



Elements de base sur le changement climatique

Congrès des actuaires 17 juin 2019

Jean-Marc Jancovici

jmj@manicore.com

jean-marc.jancovici@carbone4.com

jean-marc.jancovici@theshiftproject.org



18^e Congrès des
ACTUAIRES
17 JUIN 2019

ASSURANCE ET FINANCE :
VENT DEBOUT FACE AUX
CHANGEMENTS CLIMATIQUES



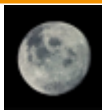
L'effet de serre, de la vieille science...

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

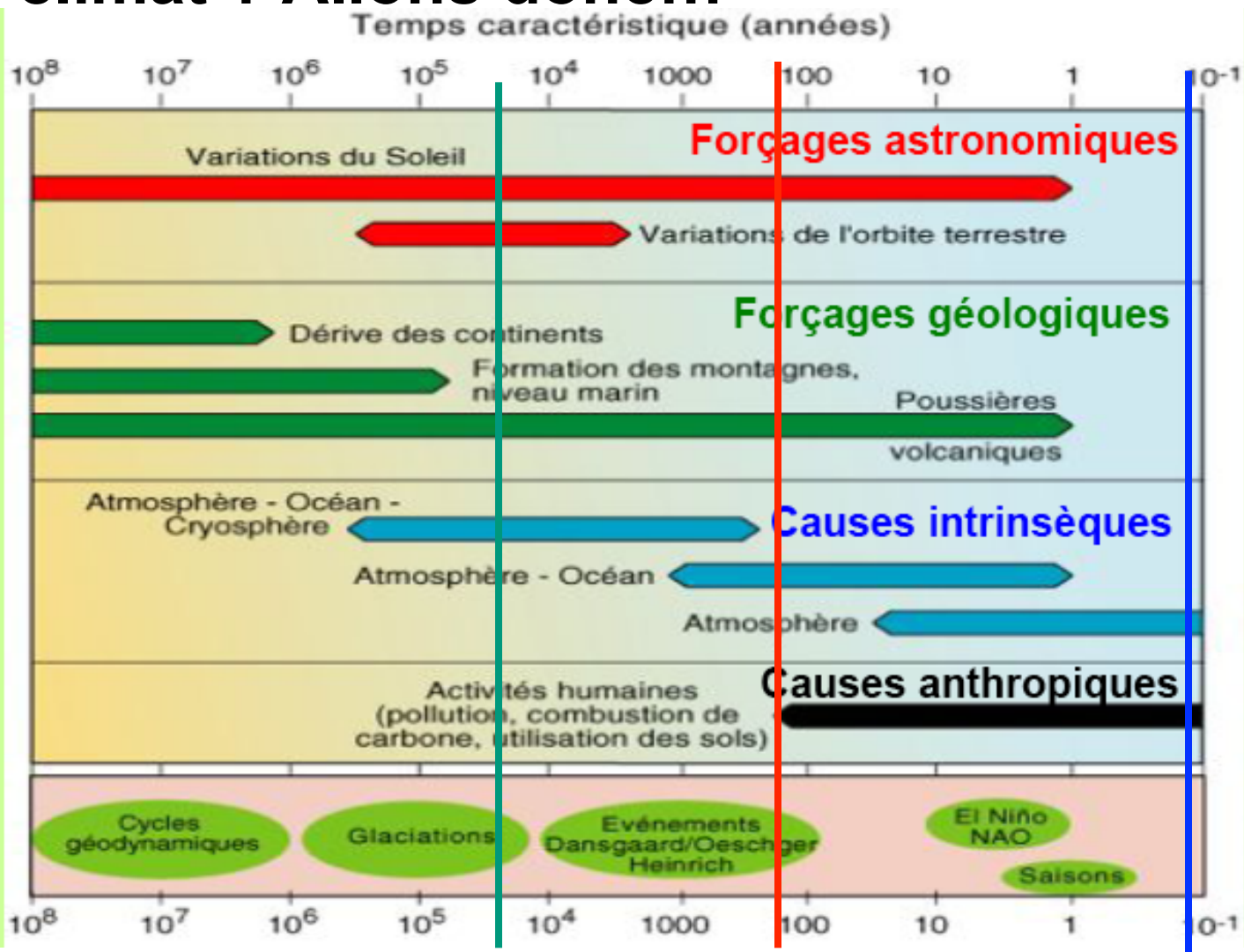
1838 : Claude Pouillet, physicien français, puis Joseph Tyndall, un irlandais, attribuent l'effet de serre naturel à la vapeur d'eau et au gaz carbonique. Pouillet affirme que toute variation de la quantité de vapeur d'eau, comme de CO₂, doit se traduire par un changement climatique

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 CO₂ dans l'air.

1958 : Keeling démarre la mesure en continu de la concentration en CO₂ dans l'air à l'observatoire de Manau Loa (Hawaï), et met en évidence l'augmentation de cette concentration, année après année, depuis lors.



Que des hommes pour tripoter le climat ? Allons donc...



A l'échelle de la semaine : l'atmosphère domine

Causes d'influence sur le climat et échelles de temps caractéristiques. Source : Edouard Bard, Collège de France

A l'échelle de 10.000 à 100.000 ans : l'astronomie domine

A l'échelle du siècle au millénaire : l'océan domine



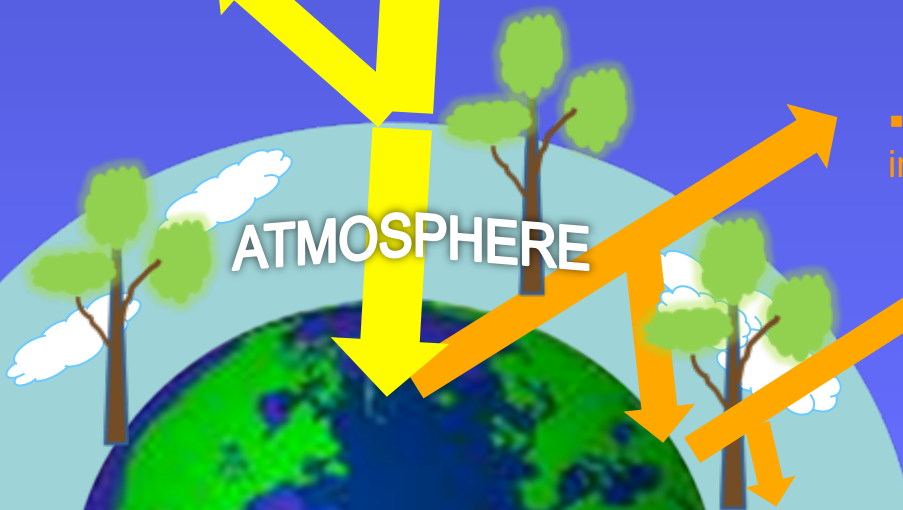
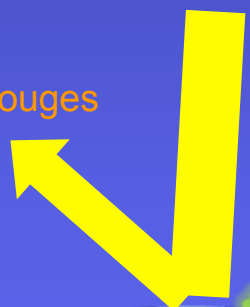
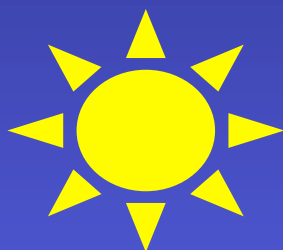
L'effet de serre, grand méchant loup ou bonne affaire?

- La Terre reçoit toute son énergie du Soleil

- L'air laisse passer le rayonnement solaire

- mais une partie est réfléchie, une partie absorbée par la surface... qui chauffe

... et émet alors des infrarouges



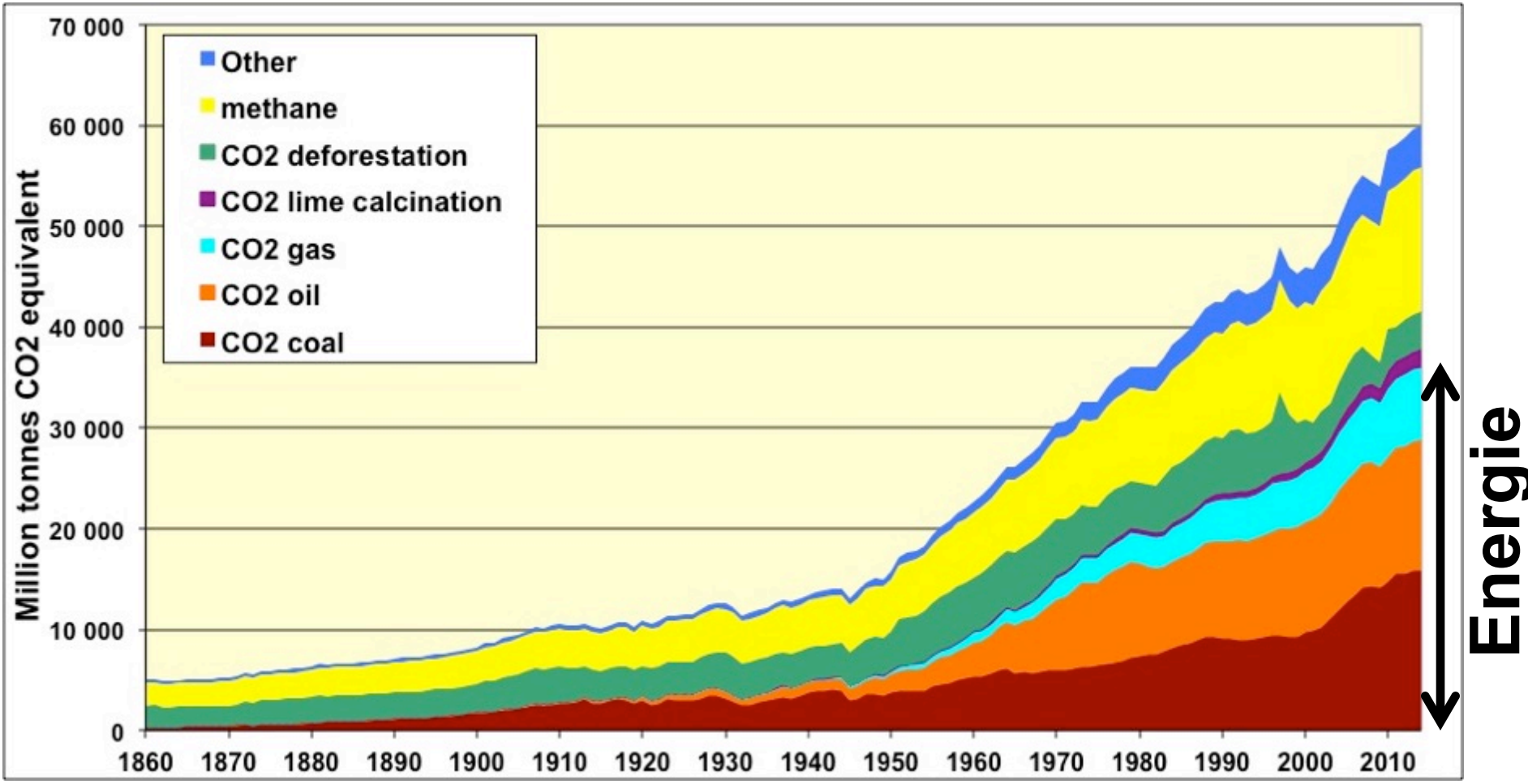
- Ces infrarouges ne passent pas facilement à travers l'air, à cause des gaz à effet de serre

- Cette opacité de l'air aux infrarouges confine l'énergie émise par la surface près du sol et élève la température de 30°C -> la Terre est propice à la vie

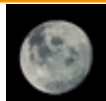
- Sans effet de serre, la terre serait inhabitable (-15°C en moyenne !)

Mais une augmentation **rapide** de l'effet de serre déstabilise **rapidement** le système

Au début étaient les émissions



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

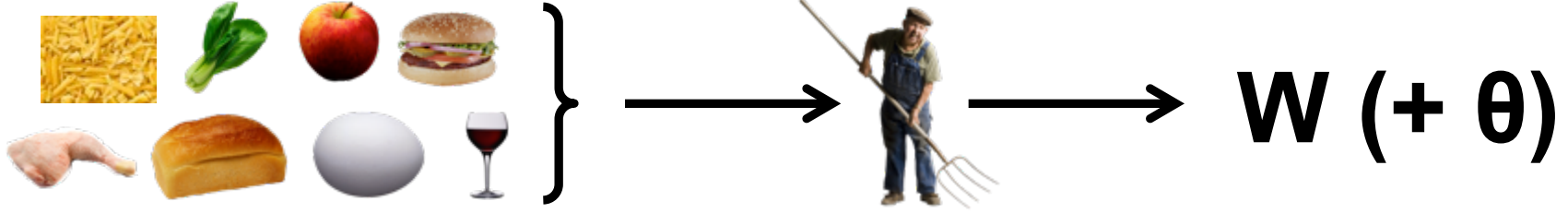


De l'énergie ? C'est quoi ca ?

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



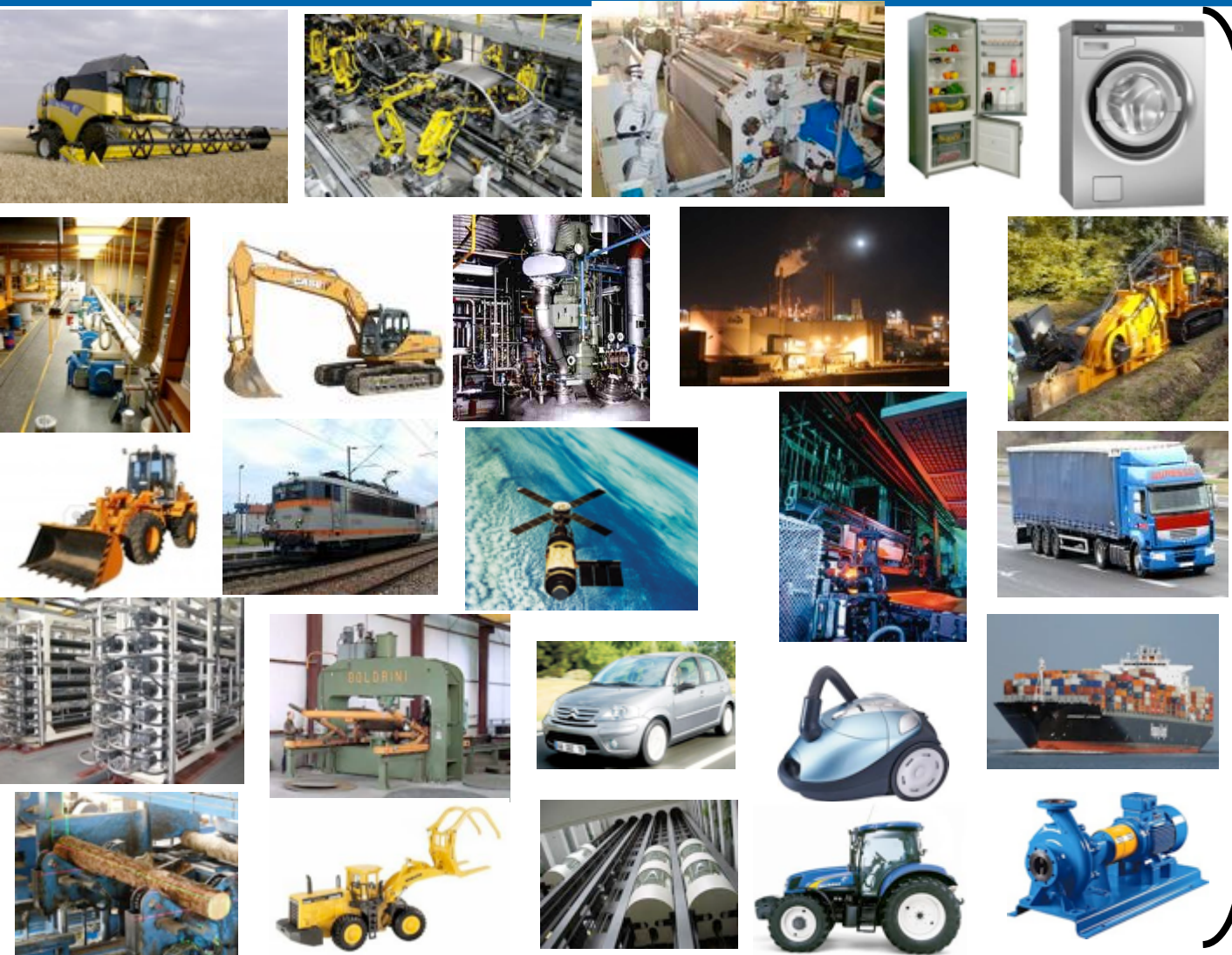
Pour utiliser « plus puissant que soi » il faut un autre convertisseur, et l'énergie qui l'alimente



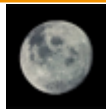
« Utiliser de plus en plus d'énergie », c'est aujourd'hui en pratique « commander de plus en plus de machinerie » et « créer de plus en plus de flux »



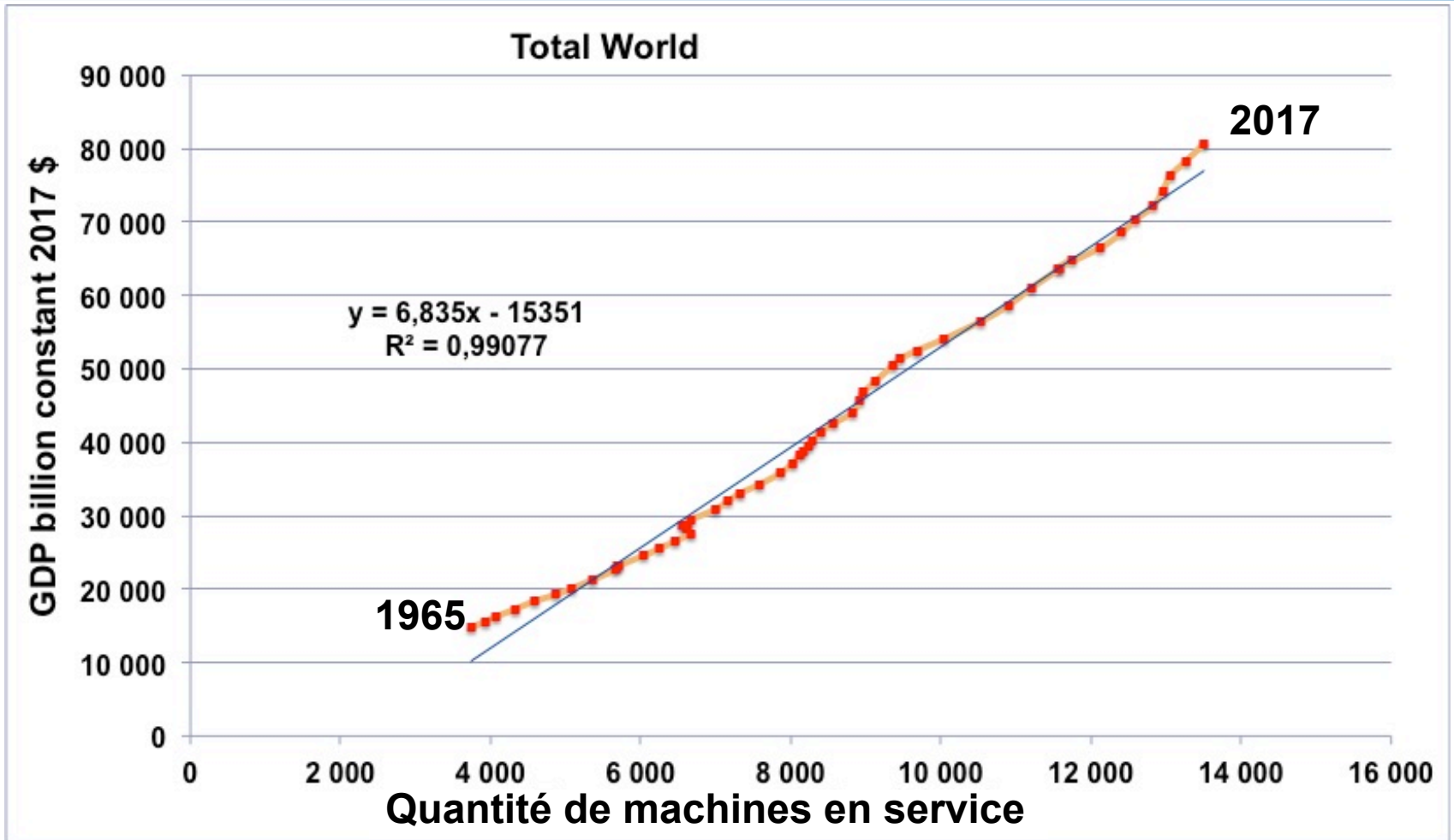
Les voici, nos esclaves des temps modernes !



200 (moyenne mondiale) à 600 (moyenne française)

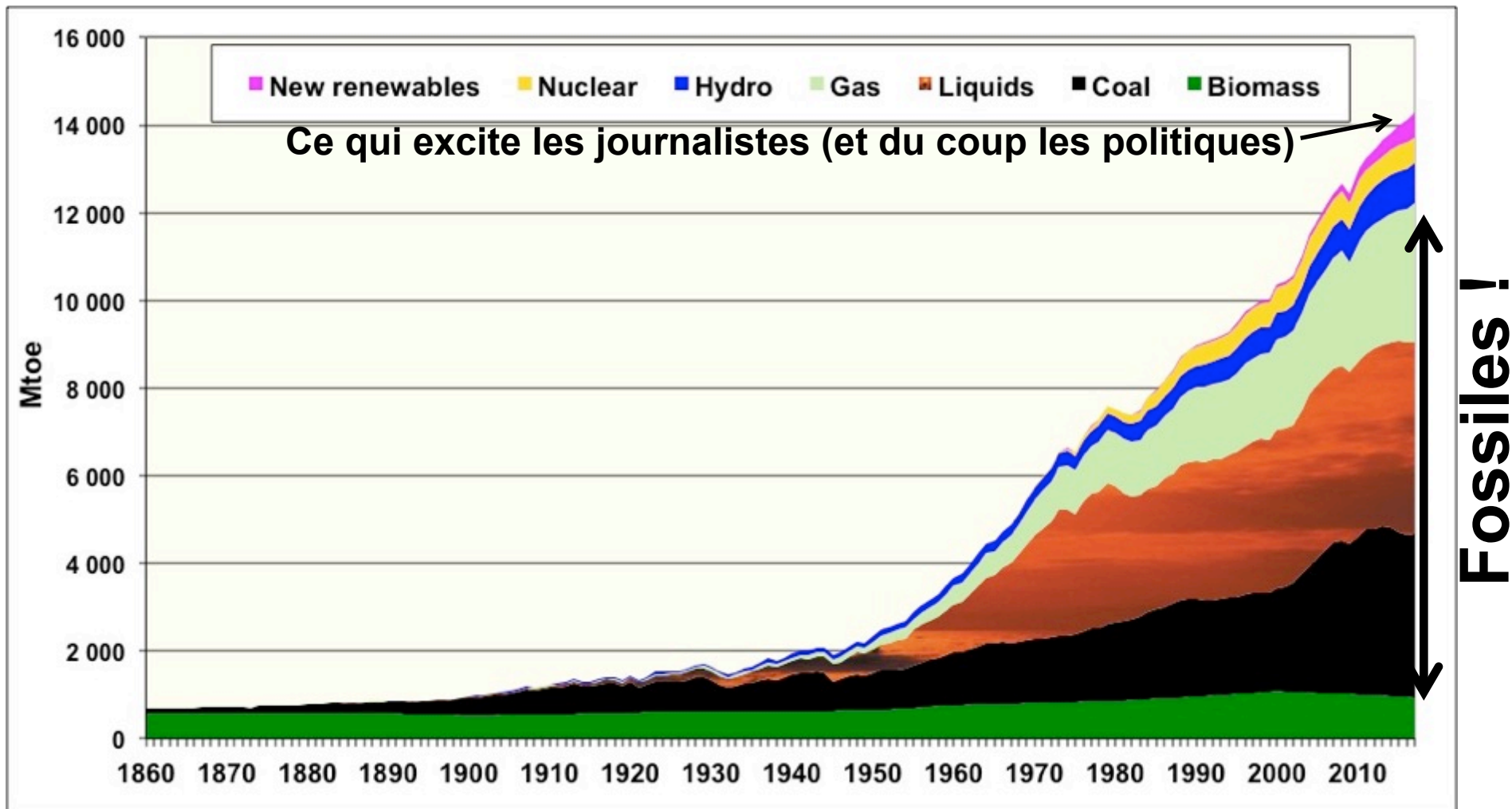


Le meilleur modèle macro-économique du monde : une droite

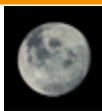


Energie consommée (en abscisse) et PIB en dollars constants (ordonnée) pour le monde. Données primaires World Bank pour le PIB et BP stat pour l'énergie

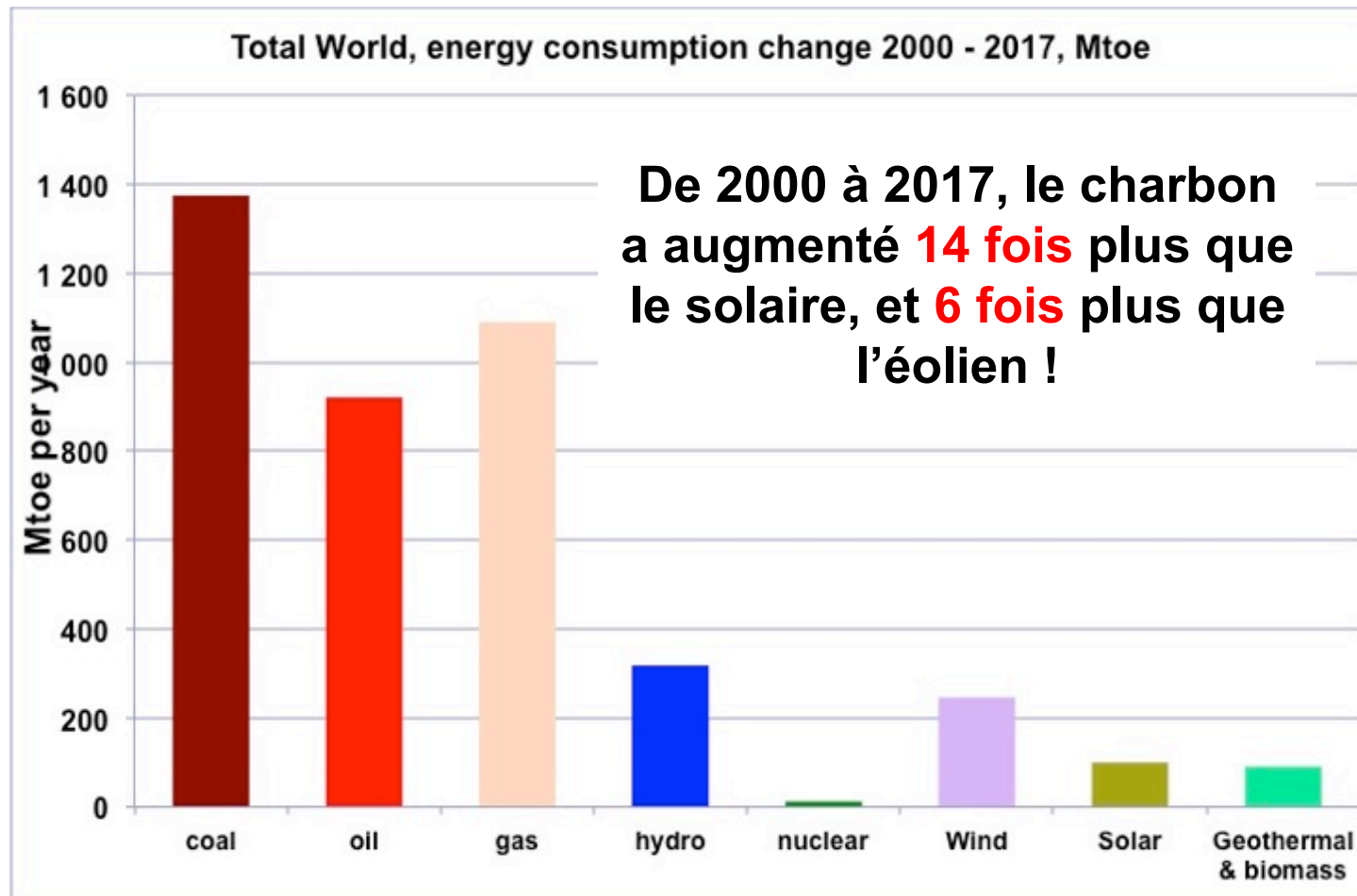
Miam miam kWh



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

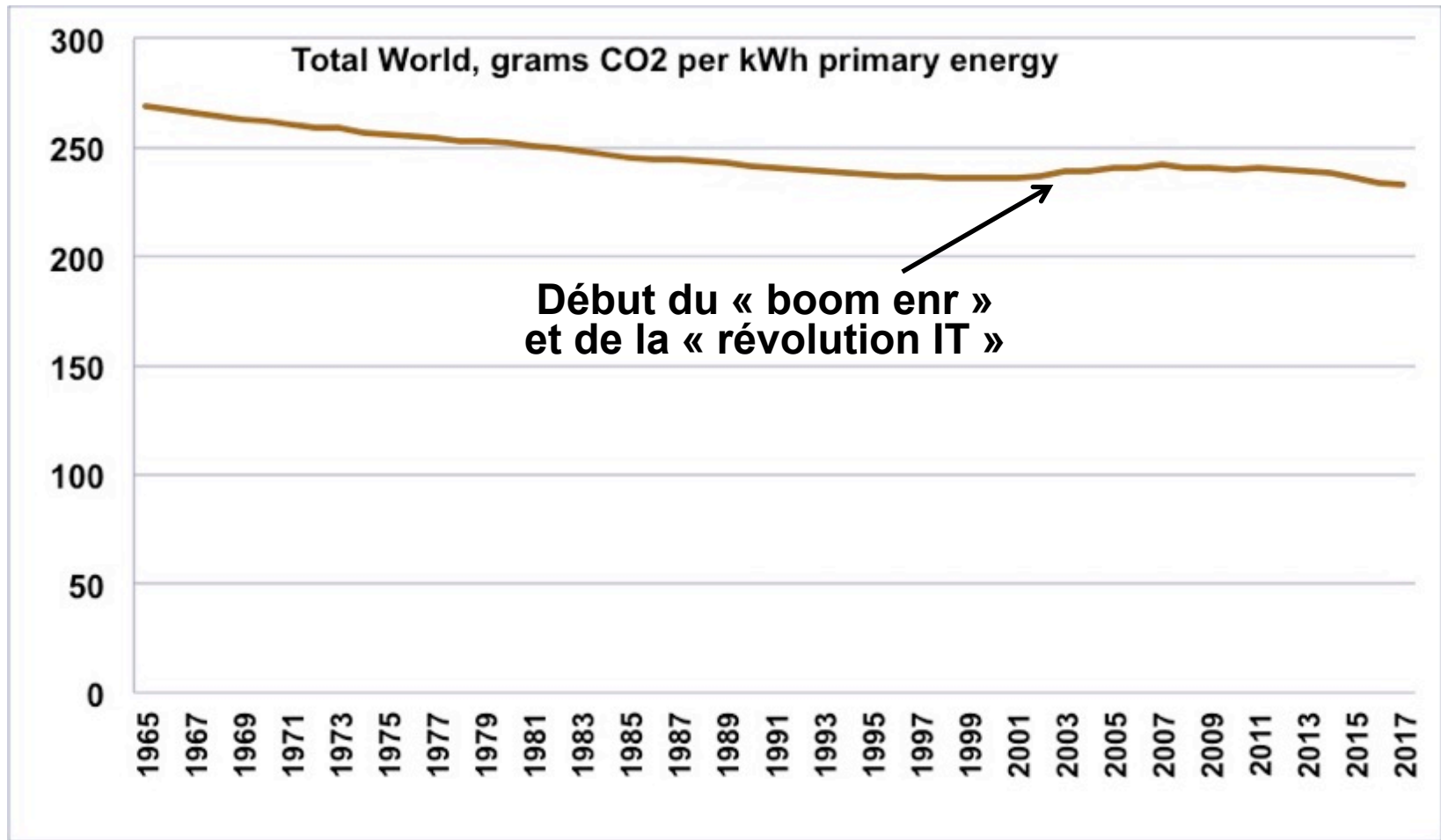


Le solaire, énergie la plus en vogue, vraiment ?



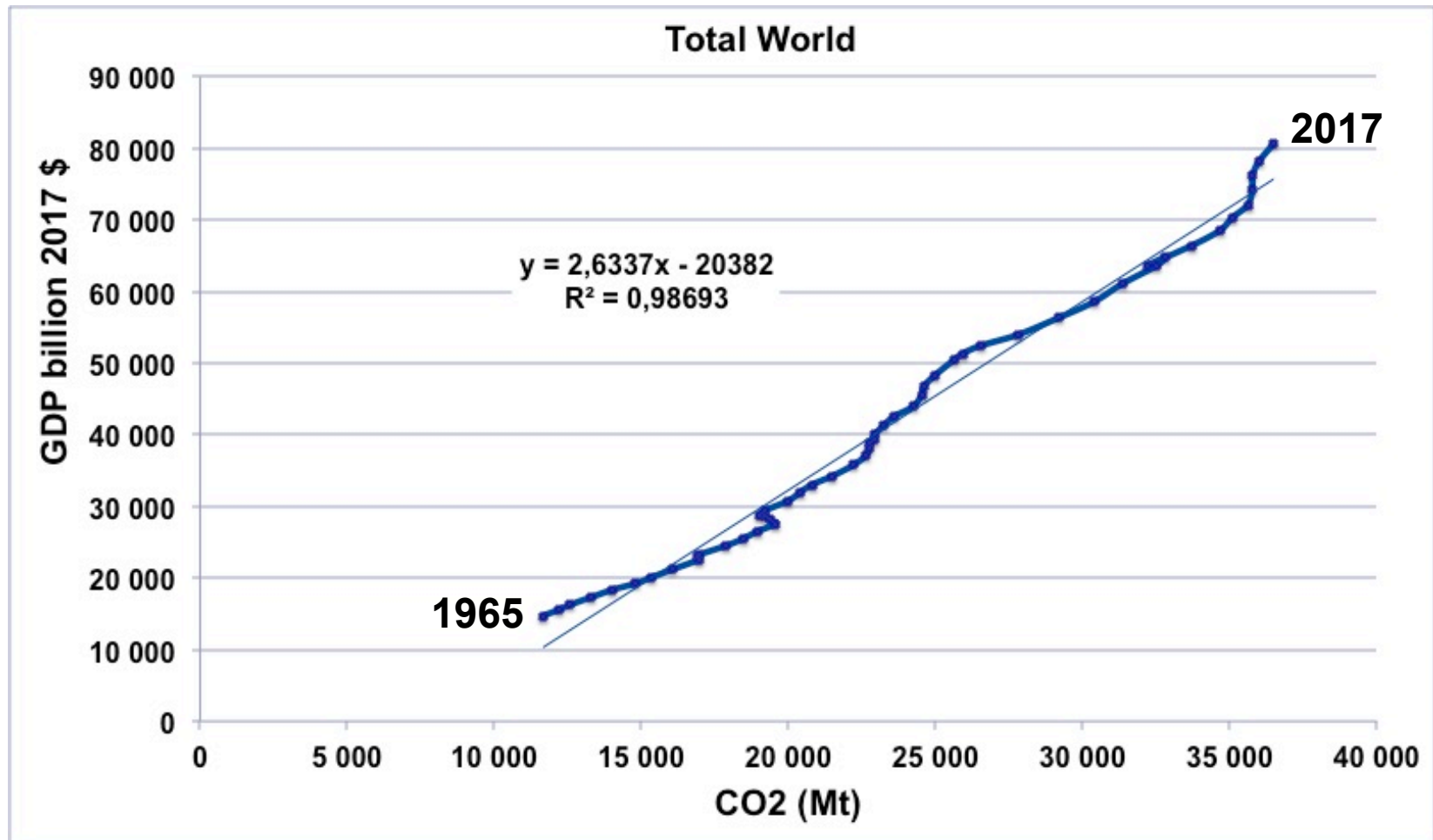
Surplus de consommation mondiale par énergie entre 2000 et 2017. Jancovici, sur données BP Statistical Review 2018

La décarbonation, c'est plus dans les colloques que dans les faits



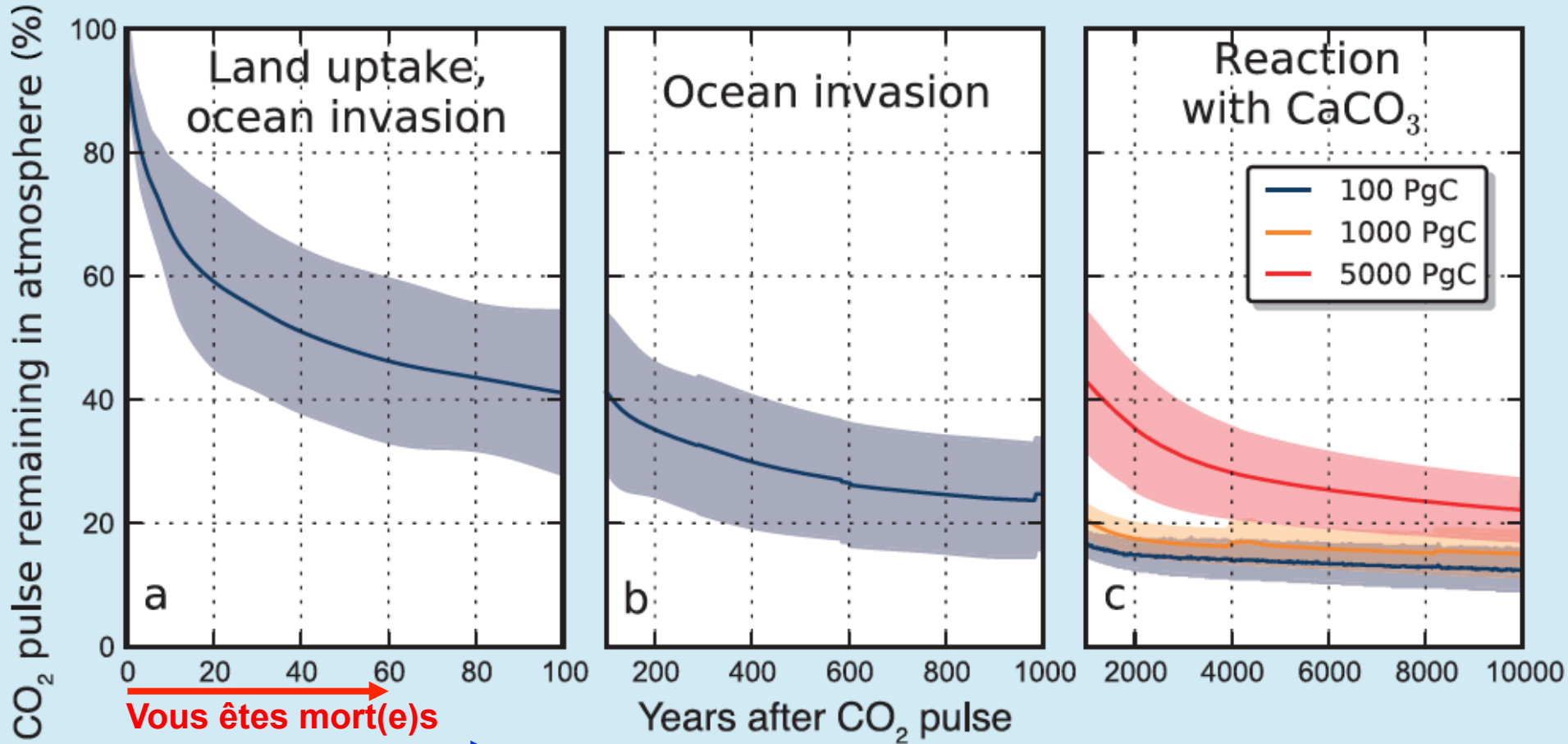
Evolution du contenu en CO2 de l'énergie consommée dans le monde. Jancovici, sur données BP Statistical Review 2018

La croissance verte, les doigts dans le nez ?



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

Les gaz à effet de serre aiment s'envoyer en l'air... et y rester

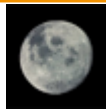


Vous êtes mort(e)s

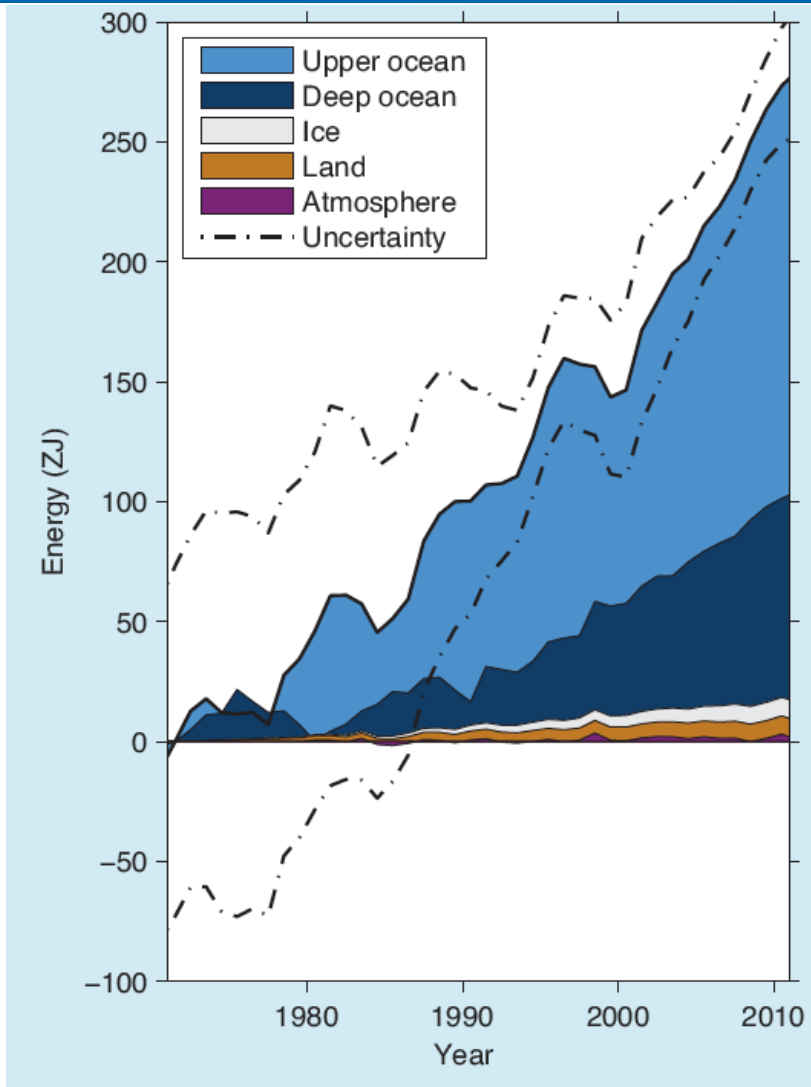
Vos enfants sont morts

10 générations sont mortes...

% du CO₂ émis à l'instant 0 qui reste dans l'atmosphère au cours du temps, et processus dominant d'épuration selon la période concernée. Source IPCC, 5^e rapport, 2014



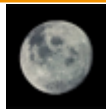
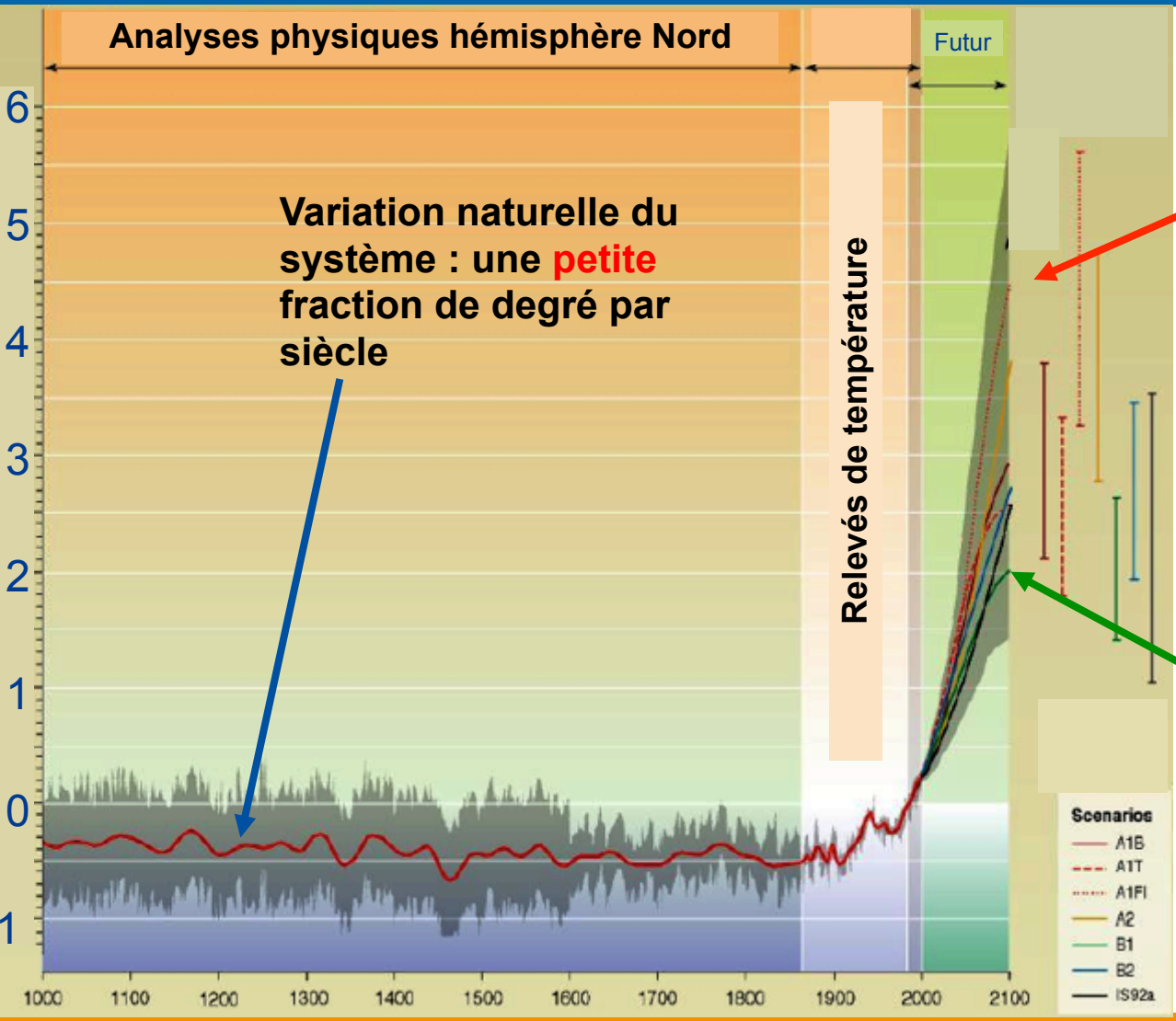
Il paraît que le réchauffement peut s'arrêter ?



≈ 90% de l'énergie supplémentaire envoyée par l'atmosphère va dans l'océan

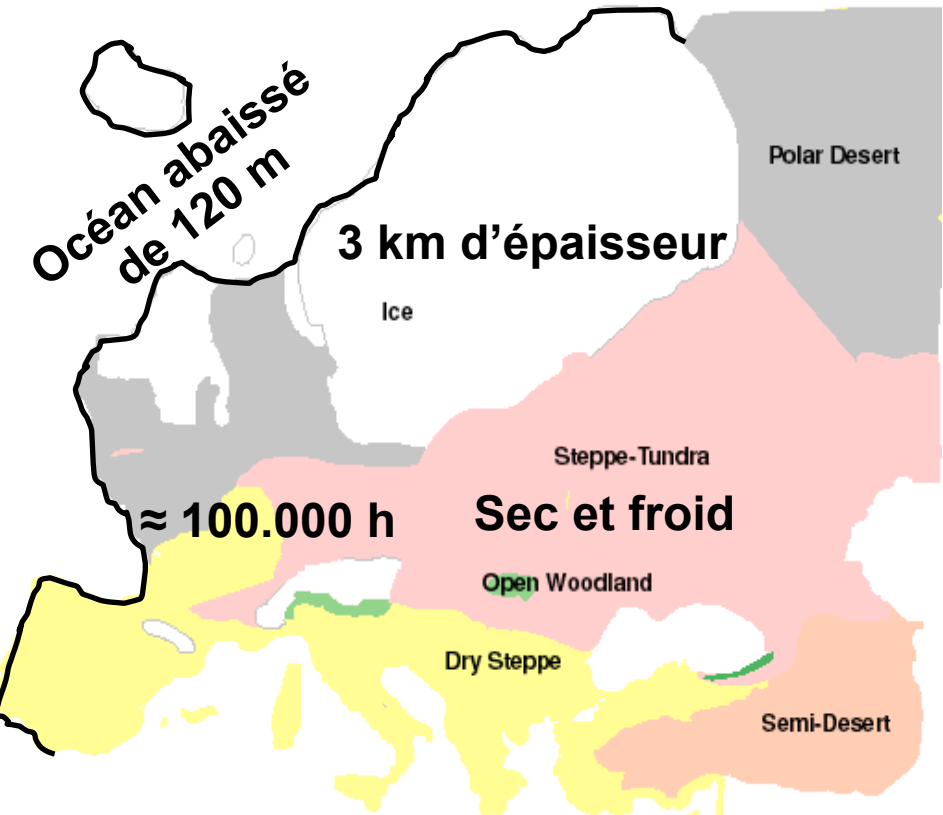
Accumulation d'énergie dans les divers compartiments du système climatique depuis 1971 (1 ZJ = 10^{21} J)
Source : IPCC, AR5, 2014

Le problème est devant, pas derrière !

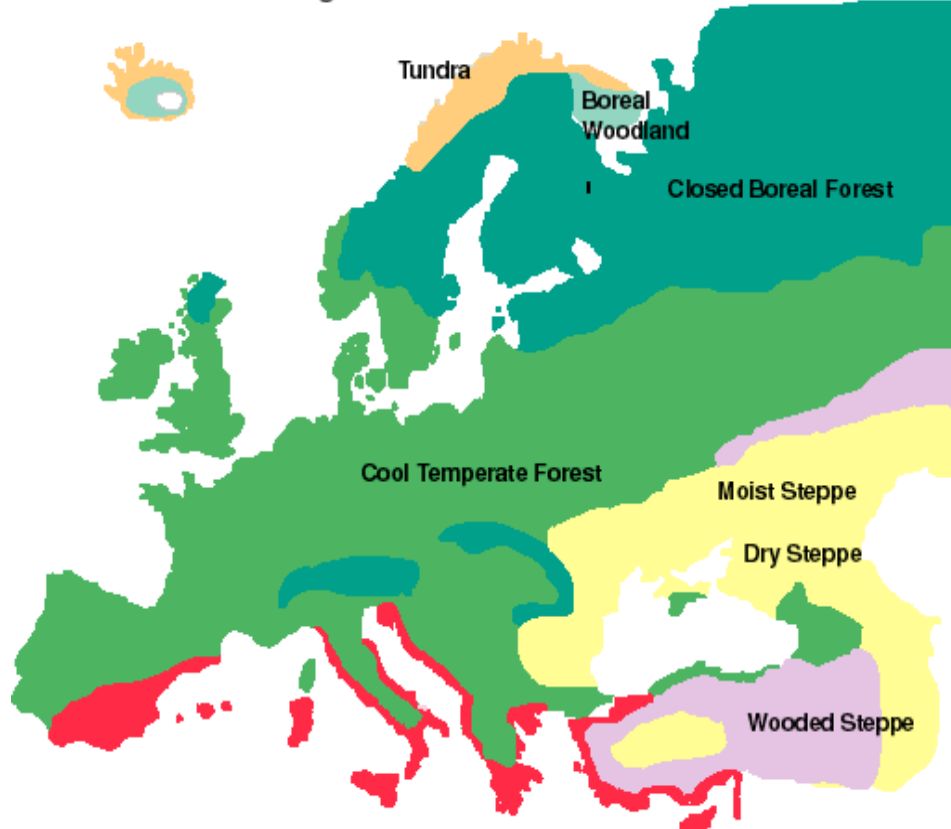


5°C, juste un pull en moins ?

22,000 – 14,000 ¹⁴C years ago



Present Potential Vegetation



Source: Quaternary Environments Network

L'Europe il y a 20.000 ans

L'Europe actuelle

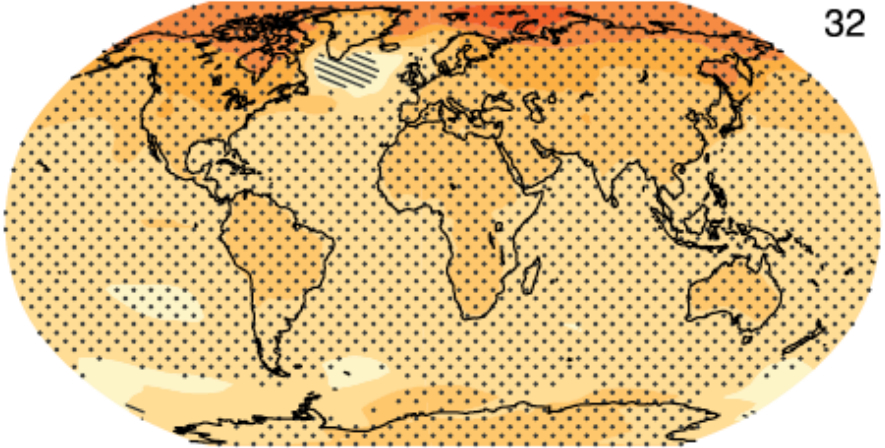
Moyenne ↗ +5°C



Chauffe Marcel

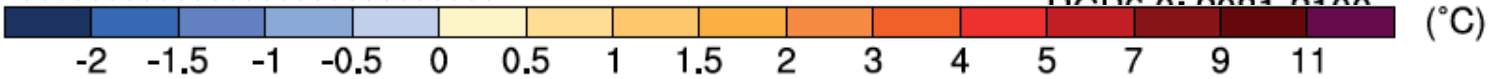
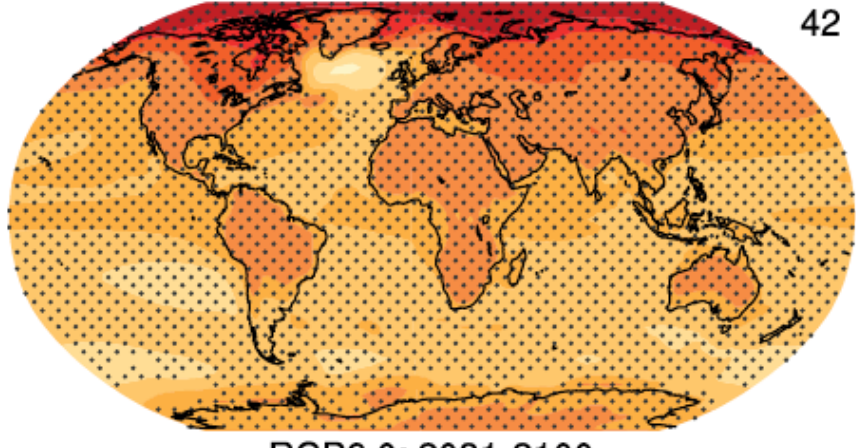
RCP2.6: 2081-2100

32



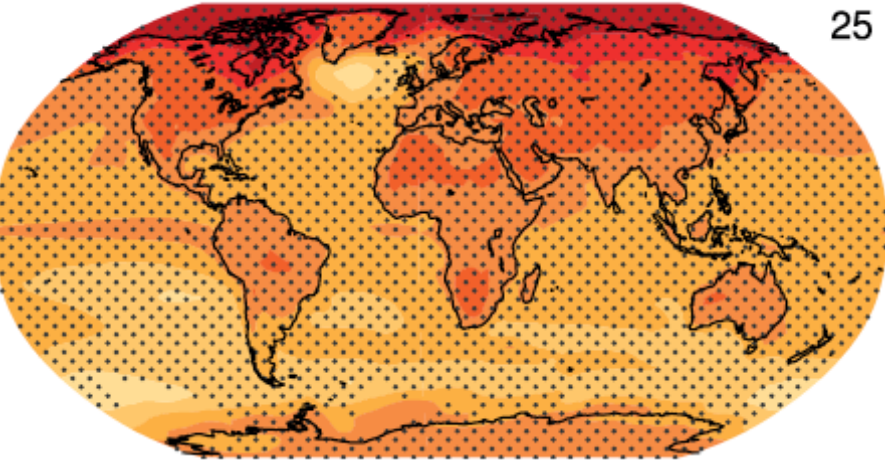
RCP4.5: 2081-2100

42

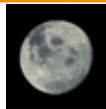


RCP6.0: 2081-2100

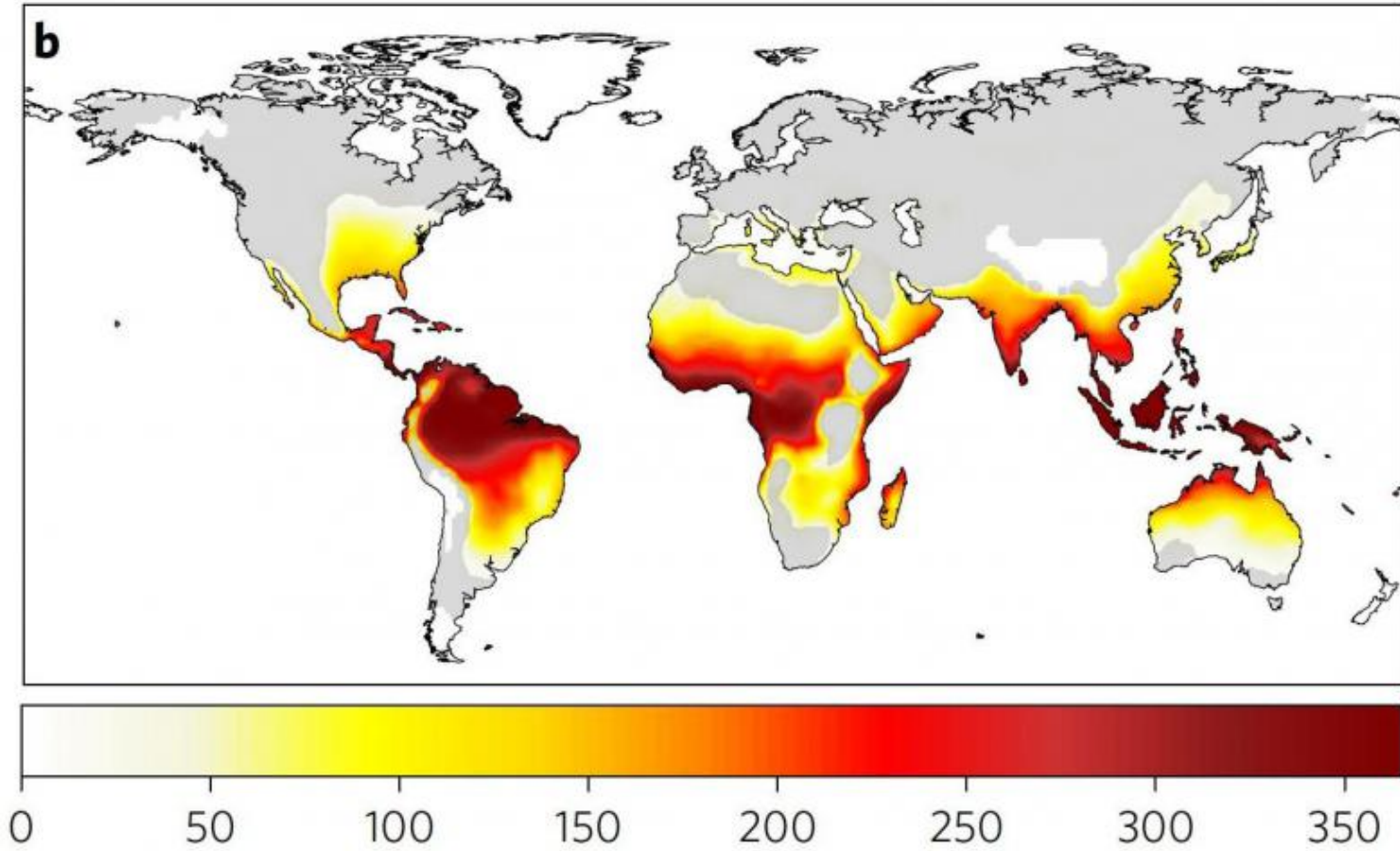
25



Évolution régionale de la température (°C) par rapport à la moyenne 1986-2005 selon le scénario. Source IPCC, 5è rapport d'évaluation, 2014

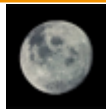


Chauffe un peu trop Marcel

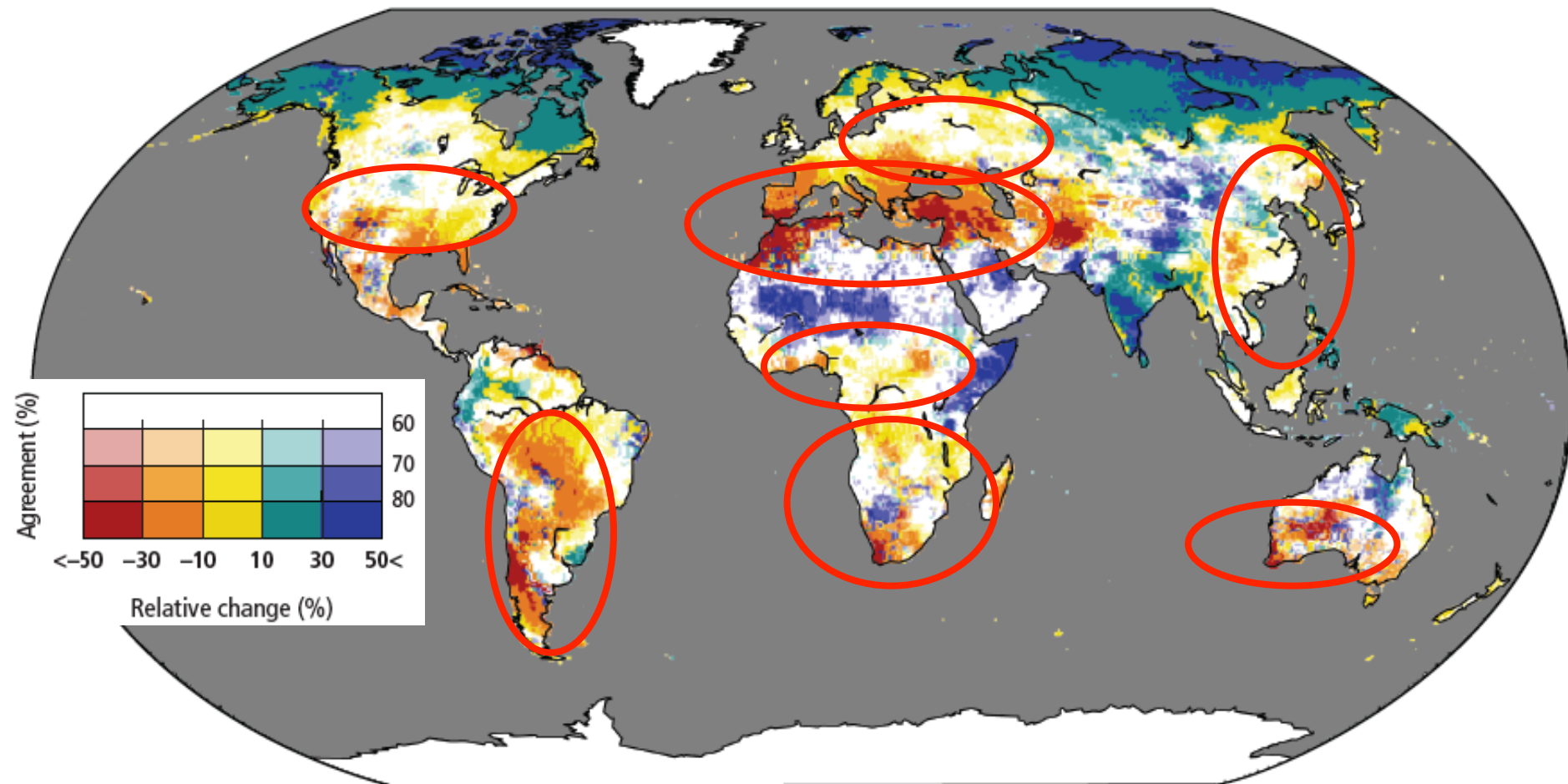


**Number of days per year above deadly threshold
(2100, RCP 8.5, +4°C of global increase)**

Source : Camilla Mora et al, Global Risk of deadly heat, Nature Climate Change, June 2017

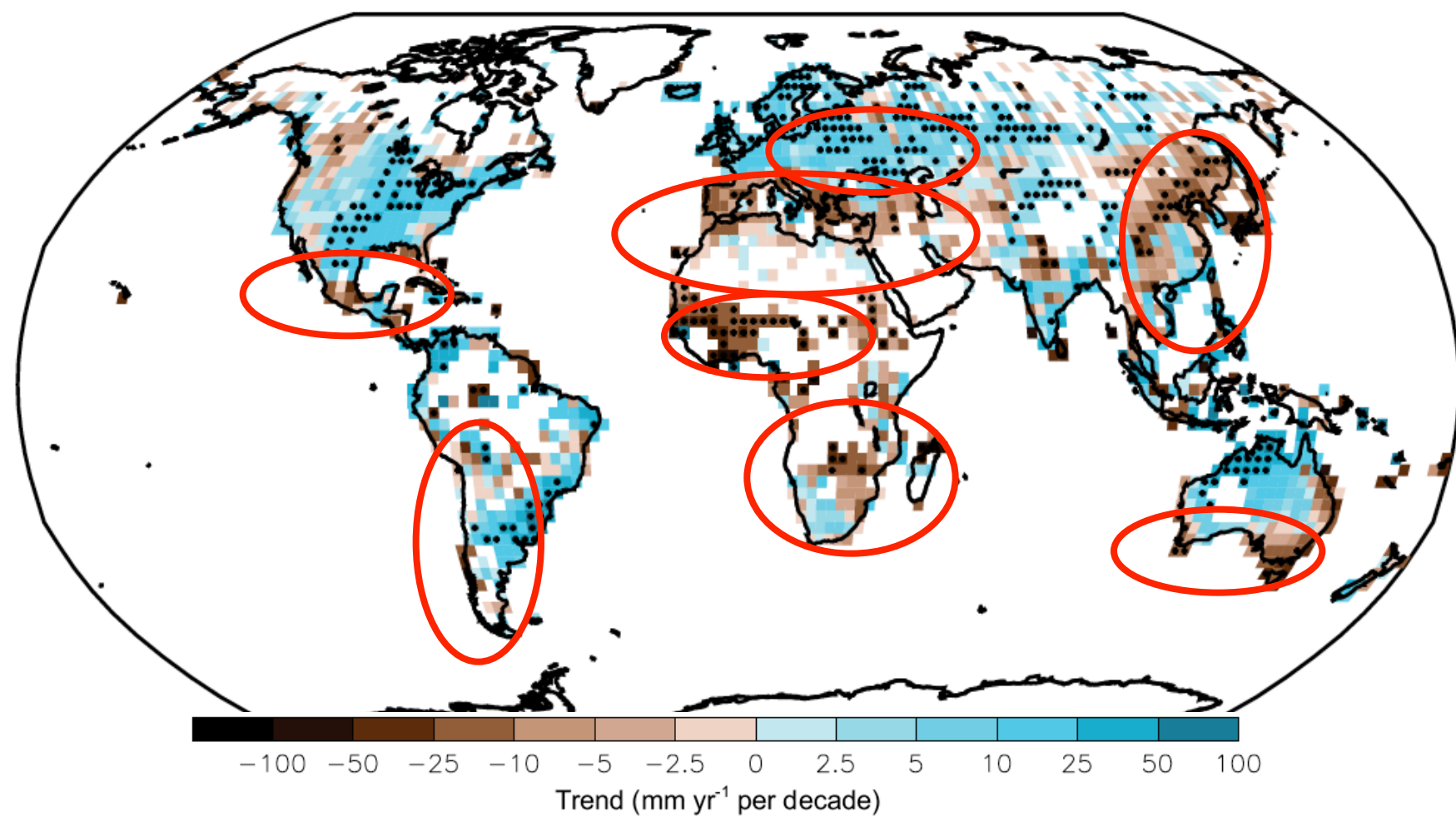


Pleuvra, pleuvra pas ?

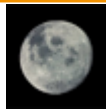


Moyenne inter-modèles de l'évolution des précipitations pour une hausse de 2°C de la moyenne par rapport à 1980-2010. Source : GIEC, 5^e rapport d'évaluation, 2014

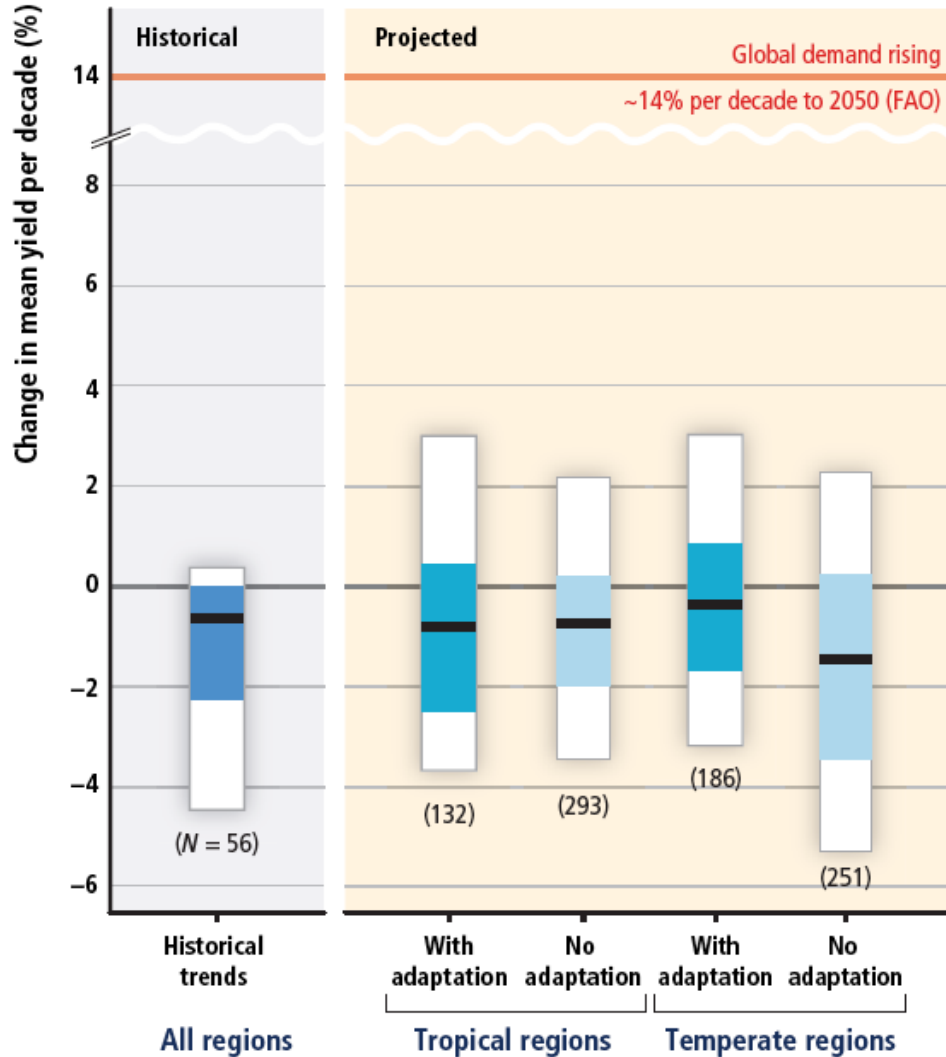
Pour plus tard, vous dites ?



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



Poussera, poussera pas ?



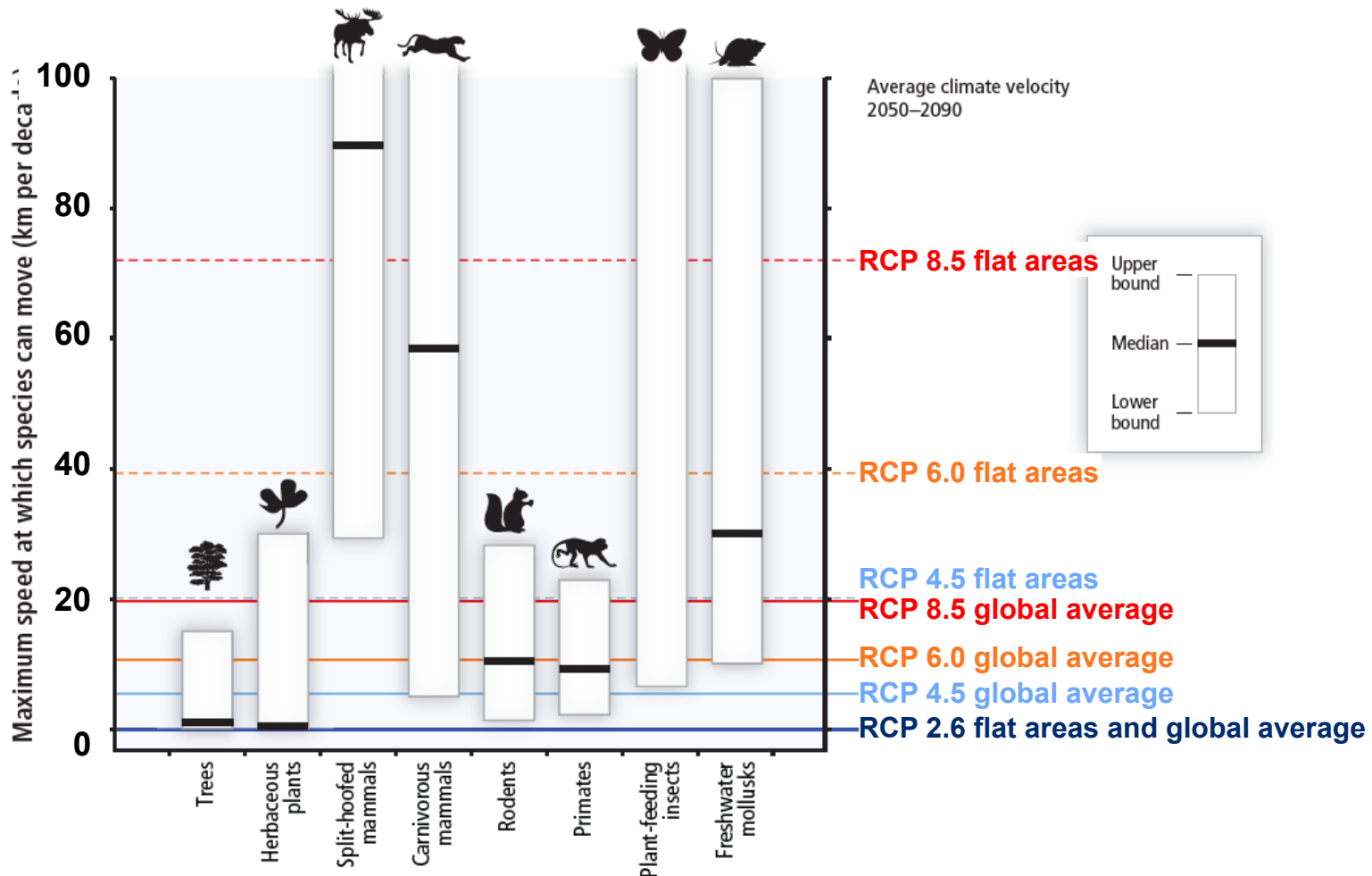
Augmentation de la demande : $\approx 14\%$ par décennie selon FAO. Comment concilier les deux approches ?

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

Source GIEC, 5^e rapport d'évaluation, 2014



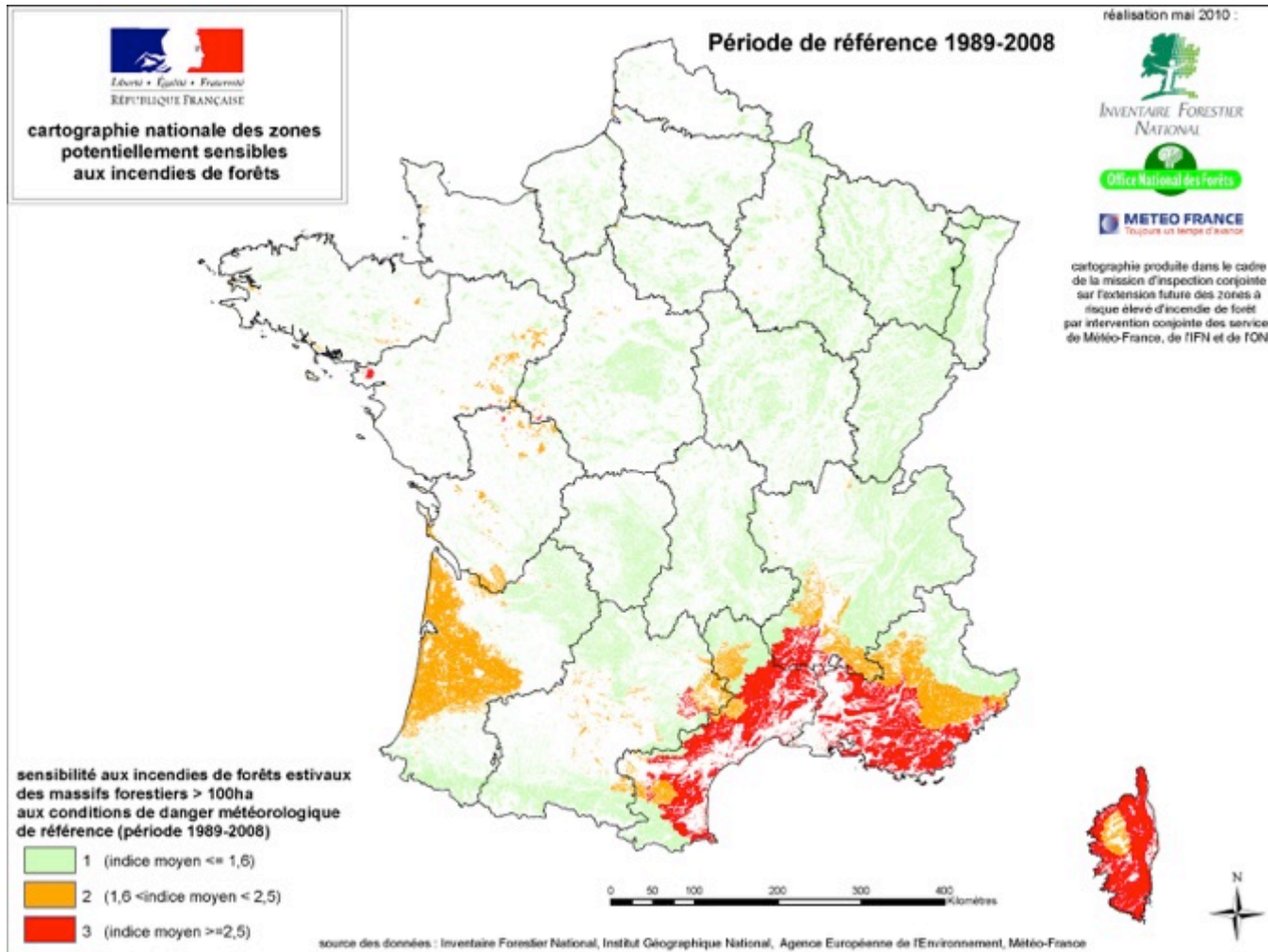
Survivra, survivra pas ?



Vitesse de migration possible de diverses classes d'espèces, et vitesse de déplacement des zones climatiques vers les pôles. Source GIEC, 5è rapport d'évaluation, 2014

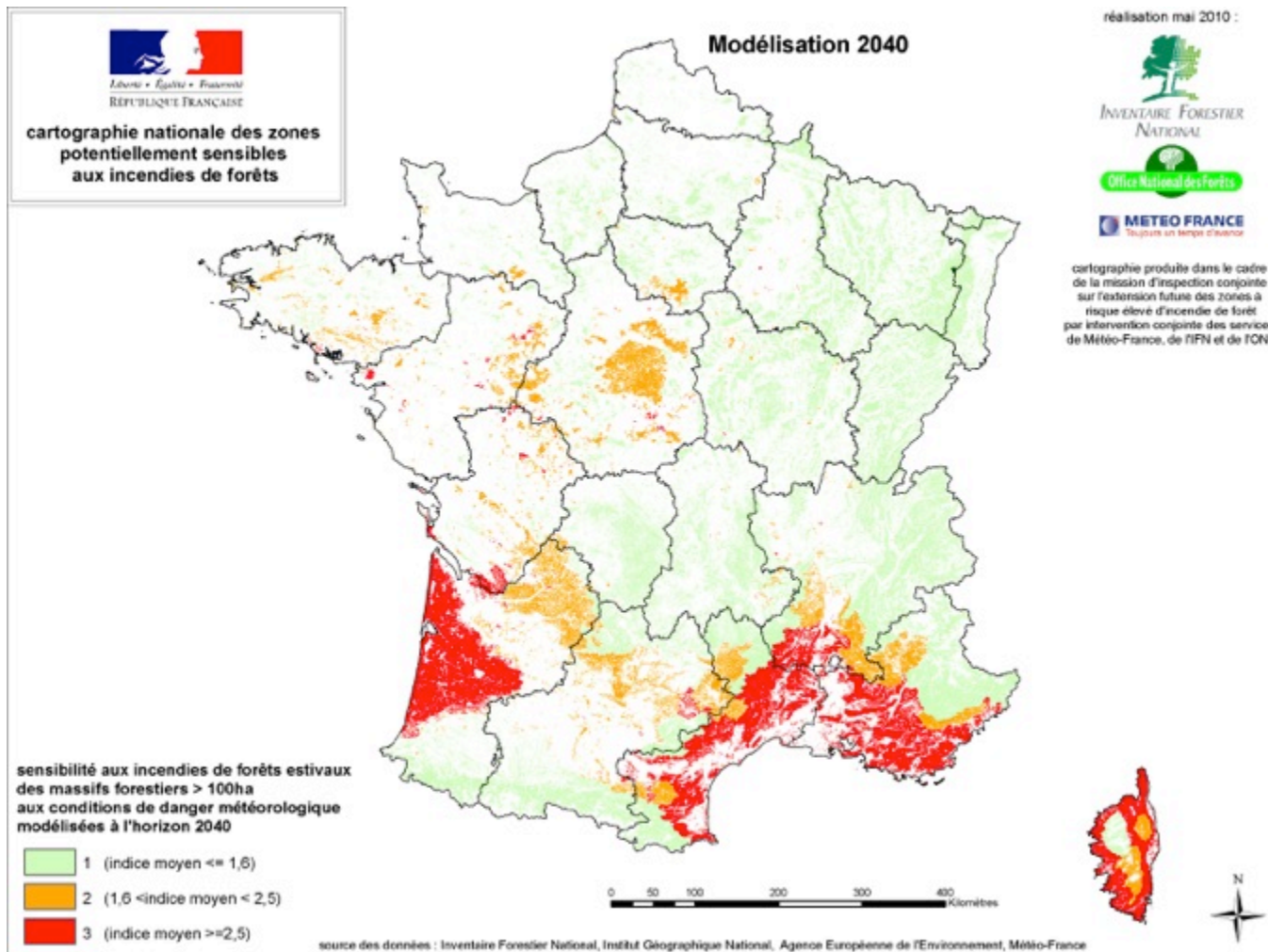


Au feu !



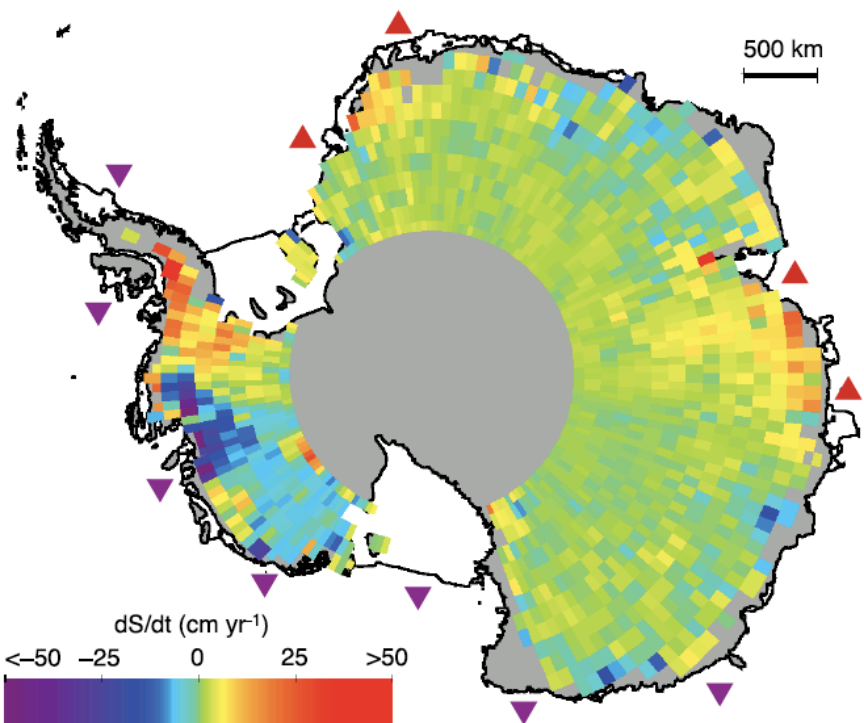
Risque d'incendie en France

Au feu !



Risque d'incendie en France

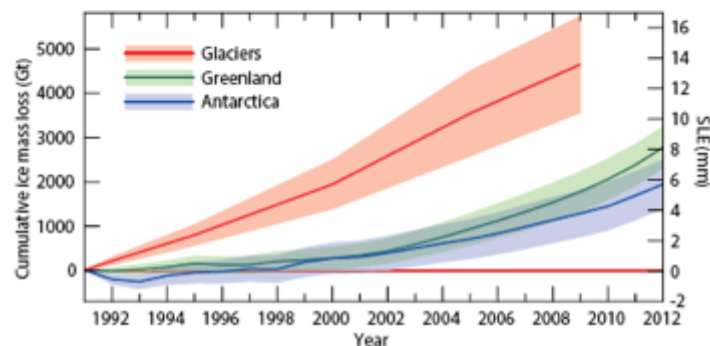
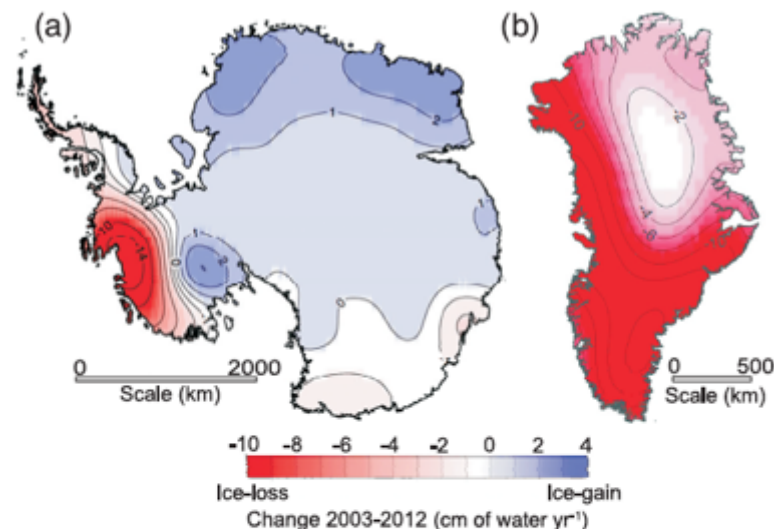
Fondra, fondra pas ?



Variation annuelle moyenne de l'altitude du sommet de la calotte Antarctique (en cm), entre 1992 et 2003.

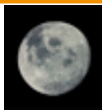
Fonte de Σ Antarctique = + 57 m pour l'océan mondial ; calotte Occidentale \approx 6 m.

(4th Assessment Report, GIEC, 2007)

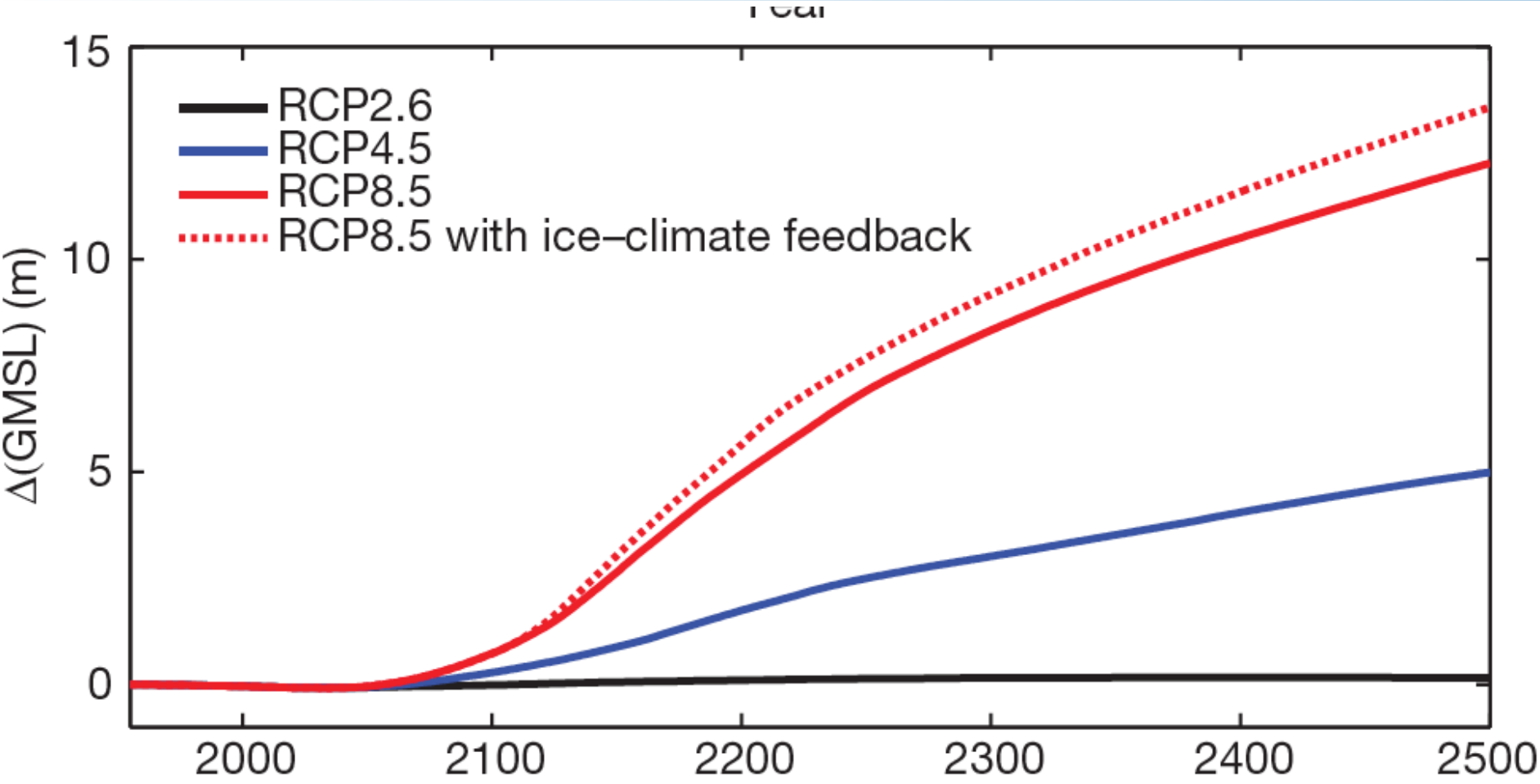


Variation du niveau de la surface des calottes sur la période 2003-2012 (haut), et contribution des glaciers à la hausse du niveau de l'océan mondial (bas).

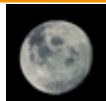
(5th Assessment Report, GIEC, 2014)



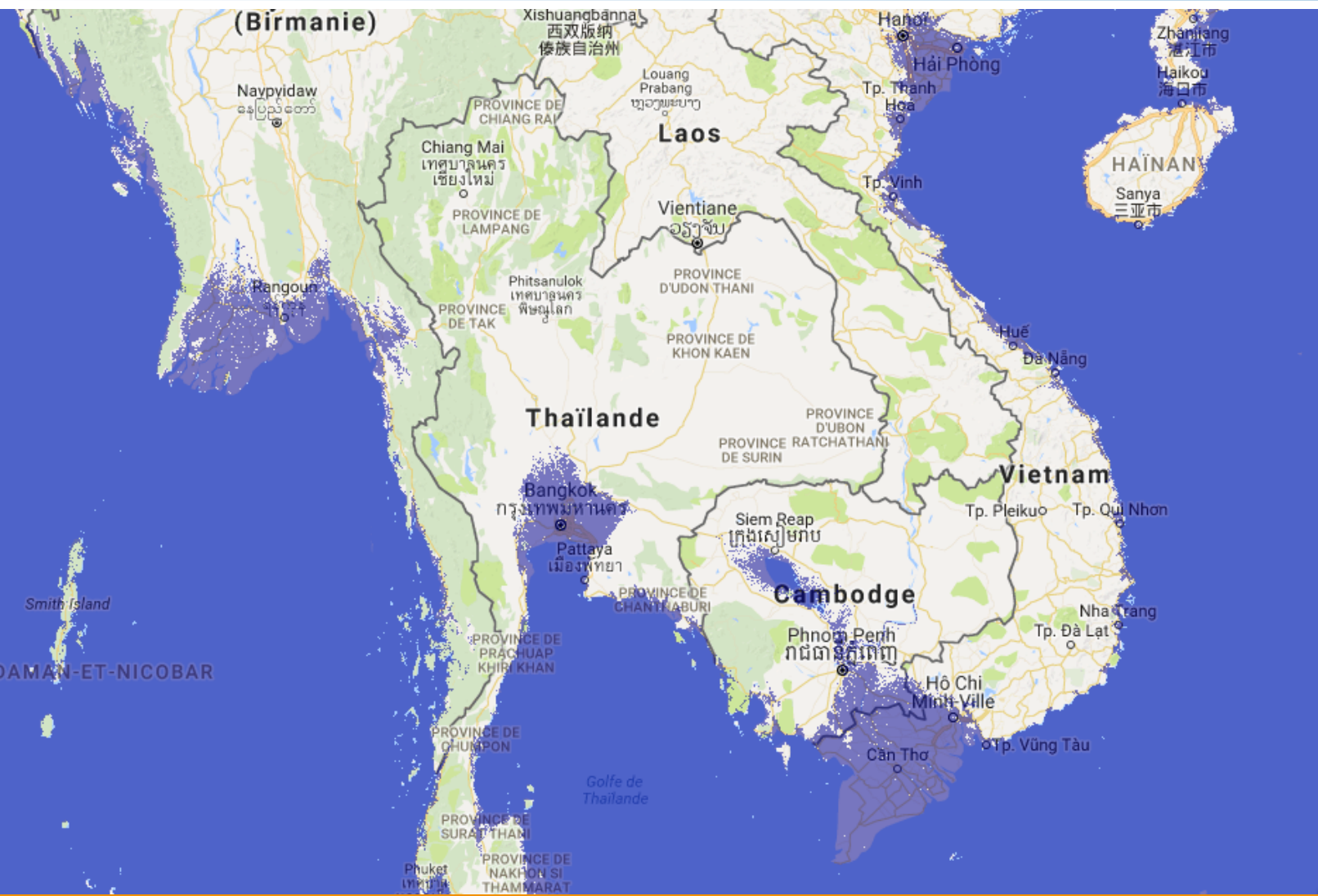
On monte une deuxième fois



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



Gérer un port en 2478 risque d'être compliqué



Simulation avec un océan plus haut de 9 m



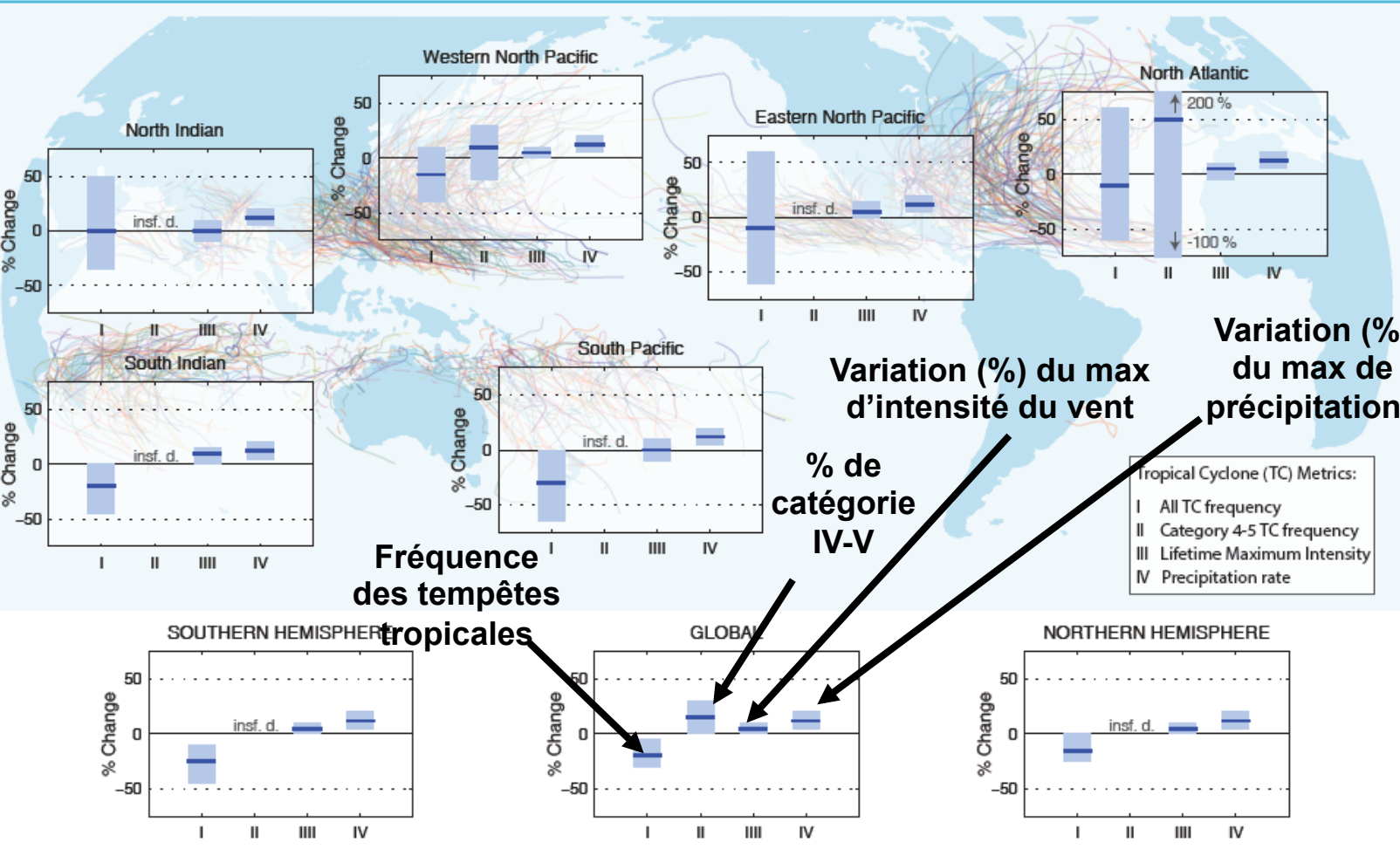
Gérer un port en 2478 risque d'être compliqué (bis)



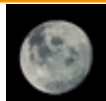
Simulation
avec un
océan plus
haut de 9 m



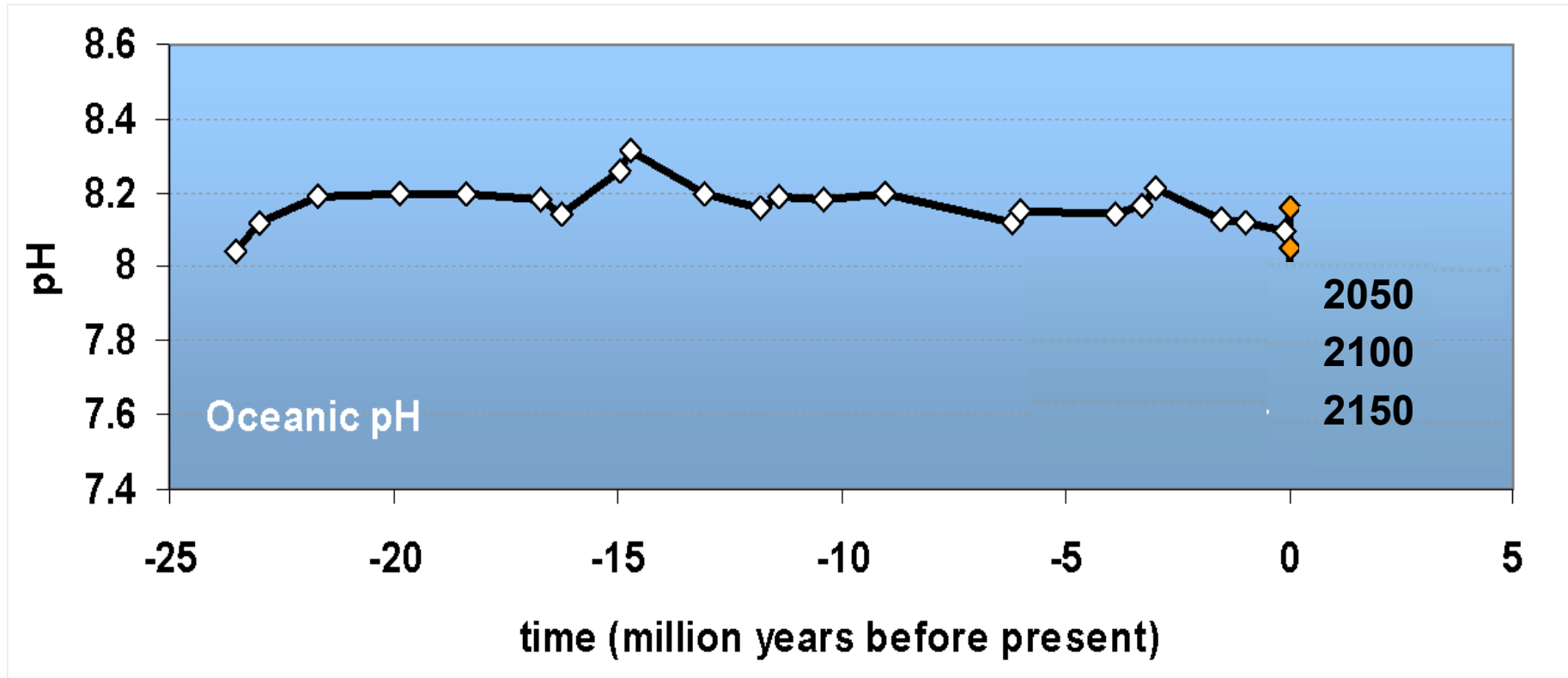
Détruira, détruira pas ?



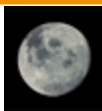
Variation en 2080-2100 (par rapport à 2000-2019) de caractéristiques diverses des tempêtes tropicales. Source GIEC, 5è rapport d'évaluation, 2014



Le pH de l'océan, bien plus stable que tout régime politique !

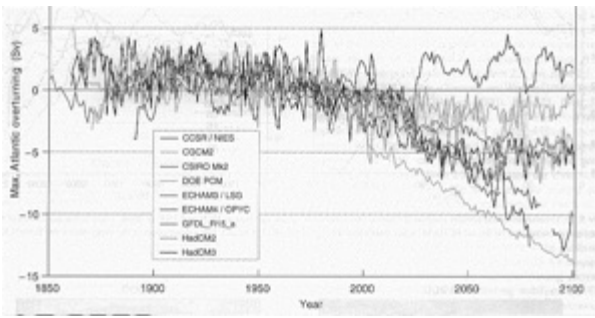


Variation du pH de l'océan reconstruite depuis 24 millions d'années, et évolution possible à l'avenir. Source Turley et al. 2006

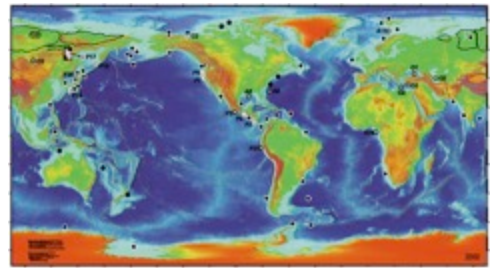


Partez pas, y'a du rab

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

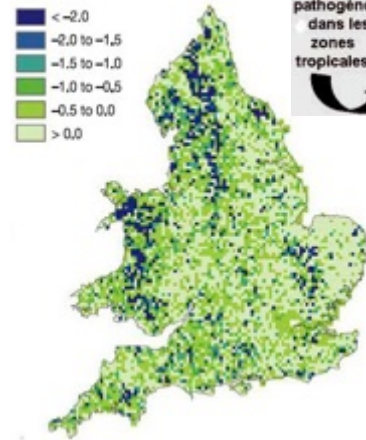


Changement de la circulation océanique

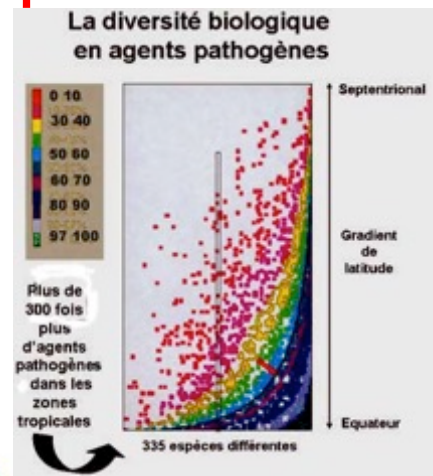


Fonte du permafrost et relargage de méthane

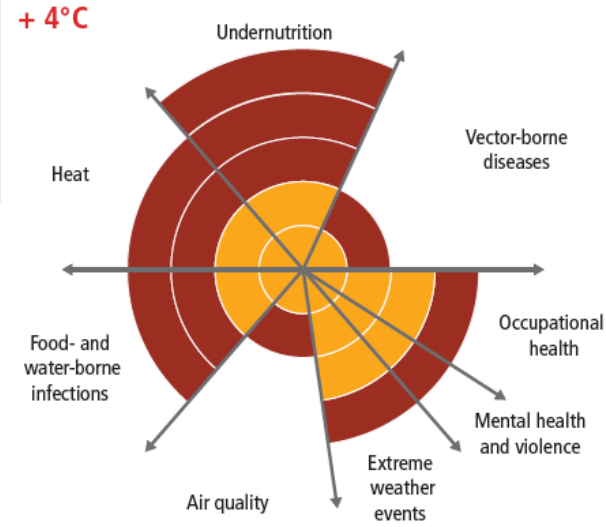
b Rate of change (g kg⁻¹ yr⁻¹)



Relargage du carbone des sols

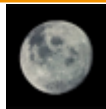


Maladies

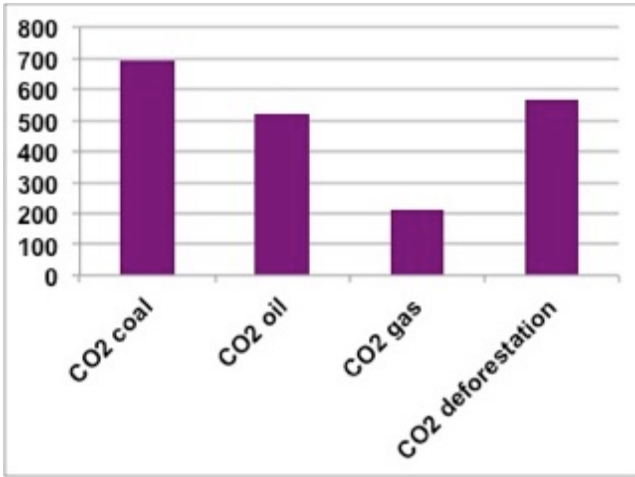
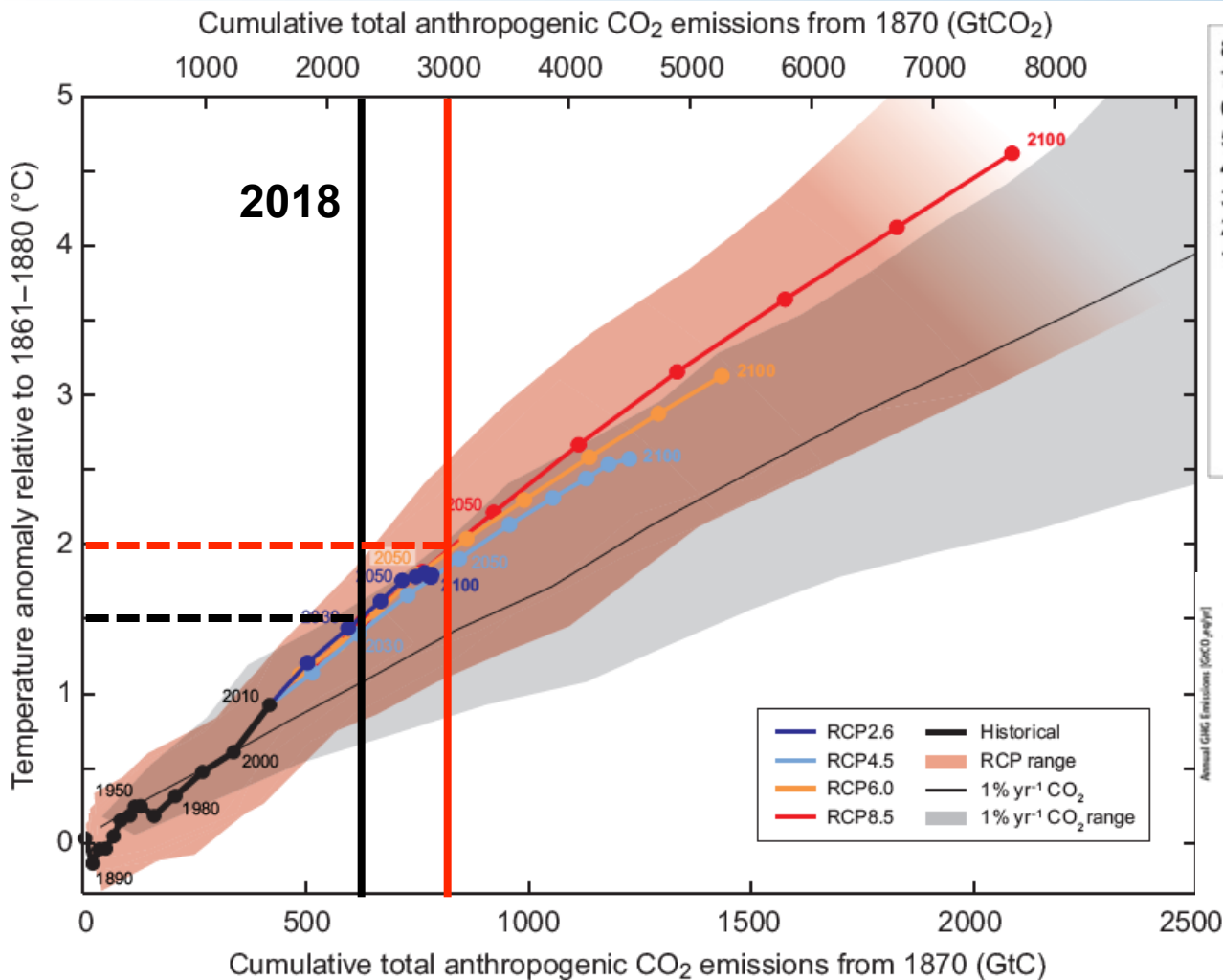


Conséquences sociétales

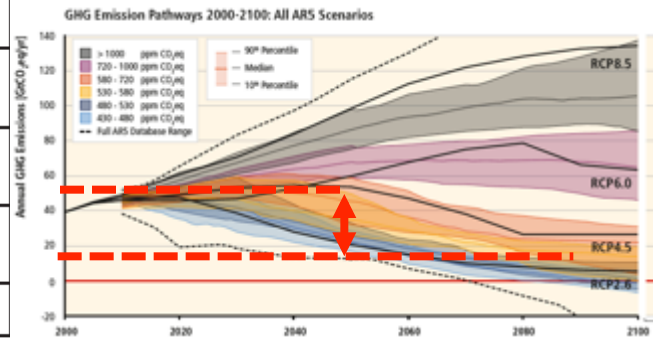
Et nous ne verrons jamais venir à l'avance toutes les conséquences possibles, puisque l'expérience est inédite



2°C, fingers in the nose?

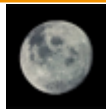


Emissions cumulées de CO₂ depuis 1870 en Gt

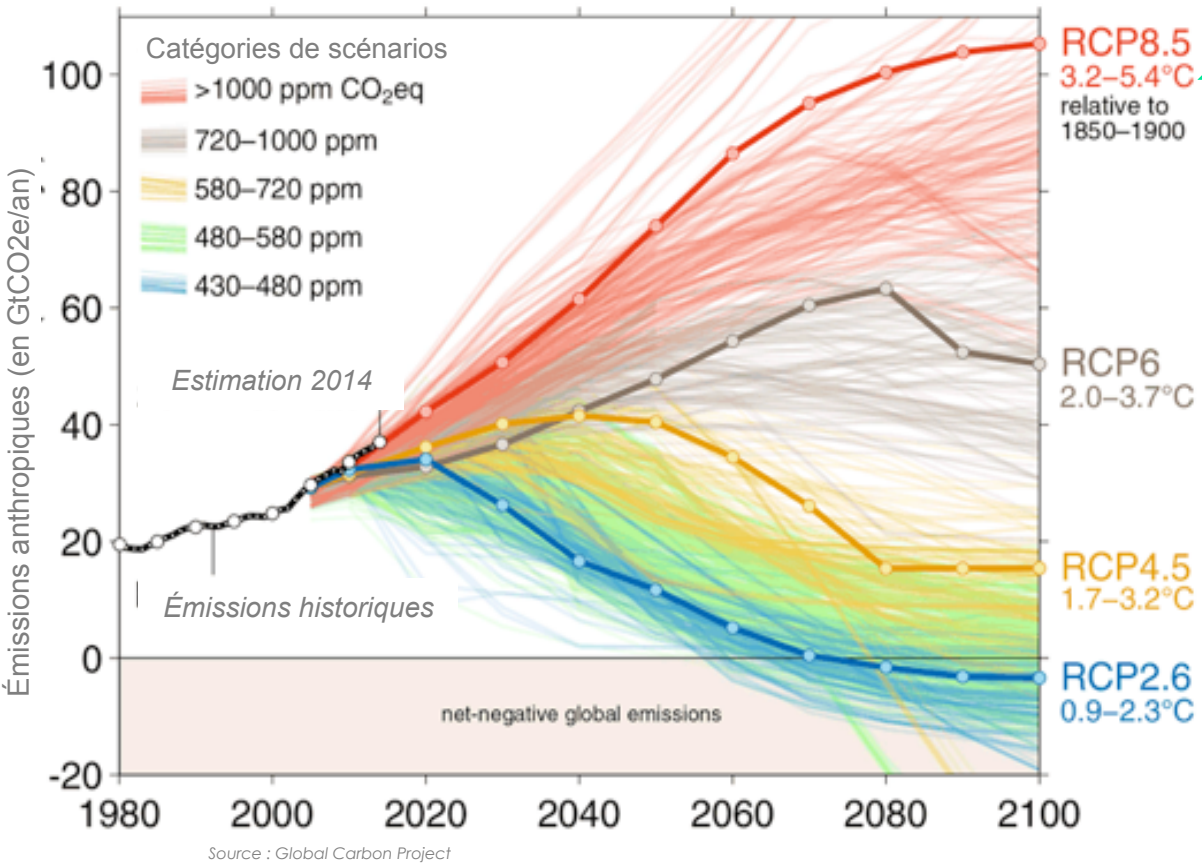


÷ 3 en 2050

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



Ou nous serons bas carbone, ou nous serons bas carbone...



Risques physiques



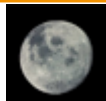
Risques provenant des conséquences du changement climatique

Risques de transition



Risques de déstabilisation du système liés à la transition vers une économie bas carbone.
(réglementation, fiscalité, troubles sociaux, etc)

Source : IPCC, 2015



Le changement climatique est un processus cumulatif, irréversible, à inertie considérable : la seule certitude que nous aurons quand ça commencera à être insupportable est que derrière ça sera pire

La bonne attitude prudentielle, pour des gens qui viennent de l'assurance, est simple à comprendre : payer dans ses capacités maintenant (décarboner) pour éviter de payer au-delà de ses capacités plus tard (subir les conséquences)

L'actuariat est aujourd'hui basé sur l'analyse des séries passées : c'est prédictif des risques futurs dans un monde stable, pas dans un monde en changement rapide -> il faut changer de méthodes 😊

Des questions ?

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

