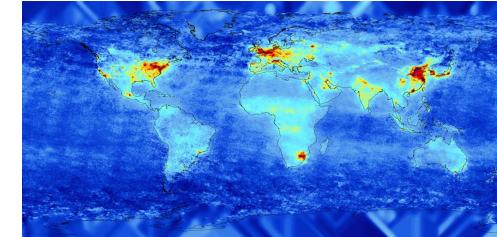
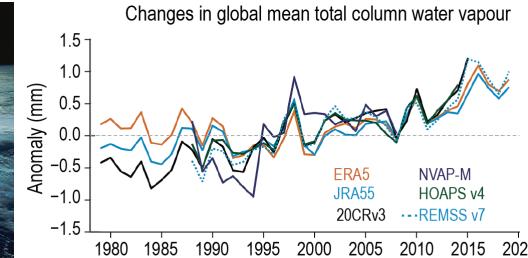
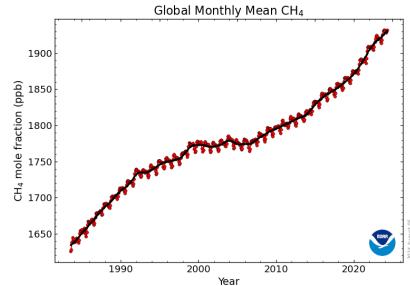


# Le CO<sub>2</sub> dans le cycle naturel du Carbone

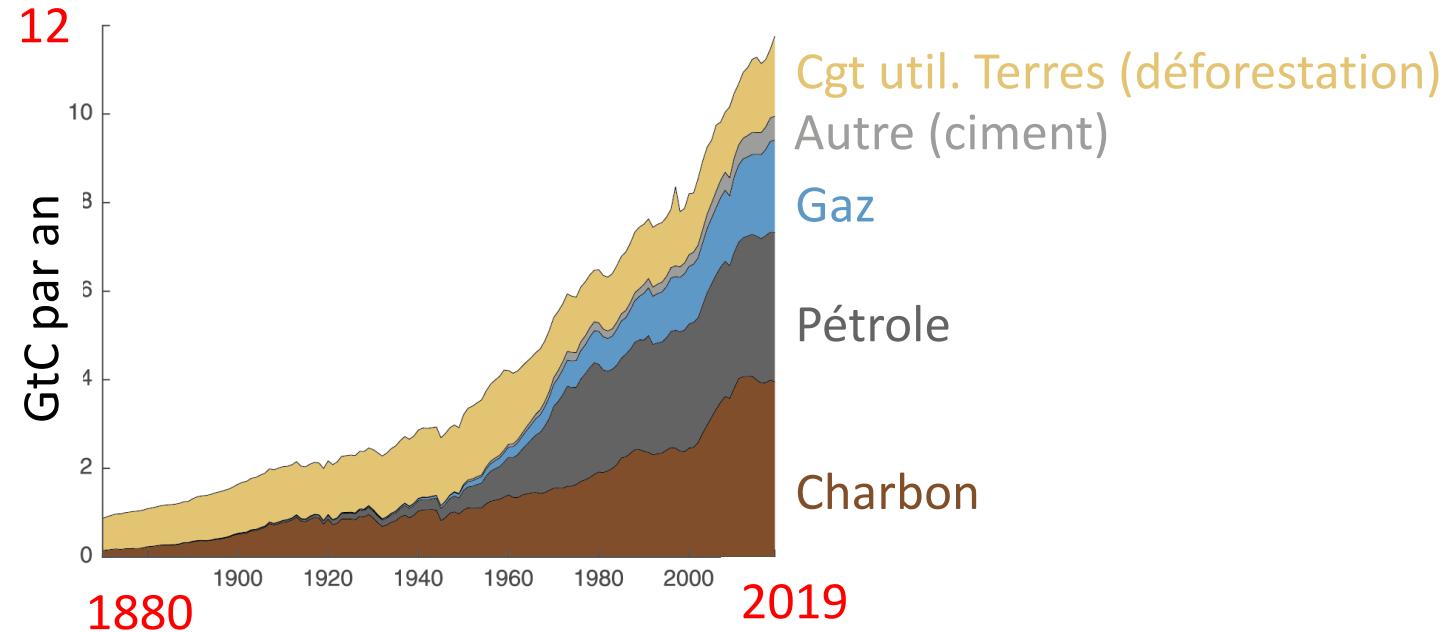


François-Marie Bréon



Unité GtC : Milliards  
de tonnes de Carbone

1 GtC = 3,7 GtCO<sub>2</sub>

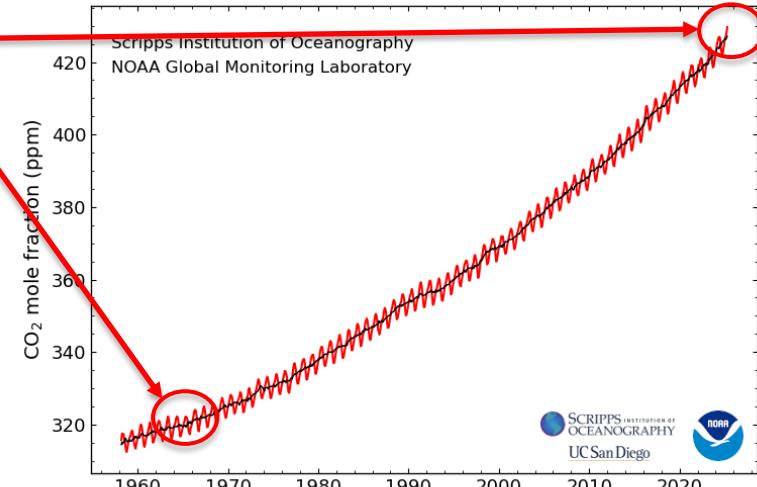


Besoin en surfaces agricoles => Déforestation

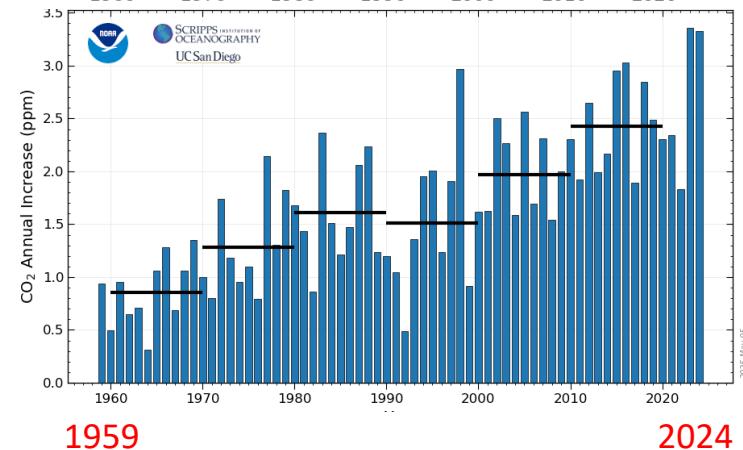
Besoin en énergie => Utilisation croissante des énergies fossiles au 20<sup>ème</sup> siècle  
=> Emissions de CO<sub>2</sub>

Concentration atmosphérique  
du CO<sub>2</sub> [ppm]

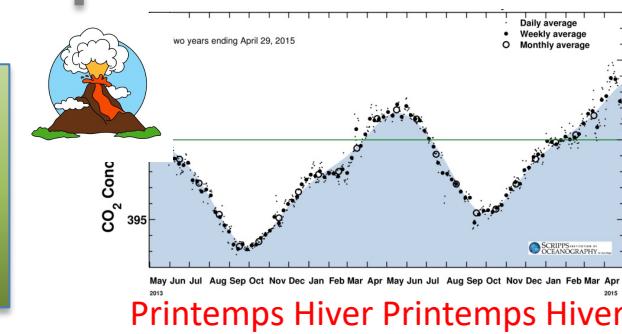
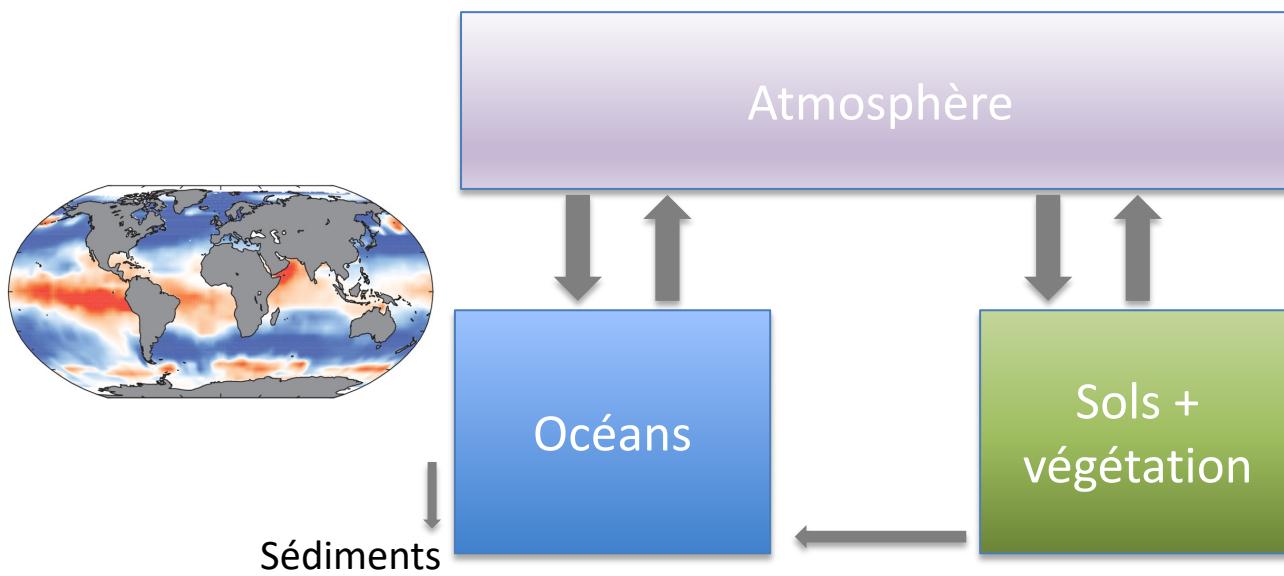
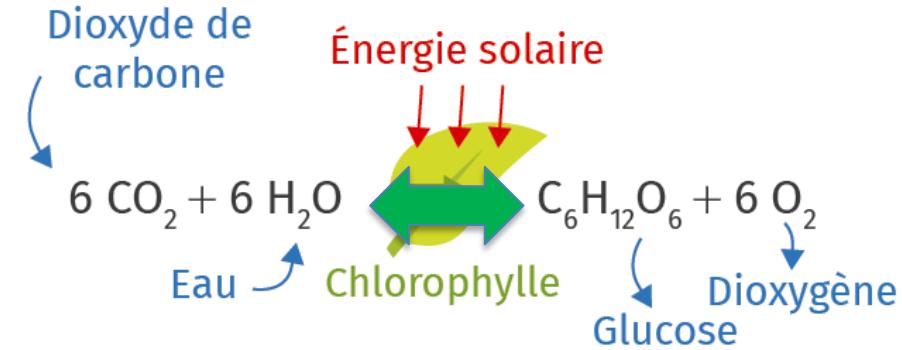
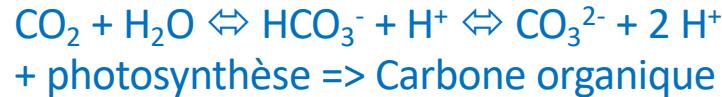
Aujourd’hui : 428  
Né à 320



Taux de croissance [ppm par an]  
+ de 3 sur 2023 et 2024



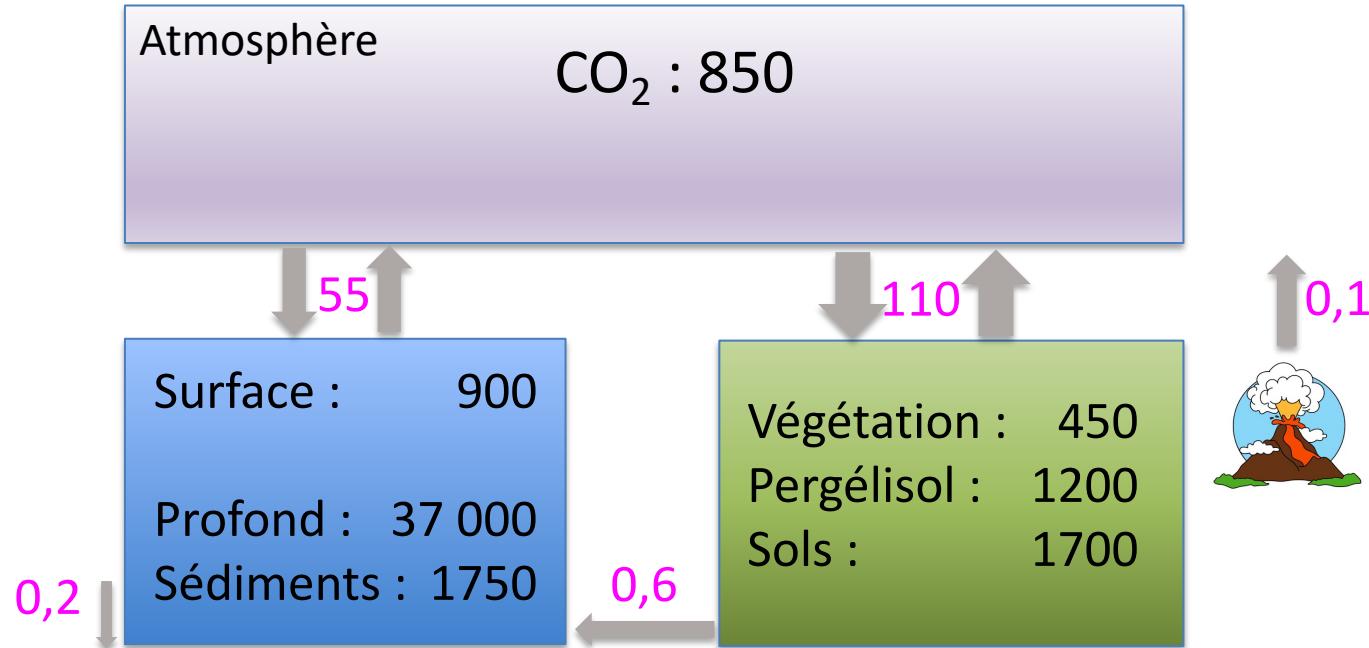
# Un cycle naturel du carbone ?



Printemps Hiver Printemps Hiver

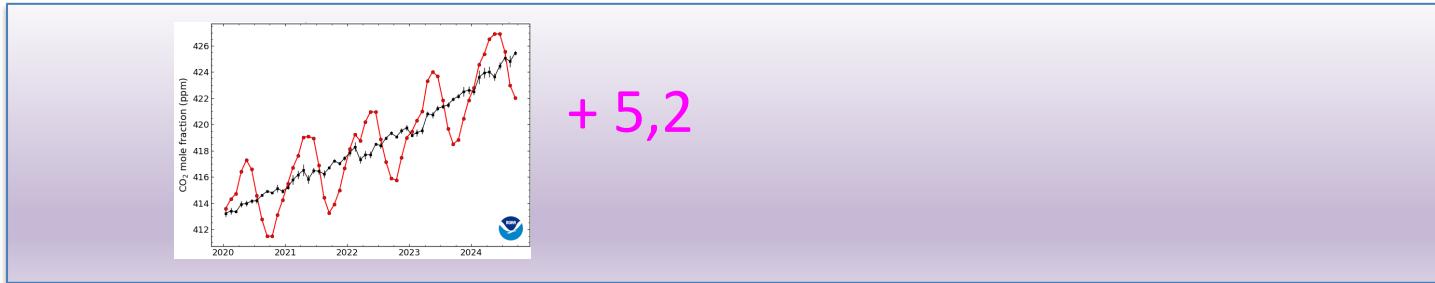
Stocks en GtC. 1 GtC = 1 milliard de tonnes de Carbone (Masse d'1 km<sup>3</sup> d'eau)

Flux en GtC/an.



## Flux ou variation de stock en GtC par an

(2012-2022)



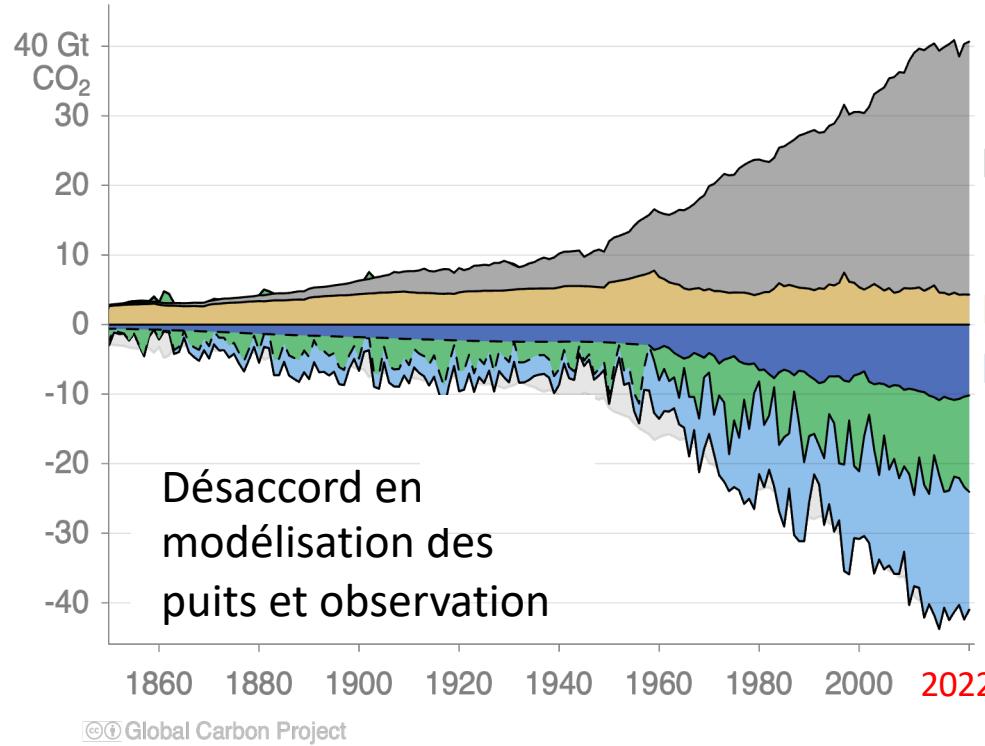
$$\begin{array}{r} 5,2 \\ +2,8 \\ \hline 9,6 \\ +1,3 \\ \hline 10,9 \\ =11,4 \end{array}$$

La végétation apprécie  
l'augmentation du  $[CO_2]$



Déséquilibre des pression  
partielles de  $CO_2$

0,5 ? Ecarts entre sources  
et estimations des puits



Croissance du CO<sub>2</sub> atmosphérique faible dans les années 40-50, pour des raisons aujourd'hui inexpliquées

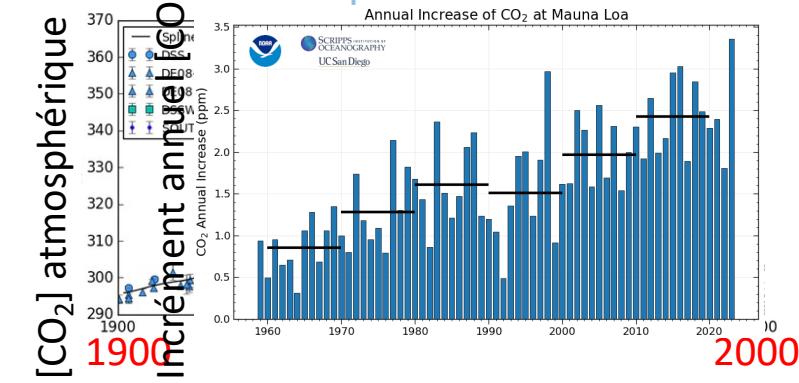
Emissions Fossiles

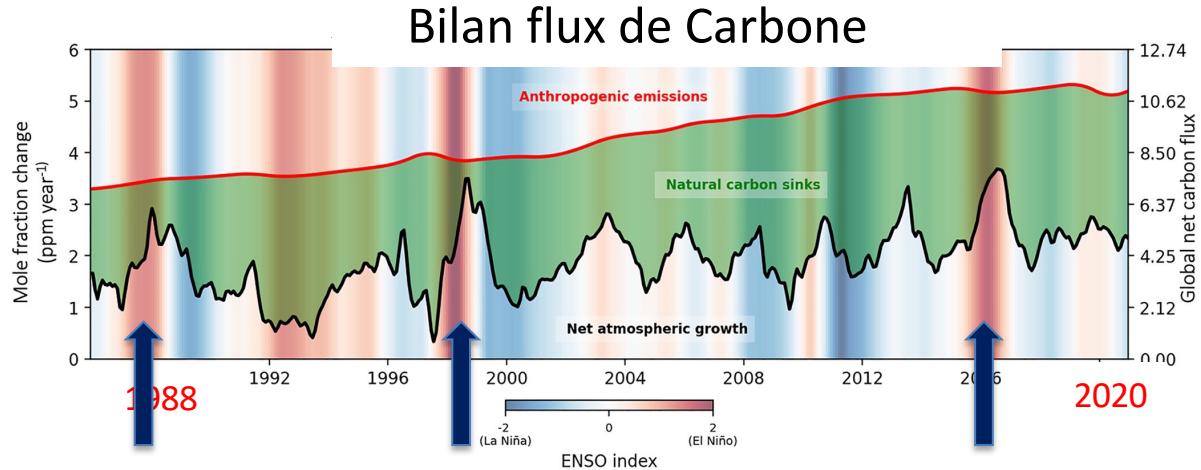
Emissions Cgt util. terres

Flux vers l'océan

Flux vers les terres/veget

Reste dans l'atmosphère





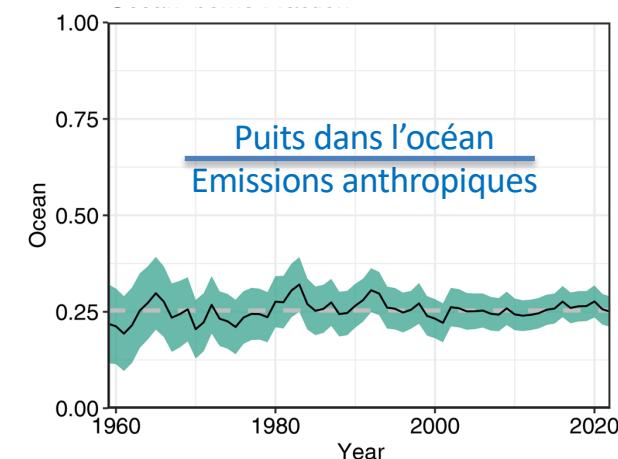
Emissions  
Puits (océans+  
terres)

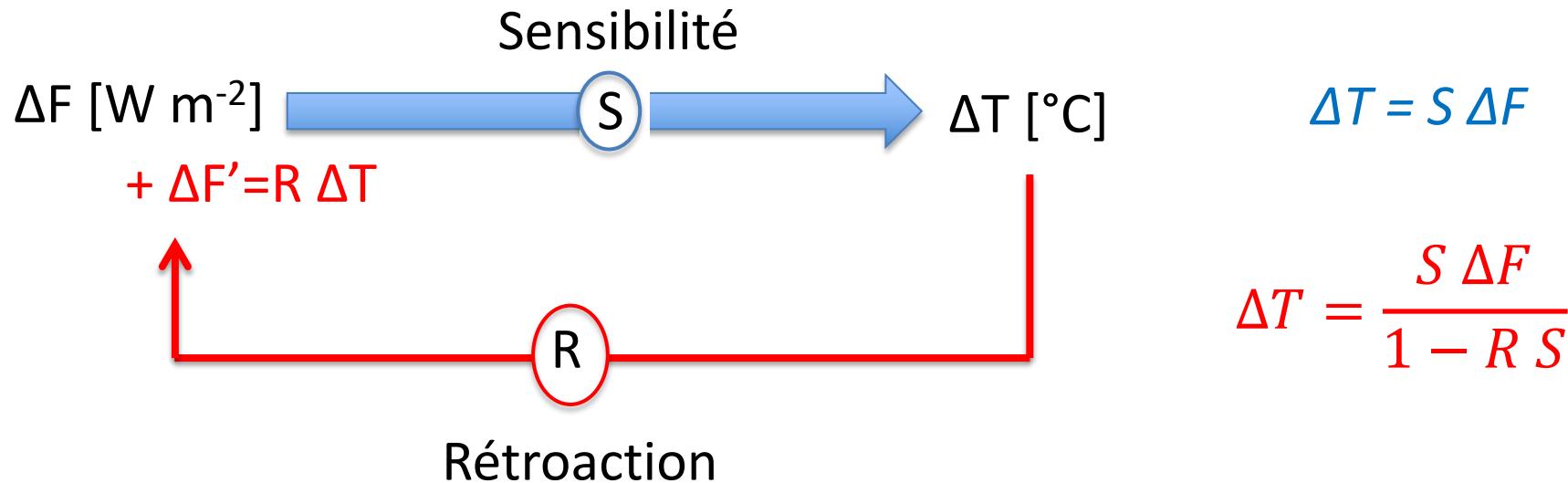
Croissance dans  
l'atmosphère

Le reste dans l'atmosphère est particulièrement important pendant les périodes de fort El Niño

Les flux terrestres sont variables d'une année sur l'autre.  
Le flux net vers l'océan est plus stable.

Le flux net vers l'océan reste à ≈25% des émissions sur 60 ans alors que les émissions ont plus que doublé !





$$\Delta T = \frac{S \Delta F}{1 - R S}$$

La rétroaction peut être positive ou négative. Elle va amplifier, ou limiter l'effet initial

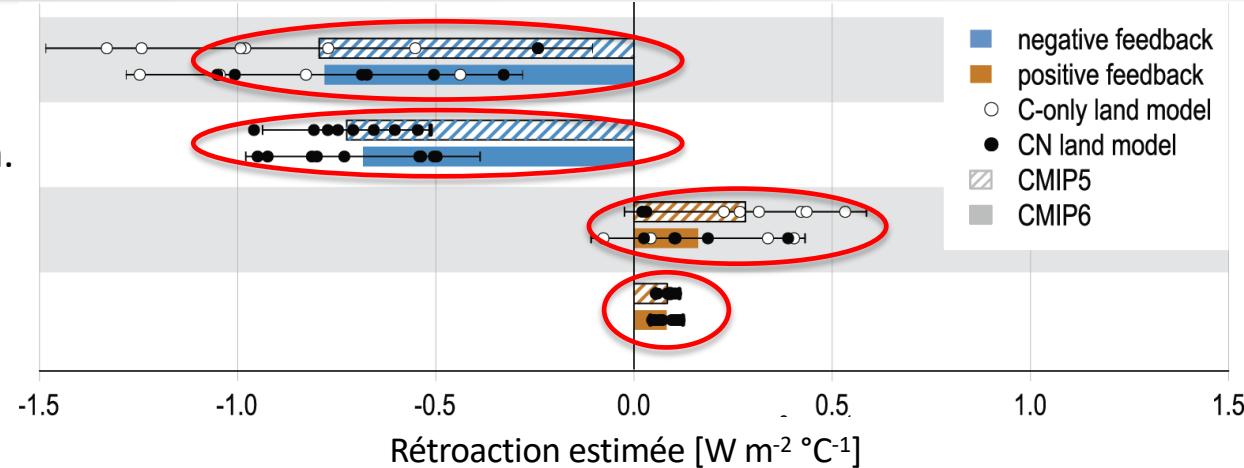
Exemple : Rétroaction Climat-neige, vapeur d'eau, nuages

Rétro. Terre-CO<sub>2</sub> atmosph.

Rétro. Océan- CO<sub>2</sub> atmosph.

Rétro. Terre - Climat

Rétro. Océan - Climat



L'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique conduit à un puits de CO<sub>2</sub> dans l'océan.

Dispersion modérée entre les différentes estimations

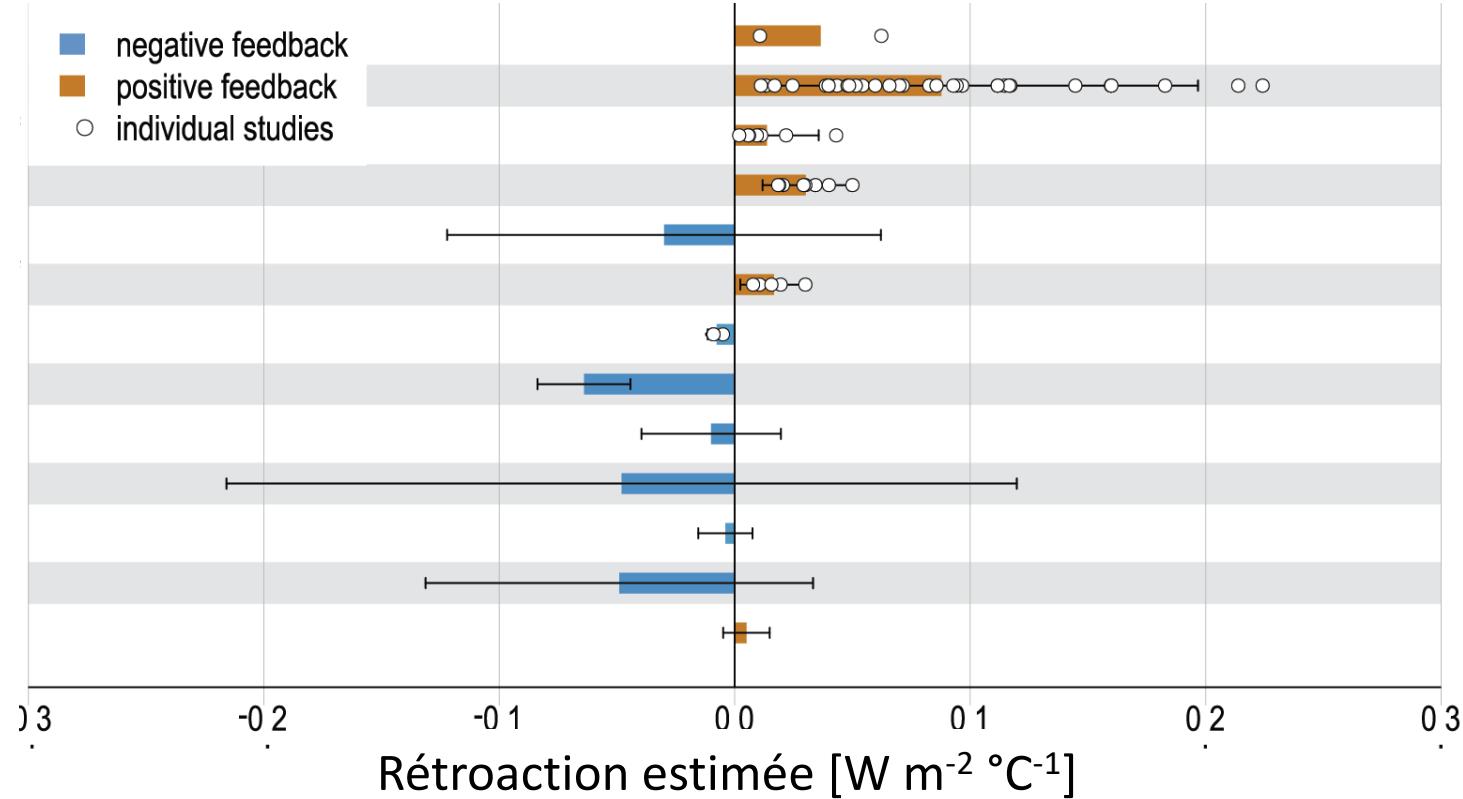
L'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique conduit à un puits de CO<sub>2</sub> sur les terres.

Grosse dispersion entre les différentes estimations

Le changement climatique diminue la capacité de l'océan à absorber le CO<sub>2</sub>. Effet faible et relativement bien contraint

Le changement climatique diminue la capacité des terres à absorber le CO<sub>2</sub>. Effet significatif et très mal contraint

Feux de forêt  
Permafrost-CO<sub>2</sub>  
Permafrost-Méthane  
Zone inondées-Méthane  
Temps de vie – Méthane  
Terres – N<sub>2</sub>O  
Océans – N<sub>2</sub>O  
Ozone  
Foudre  
Aérosols carbonés  
Poussières Désertiques  
Aérosols marins  
Aérosols DMS



NOMBREUSES ÉTUDES AUX RÉSULTATS RAREMENT CONVERGENTS...

Chaque année, des centaines de milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> sont échangées entre atmosphère, océan et végétation

Les émissions anthropiques sont ≈10% de ces échanges. Mais seulement vers l'atmosphère

Ces émissions perturbent le cycle naturel et induisent un flux net vers l'océan et les surfaces terrestres, équivalent à la moitié des émissions en moyenne

Le réchauffement climatique apporte une perturbation supplémentaire au cycle naturel

Le cycle naturel perturbé permet d'atténuer la hausse du CO<sub>2</sub> atmosphérique, et donc le réchauffement climatique