

Commission Particulière du Débat Public

Politique des transports Vallée du Rhône - Arc languedocien

Effet de serre et Changement Climatique

Lyon - 19 avril 2006

Marie-Antoinette MELIERES

*Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement
CNRS - Université J. Fourier - Grenoble*

Climat

.... le moteur ?

Surface Terre : Température : varie de
Pluie : varie de

- 80°C à + 80 °C
0 à plus de 12 m/an



**Le climat moyen sur Terre
est caractérisé par les moyennes suivantes**

Température # 15° C
Pluie # 1 m / an
Vent ascendant

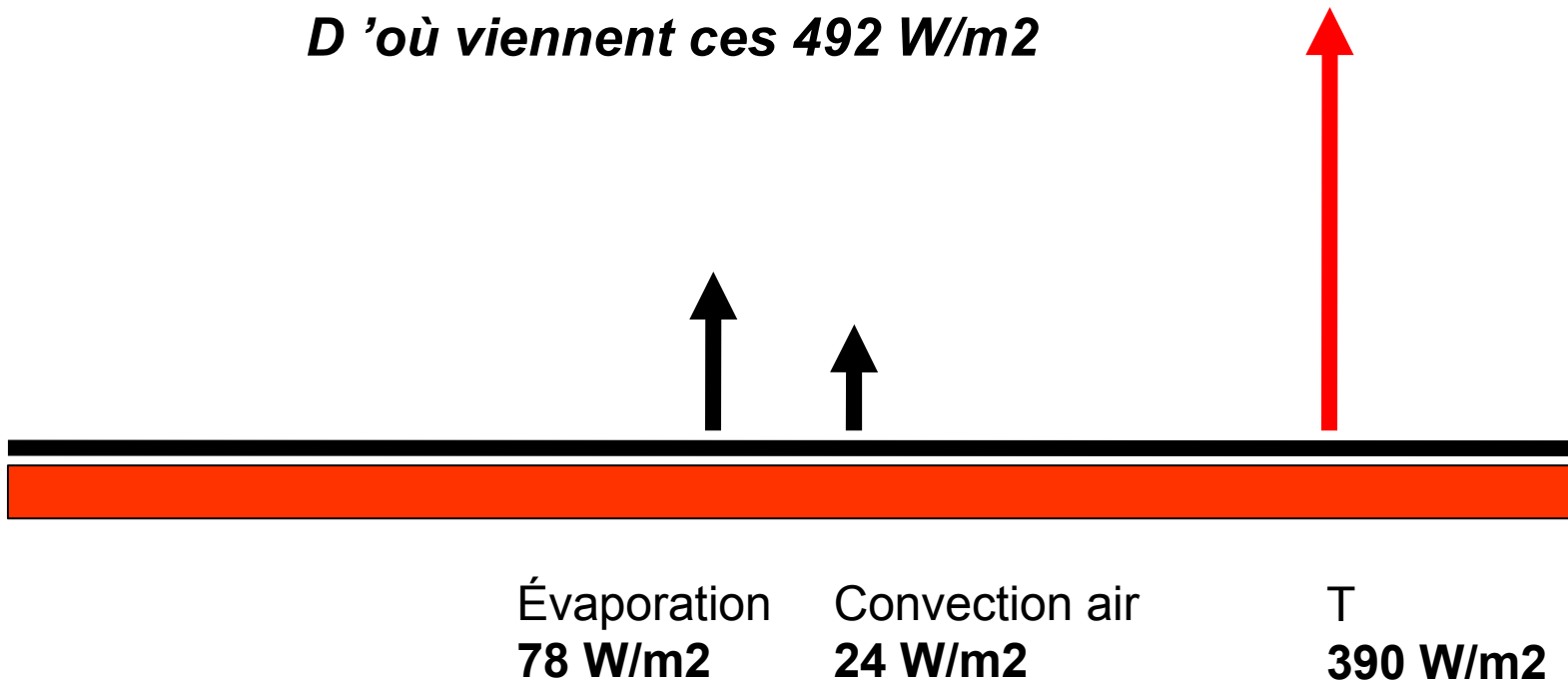
Le climat moyen en France

Température # 12°C
Pluie # 0,9 m / an

Le climat moyen sur Terre

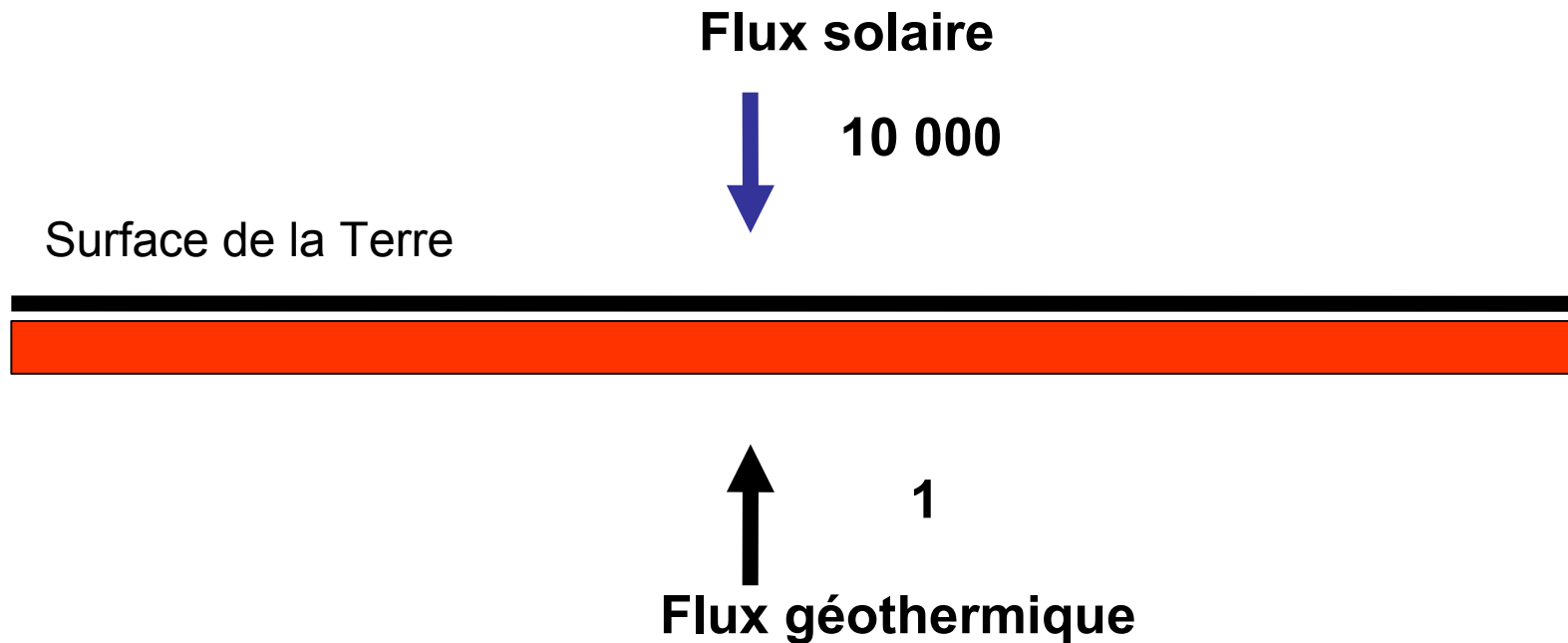
Température	#15°C	: 390 W/m ²
Pluie	#1m/an	78 W/m ²
Vent ascendant		24 W/m ²

D'où viennent ces 492 W/m²

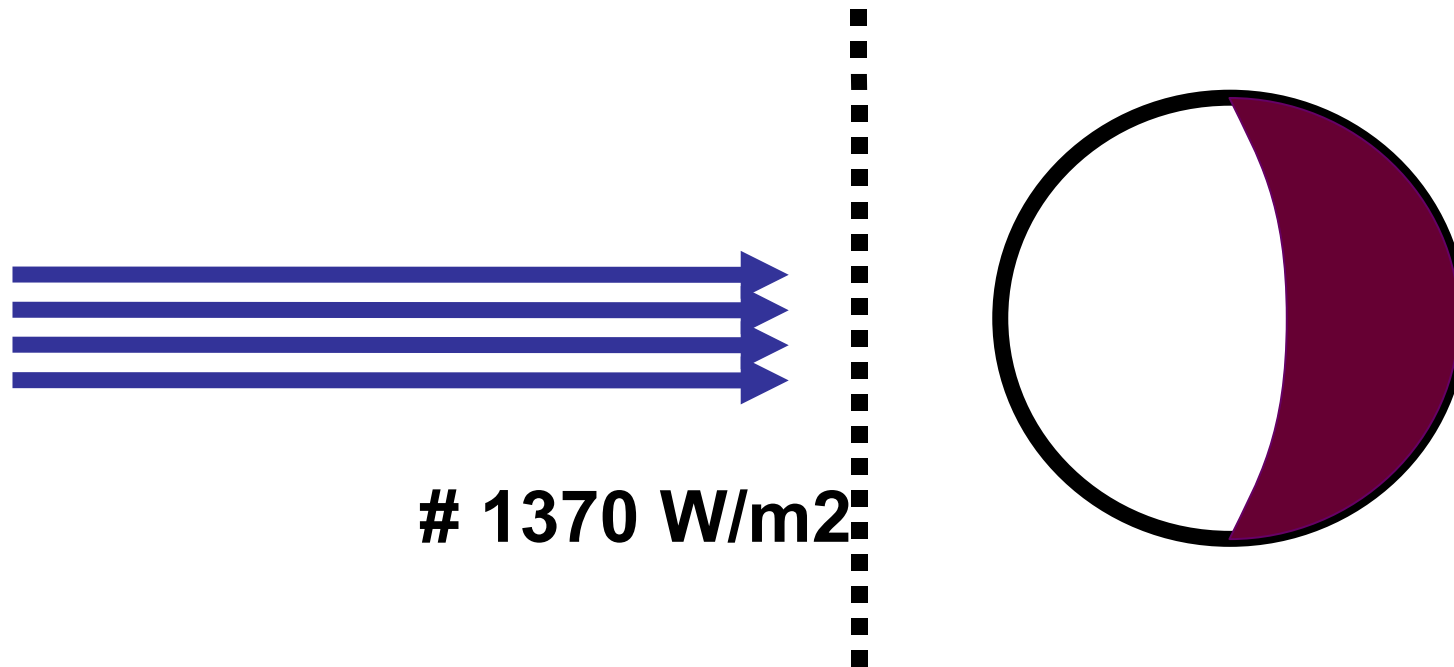


D'où vient cette énergie (492 W/m²) ?

Rapport flux solaire / flux géothermique



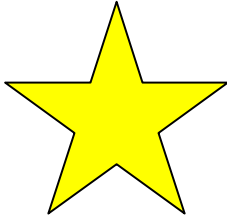
Flux solaire arrivant sur Terre



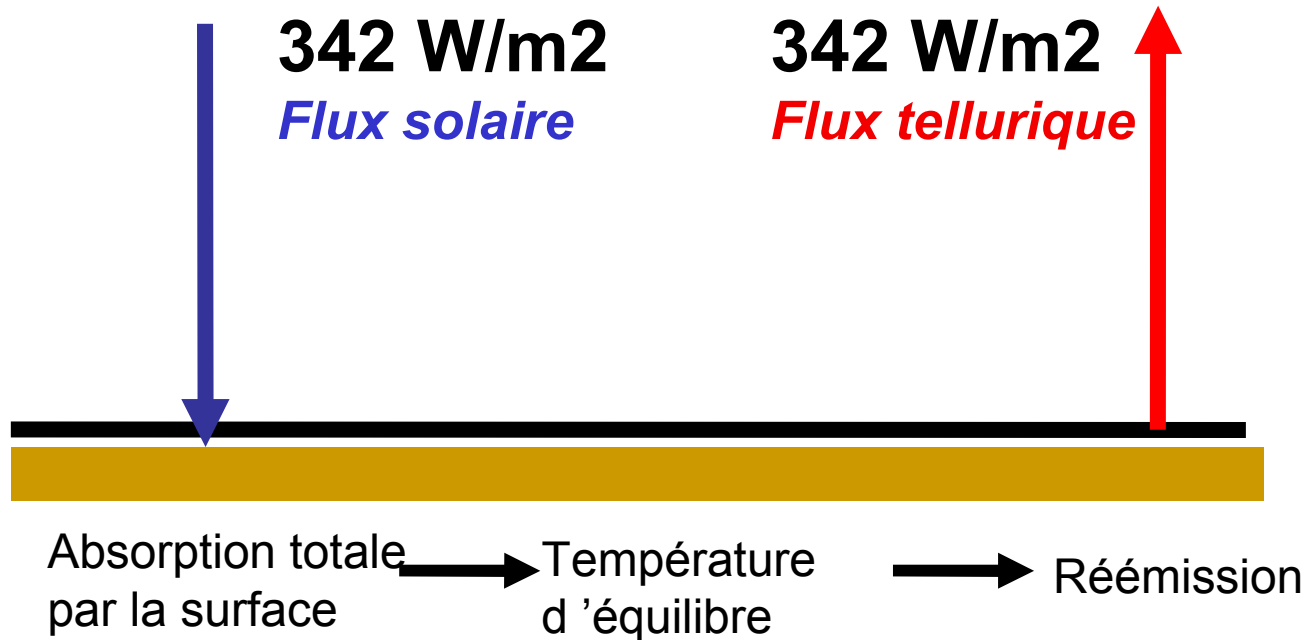
Flux solaire moyen arrivant sur Terre : # 340 W/m2

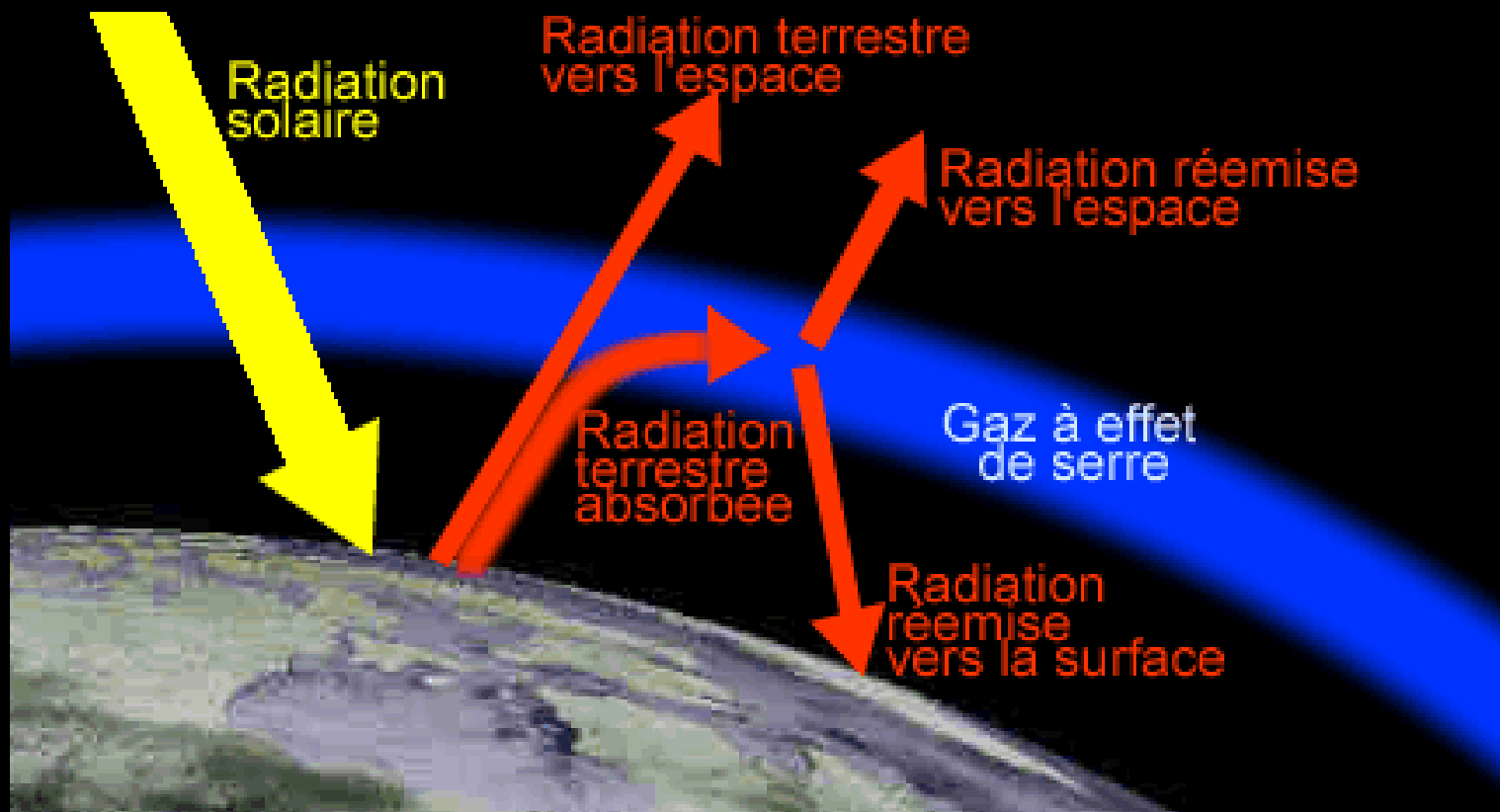
Bilan d'énergie de la surface terrestre

Les différents *mécanismes* et *paramètres* qui influent



Pas d'atmosphère
Pas de réflexion du solaire



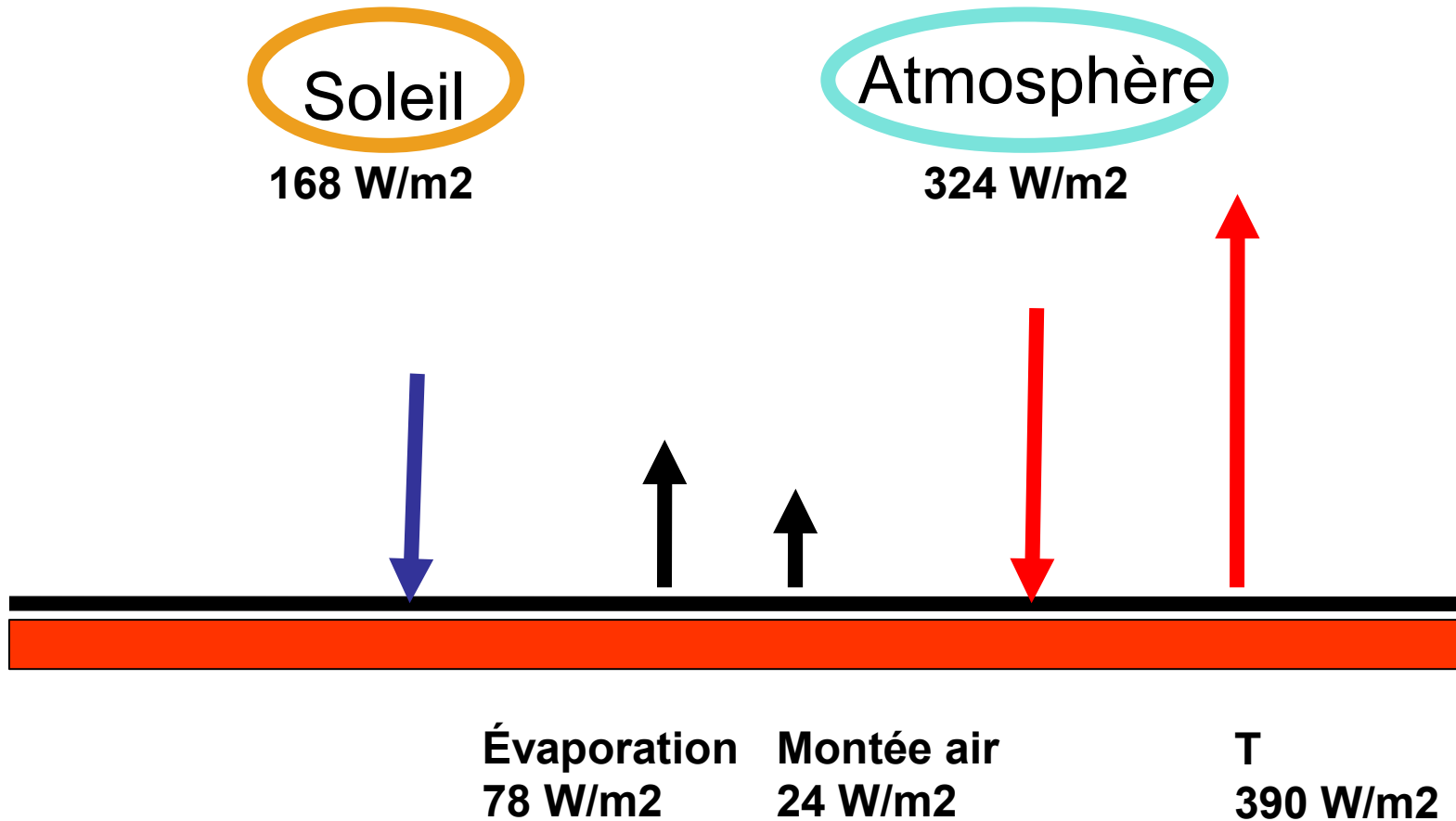


Température (sans effet de serre) = -18°C

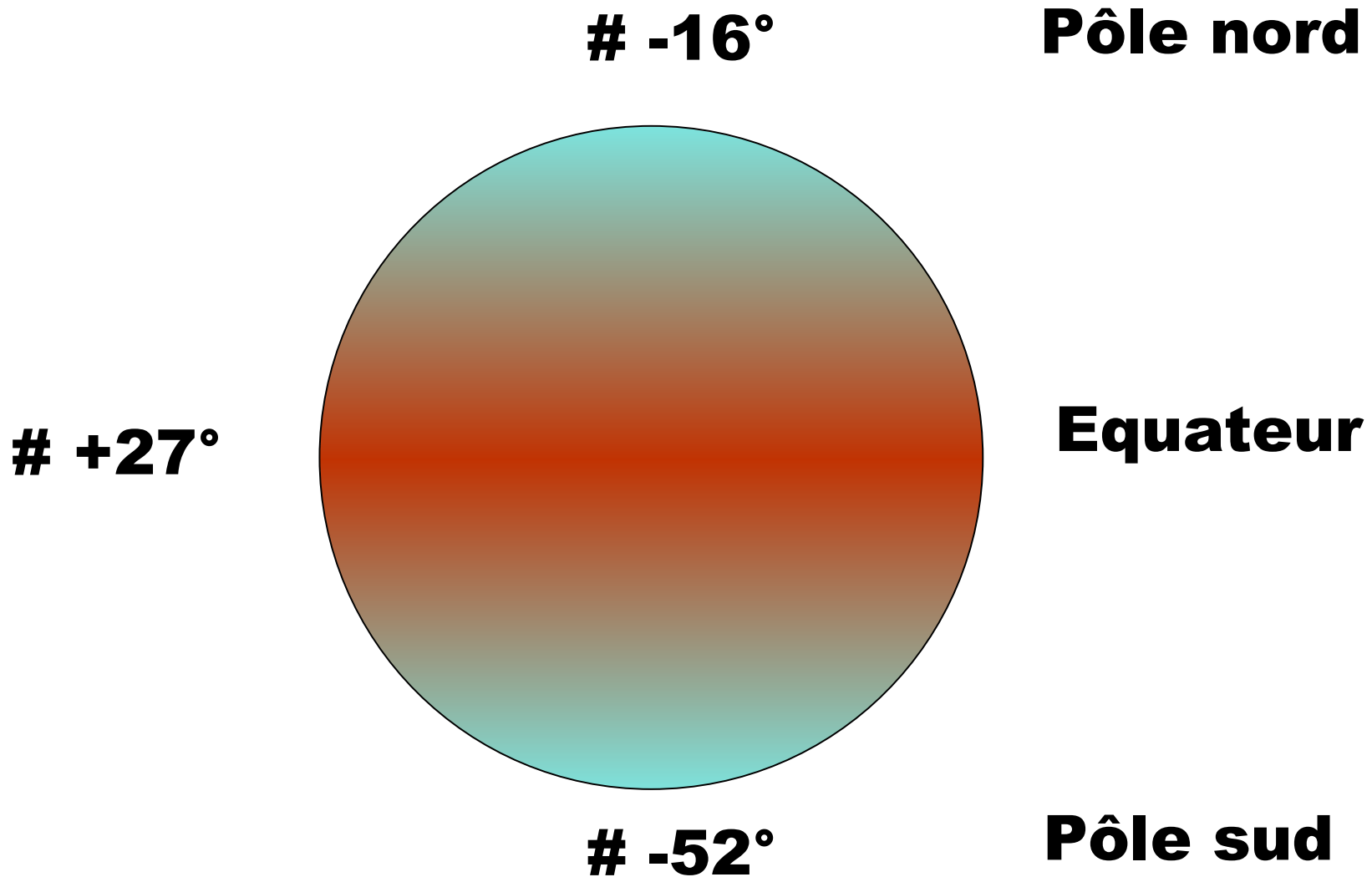
Température (avec effet de serre naturel) = $+15^{\circ}\text{C}$

Le climat moyen sur Terre nécessite 492 W/m² à la surface du sol/océan

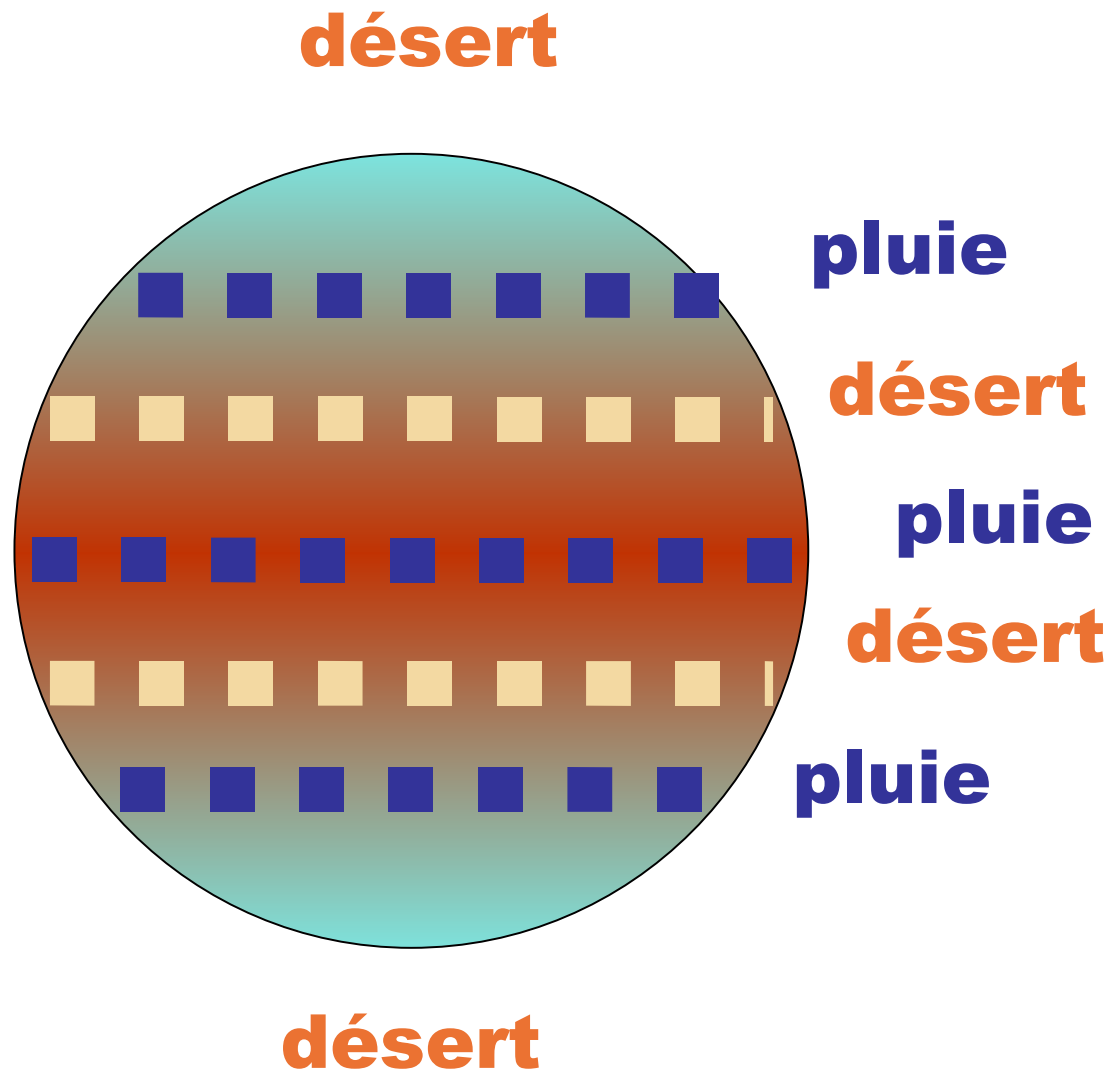
Température	15°C	:	390 W/m ²
Pluie	3 mm/j		78 W/m ²
Vent ascendant			24 W/m ²



Température moyenne annuelle actuelle

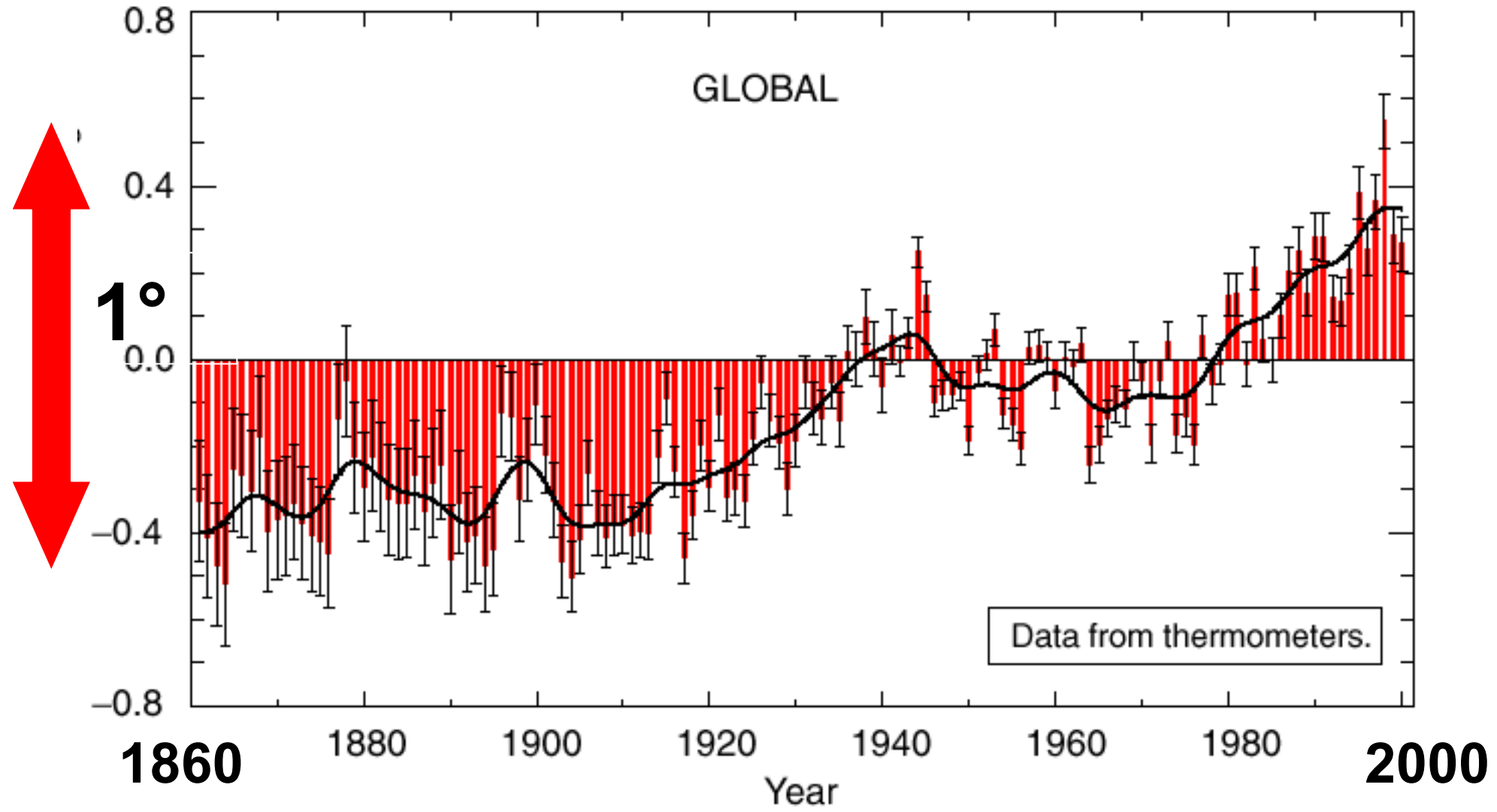


Alternance de ceintures de pluies et déserts



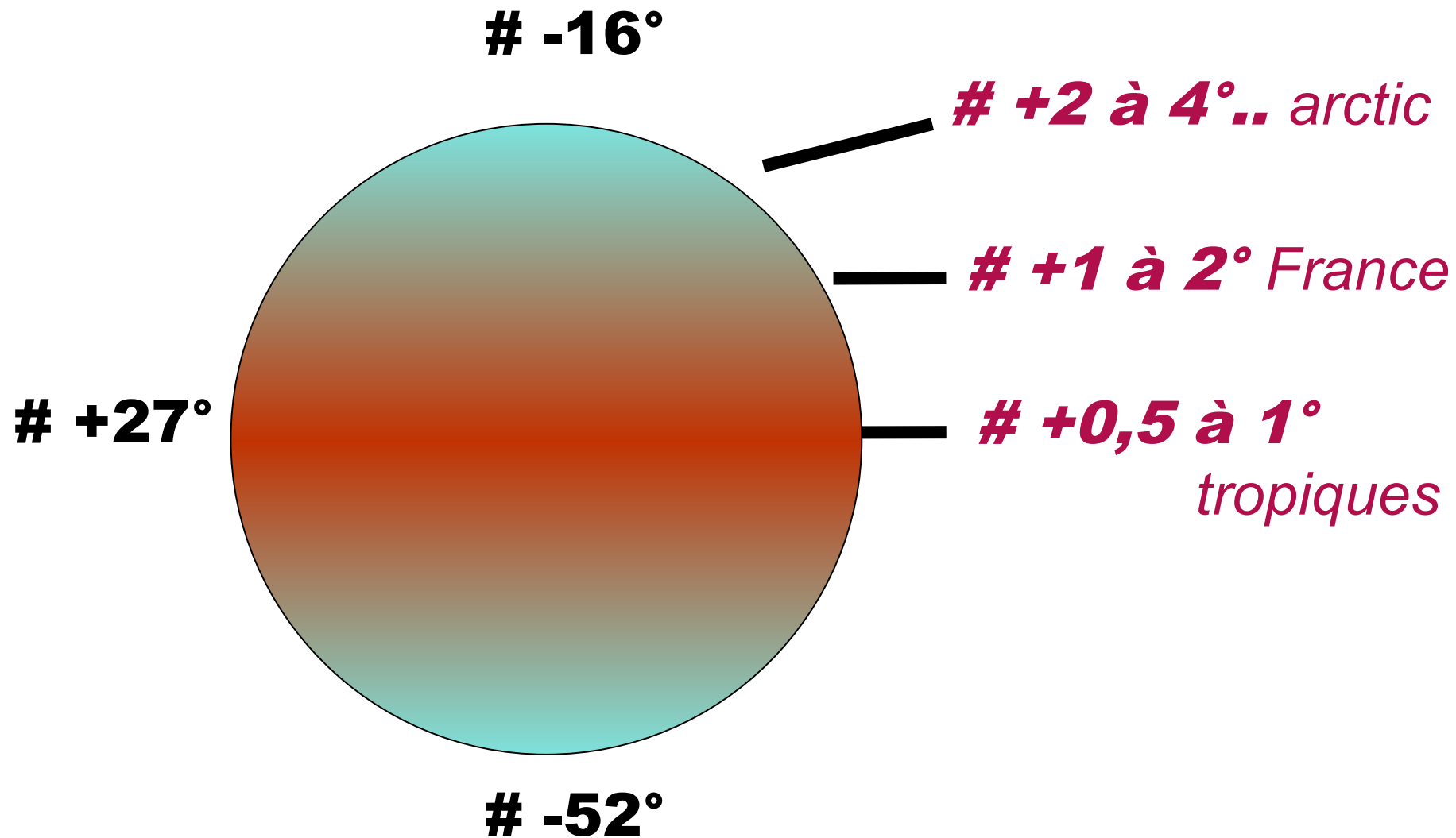
La Question

Evolution de la température moyenne à la surface de la Terre mesurée depuis 1860 : proche de 1°C (Source : GIEC 2001)



Température moyenne annuelle actuelle

Réchauffement sur les dernières décennies

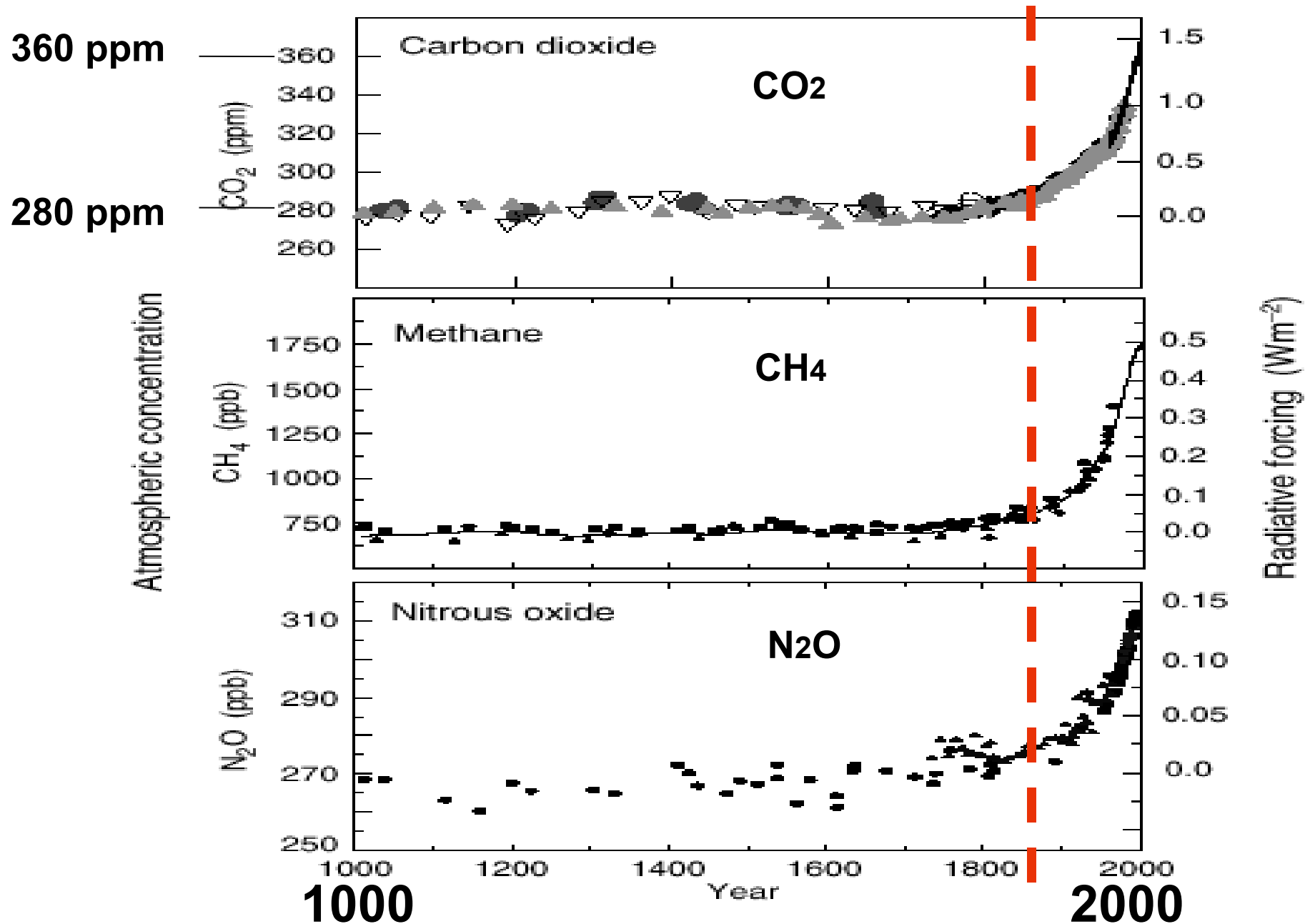


Principaux Gaz à Effet de Serre (GES) émis par l'homme :

CO₂	<i>Origine</i> : Energie + déforestation
CH₄	Agriculture + élevage
N₂O	Agriculture

***Evolution de CO₂ et CH₄ dans l'atmosphère
depuis 1000 ans ? 400 000 ans?***

Evolution de la concentration dans l'air de trois Gaz à Effet de Serre de l'an 1000 à 2000



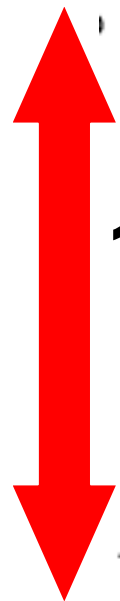
D'après Hansen et al., 1998; Hansen and Sato, 1999.

Evolution de la température moyenne à la surface de la Terre mesurée depuis 1860 (GIEC 2001)

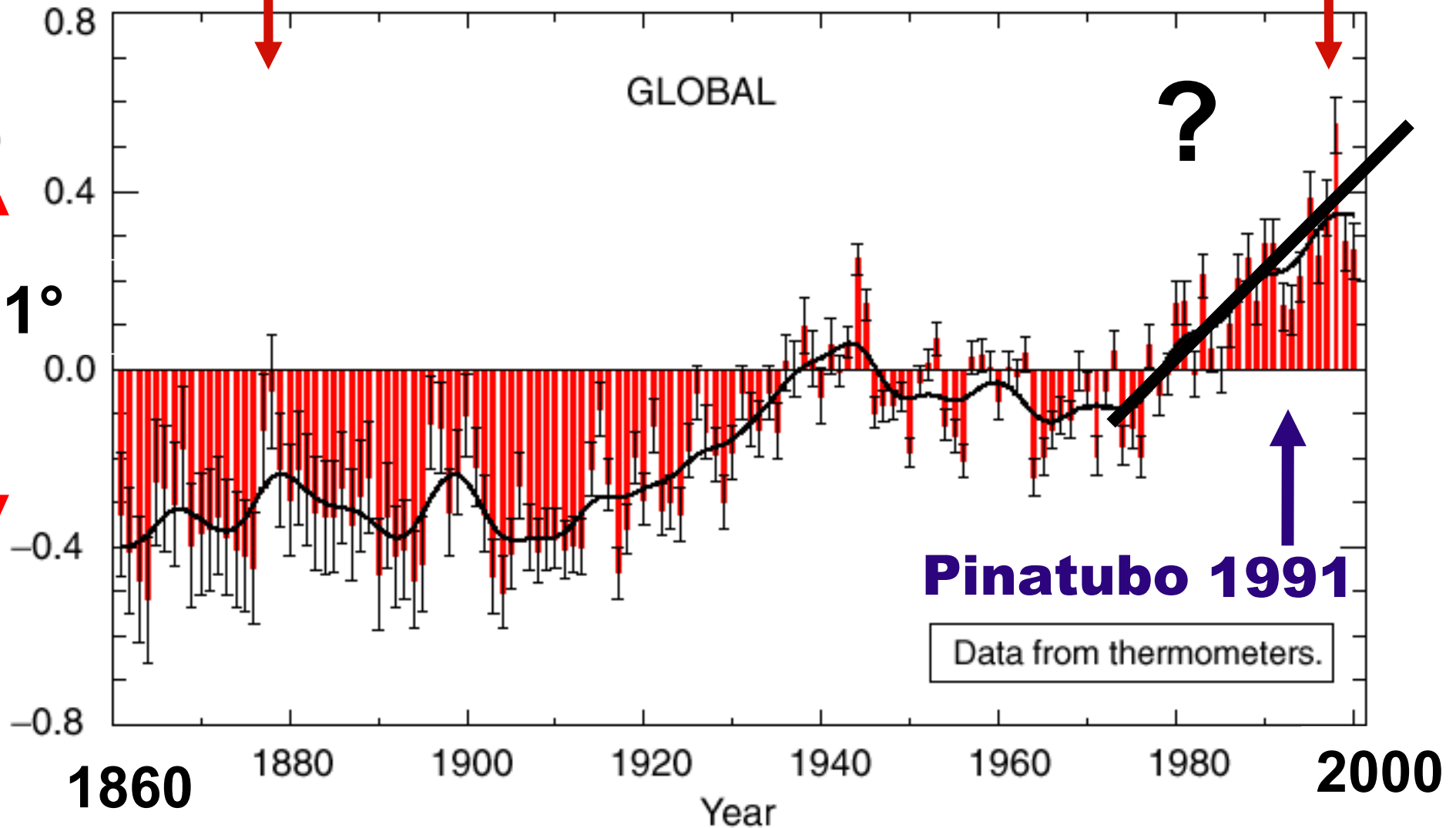
1878

Forts El Niño

1998



1°



- **Que représente une élévation de +1° C moyen sur Terre ?**
- **Les réponses apportées par l'évolution passée du climat ?**

Que représente 1°C « moyen » sur une région?

France - été 2003 :

la température moyenne avait augmentée de # 3°C

été normal : # 19,5°C

été 2003 : # 22,5°C

Ozone par région

Données ADEME

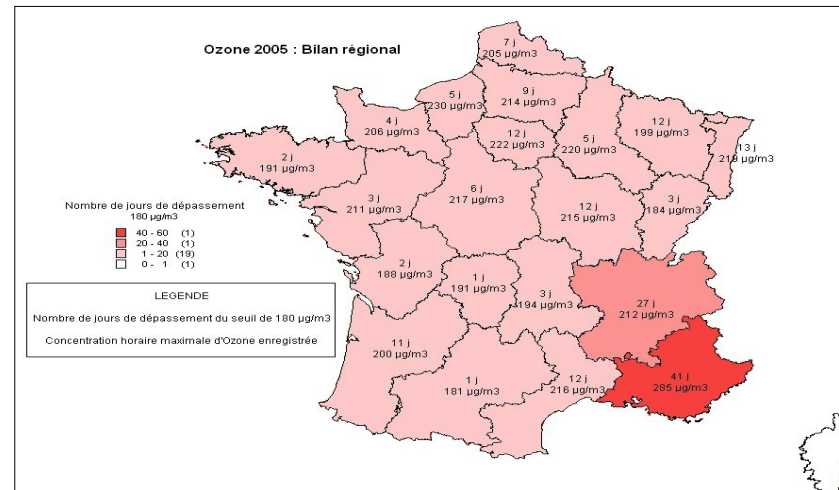
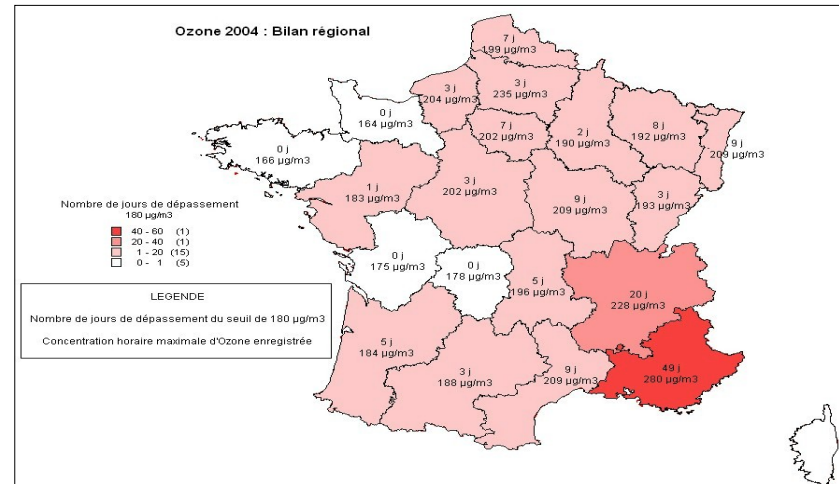
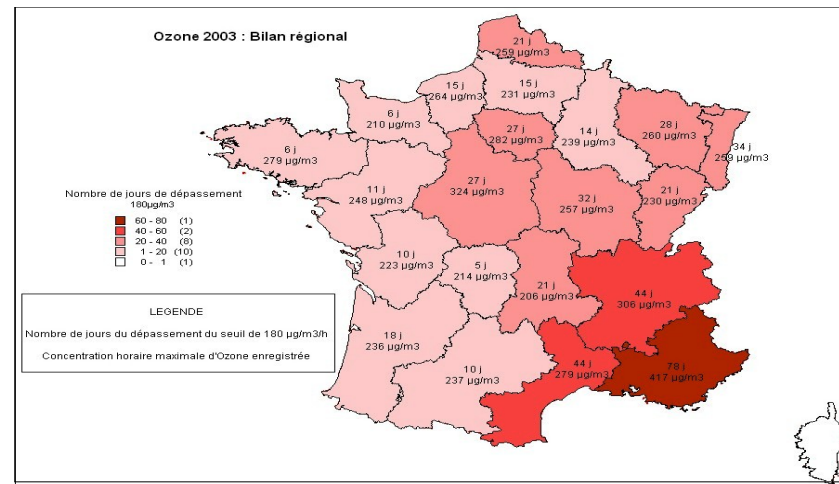
2003

Nombre de jour
dépassant 180 g/m3

 60 à 80

2004

2005



Evolution des glaciers alpins

Baisse moyenne de l'épaisseur entre :

1850 et 1970/80	# 25 cm par an
1980 et 2000	# 65 cm par an
<i>en 2003</i>	# 300 cm

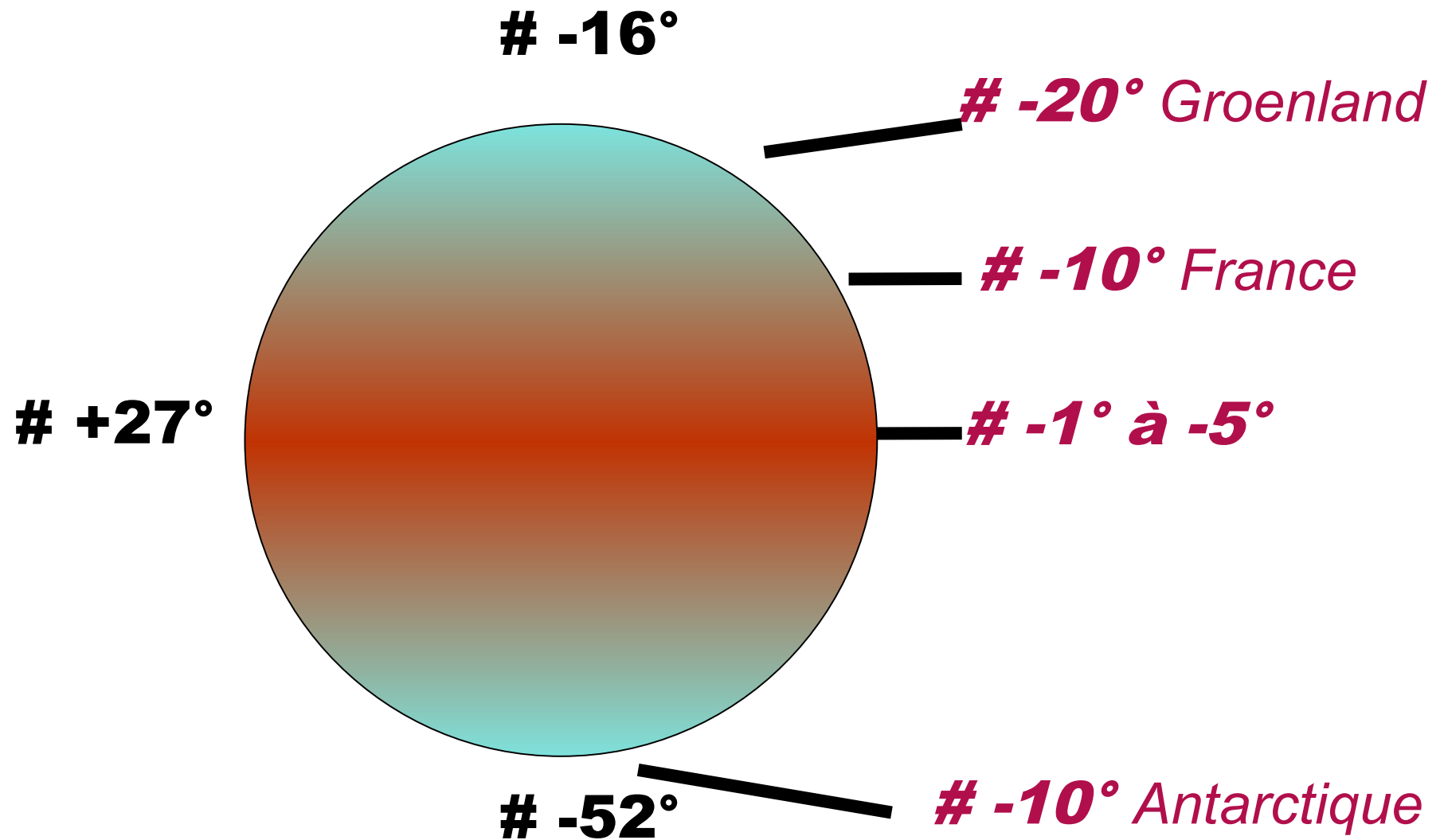
Climat glaciaire il y a environ 20000 ans :

Baisse de la température moyenne : - 5°C



Source « Climat d'Hier à demain », S. Joussaume

Glaciation : baisse de 5° moyen



**Une évolution de 5°C moyen sur Terre
correspond
à un changement d' **Ere Climatique****

Au cours du 21ème siècle :

Selon les émissions de Gaz à Effet de Serre

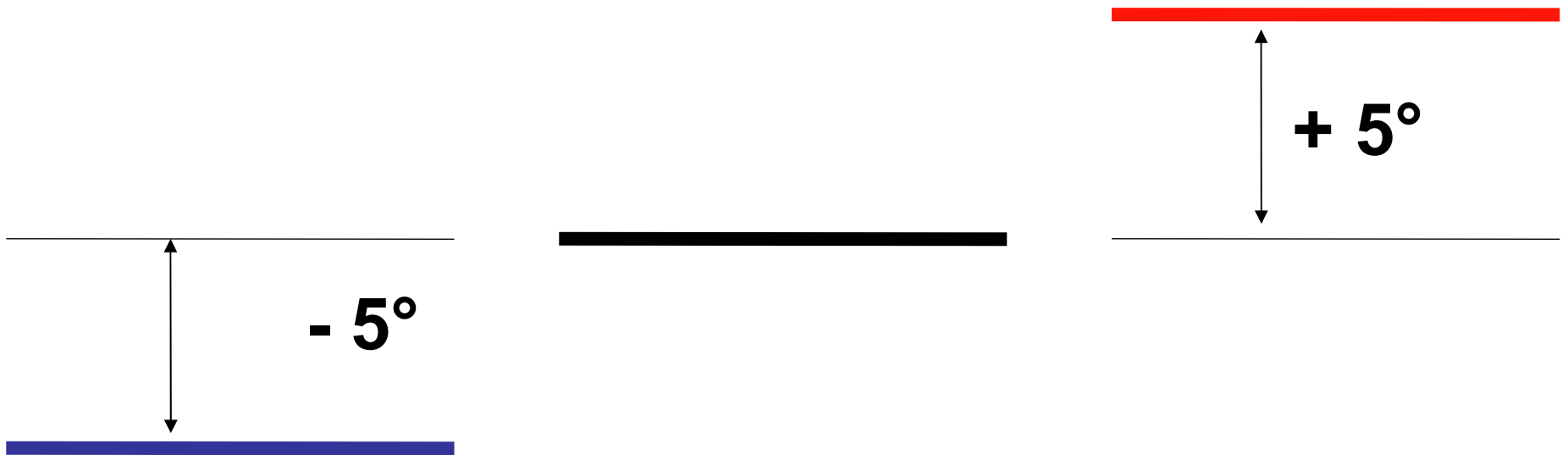
Réchauffement :

**Élévation de la température moyenne
de +2°C à +6°C**

(source GIEC, 2001)

Un réchauffement moyen de + 5°C moyen sur Terre?

= Nouvelle ère climatique



Glaciaire

Actuel

Futur?

L'évolution passée du climat

Le réchauffement sur les dernières décennies

L'évolution passée du climat

***Dernières décennies.....
...du pôle nord à l'équateur***

Les données satellites montrent que :

**la surface de la banquise arctique
a diminué d'environ 10% depuis 1970
.....et fond plus tôt !**



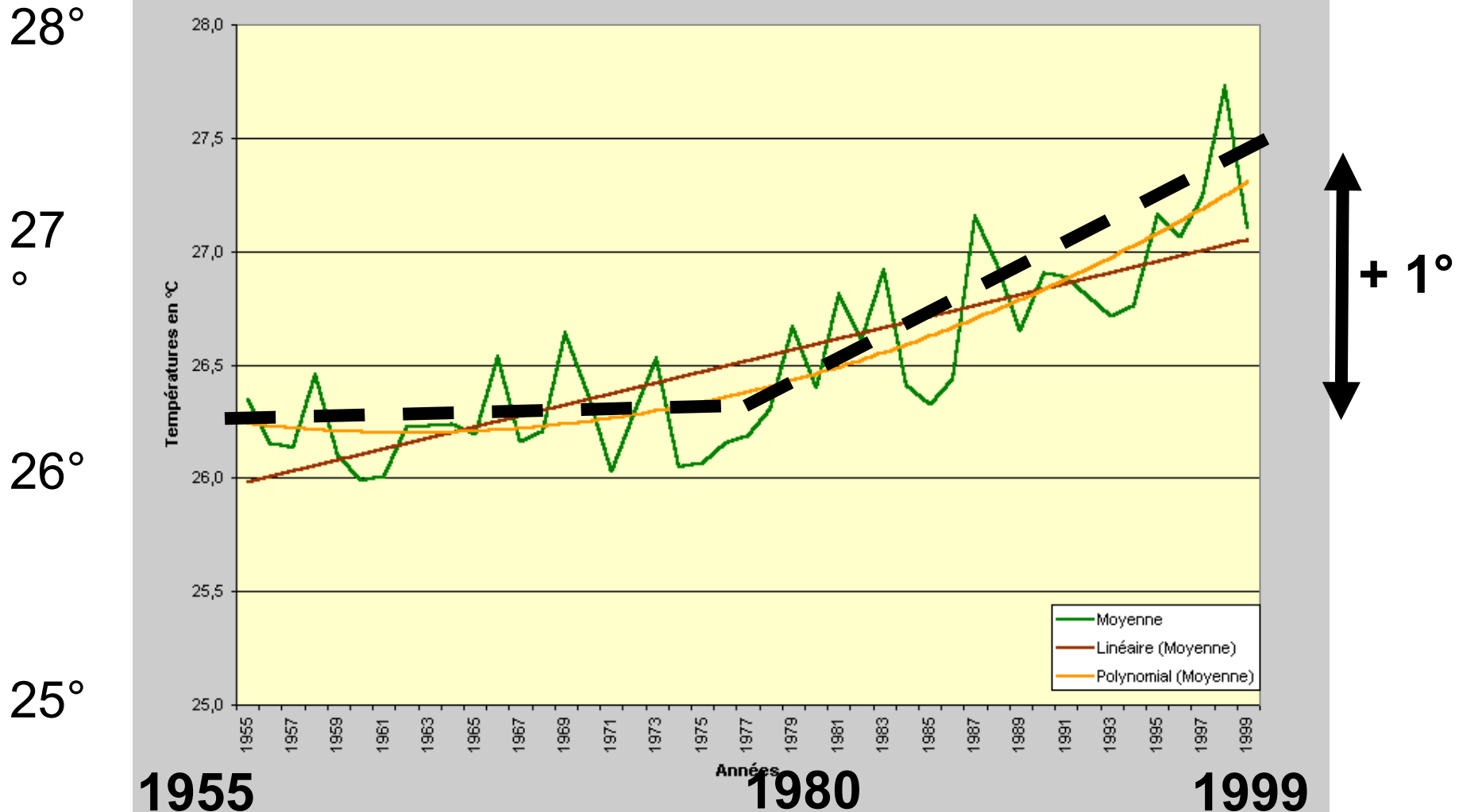


Guyane française

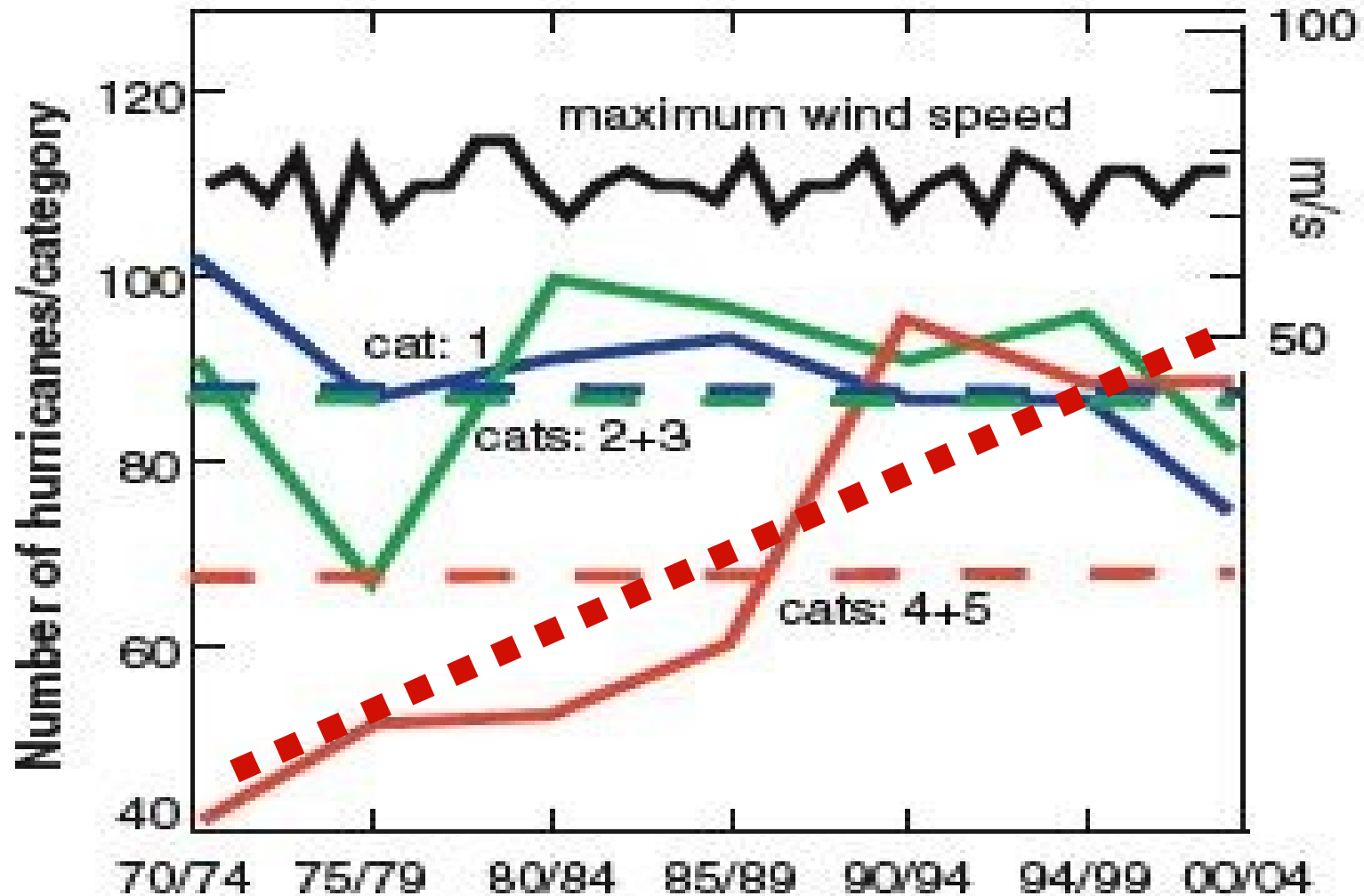
Moyenne annuelle de la température en Guyane française (tropics) 1955 -1999

Données Météofrance - en cours d'élaboration

Evolution des températures moyennes annuelles en Guyane



Evolution du nombre de cyclones tropicaux entre 1970 et 2004 (en rouge : force 4-5)

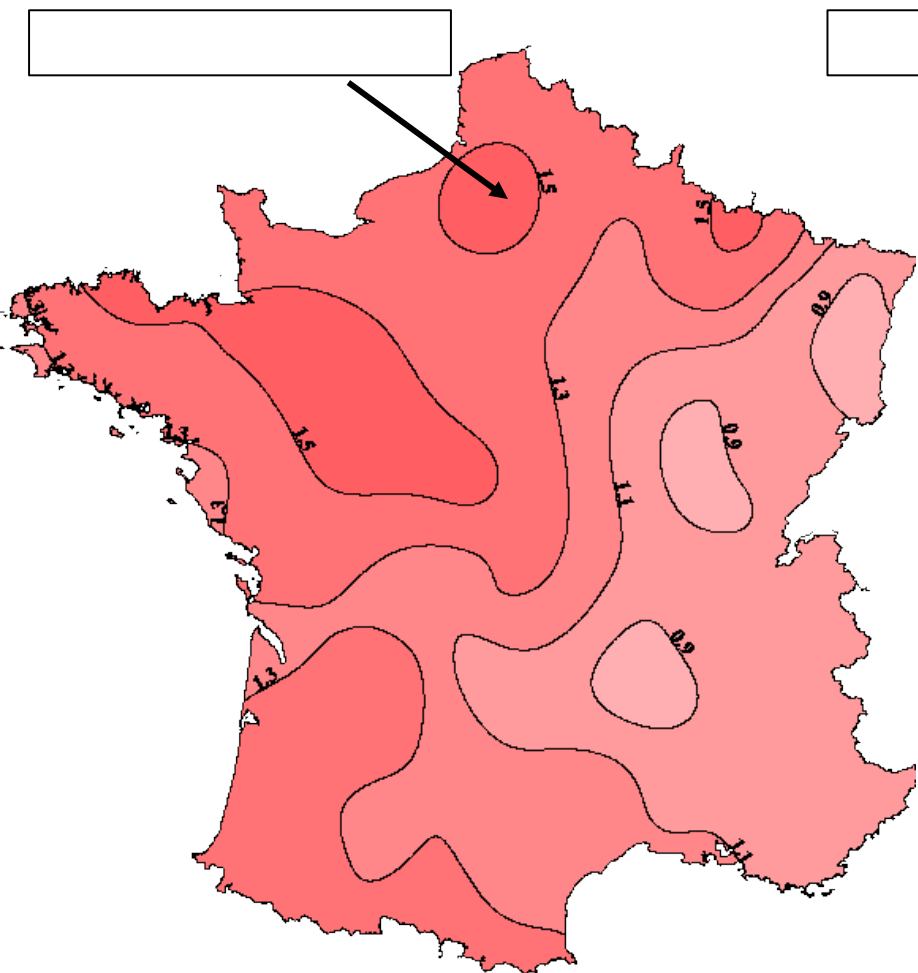


D'après Webster et al., Vol 309, Science, 2005

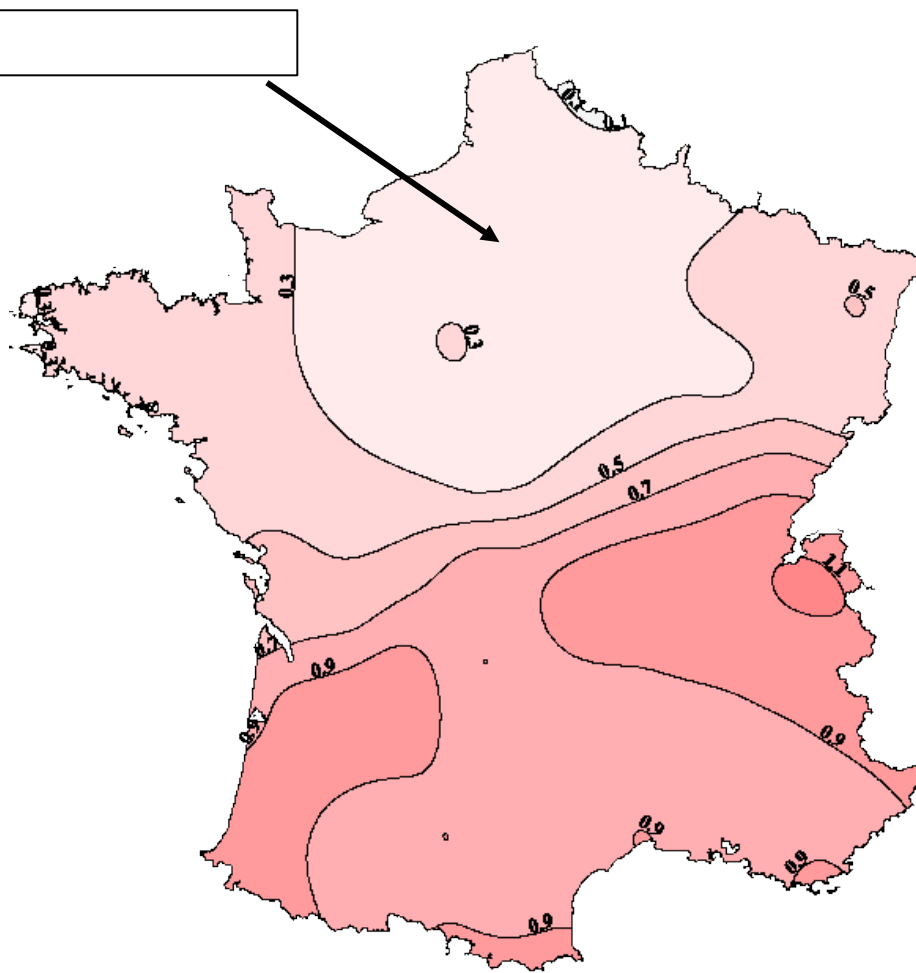
L'évolution passée du climat

***Dernières décennies.....
...en France***

Tendances des températures minimales et maximales 1901-2000 (en °/siècle) - *Données Météofrance*



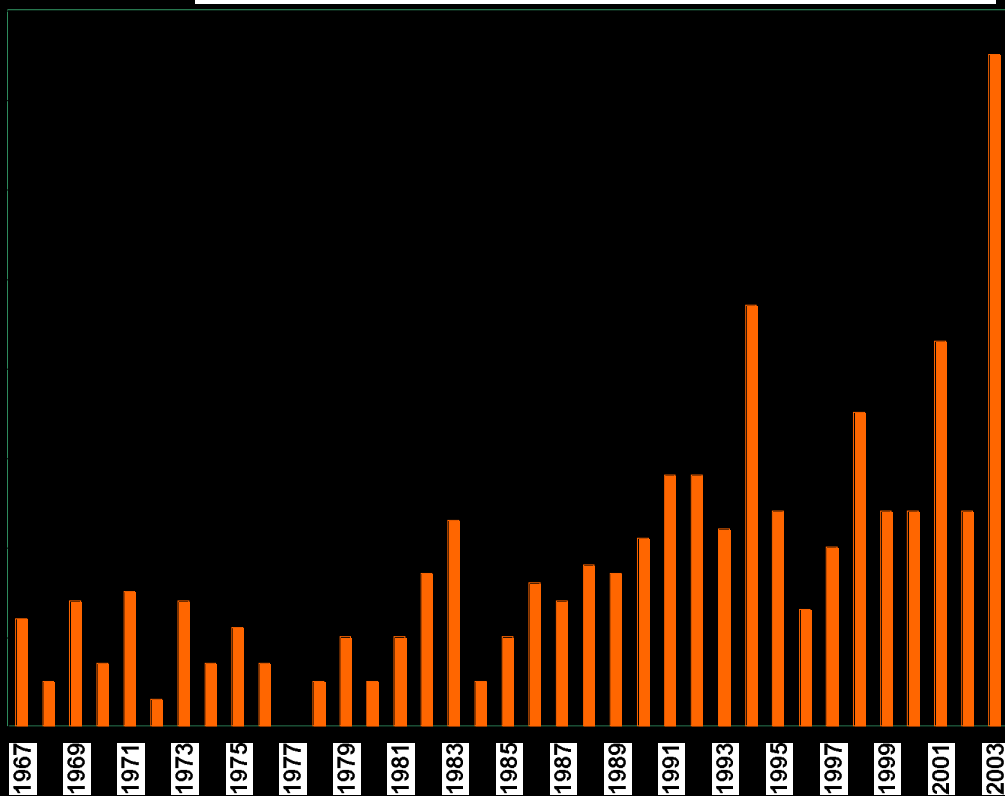
Minimales (Tn)



Maximales (Tx)

Le passé récent : de 1967 à 2003...

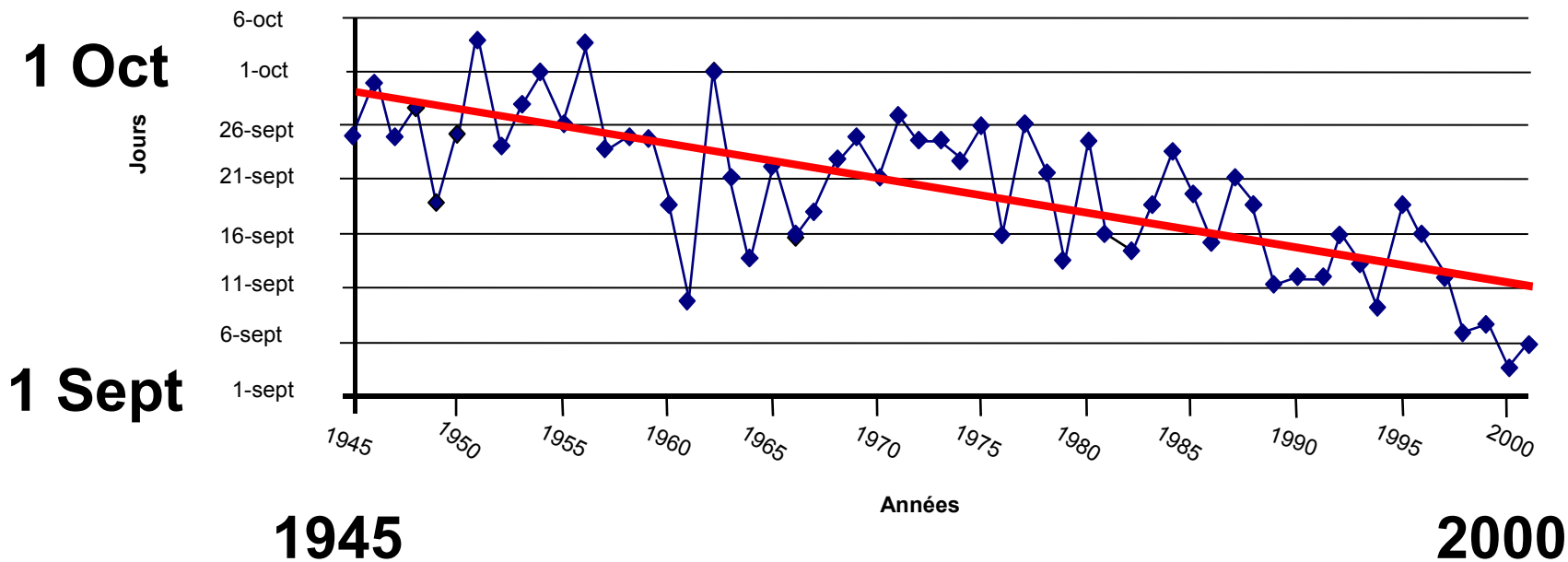
Avignon : T max >32°



1967

2003

Evolution des dates de vendanges de 1945 à 2000 à Châteauneuf du Pape - (*Ganichot 2001- INRA*)



L'évolution future du climat

Perturbation du cycle du carbone par les activités humaines

(en Gigatonne de Carbone /an - période 2000-2005)

**Emission* par activités
humaines: # 7 GtC/an**

**Absorption par sol et
océans : # 3 GtC/an**

**Accumulation dans l'atmosphère:
4 GtC/an**

** Combustibles fossiles, déforestation, ...*

Perturbation actuelle du cycle du carbone par les activités humaines

(en Gigatonne de Carbone /an) - période 2000-2005)

Emission liée aux combustibles fossiles # 7 GtC/an

A cela il faut ajouter la déforestation # 1 à 2 GtC/an

**Accumulation dans l'atmosphère:
4 GtC/an**

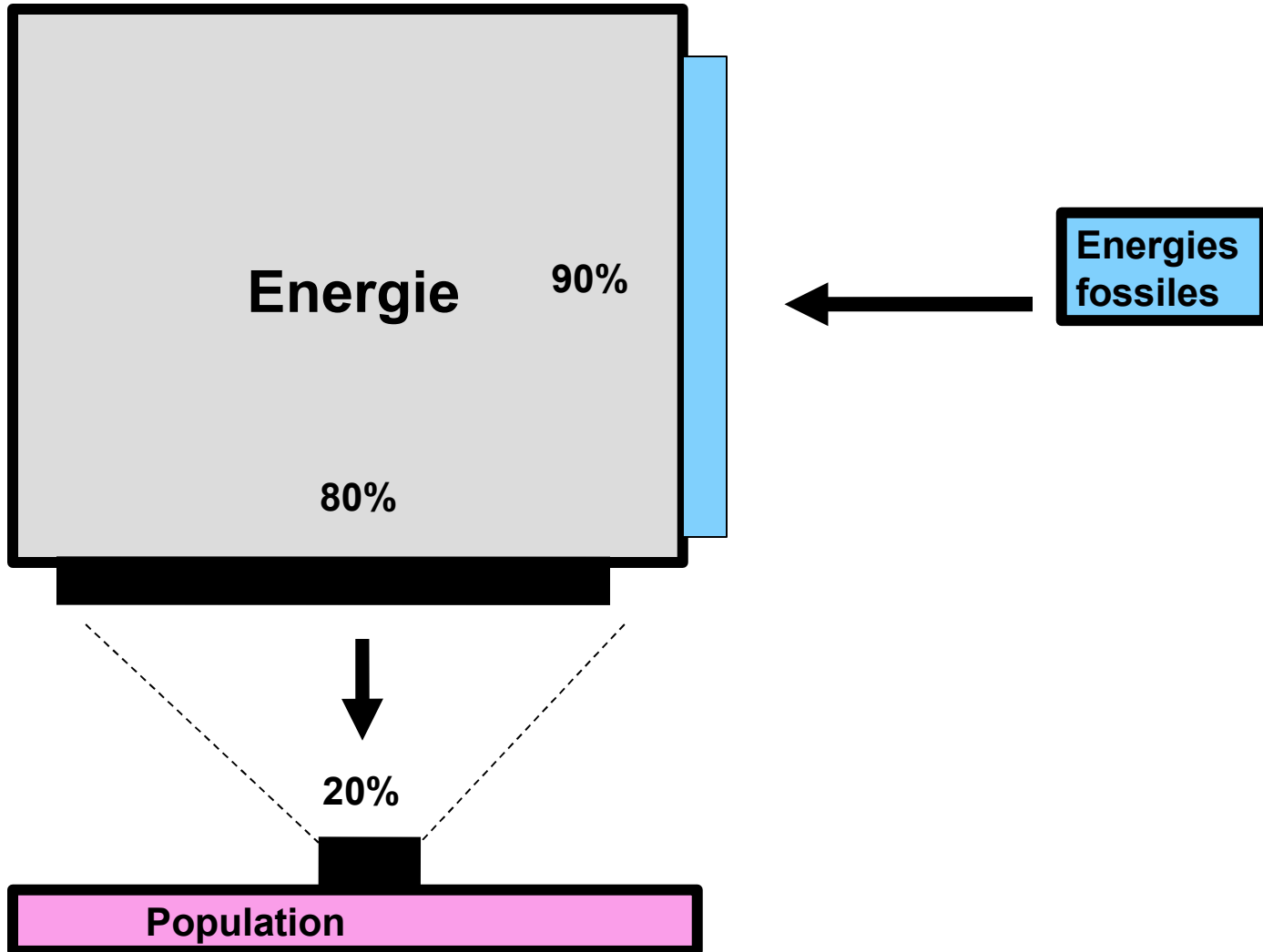
Energie et réchauffement climatique (Effet de serre additionnel)

Focalisation sur l'émission du **CO₂** :

- **La moitié du CO₂ émis par l'homme s'accumule dans l'atmosphère**
- **L'autre moitié est absorbée par l'océan et la biosphère**

Production d'énergie mondiale

Ordre de grandeur



Le futur?

*Deux exemples de scénarios économiques (GIEC, 2001)
et le réchauffement moyen qui en résulte en 2100*

Scénario A2 - en 2100 :

triplement* du CO₂ dans l'atmosphère

→ réchauffement moyen de +4°C

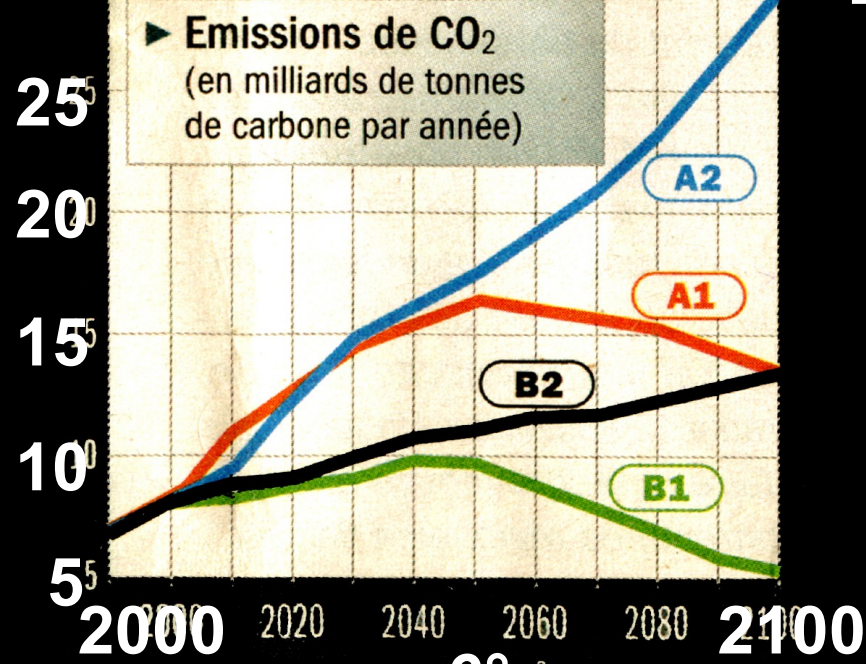
Scénario B1 - en 2100 :

doublement* du CO₂ dans l'atmosphère

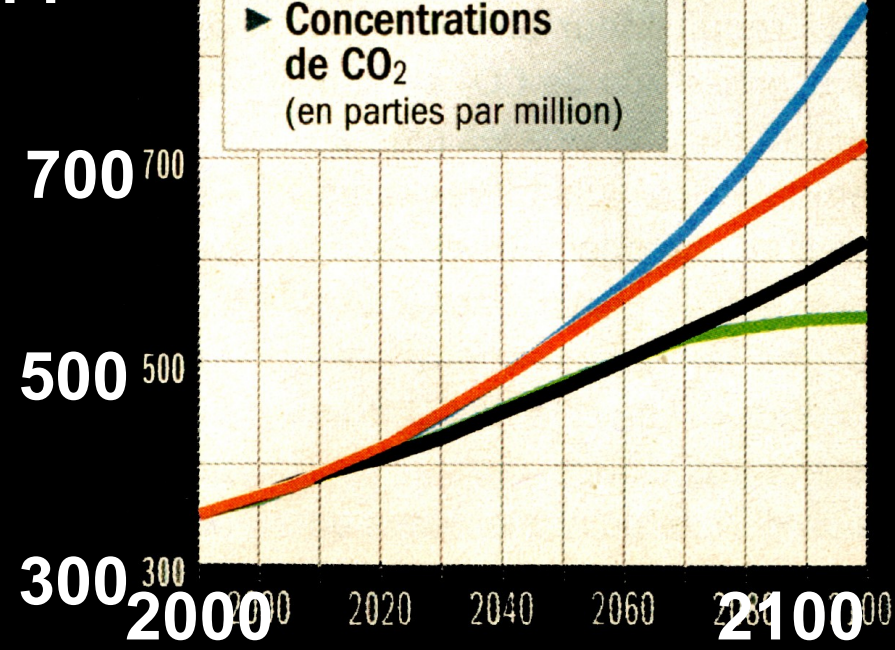
→ réchauffement moyen de +2°C

**la référence est la période préindustrielle, soit 280 ppmv de CO₂*

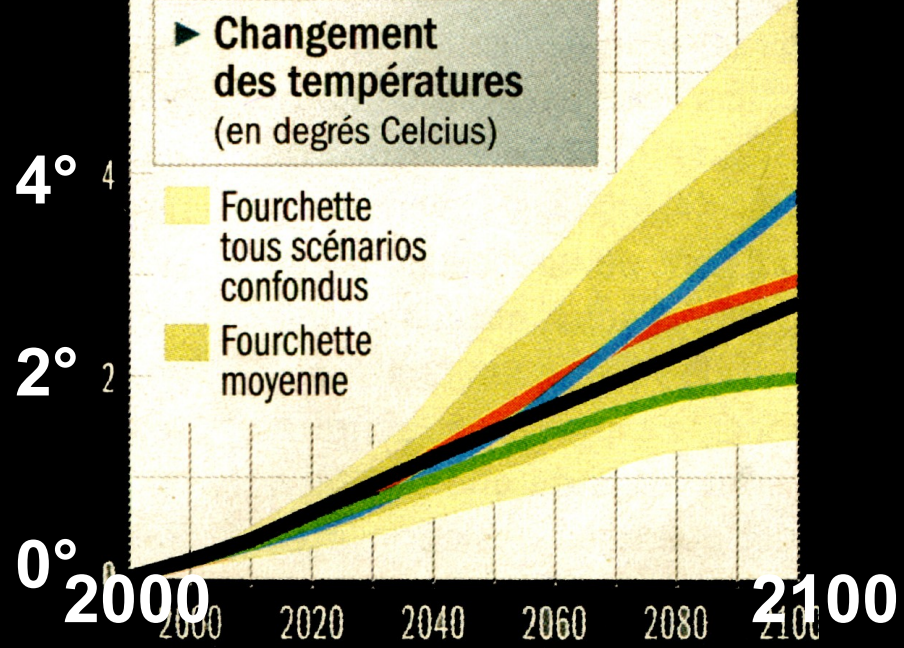
En GtC



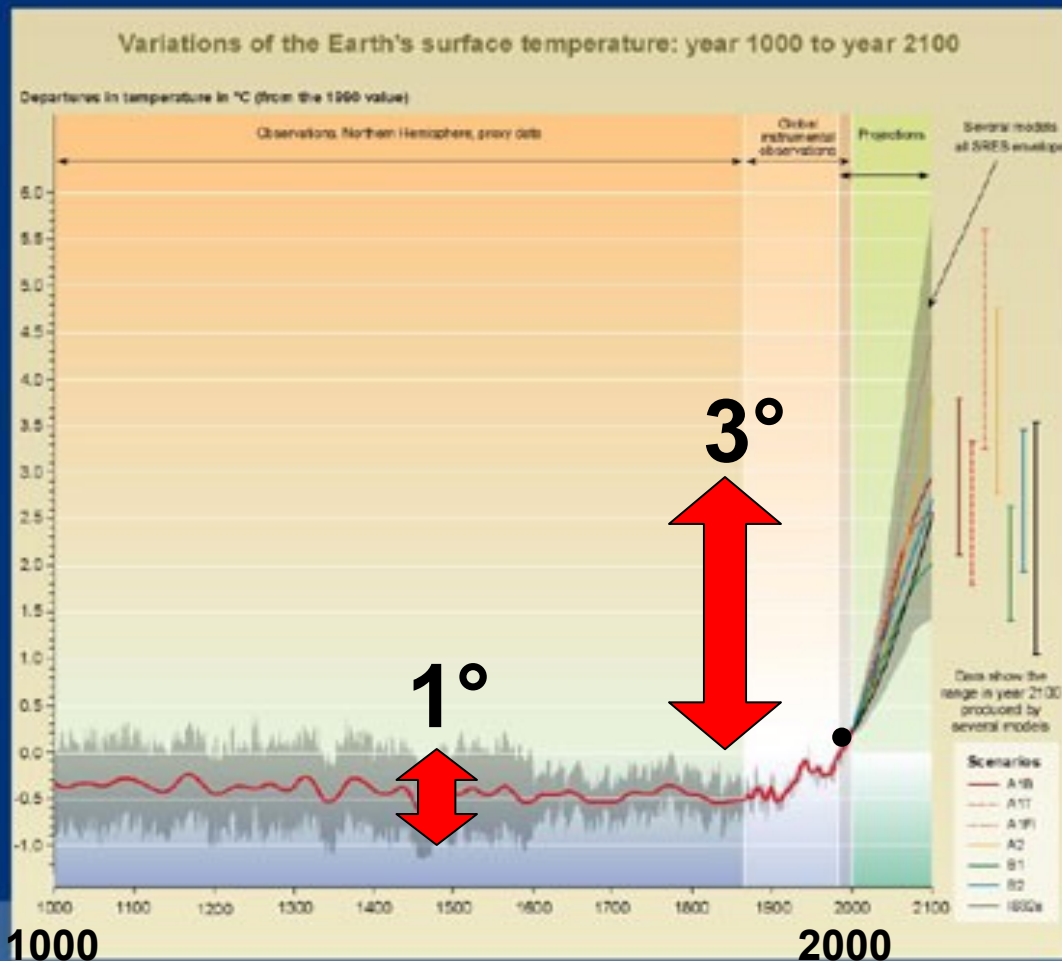
En ppm⁹⁰⁰



6°



Simulation de la température moyenne sur Terre jusqu'en 2100 - En 2100, augmentation de +1,4°C à +5,8°C (par rapport à 1990) selon les scénarios et les modèles de climat utilisés.



BYR - FIGURE 9-1b

Le futur?

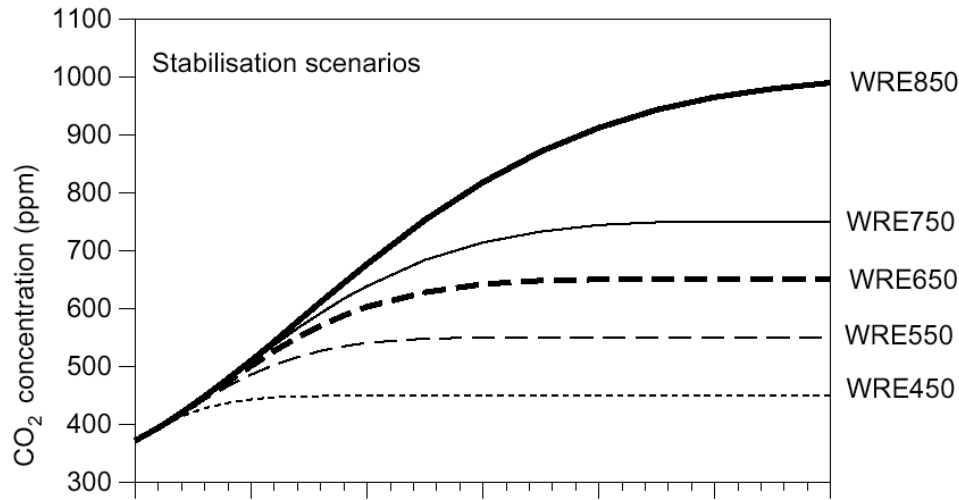
**Pour aller vers
une stabilisation de la température?**

Vers une stabilisation du réchauffement ? (GIEC,

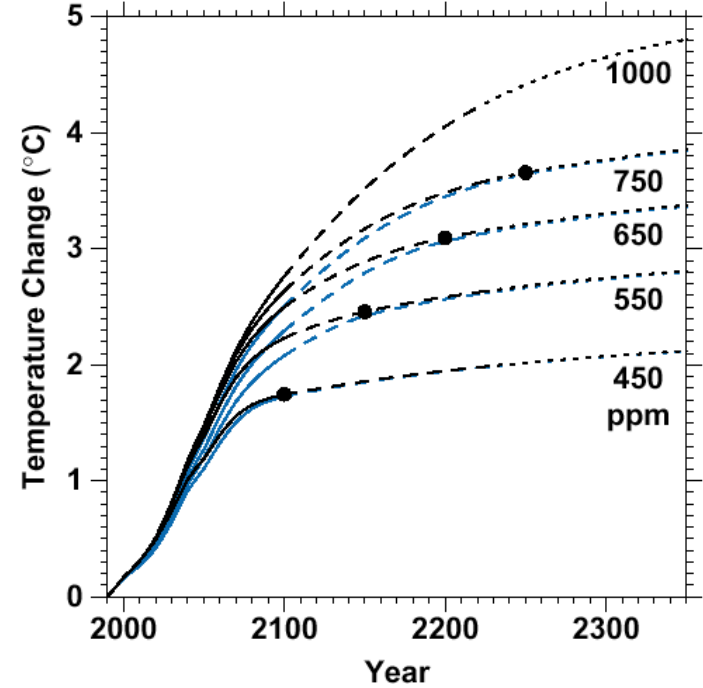
2001)

CO₂ dans atmosphère

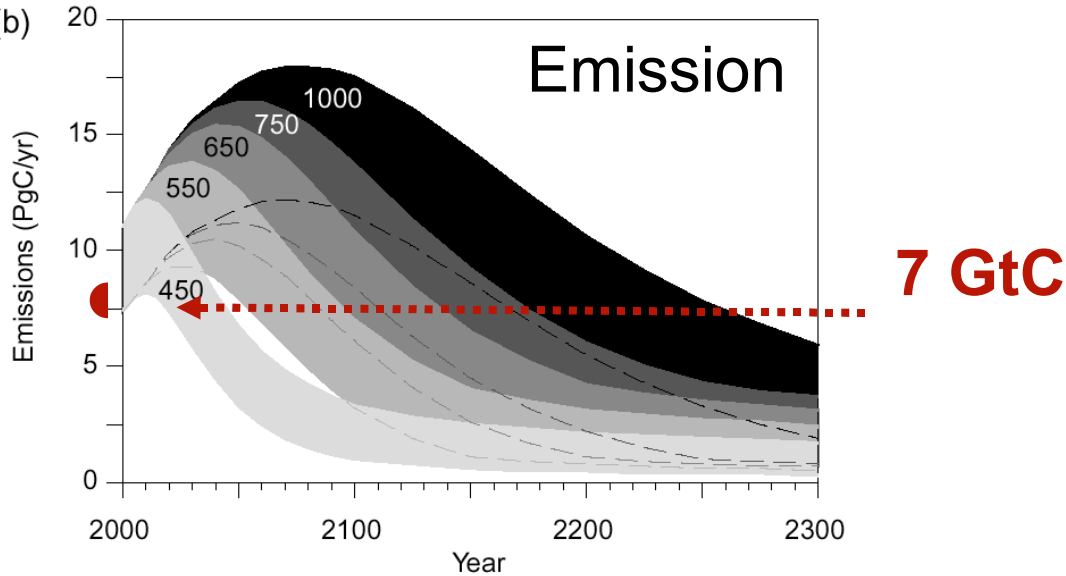
(a)



Température moyenne

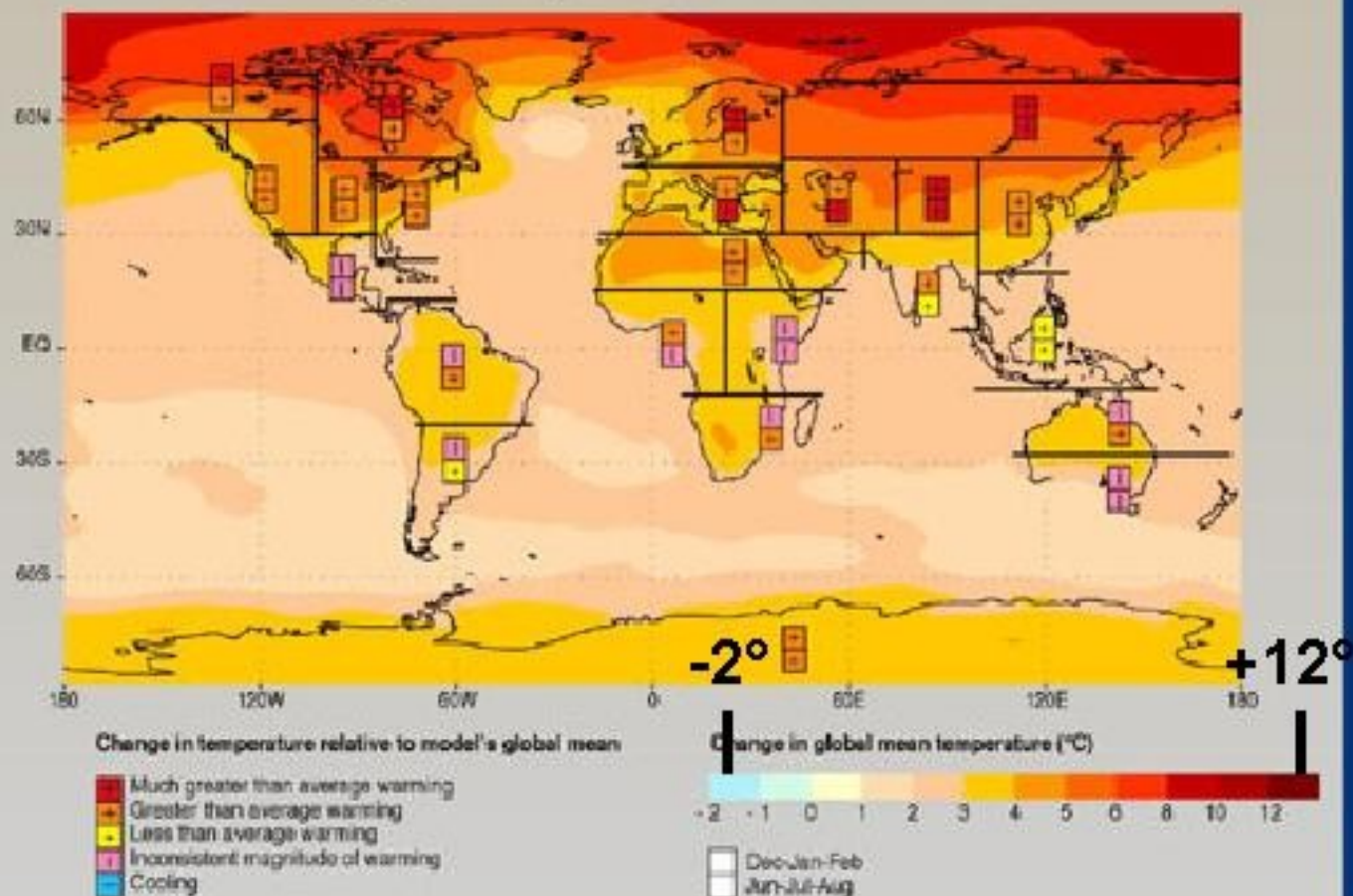


(b)



Scénario A2 : +4° en 2100 (IPCC 2001)

Change in temperature for scenario A2



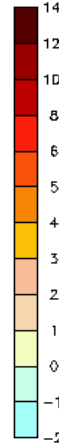
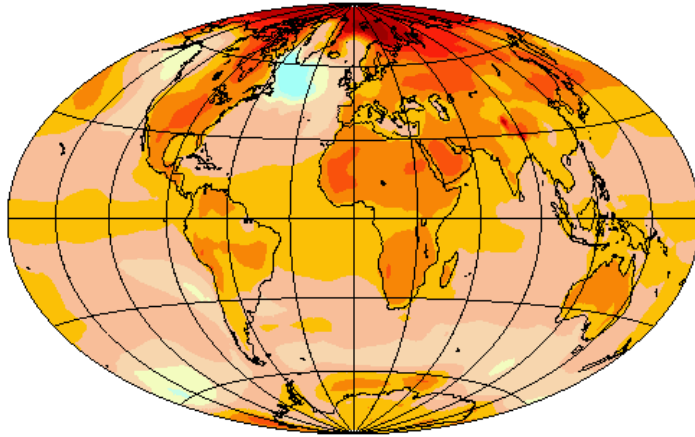
SYR - FIGURE 3-2 a)

Elevation de la température pour 2 scénarios extrêmes A2 et B1, résultat des deux modèles français (du CNRM et de l'IPSL)

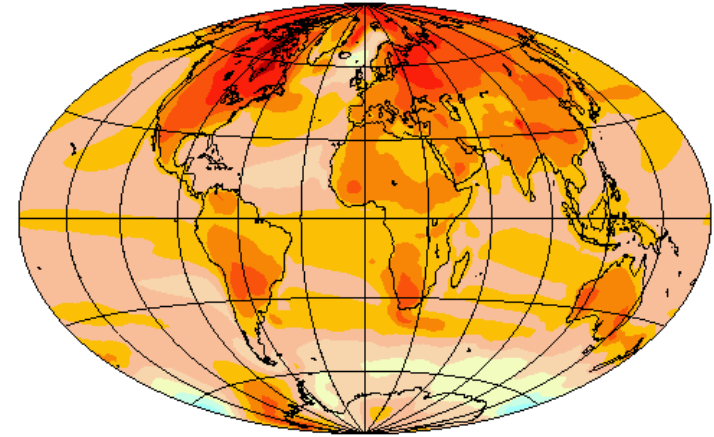
CNRM

IPSL

A2

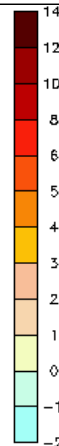
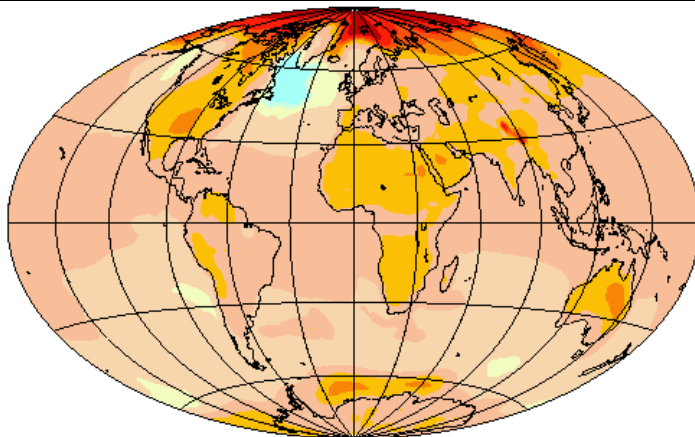


IPCC / CNRM – SRESA2 scénario – Anomalies de la temperature (deg C)
(2090–2099) comparee a (2000–2009)

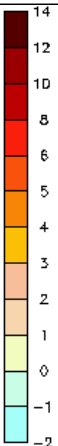
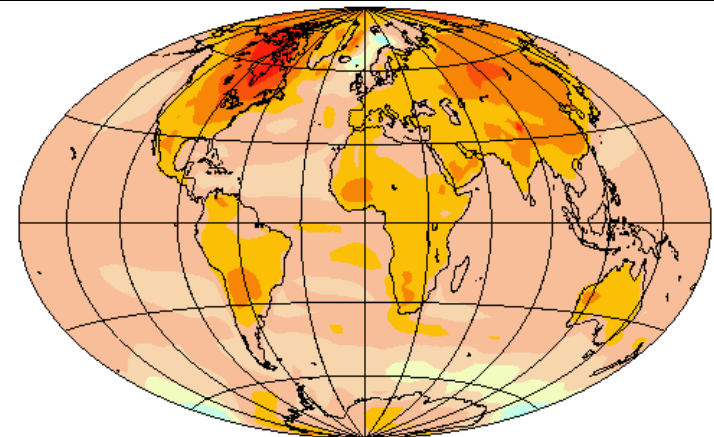


IPCC / IPSL – SRESA2 scénario – Anomalies de la temperature (deg C)
(2090–2099) comparee a (2000–2009)

B1



IPCC / CNRM – SRESA1B scénario – Anomalies de la temperature (deg C)
(2090–2099) comparee a (2000–2009)



IPCC / IPSL – SRESA1B scénario – Anomalies de la temperature (deg C)
(2090–2099) comparee a (2000–2009)

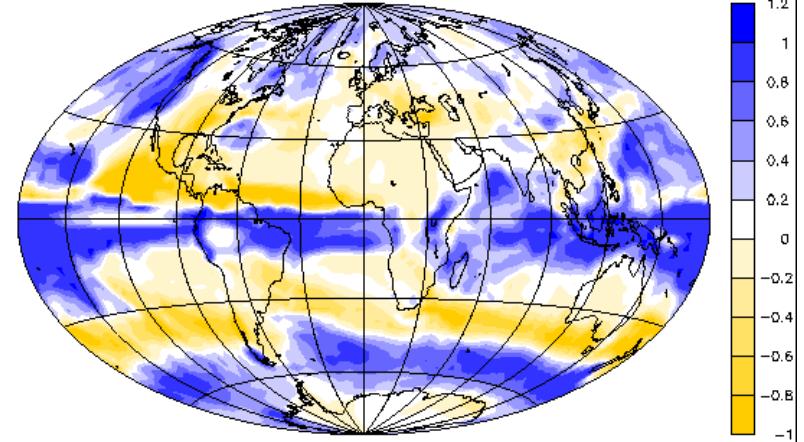
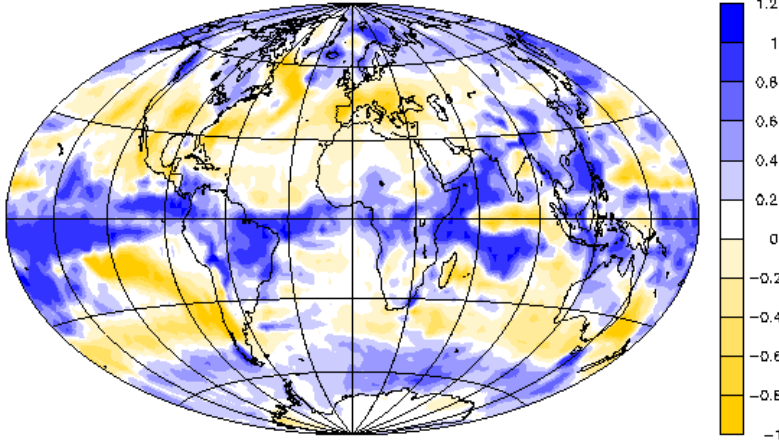
Changement des précipitations pour 2 scénarios extrêmes A2 et B1 - résultat des deux modèles français (du CNRM et de l'IPSL)

CNRM

l'IPSL

IPSL

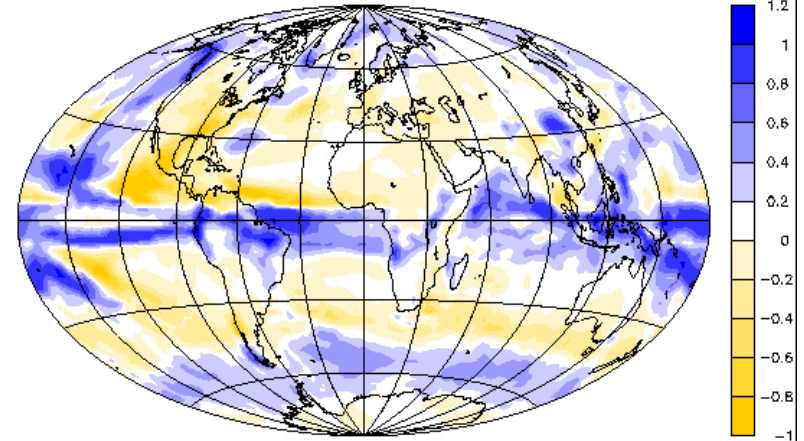
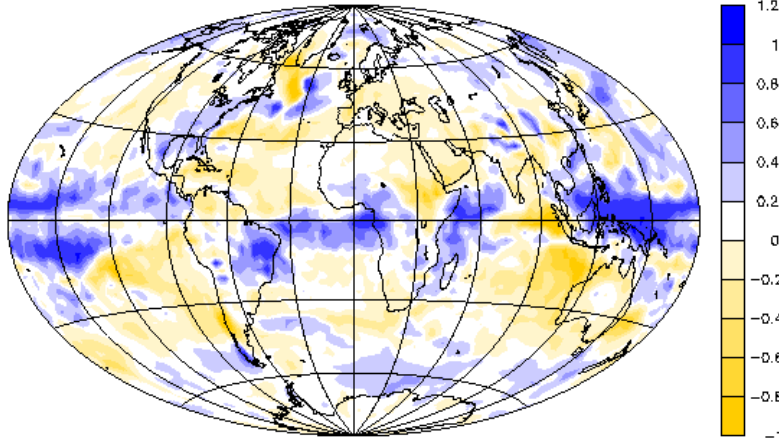
A2



IPCC / CNRM - SRESA2 scénario - Anomalies de la précipitation (mm/jour)
(2090-2099) comparée à (2000-2009)

IPCC / IPSL - SRESA2 scénario - Anomalies de la précipitation (mm/jour)
(2090-2099) comparée à (2000-2009)

B1



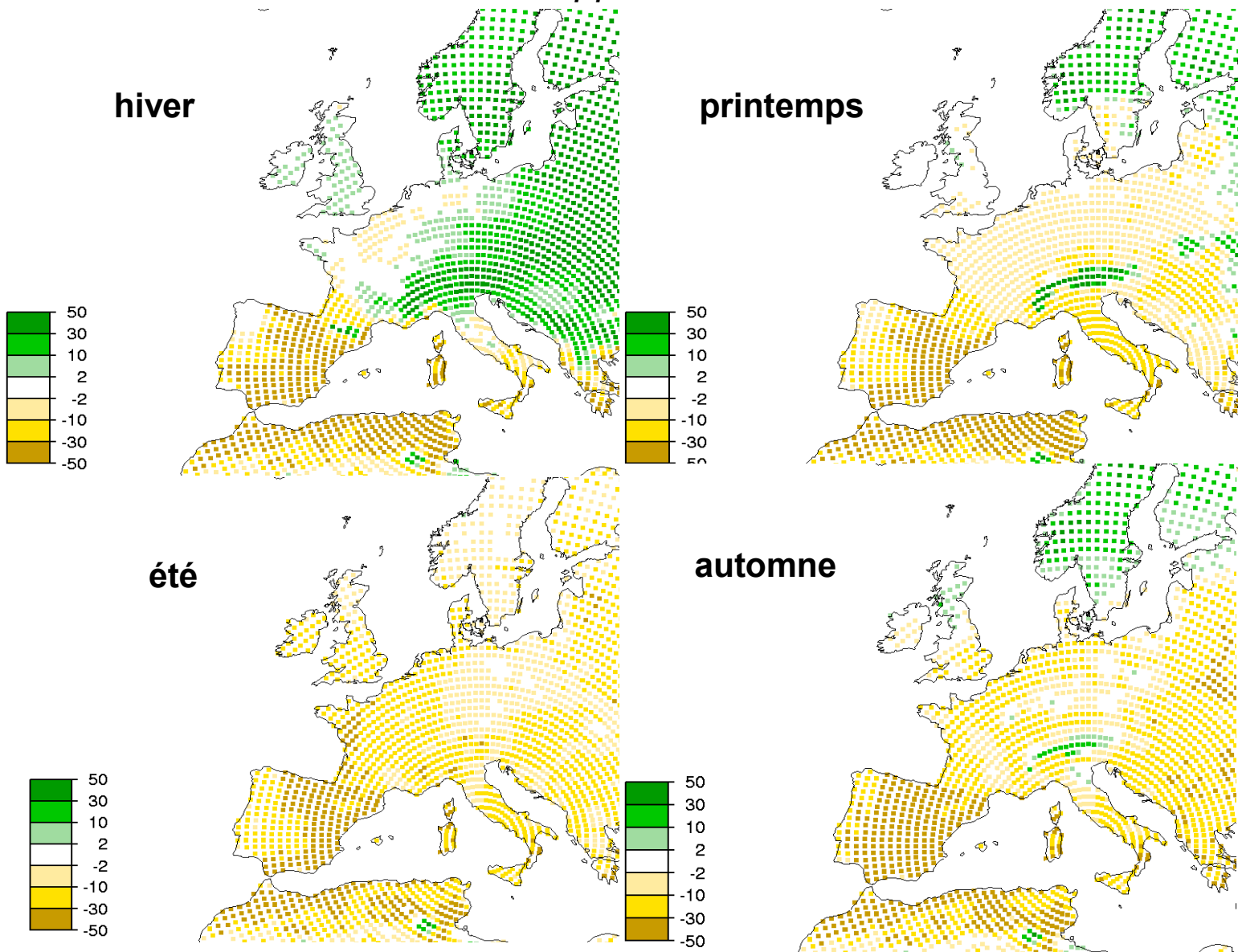
IPCC / CNRM - SRESB1 scénario - Anomalies de la précipitation (mm/jour)
(2090-2099) comparée à (2000-2009)

IPCC / IPSL - SRESB1 scénario - Anomalies de la précipitation (mm/jour)
(2090-2099) comparée à (2000-2009)

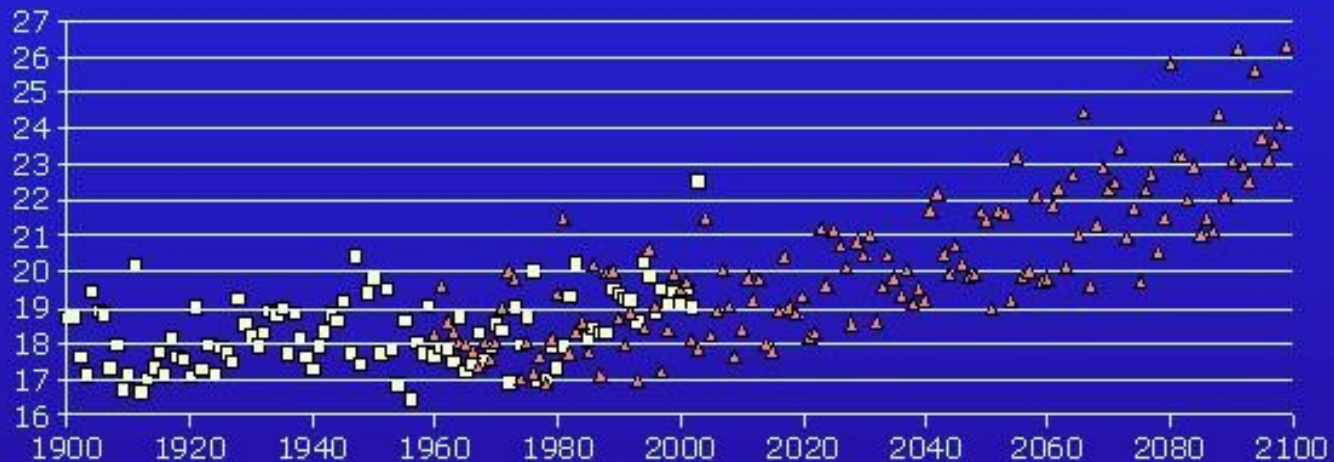
Changement de réserve en eau dans les sols vers 2100

Météofrance - CNRM (modèle ARPEGE-climat)

Scénario B2 : 611 ppmv de CO2 vers 2100



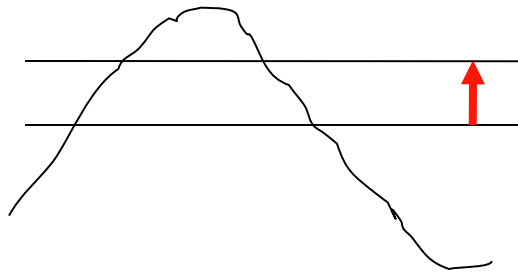
Température estivale en France



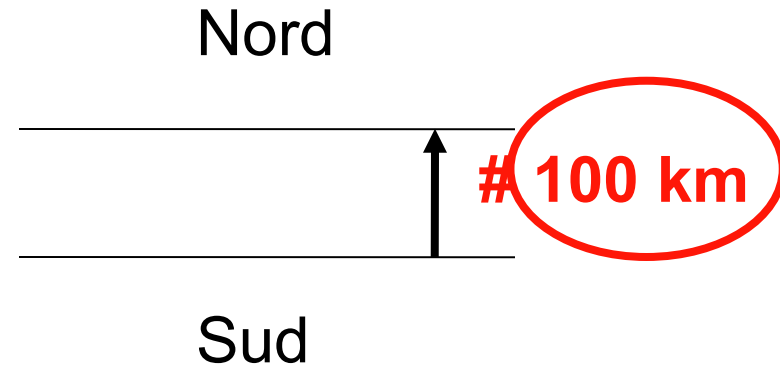
Météofrance - CNRM (modèle ARPEGE-climat)

D'une façon très simplifiée, en France,
un réchauffement moyen de :

+1° se traduirait en moyenne par:



+150 m



100 km

En altitude :
une remontée
de l'ordre de
150 mètres

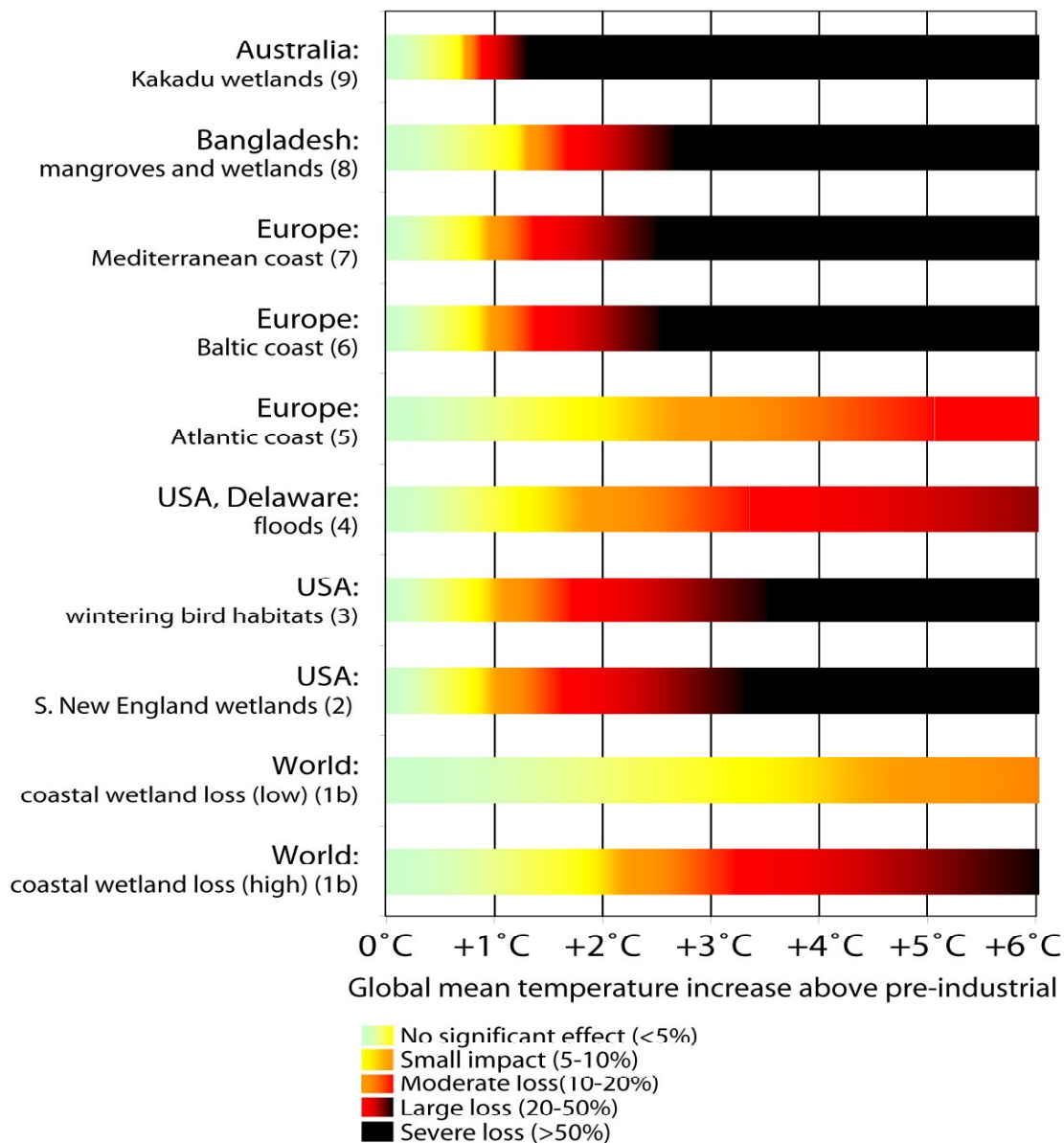
En latitude :
Un déplacement vers le nord
de l'ordre d'une centaine de
km (de 50 à 200)

Futur ?

**Impact du Réchauffement climatique
sur la Biosphère**

W. Hare Postdam Institut- 2003 - Assessment of knowledge on impacts of climate change –contribution to the specification of Article 2 of the UNFCCC. Report to the German Advisory Council on Global Change (WBGU), Special Report 94.

Europe



***Contexte environnemental dans lequel s'inscrit
le changement climatique***

**Changement dans un
climatique environnement
mondialement dégradé :**

- *Pollution (pesticides,....)*
- *Erosion des sols*
- *Occupation des surfaces*
- *Surexploitation des
ressources vivantes*

.....



**Conséquence
sur les écosystèmes?**

Adaptation? (mais rapide)
Migration? (mais où?)

Futur ?

Le réchauffement global envisagé sur le 21ème siècle, n'a jamais eu son analogue sur Terre depuis les derniers millions d'années.

De plus les variations climatiques passées de grande ampleur se sont toujours étalées sur une période beaucoup plus longue que ...quelques décennies.

But préconisé par l'Europe :

.... Atteindre un équilibre climatique qui ne dépasse pas un réchauffement moyen de +2°C afin de limiter les impacts négatifs sur la vie.

Le futur ?

Pour aller vers une stabilisation de la température?

- ***Il faut stabiliser la quantité de Gaz à Effet de Serre dans l'atmosphère***

Pour cela il faut que:

- ***l' émission de CO2 reste inférieure à 2 GtC par an ;***
- ***il faut donc diminuer par 4 les émissions actuelles.***

La limitation du réchauffement mondial moyen à +2°C vers la fin du siècle correspond à une stabilisation dans l'atmosphère de l'ensemble des Gaz à Effet de Serre (GES) à 550 ppm "équivalent CO2", (ce qui correspond à 450 ppm de CO2, plus les autres GES)

**Pour atteindre ce but en 2050, la France préconise
le scénario Facteur 4 :**

La réduction des émissions par 2 en 2050 est réalisée par une réduction par 4 des émissions des pays développés, ce qui permet une certaine croissance des émissions des pays en voie de développement.

Prévisions futures du climat

Incertitudes

- dans les scénarios économiques d'émission de GES

Incertitudes

- dans les calculs faits par les modèles
(modélisation des nuages, des océans..)

Inconnues

- existence de seuils qui, une fois franchis,
conduisent à une évolution brutale?
(les exemples d'évolution climatique soudaine existent dans le passé)
- modification de la circulation océanique?
- émission CH₄ en cas de réchauffement?
(sols - fond océan)
- calotte antarctique de l'ouest : stable?
- saturation du puits de CO₂ terrestre?, Ph des océans?