

L'urgence climatique : Les bases physiques

Jean-Pascal van Ypersele

**(UCLouvain, Earth & Life Institute,
Centre G. Lemaître)**

Vice-président du GIEC de 2008 à 2015

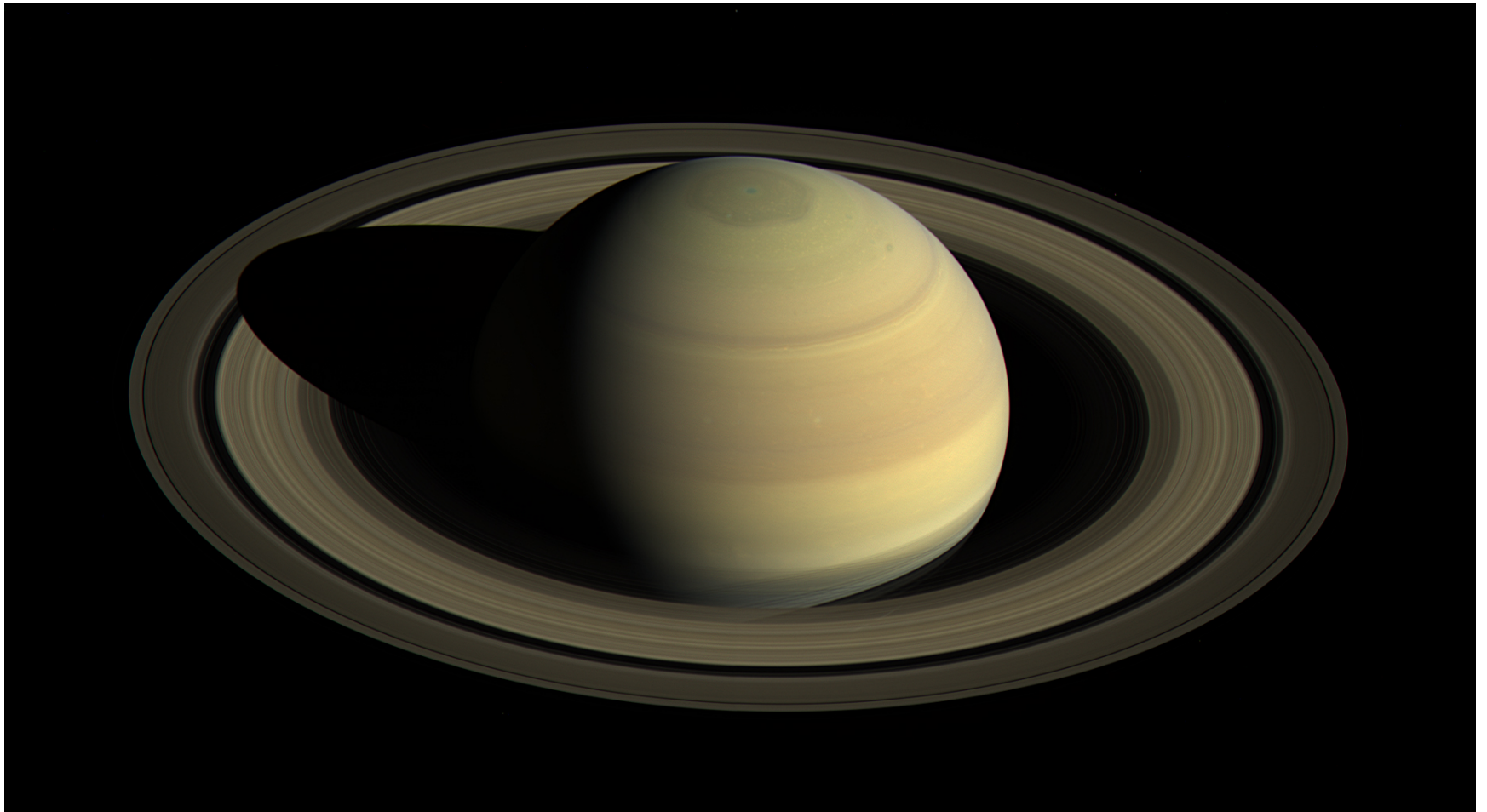
Twitter: @JPvanYpersele

**Marathon du climat, CNCD 11.11.11, Bruxelles,
19 mai 2019**

Merci au Gouvernement wallon pour son soutien à la www.plateforme-wallonne-giec.be et à mon équipe à l'Université catholique de Louvain

Fait n° 1: Il n'y a pas de planète B

Saturne, vue le 25-4-2016 depuis une distance de 3 millions de km par le satellite Cassini lancé en octobre 1997, 40 ans après Sputnik



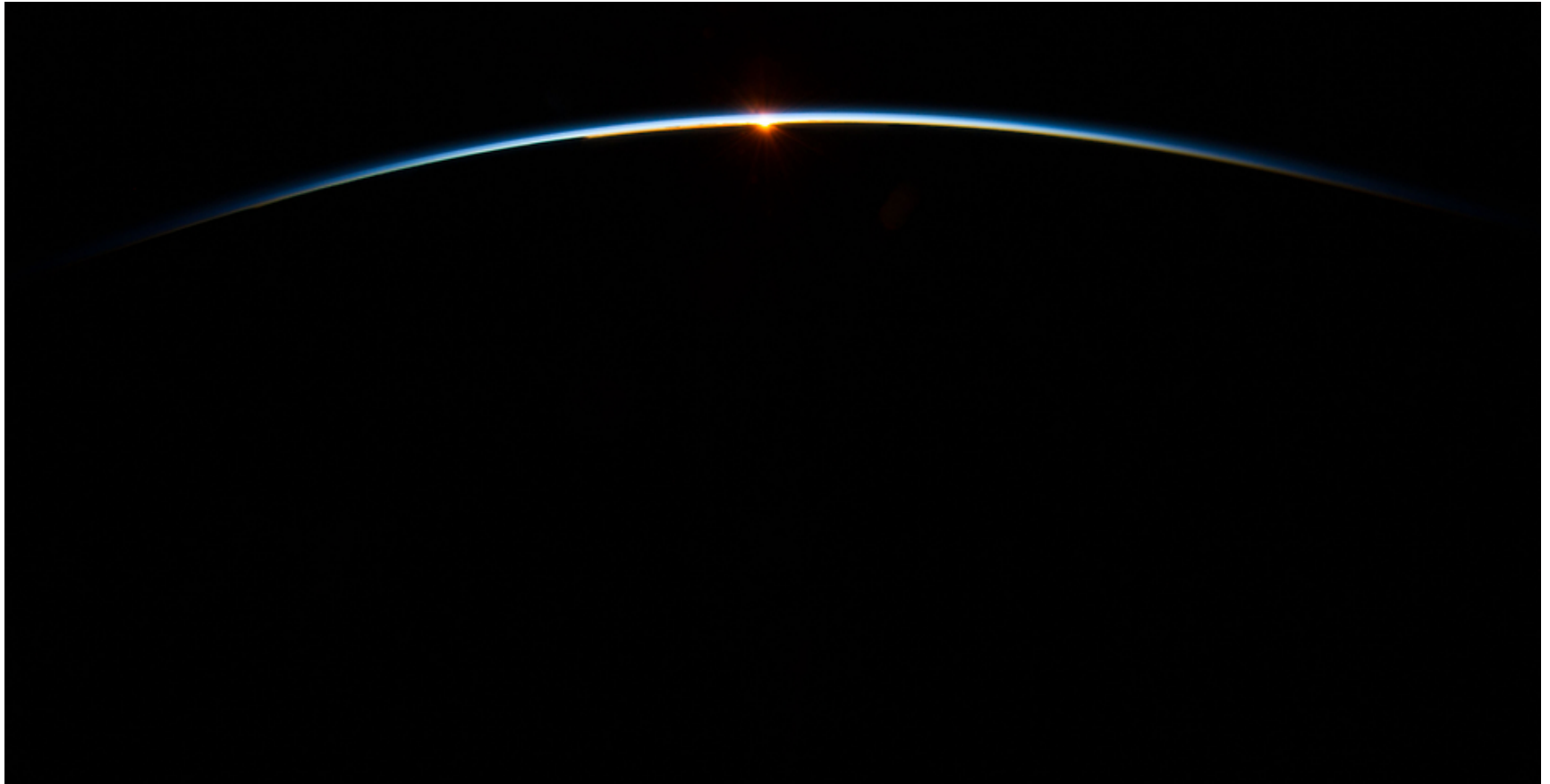
**Ce petit point bleu est la Terre, vue par Cassini,
proche de Saturne, depuis une distance de
1.4 milliards de km de nous, le 19-7-2013**





Apollo 17,
7 Dec. 1972

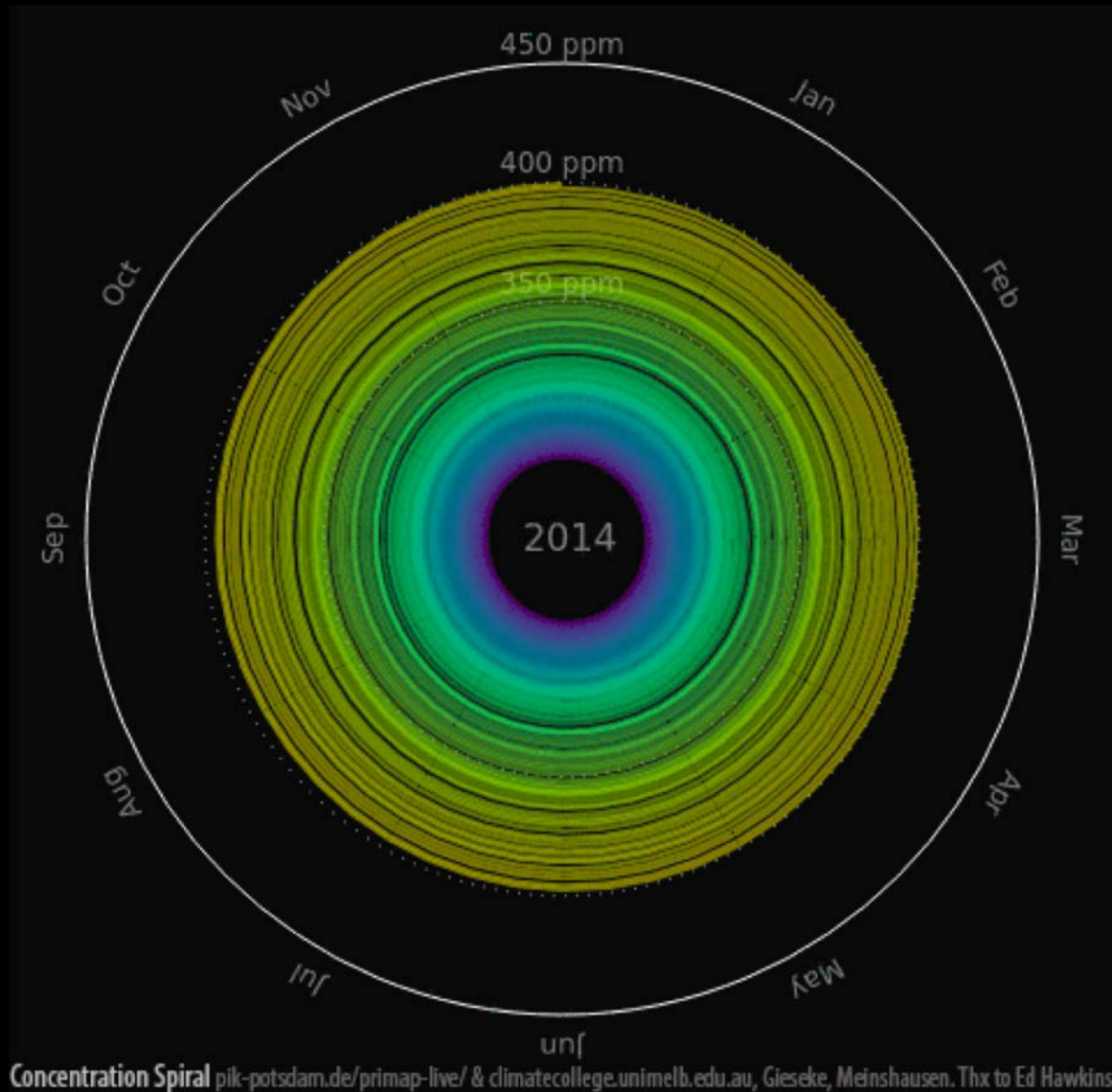
Notre atmosphère est fine et fragile (vue ici par l'équipage de la Station spatiale internationale le 31 juillet 2013



Jean-Pascal van Ypersele
(vanyp@climate.be)

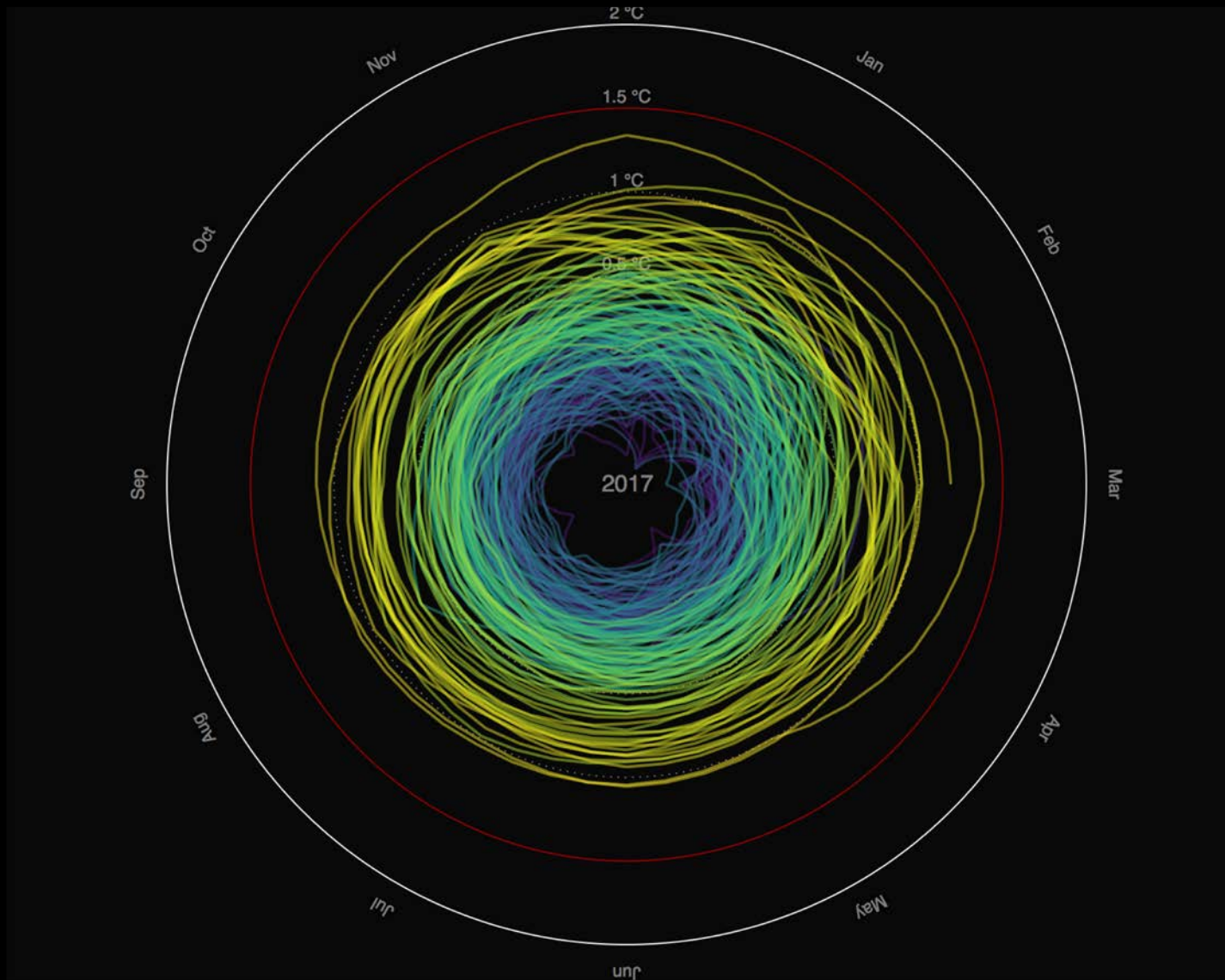
**Nous avons changé la
composition de l'atmosphère et
dérégulé le système climatique**

CO₂ concentration spiral: the insulation thickens!



CO₂ concentration spiral 1851-2014 (ppm), by Gieseke & Meinshausen,
Available on <http://pik-potsdam.de/primap-live>

Temperature spiral



Global Mean Temperature in °C relative to 1850 – 1900

Graph: Ed Hawkins (Climate Lab Book) – Data: HadCRUT4 global temperature dataset

Animated version available on <http://openclimatedata.net/climate-spirals/temperature>

Depuis 1950, les **jours extrêmement chauds** and les **pluies intenses** sont devenues plus courants

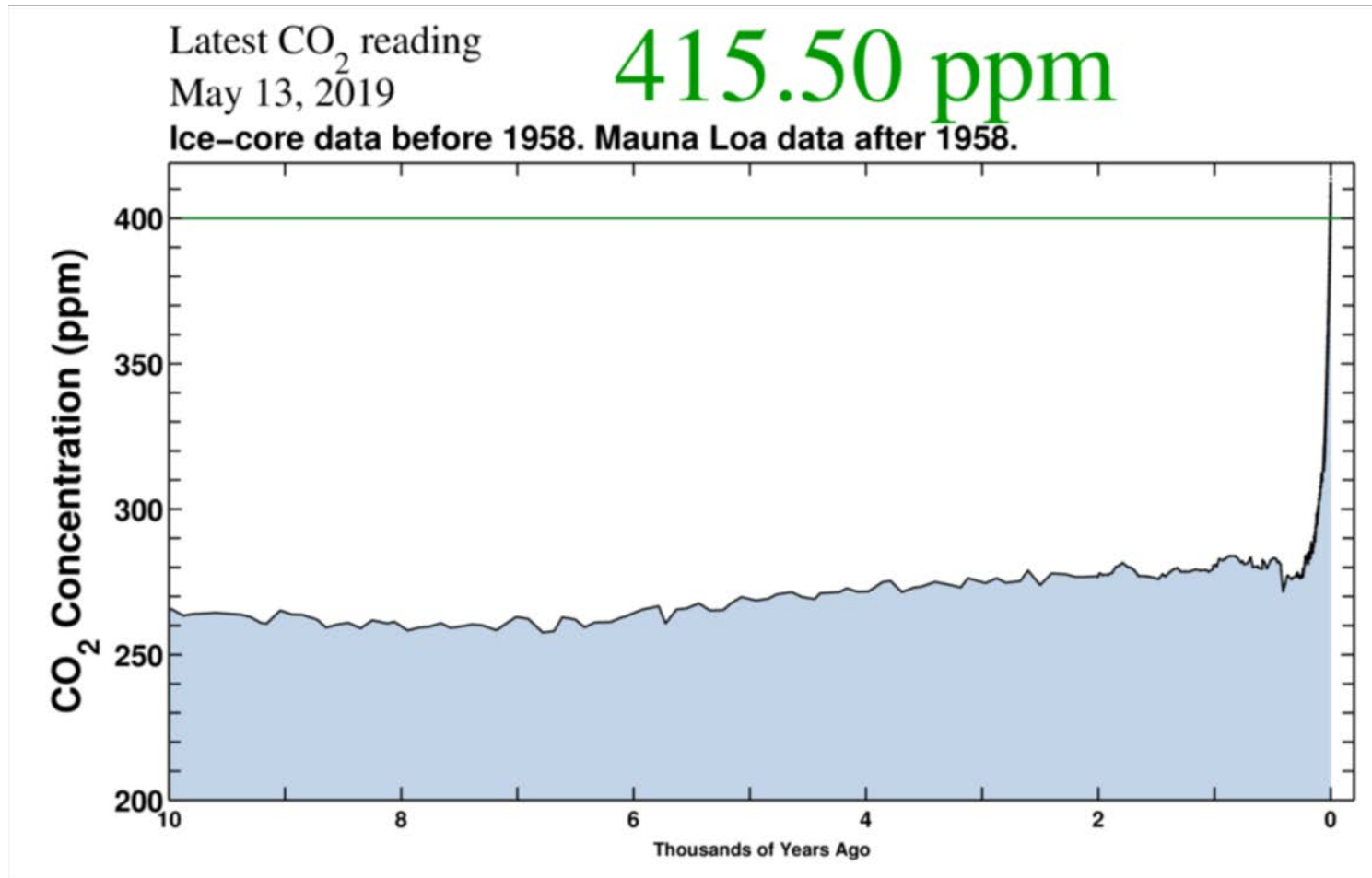


There is evidence that anthropogenic influences, including increasing atmospheric **greenhouse gas concentrations**, have changed these extremes

**Parce que nous utilisons
l'atmosphère comme poubelle,
nous épaississons la couverture
isolante autour de la Terre**

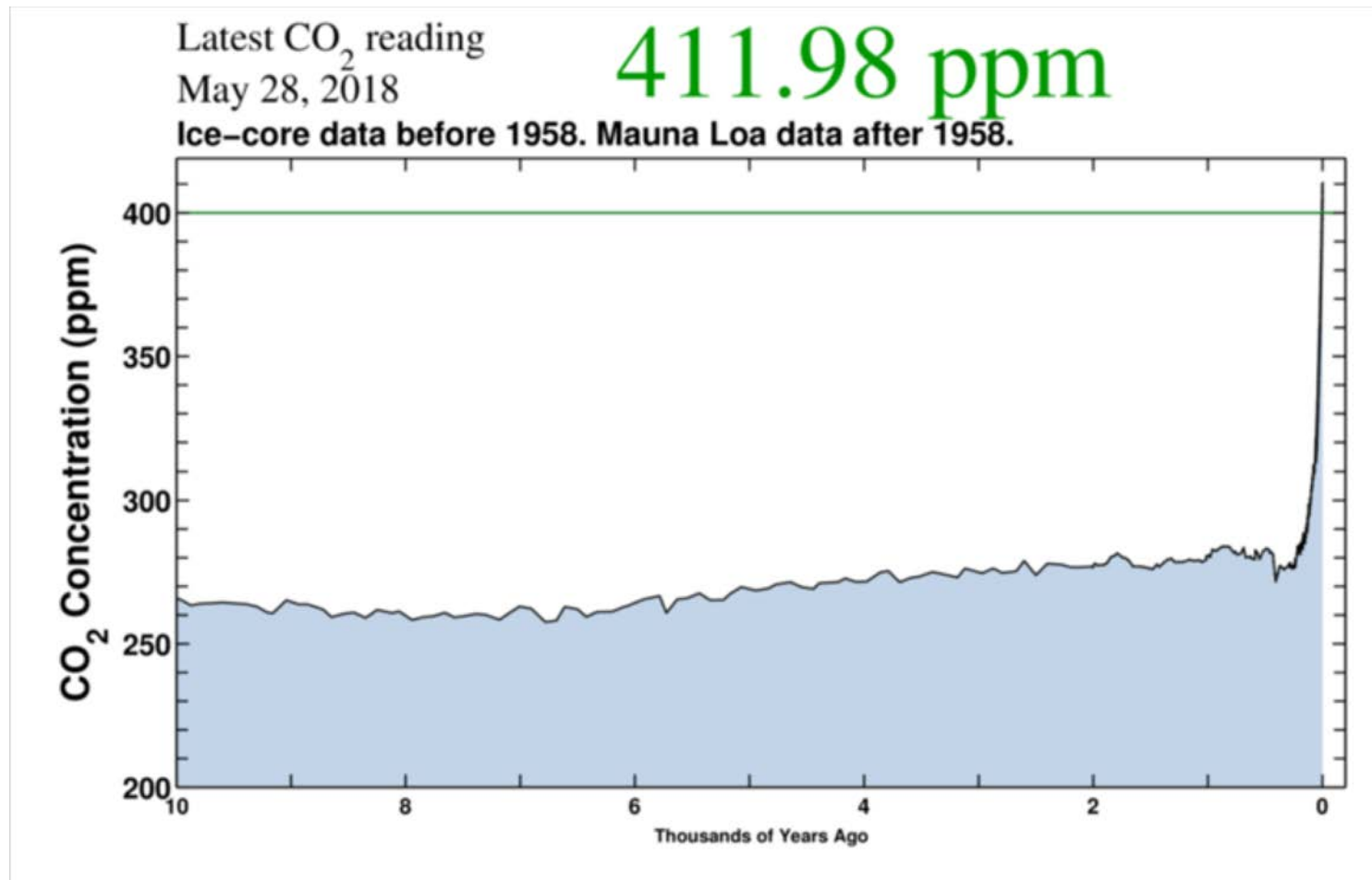
**Nous devons donc arriver le plus vite
possible à des émissions nulles**

CO₂ Concentration, 13 May 2019 (Keeling curve)



Source: scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/

CO₂ Concentration, 28 May 2018 (Keeling curve)



Source: scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/

Discovery of the Greenhouse Effect

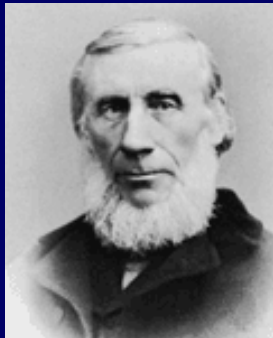
Joseph Fourier (1827)

Recognized that gases in the atmosphere might trap the heat received from the Sun.



John Tyndall (1859)

Careful laboratory experiments demonstrated that several gases could trap infrared radiation. The most important was simple water vapor. Also effective was carbon dioxide, although in the atmosphere the gas is only a few parts in ten thousand.



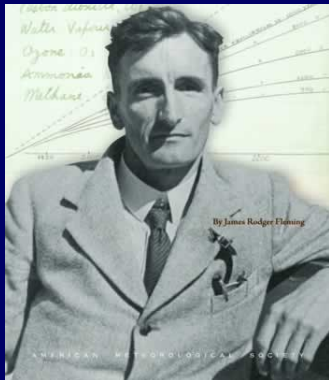
Svante Arrhenius (1896)

Performed numerical calculations that suggested that doubling the amount of carbon dioxide in the atmosphere could raise global mean surface temperatures by 5-6°C.
(not reliable yet : errors & lack of appropriate data)



Guy Callendar (1939)

Argued that rising levels of carbon dioxide were responsible for measurable increases in Earth surface temperatures. Estimated that doubling the amount of CO₂ in the atmosphere could raise global mean surface temperatures by 2°C.¹

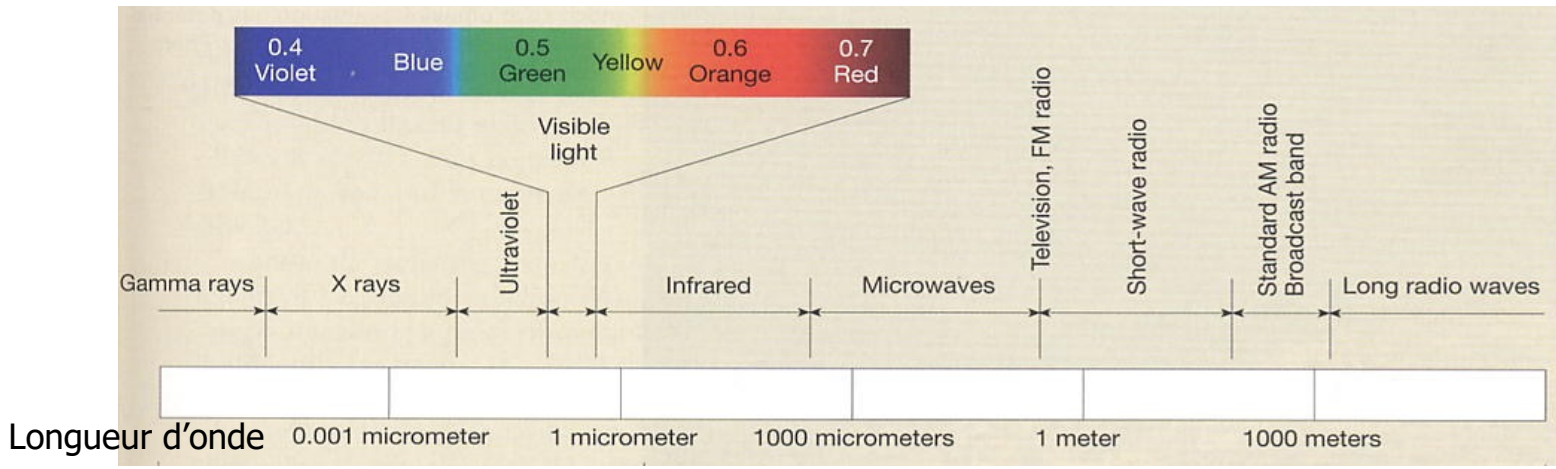


GREENHOUSE EFFECT?

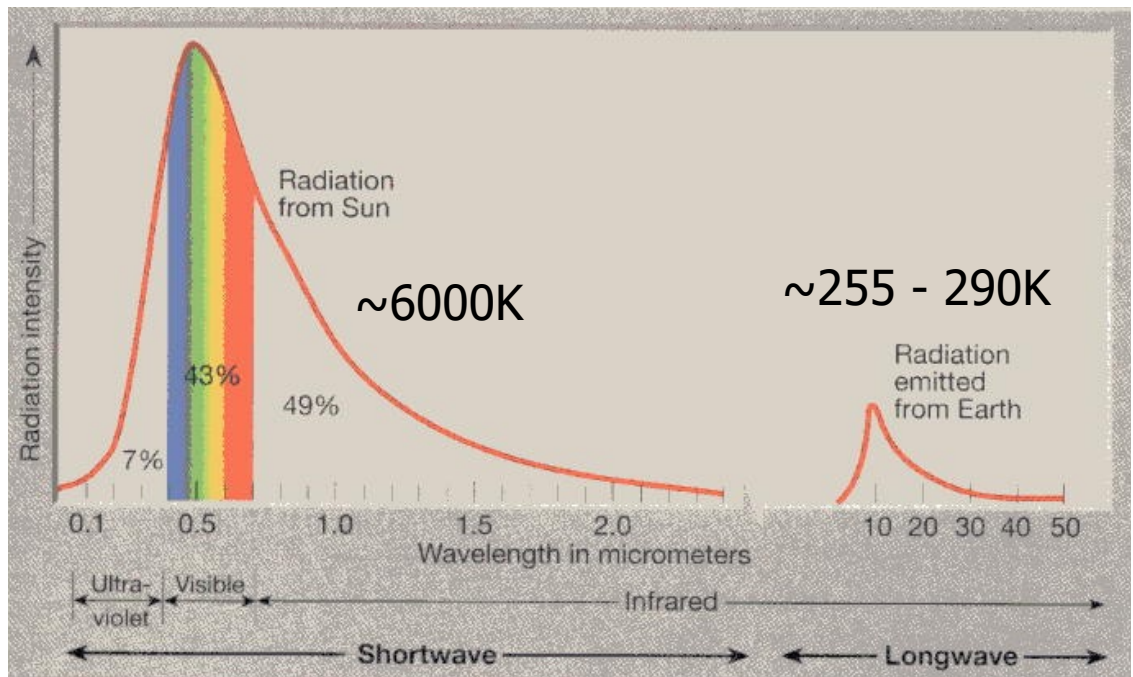


... un peu d'analogie,
mais grande
différence
de principe

Spectre du rayonnement électromagnétique



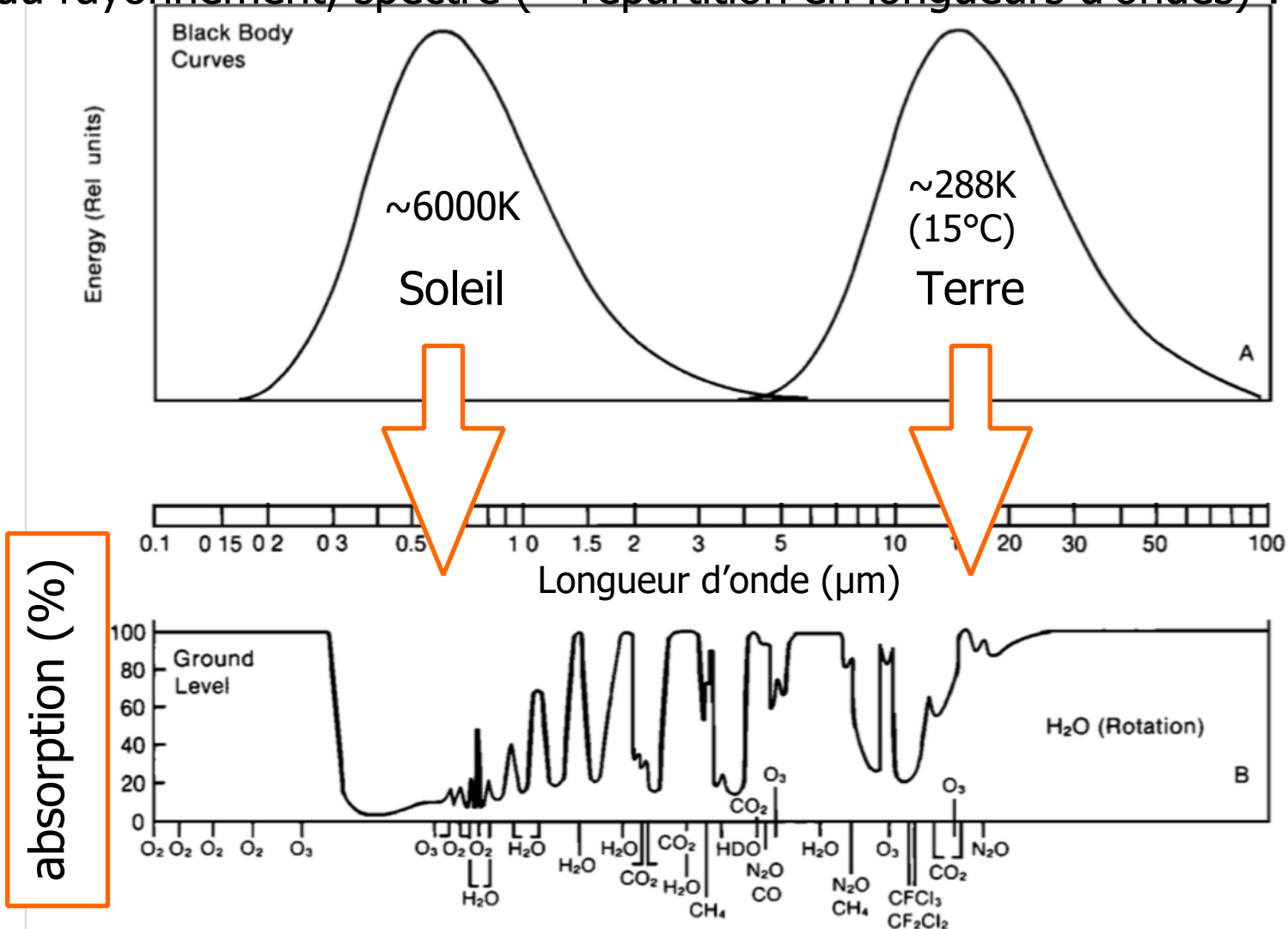
Spectres des rayonnements solaire et terrestre



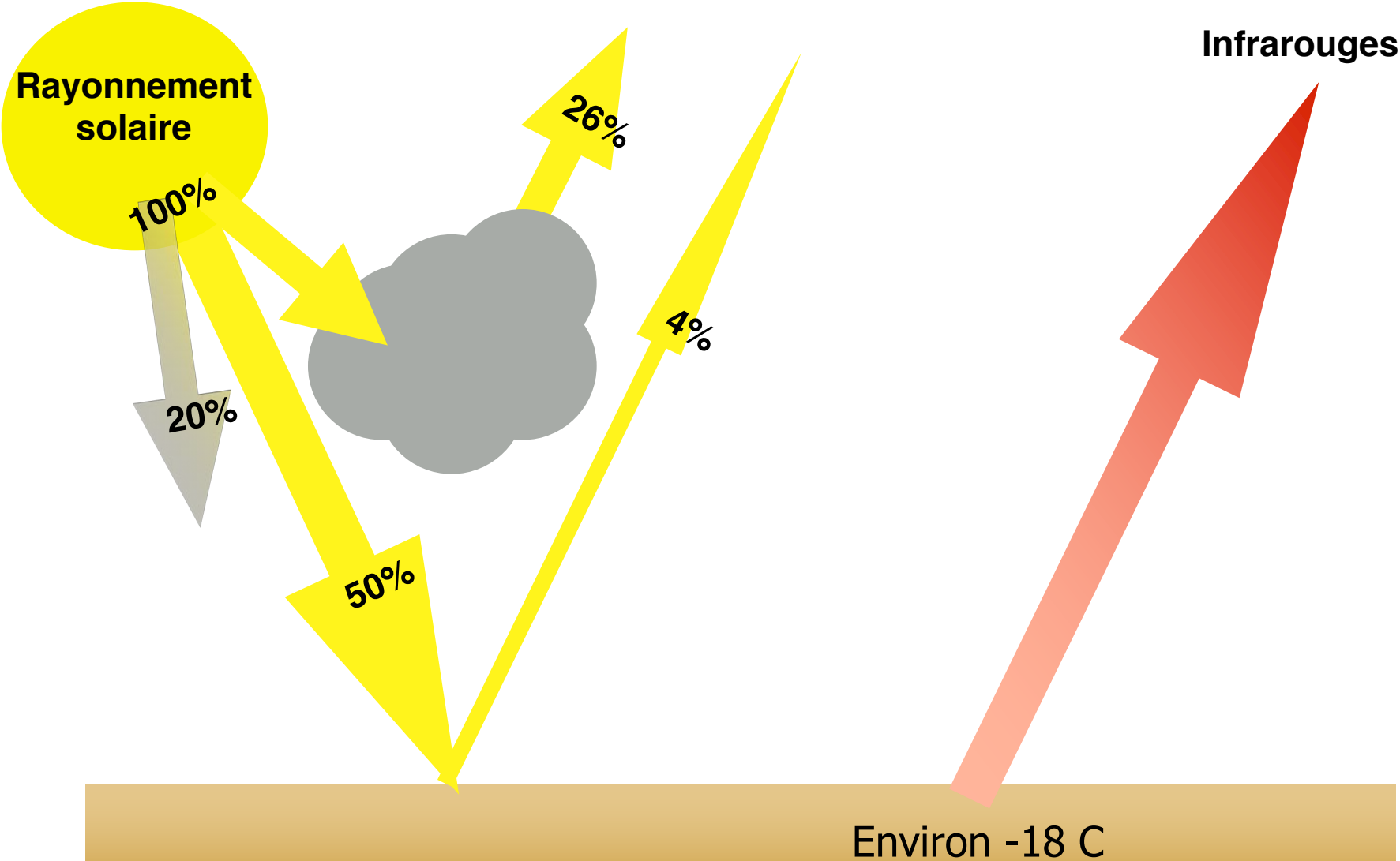
(0°C = +273K)

Le rayonnement solaire passe largement l'atmosphère, mais l'infrarouge est largement absorbé

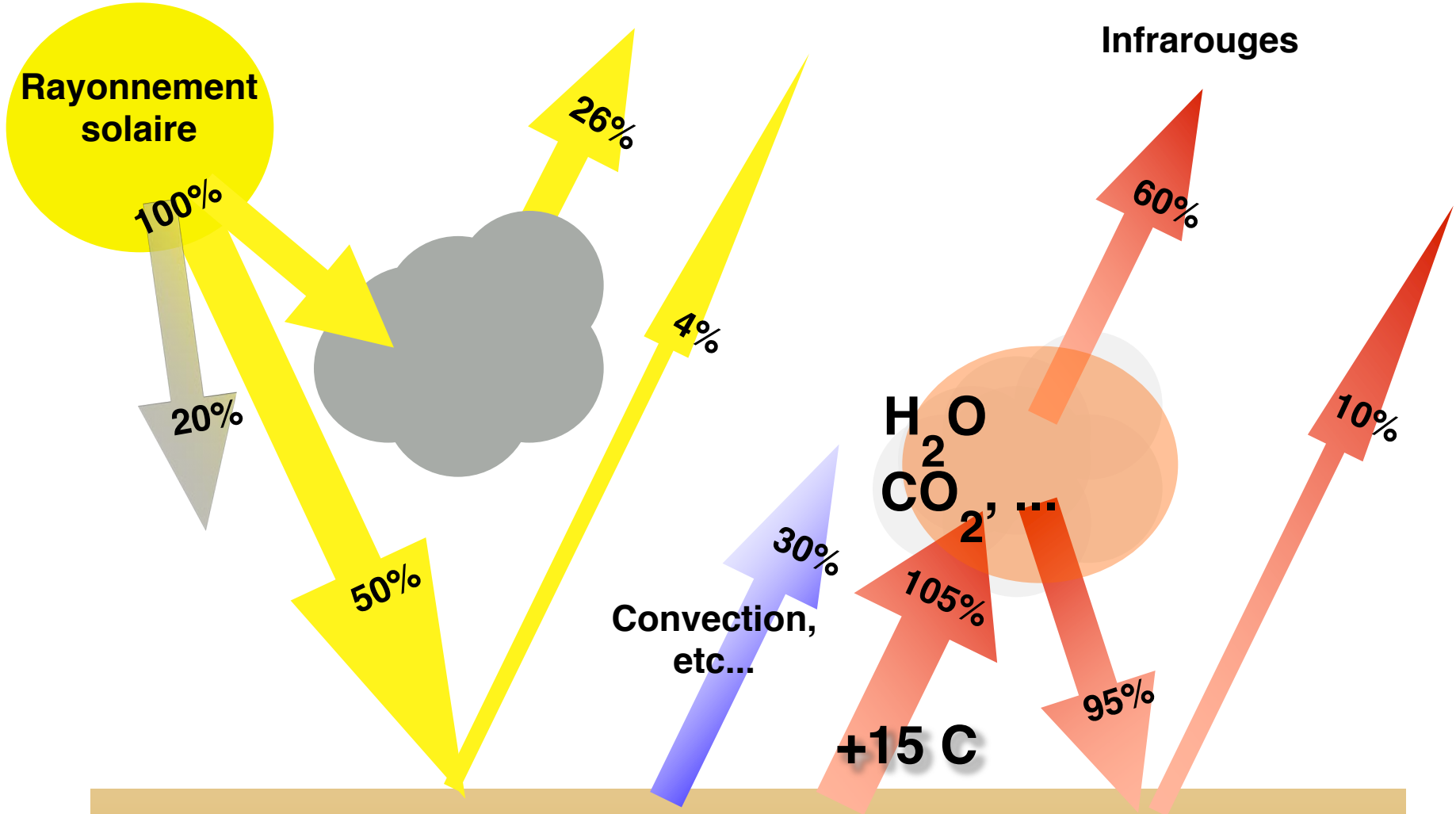
Source du rayonnement, spectre (= répartition en longueurs d'ondes) :



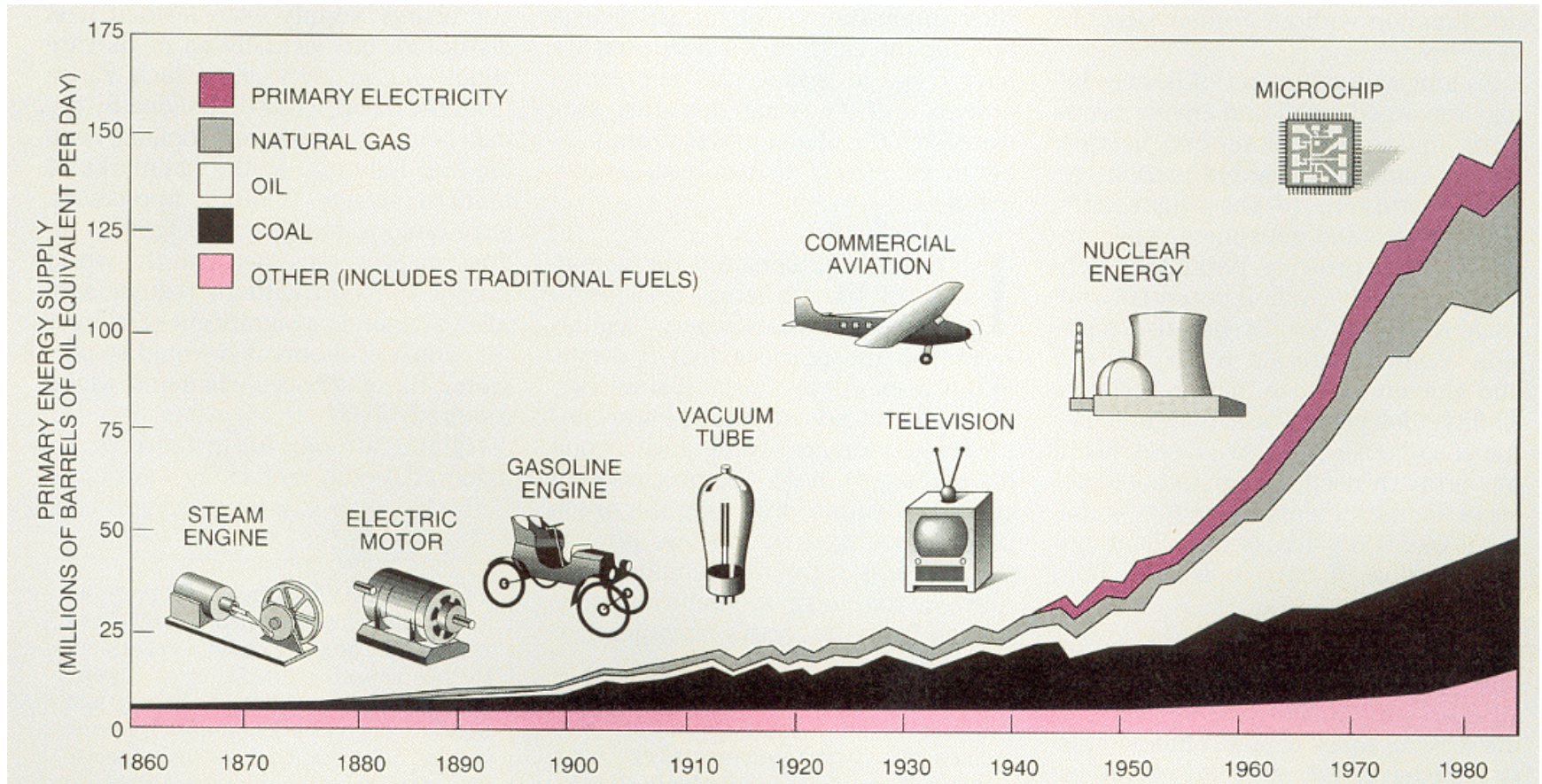
Energie et effet de serre



Energie et effet de serre



Consommation d'énergie primaire 1860-1990



(analyse + complète dans le cours WGIII)

REPARTITION DES SOURCES D'ENERGIE (E primaire, monde)

2005:

Biomasse : 9%

Hydroélec : 5%

Nucléaire : 5%

Charbon : 25%

Pétrole : 33%

Gaz naturel : 22%

Autres : < 1%

**Combustibles
fossiles**

80%



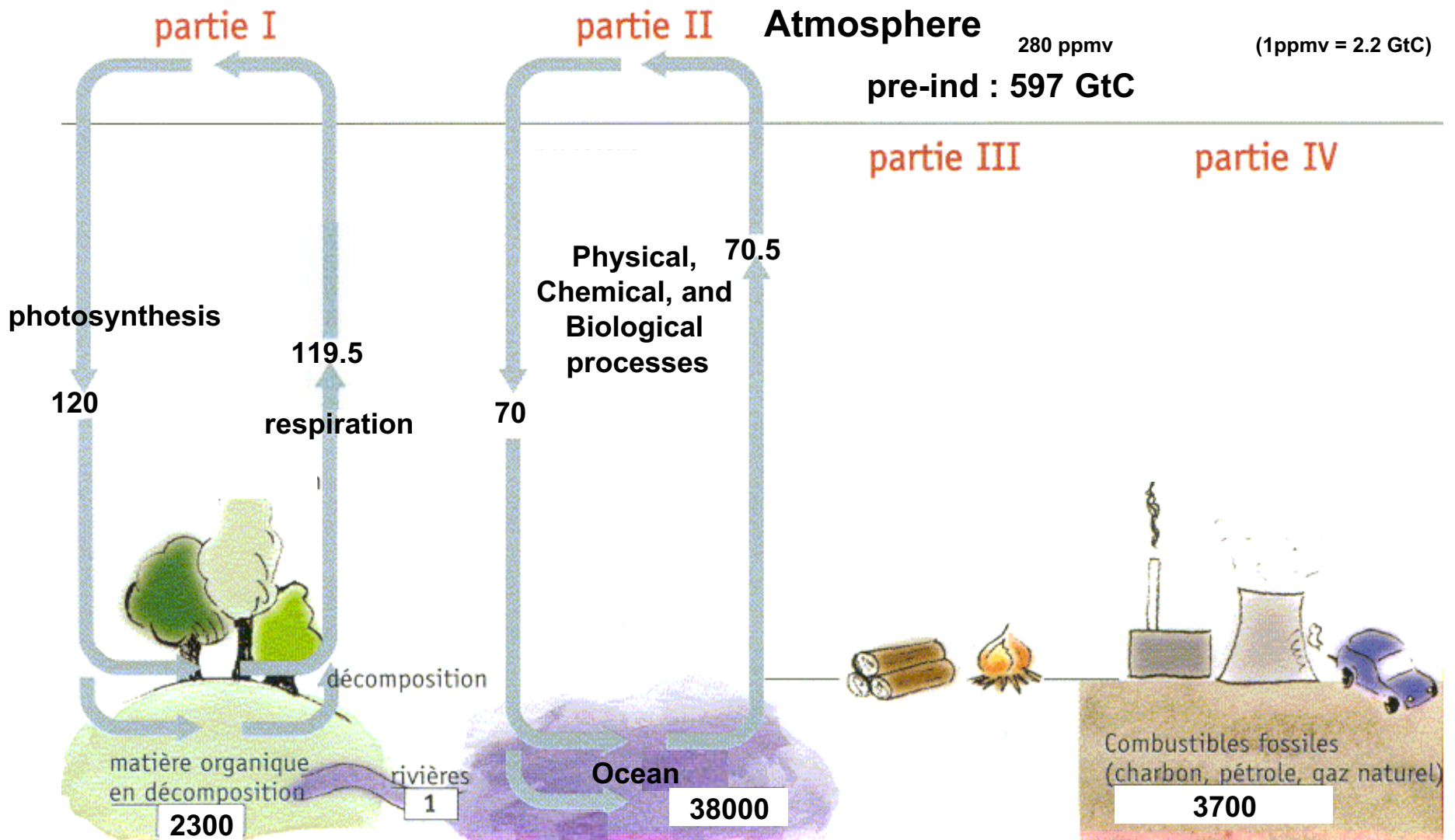
Source : GIEC 2007, AR4 WGIII table 4.2; valeurs arrondies (dia corrigée 2016)

Quantité de CO₂ émise par unité d'énergie consommée

Combustibles	kg CO₂ / Gigajoule
Charbon	95
Gasoil	74
Essence	69
LPG	63
Gaz naturel	56

Source : VITO (1991)

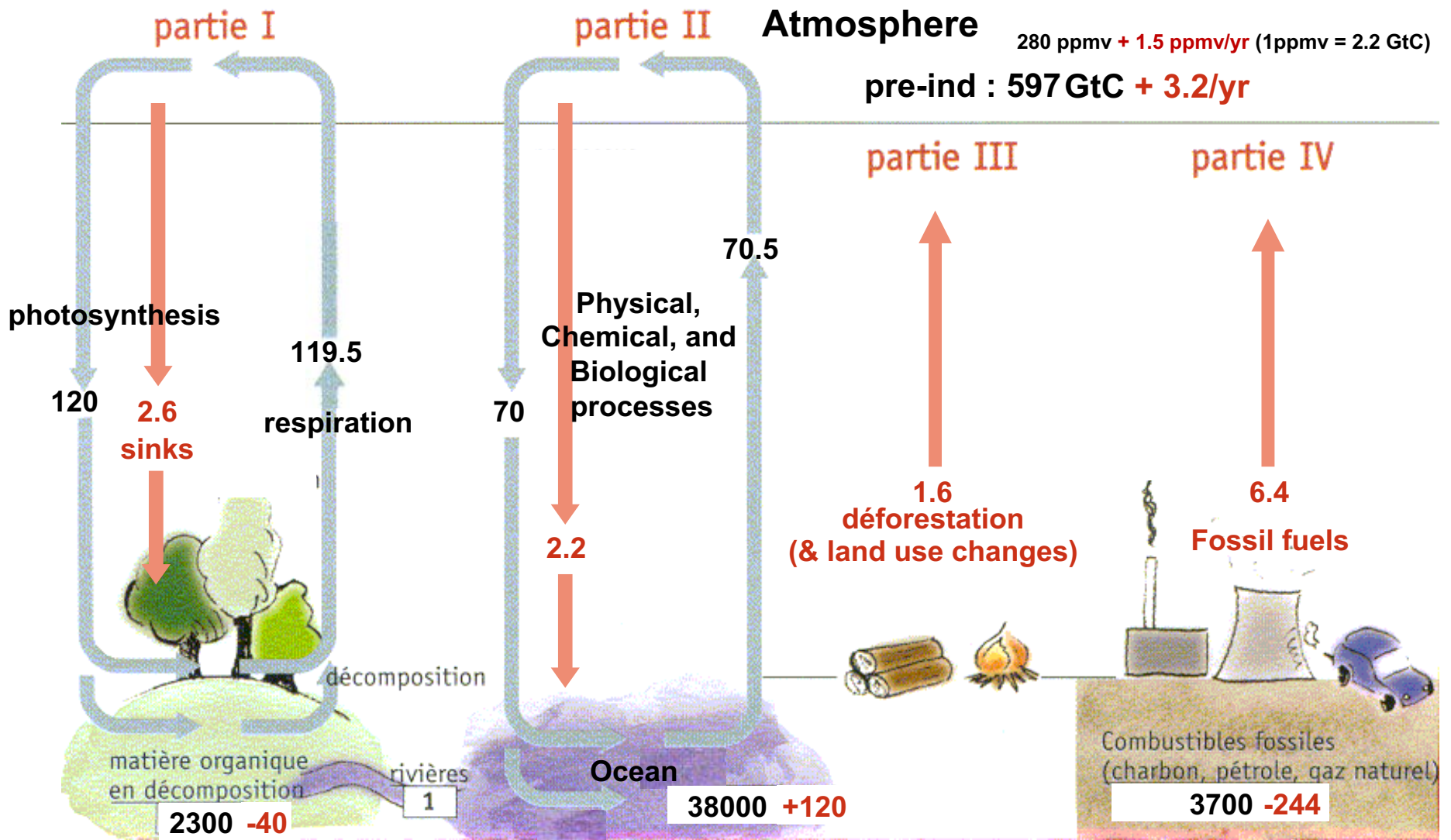
Carbon cycle: unperturbed fluxes



Units: GtC (billions tons of carbon) or GtC/year (multiply by 3.7 to get GtCO₂)

Carbon cycle: perturbed by human activities

(numbers for the decade 1990-1999s, based on IPCC AR4)



Stocks!

Modèles climatiques

Atmosphère et surface

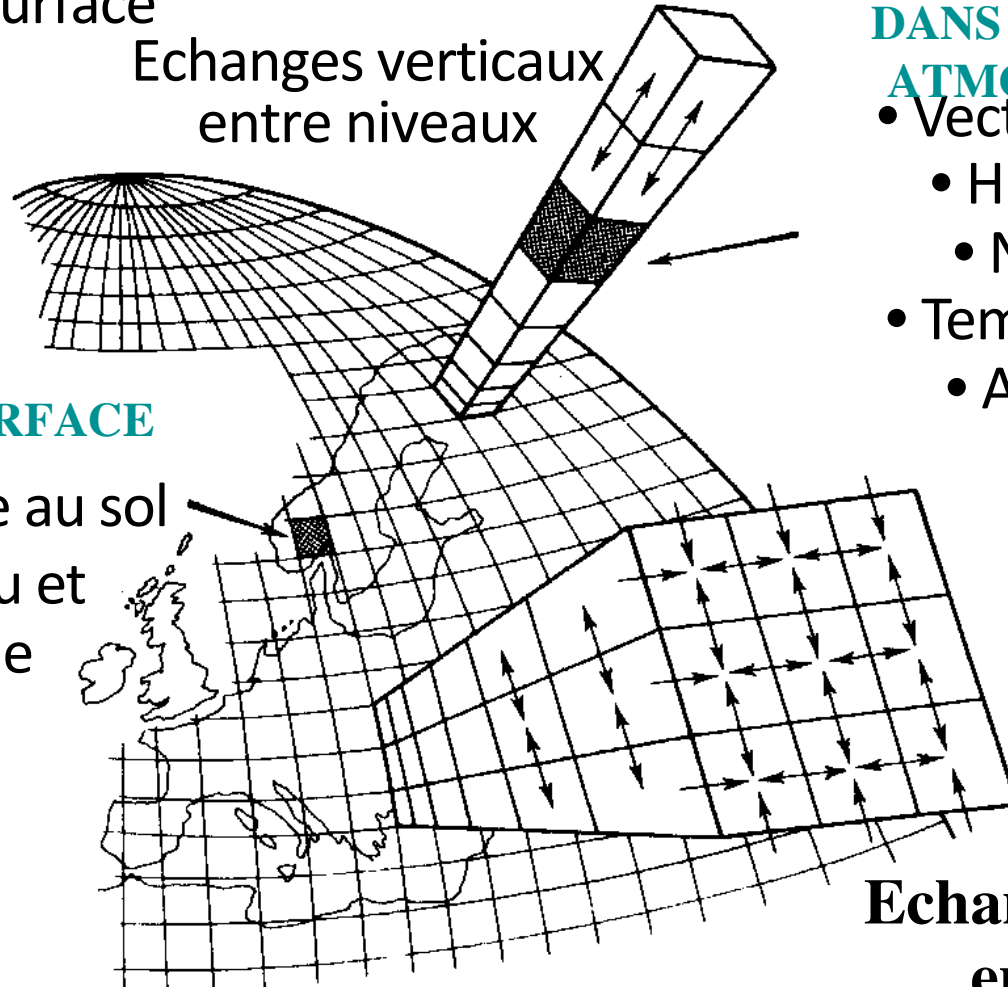
Echanges verticaux
entre niveaux

**DANS LA COLONNE
ATMOSPHERIQUE**

- Vecteurs vent
 - Humidité
 - Nuages
- Température
- Altitude

A LA SURFACE

- Température au sol
- Flux d'eau et d'énergie

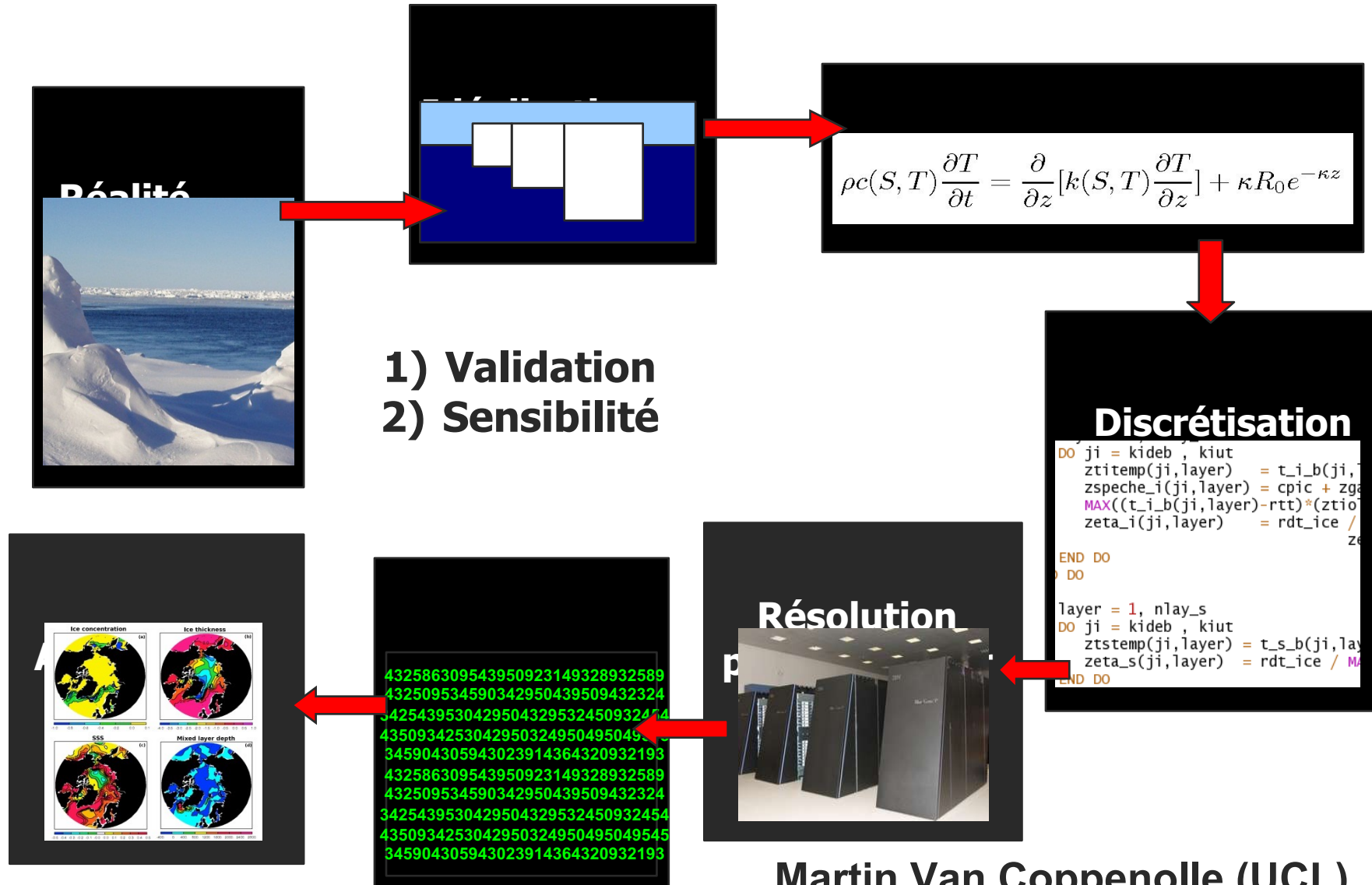


**Echanges horizontaux
entre colonnes**

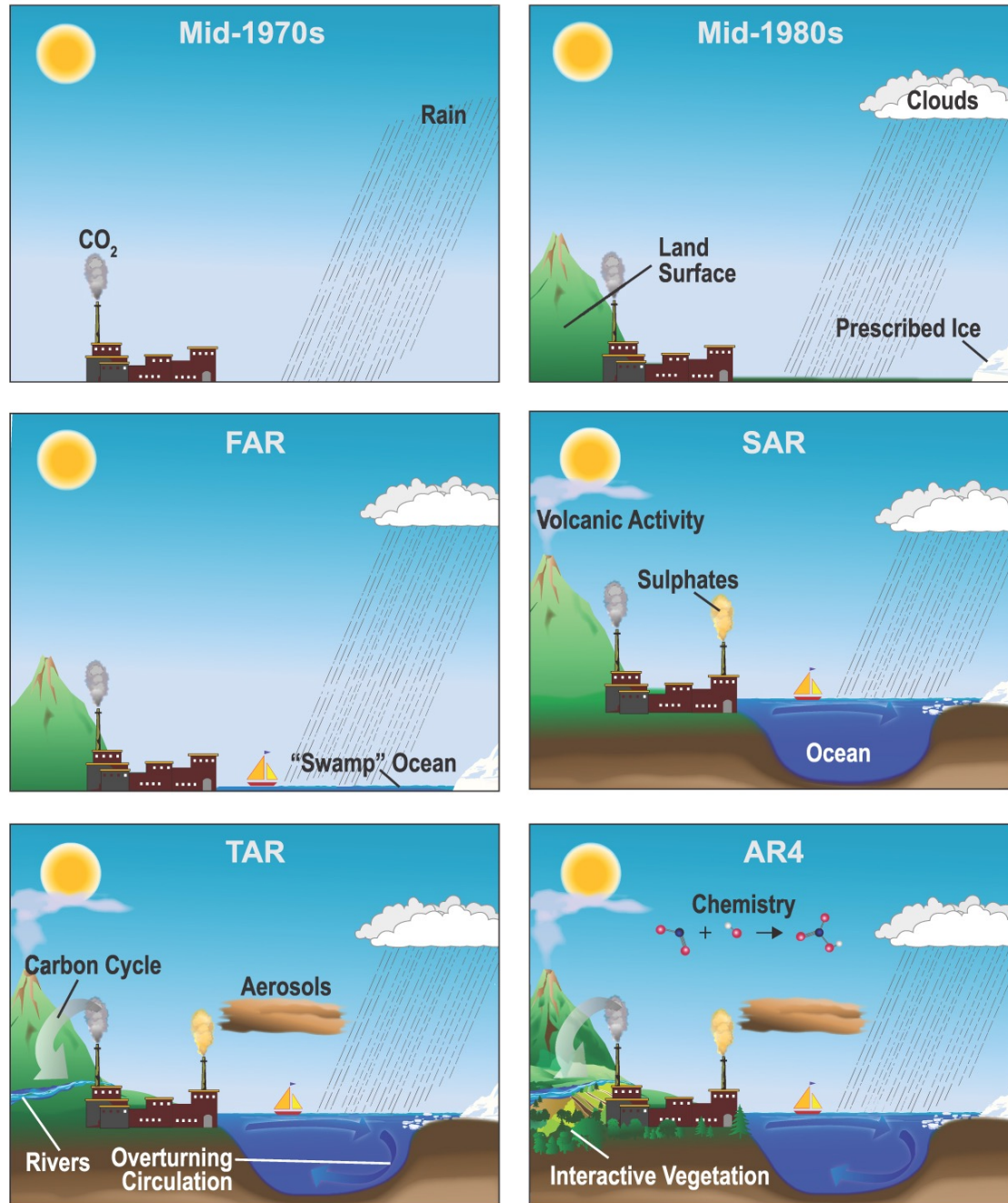
Résolution typique $\sim 2^\circ \times 2^\circ$ (modèle global, atmosphère)

Intervalle de temps typique : ≤ 30 minutes

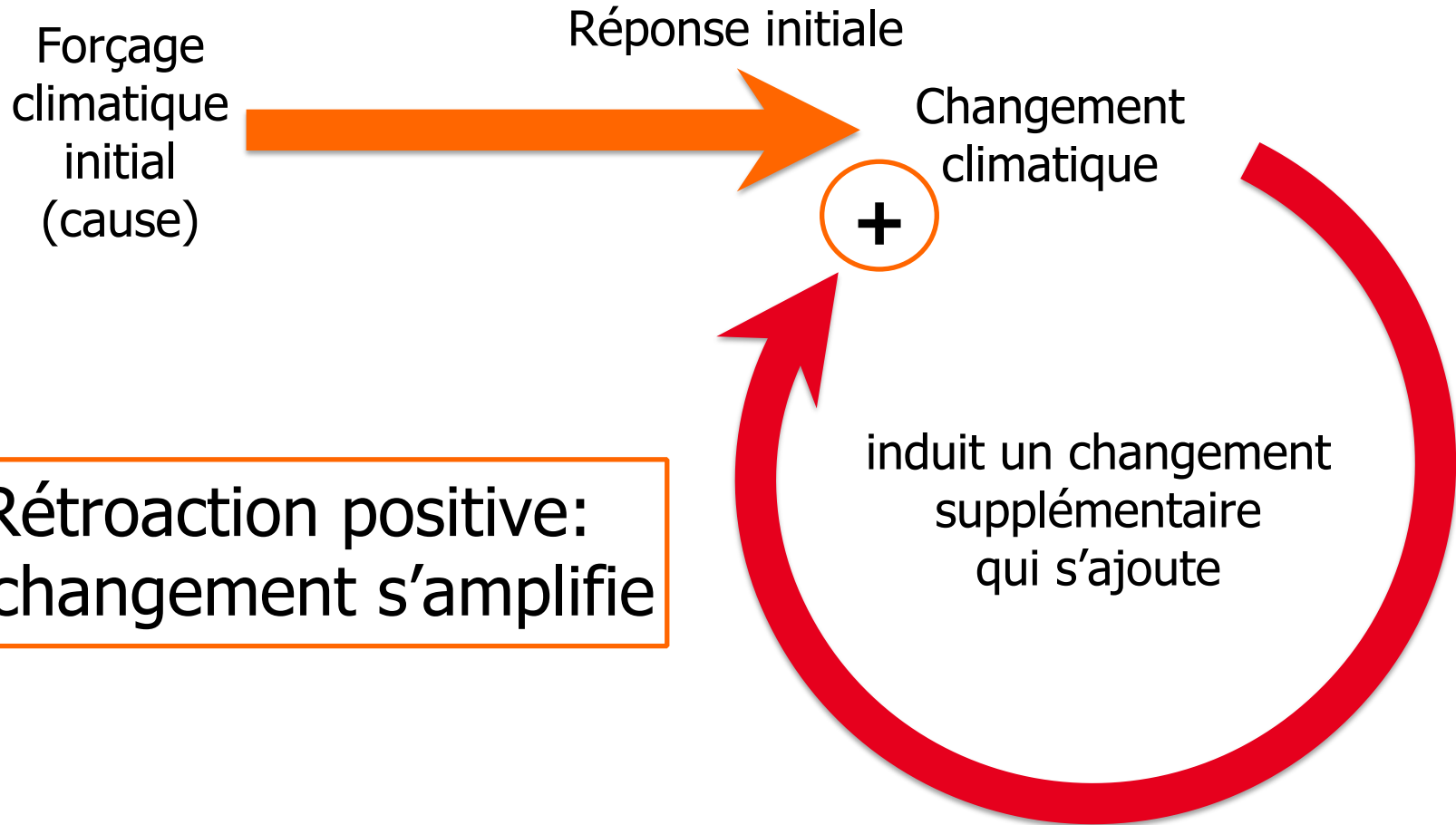
Aperçu de principe de la modélisation



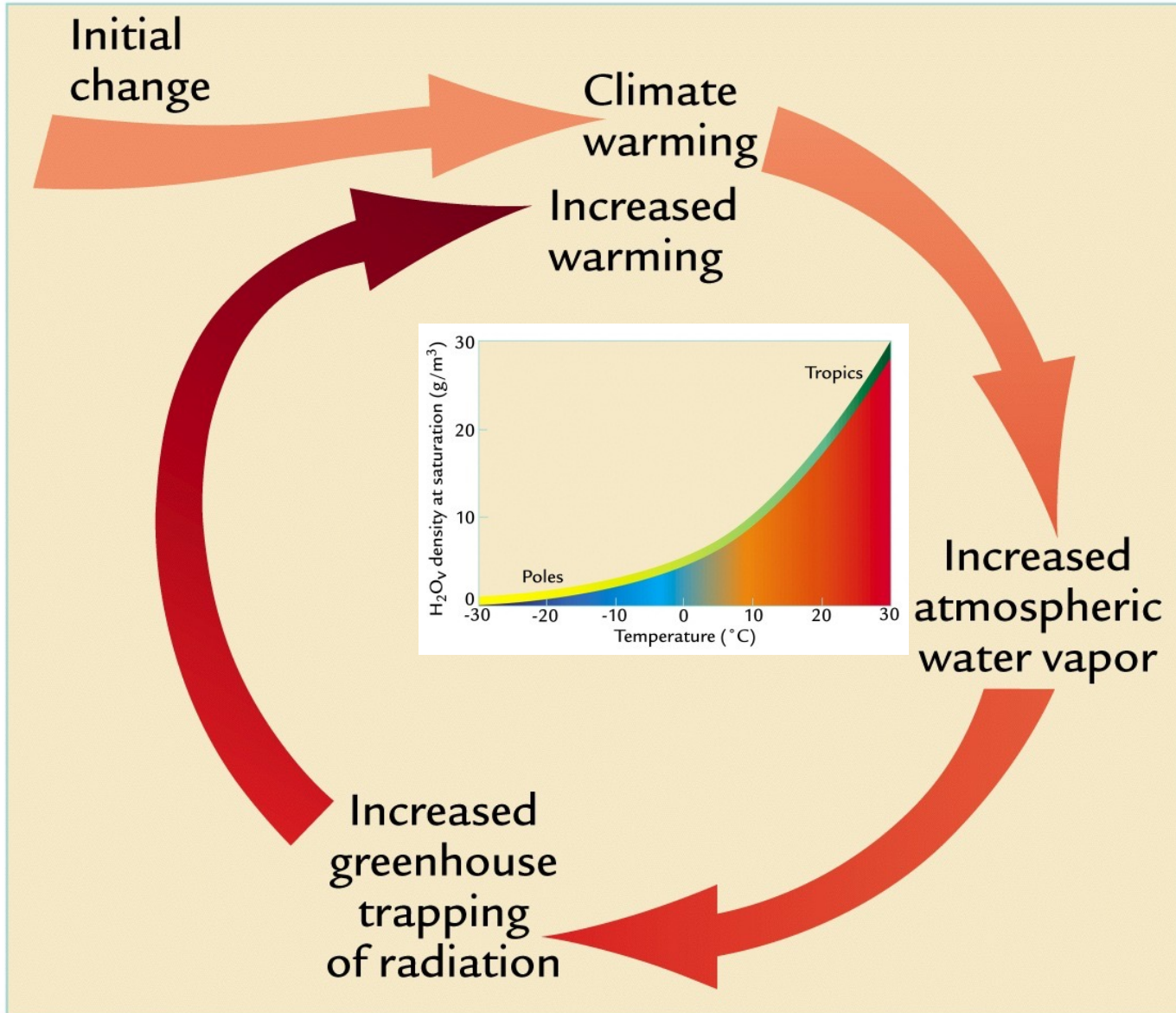
The World in Global Climate Models



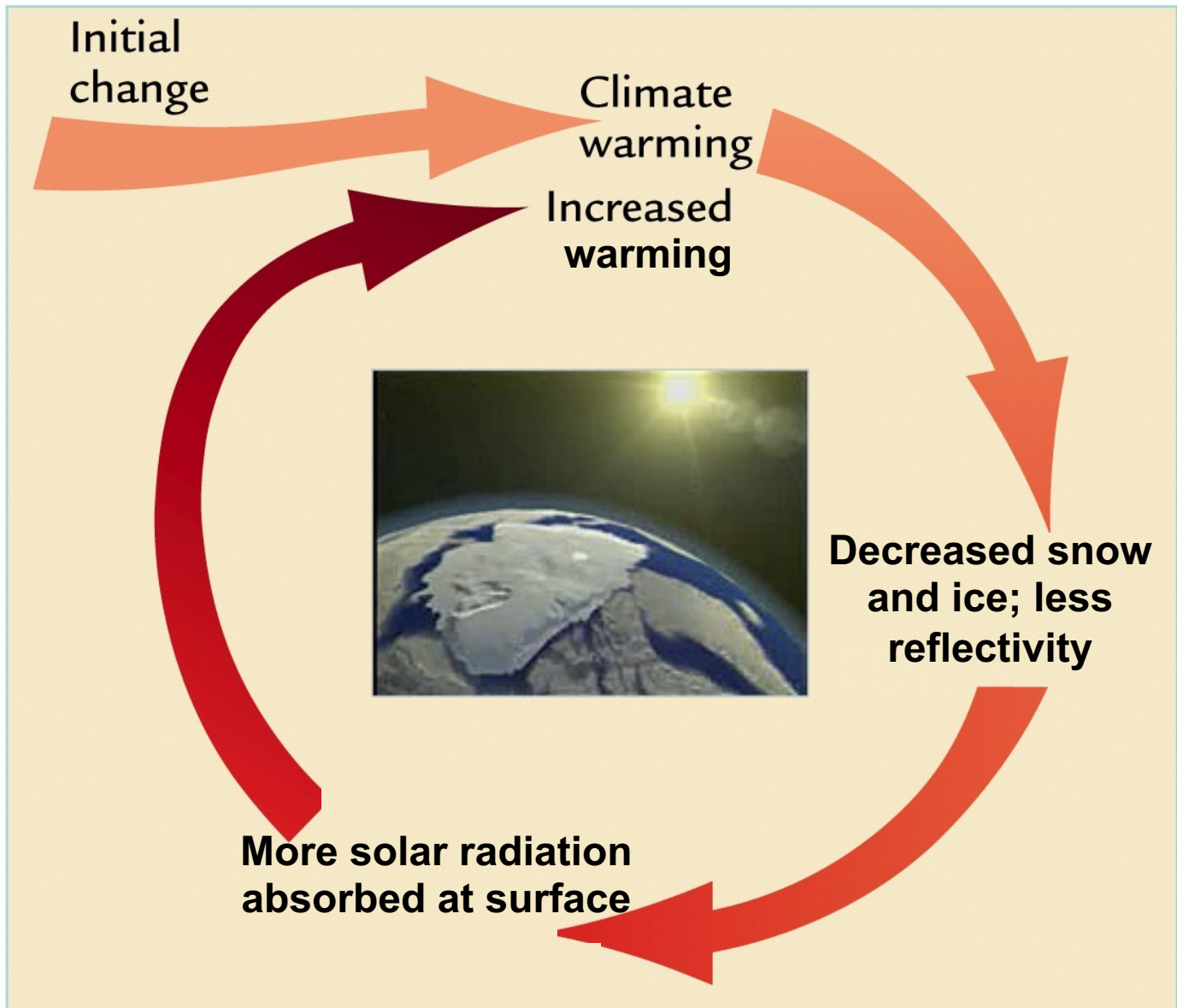
Rétroactions (Feedbacks) : principe



Water Vapor Feedback

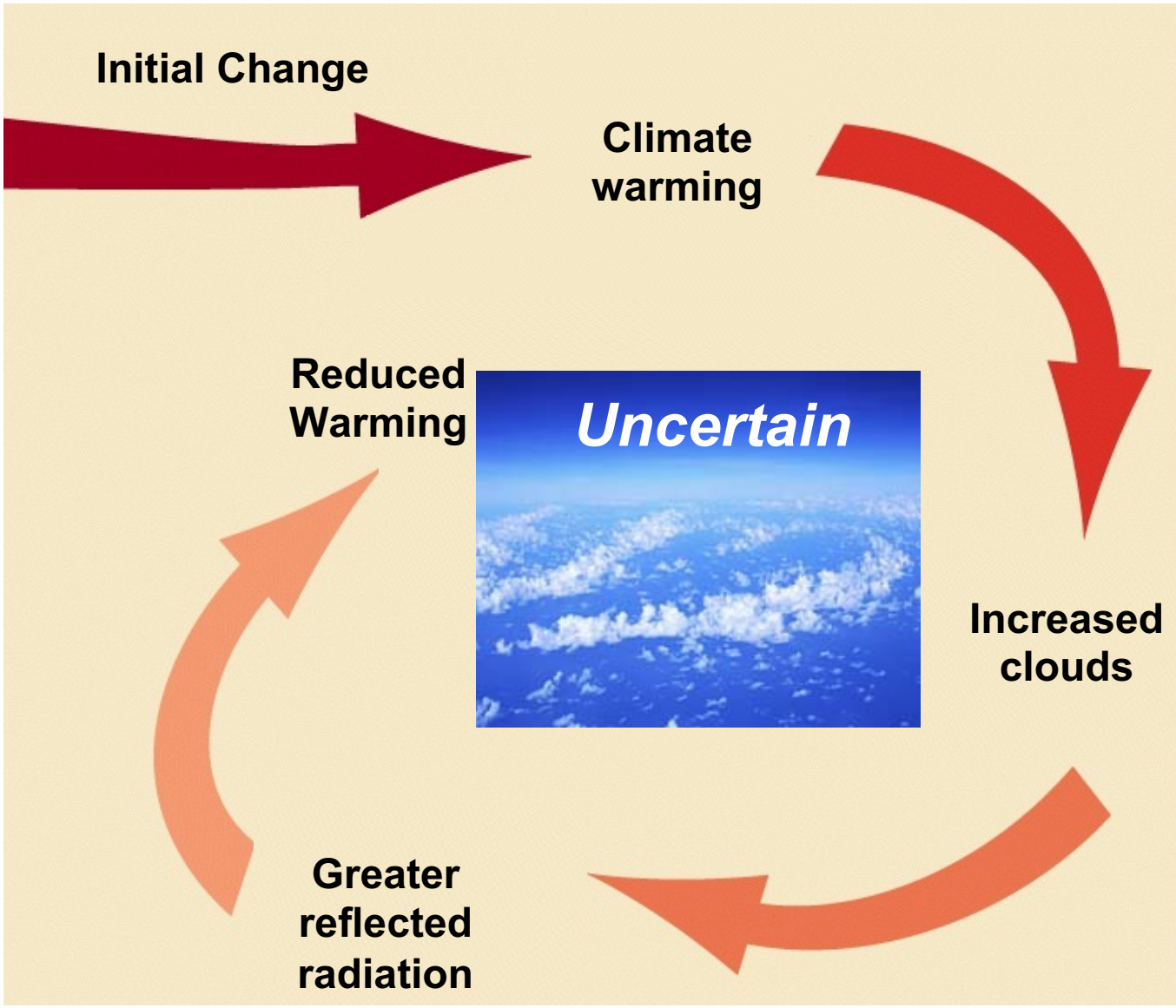


Ice-Albedo Feedback

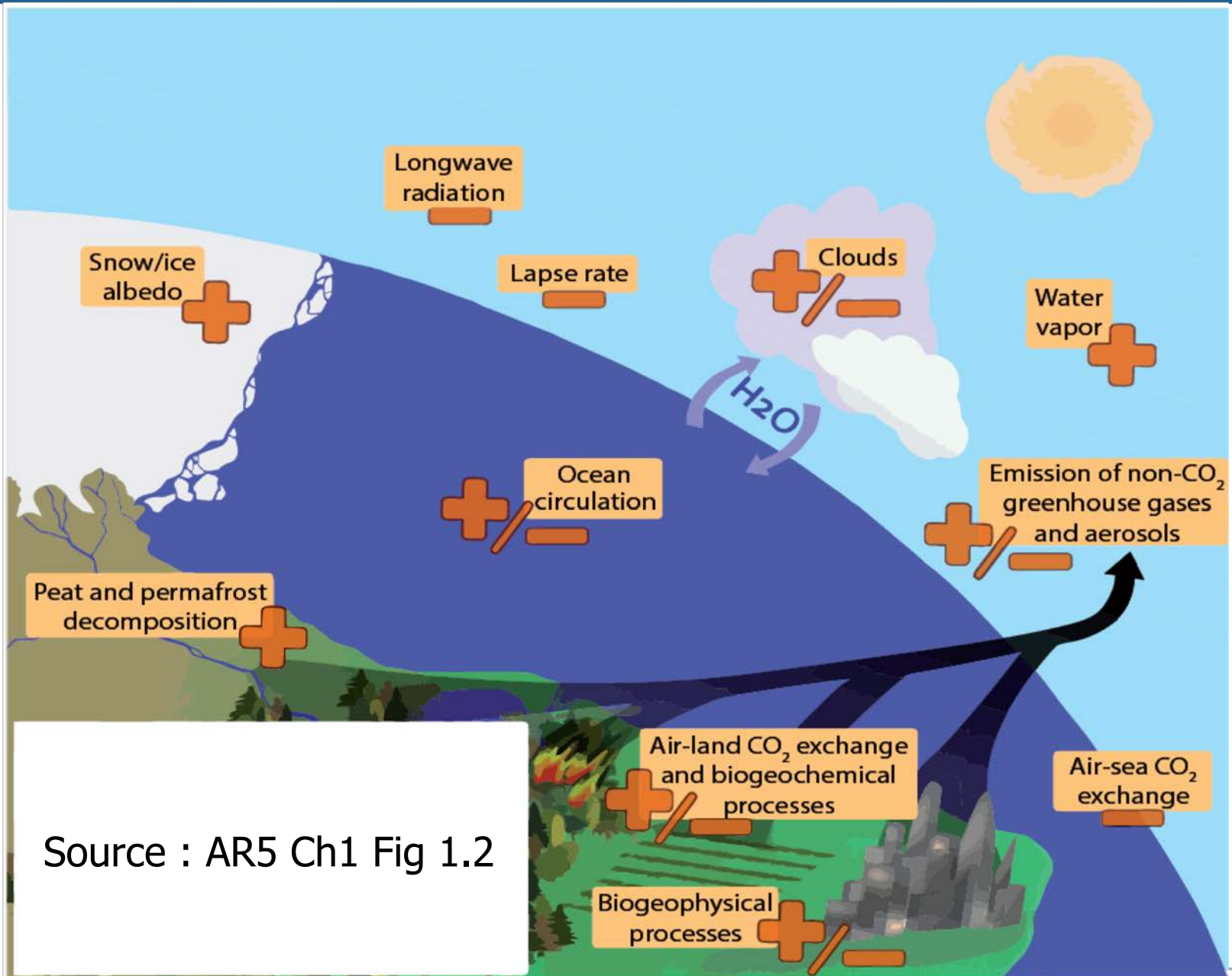


Note : il y a d'autres rétroactions, dont l'échange d'énergie air/océan facilité si pas de glace

Cloud Radiative Feedbacks

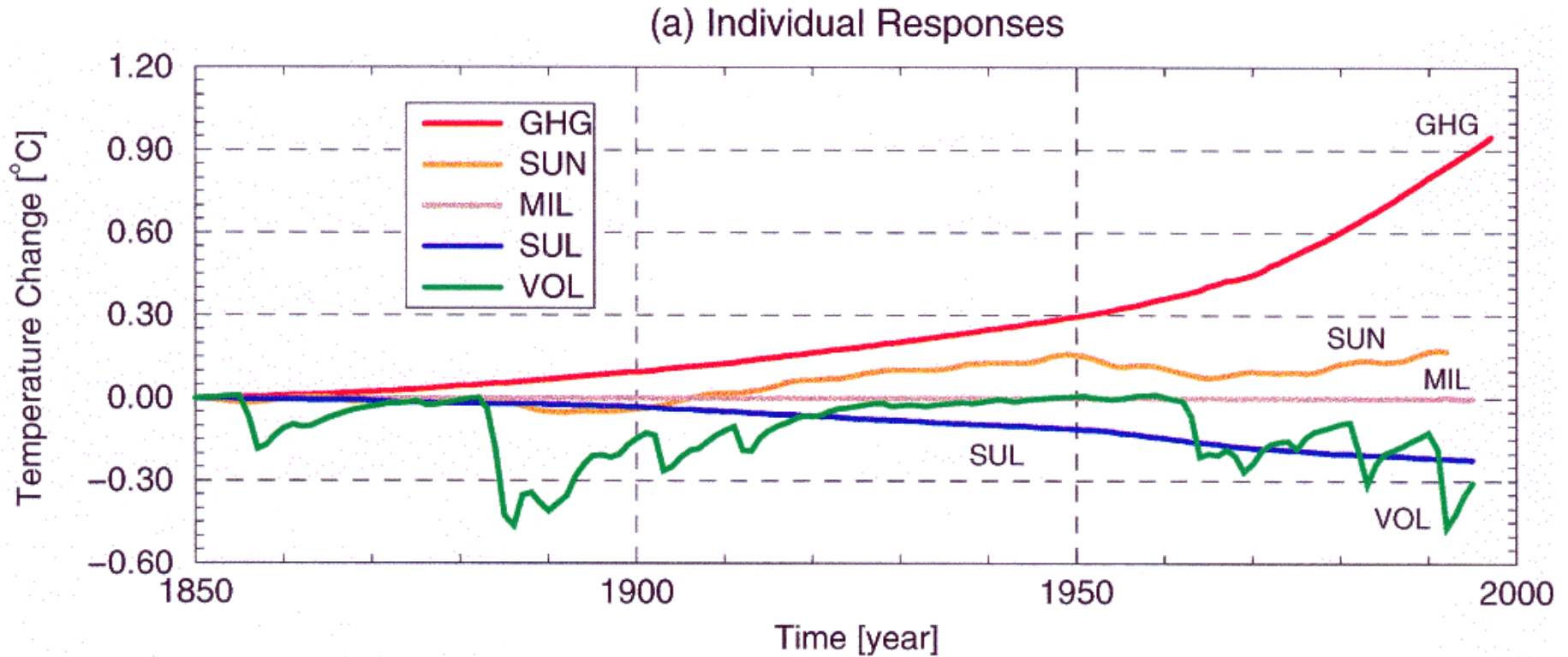


Synthèse rétroactions / GIEC AR5



Source : AR5 Ch1 Fig 1.2

Effet des différents facteurs sur le modèle 2D de LLN



Bertrand et al. 2001

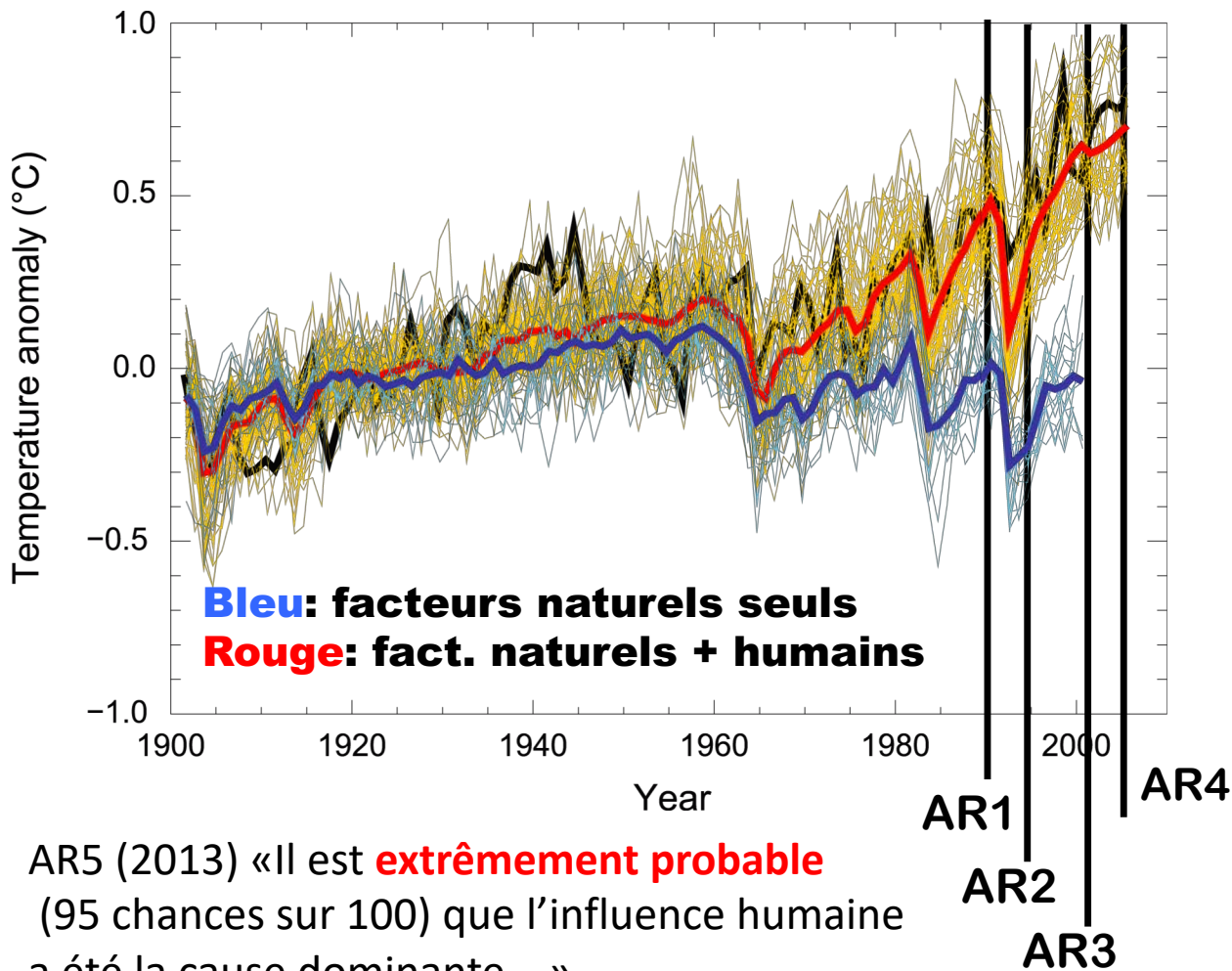
La progression de la certitude à propos de l'attribution du réchauffement aux facteurs humains

AR1 (1990): “Une détection sans équivoque prendra probablement plus d’une décennie”

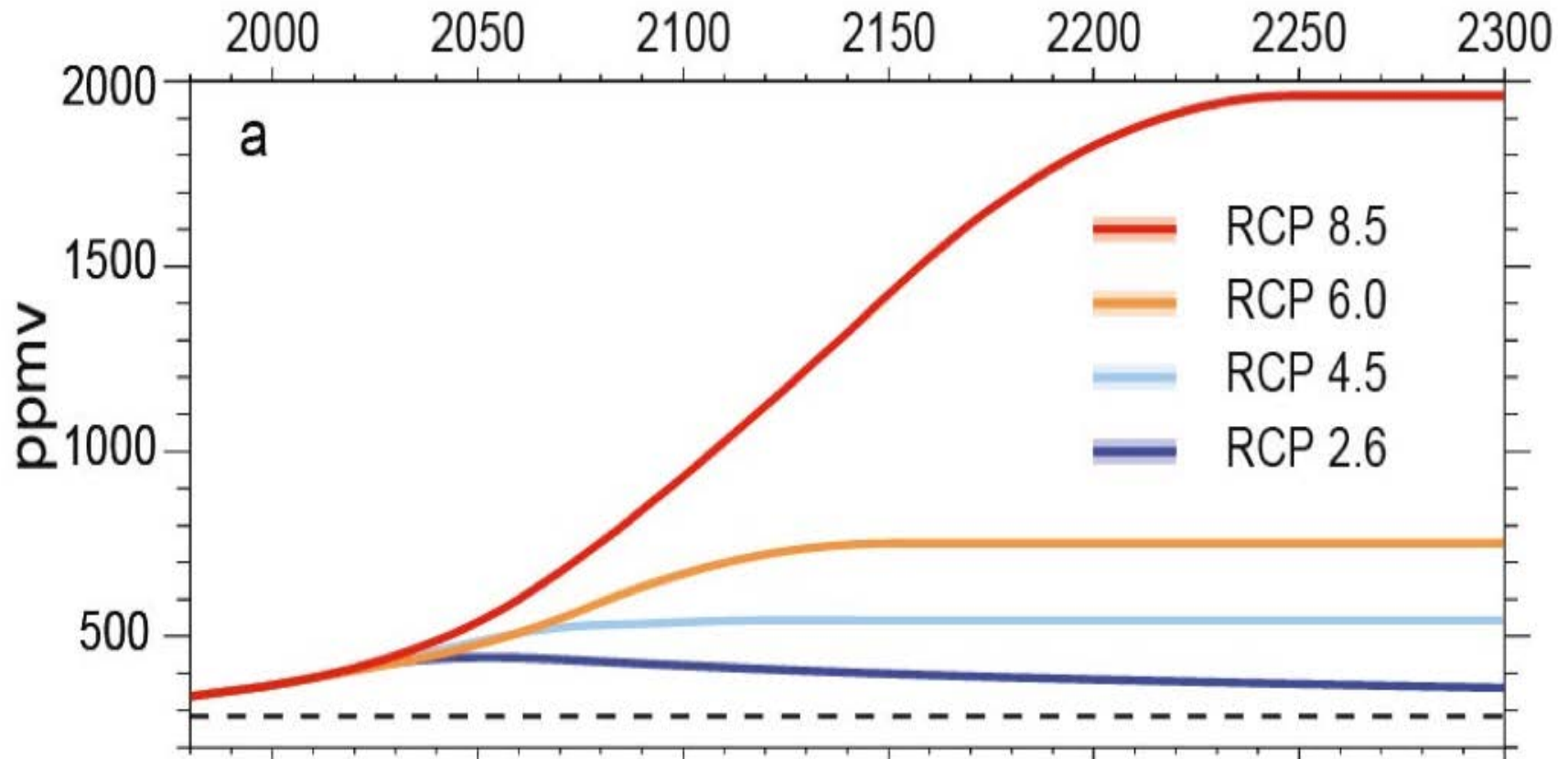
AR2 (1995): “Un faisceau d’éléments suggère une influence humaine **perceptible** sur le climat”

AR3 (2001): “L’essentiel du réchauffement depuis 1950 est **probablement** (2 chances sur 3) dû aux activités humaines”

AR4 (2007): “L’essentiel du réchauffement depuis 2050 est **très probablement** (9 chances sur 10) dû aux gaz à effet de serre”



AR5 RCP: Atmospheric CO₂ concentration

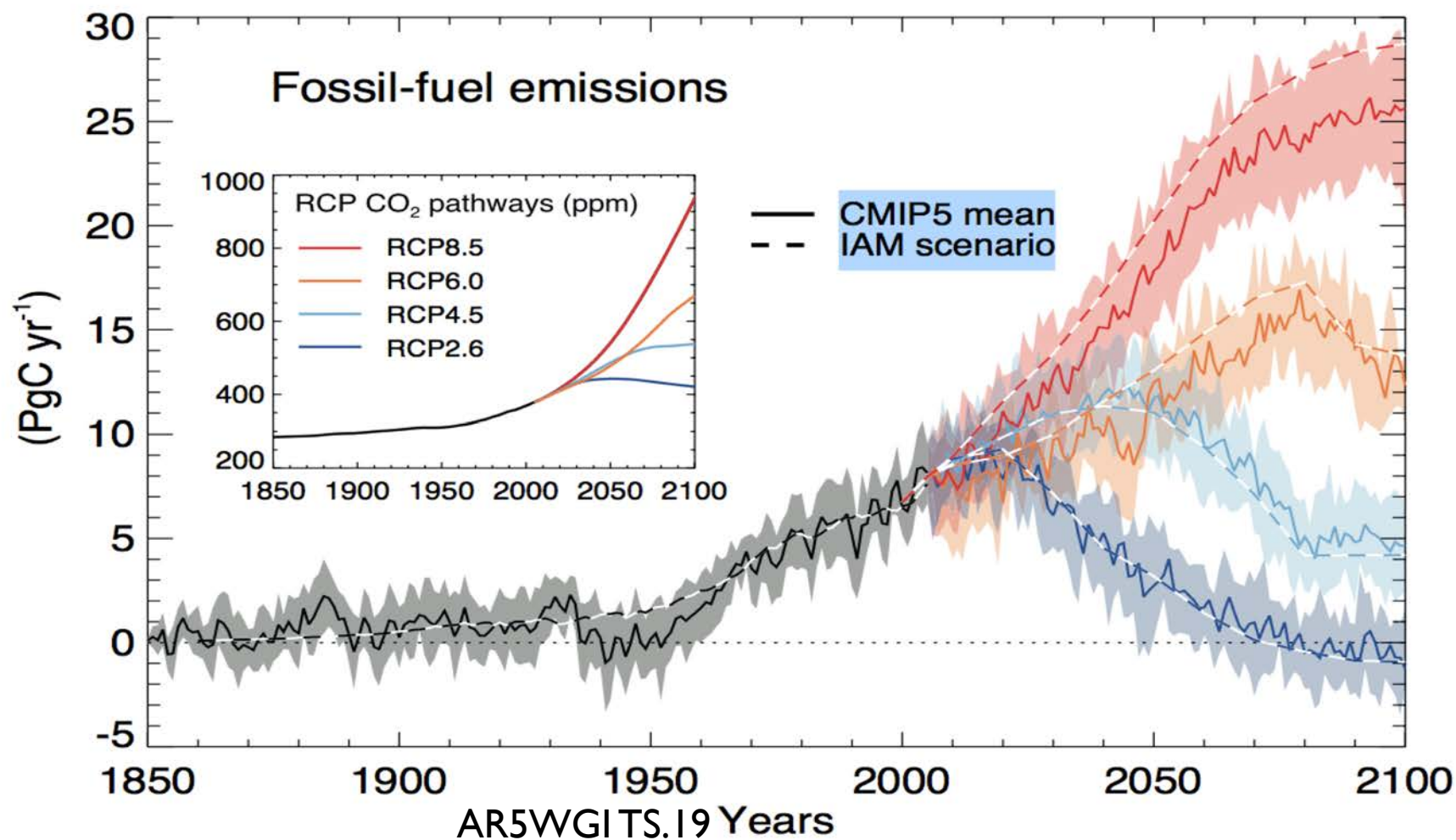


Most CMIP5 runs are based on the concentrations, but emissions-driven runs are available for RCP 8.5

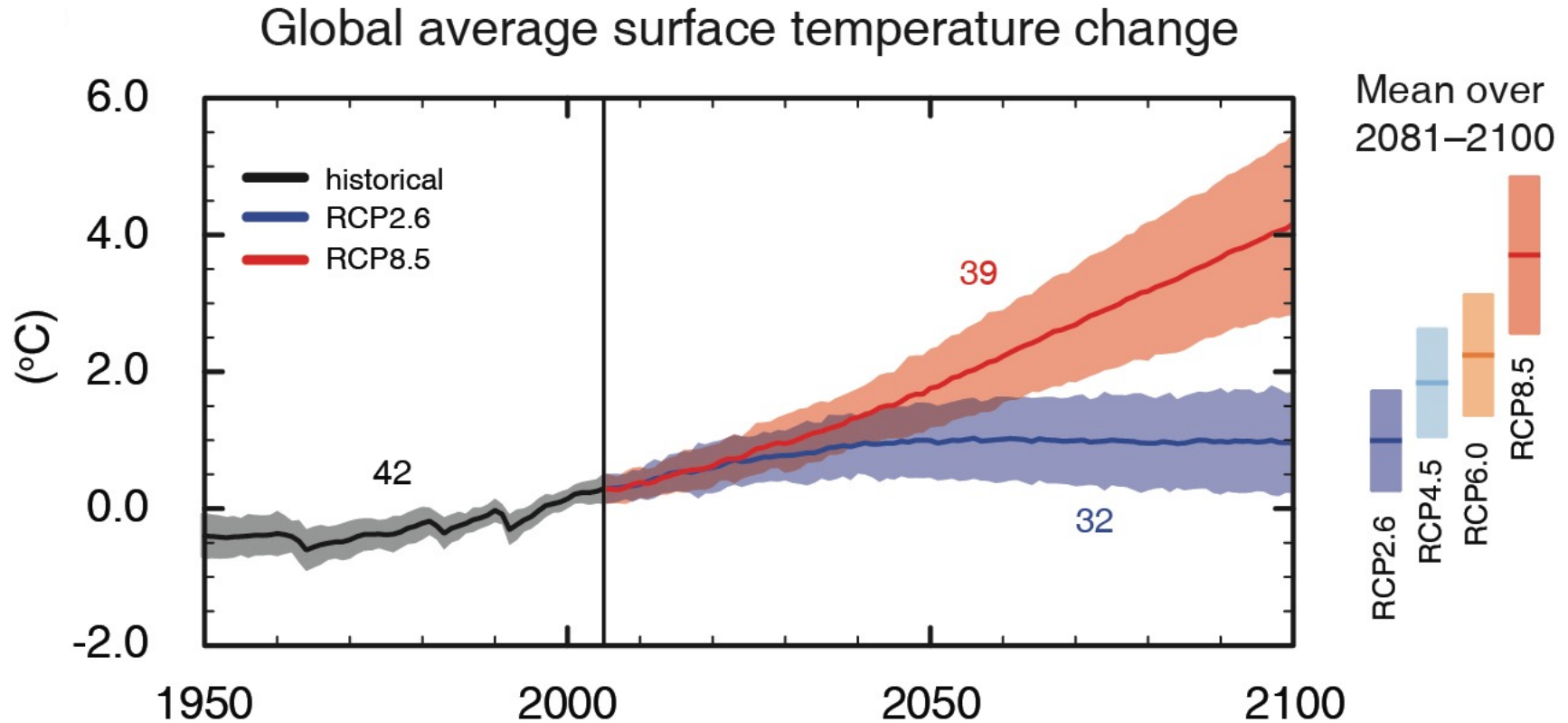
Note : « emission-driven » -> knowledge of C-cycle uncertainty

Compatible fossil fuel emissions simulated by the CMIP5 models for the four RCP scenarios (détail)

Les traits pleins donnent les émissions qu'il faudrait mettre dans les modèles climatiques complexes pour obtenir la concentration de chaque RCP, en comparaison des émissions associées à chaque RCP par les modèles simples



Réchauffement moyen – scén. RCP, 2Is



Fait n° 4: La température moyenne est sans doute déjà en train de dépasser la température de conservation des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique

Le risque d'une élévation du niveau des mers de plusieurs mètres d'ici un siècle ou deux est très important

18-20000 years ago (Last Glacial Maximum)

With permission from Dr. S. Jousaume, in « Climat d'hier à demain », CNRS éditions.



Today, with +4-5° C globally

With permission from Dr. S. Joussaume, in « Climat d'hier à demain », CNRS éditions.



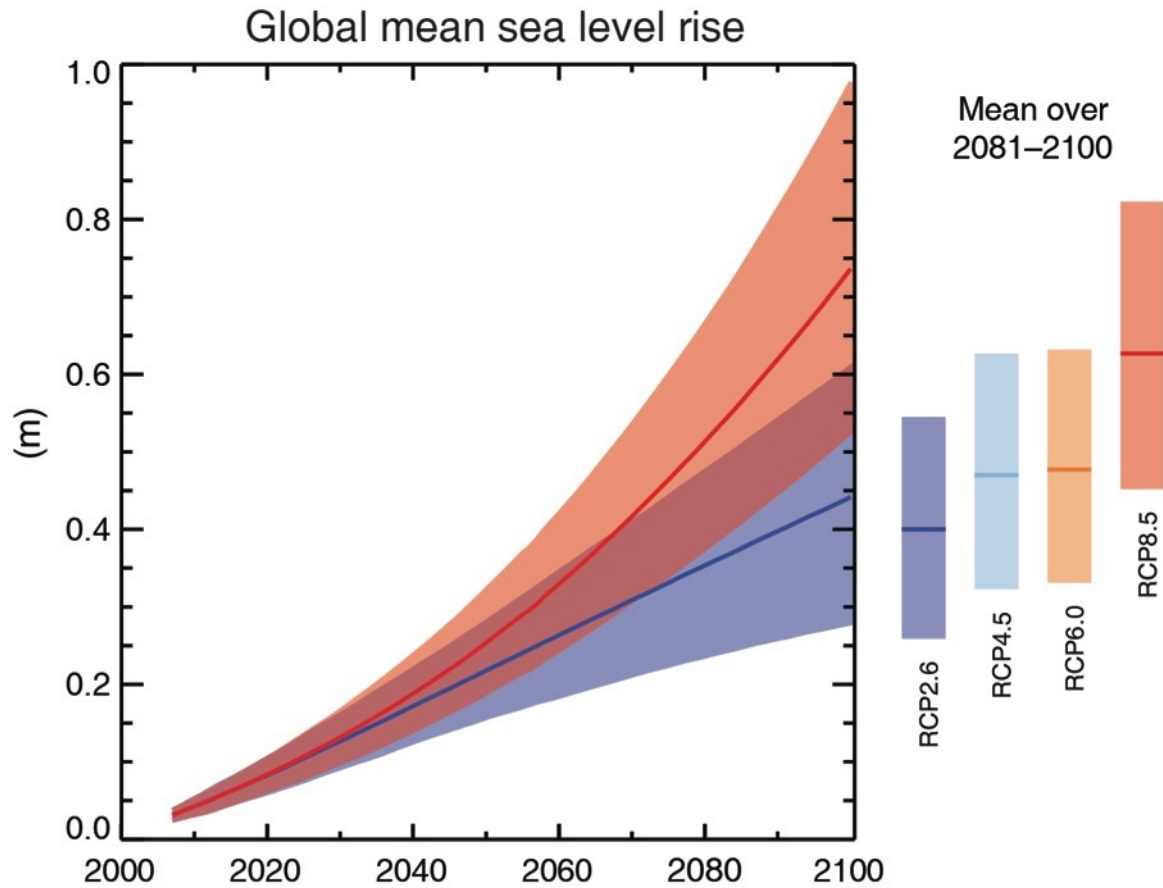


Fig. SPM.9

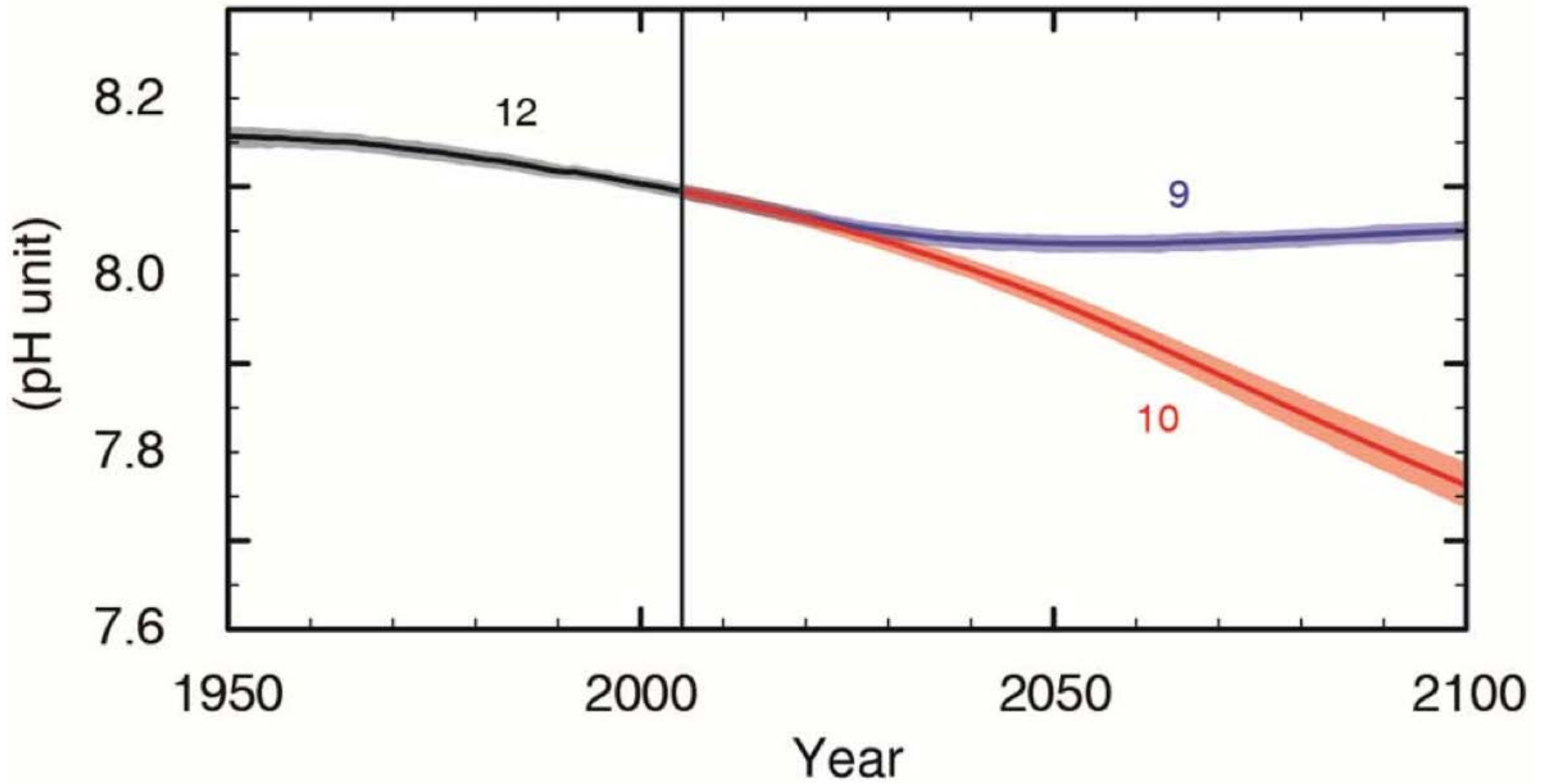
RCP2.6 (2081-2100), *likely* range:

26 to 55 cm

RCP8.5 (in 2100), *likely* range:

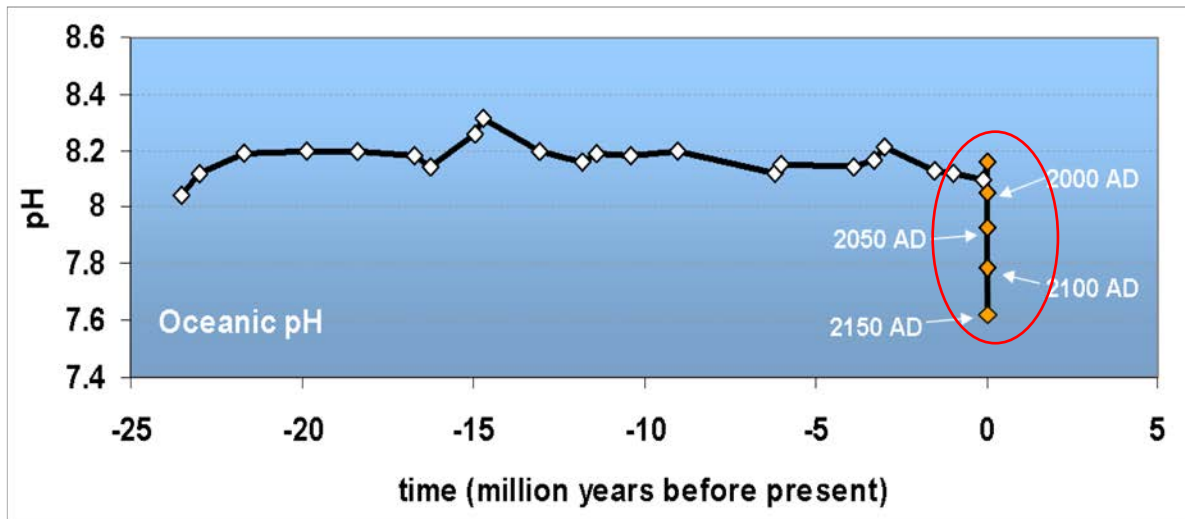
52 to 98 cm

Ocean Acidification, for RCP 8.5 (orange) & RCP2.6 (blue)



Oceans are Acidifying Fast

Changes in pH over the last 25 million years



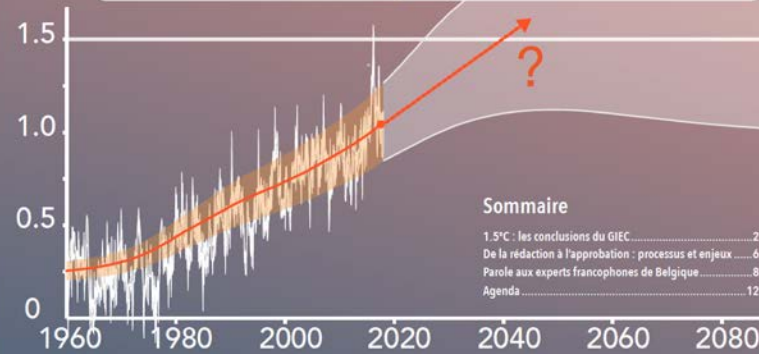
“Today is a rare event in the history of the World”

- It is happening now, at a **speed and to a level** not experienced by marine organisms for about 60 million years
- Mass extinctions linked to previous ocean acidification events
- Takes 10,000's of years to recover

Turley et al. 2006

Slide courtesy of Carol Turley, PML

Le rapport spécial du GIEC Réchauffement planétaire de 1.5°C



Pour de nombreuses populations et écosystèmes, il est essentiel de limiter le réchauffement à 1.5°C ou de ne dépasser ce niveau que temporairement. Et c'est potentiellement encore réalisable. Le 6 octobre 2018, l'Assemblée Plénière du GIEC a adopté le Rapport Spécial sur un « Réchauffement planétaire de 1.5°C », qui fait le point au sujet des impacts et scénarios correspondant à ce niveau de réchauffement.

Ce rapport conclut que pour limiter le réchauffement climatique à 1.5°C, il faut des transformations radicales et rapides dans tous les domaines de notre société. Il précise que ces changements sont sans précédent en termes d'échelle, mais pas nécessairement en termes de rapidité.

L'origine du rapport est une demande formelle au GIEC de la part des Parties à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CNUCC) lors de l'adoption de l'Accord de Paris, en 2015 (21^e Conférence des Parties, COP21). La COP21 avait aussi indiqué que le rapport du GIEC devrait identifier le niveau auquel les émissions mondiales devraient être ramenées en 2030 pour contenir l'élévation de température en-dessous de 1.5°C.

Le rapport a été adopté à l'issue d'une semaine de discussions intenses au sujet de la formulation du Résumé à l'intention des décideurs, sur la base des chapitres et du projet de résumé rédigés par les scientifiques - qui ont toujours le dernier mot en ce qui concerne le contenu. Il forme une base scientifique essentielle pour les prochaines négociations internationales dans le cadre de la CNUCC, qui auront lieu à Katowice (Pologne) en décembre 2018 (COP24).

Dans cette Lettre, nous donnons d'abord un aperçu des conclusions du rapport, ensuite un aperçu du processus d'approbation et des enjeux associés. Pour ouvrir le débat et fournir un ensemble de points de vue, nous avons ensuite donné la parole aux experts francophones de Belgique, qui nous ont aimablement fait part des commentaires que vous trouverez en troisième partie. L'agenda indique les prochaines périodes de relecture de rapports du GIEC et annonce deux événements à venir en Belgique.

Nous vous en souhaitons une bonne lecture,
Jean-Pascal van Ypersele, Bruna Galno et Philippe Marbaix

Image de fond : extrait adapté de la figure SPM1 du Rapport spécial



'Sauver le climat' : les bases

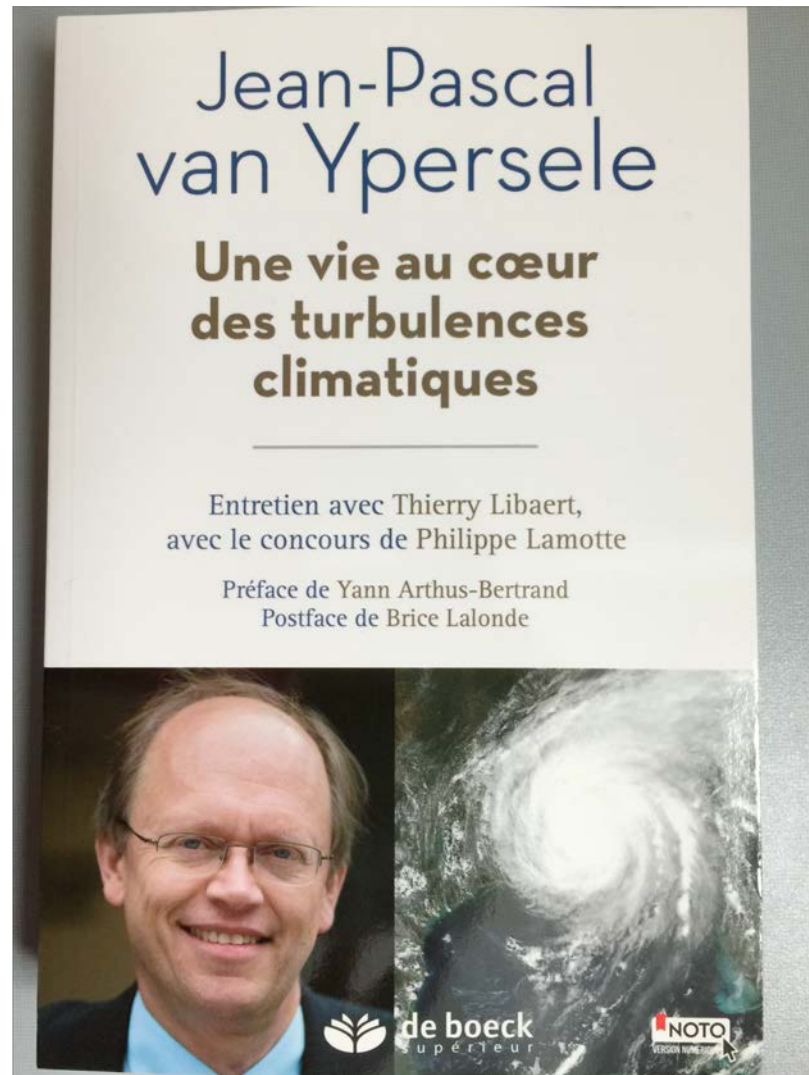
Écrit pour les jeunes (et moins jeunes), avec des liens vers des ressources utiles



Pour en savoir plus:

**Lisez mon livre, où
j'aborde tous ces sujets**

**Publié chez De Boeck
supérieur**



Bij EPO (2018)

**Voorwoord:
Jill Peeters**



Pour en savoir plus :

- www.ipcc.ch : GIEC ou IPCC
- www.climate.be/vanyp : beaucoup de mes dias
- www.plateforme-wallonne-giec.be : Plateforme wallonne pour le GIEC (e.a., Lettre d'information)
- www.my2050.be : calculateur de scénarios
- www.realclimate.org : réponses aux semeurs de doute
- www.skepticalscience.com : idem
- **Sur Twitter: @JPvanYpersele**
@IPCC_CH

Jean-Pascal van Ypersele
(vanyp@climate.be)

Annonces de cette semaine :

■ www.wechangeforlife.org :

250 experts belges témoignent

■ www.panelclimat.be www.klimaatpanel.be :

Rapport demandé par #YouthForClimate