



IPSL Climate Modelling Centre



# *Changements climatiques : Quoi de neuf ?*

*Jean-Louis Dufresne*

*jean-louis.dufresne@lmd.jussieu.fr*

*Laboratoire de Météorologie Dynamique (CNRS, UPMC, ENS, X)  
Institut Pierre Simon Laplace.*



St Pair-Mer, 11 mai 2019

# Plan

- I. Quelques éléments de bases
- II. Réchauffement récent et rôle des activités humaines
- III. Projections des climats futurs
- IV. L'accord de Paris sur le climat et le rapport spécial du GIEC 1,5°C

# Naissance de la physique du climat

*Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaire, J. Fourier, 1824*



**Joseph Fourier**  
(1768-1830)

- **Les lois physiques** permettent de comprendre le climat
- **La Terre est une planète** comme les autres
- Les **changements d'ensoleillement** peuvent modifier le climat
- Le **climat pourrait changer du fait des activités humaines**

# La découverte des variations passées

## Hypothèse des périodes glaciaires (1840-1860)



Jean de  
Charpentier



Blocs erratiques



Louis Agassiz

Origine de ces variations : soleil ou CO<sub>2</sub> (1860-1900) ?

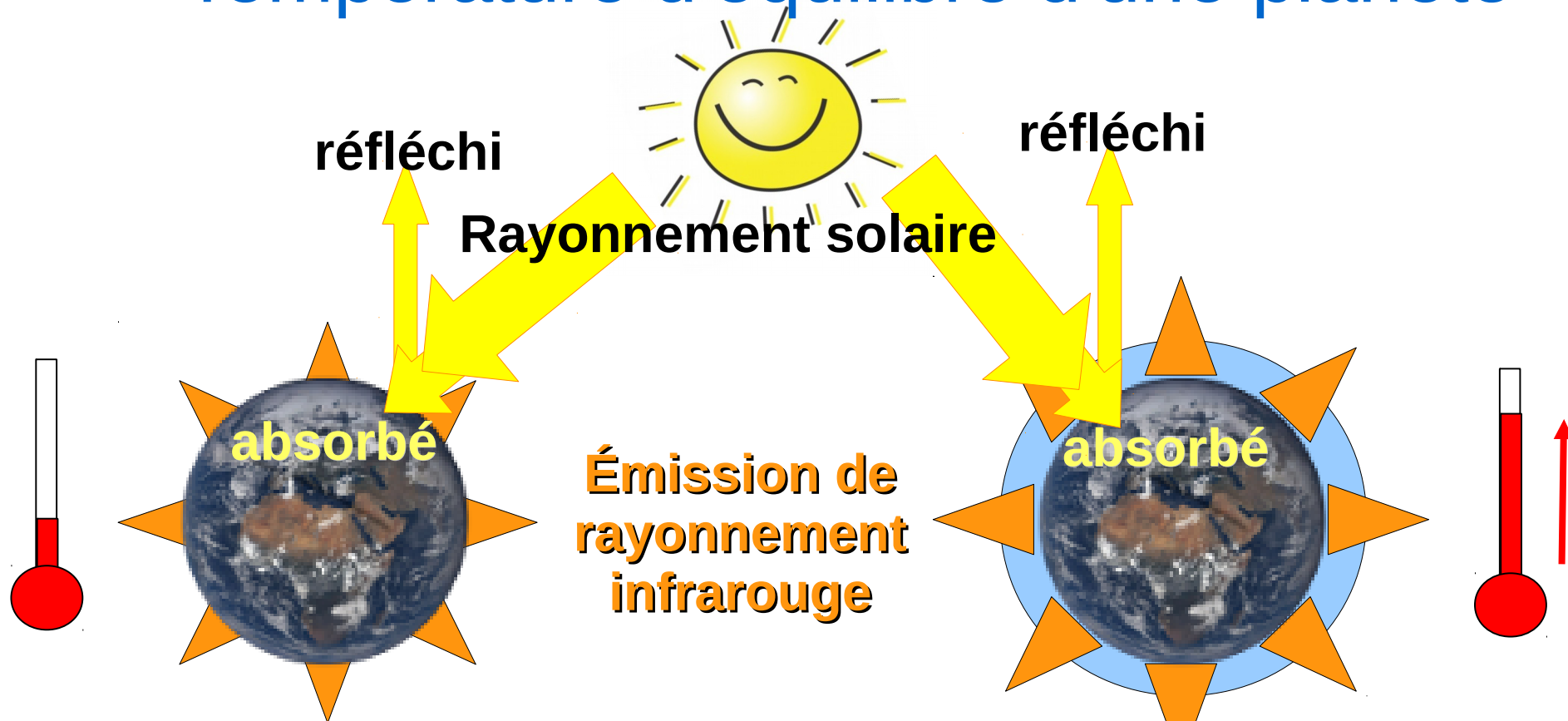


James Croll

Svante Arrhenius



# Température d'équilibre d'une planète



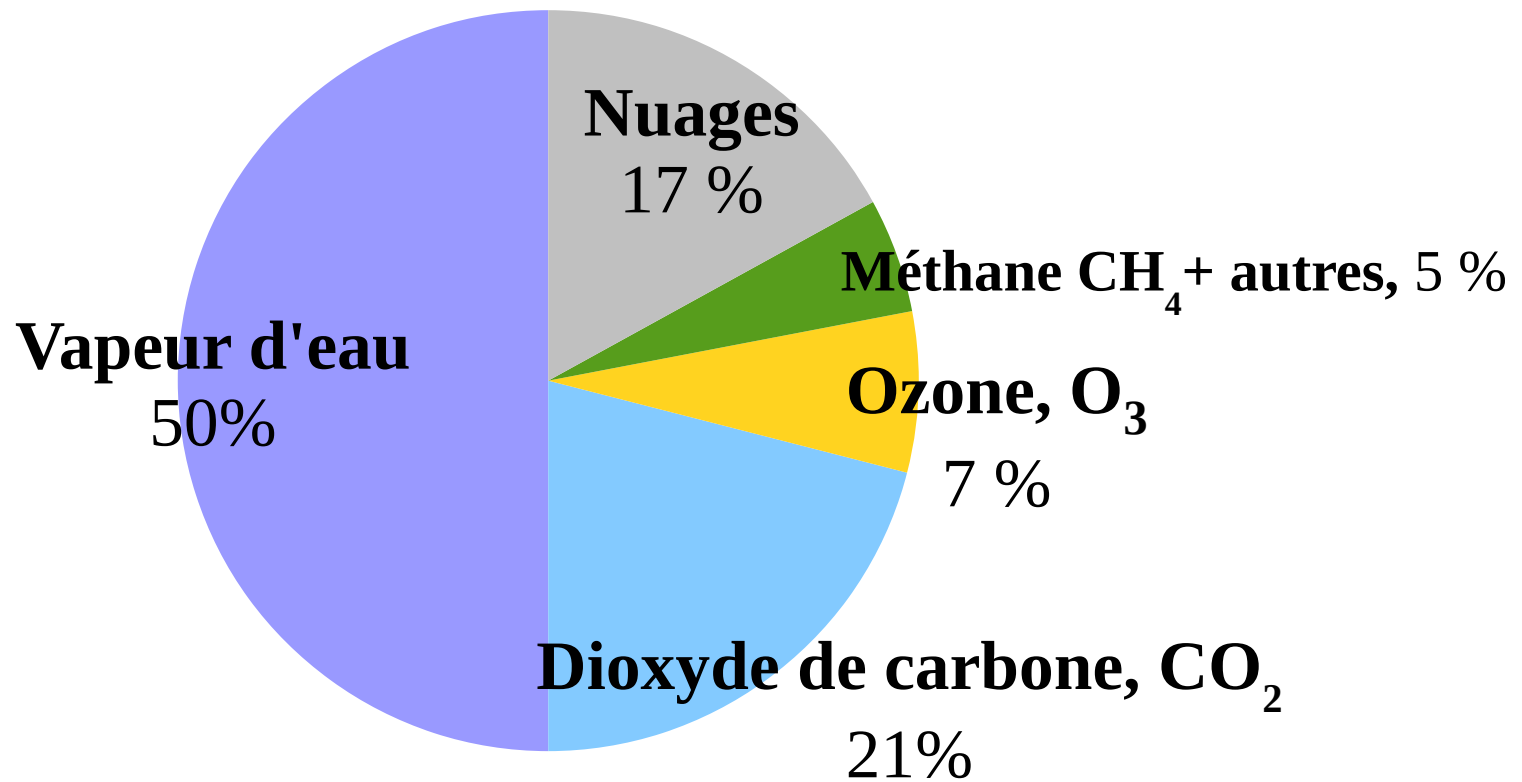
Atmosphère *transparente* au rayonnement infrarouge

Atmosphère *opaque* au rayonnement infrarouge

- Si l'atmosphère était transparente au rayonnement infrarouge, la température de la surface serait **de  $-18^{\circ}\text{C}$**
- La température actuelle est **de  $15^{\circ}\text{C}$**
- **La différence est due à l'effet de serre**

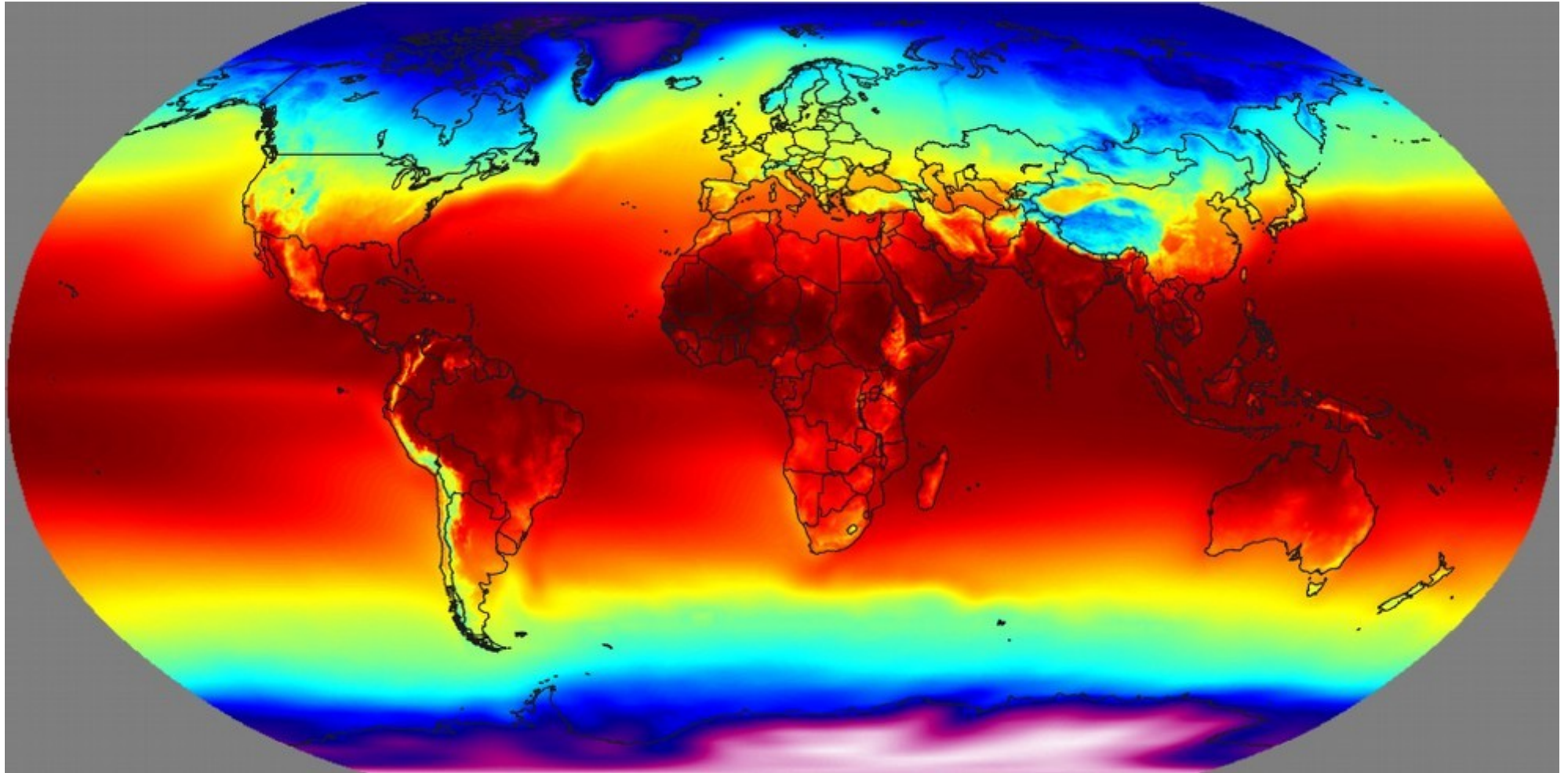
# L'effet de serre sur Terre

Qui contribue à l'effet de serre ?



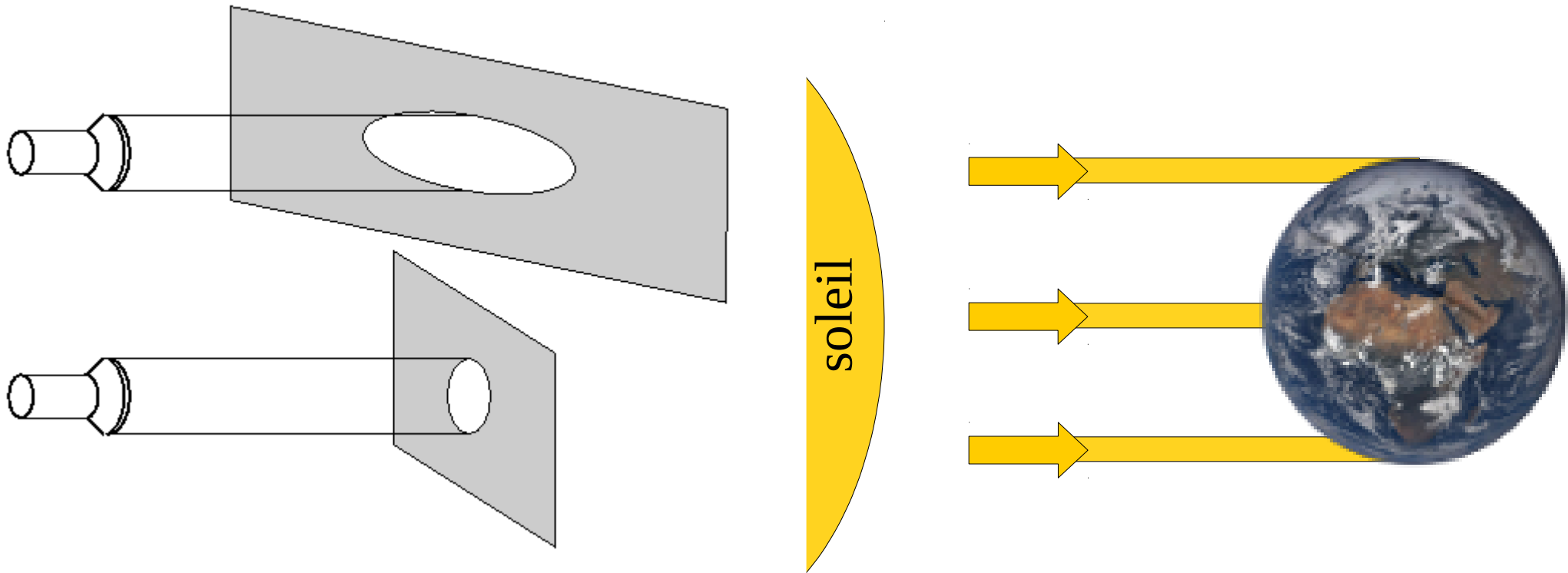
# Qu'est ce que le climat global ?

**moyenne annuelle de la température de surface**



# Qu'est ce que le climat global ?

## Le soleil, moteur du climat

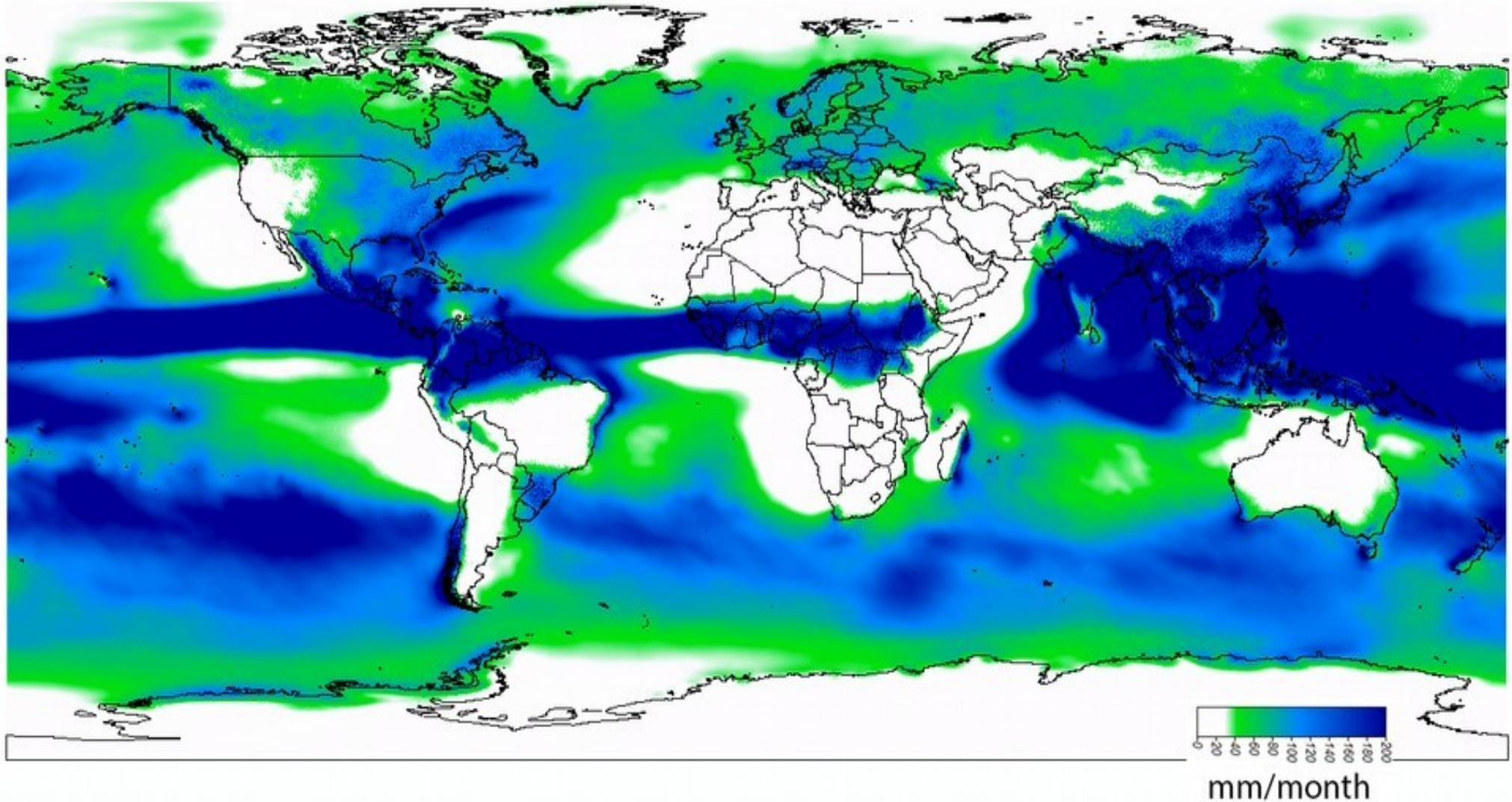


**Climat** : Provient du grec « klima » « inclinaison du ciel »  
l'inclinaison de la Terre par rapport au Soleil



# Qu'est ce que le climat global ?

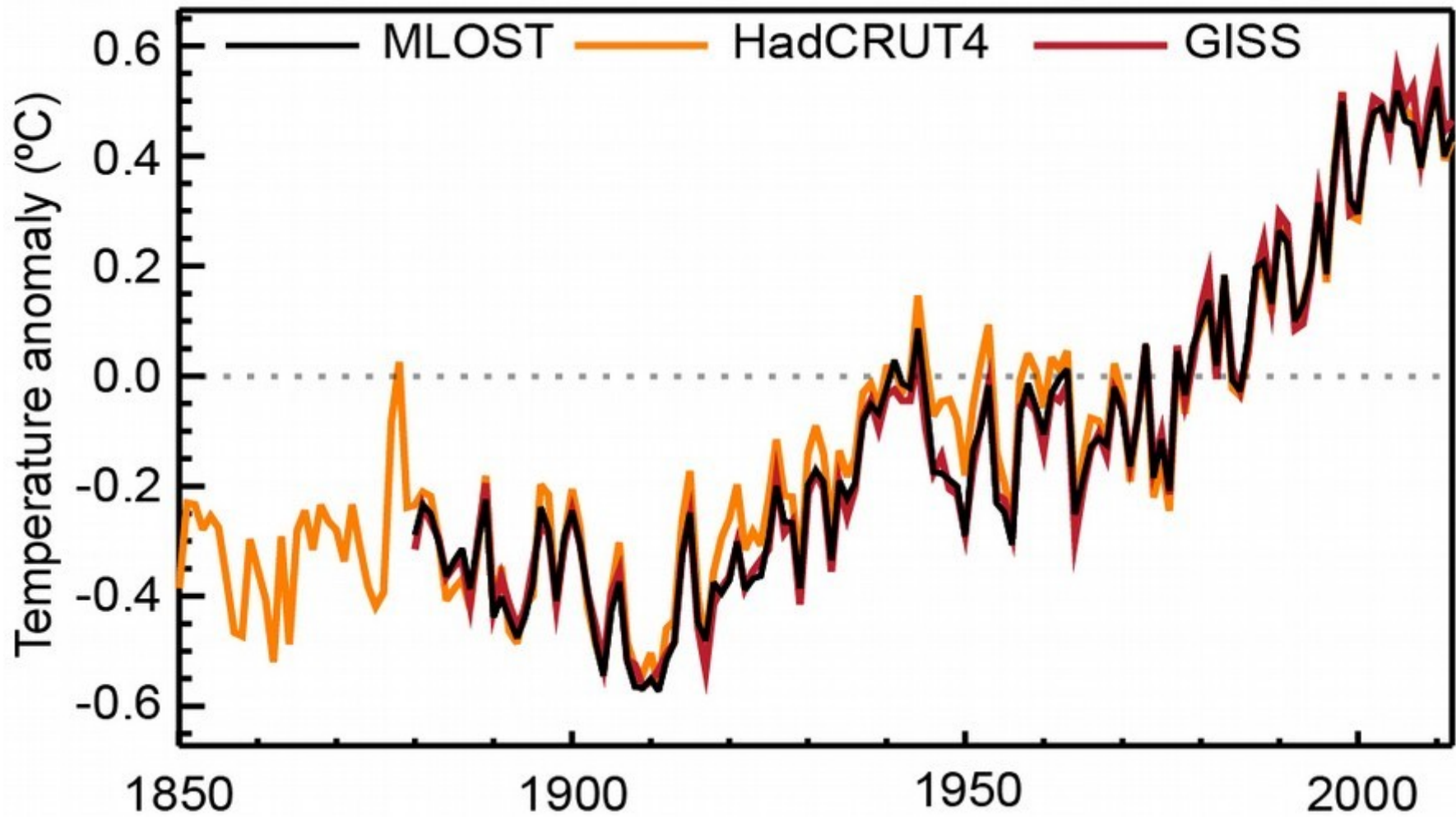
## Précipitations moyennes en juillet



# Plan

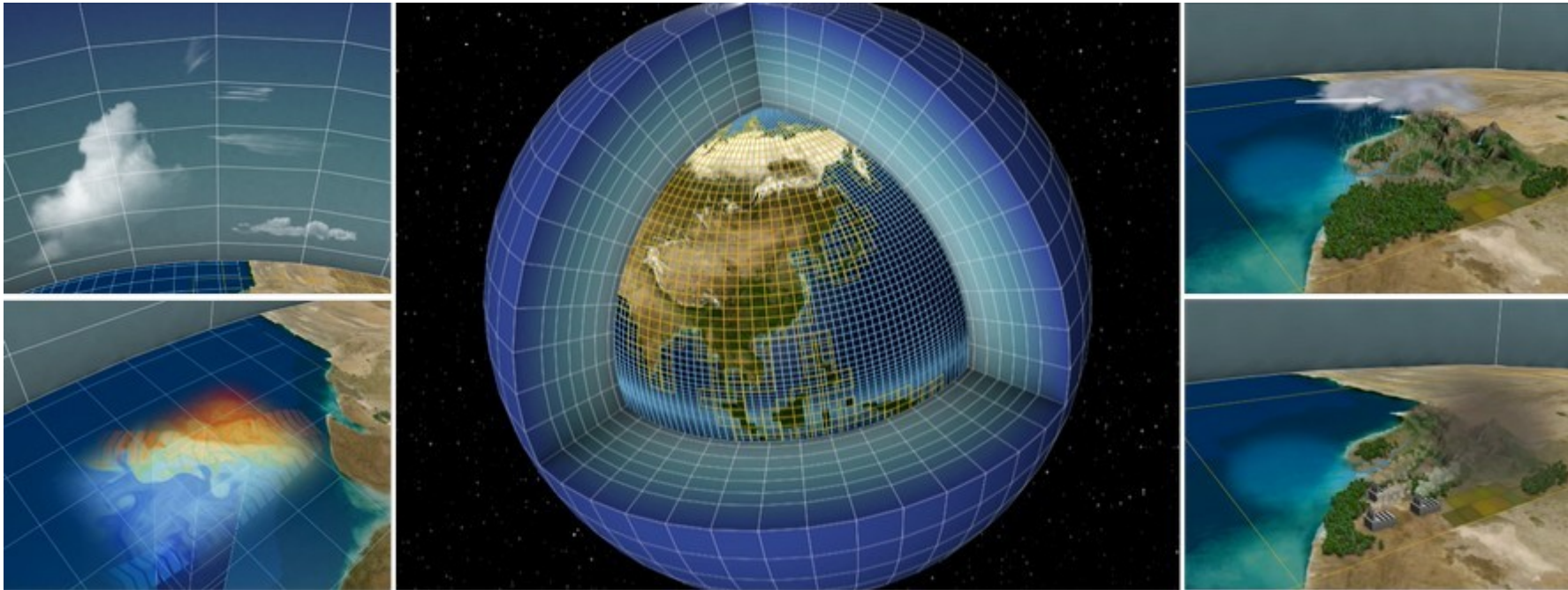
- I. Quelques éléments de bases
- II. Réchauffement récent et rôle des activités humaines
- III. Projections des climats futurs
- IV. L'accord de Paris sur le climat et le rapport spécial du GIEC 1,5°C

# Évolution récente de la température du surface



# Modèle de climat

## (Modèle de circulation générale)



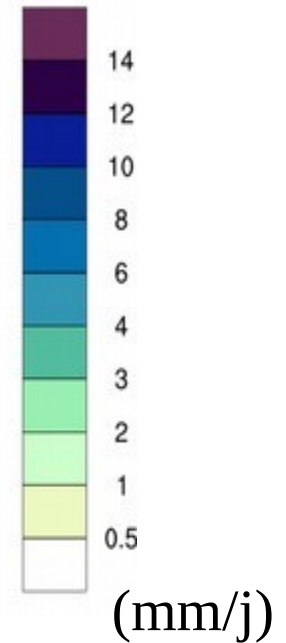
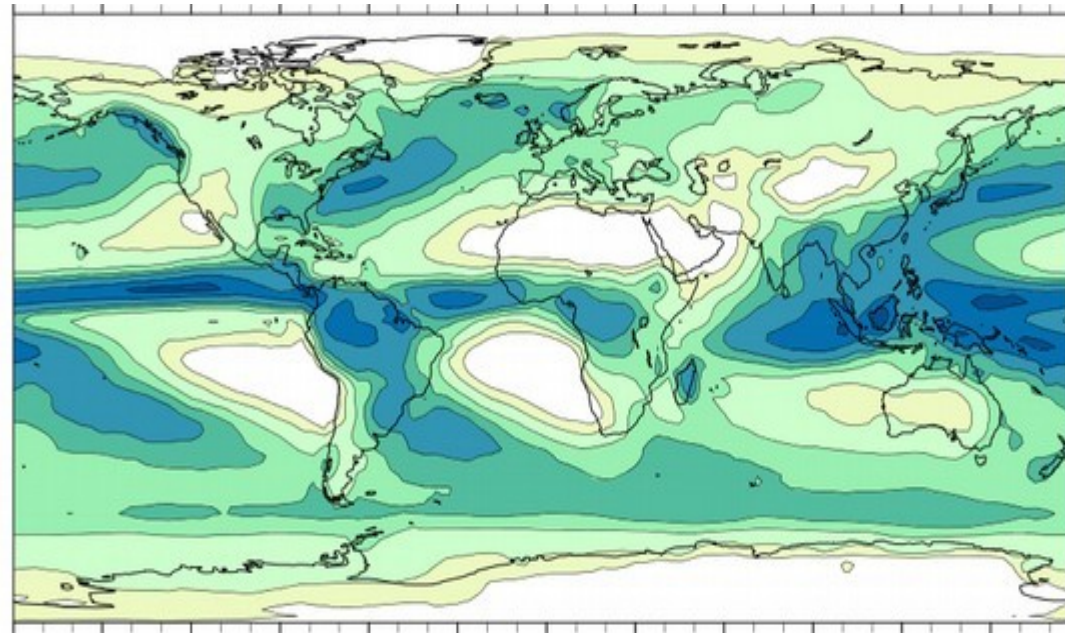
Images issues d'un film présentant la modélisation du climat. Copyright CEA

- Une représentation 3D de l'atmosphère l'océan glaces de mer et surfaces continentales (couplages de différents modèles)
- Une représentation du couplage avec les cycles biogéochimiques dans l'atmosphère l'océan et le continent

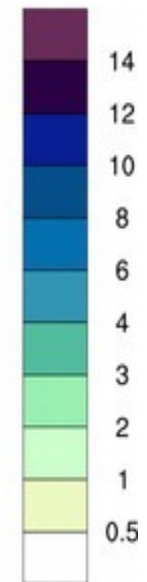
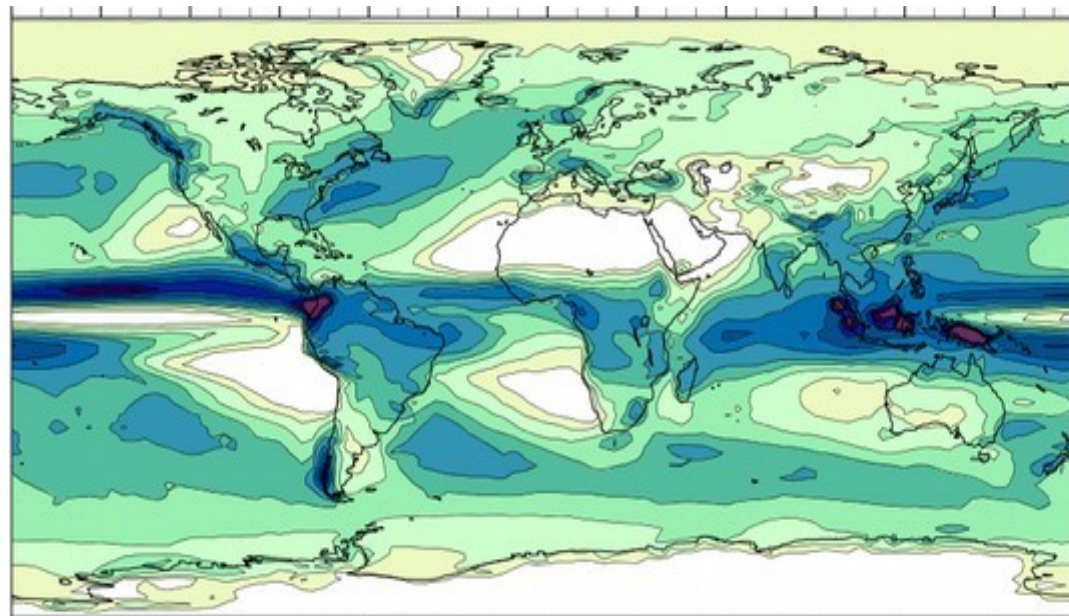
# Comment les modèles simulent le climat d'aujourd'hui ?

## Précipitations (pluie + neige), moyenne annuelle

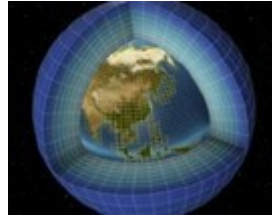
**Observations**



**Modèle  
IPSL**

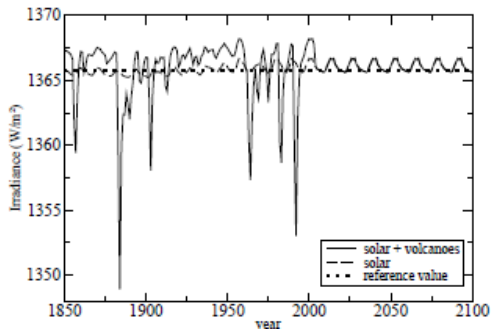


# Le modèle couplé "Système Terre" de l'IPSL

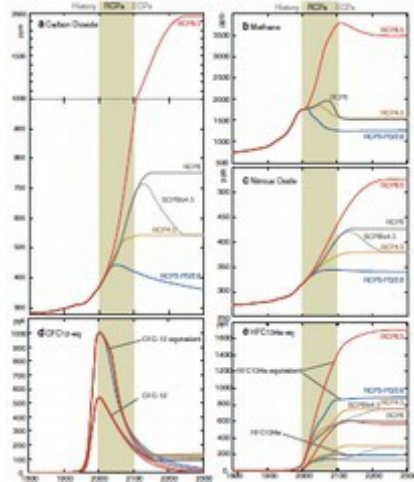


## Forçages naturels et anthropiques

### Soleil et volcans



### Gaz à effet de serre ou chimiquement actifs

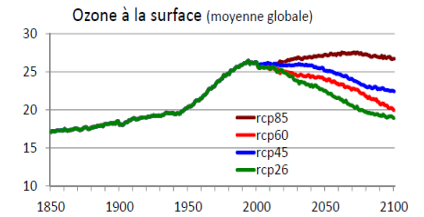


### Concentration de CO<sub>2</sub>

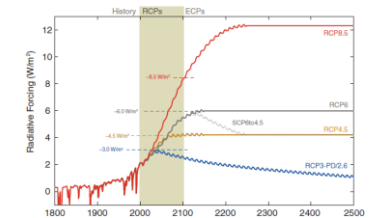
**Modèle de climat**

- Représentation 3D de l'atmosphère l'océan glaces de mer et surfaces continentales (couplages de différents modèles)
- Représentation du couplage avec les cycles biogéochimiques dans l'atmosphère l'océan et le continent

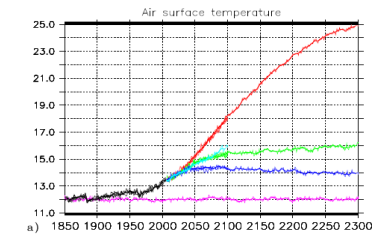
## Composition de l'atmosphère



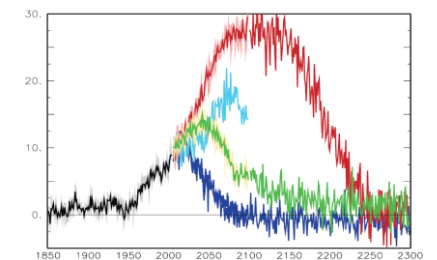
## Forçage radiatif



## Changement climatique



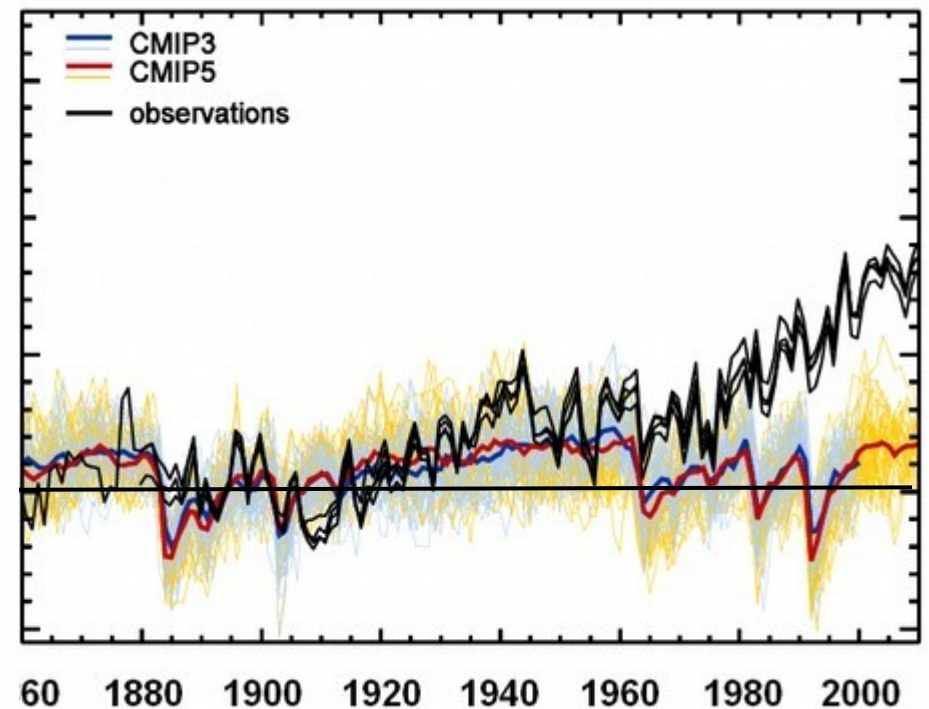
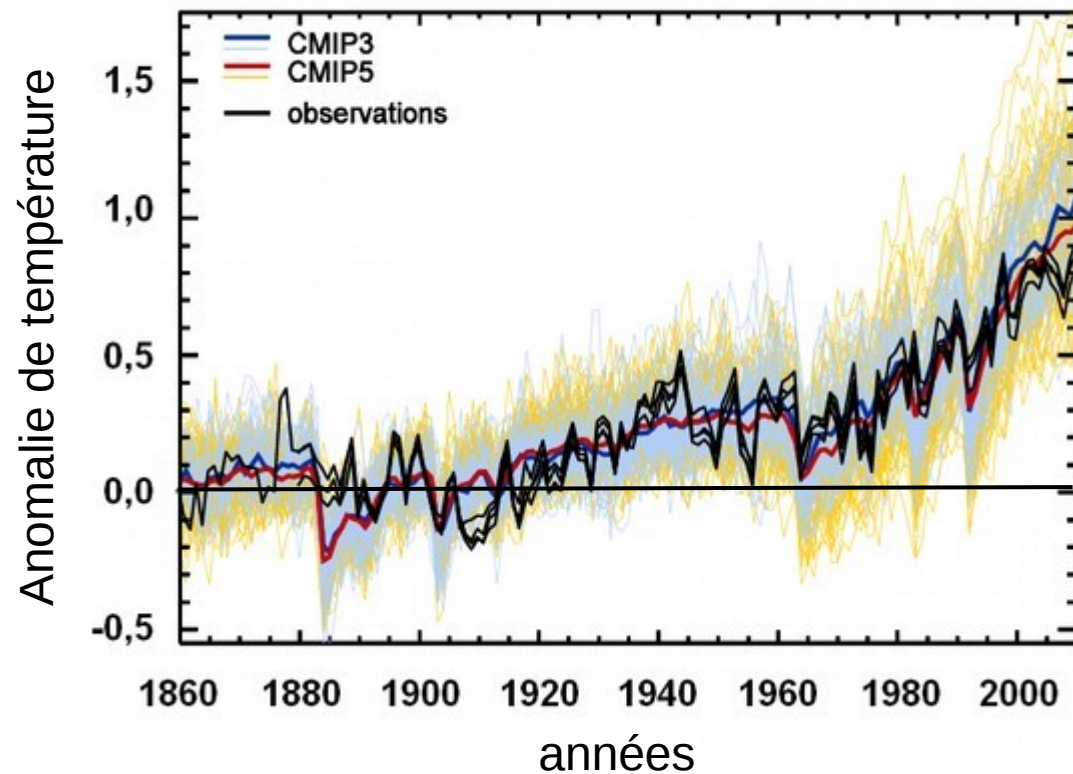
## Émission autorisée de CO<sub>2</sub>



# Évolution récente de la température de surface de la Terre

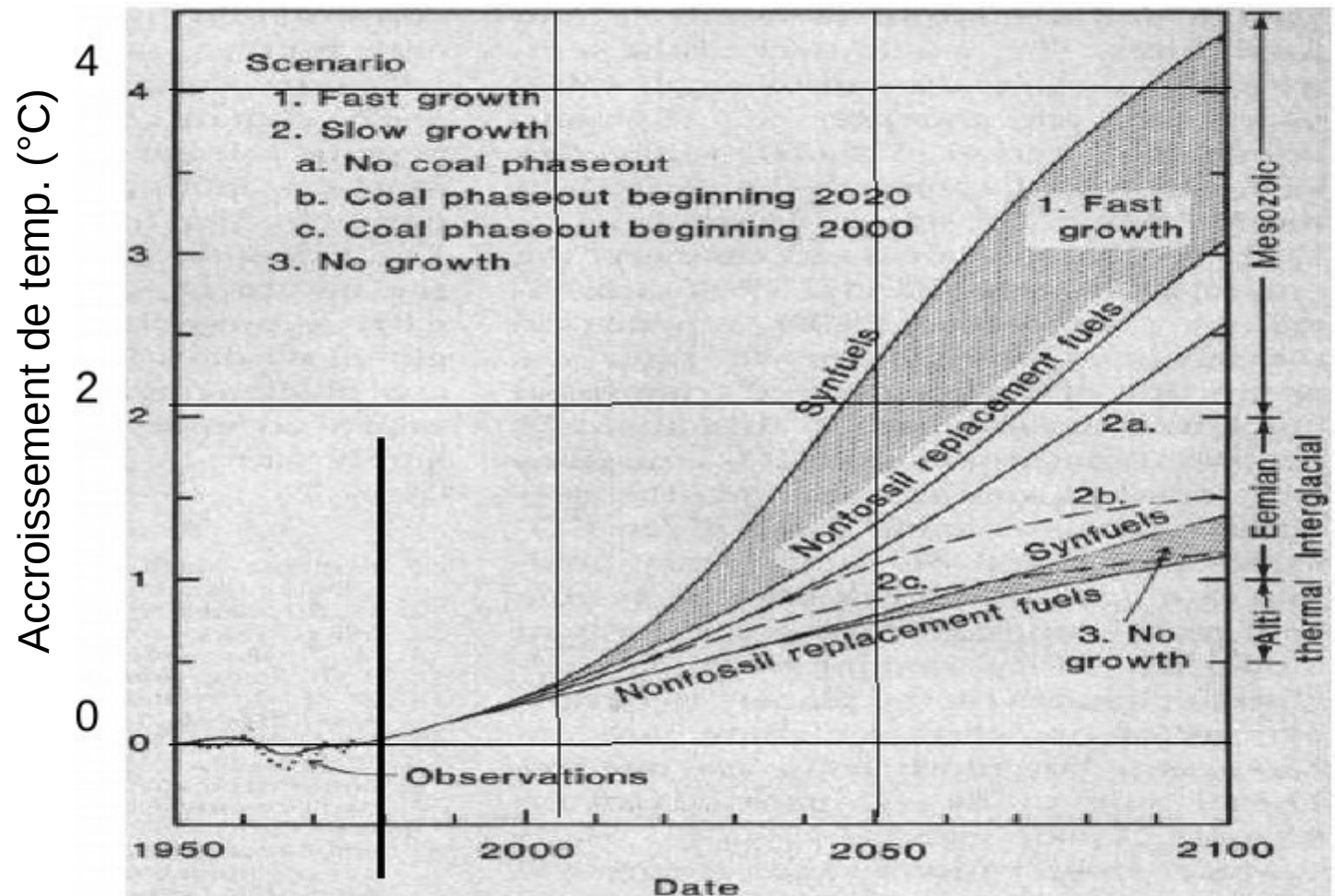
Simulations avec *forçages naturels et anthropiques*

Simulations avec *forçages naturels seulement*



# Évolution de la température de surface : un réchauffement prévu

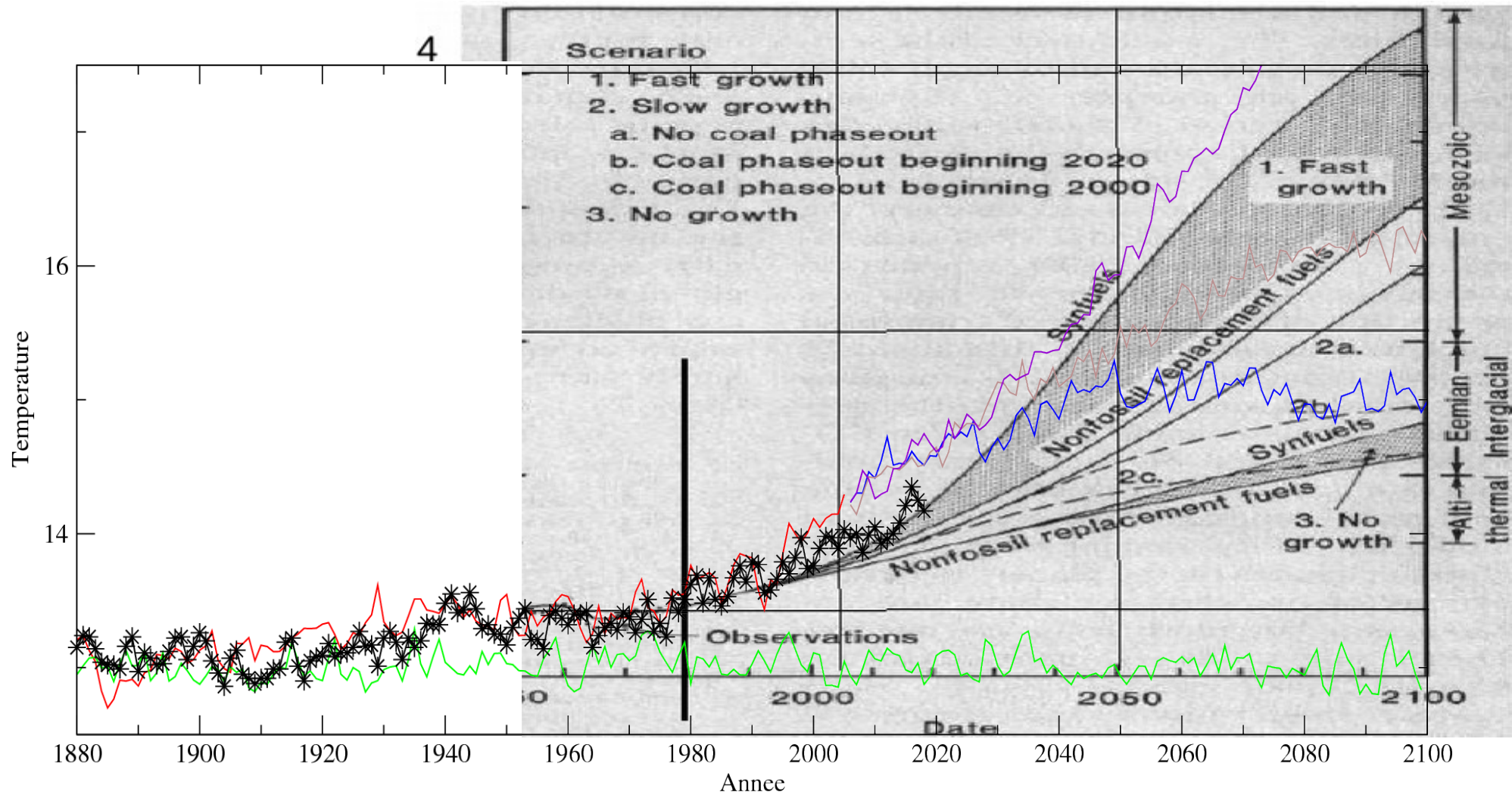
Prévision de réchauffement réalisée en **1980**



[ Hansen et al. 1981 ]



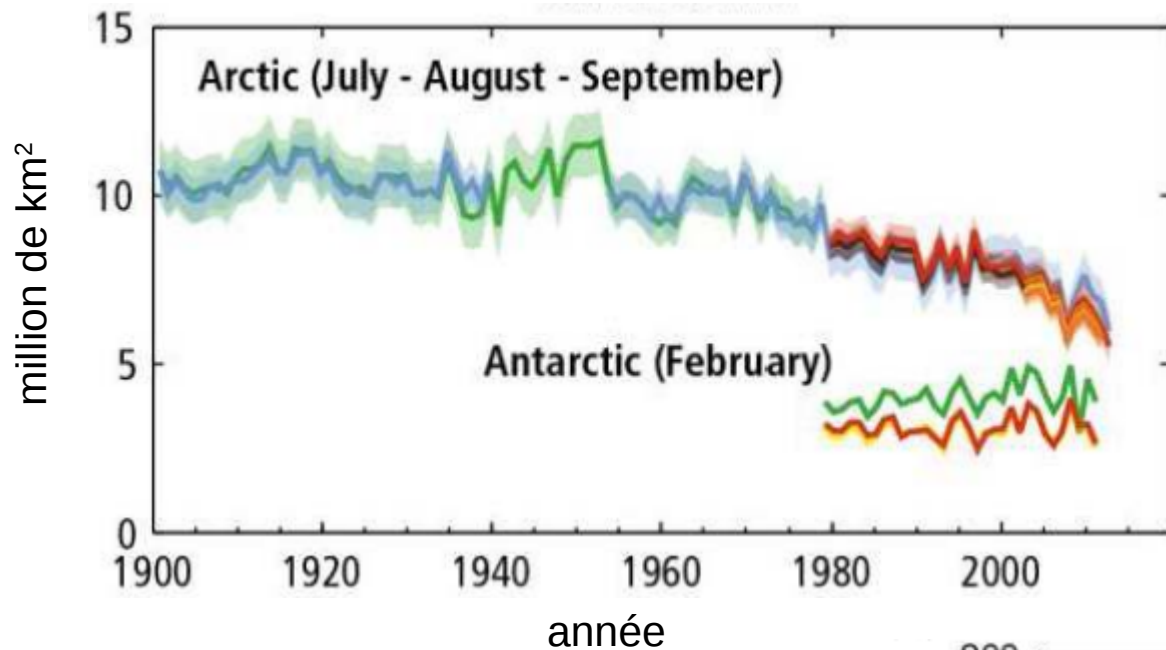
# Évolution de la température de surface : un réchauffement prévu



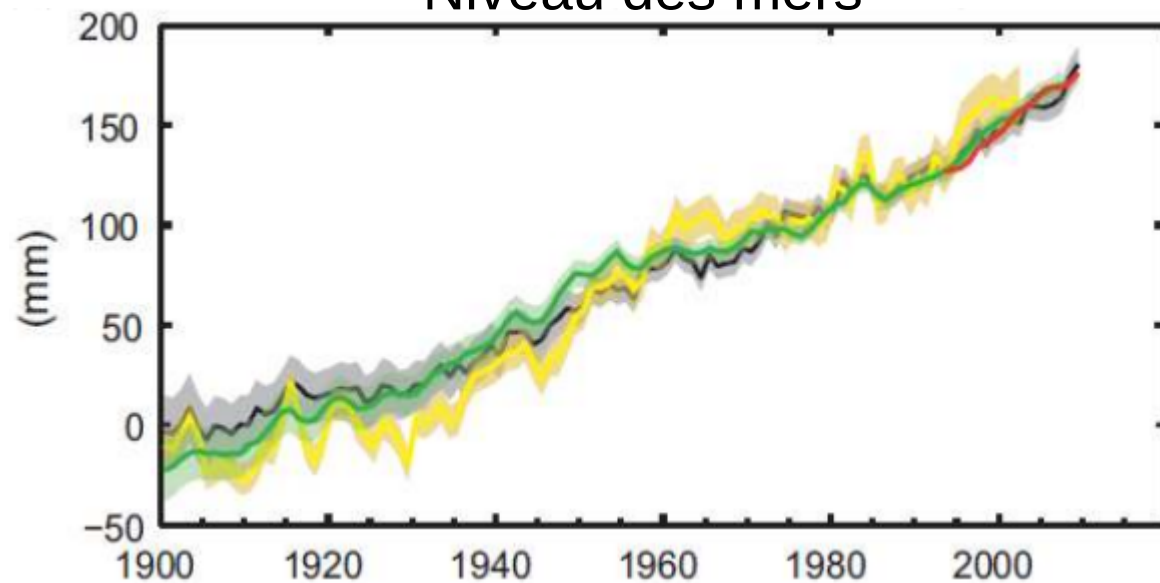
[ Hansen et al. 1981 ]

# Variations du climat

## Étendue de la glace de mer

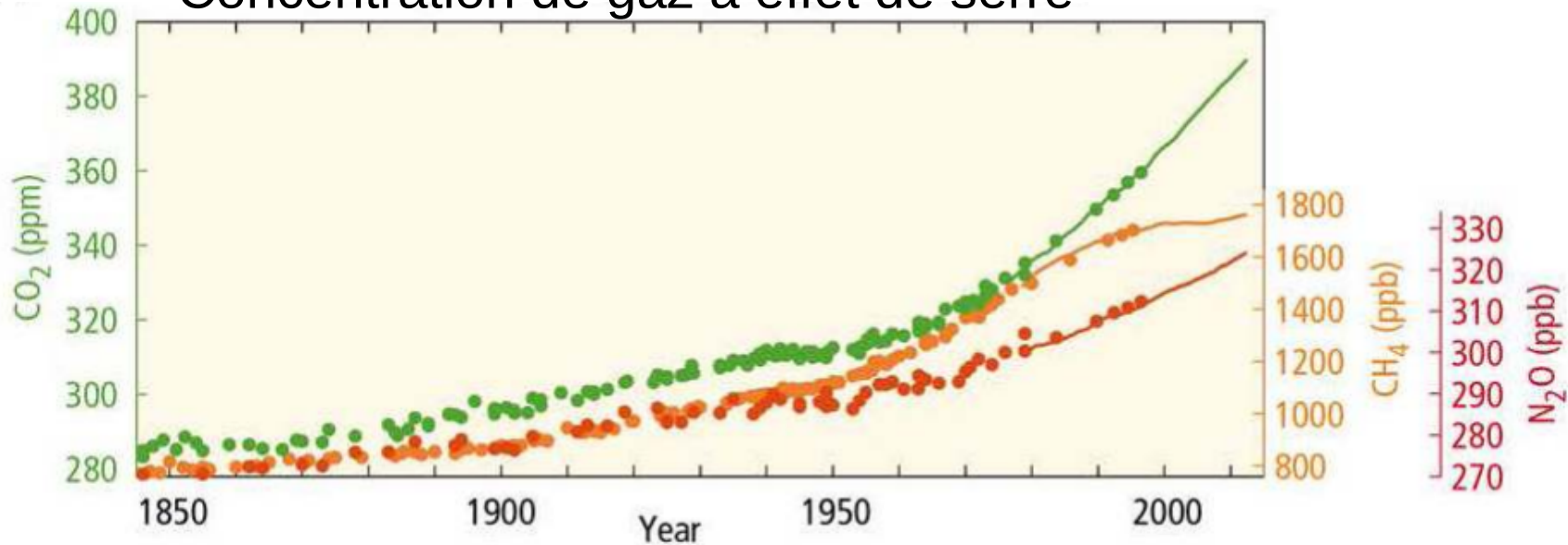


## Niveau des mers

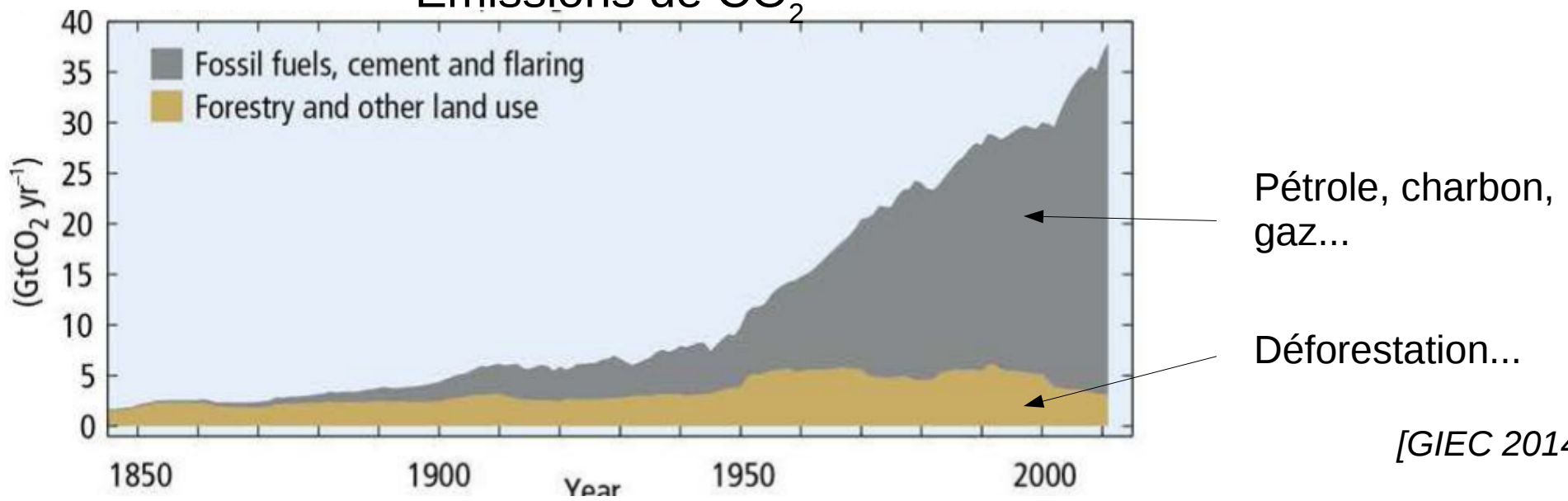


# Évolution des gaz à effet de serre due aux activités humaines

## Concentration de gaz à effet de serre



## Émissions de CO<sub>2</sub>



# Émission moyenne de CO<sub>2</sub> (2008-2017)

1 GtC = 3.67 GtCO<sub>2</sub>

## Sources = Puits



+

34.4 GtCO<sub>2</sub>/yr  
87%

17.3 GtCO<sub>2</sub>/yr

44%

29%

11.6 GtCO<sub>2</sub>/yr

13%  
5.3 GtCO<sub>2</sub>/yr

22%

8.9 GtCO<sub>2</sub>/yr



Budget Imbalance:

(the difference between estimated sources & sinks)

5%

1.9 GtCO<sub>2</sub>/yr

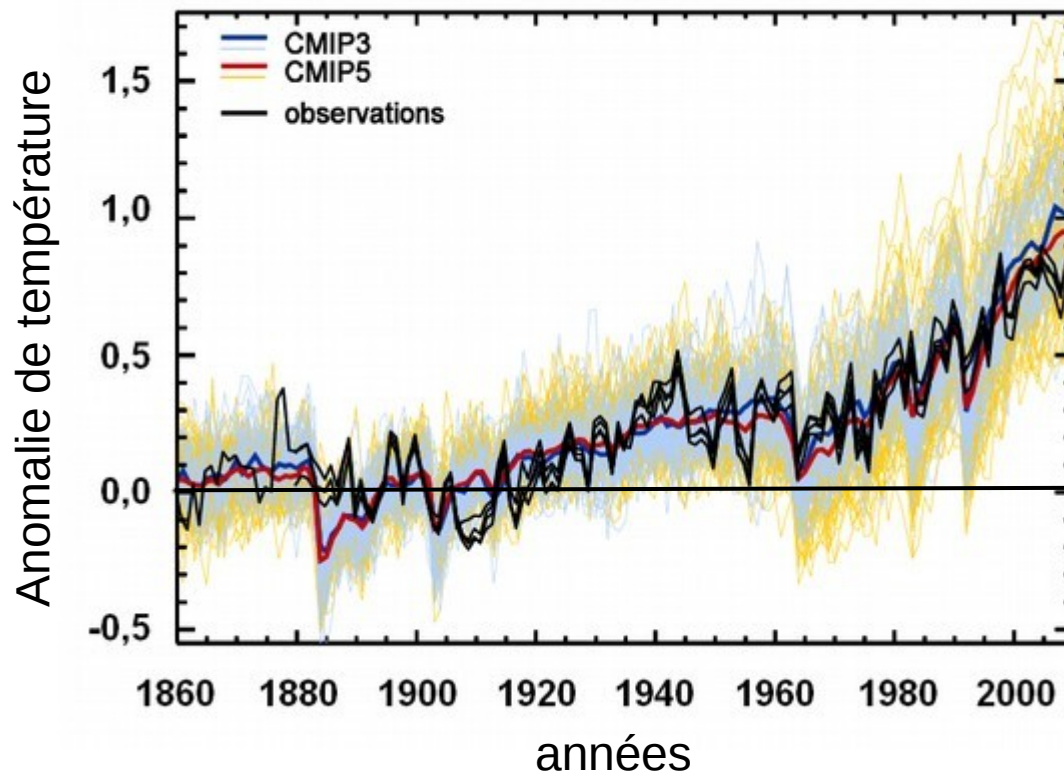
# Variabilité interne et variations dues à des forçages

Les variations climatiques ont plusieurs origines:

$$\text{Variations} = \boxed{\text{Variabilité interne} + \text{Réponse aux forçages naturels}} + \text{Réponse aux forçages anthropiques}$$

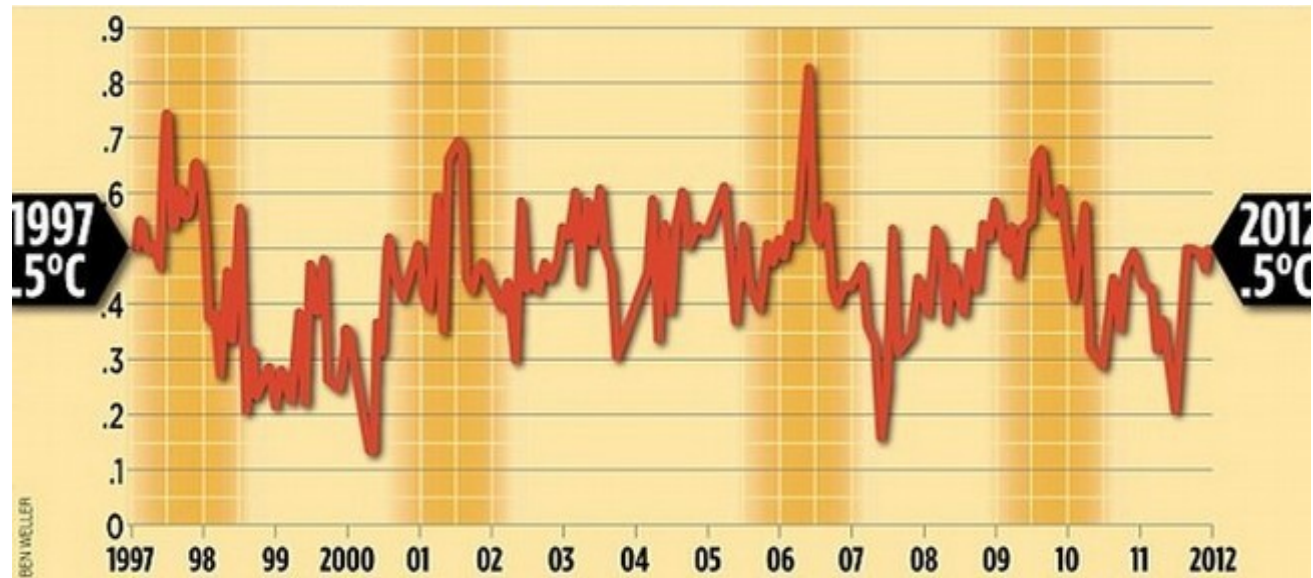
Variabilité naturelle

Simulations avec *forçages naturels et anthropiques*



# Doute ou tromperie ?

## Négation du réchauffement climatique

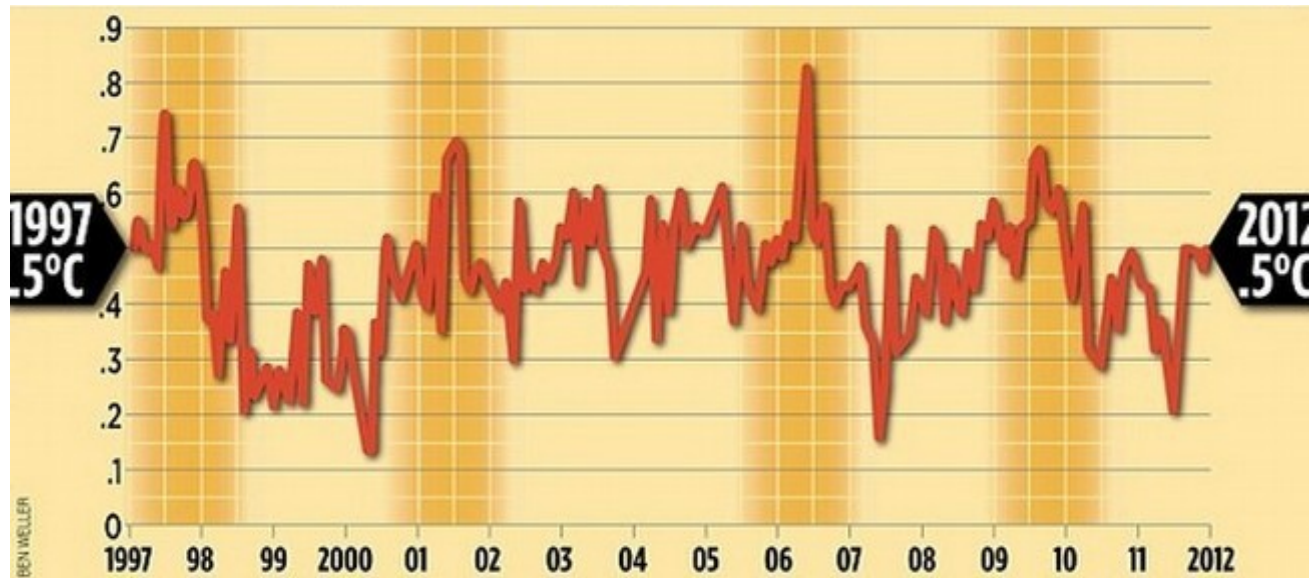


**« Autrement dit, depuis 1997, les variations de températures observées ne permettaient pas de constater de réchauffement climatique »**

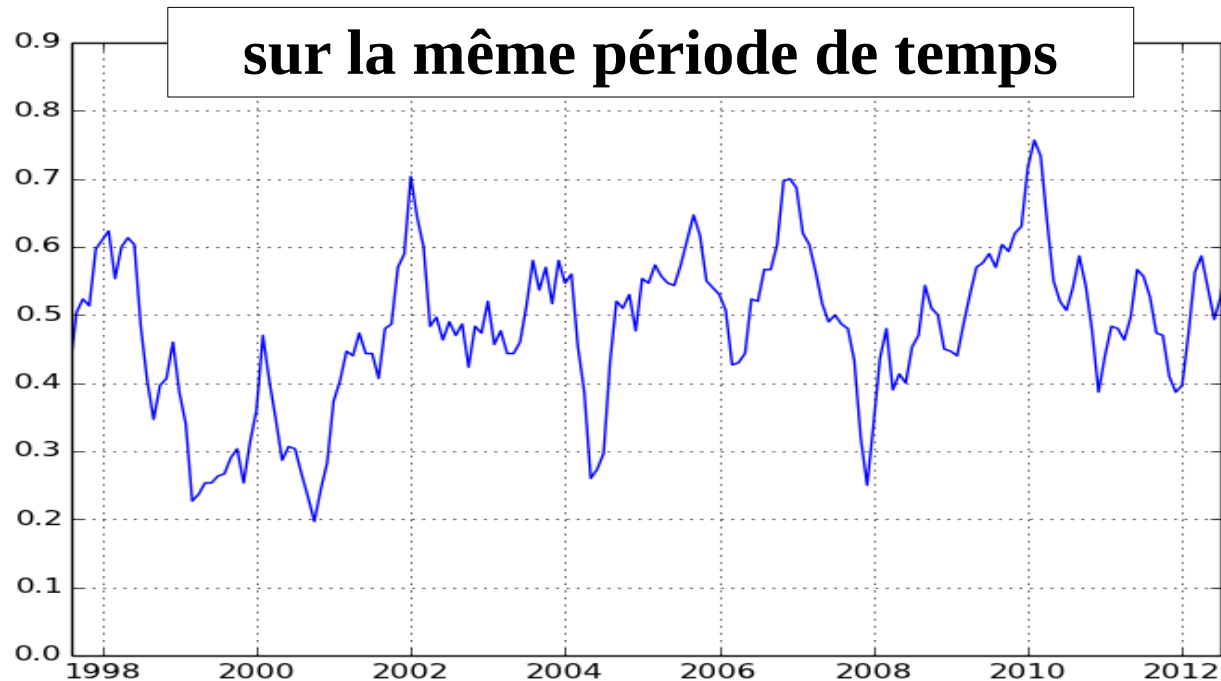
# Doute ou tromperie ?

## Négation du réchauffement climatique

**Résultat montré**



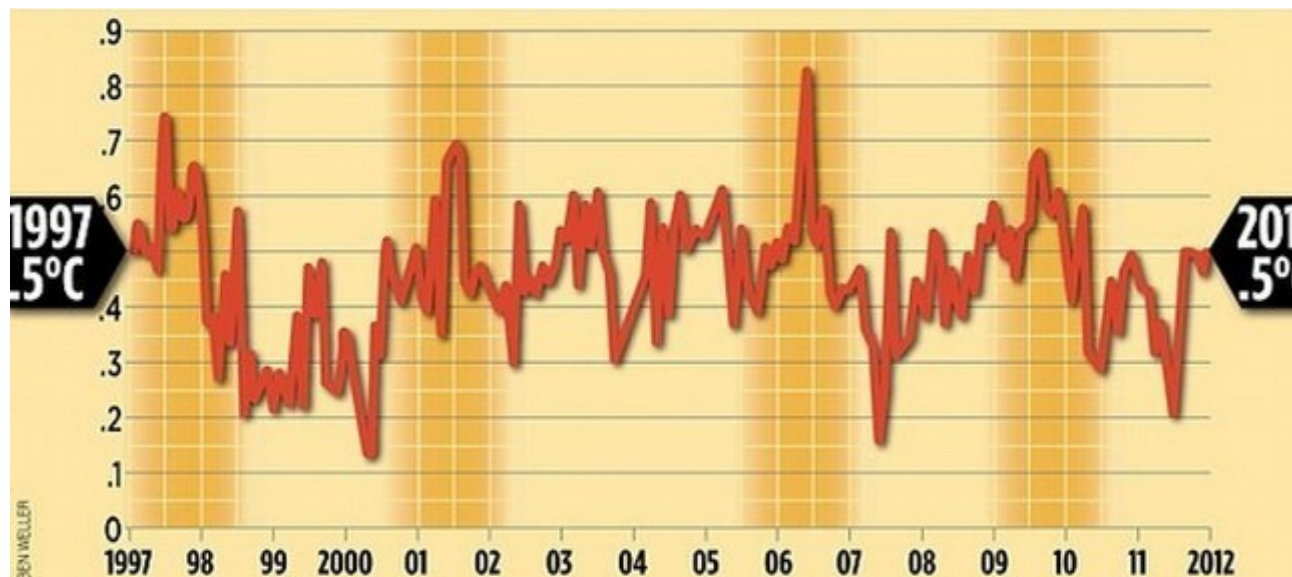
**Résultat** que l'on obtient à partir des données publiques du GISS (NASA)



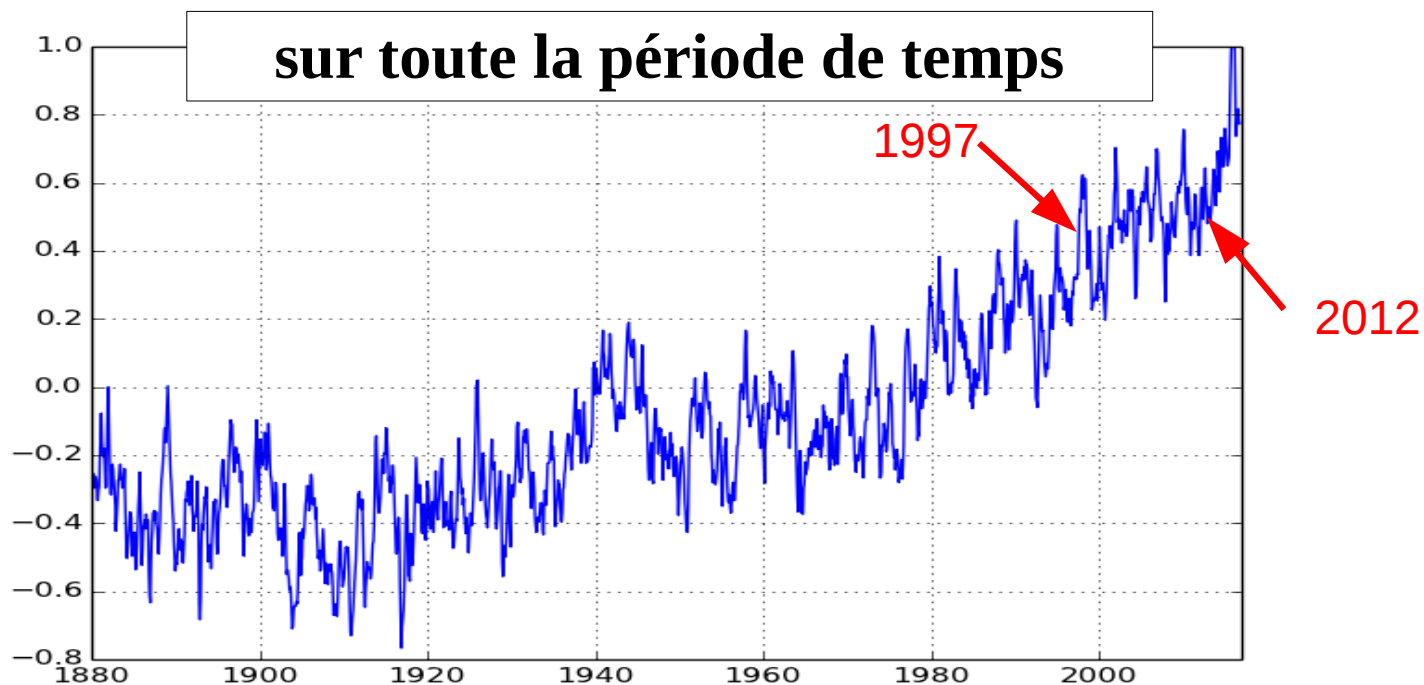
# Doute ou tromperie ?

## Négation du réchauffement climatique

**Résultat montré**

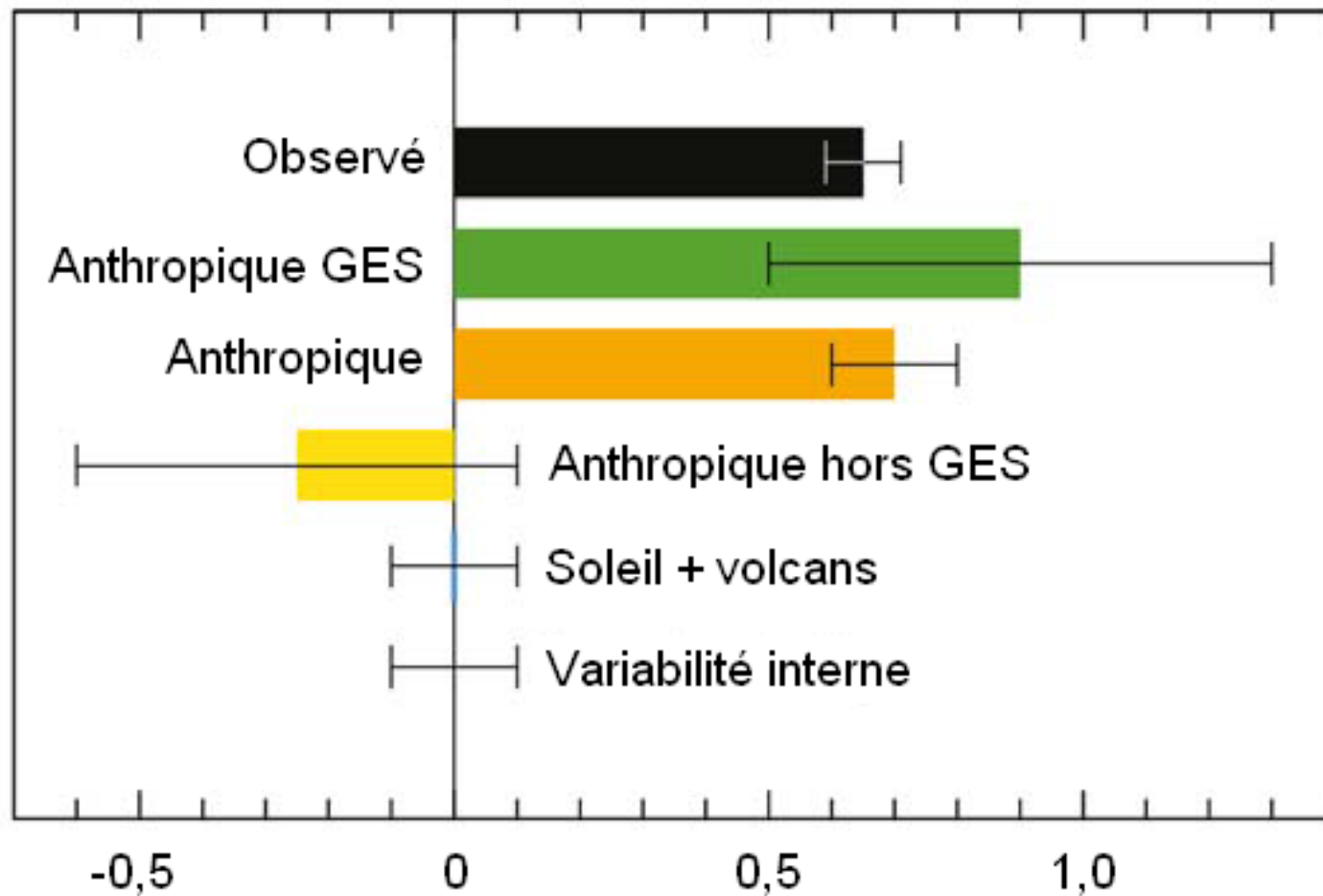


**Résultat** que l'on obtient à partir des données publiques du GISS (NASA)





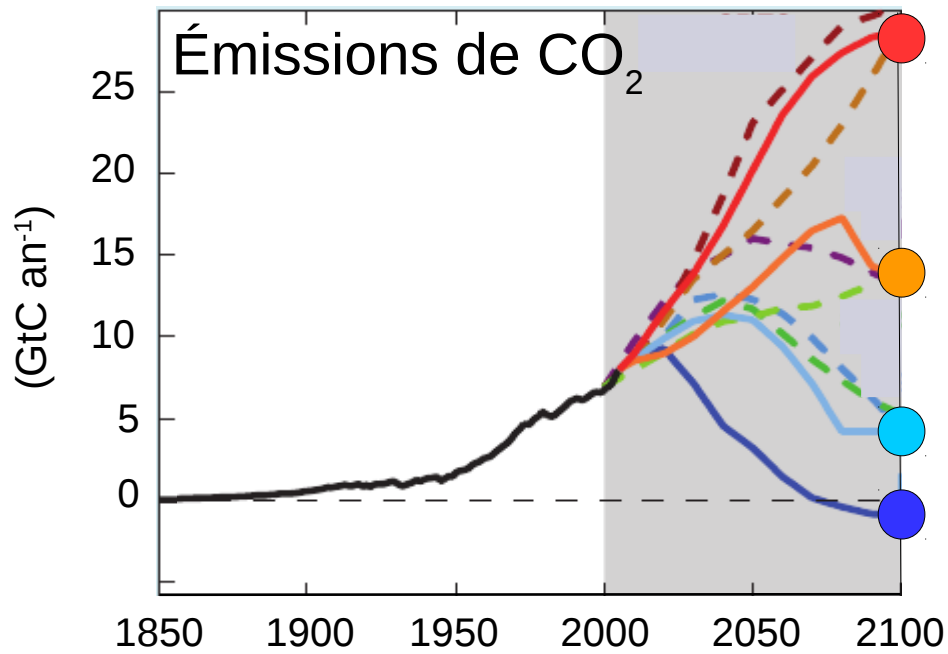
# Origines du réchauffement sur période 1951-2010



# Plan

- I. Quelques éléments de bases
- II. Réchauffement récent et rôle des activités humaines
- III. Projections du climat futur
- IV. L'accord de Paris sur le climat et le rapport spécial du GIEC 1,5°C

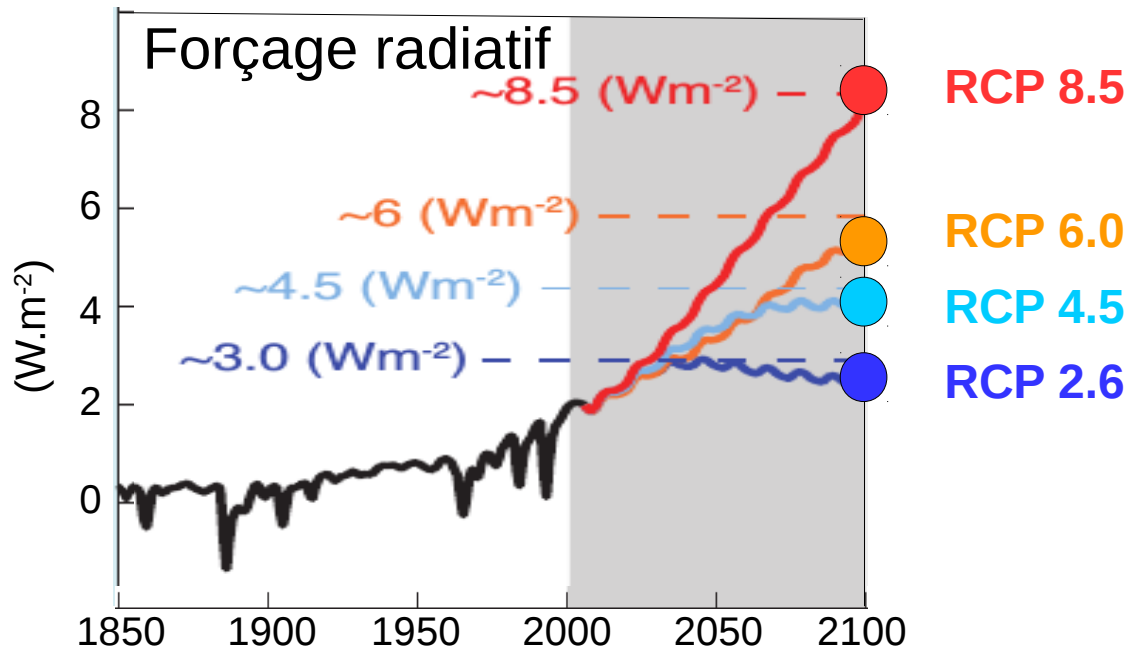
# Les projections futures



*Émissions continuent à augmenter*

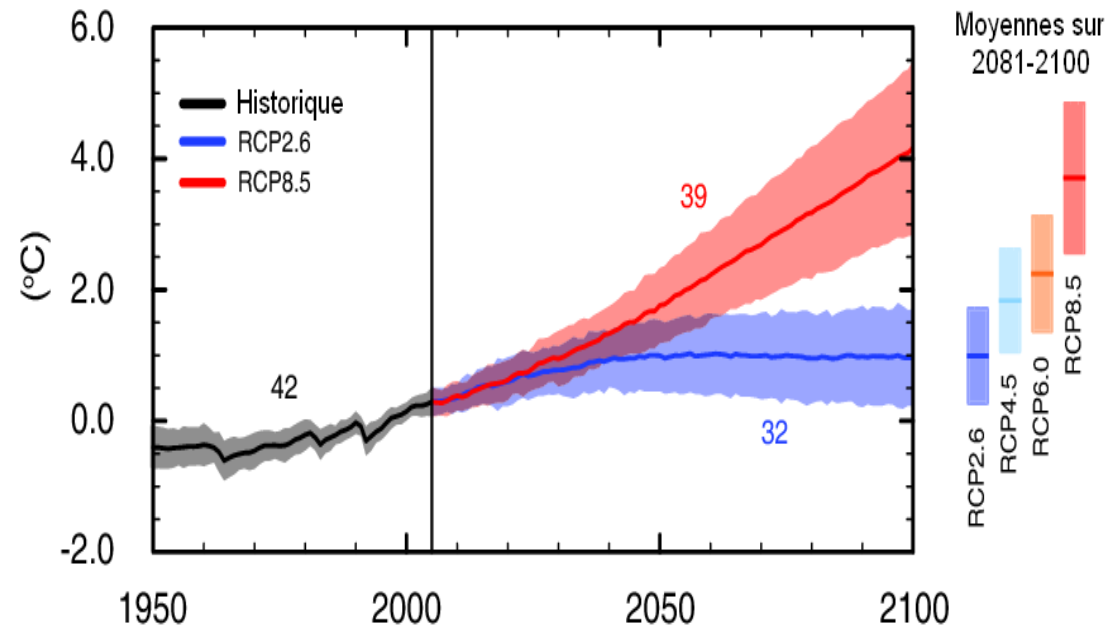
On se base sur des scénarios

*Émissions diminuent rapidement*

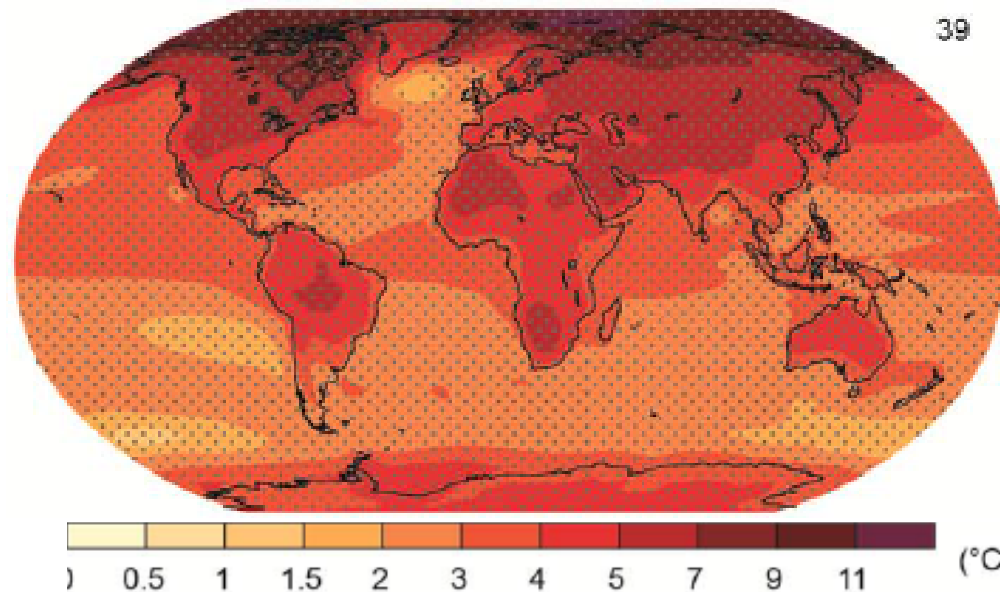


# Température de surface

Moyenne globale  
1950 à 2100  
(40 modèles CMIP5)

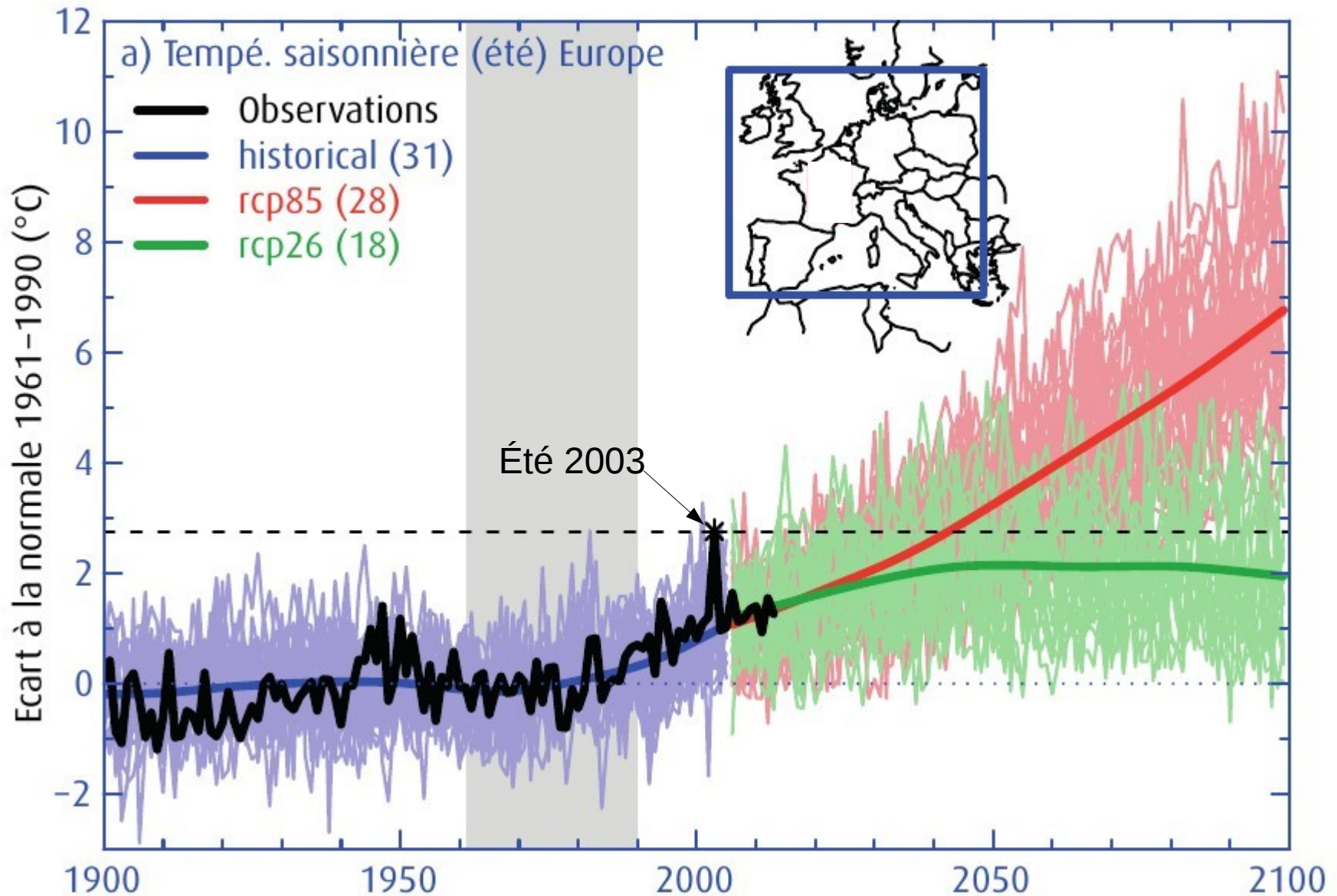


En 2100,  
scénario RCP8.5  
(39 modèles CMIP5)



[GIEC, 2013]

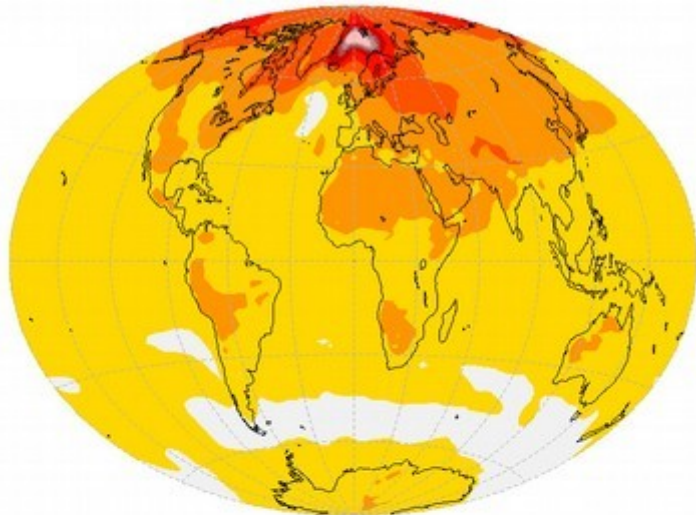
# Température d'été en Europe



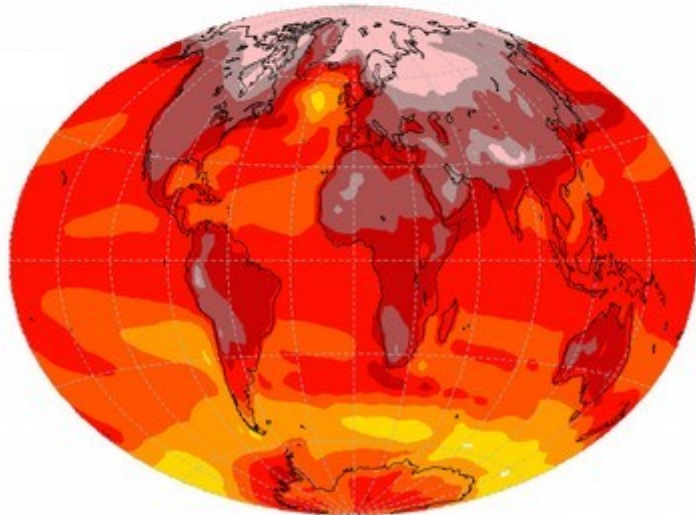
# Comparaison futures - paléoclimats

Différence entre **2100** et **1990**

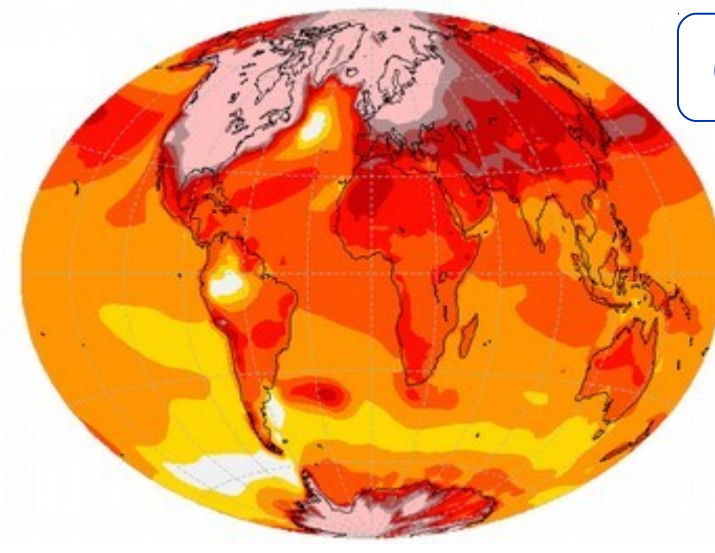
**RCP2.6**



**RCP8.5**

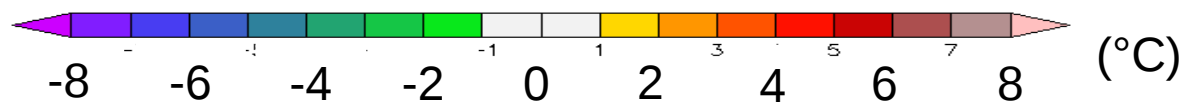


Différence entre la période **actuelle** et celle **dernier maximum glaciaire**

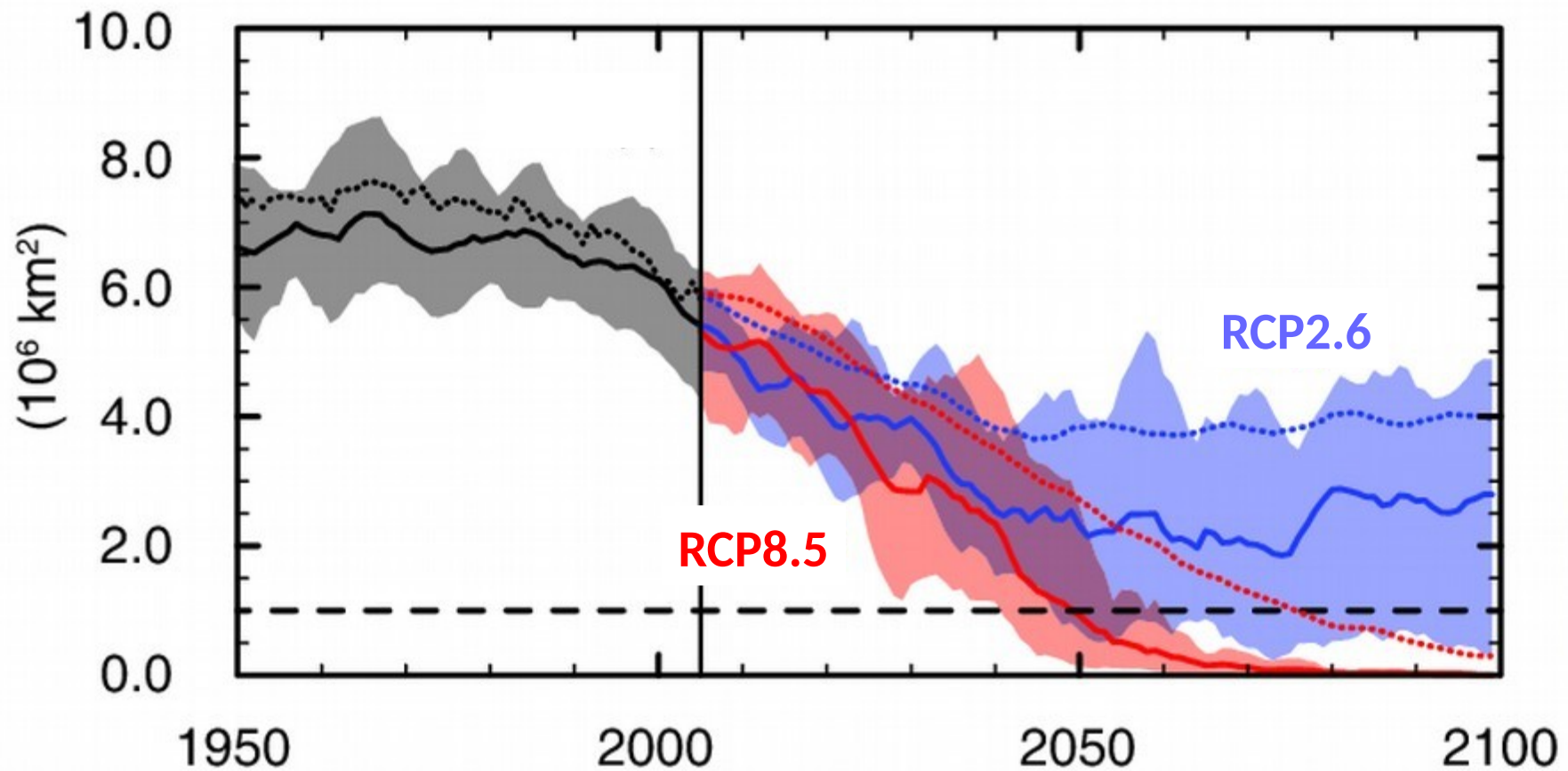


**Glaciaire**

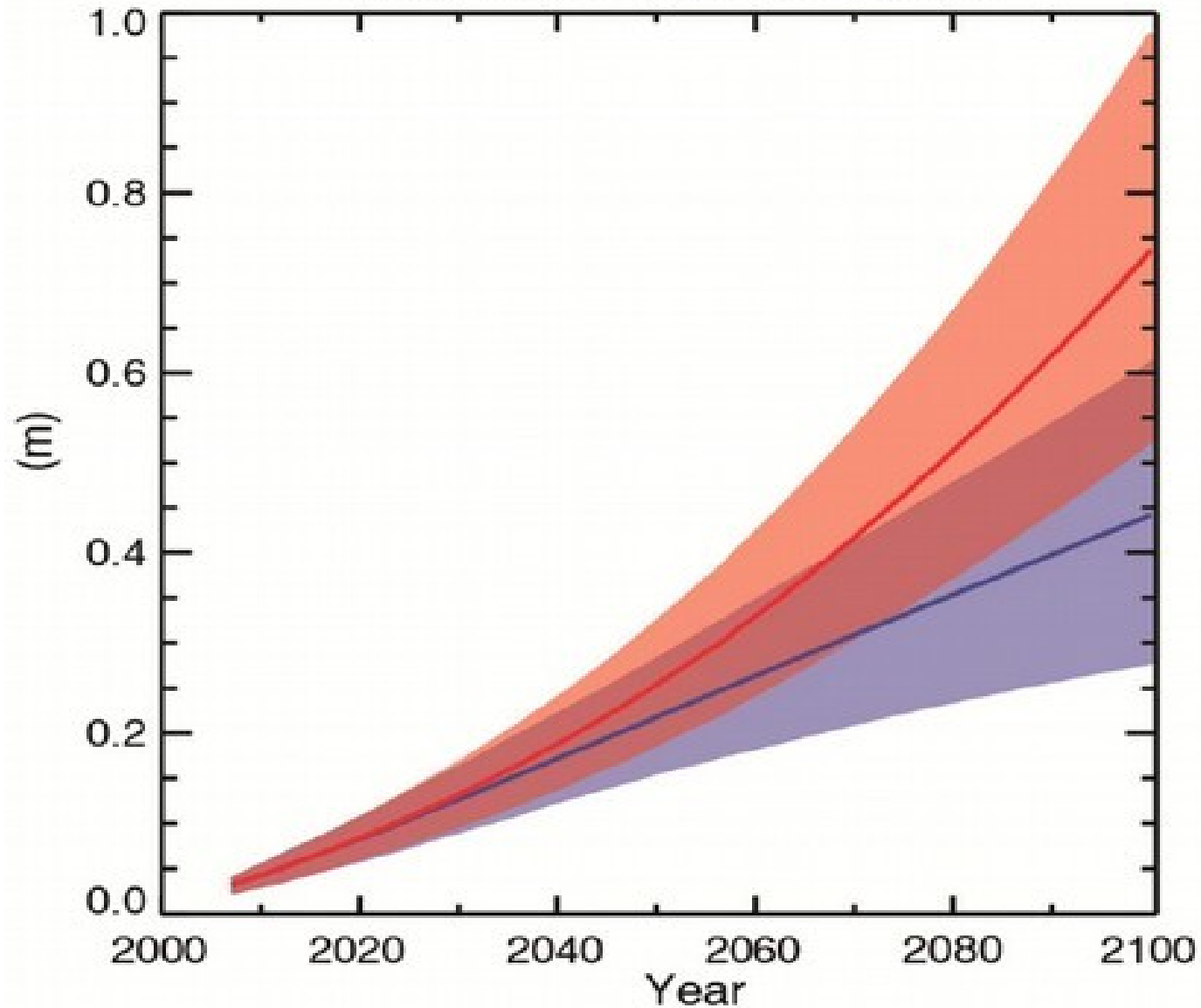
Modèle : IPSL-CM5A-LR



# Diminution de la banquise arctique en septembre (minimum d'extension)



# Augmentation du niveau des mers



[GIEC, 2013]



# Plan

- I. Quelques éléments de bases
- II. Réchauffement récent et rôle des activités humaines
- III. Projections des climats futurs
- IV. L'accord de Paris sur le climat et le rapport spécial du GIEC 1,5°C



# Qu'est-ce que le GIEC ?

- **GIEC** : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (en anglais IPCC), créé en 1988 par l'**Organisation météorologique mondiale** (OMM) et le **Programme des Nations Unies pour l'environnement** (PNUE)
- A pour mission d'établir **l'état des connaissances scientifiques** sur les changements climatiques
- Ne **fait pas** la **recherche** climatique

## Trois groupes de travail:

I- Les **bases physiques** des changements climatiques

II- **Impacts, adaptations et vulnérabilités** aux changements climatiques.

III- **Atténuation** des changements climatique

# Que sont les COP ?

La **Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques** (CCNUCC); adoptée au cours du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992 (ratifiée par 189 pays)

**Conférence des parties** (COP). Composée de tous les États parties, elle se réunit tous les ans.

**1997:** COP 3. Signature du **protocole de Kyoto**. Limitation de l'accroissement des émissions de gaz à effet de serre pour les pays industrialisés pour la période 2005-2012.

**2009: échec de la Conférence de Copenhague** (COP15 ) qui devait déboucher sur un accord global

**2015 : COP21 Conférence Paris Climat 2015;** trouver un accord pour limité le réchauffement à 2 degrés.

# Accords de Paris 2015



## Principaux points :

- Contenir d'ici à 2100 le réchauffement climatique « **bien en dessous de 2°C** par rapport aux niveaux préindustriels » et si possible **limiter la hausse des températures à 1,5°C**
- Atteindre la neutralité carbone ou « **zéro émission net** » dans la deuxième partie du siècle
  - **tous les pays**, tous les acteurs **sont concernés**
- **Aides financières** aux pays en développement
- Les **objectifs** de réduction des émissions seront **révisés d'ici 2020**, puis tous les cinq ans, et ne pourront être revus qu'à la hausse

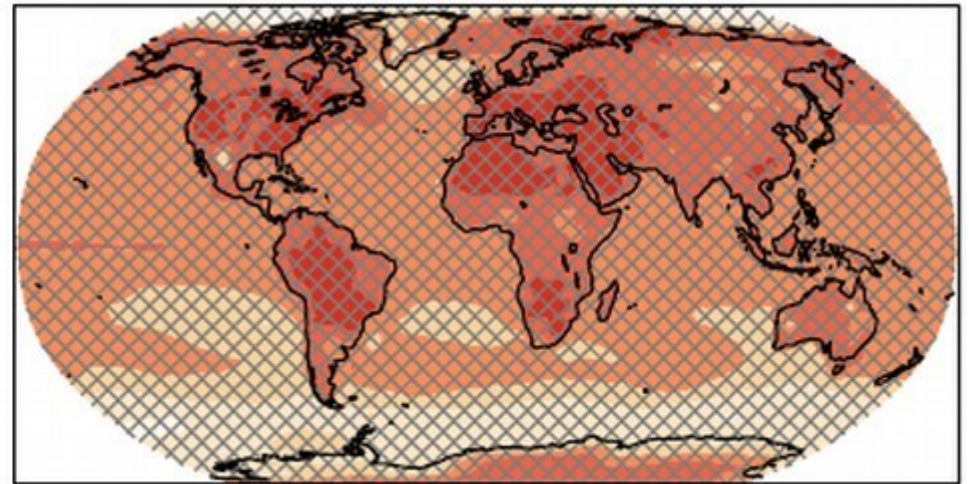
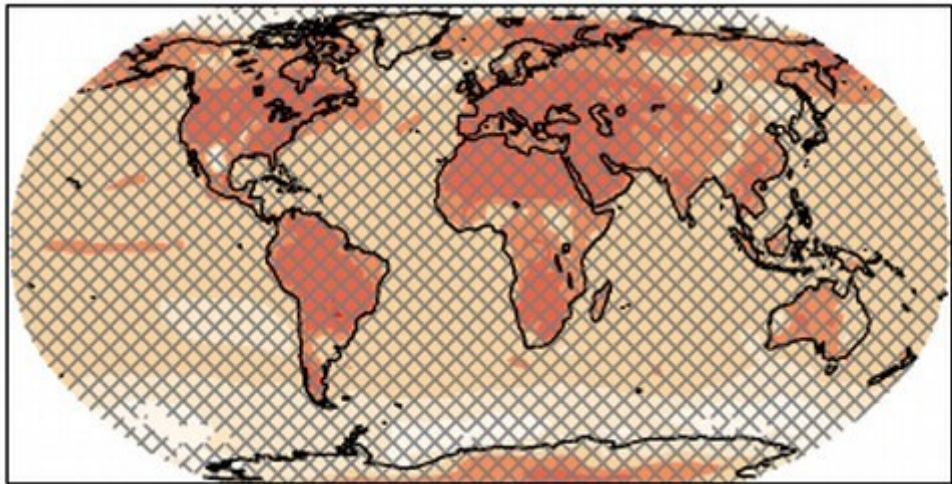
## Points faibles :

- Un **accord peu contraignant**
- Les **engagements** de réductions des émissions sont insuffisants

# Changement des températures les plus chaudes

Pour un réchauffement global de **1,5°C**

Pour un réchauffement global de **2°C**



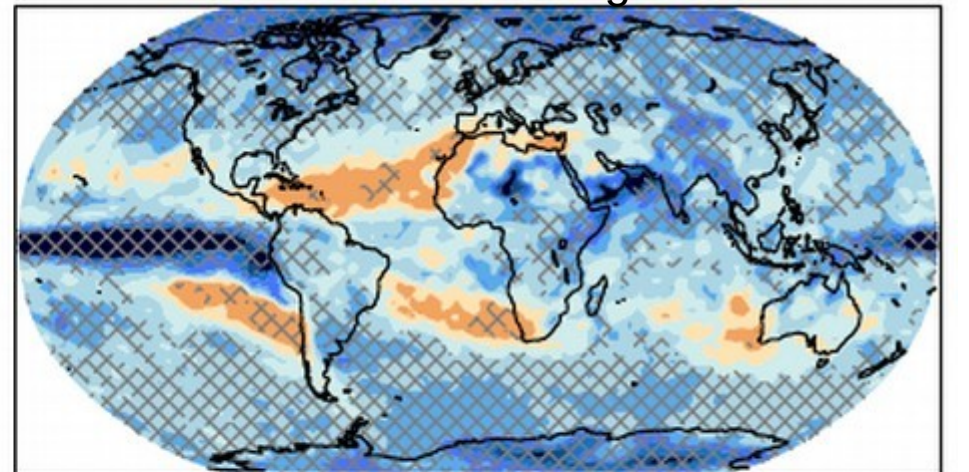
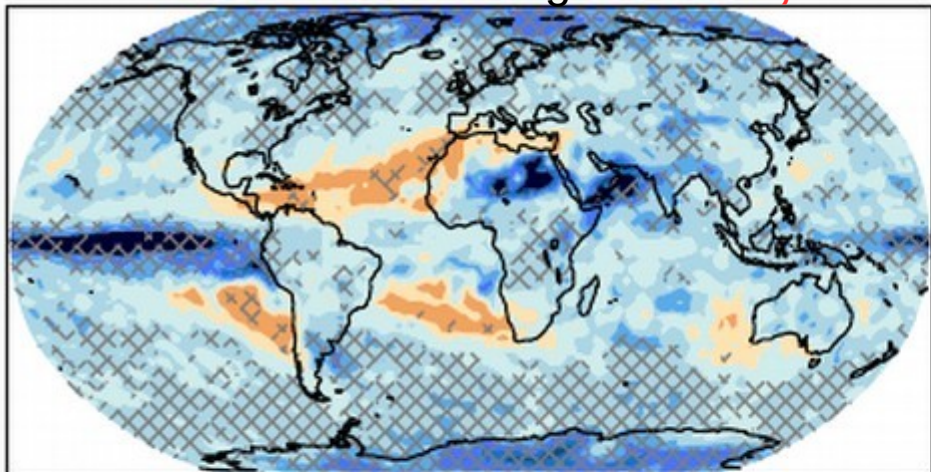
Temperature (°C)



# Changement des précipitations extrêmes

Pour un réchauffement global de **1,5°C**

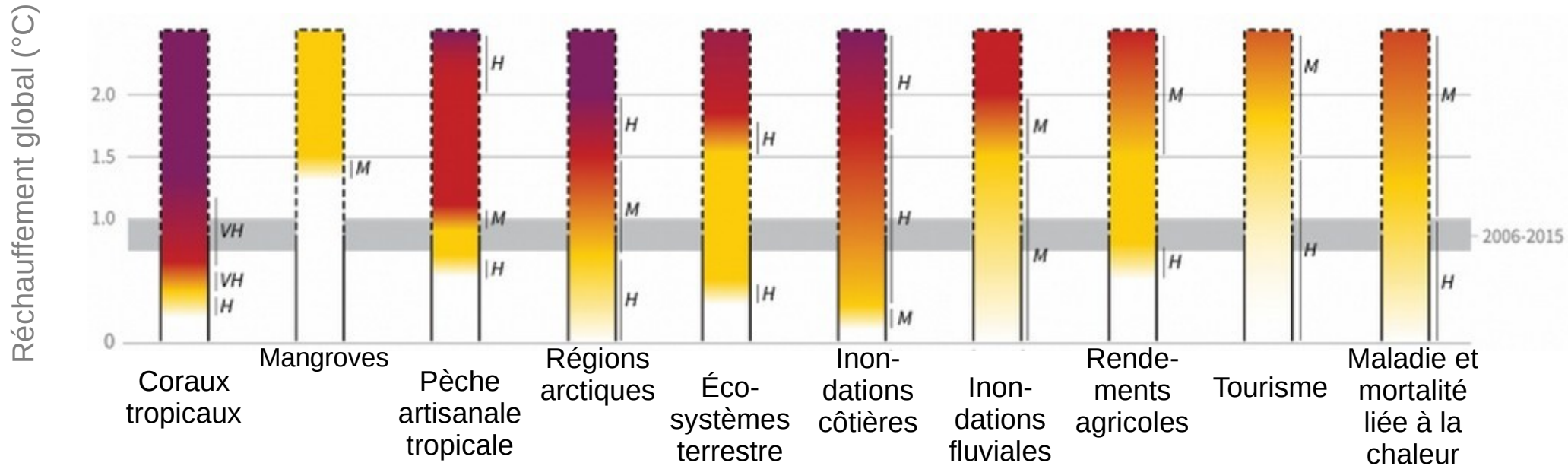
Pour un réchauffement global de **2°C**



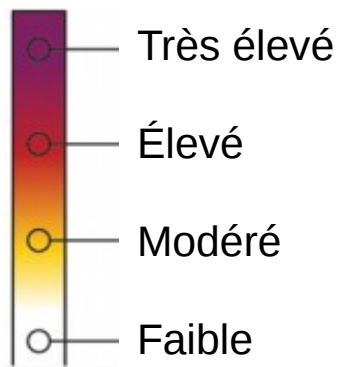
Precipitation (%)



# Impact et risques pour quelques systèmes



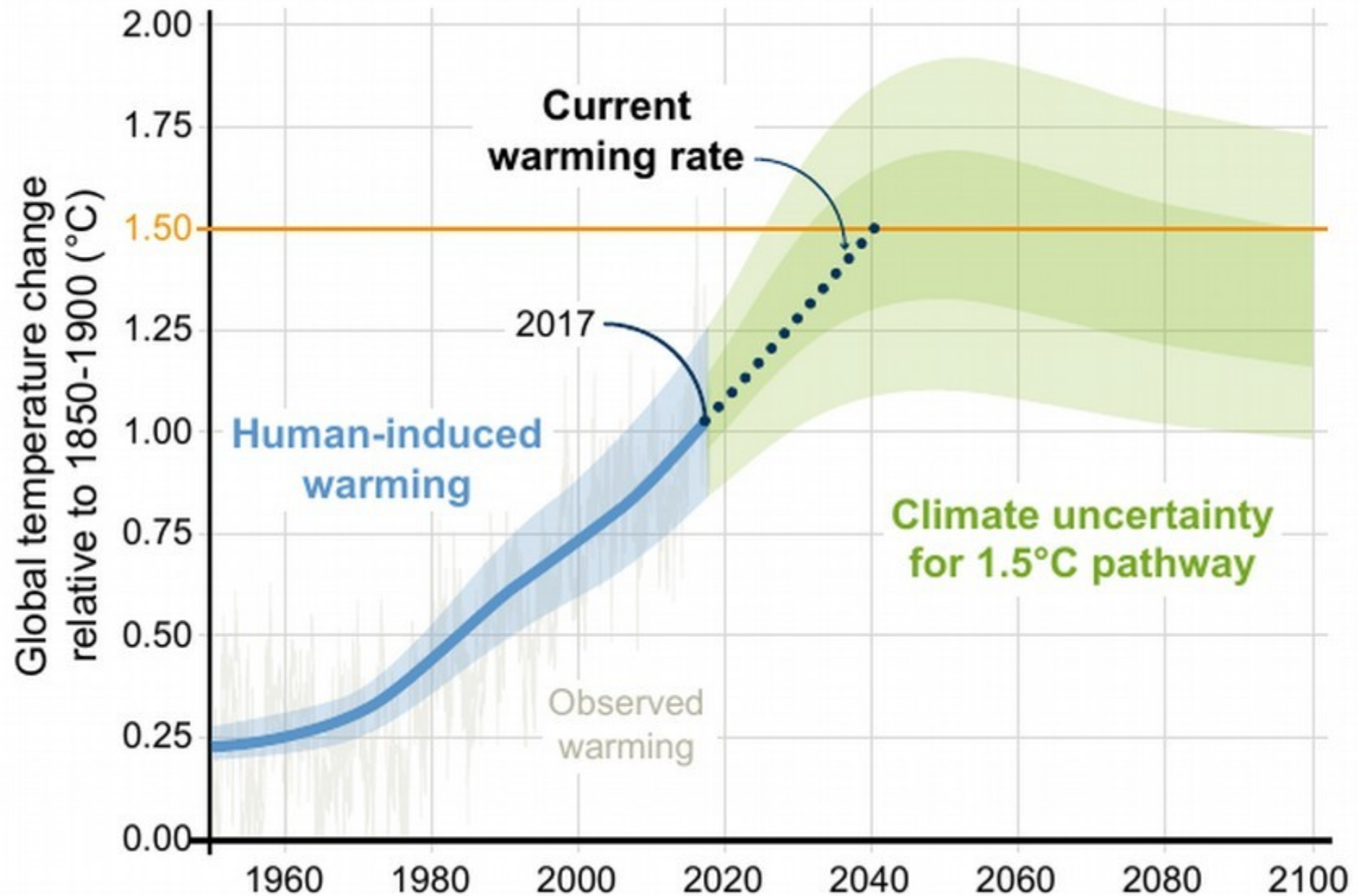
## Impacts et risques



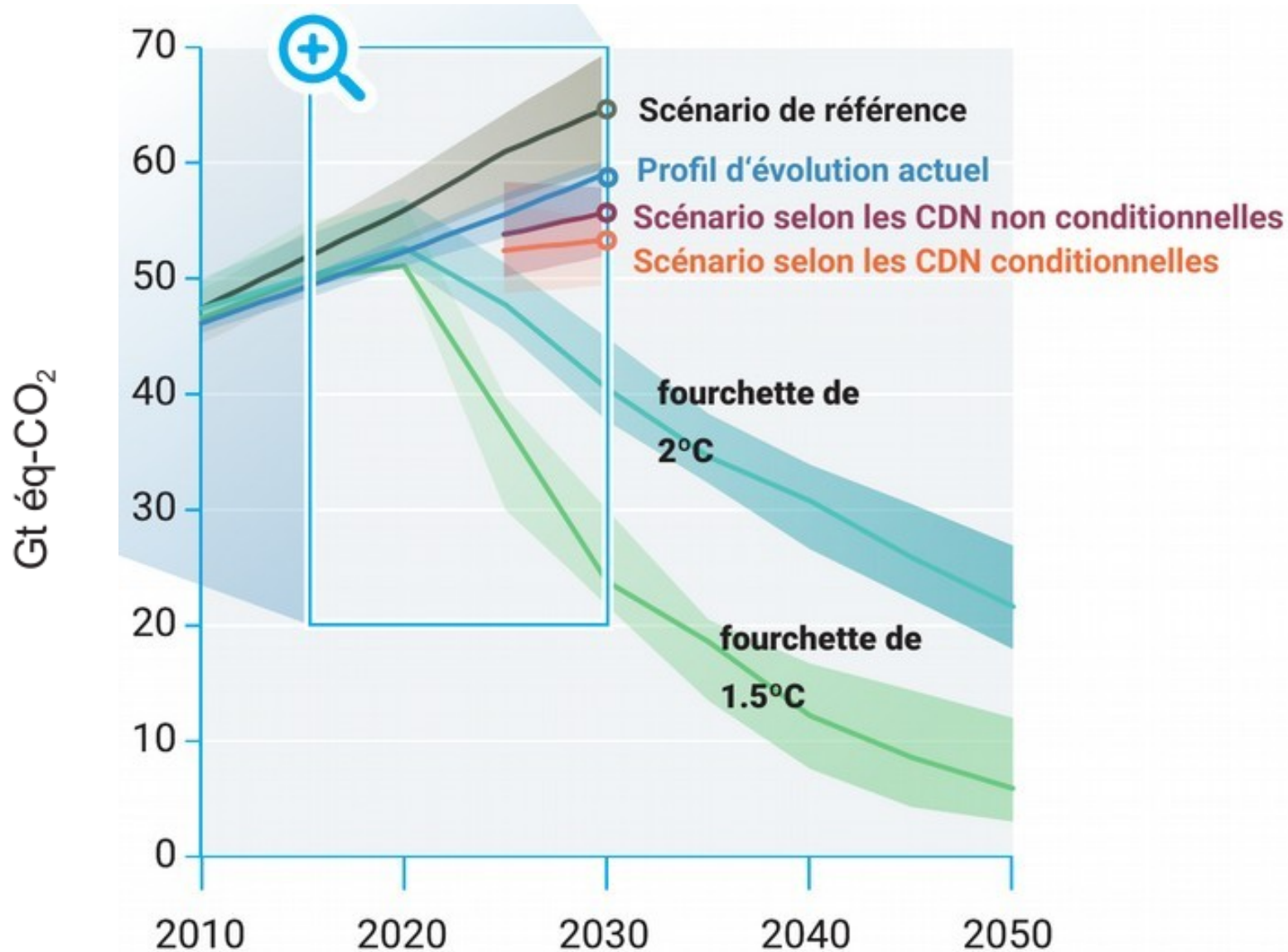
## Niveau de confiance :

L : bas ; M : medium, H : haut

# A quelle distance sommes-nous d'un réchauffement de 1,5°C ?

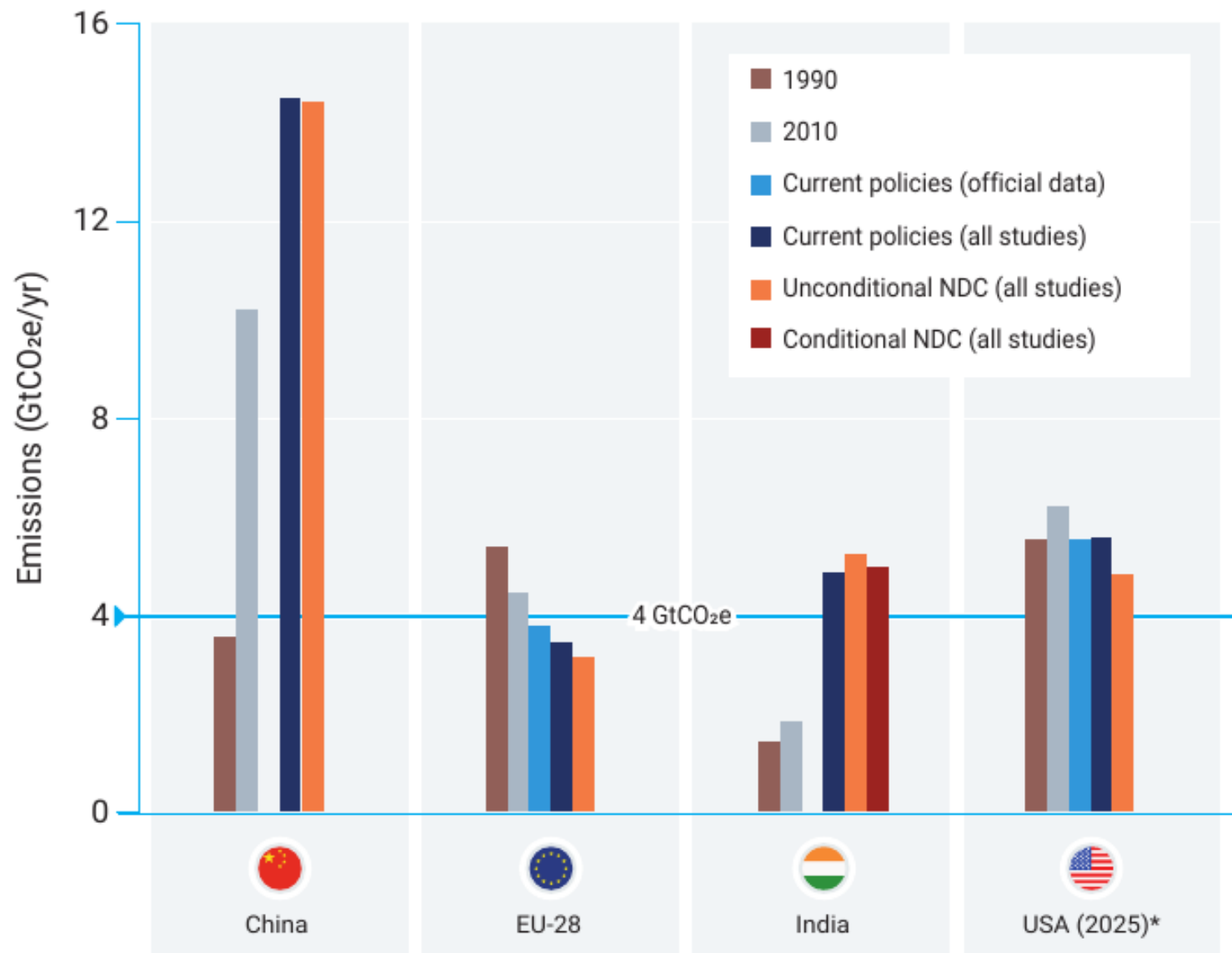


# Évolution des émissions





# Les CDN, contributions déterminées au niveau national



# Les CDN : qui va respecter ses engagements ?

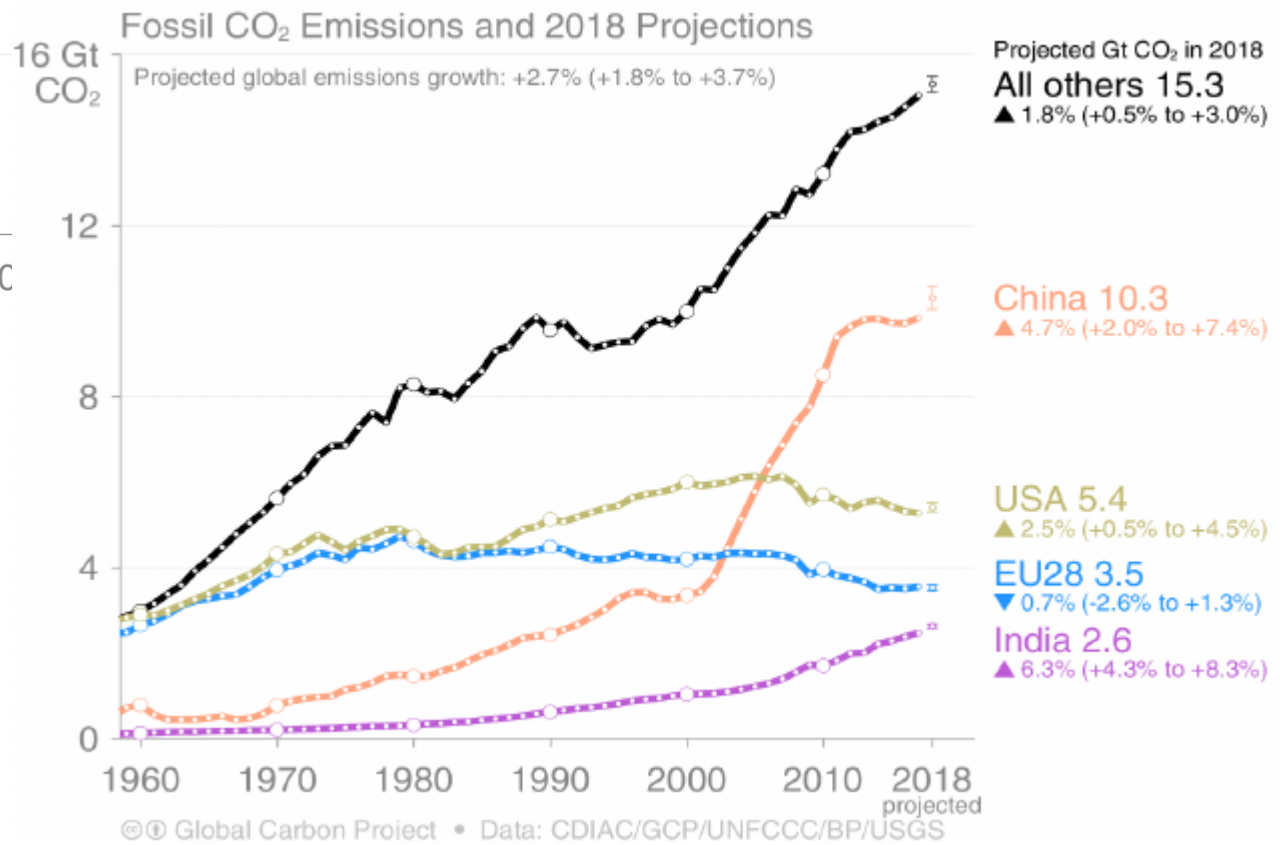
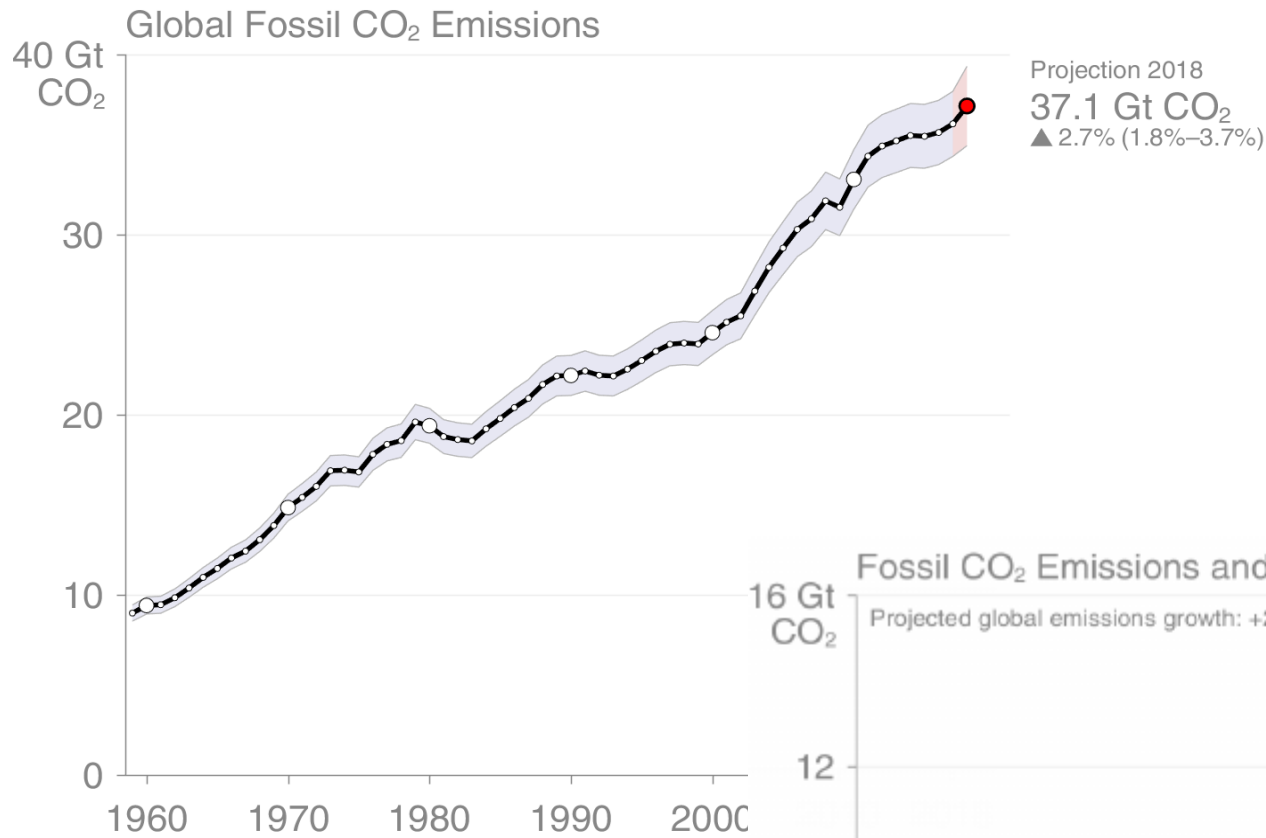
Quels pays sont les plus grands émetteurs de GES?  
Et quels pays sont sur la bonne voie pour respecter  
leurs engagements?

● Oui ● Incertain ● Non

Certains pays ne font pas ce qu'ils devraient pour réduire leurs émissions et limiter le réchauffement climatique. Ici, les **la taille des cellules** représente les émissions de chaque pays, dans le but de repérer les contributeurs les plus importants.



# Évolution récente des émissions de CO<sub>2</sub>



[Global Carbon Project]

# Conclusions

- Le **réchauffement** climatique en cours, du fait des activités humaines, **a été prévu** depuis 30-40 ans
- De **nouveaux changements** sont progressivement observés et attribués aux activités humaines
- L'accroissement de certains **événements extrêmes** (canicule, précipitations extrêmes) sont mieux compris et sont progressivement observés
- Si on ne fait rien, les **changements climatiques prévus modifieront de façon radical notre environnement et nos conditions de vie**
- Limiter le réchauffement à 1,5 ou 2°C nécessite une **réduction radicale** des émissions de CO<sub>2</sub>. Cette diminution est encore totalement absente
- Atteindre l'objectif de « **zéro émission nette** » implique et affecte **tous les acteurs sociaux, tous les pays**

An aerial photograph of a vast, snow-covered mountain range. The terrain is rugged and covered in a thick layer of white snow, with some rocky outcrops visible. The sky is a deep, clear blue. In the lower-left quadrant, a faint rainbow is visible, adding a touch of color to the scene. The overall atmosphere is serene and majestic.

Merci de votre attention