaluation, 2014





# Corail en 2100, un métier d'avenir ?

## Impacts and risks for selected natural, managed and human systems

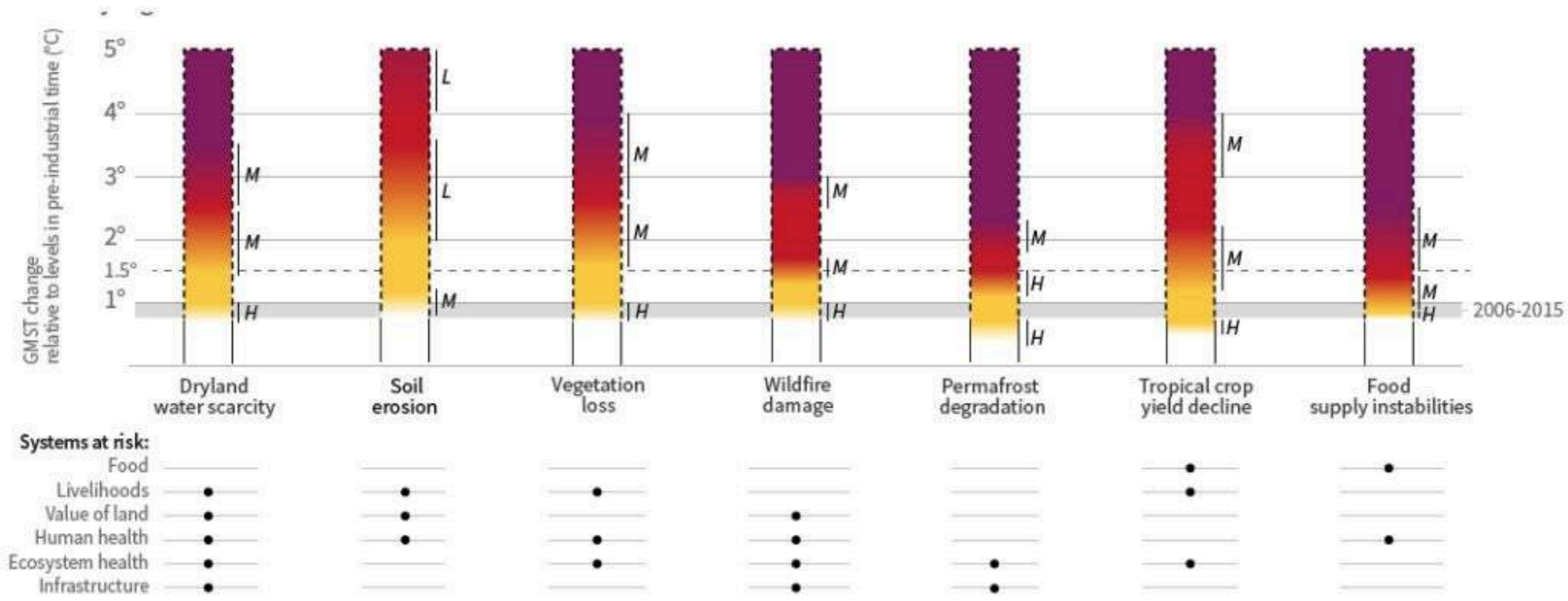


Confidence level for transition: L=Low, M=Medium, H=High and VH=Very high

**Conséquences du réchauffement sur divers composants du monde.  
GIEC, 2018, résumé pour décideurs du rapport spécial sur 1.5°C**



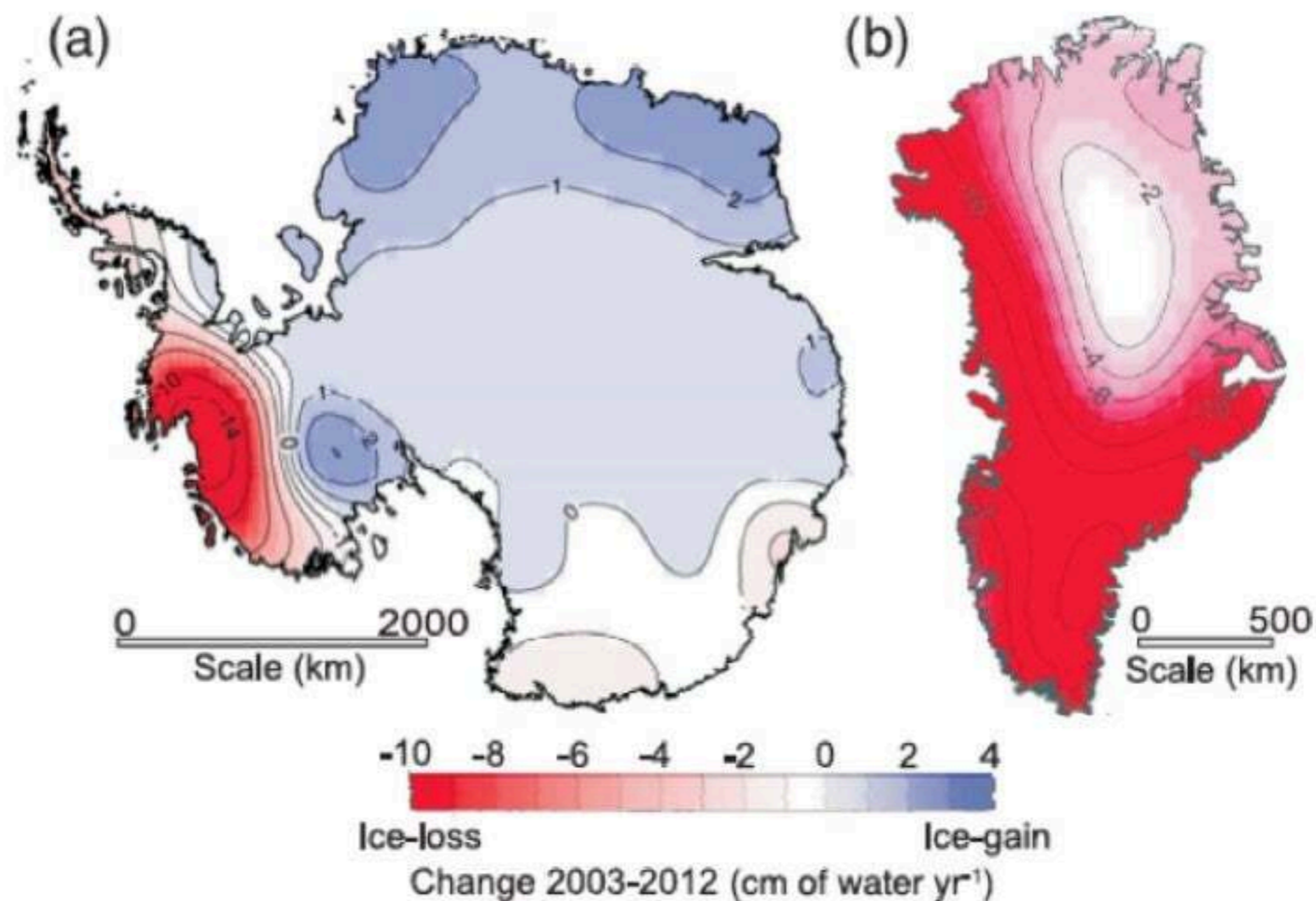
# Dictateur en 2100, un métier d'avenir ?



Conséquences du réchauffement sur divers composants des terres.  
GIEC, 2019, résumé pour décideurs du rapport spécial sur les terres



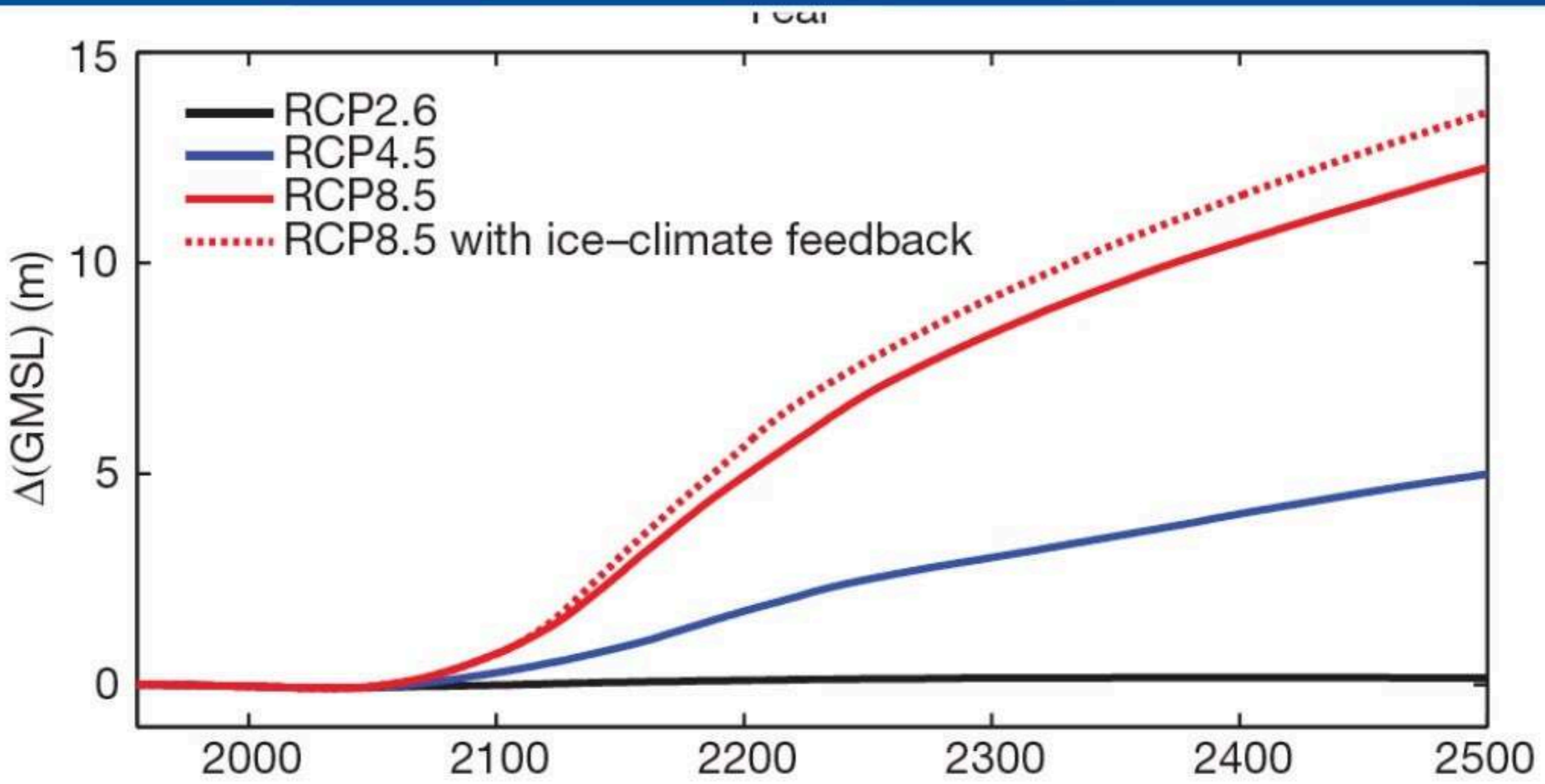
# Glou glou



Evolution des calottes polaires de 2003 à 2012. GIEC, 5<sup>e</sup> rapport d'évaluation.



# Glou glou (bis)



Contribution possible de l'Antarctique à l'élévation de l'océan au cours des siècles à venir.  
De Conto et al., Nature, Mars 2016





# Adapter l'Europe du Nord en 2462 risque d'être délicat...

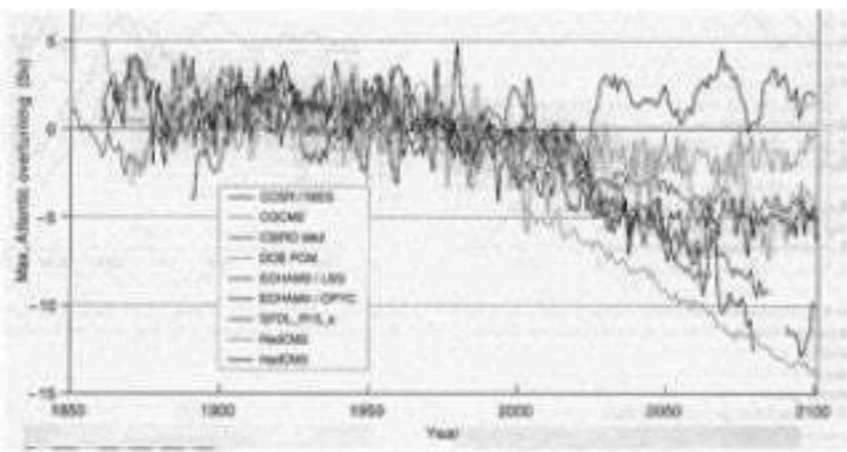


Trait de côte des Pays Bas et du Nord de l'Allemagne avec 9 mètres d'eau en plus

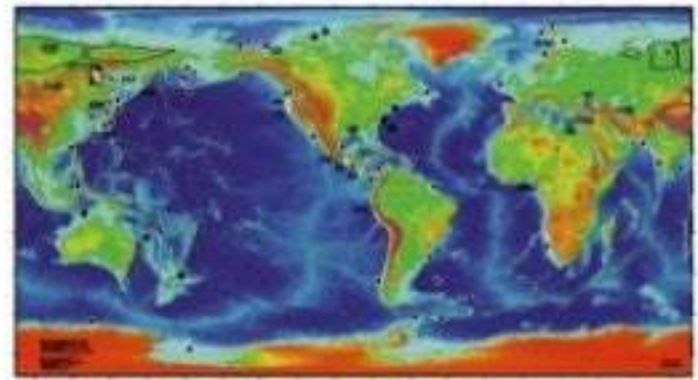


# Partez pas, y'a du rab

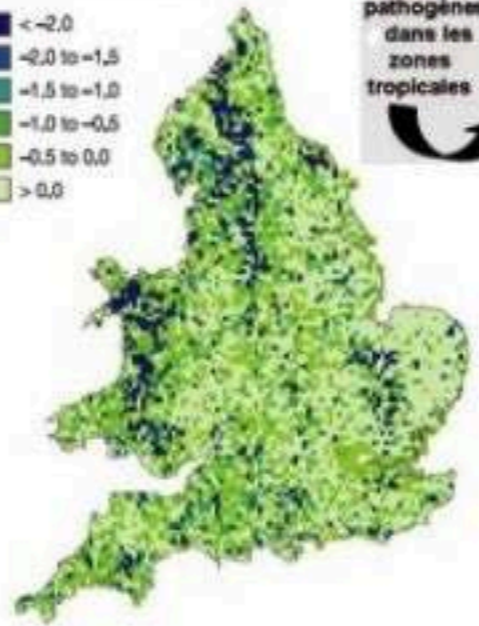
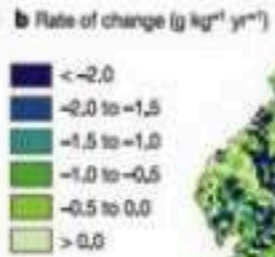
Avec une ampleur **qui dépendra de nos émissions**



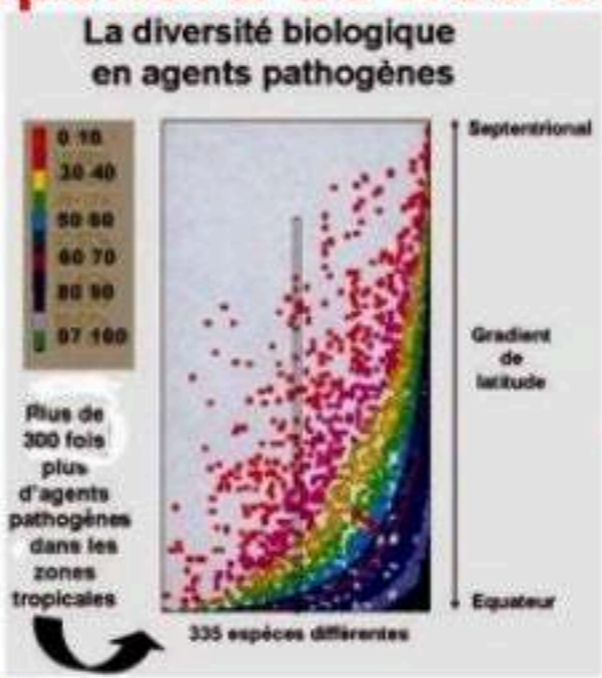
Changement de la circulation océanique



Fonte du permafrost et relargage de méthane



Relargage du carbone des sols



Maladies

+ 4°C



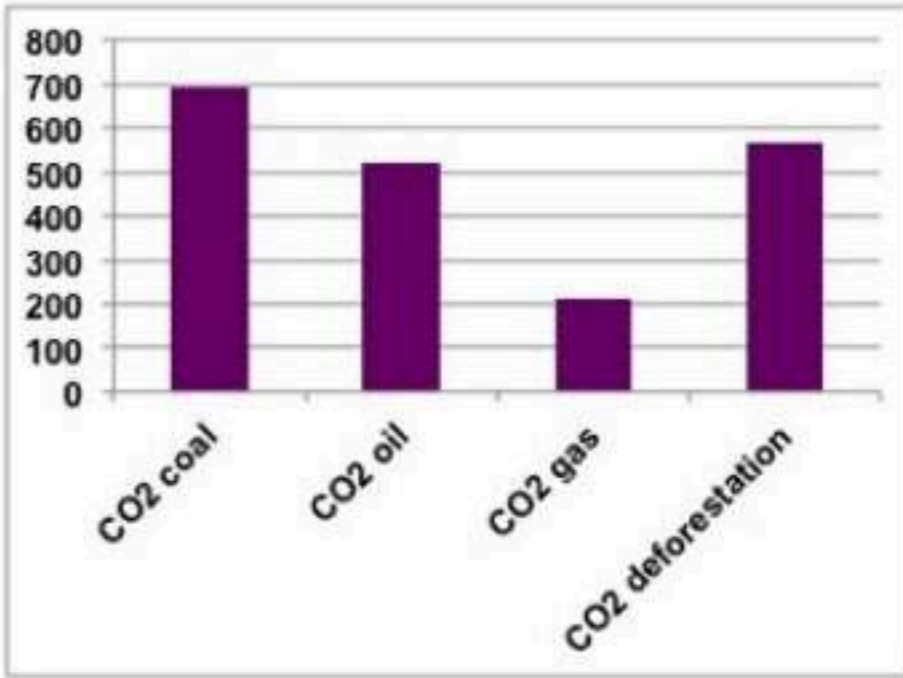
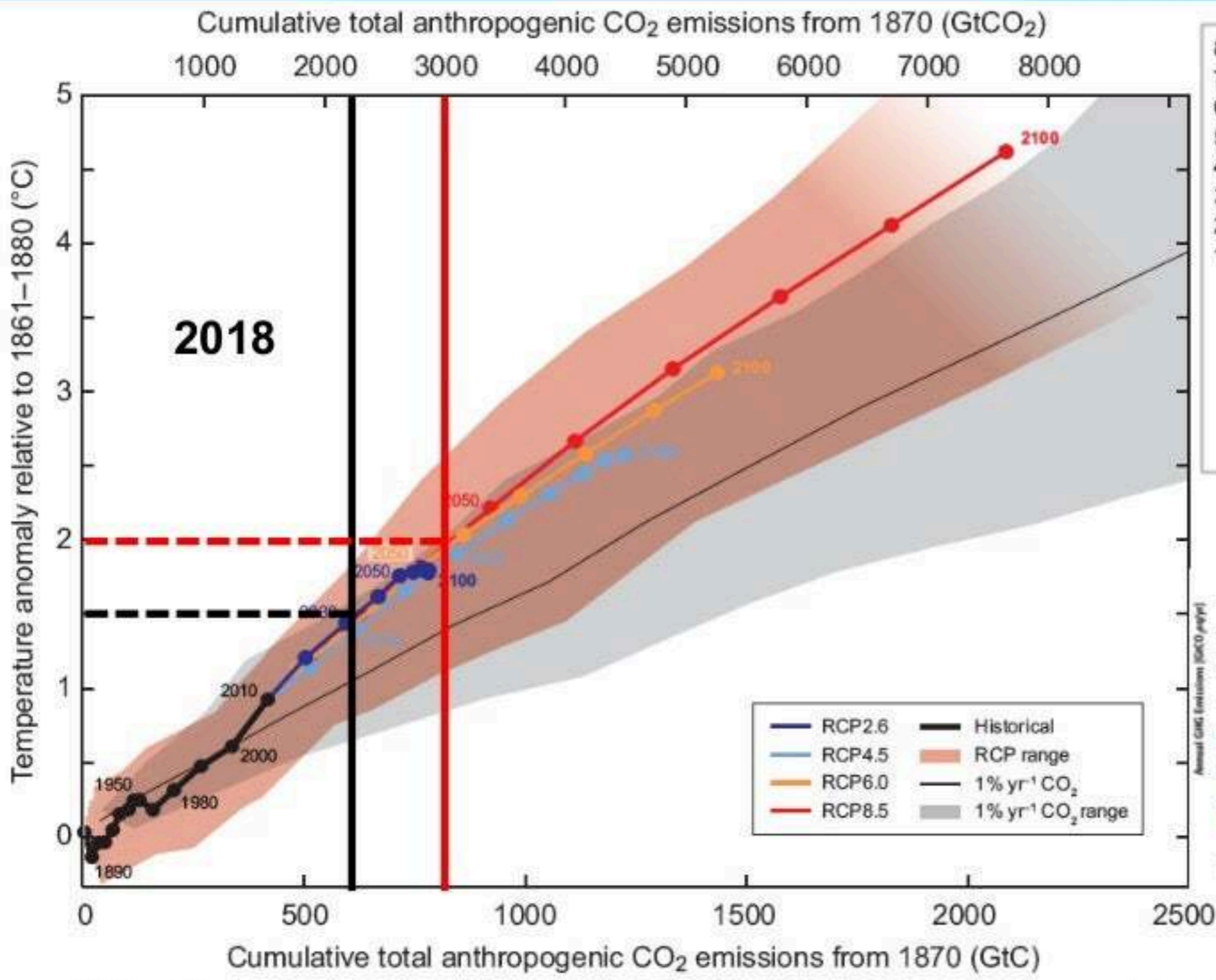
Conséquences sociétales

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

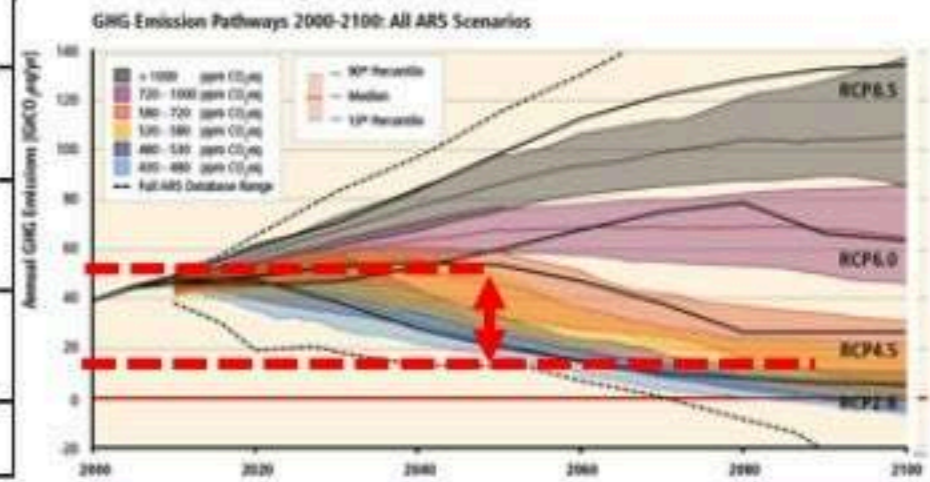




# 2°C, fingers in the nose?



### Emissions cumulées de CO<sub>2</sub> depuis 1870 en Gt



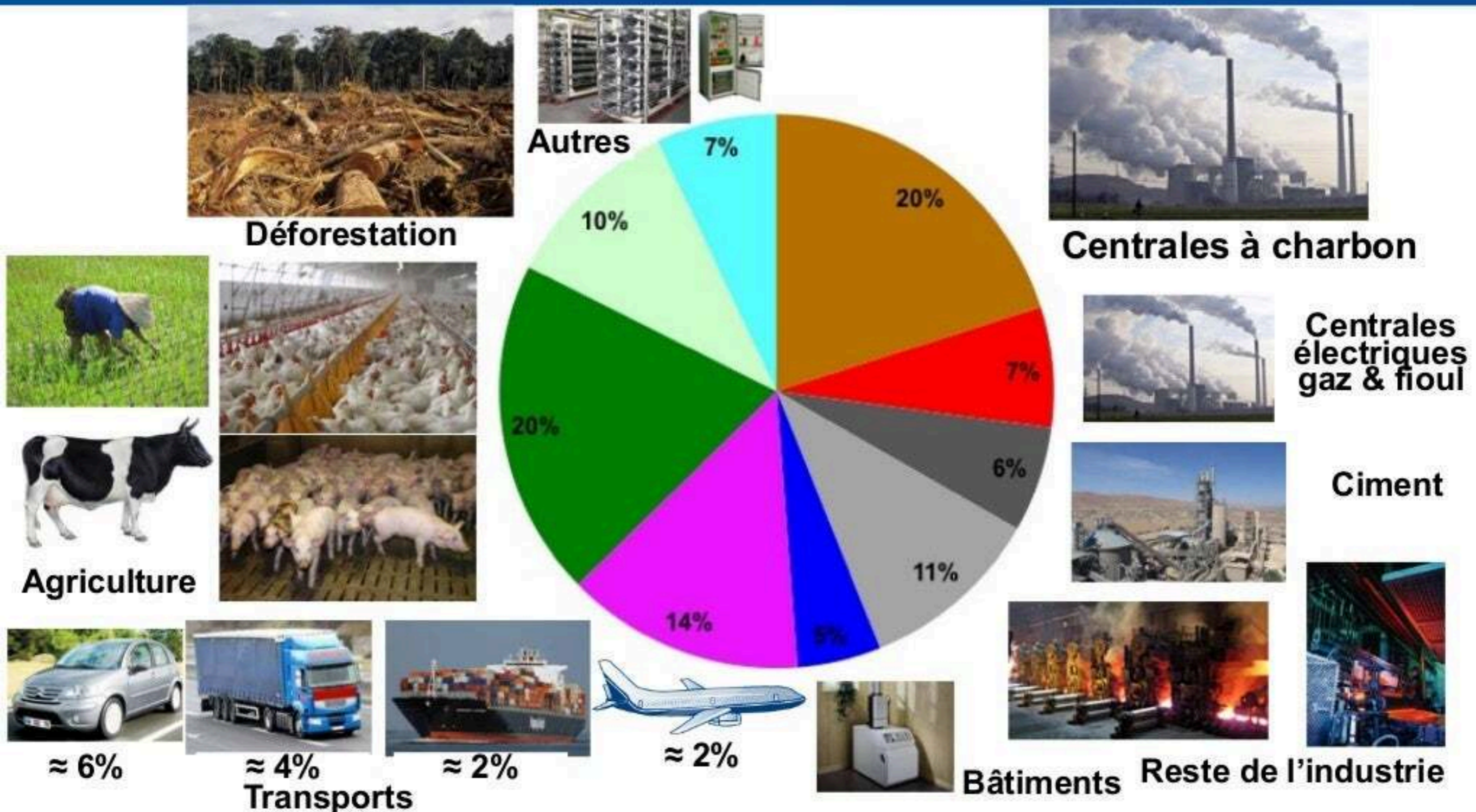
## ÷ 3 en 2050

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





# Si nous voulons faire baisser les émissions, il faut savoir où elles sont



Décomposition des émissions mondiales en 2017. Jancovici, données diverses.



# Dématérialisé, il paraît ?





# Pas de digital sans terminal !

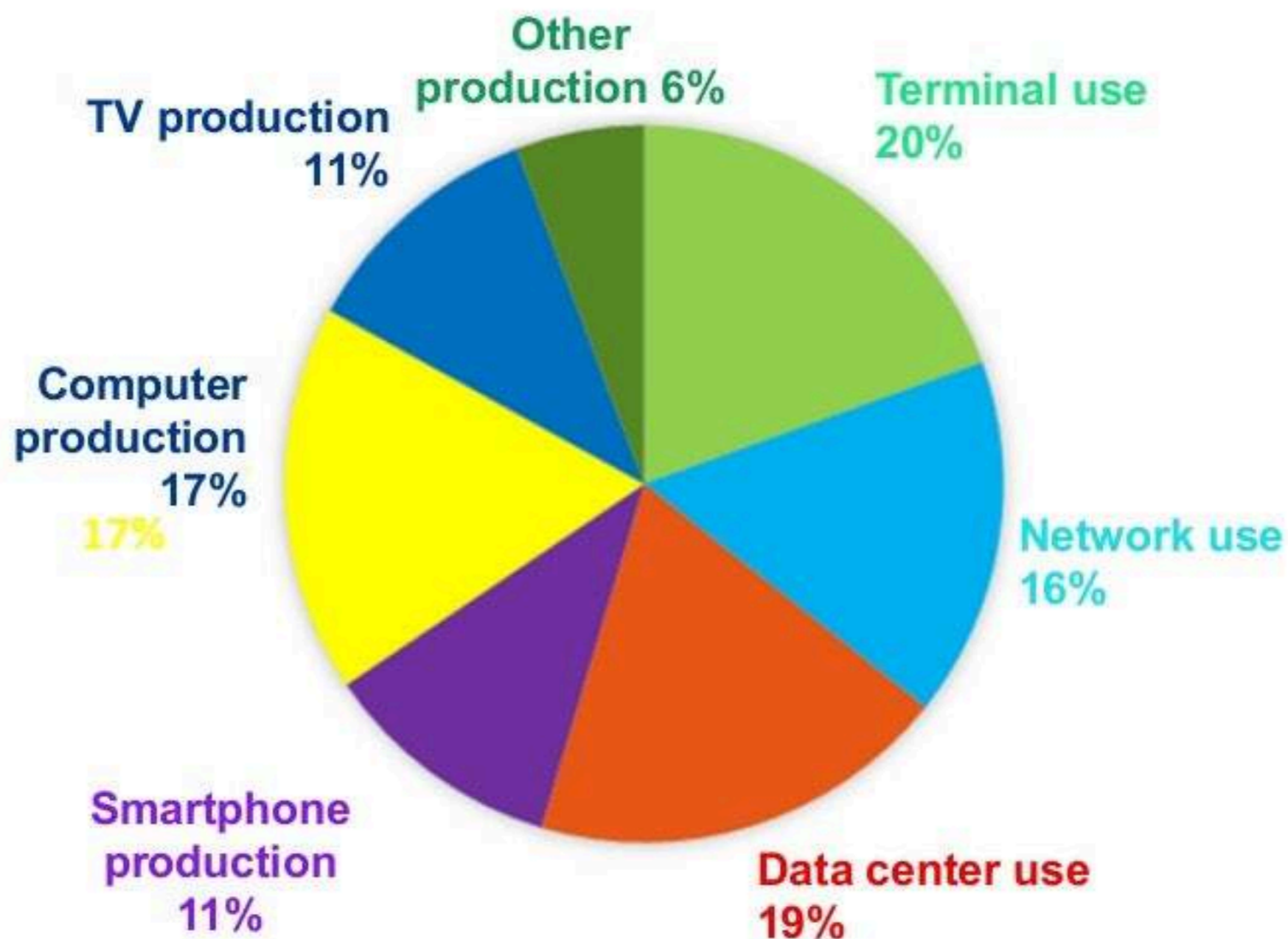
Production Phase				
Impacts		Equipments		
		Laptop	Smartphone	Connected TV
Metals	Primary Energy (MJ)	6640	717	5700
	GHG (kgCO <sub>2</sub> e)	514	61,1	441
	Water (Litres)	3435	500	2644
	Gallium [ Ga ] (mg)	7,6	0,5	200
	Indium [ In ] (mg)	17,5	7	1210
	Tantalum [ Ta ] (mg)	540	45	
	Copper [ Cu ] (g)	171	20	885
	Cobalt [ Co ] (g)	12	5,8	
	Palladium [ Pd ] (mg)	0,1	5	
Quantities				
Installed base in 2017 (Million units)		1000	4000	2200
Annual production (Million units)		163	1570	270

Evaluation de l'empreinte sur divers éléments pour quelques terminaux. Source : The Shift Project, 2018



# Il n'y a pas que l'électricité des serveurs...

## Digital energy consumption 2017

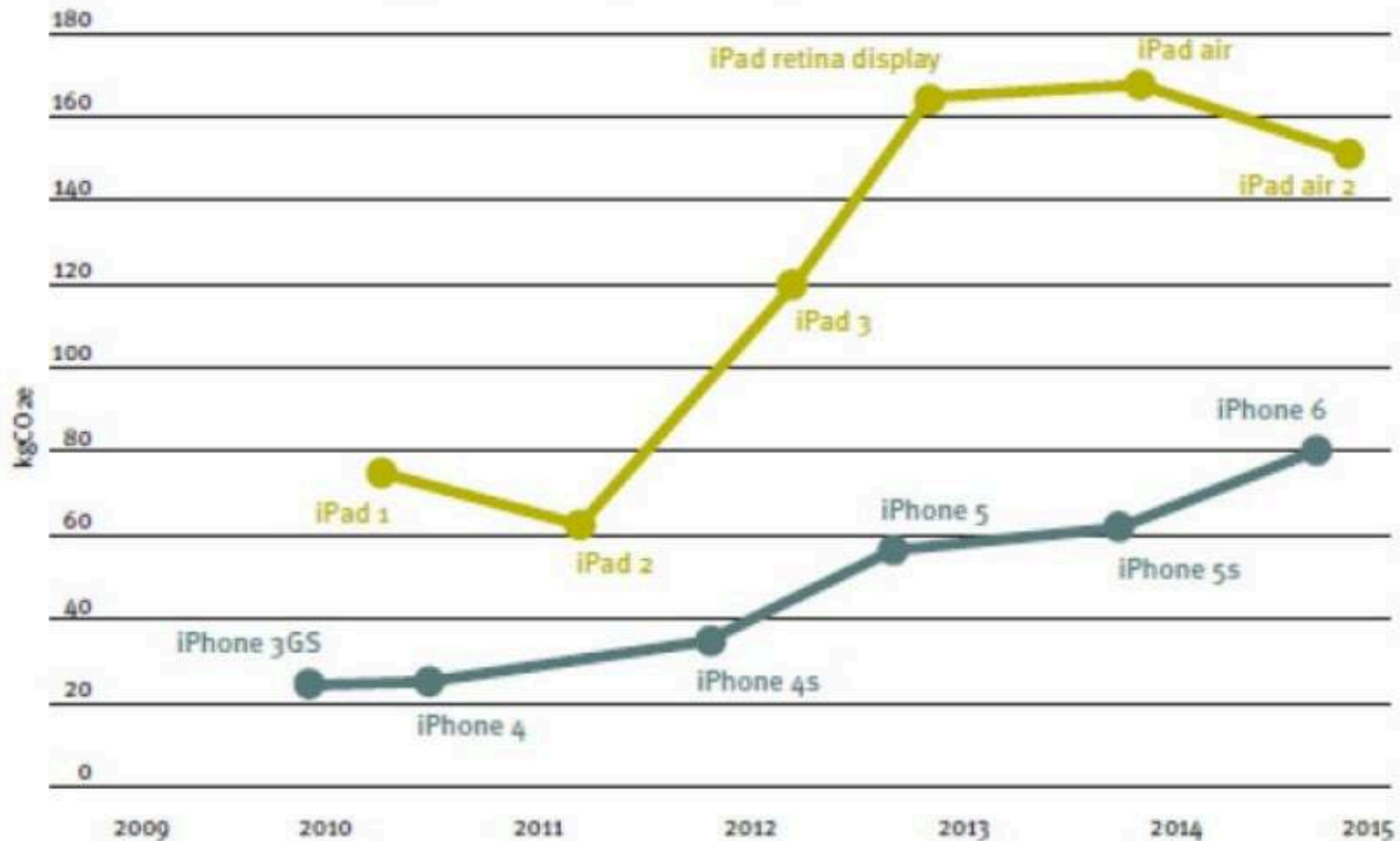


Source : <https://theshiftproject.org/article/pour-une-sobriete-numerique-rapport-shift/>



# Et la vertu n'est pas pour demain...

Embodied carbon of Apple devices rises as specifications increase

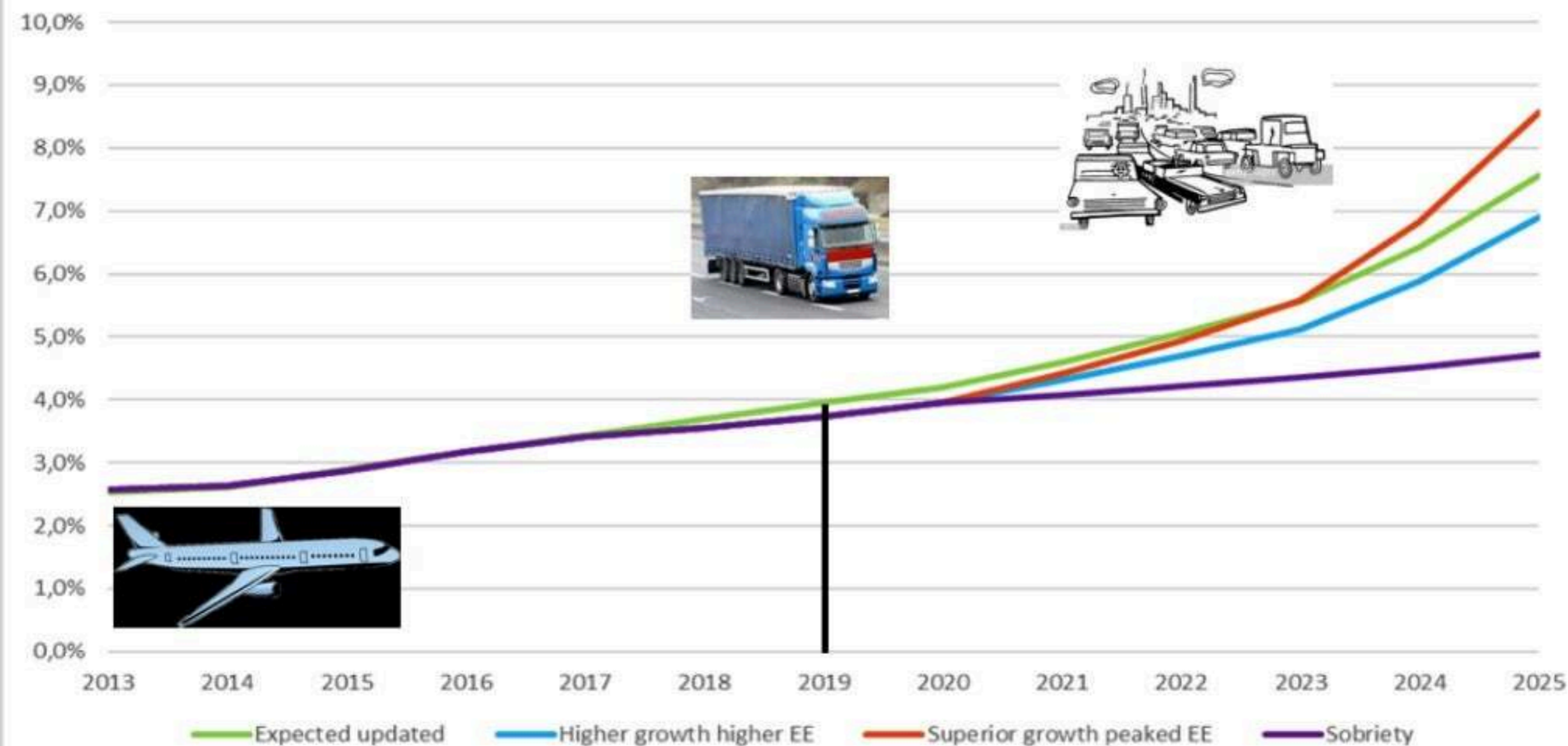


Source : The Shift Project, 2018



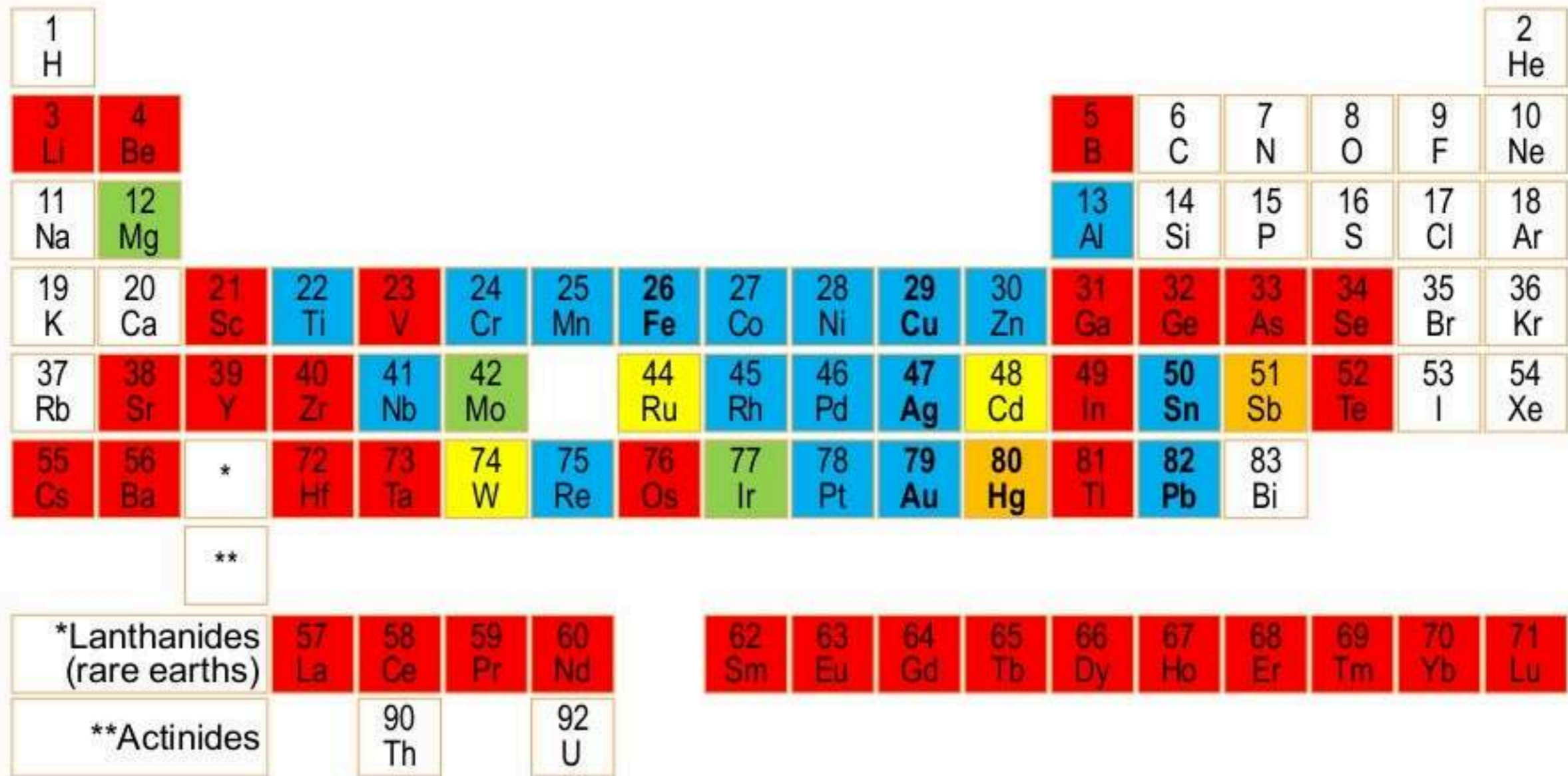
# Encore plus rapide que le transport aérien !

## Digital share of GHG emissions

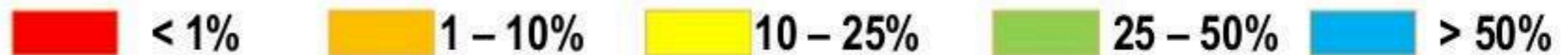




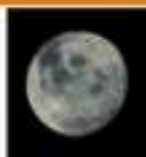
# Le digital sauvant le monde : je peux jouer combien de fois ?



Recycling rate of metals



Source : UNEP / Recycling rates of metals 2011





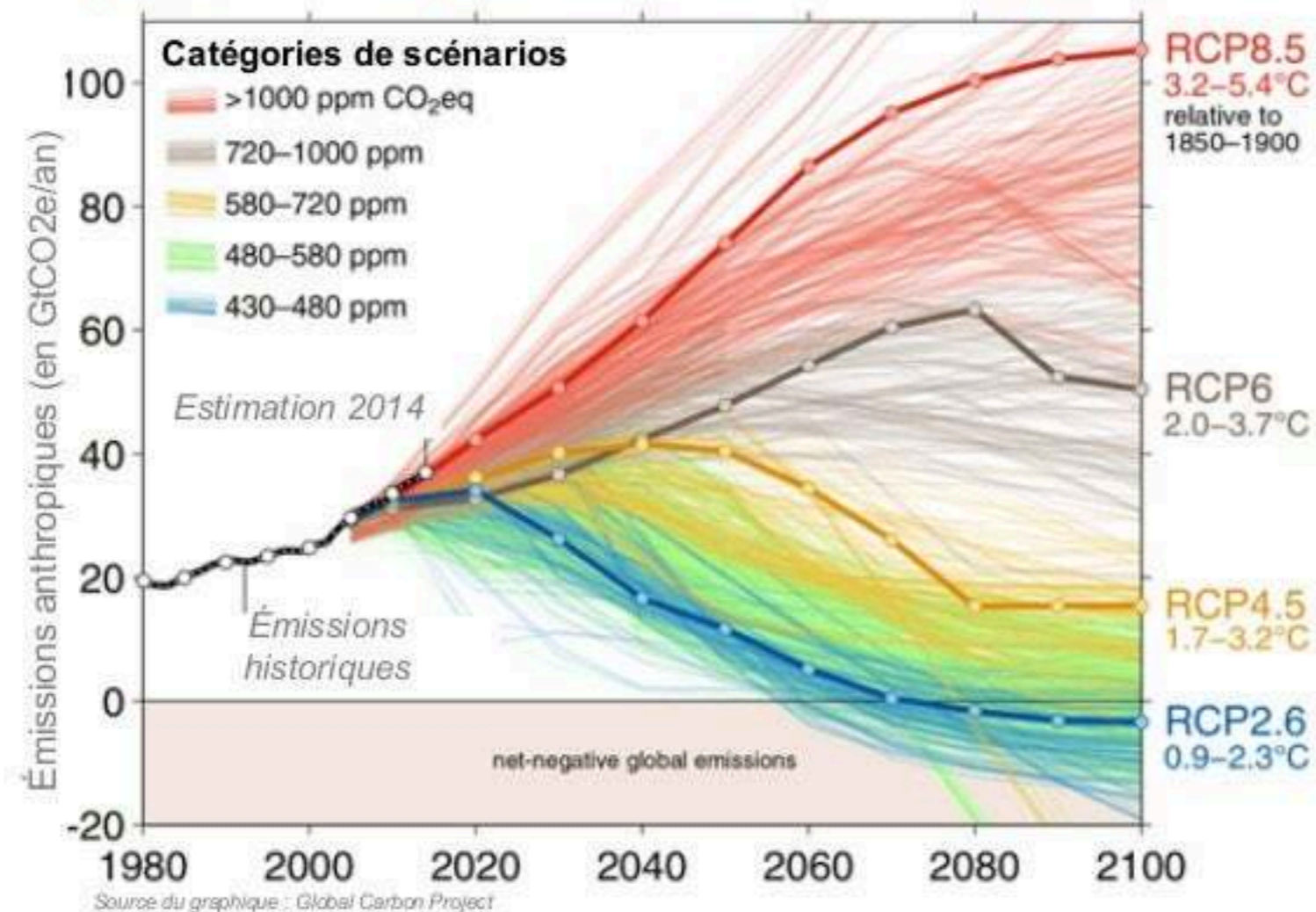
# Qui a envie de l'espérance de vie d'un smartphone ?





# Si tu n'aimes pas l'économie de guerre, tu auras la guerre

## Projections climatiques issues du dernier rapport du GIEC



### Risques physiques

Risques liés à l'exposition aux conséquences physiques du changement climatique (élévation du niveau de la mer, canicules, sécheresses, etc.)

### Risques de transition

Risques induits par la transition vers une économie bas-carbone (évolutions réglementaires, politiques d'atténuation, marchés, etc.)

**Les risques physiques et les risques de transition évoluent en sens inverse.**

Un scénario moins émissif correspond à des changements sociétaux plus rapides et donc à des risques de transition plus importants, alors qu'un scénario plus émissif est moins contraignant à court terme mais l'addition finale est plus élevée.



## ÉLECTRICITÉ

Fermer  
toutes les centrales à charbon  
(réglementation et prix)



## TRANSPORTS

Abaisser la consommation  
maximale des voitures neuves à  
moins de 2L/100km en 2030  
(réglementation + fiscalité)



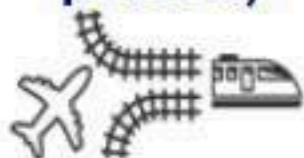
## TRANSPORTS

Remplacer l'autosolisme par bus,  
covoiturage, vélo, marche, train  
(réglementation, fiscalité,  
investissements publics)



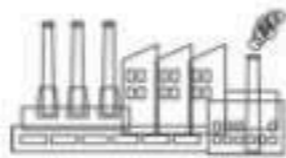
## TRANSPORTS

Remplacer l'avion par des trains à  
grande vitesse ou de nuit  
(réglementation, investissements  
publics)



## INDUSTRIE

Baisser les flux de matériaux  
primaires produits (réglementation,  
fiscalité, investissements publics)



## LOGEMENT

Décarboner le confort  
énergétique (réglementation++,  
fiscalité)



## TERTIAIRE PUBLIC

Lancer un grand chantier de  
rénovation « carbonique » de tous  
les bâtiments publics



## FILIERE BOIS

Développer l'économie de la forêt  
« durable » : produits en bois,  
« biosourcés », énergie  
(réglementation ++, fiscalité)



## ALIMENTATION

Diviser par 2 le cheptel, AOC,  
qualité, haies, baisse des intrants  
(réglementation, encadrement  
des prix)





# Des questions ?

Vous avez des indicateurs chiffrés  
précis pour affirmer qu'on coule ?

