

# Thème 1: Atmosphère, hydrosphère, climats: Du passé à l'avenir.

## Chapitre 3 : De l'évolution récente du climat au climat de demain

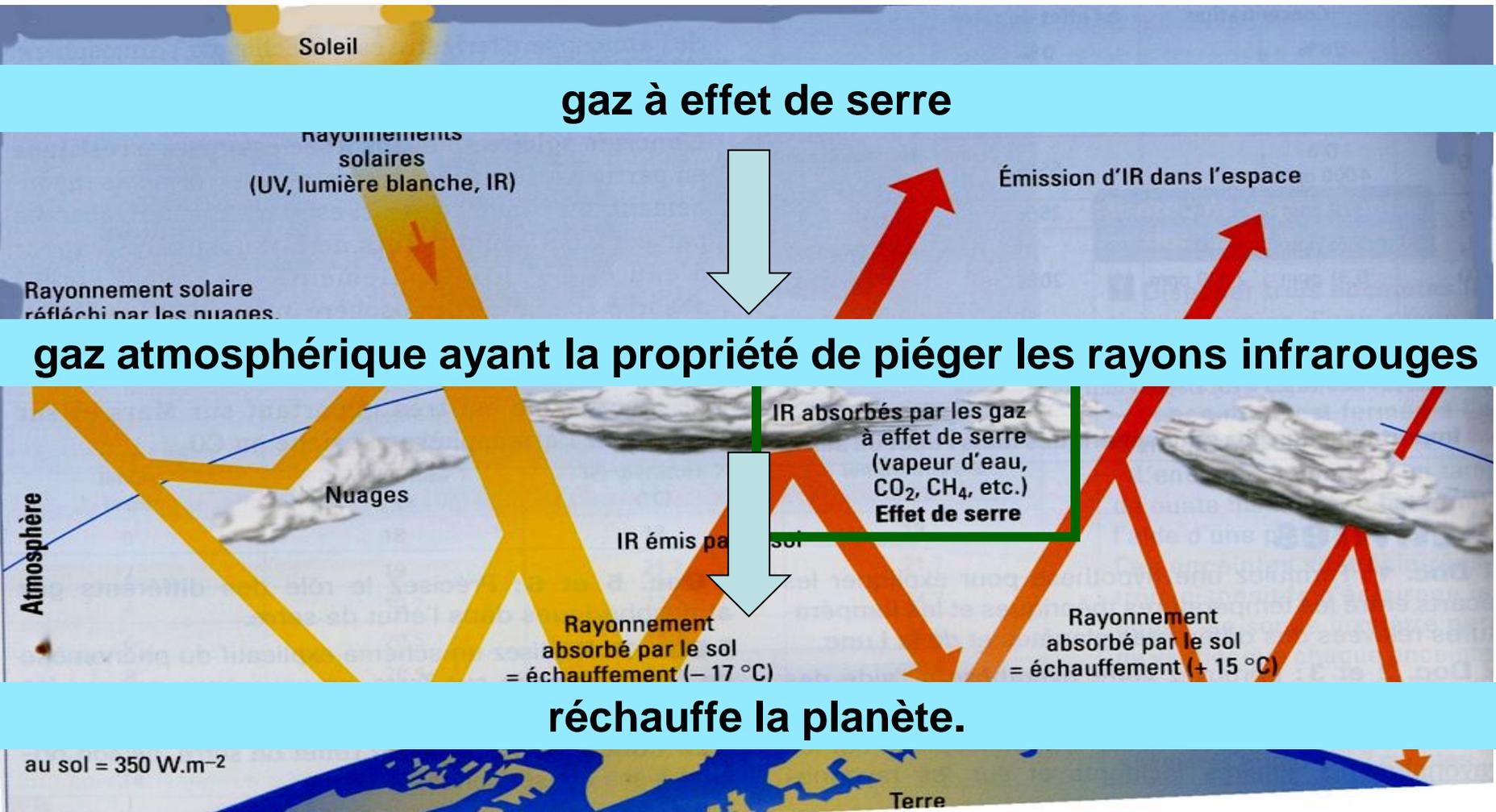
CONFÉRENCE  
L'URGENCE CLIMATIQUE  
ET LA COP21



# Thème 1: Atmosphère, hydrosphère, climats: Du passé à l'avenir.

## Chapitre 3 : De l'évolution récente du climat au climat de demain

- I. Les gaz à effet de serre, paramètre essentiel pour comprendre l'évolution climatique



**gaz à effet de serre**

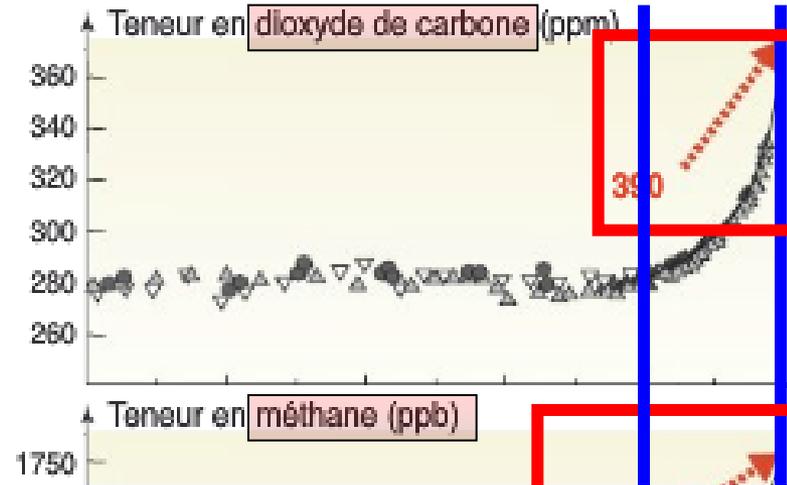
**gaz atmosphérique ayant la propriété de piéger les rayons infrarouges**

**réchauffe la planète.**

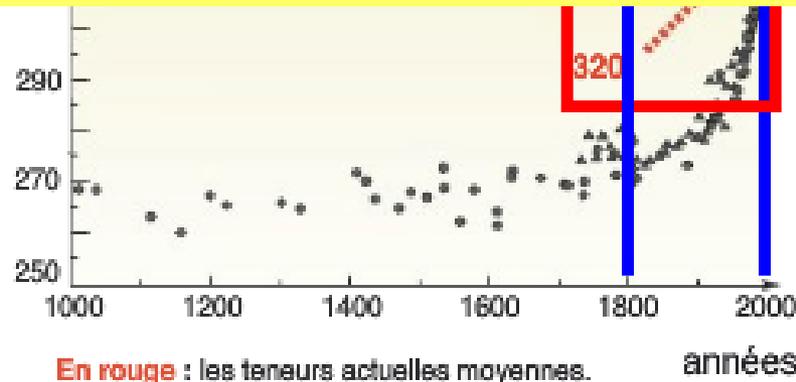
**Effet de serre et température moyenne**

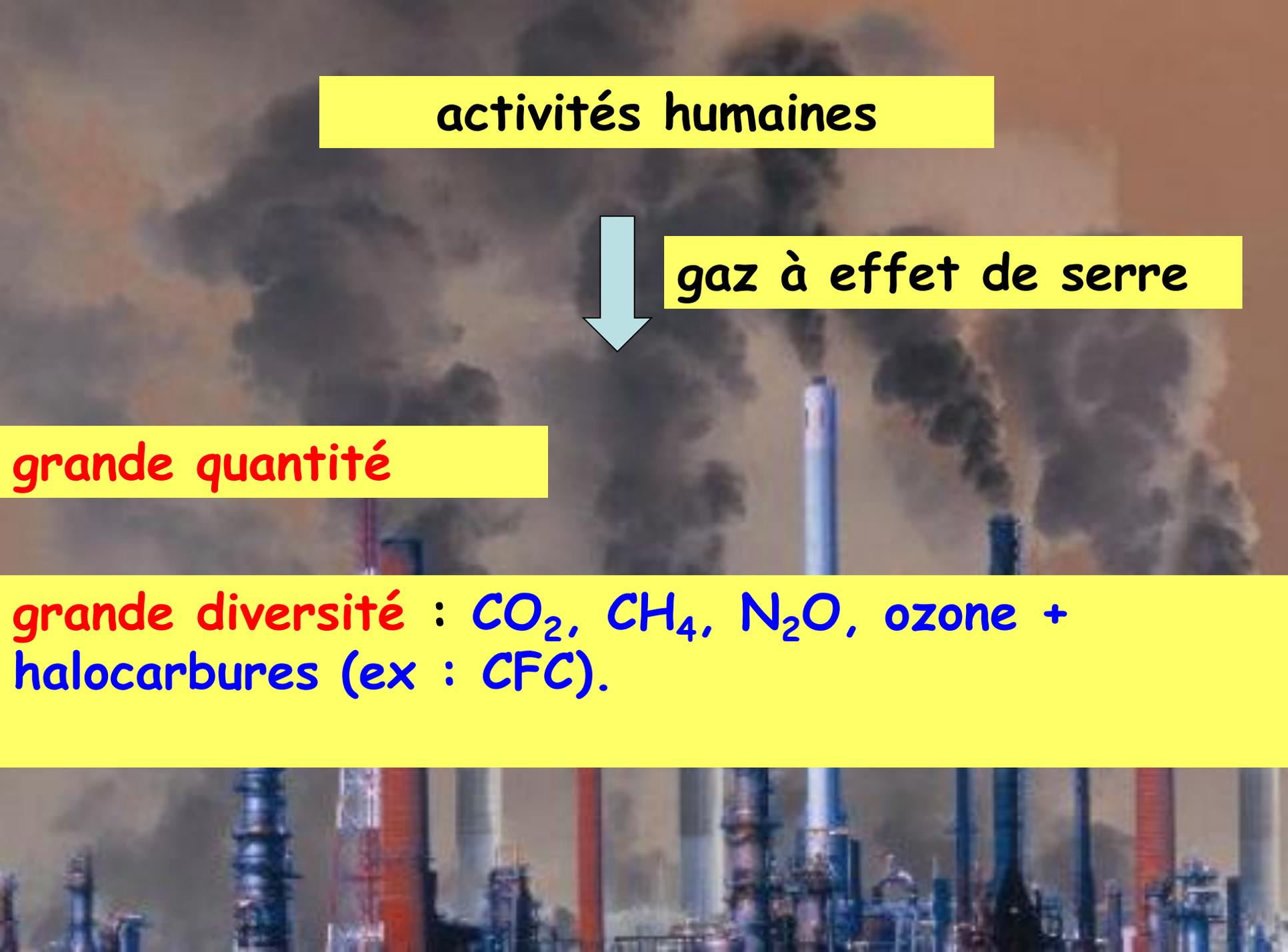
**A.L' effet de l'industrialisation sur la concentration en gaz à effet de serre.**

# L'évolution millénaire de la teneur de l'atmosphère en certains gaz



**Les concentrations ont augmenté exponentiellement depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle (révolution industrielle) pour atteindre des valeurs jamais observées depuis 800 000 ans.**





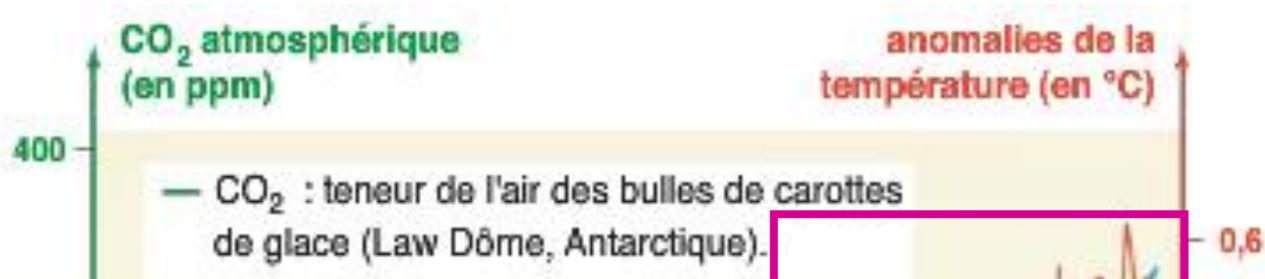
activités humaines



gaz à effet de serre

grande quantité

grande diversité :  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , ozone +  
halocarbures (ex : CFC).

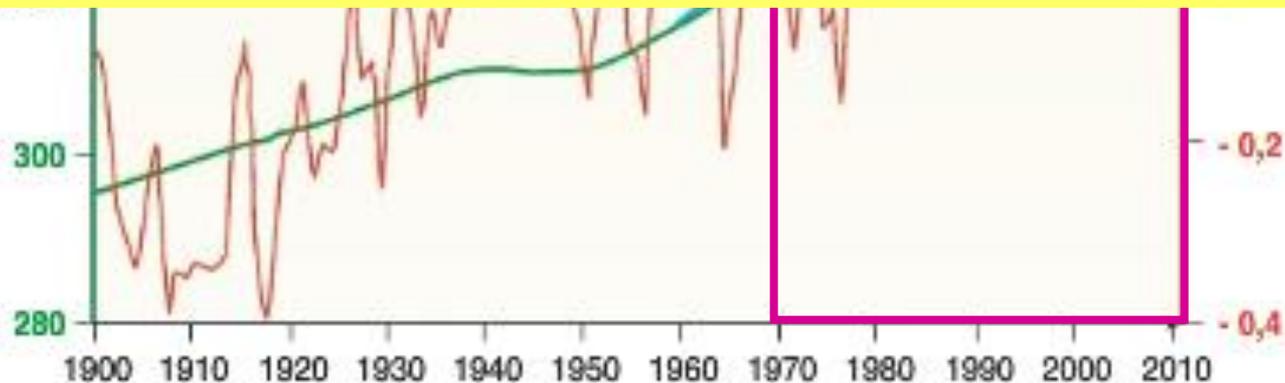


un effet de serre d'origine anthropique s'ajoute à

l'effet de serre naturel impliquant un réchauffement

climatique corrélée à une augmentation de la température

mondiale entre 1970 et 2000 de + 0,5°C.



Évolution de la teneur de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> et de la température moyenne à la surface du globe depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle

# Thème 1: Atmosphère, hydrosphère, climats: Du passé à l'avenir.

## Chapitre 3 : L'évolution récente de l'atmosphère et du climat

### I. Les gaz à effet de serre, paramètre essentiel pour comprendre l'évolution climatique

A. L'effet de l'industrialisation sur la concentration en gaz à effet de serre.

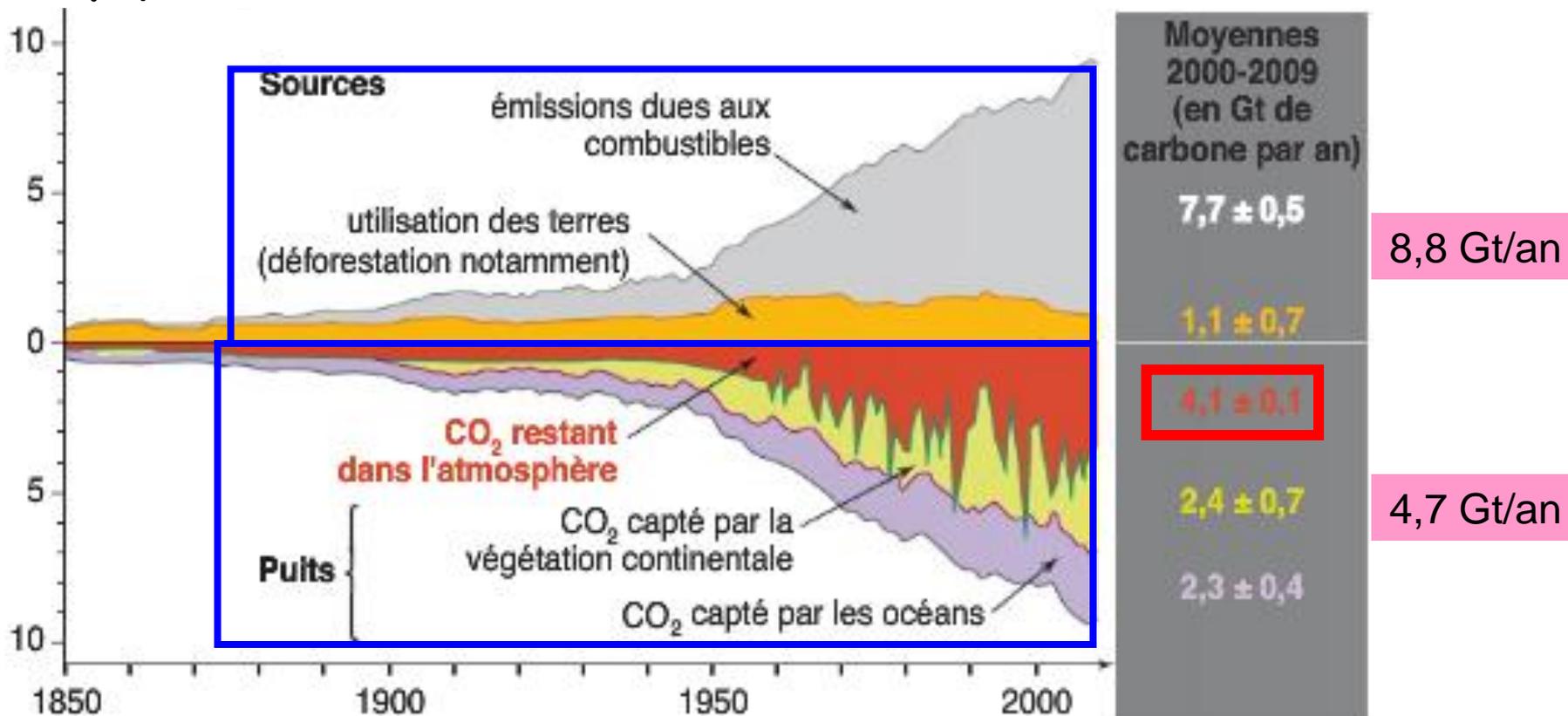
B. Les puits, les sources et l'évolution de la concentration en CO<sub>2</sub>

## L'évolution des « sources » et des « puits » de carbone depuis 1850.

-les sources de  $\text{CO}_2$  → augmentent sa concentration

○naturelles → *volcanisme, respiration et fermentation*

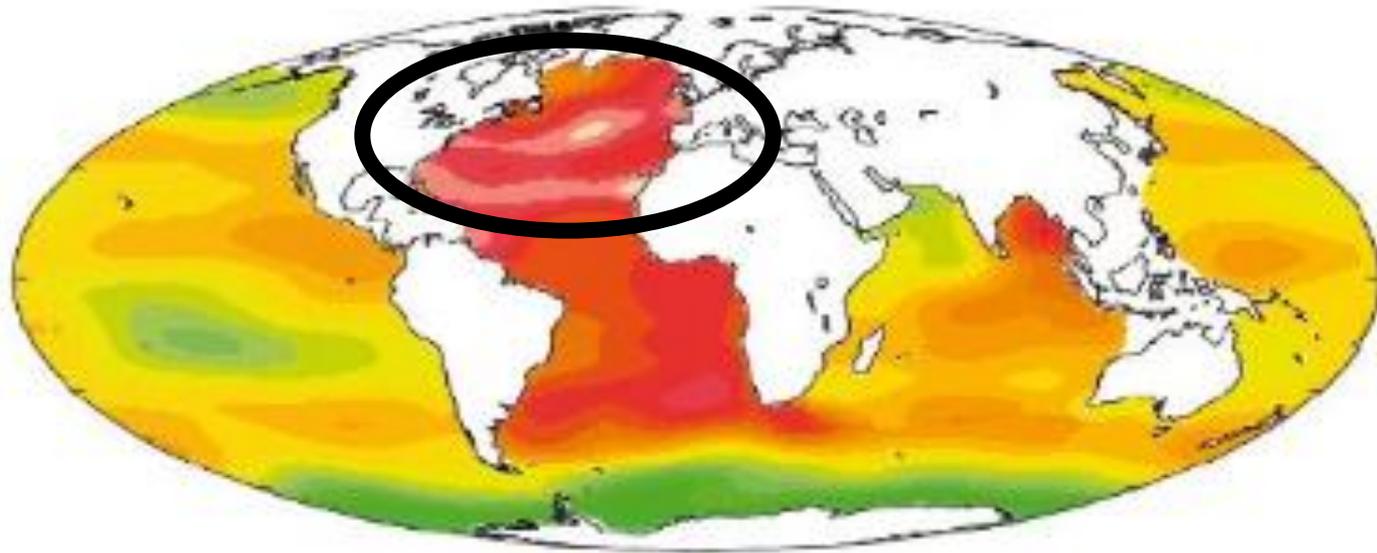
○anthropiques → *déforestation, utilisation massive de combustibles fossiles*



-les puits de  $\text{CO}_2$  → diminuent sa concentration

→ *piégeage par les végétaux photosynthétiques, et par les océans*

| **CO<sub>2</sub> d'origine humaine dissous dans les eaux océaniques superficielles.**



**CO<sub>2</sub> d'origine humaine dissous dans les eaux superficielles (mol·m<sup>-3</sup>)**

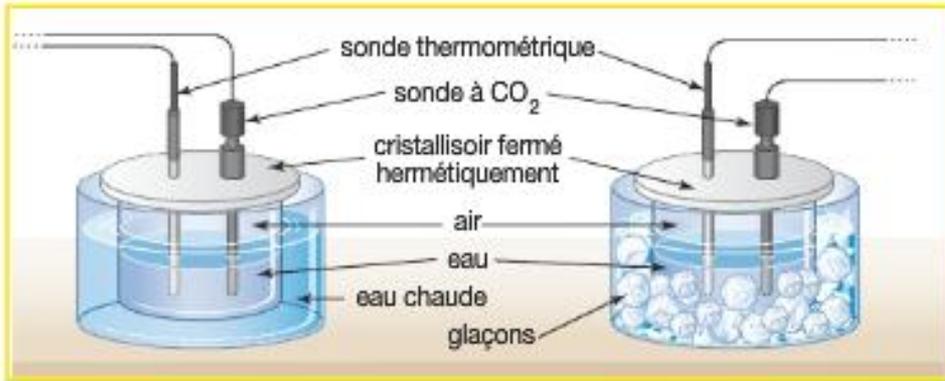


Le CO<sub>2</sub> d'origine humaine se retrouve pour partie **dissous** dans la partie superficielle de l'atlantique nord

Une partie du CO<sub>2</sub> émis par les activités humaines est captée par les océans où il est dissous.

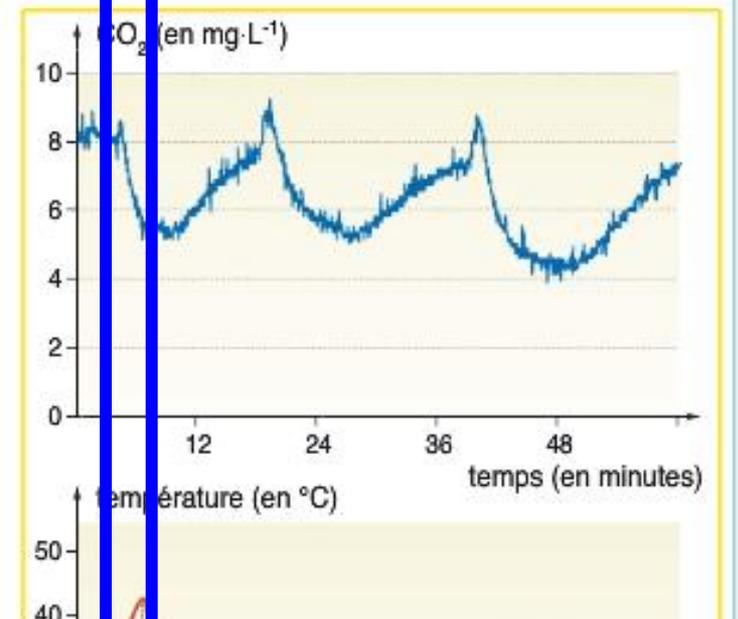
# Résultat d'une simulation des échanges de $\text{CO}_2$ entre atmosphère et hydrosphère

## Lorsque la température varie

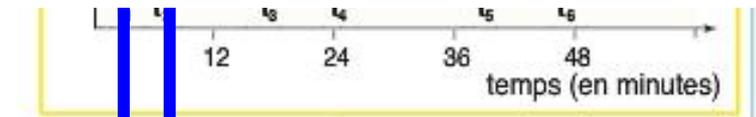


Aux temps  $t_1$ ,  $t_3$  et  $t_5$ , on plonge le cristallisateur dans un plus grand cristallisateur rempli d'eau chaude.

Aux temps  $t_2$ ,  $t_4$  et  $t_6$ , on plonge le cristallisateur dans un plus grand cristallisateur rempli de glaçons.



la solubilité dans l'eau diminue lorsque la température augmente.



**L'augmentation de la température de l'eau**

 **pourrait amplifier**

**la hausse de la concentration  
atmosphérique en CO<sub>2</sub>**

 **pourrait amplifier**

**la hausse de la température globale**

**c'est une rétroaction positive en carbone.**

# Thème 1: Atmosphère, hydrosphère, climats: Du passé à l'avenir.

## Chapitre 3 : L'évolution récente de l'atmosphère et du climat

### I. Les gaz à effet de serre, paramètre essentiel pour comprendre l'évolution climatique

A. L'effet de l'industrialisation sur la concentration en gaz à effet de serre.

B. Les puits, les sources et l'évolution de la concentration en CO<sub>2</sub>

### II . le climat résulte d'une multitude d'interactions

A. L'énergie incidente reçue au sommet de l'atmosphère

L'énergie solaire incidente reçue au sommet de l'atmosphère dépend :

- de **l'activité solaire** qui présente des variations cycliques.  
( forte activité → tache à la surface du soleil)
- des paramètres orbitaux de la Terre

Ces paramètres déterminent la répartition et les variations au cours du temps de l'énergie solaire reçue aux différentes latitudes.

# Thème 1: Atmosphère, hydrosphère, climats: Du passé à l'avenir.

## Chapitre 3 : L'évolution récente de l'atmosphère et du climat

### I. Les gaz à effet de serre, paramètre essentiel pour comprendre l'évolution climatique

A. L'effet de l'industrialisation sur la concentration en gaz à effet de serre.

B. Les puits, les sources et l'évolution de la concentration en CO<sub>2</sub>

### II . le climat résulte d'une multitude d'interactions

A. L'énergie incidente reçue au sommet de l'atmosphère

B . L'albédo, un paramètre important du climat

# l'albédo

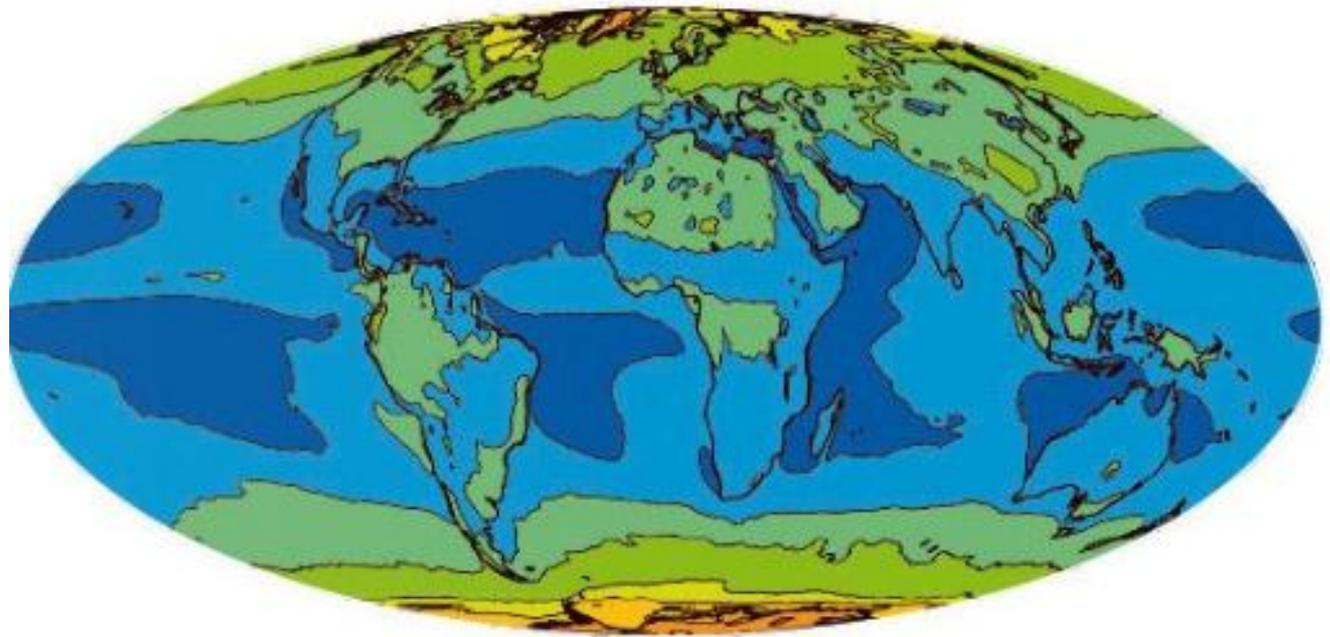


lumière réfléchiée par une surface  
par rapport à la lumière incidente ;  
de 0 à 1 ou %

L'albédo moyen de la Terre est de 0.3 soit 30%

Mais selon les régions cette valeur varie beaucoup :

- Neige fraîche 0.95
- désert de sable 0.50
- prairie 0.20
- océan 0.1 à 0.3



Moyenne annuelle  
de l'albédo de la Terre (en %)



10%

20%

30%

40%

50%

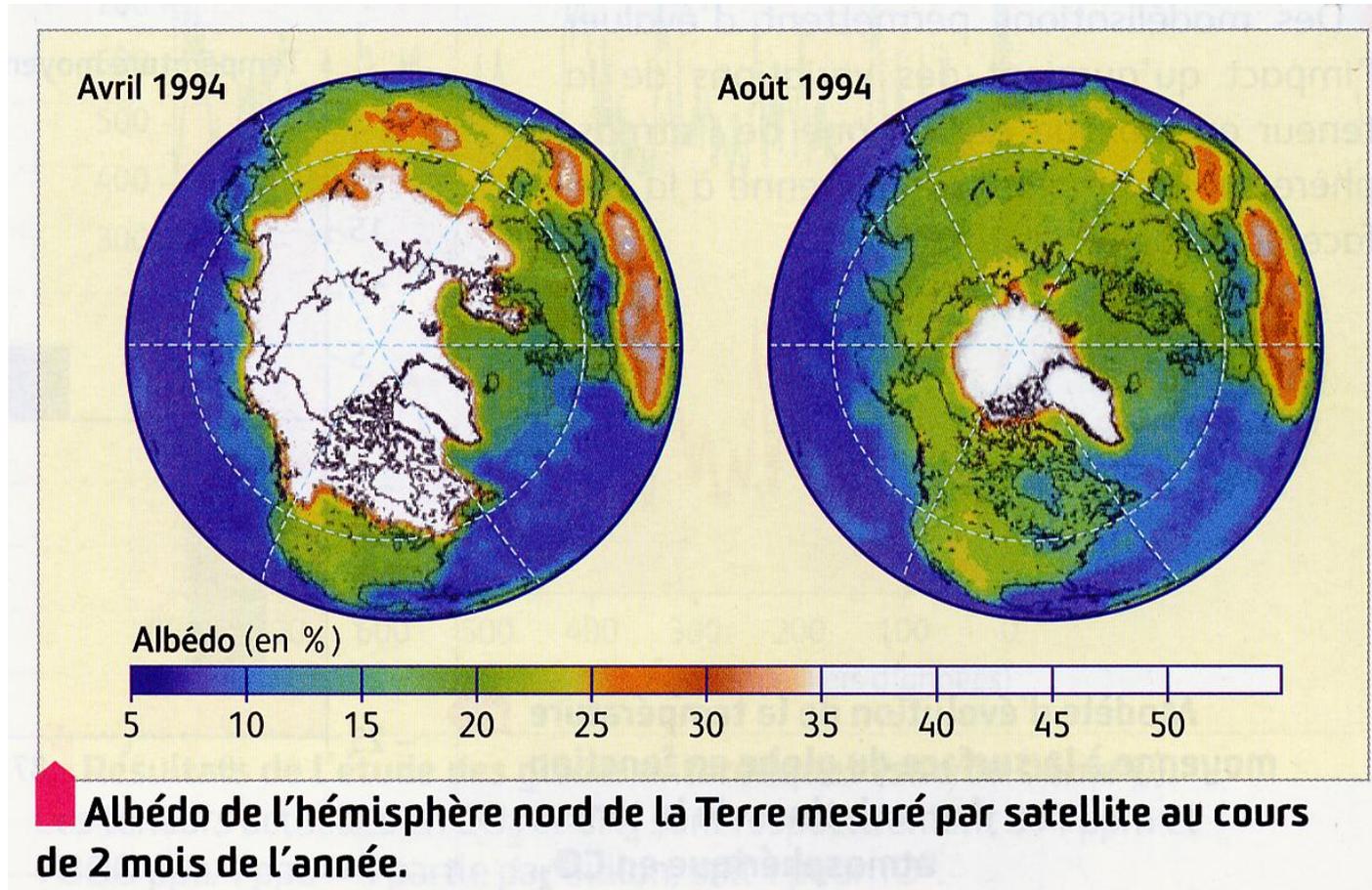
60%

70%

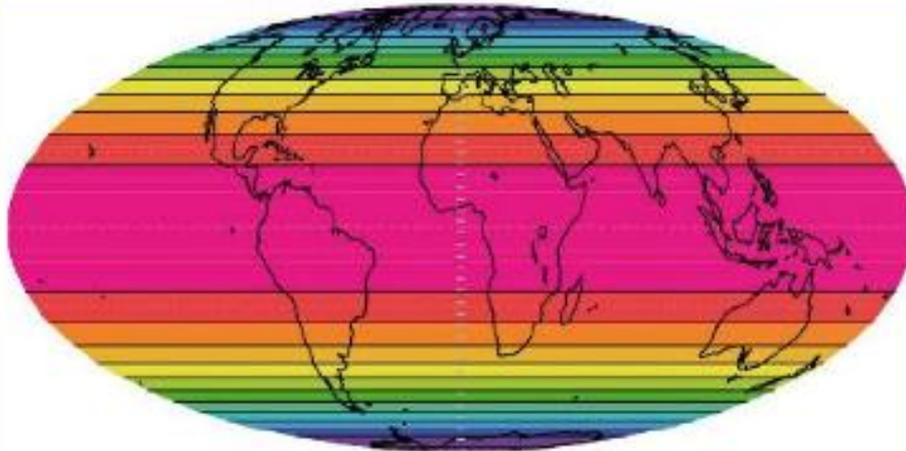
80%

## Glaces polaires et albédo de la Terre

l'albédo moyen des glaces de 0,85

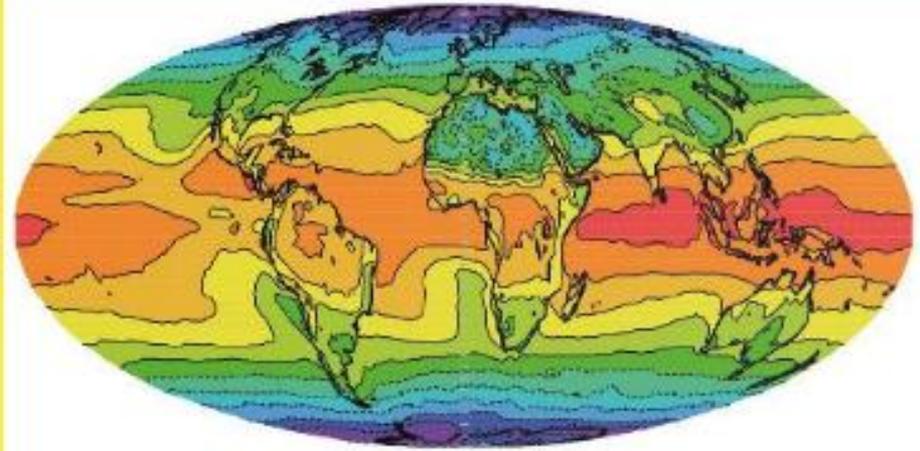


# Le devenir du rayonnement solaire



180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400  
Énergie solaire incidente au sommet de l'atmosphère (en  $W \cdot m^{-2}$ )

Des mesures satellitales ont permis d'établir le *planisphere ci-dessus*. Si l'énergie solaire incidente moyenne représente  $342 W \cdot m^{-2}$ , elle est plus élevée dans la région équatoriale (de 400 à  $430 W \cdot m^{-2}$ ) que dans les régions polaires ( $< 150 W \cdot m^{-2}$ ).



-120 -100 -80 -60 -40 -20 0 20 40 60 80 100  
Moyenne annuelle du bilan radiatif de la Terre (en  $W \cdot m^{-2}$ )

Il est possible de calculer le **bilan radiatif** de la Terre, c'est-à-dire la différence entre l'énergie solaire absorbée et la chaleur rayonnée dans l'espace. Certains facteurs peuvent limiter la fuite de chaleur vers l'espace et tendent donc à réchauffer la Terre ; pour d'autres, c'est le contraire.

# Thème 1: Atmosphère, hydrosphère, climats: Du passé à l'avenir.

## Chapitre 3 : L'évolution récente de l'atmosphère et du climat

### I. Les gaz à effet de serre, paramètre essentiel pour comprendre l'évolution climatique

A. L'effet de l'industrialisation sur la concentration en gaz à effet de serre.

B. Les puits, les sources et l'évolution de la concentration en CO<sub>2</sub>

### II. le climat résulte d'une multitude d'interactions

A. L'énergie incidente reçue au sommet de l'atmosphère

B. L'albédo, un paramètre important du climat

C. Le bilan radiatif du globe

Le **bilan radiatif** ou **rayonnement net** de la planète qui correspond à la **différence** entre le **flux solaire absorbé** (incident moins réfléchi), et le **flux thermique émis vers l'espace** doit donc être égal à **zéro**.

Le flux solaire absorbé dépend lui-même de deux paramètres, **le flux solaire incident** et **l'albédo** qui est la fraction réfléchie de ce flux

# Des effets antagonistes sur le forçage radiatif



Certains paramètres exercent →  
un **forçage positif** → **augmentation  $T^{\circ}$**

*ex : grande quantité de  $CO_2$  émise dans l'atmosphère par les éruptions volcanique.*

D'autres paramètres exercent un  
**forçage négatif** → **diminution  $T^{\circ}$** .

ex: grande quantité de poussière expulsé en altitude, réfléchissant le rayonnement solaire → réduction de l'énergie reçue à la surface de la terre

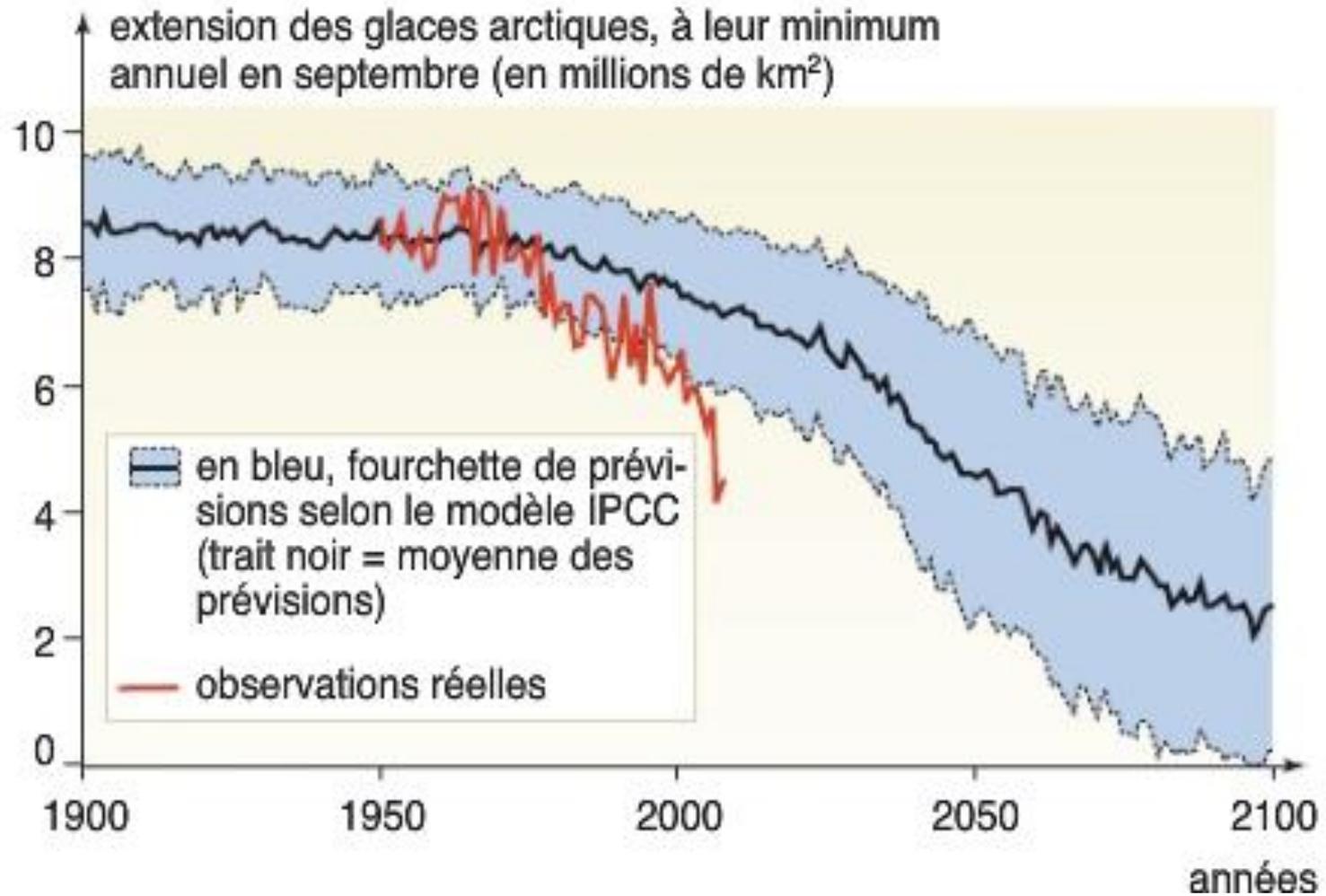
Actuellement, certains facteurs sont responsables d'un **forçage radiatif +** :

- **gaz à effet de serre**
- **diminution de l'extension de la banquise**



**déséquilibre le bilan radiatif** → un réchauffement

# actuellement emballément possible par rétroaction positive



# Thème 1: Atmosphère, hydrosphère, climats: Du passé à l'avenir.

## Chapitre 3 : L'évolution récente de l'atmosphère et du climat

### I. Les gaz à effet de serre, paramètre essentiel pour comprendre l'évolution climatique

A. L'effet de l'industrialisation sur la concentration en gaz à effet de serre.

B. Les puits, les sources et l'évolution de la concentration en CO<sub>2</sub>

### II . le climat résulte d'une multitude d'interactions

A. L'énergie incidente reçue au sommet de l'atmosphère

B . L'albédo, un paramètre important du climat

C. Le bilan radiatif du globe

### III. Le climat de demain : une modélisation délicate

A. Des scénarios qui dépendent des émissions des gaz à effet de serre

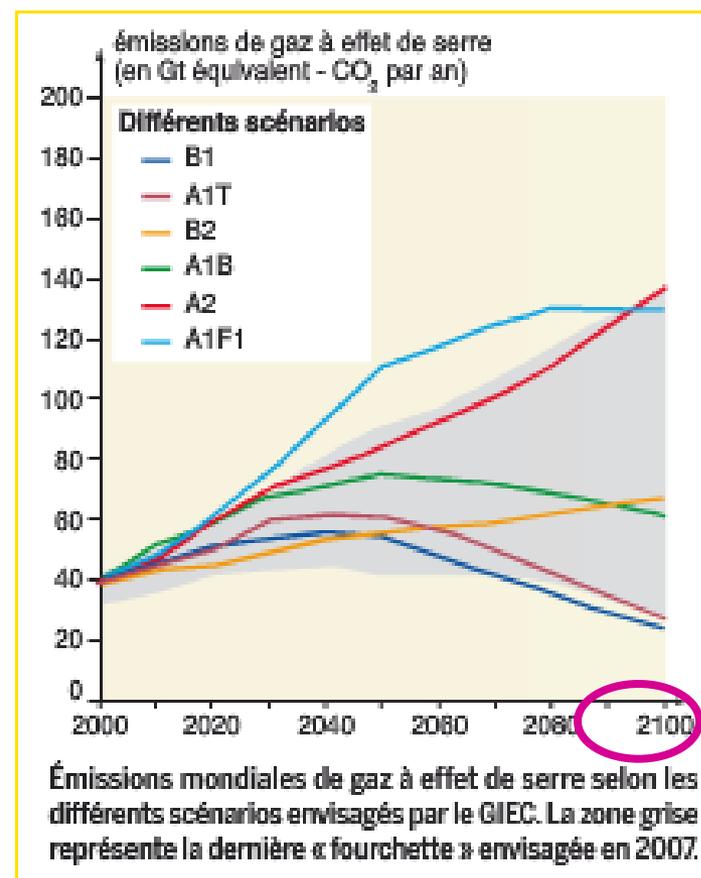
## A Les gaz à effet de serre : des scénarios pour modéliser

On appelle « scénario socio-économique » un ensemble d'hypothèses cohérentes concernant l'évolution démographique, économique ou sociologique de la planète. Différents scénarios envisagés par le GIEC (Groupe d'experts Intergouverne-

mental sur l'Évolution du Climat) permettent d'estimer les émissions futures de gaz à effet de serre, dans le monde, selon le type de développement envisagé et leur influence sur le climat.

Scénarios du GIEC	T <sub>2100</sub> *
<b>Scénario B1</b> : le moins polluant, il décrit un monde où la population culmine au milieu du siècle et décline ensuite, où l'accent est mis sur des solutions mondiales orientées vers une économie de services et d'information.	+ 1,8 °C
<b>Scénario A1T</b> : la croissance est très rapide, mais l'économie s'appuie sur des sources d'énergie non fossiles et intègre rapidement des nouvelles technologies plus efficaces.	+ 2,4 °C
<b>Scénario B2</b> : il décrit un monde où l'accent est placé sur des solutions locales, pour assurer une durabilité économique, sociale et environnementale.	+ 2,4 °C
<b>Scénario A1B</b> : la croissance économique très rapide s'appuie sur des sources d'énergie équilibrées entre énergies fossiles et autres (nucléaire, renouvelables). De nouvelles technologies plus efficaces sont introduites rapidement. C'est le scénario qui « colle » le plus aux prévisions actuelles.	+ 2,8 °C
<b>Scénario A2</b> : il décrit un monde très hétérogène où le développement économique est faible avec de lents progrès technologiques.	+ 3,4 °C
<b>Scénario A1F1</b> : le plus polluant, il décrit un monde à croissance très rapide qui recourt fortement aux énergies fossiles (charbon, gaz, pétrole).	+ 4 °C

\* T<sub>2100</sub> : augmentation prévisible de la température à l'horizon 2100.



	<b>Scénario B1 : réduction des émissions de 8 à 6 Gt/an</b>	<b>Scénario B2 : augmentation des émissions de 8 à 14 Gt/an</b>	<b>Scénario A2 : augmentation des émissions de 8 à 30 Gt/an</b>
Température (en °C) en 2100	+ 1 °C	+ 1,7 °C	+ 2,7 °C
Niveau de la mer (en m) en 2100	+ 0,5	+ 0,6	+ 0,8

# Thème 1: Atmosphère, hydrosphère, climats: Du passé à l'avenir.

## Chapitre 3 : L'évolution récente de l'atmosphère et du climat

### I. Les gaz à effet de serre, paramètre essentiel pour comprendre l'évolution climatique

A. L'effet de l'industrialisation sur la concentration en gaz à effet de serre.

B. Les puits, les sources et l'évolution de la concentration en CO<sub>2</sub>

### II. le climat résulte d'une multitude d'interactions

A. L'énergie incidente reçue au sommet de l'atmosphère

B. L'albédo, un paramètre important du climat

C. Le bilan radiatif du globe

### III. Le climat de demain : une modélisation délicate

A. Des scénarios qui dépendent des émissions des gaz à effet de serre

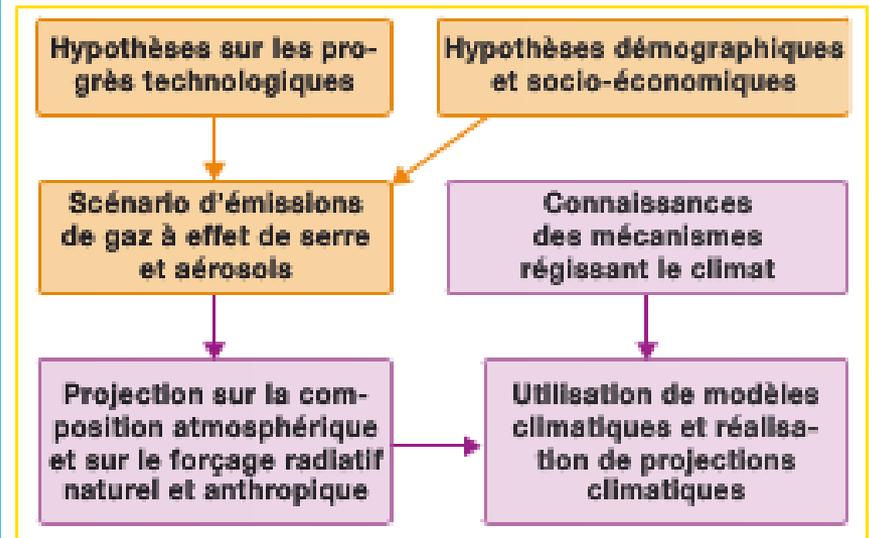
B. La construction de modèles climatiques

Les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre doivent être couplés d'une part à la durée de séjour approximative de ces gaz dans l'atmosphère (*tableau ci-dessous*), d'autre part à leur pouvoir de réchauffement. En effet, sur une période de 100 ans, un kilogramme de méthane a un impact sur l'effet de serre 25 fois supérieur à un kilogramme de CO<sub>2</sub>.

Gaz à effet de serre	Durée de séjour dans l'atmosphère
CO <sub>2</sub>	100 ans
Méthane	12 ans
Protoxyde d'azote (N <sub>2</sub> O)	120 ans
CFC et HCFC	12 à 130 ans
tétrafluorométhane	50 000 ans
hexafluorure de soufre	3 200 ans

**Doc. 2** Durée de séjour dans l'atmosphère des gaz à effet de serre et « pouvoir réchauffant ».

La modélisation de l'évolution climatique par les experts du GIEC conduit à redouter la répétition d'événements climatiques extrêmes (tempêtes, inondations...).



**Doc. 3** Des paramètres, pris en compte par les experts du GIEC, pour modéliser le climat.

décroissance des émissions de GES ne peut pas être suivie  
Immédiatement d'une diminution de la T°

# Thème 1: Atmosphère, hydrosphère, climats: Du passé à l'avenir.

## Chapitre 3 : L'évolution récente de l'atmosphère et du climat

### I. Les gaz à effet de serre, paramètre essentiel pour comprendre l'évolution climatique

A. L'effet de l'industrialisation sur la concentration en gaz à effet de serre.

B. Les puits, les sources et l'évolution de la concentration en CO<sub>2</sub>

### II. le climat résulte d'une multitude d'interactions

A. L'énergie incidente reçue au sommet de l'atmosphère

B. L'albédo, un paramètre important du climat

C. Le bilan radiatif du globe

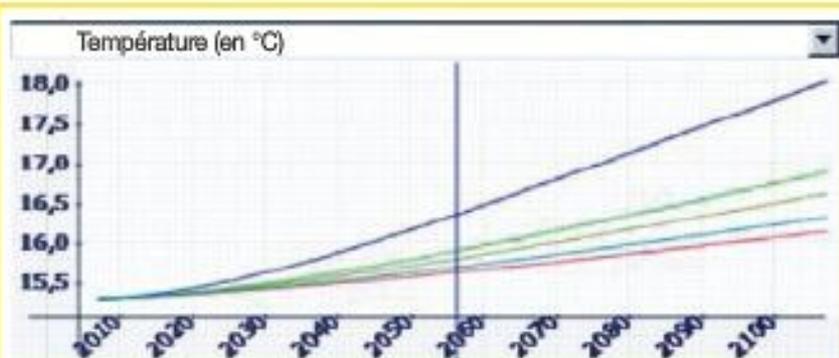
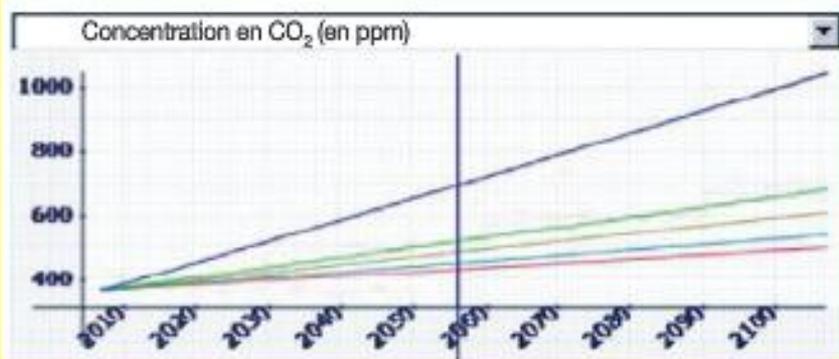
### III. Le climat de demain : une modélisation délicate

A. Des scénarios qui dépendent des émissions des gaz à effet de serre

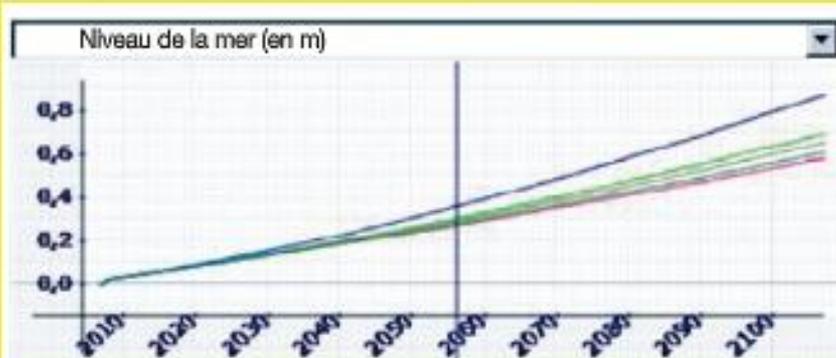
B. La construction de modèles climatiques

C. Les incertitudes des modèles

Les *simulations ci-dessous* ont été obtenues en choisissant une durée de 100 ans et en fixant comme invariables les paramètres modifiant l'énergie solaire incidente. Des courbes complémentaires peuvent être obtenues sur la variation de l'albédo et sur la position en latitude des calottes polaires.



Courbes	Conditions fixées
Rouge	• <b>Scénario B1</b> : réduction des émissions anthropiques de CO <sub>2</sub> de 8 à 6 Gt/an.
Verte	• <b>Scénario B2</b> : augmentation des émissions anthropiques de CO <sub>2</sub> de 8 à 14 Gt/an.
Bleu foncé	• <b>Scénario A2</b> : augmentation des émissions anthropiques de CO <sub>2</sub> de 8 à 30 Gt/an.
Marron clair	• <b>Scénario B2</b> avec augmentation de 10 % des flux de CO <sub>2</sub> épongés par la végétation.
Bleu clair	• <b>Scénario B2</b> avec augmentation de 10 % des flux de CO <sub>2</sub> épongés par la végétation et augmentation de 10 % des flux de CO <sub>2</sub> épongés par l'océan.



**Doc. 4** Une modélisation simple du climat de demain.

Pour utiliser le logiciel