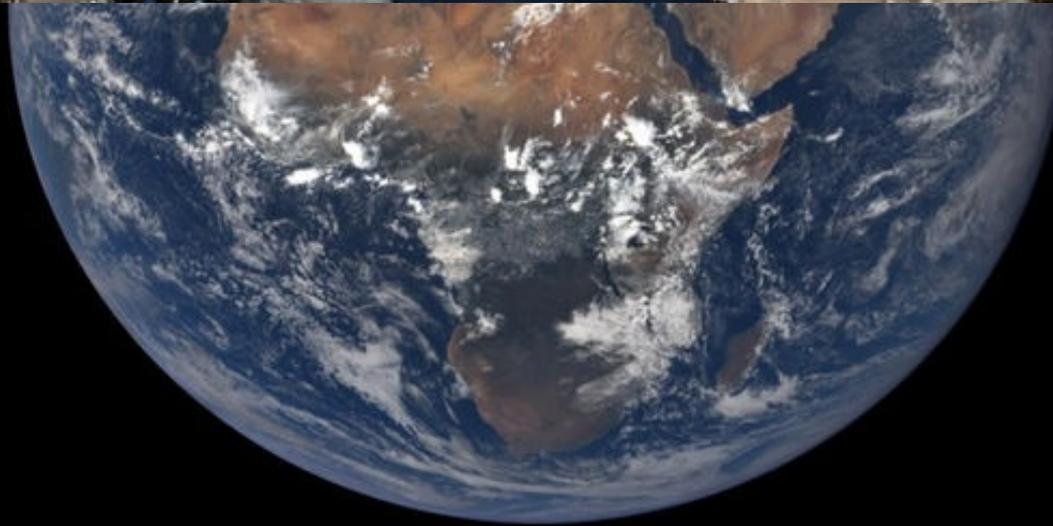


Evolution du climat et projections futures

Didier Swingedouw
didier.swingedouw@u-bordeaux.fr

http://www.epoc.u-bordeaux.fr/indiv/Didier/public_html/index.html





Qu'est ce que le GIEC ?

GRUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR l'évolution du climat

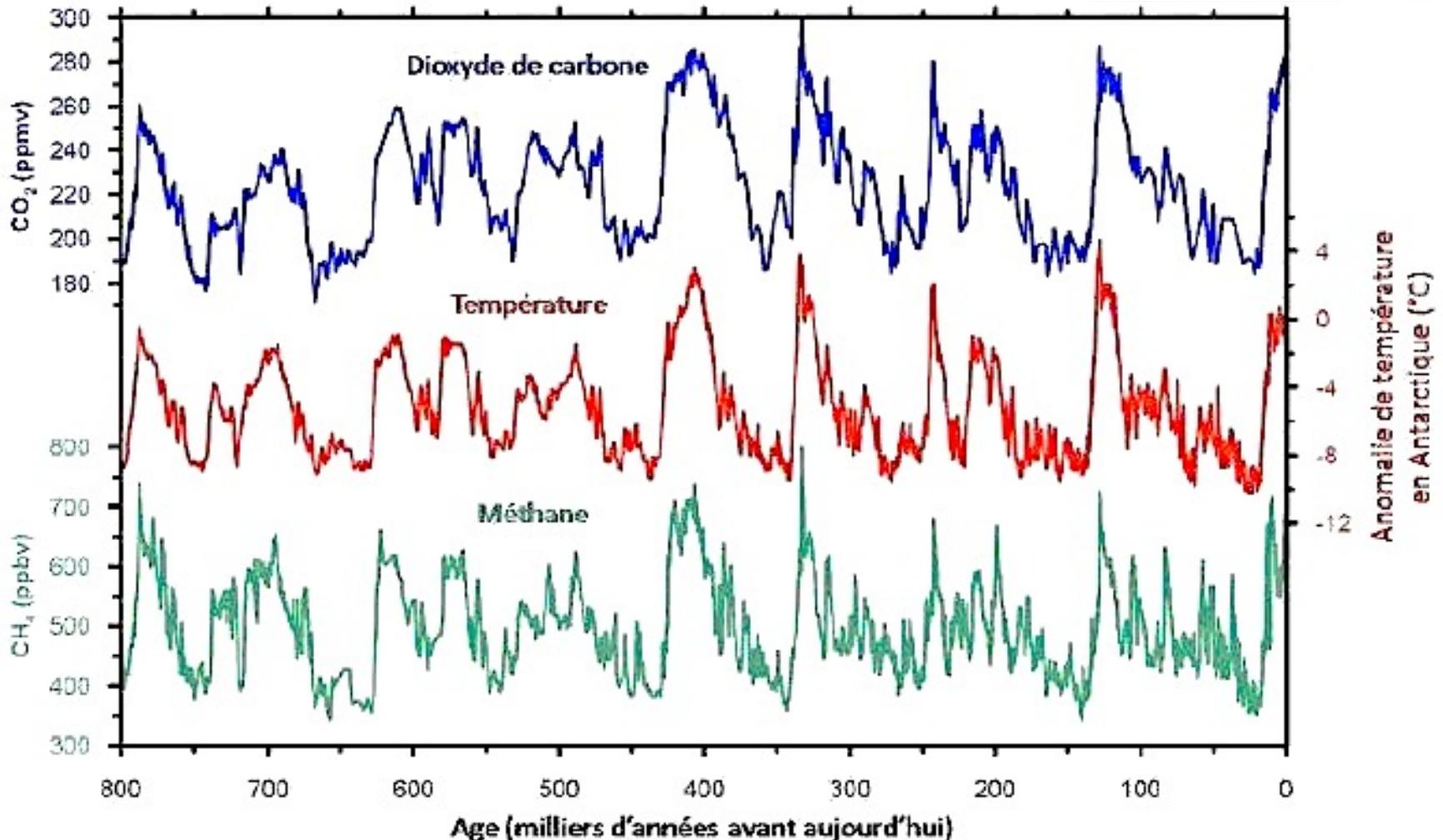
- Le GIEC est une organisation qui a été mise en place en 1988, à la demande du G7 par :
 - L'organisation météorologique mondiale
 - Le Programme pour l'Environnement des Nations Unies
- C'est donc une **organisation onusienne** qui émet des rapports d'expertises sur le changements climatique
- Ce n'est donc pas un labo, il ne fait pas de recherche mais **photographie l'état des connaissances** à un instant donné

Tous ces faits objectifs sont vraiment très impressionnants, mais je me demandais s'il ne vous serait pas possible de nous proposer plutôt des âneries réconfortantes à la place ?



Les variations passé du climat

Variations enregistrées dans les carottes antarctiques

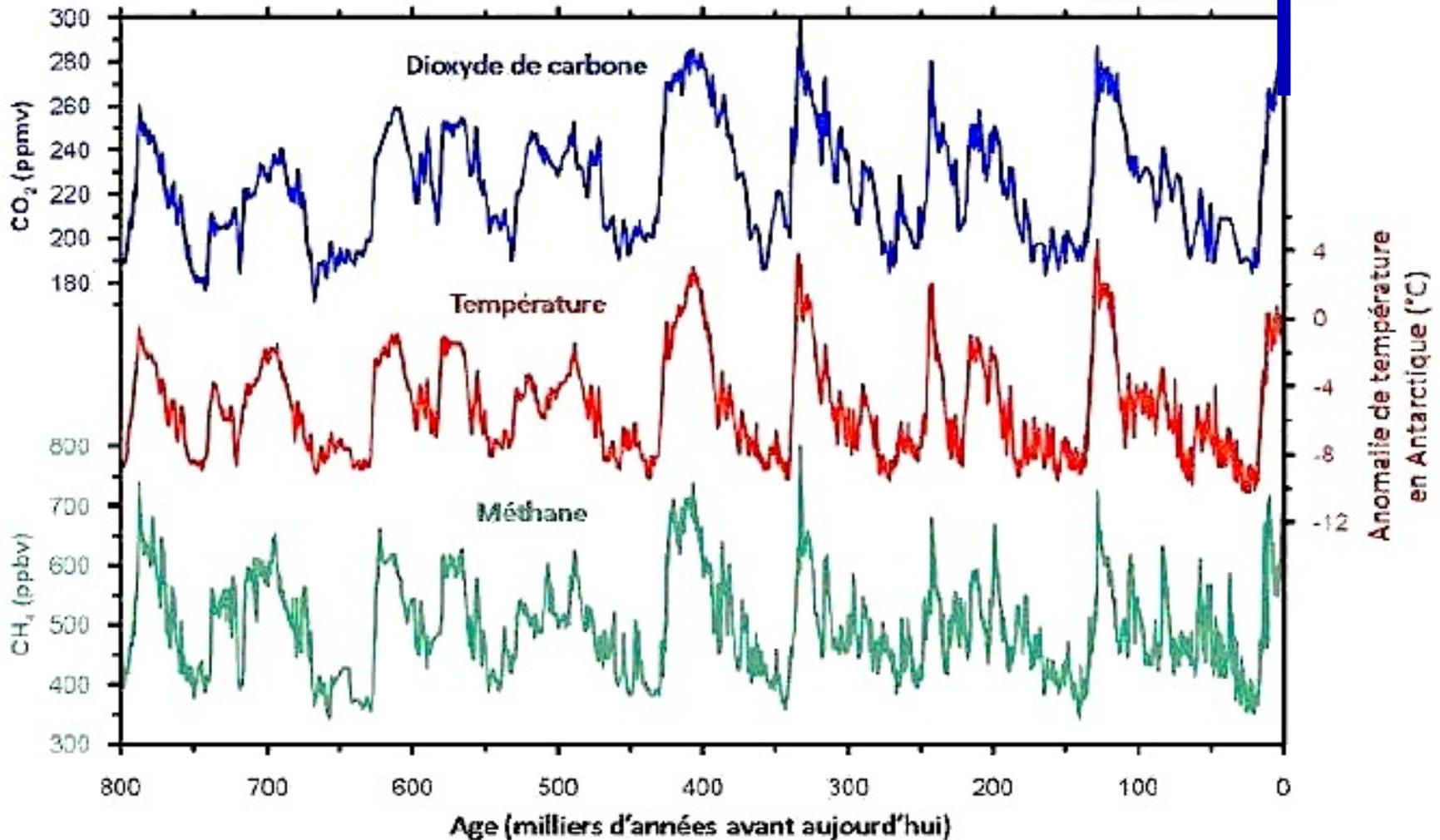


Les variations passé du climat



420 ppm

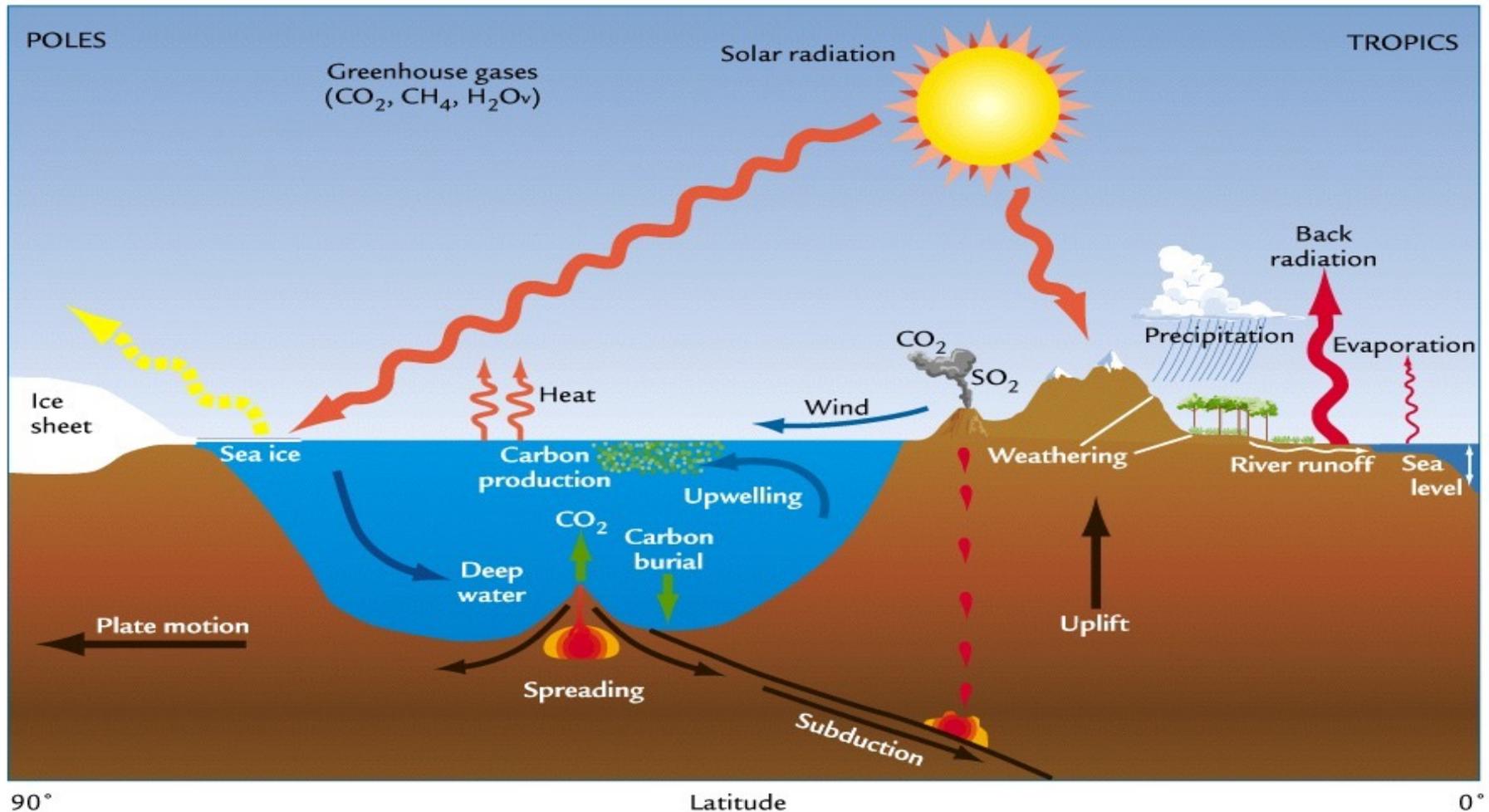
Variations enregistrées dans les carottes antarctiques



Qu'est-ce que le climat ?

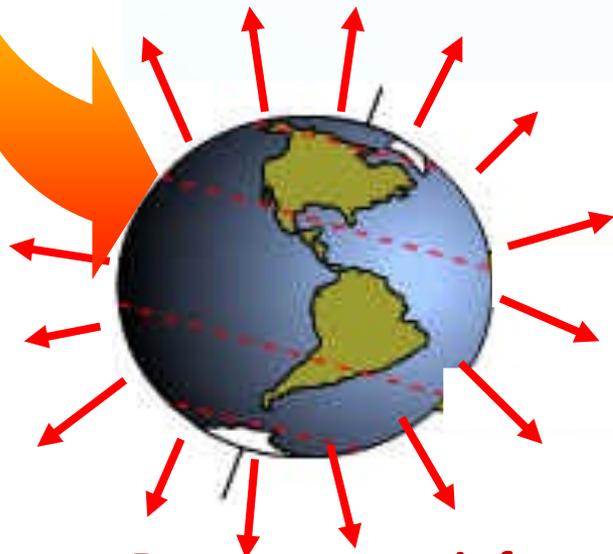
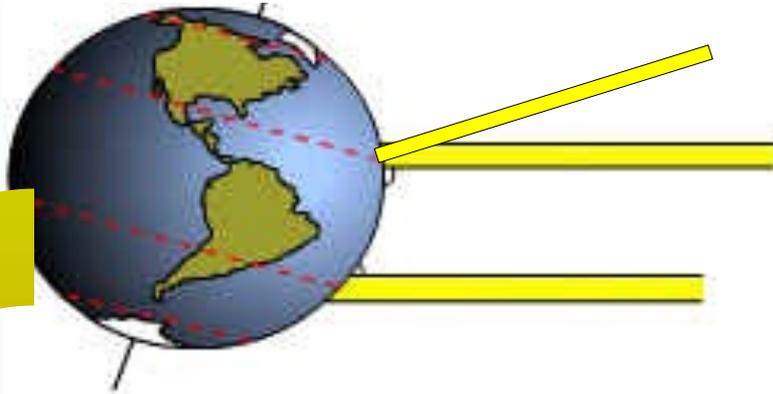
Présence de :

- Forçage : élément extérieur au système climatique qui force son évolution
- Rétroaction : élément interne au système qui peut agir sur une action qui l'a excité



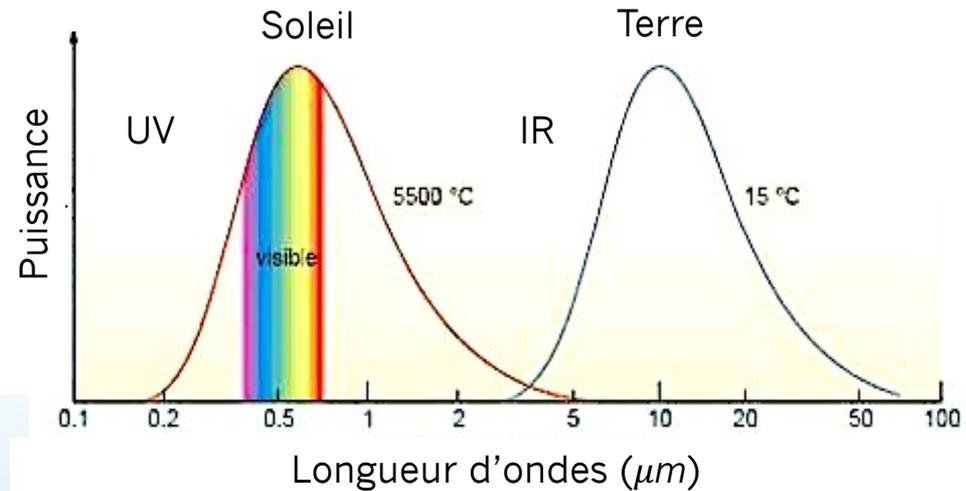
Equilibre radiatif de la Terre

Rayonnement solaire (directionnel)

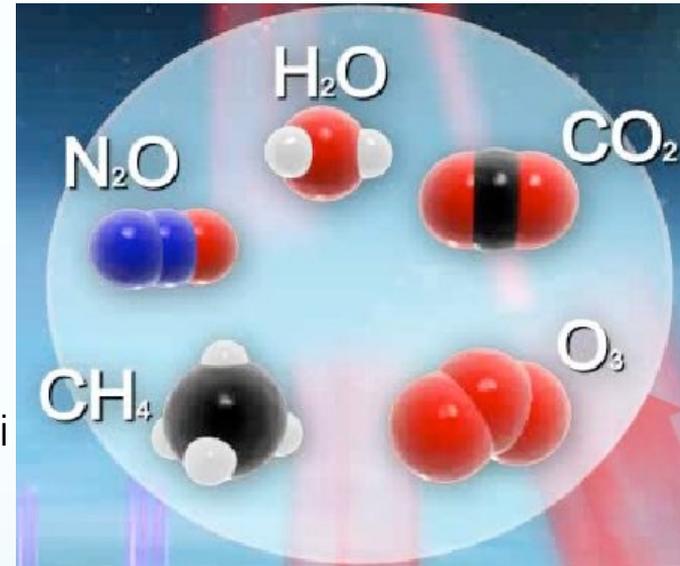
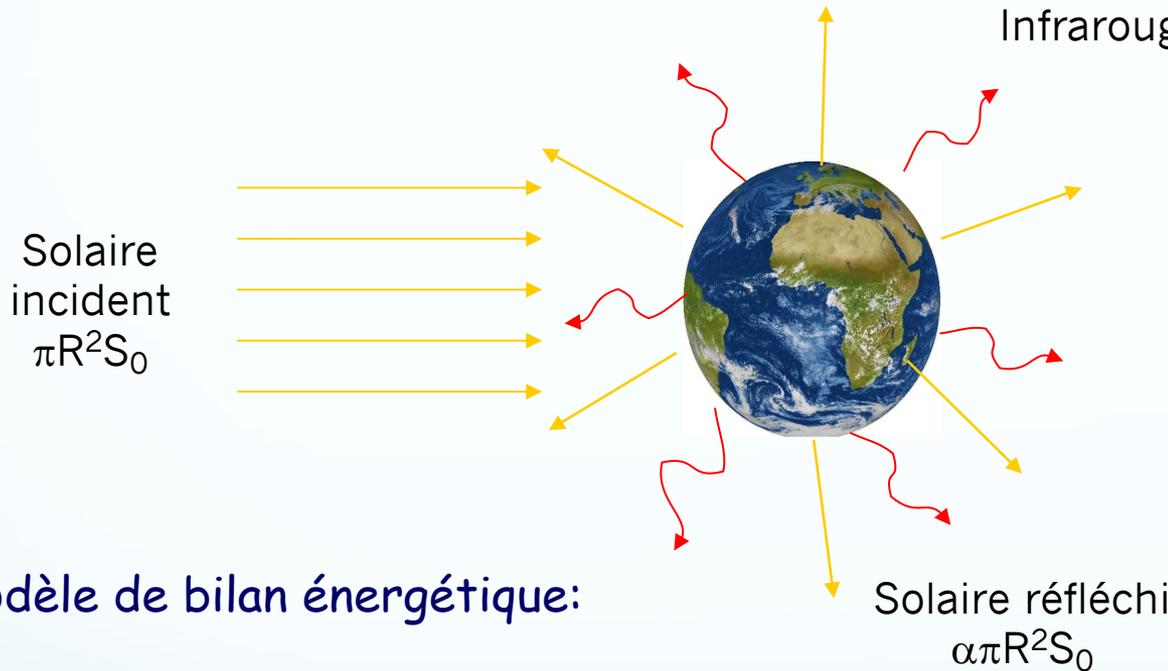


Rayonnement infrarouge terrestre (isotrope)

Radiation du type « corps noir »



Un modèle simple de Terre



Effet de serre :
 $T_s = 15^\circ C$

Modèle de bilan énergétique:

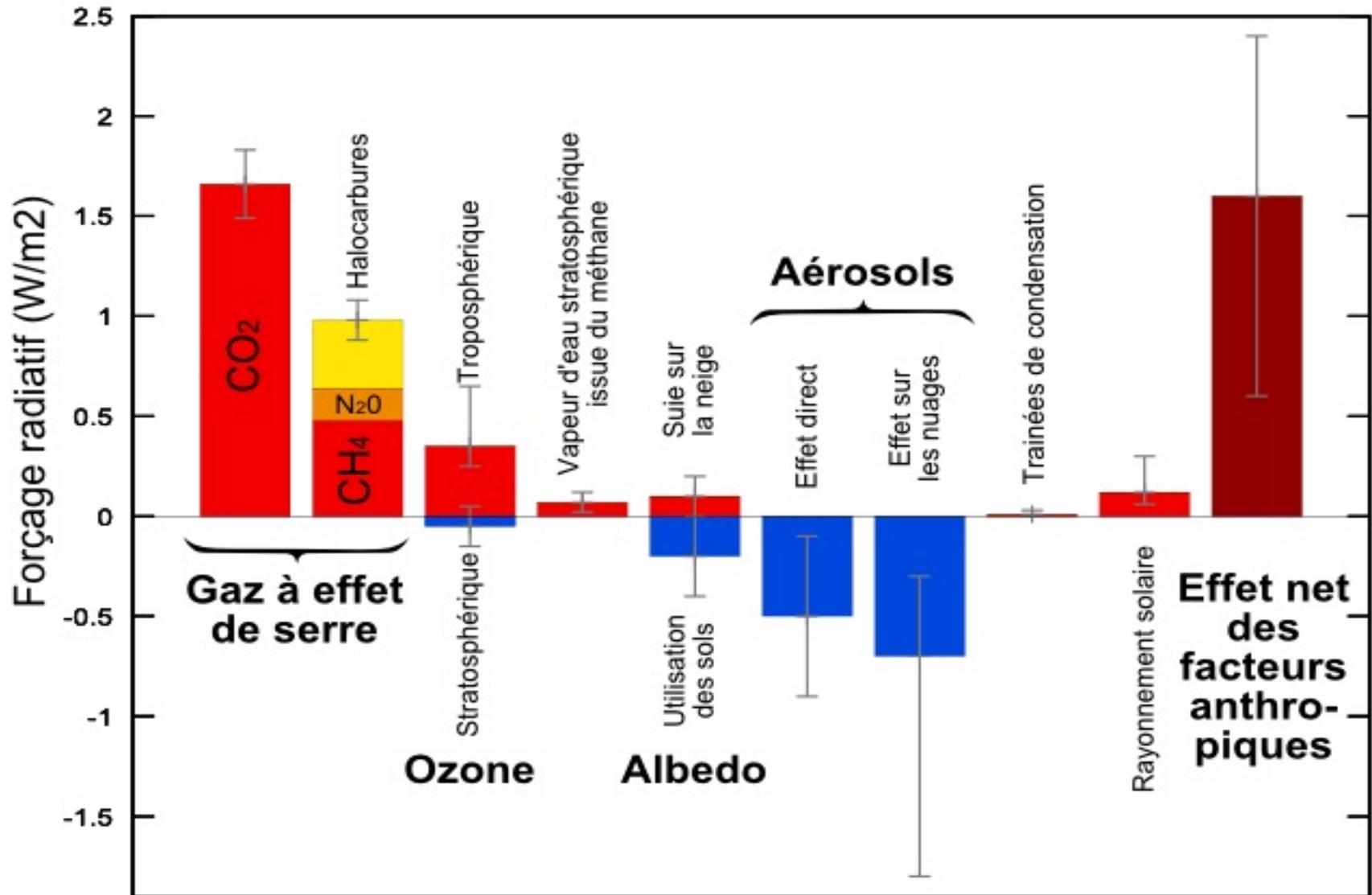
$$S_0 (1 - \alpha) \pi R^2 = 4\pi R^2 \sigma T_e^4$$

$$S_0 (1 - \alpha) / 4 = \sigma T_e^4$$

$$\rightarrow T_e = -18^\circ C !!!$$

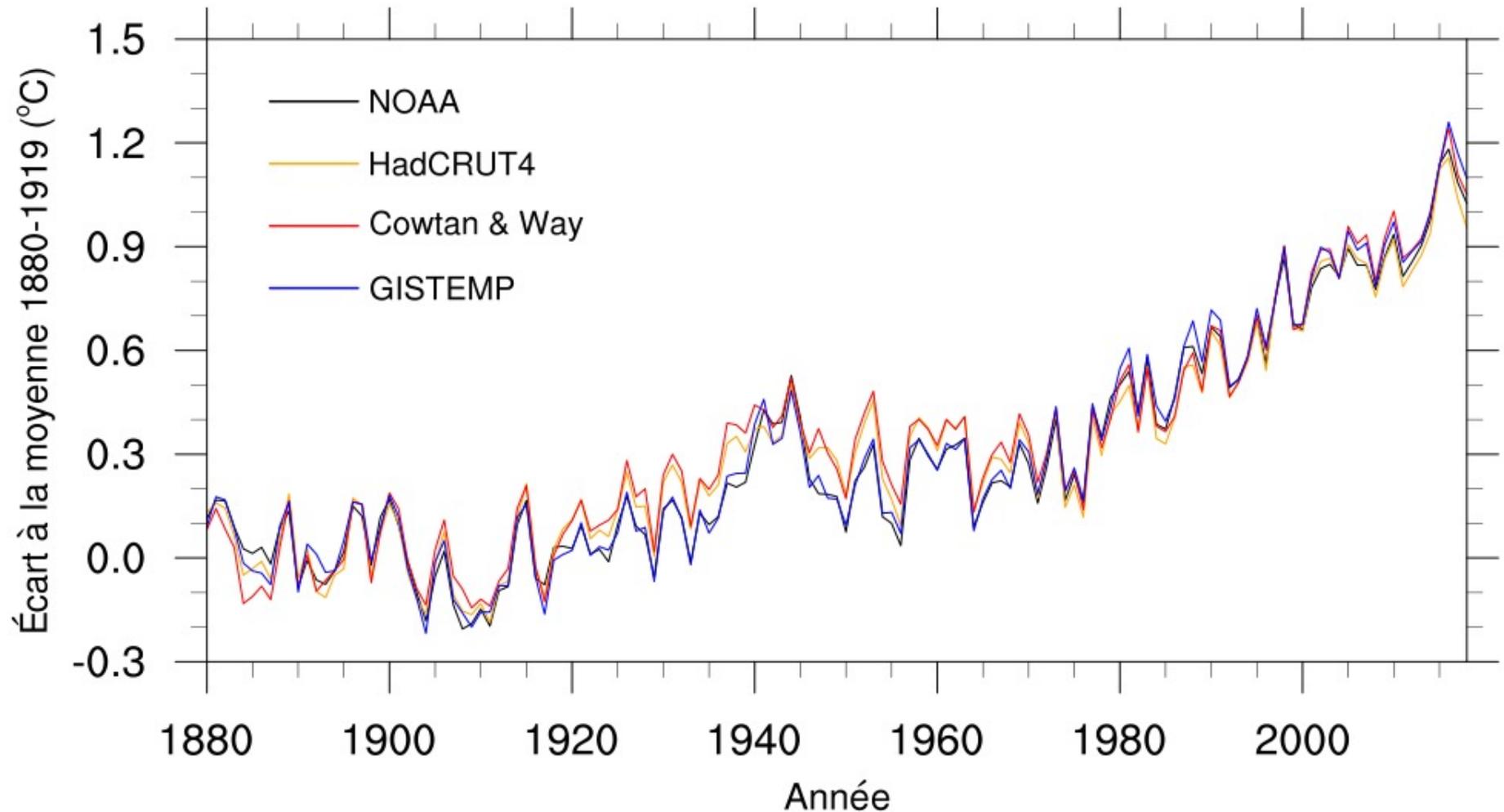
Connu depuis 1896 ! (Svante Arrhénius)

Changement de forçages externes (1850 → 2005)

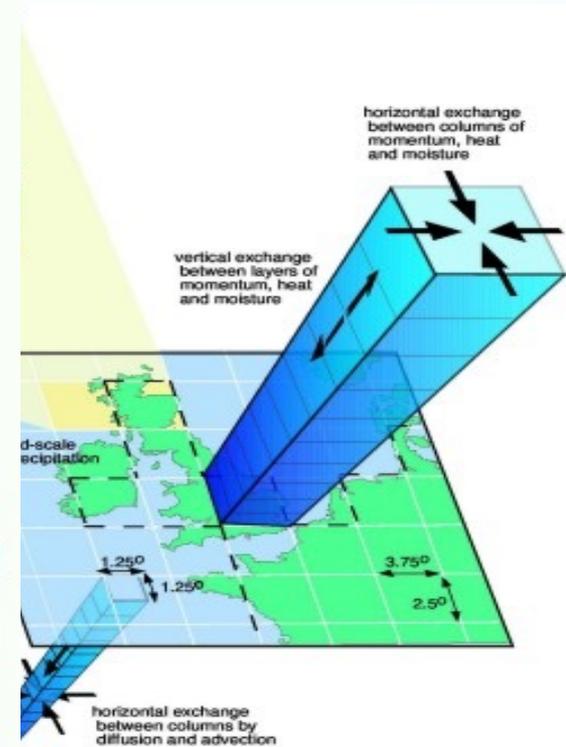
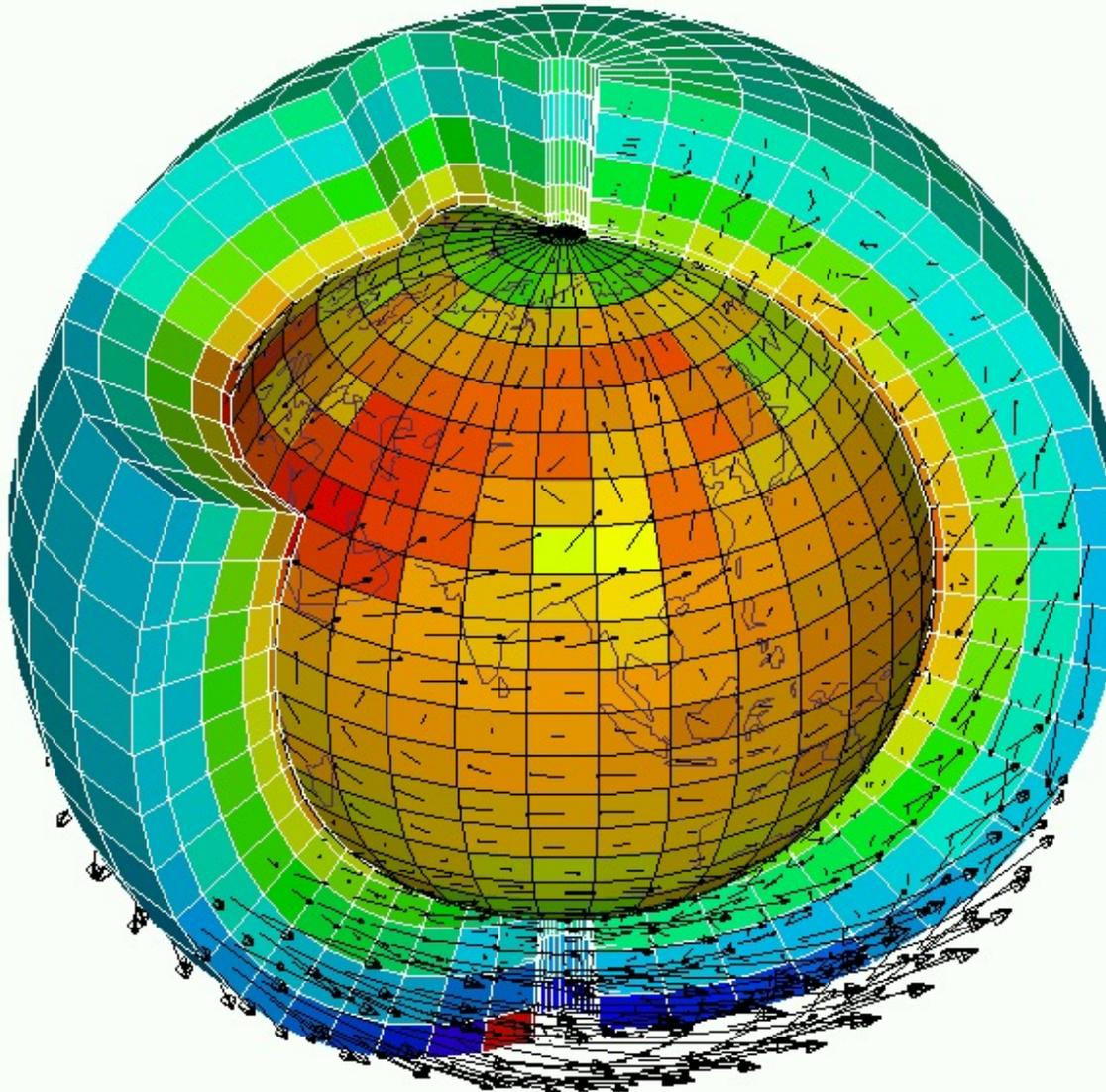


Changement de température globale

Température globale reconstruite à partir d'observations *in situ*



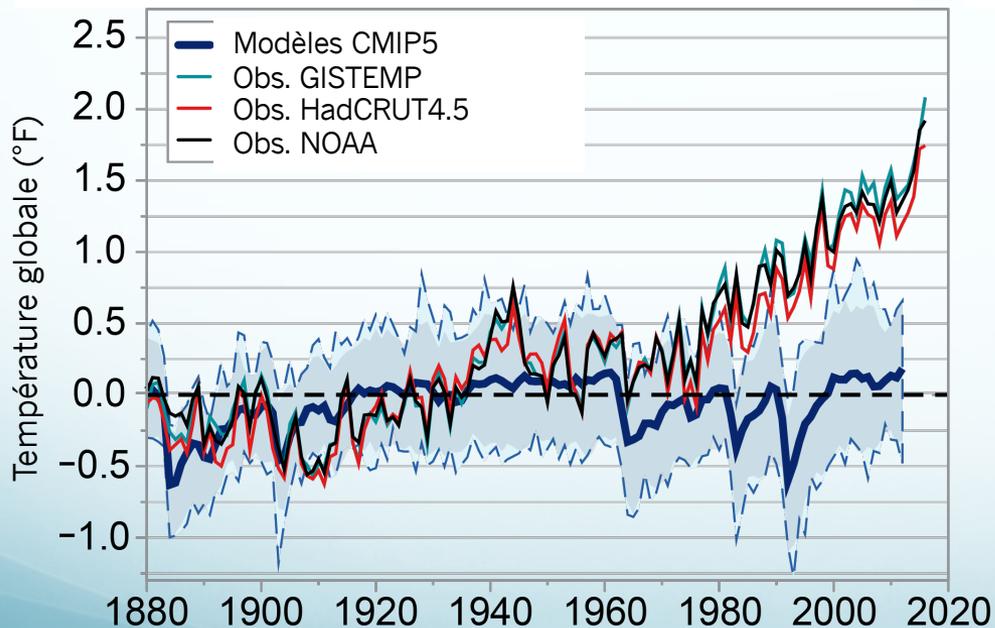
La Terre dans de petites boîtes



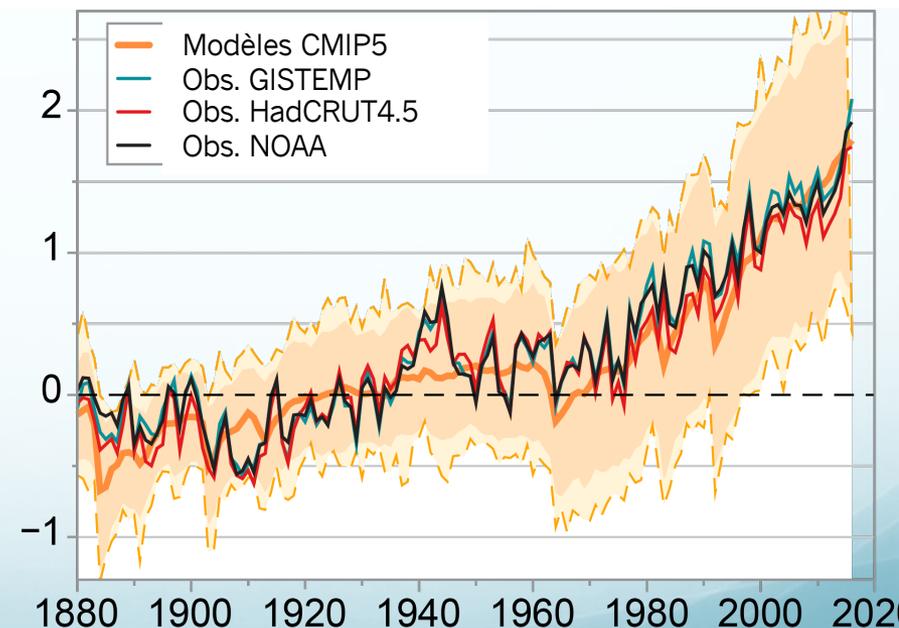
Détection-attribution du changement climatique

Changement de température globale dans les observations et modèles

a) Avec forçage naturel seulement

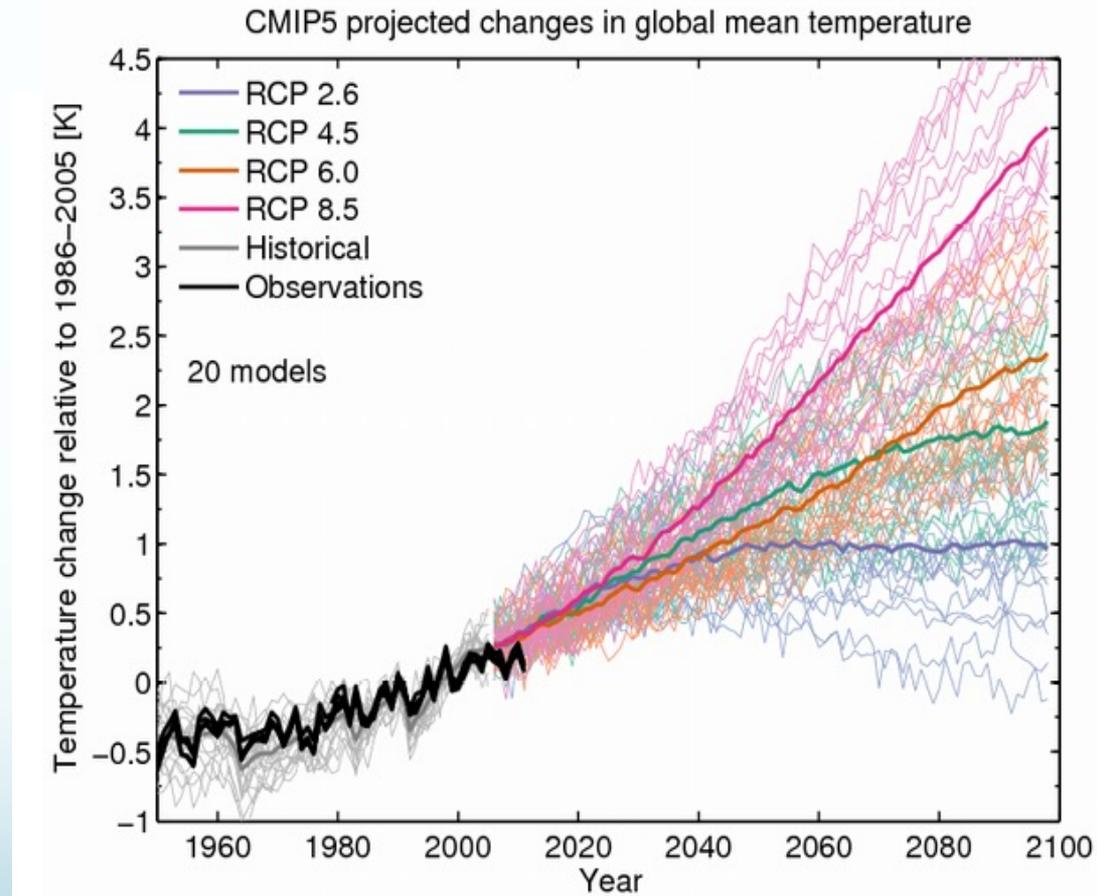


b) Avec tous les forçages, dont anthropiques

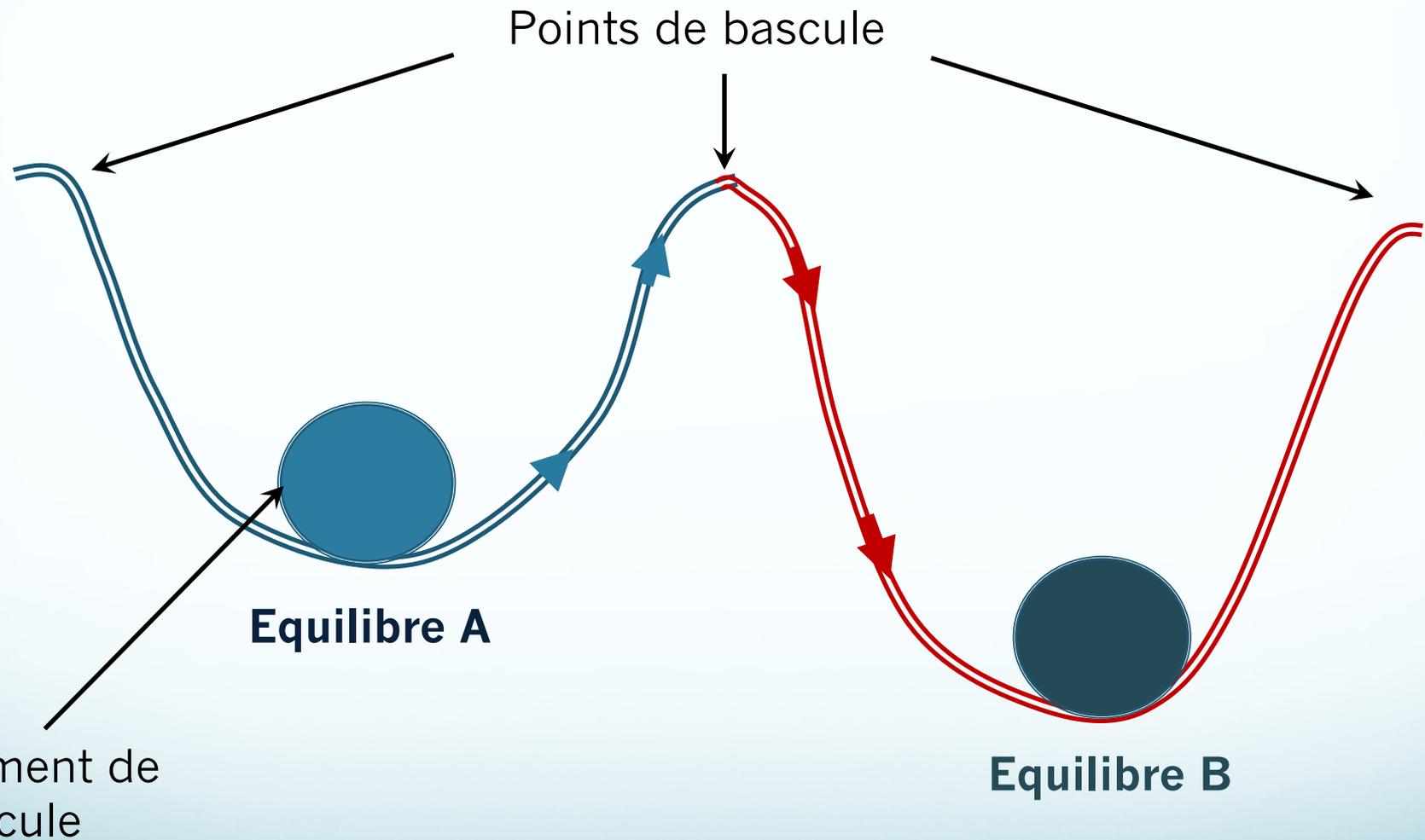


Projections climatiques

- Des dizaines de modèles développés de par le monde
- Deux en France (“Paris” et “Toulouse”)
- Projettent un réchauffement entre +1.5 et +7°C (par rapport à 1850-1900) en 2100 selon nos émissions de gaz à effet de serre



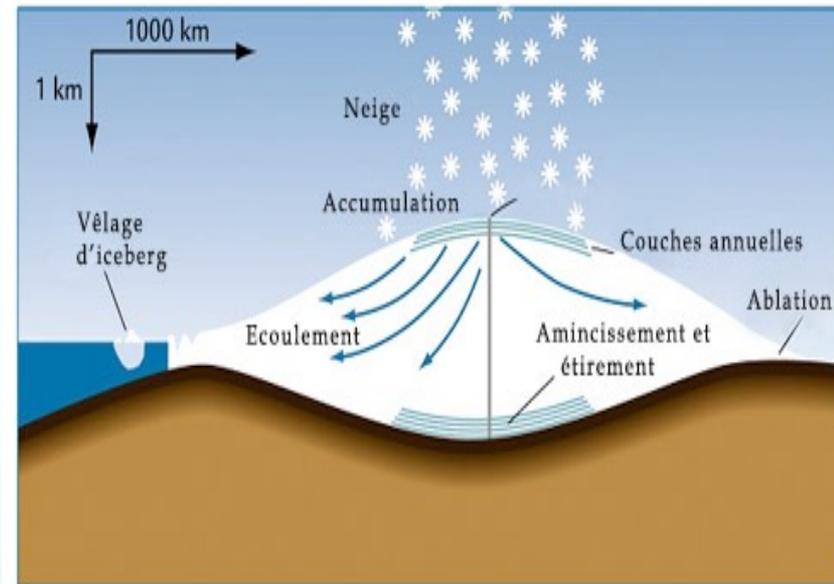
Qu'est ce qu'un point de bascule ?



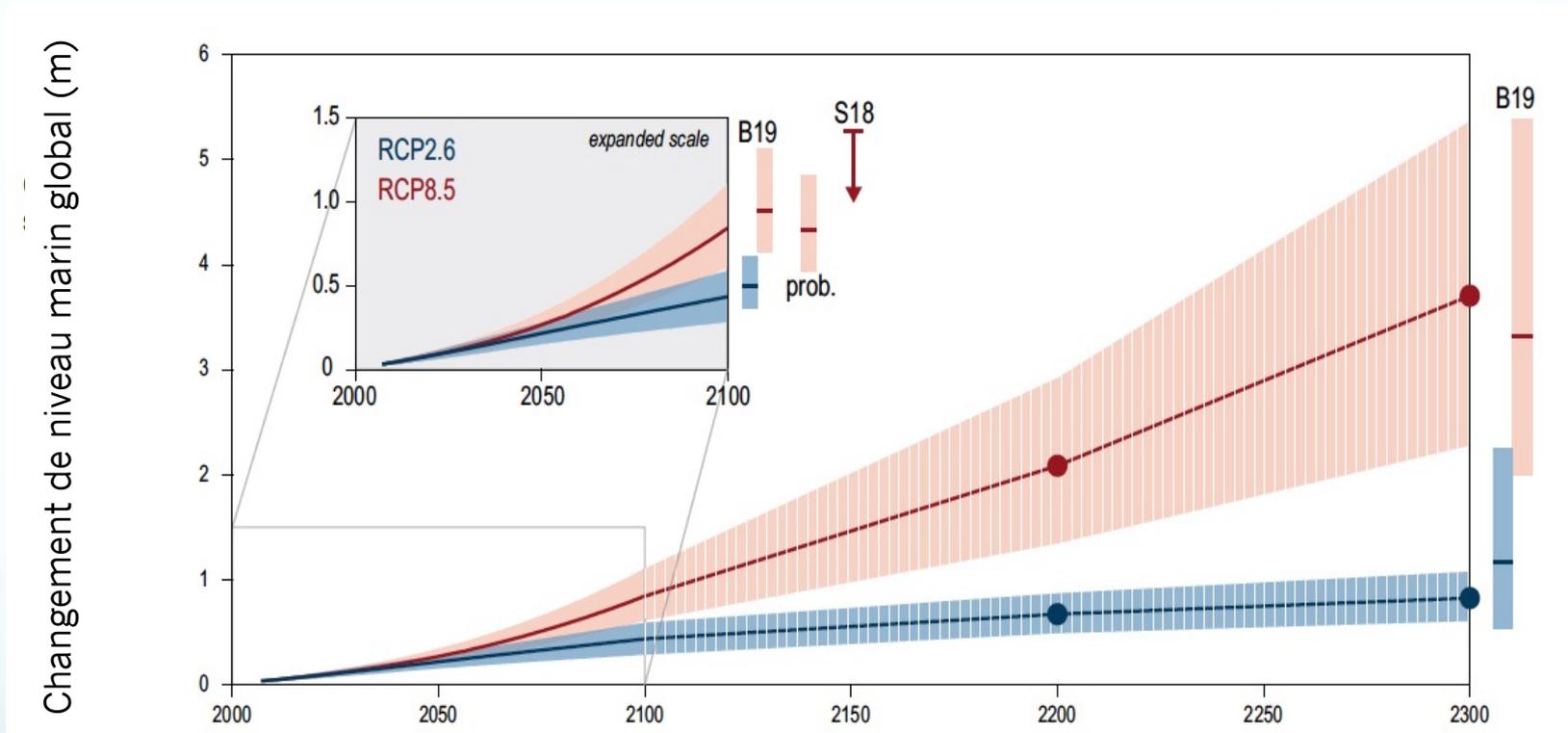
Lenton et al. (2008) : Le terme “**point de bascule**” se réfère à un seuil critique au delà duquel une petite perturbation peut modifier qualitativement l'état d'un système.

Points de bascule des calottes polaires

- Groenland : risque de fonte totale dès 2-3°C de réchauffement global
 - ⇒ représente jusque 6-7 m de niveau marin global
- Antarctique : surtout l'Antarctique de l'Ouest qui est "à risque"
 - ⇒ représente jusque 4-5 m de niveau marin global
- Temps de fonte encore difficile à estimer, mais *a priori*, centaines à milliers d'années



Projections de niveau marin

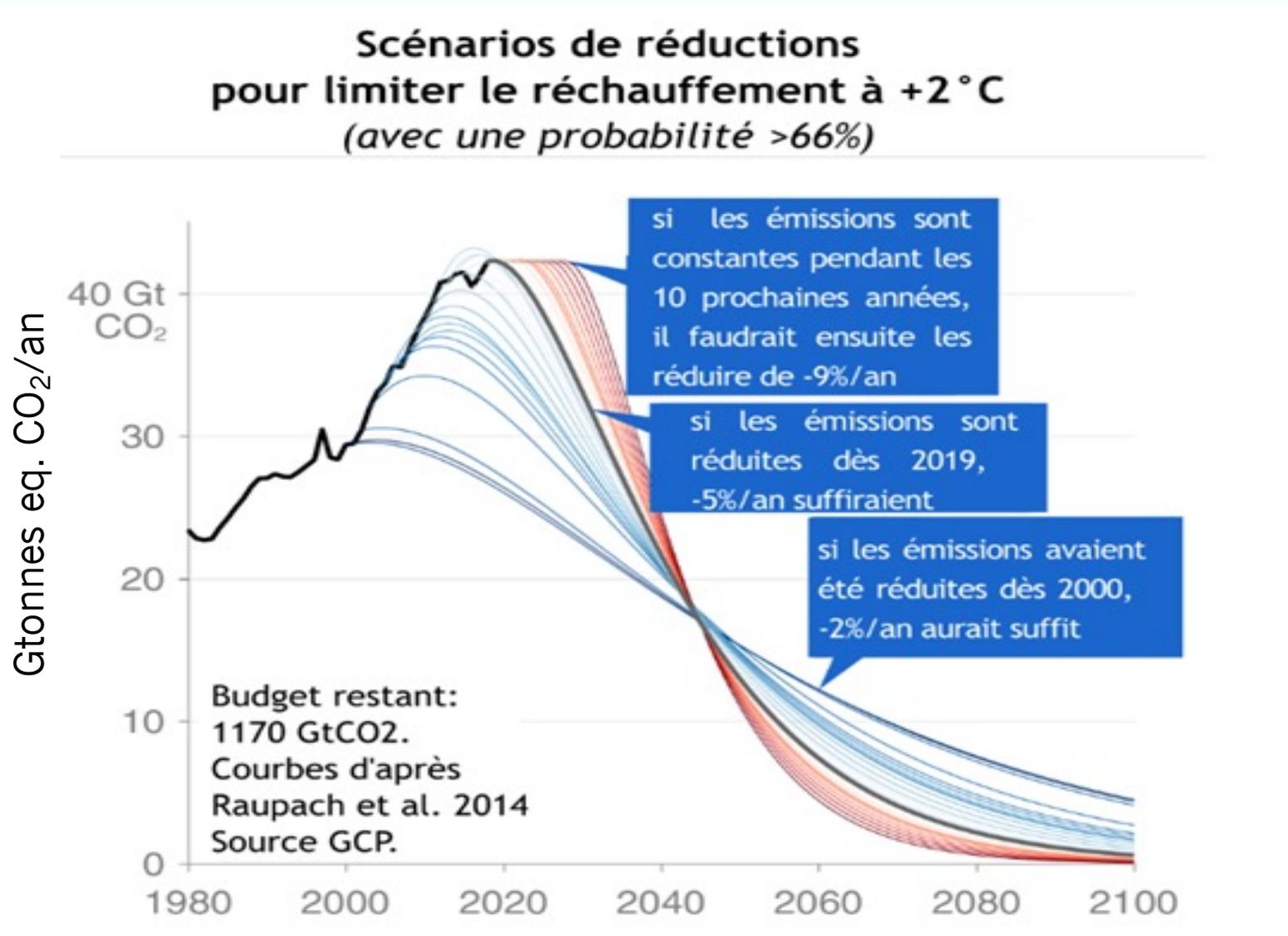


- Plus de 600 millions d'habitants vivent sur des littoraux peu élevés
- De nombreuses villes très vulnérables (New York, Alexandrie, Miami...)

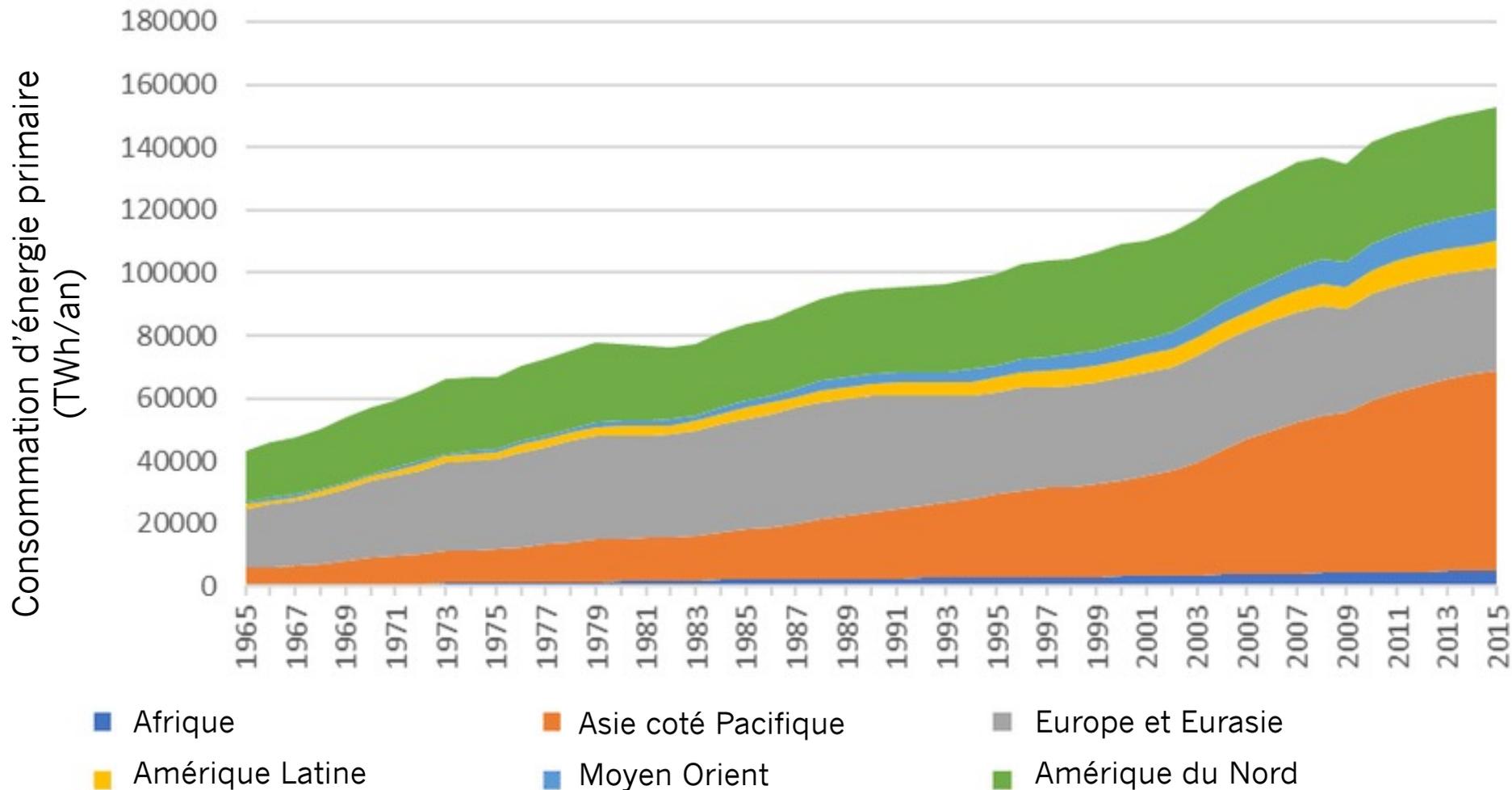
Coûts du changement climatique

- Rapport Stern (2006) : **plus cher de s'adapter** au changement climatique que de limiter les émissions de gaz à effet de serre
- **2000 milliard d'euros de coût annuel** à partir de 2030 lié au changement climatique d'après un rapport récent de l'ONU
- Chaque $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ compte pour limiter les impacts (GIEC, rapport SR1.5 2018), mais **forte inertie du climat**
- Les impacts augmentent de manière **non linéaire**
- Il existe des **seuils** à ne pas dépasser (1.5°C, 2°C)

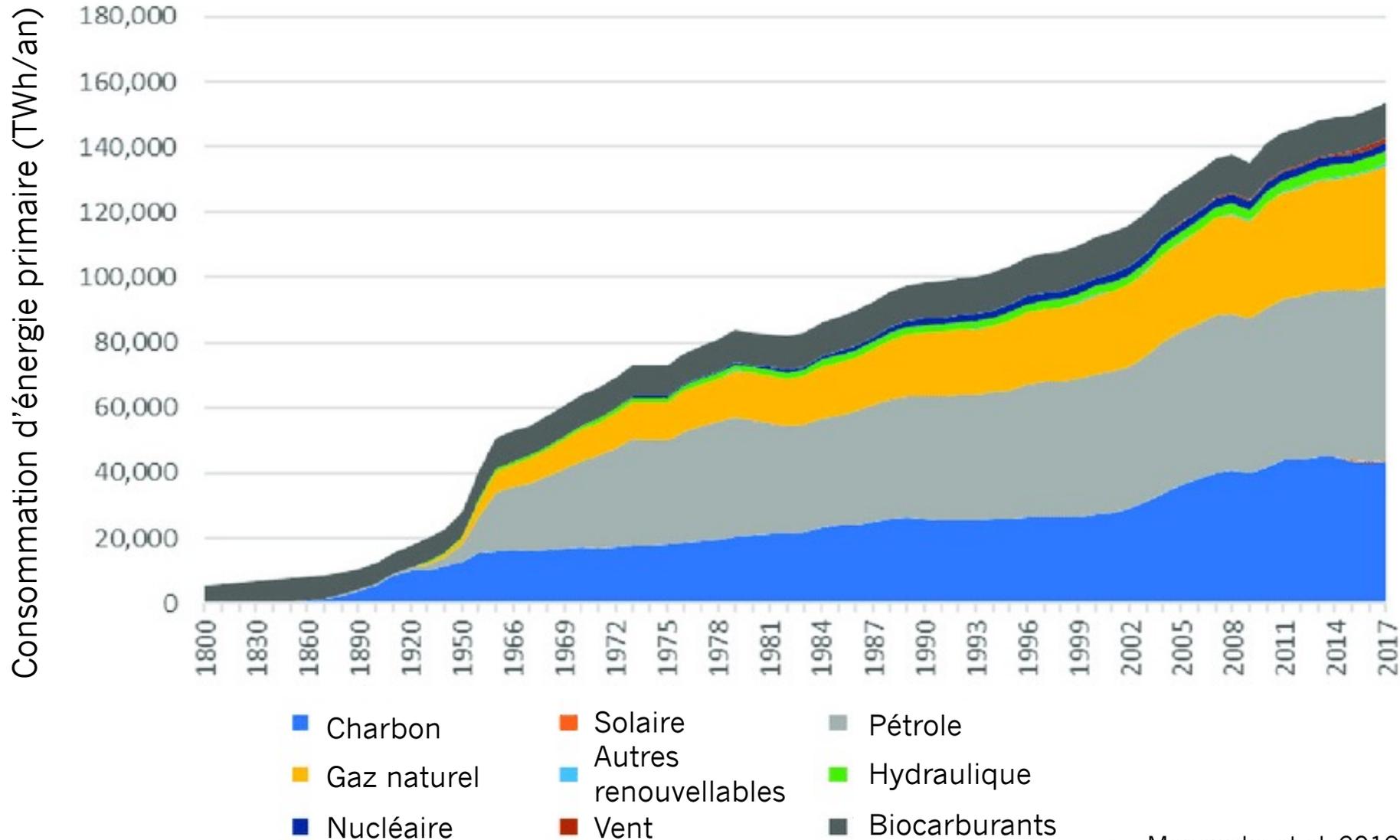
Accords Paris → Le changement, c'est maintenant ! (pas dans 10 ans...)



Consommation d'énergie : toujours plus...

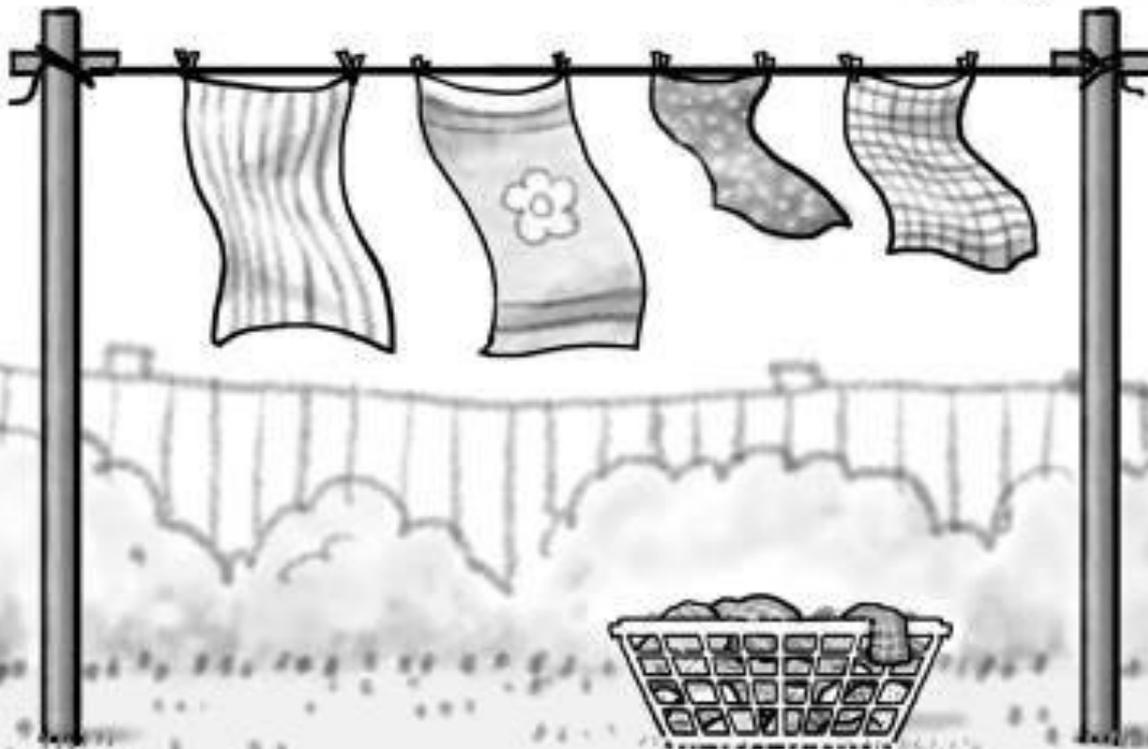


Consommation d'énergie et émissions sont intimement liées



Les chiffres sont têtus : la technologie ne sera *a priori* pas suffisante, la modération n'est pas « optionnelle »

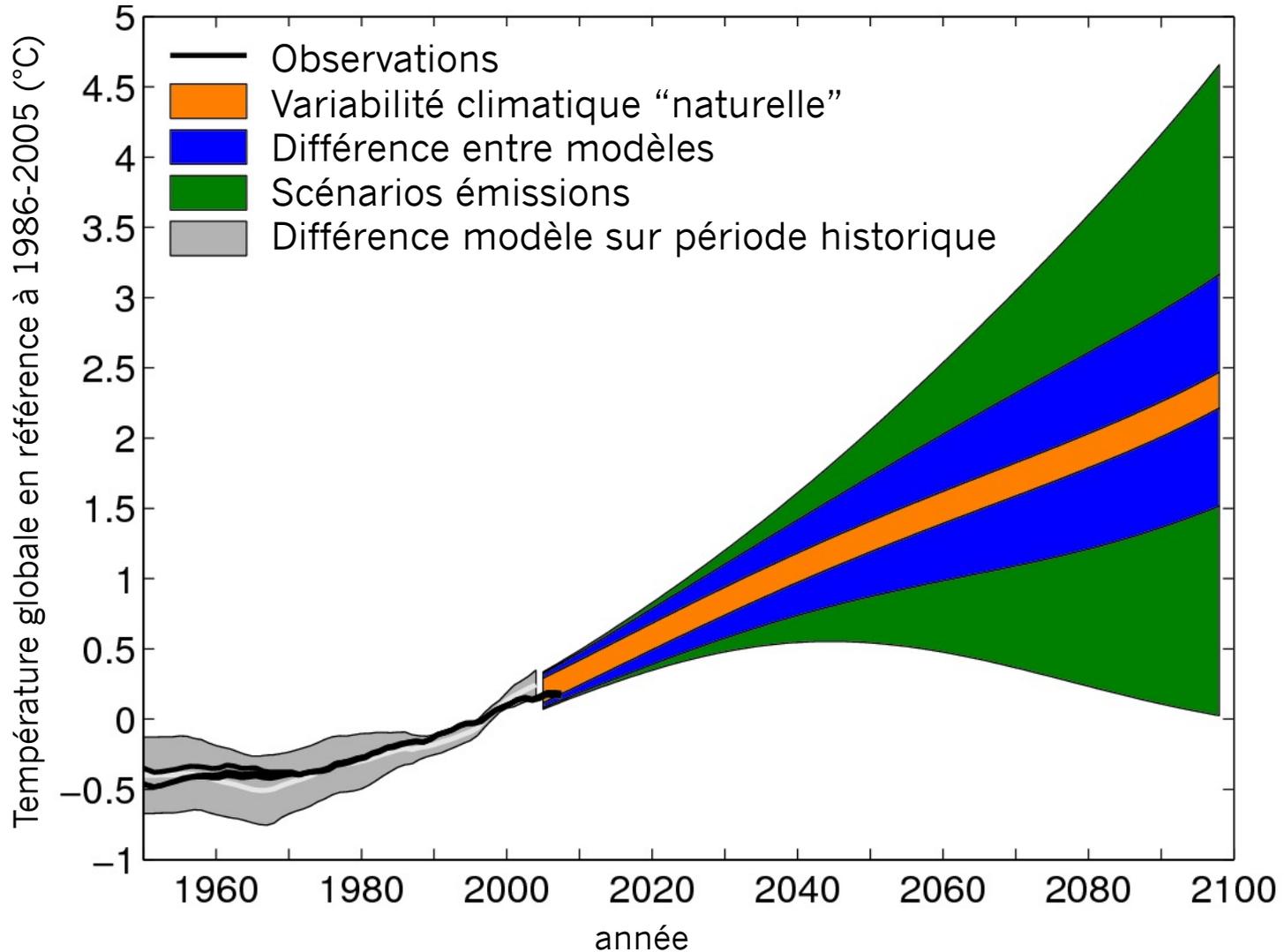
Ca sèche le linge en utilisant les dernières technologies : une combinaison de solaire et d'éolien



CHRIS
MADDEN

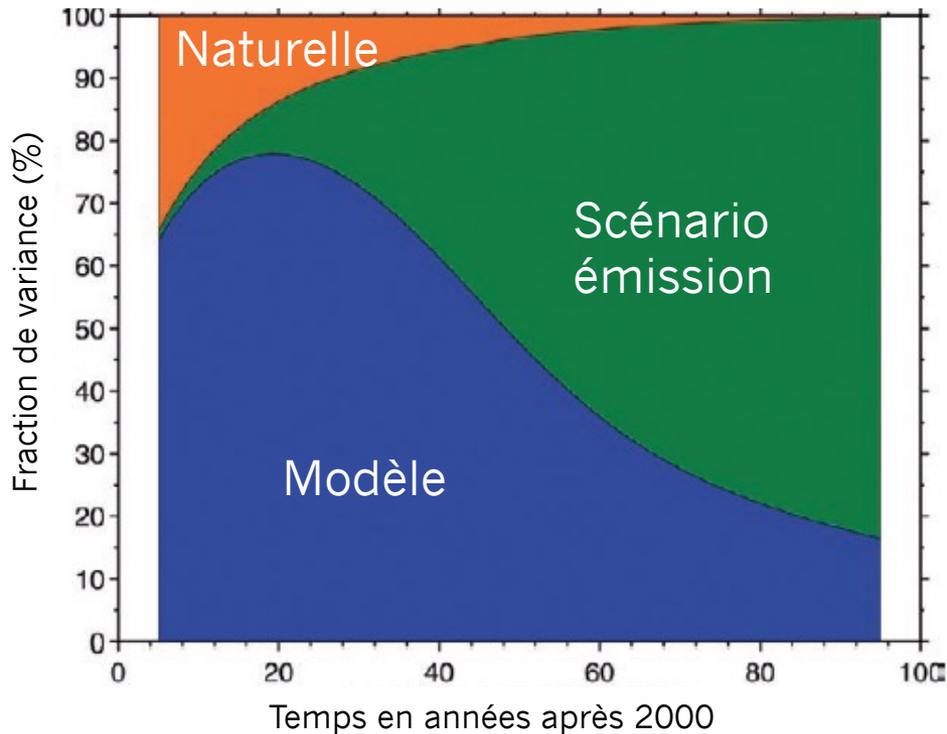
Notion d'incertitude

Sources d'incertitudes des températures globales projetées

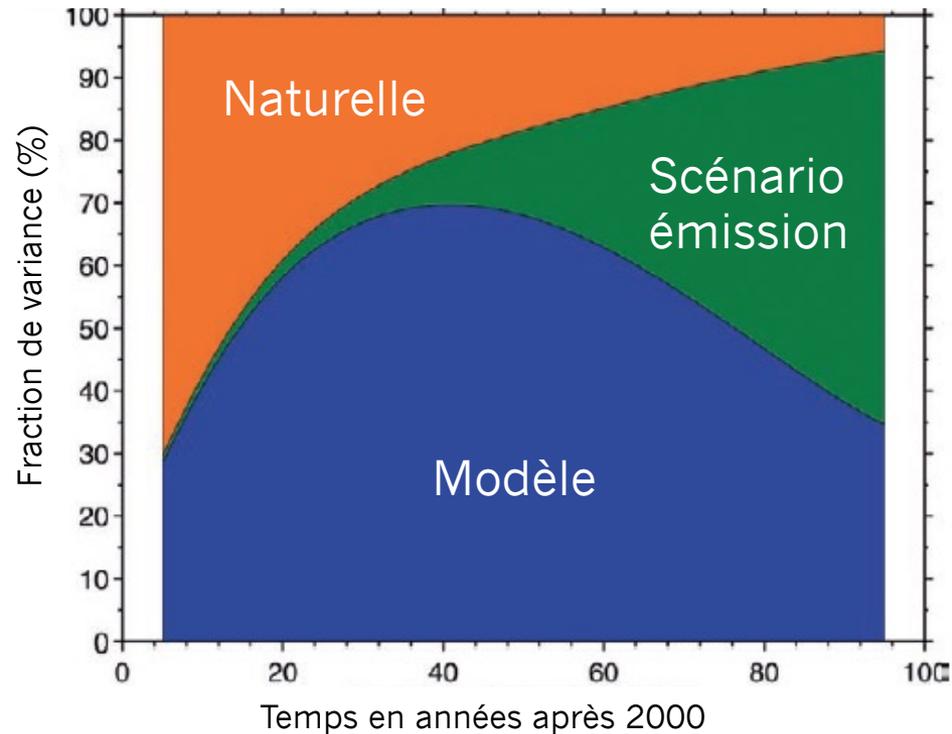


Sources d'incertitudes

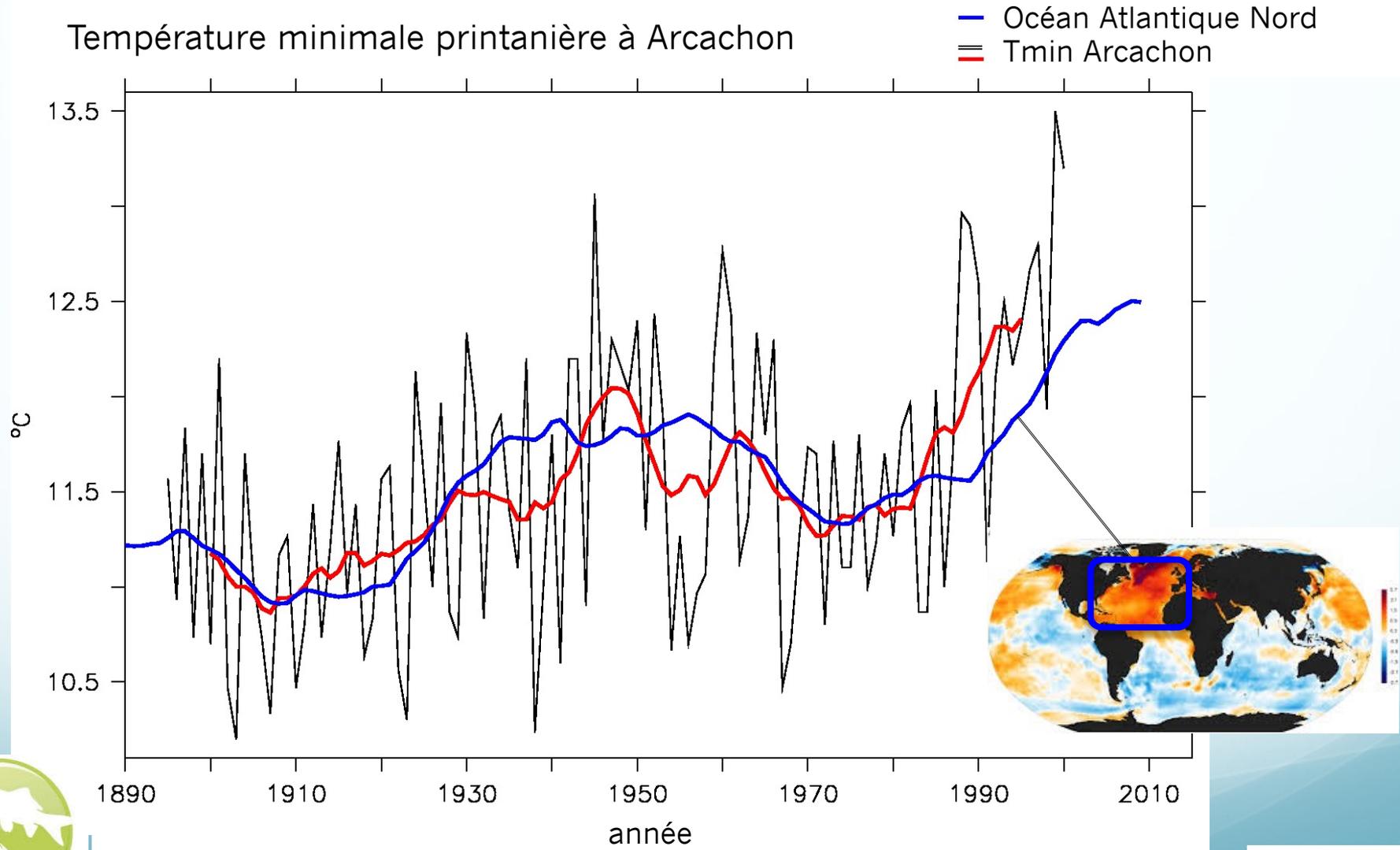
Température de surface globale



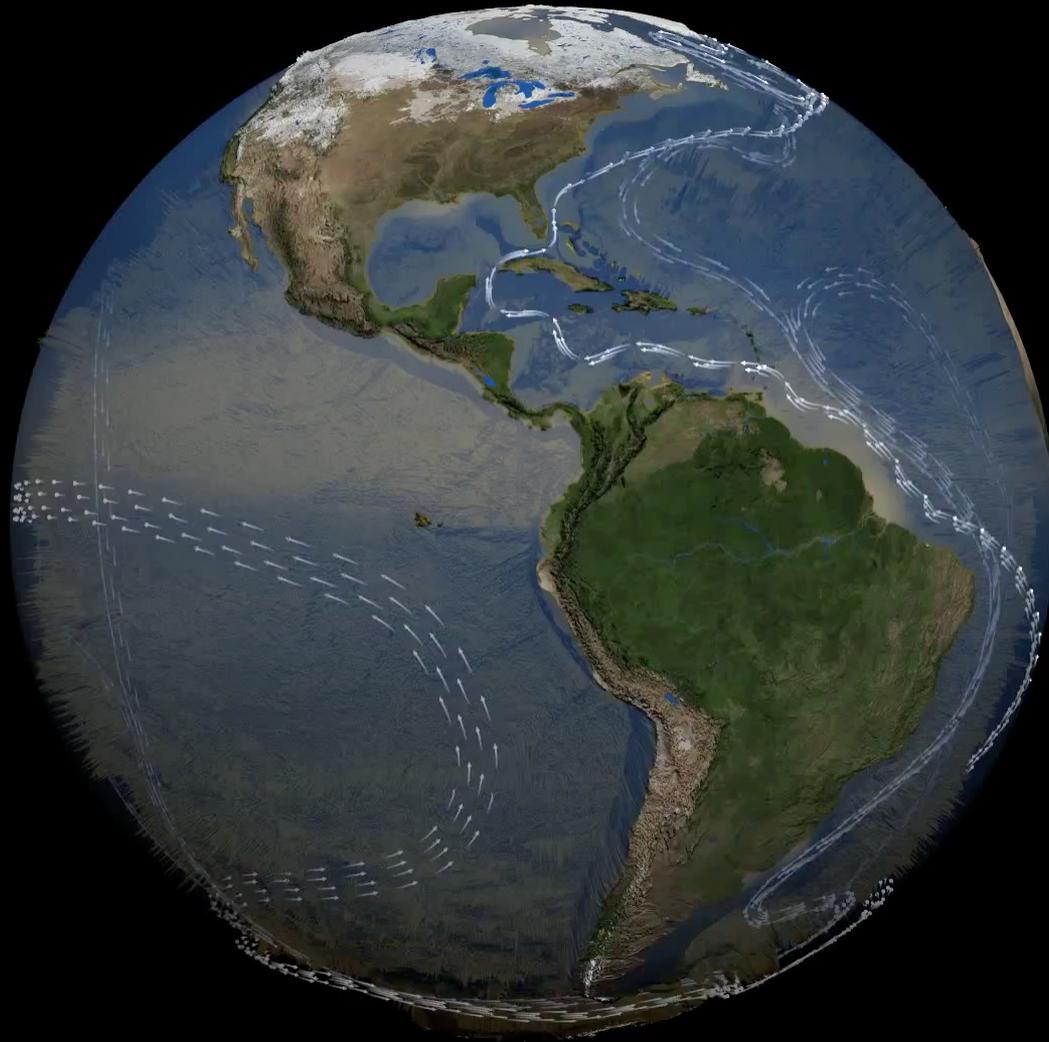
Température de surface des îles britanniques



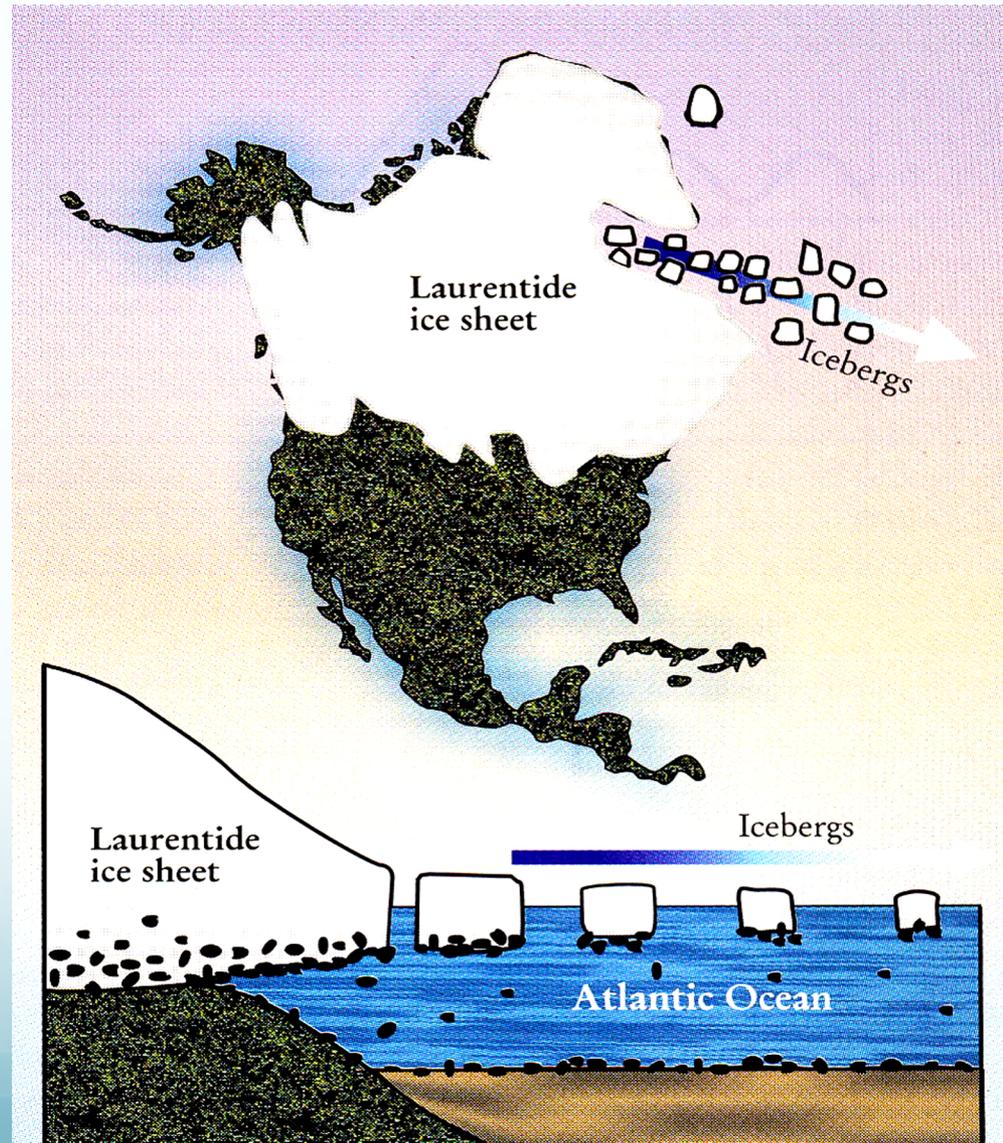
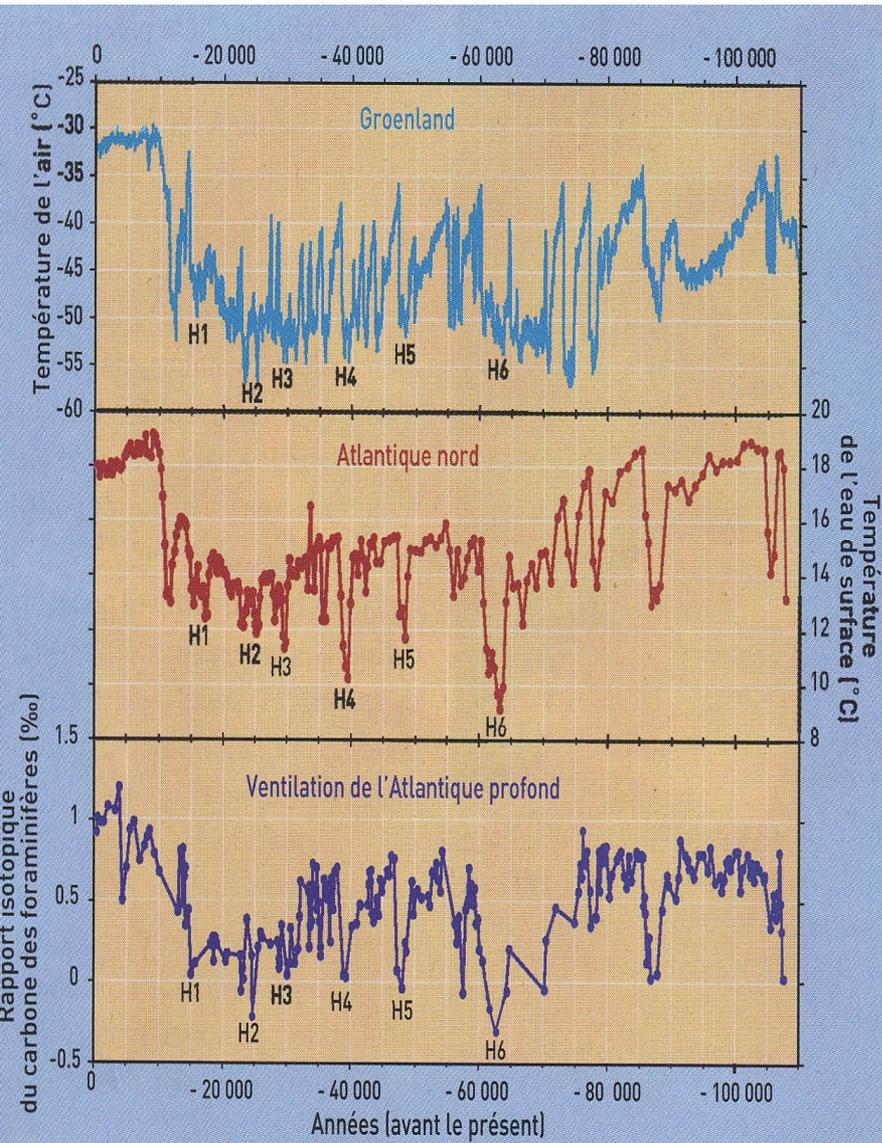
Variabilité et changements climatiques



Circulation océanique de retournement



Evénements de Heinrich



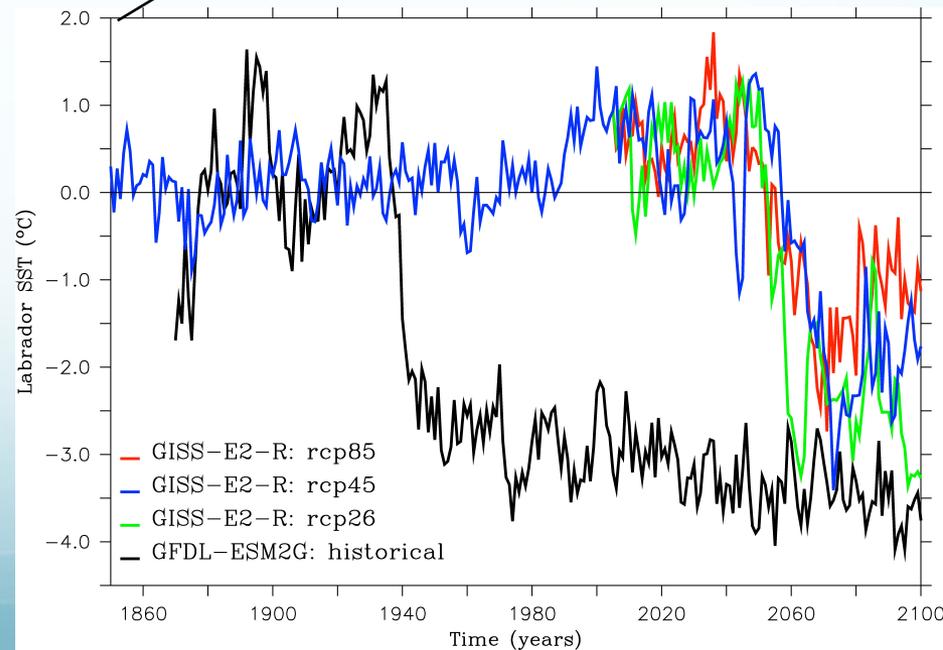
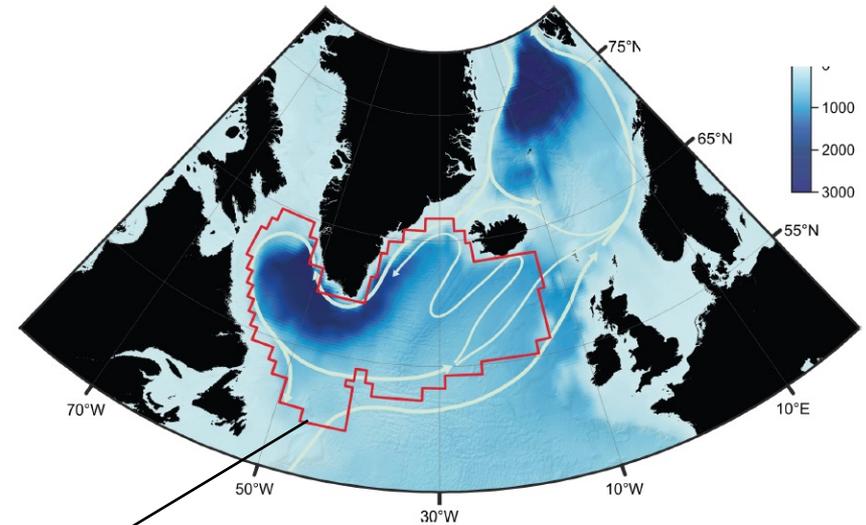


LE JOUR D'APRÈS
— THE DAY AFTER TOMORROW —
OÙ SEREZ-VOUS ?

AU CINÉMA LE 26 MAI 2004

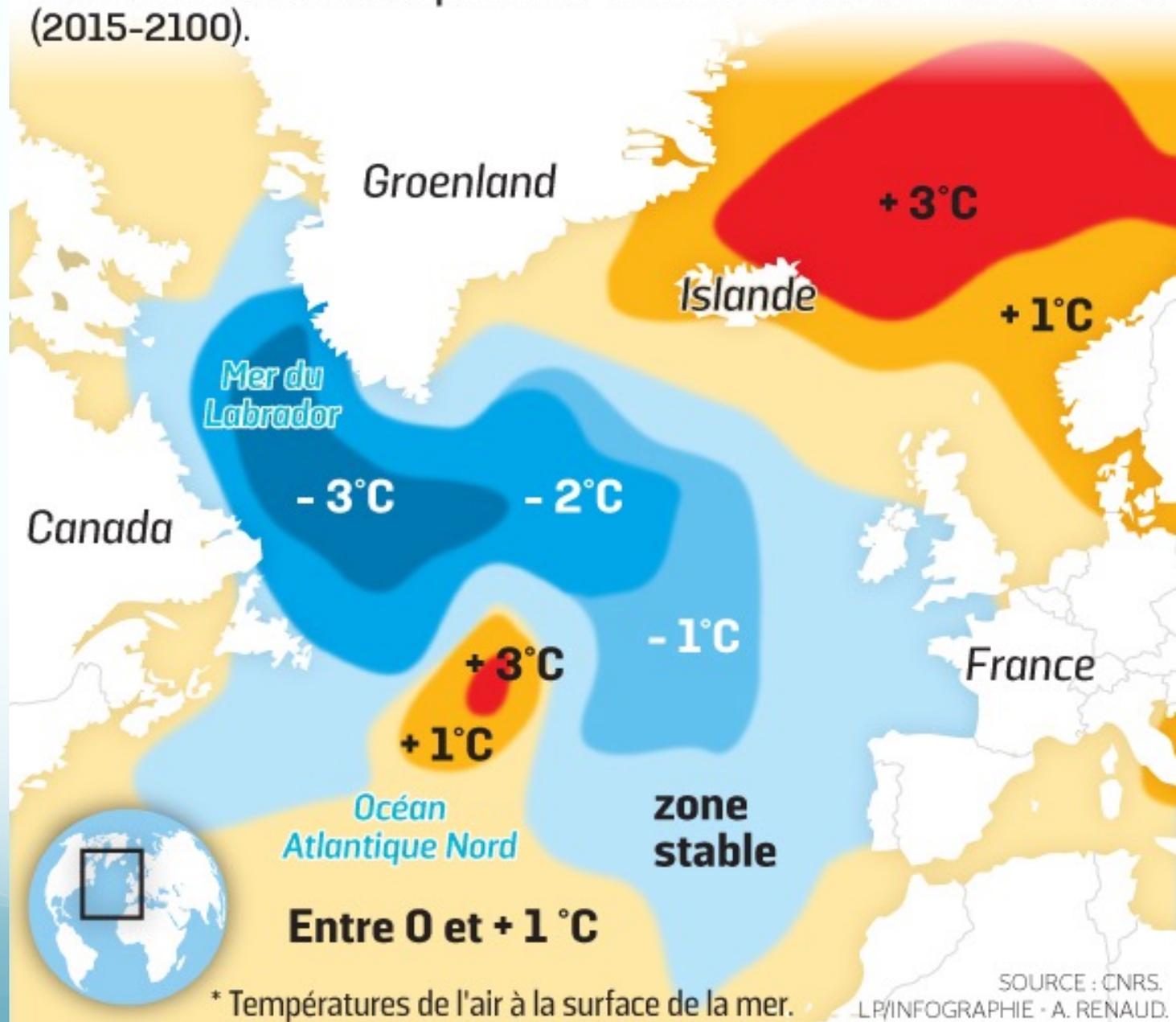
Surprise climatique ?

- Certains modèles de climat prévoient des changements abrupts de température, avec un refroidissement de 2-3°C en moins de 10 ans dans le gyre subpolaire



L'étonnant scénario du refroidissement

Estimation d'écart de températures* entre le début et la fin du XXI^e siècle (2015-2100).



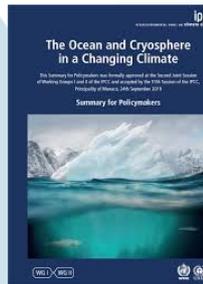
* Températures de l'air à la surface de la mer.

SOURCE : CNRS.
LP/INFOGRAPHIE - A. RENAUD.

Impact d'un changement de circulation océanique dans l'Atlantique



ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change



Physical system

- Droughts
- Temperature trend
- Sea level rise
- Cyclones frequency
- Sea ice and snow
- Precipitation and flooding
- Storminess

Biological system

- Vegetation
- Marine ecosystems
- Wetland methane
- Oxygenation
- Oceanic carbon and acidification

Human and managed systems

- Agriculture and food production
- Migration pressure due to degradation in livelihoods

Direction of the change

- Increase
- Decrease

Confidence in process understanding

- High
- Medium
- Low

Fig. 6.10 from IPCC SROCC report, 2019

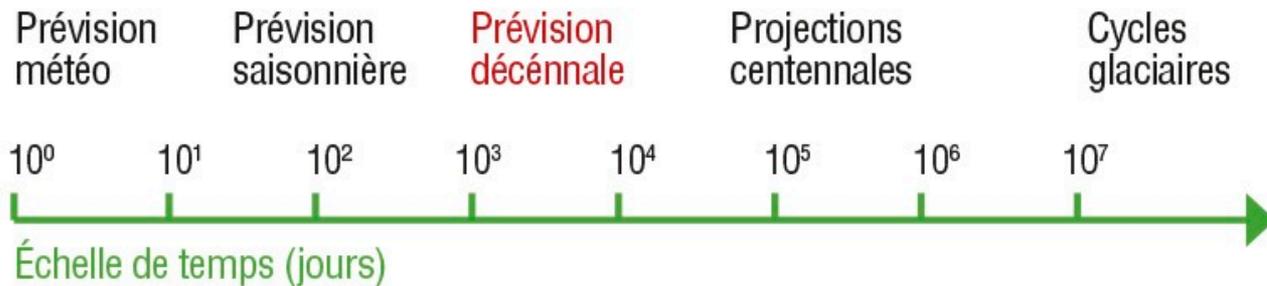
Prévisions climatiques décennales

© D. Swingedouw

**Importance
conditions initiales**



**Importance
conditions aux limites**



► Schéma montrant l'importance relative des conditions initiales et aux limites pour le climat selon les échelles de temps.

Conclusions

- **Le climat** est une machine complexe qui possède **beaucoup d'inertie** (centaines à milliers d'années)
- Il existe des **points de bascule** dans le système climatique qui demandent de rester sous des seuils de changement de température globale
- Rester sous les 2°C demande des changements très importants à **implémenter maintenant** (car ensuite, la physique du climat indique que ce sera très compliqué)
- **La technique** est clairement une solution à explorer, mais ne sera *a priori* **pas suffisante** pour résoudre le casse-tête climat-énergie
- **L'incertitude** sur les projections climatiques à l'échelle régionale (voir même globale) **reste importante** et ne doit pas être « oubliée »

Merci !



Didier.Swingedouw@u-bordeaux.fr