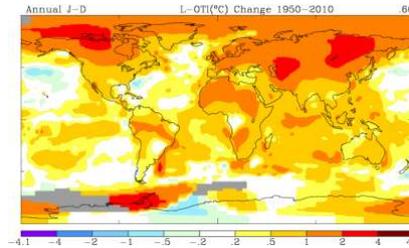


Changement climatique

COMPRENDRE

OBSERVER



MODÉLISER

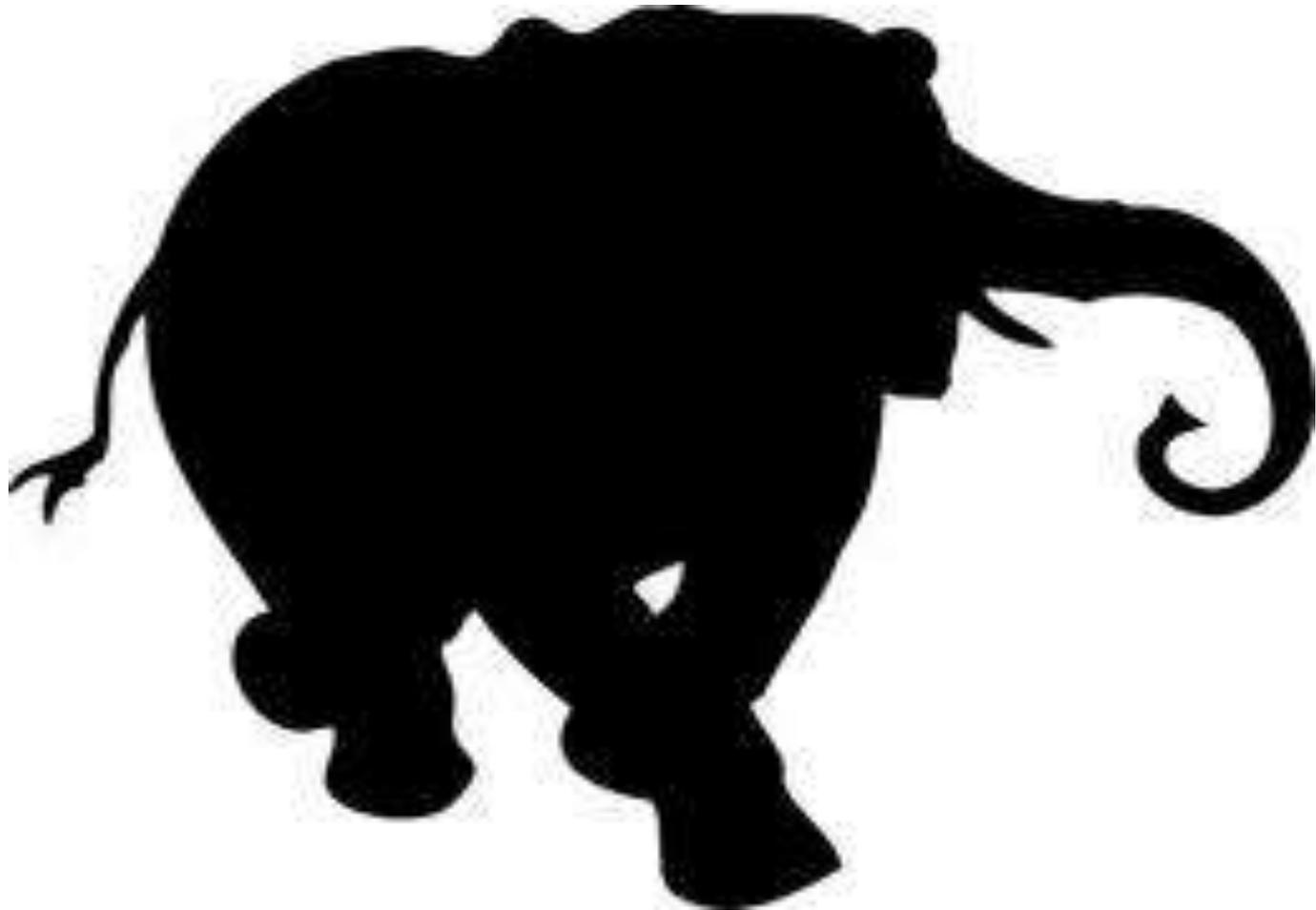
PRÉVOIR



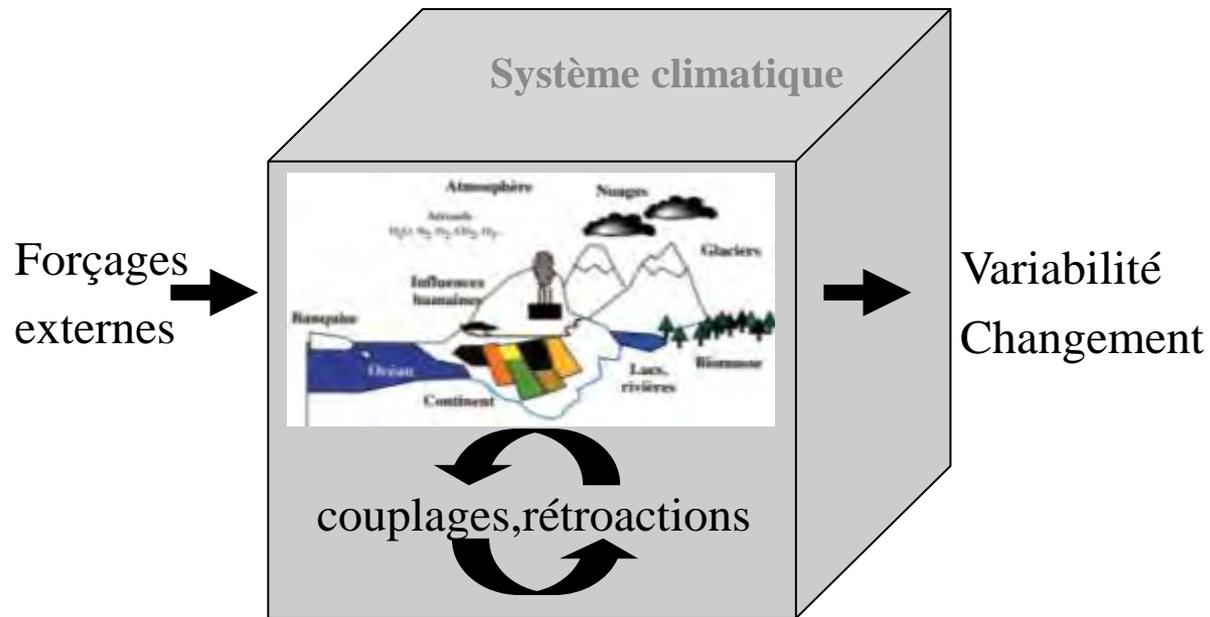
Valérie Masson-Delmotte

Laboratoire des Sciences du Climat & de l'Environnement
Institut Pierre Simon Laplace/CEA-CNRS-UVSQ, Gif-sur-Yvette

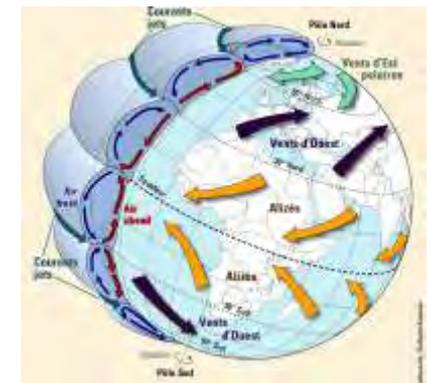
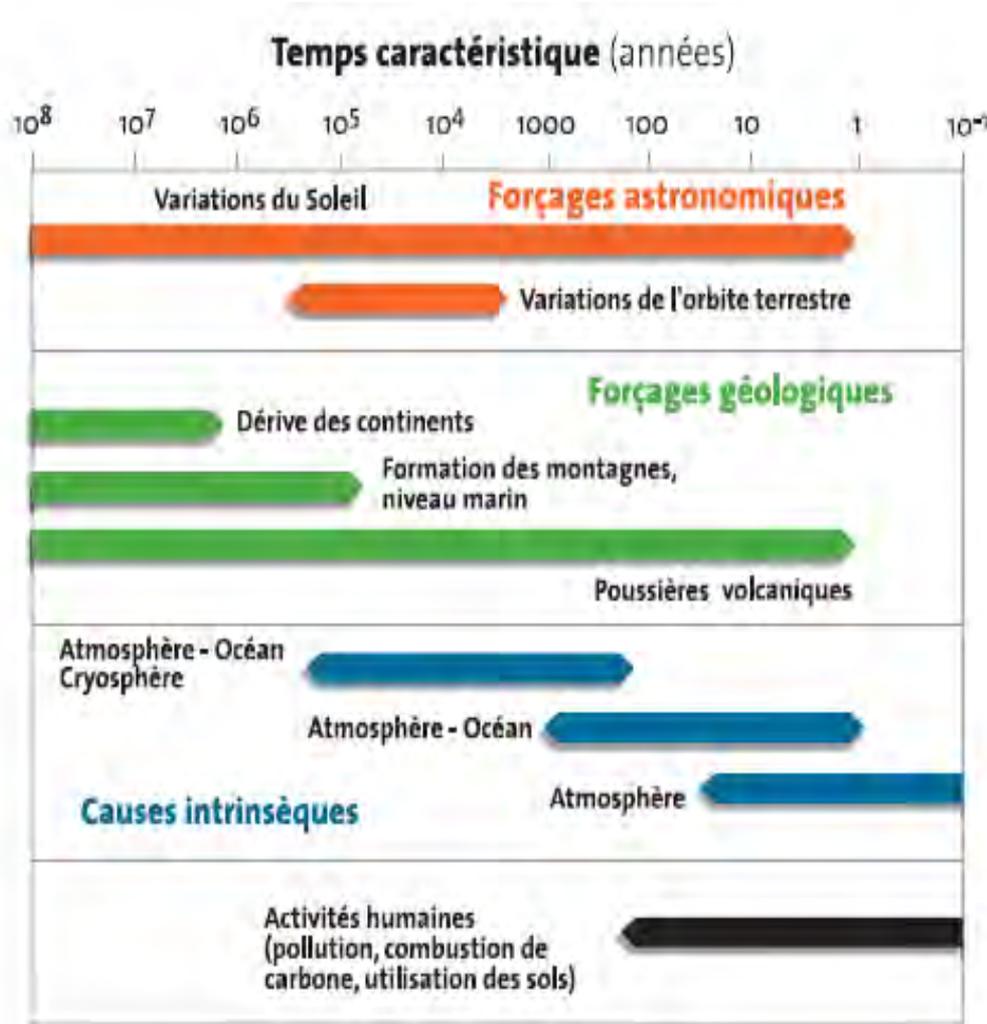
Le système climatique



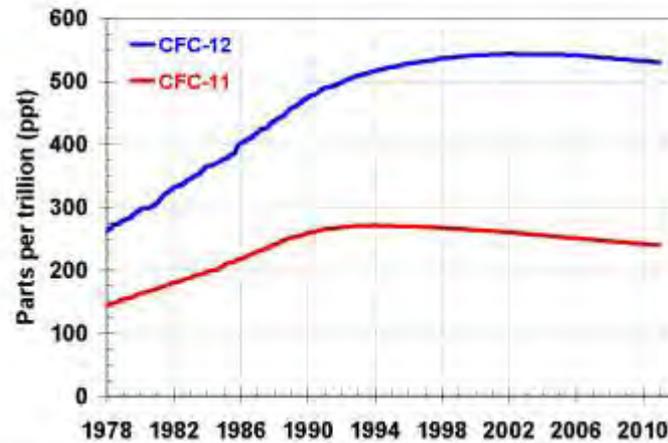
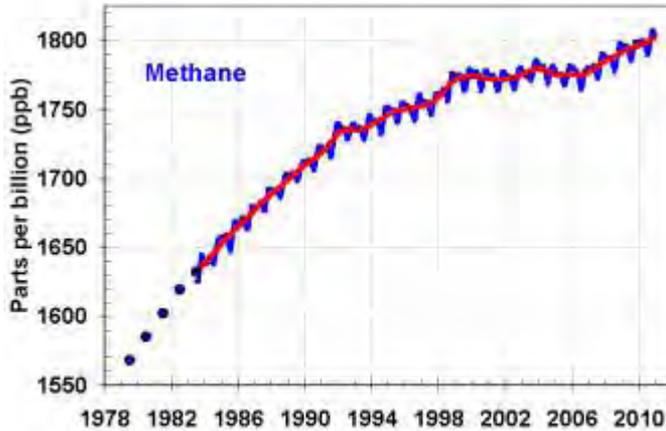
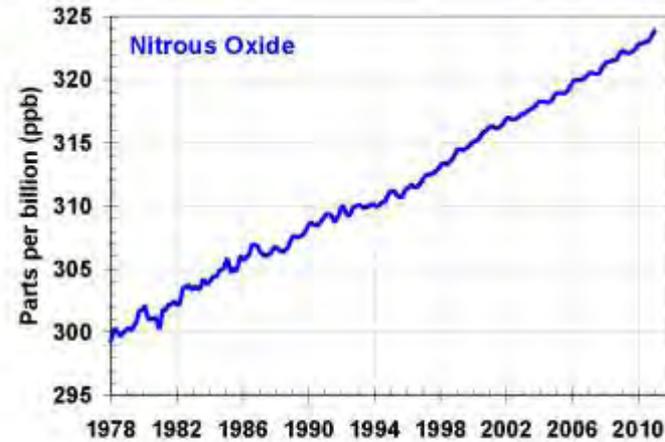
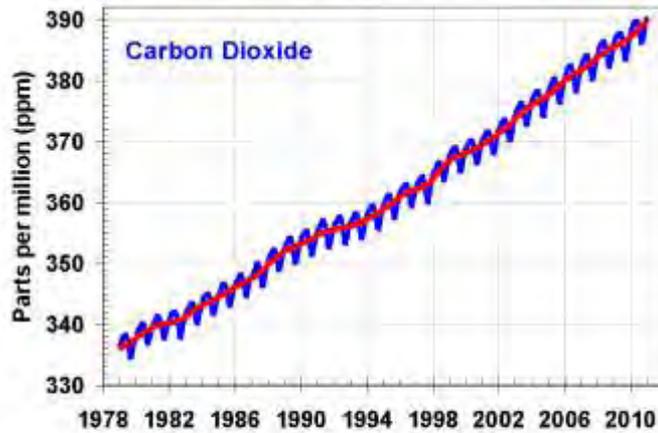
Le système climatique



Forçages et variabilité interne



Concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère



Une perturbation majeure

Déforestation : 1.4 PgC y^{-1}



7.7 PgC y^{-1} +



45%



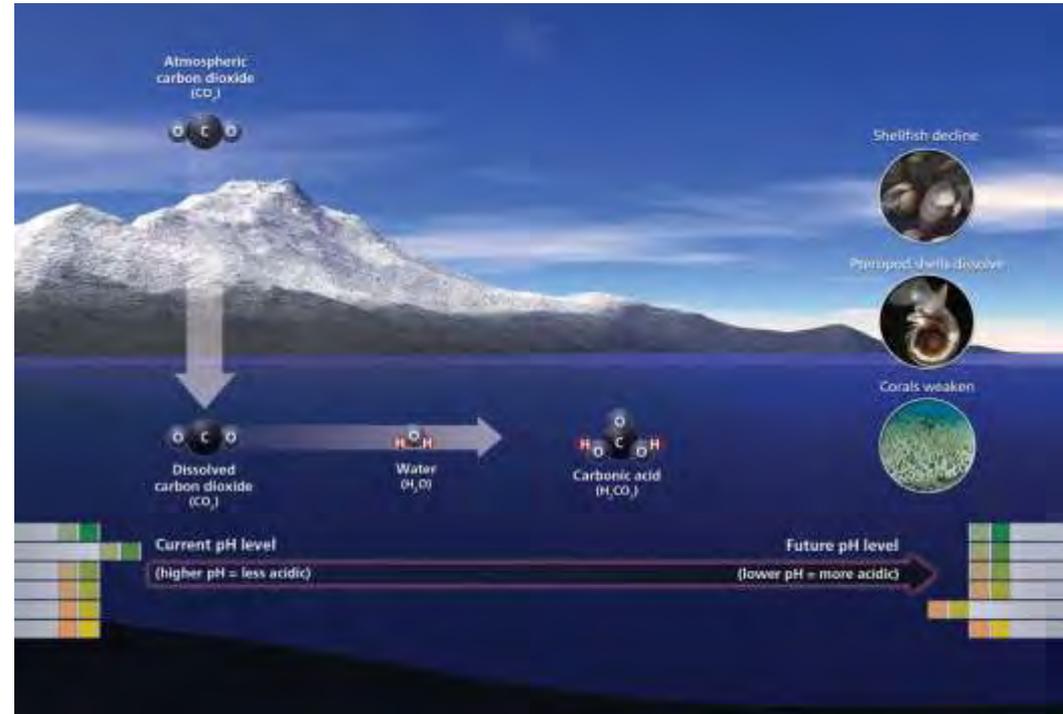
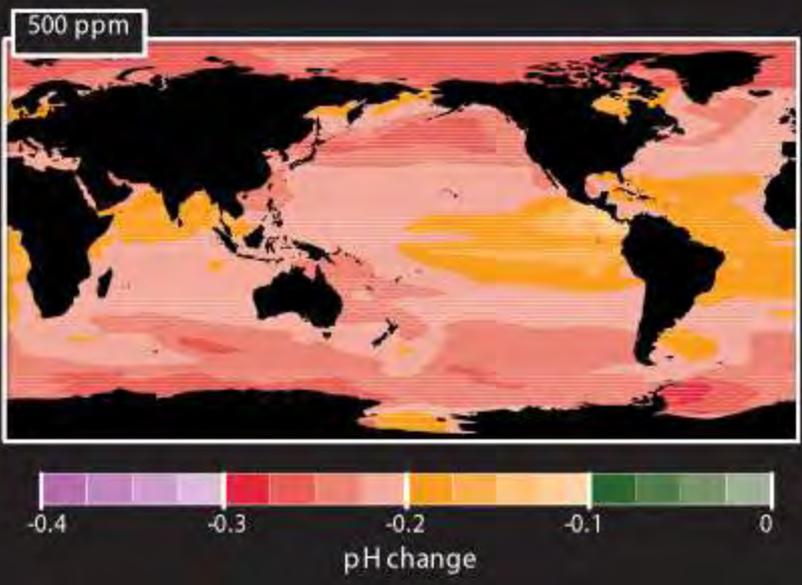
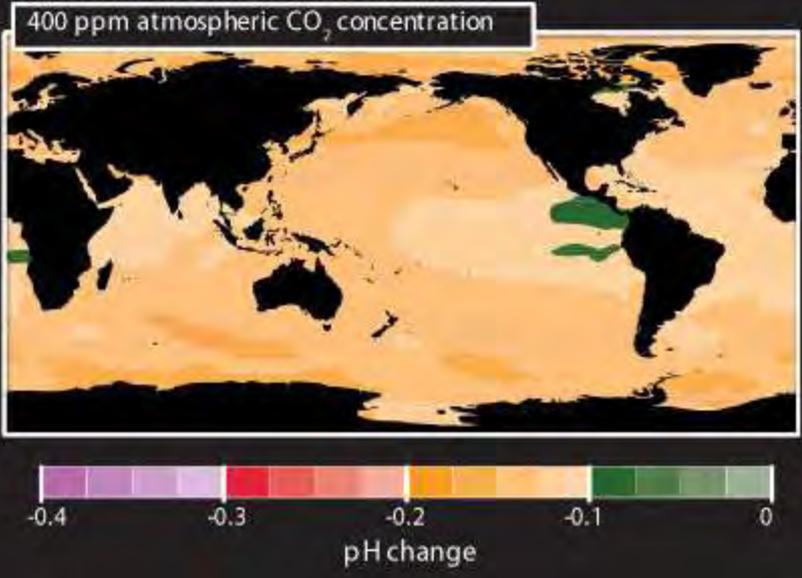
29%



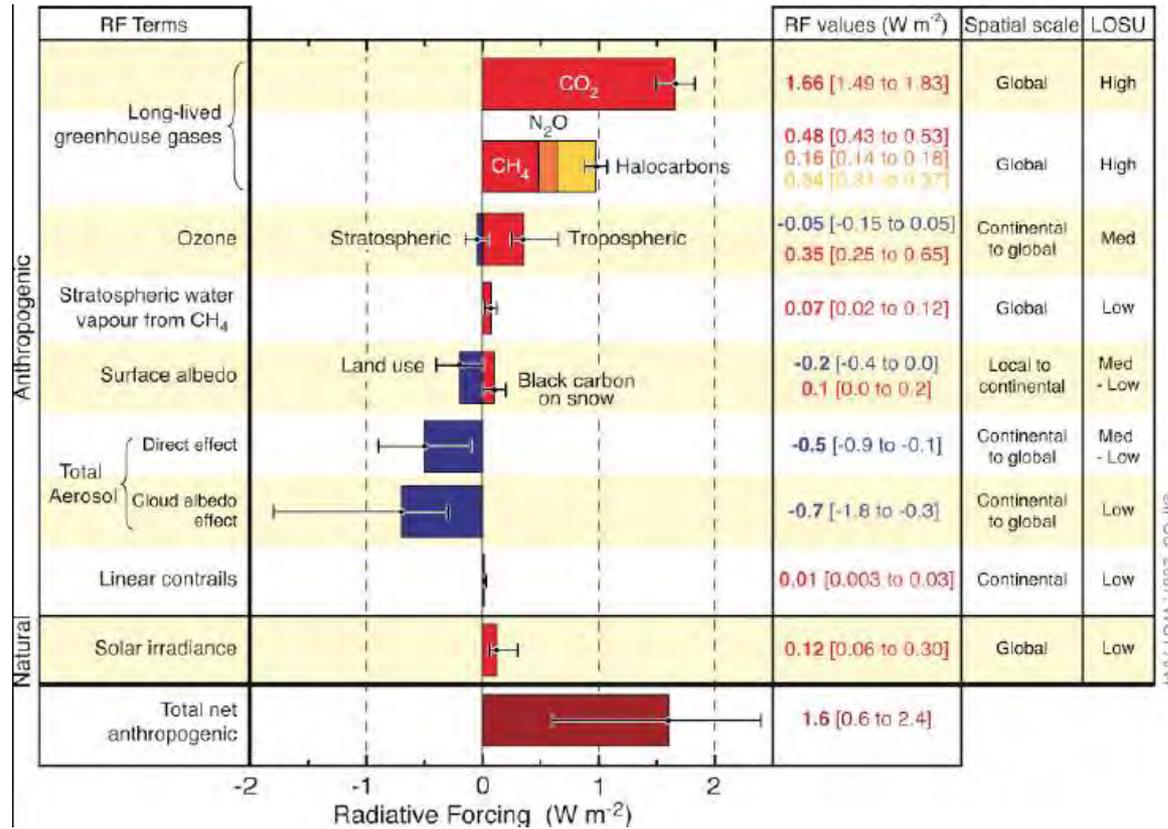
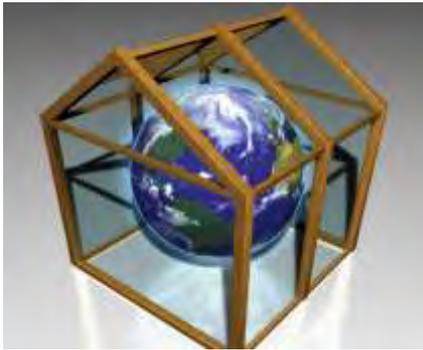
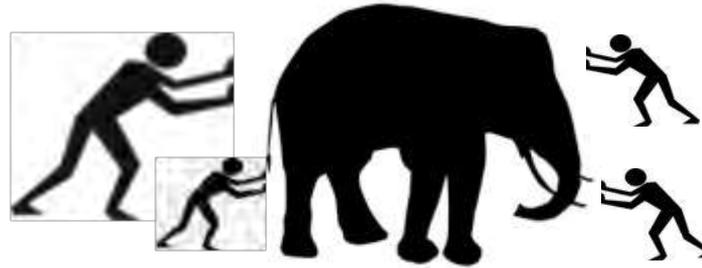
26%



Acidification des océans

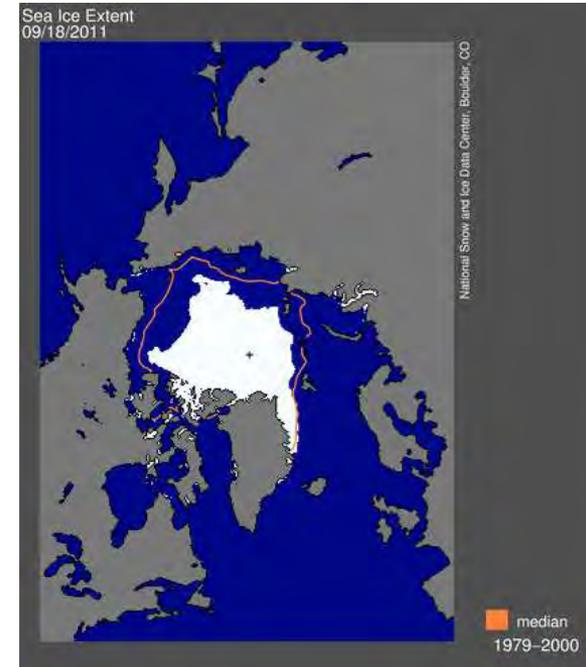
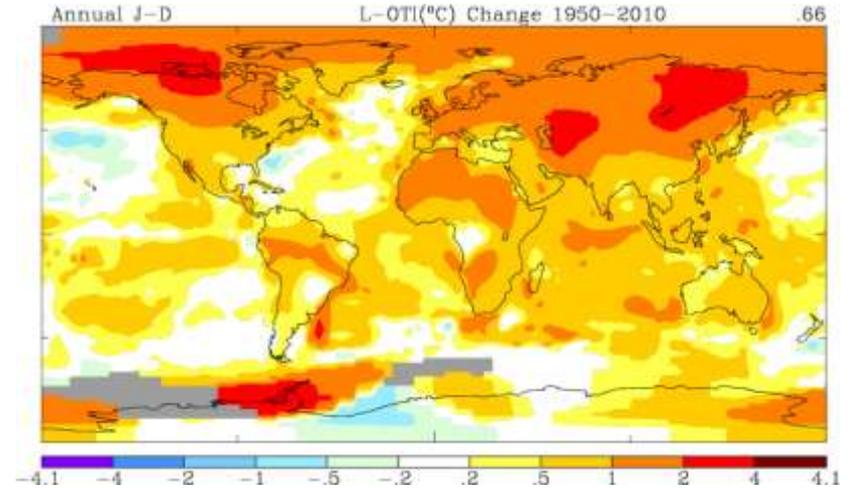
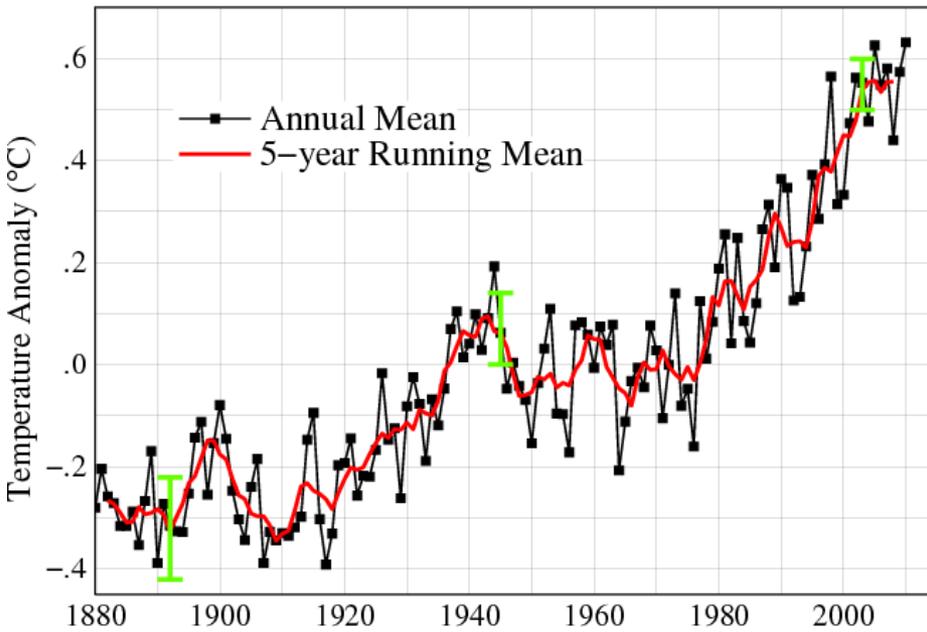


Une perturbation complexe

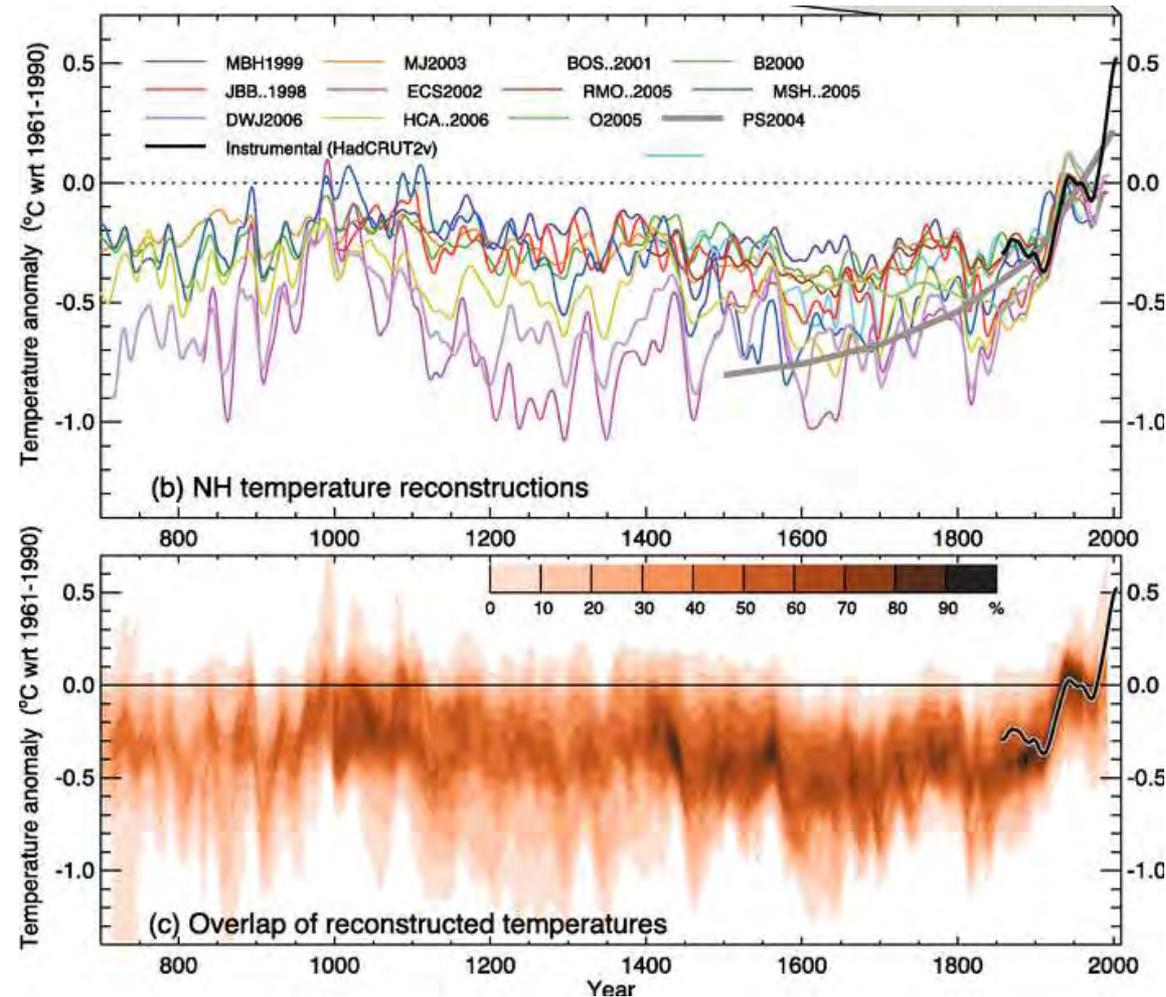


Changement climatique

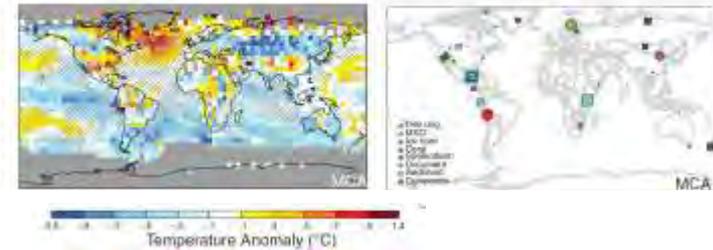
Global Land–Ocean Temperature Index



Un réchauffement exceptionnel dans le contexte des derniers siècles



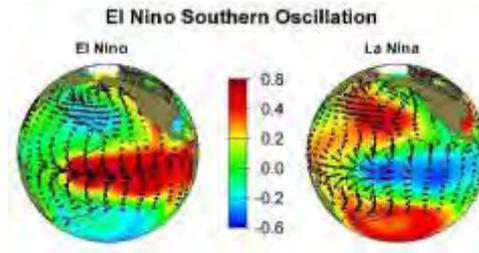
« Anomalie médiévale » - moyenne



Problème de divergence croissance arbres – climat récent

Causes et conséquences

Variabilité interne



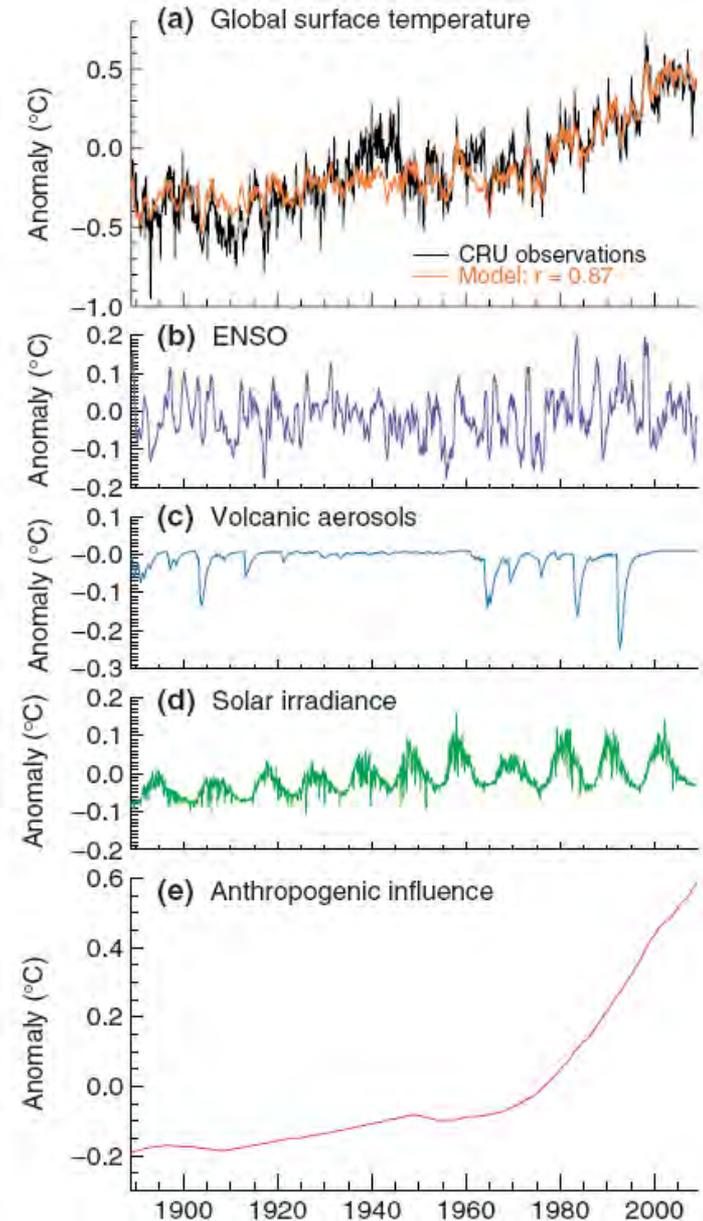
Activité volcanique

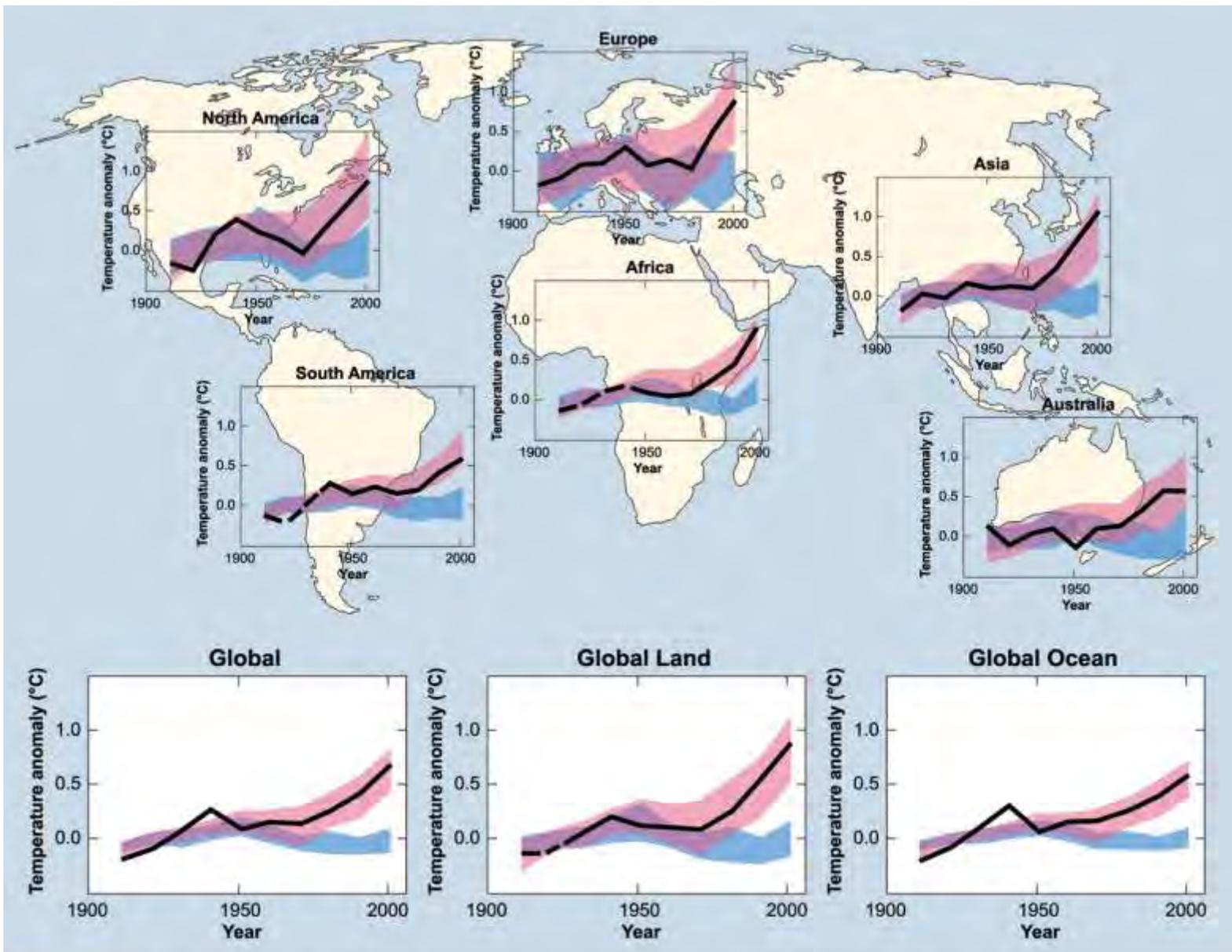


Activité solaire



Facteurs anthropiques

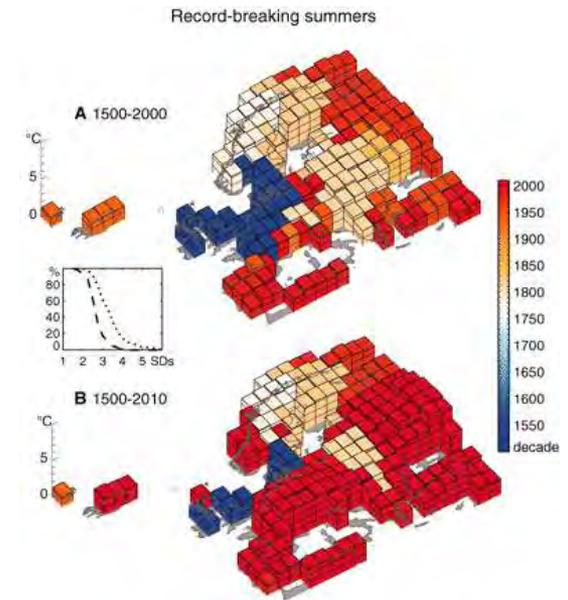
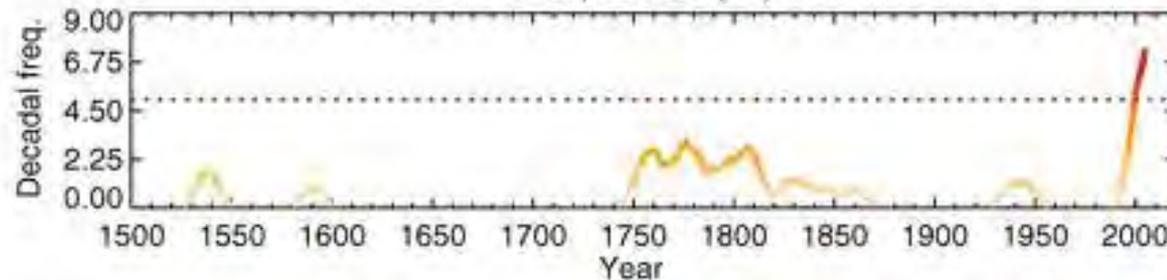
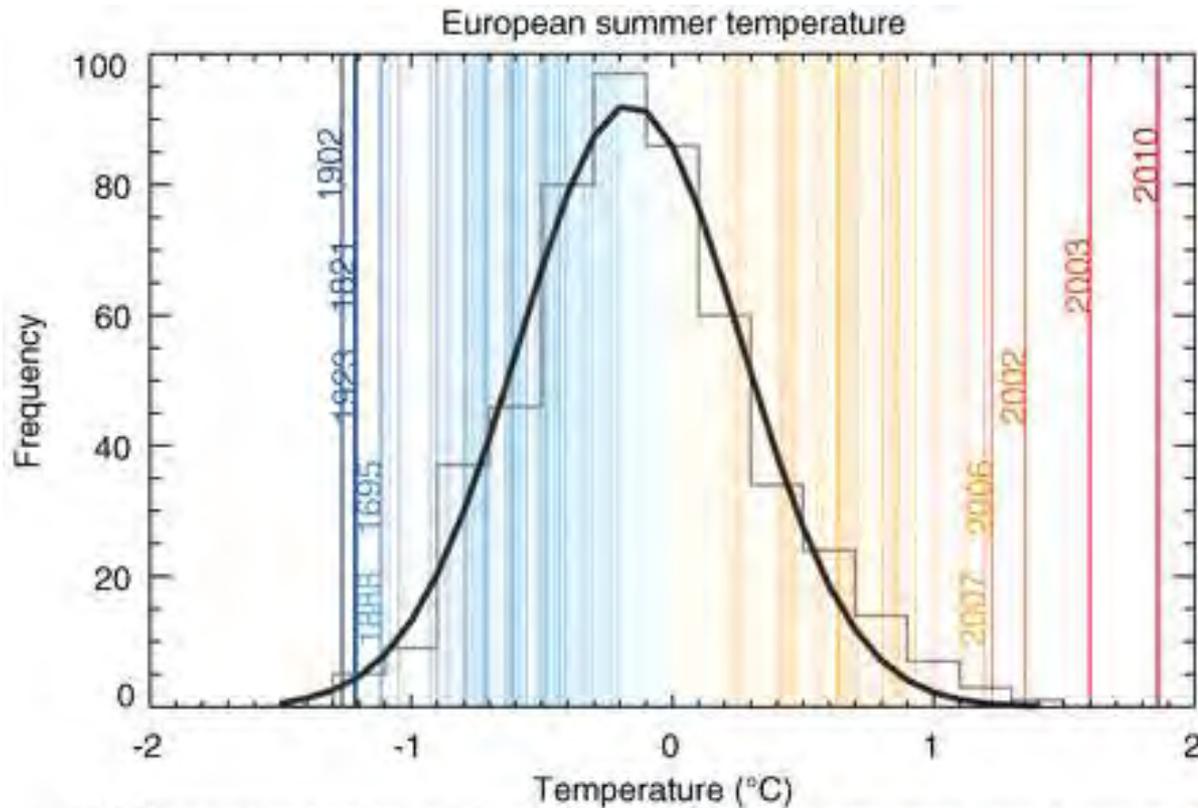




models using only natural forcings
 models using both natural and anthropogenic forcings

observations

Changement de vagues de chaleur

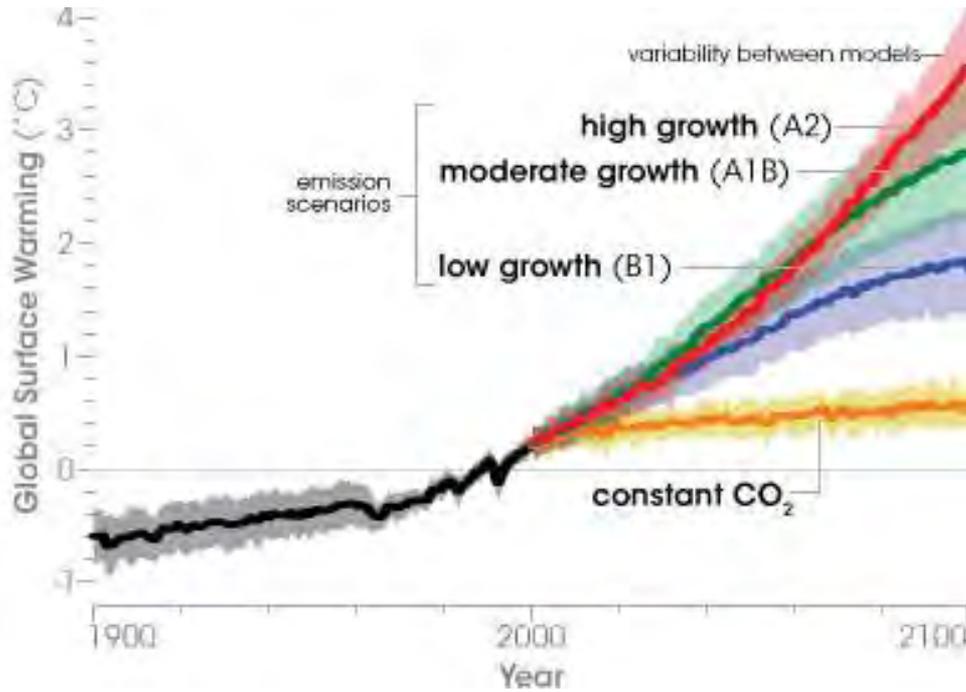


Modéliser le climat



Vidéo de l'Institut Pierre Simon Laplace

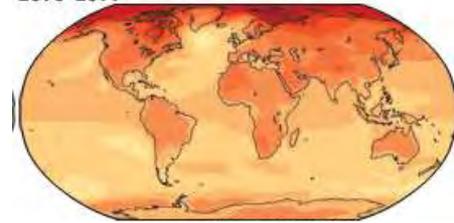
Projections



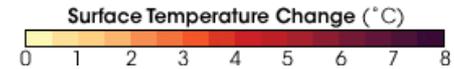
High growth



2090-2099

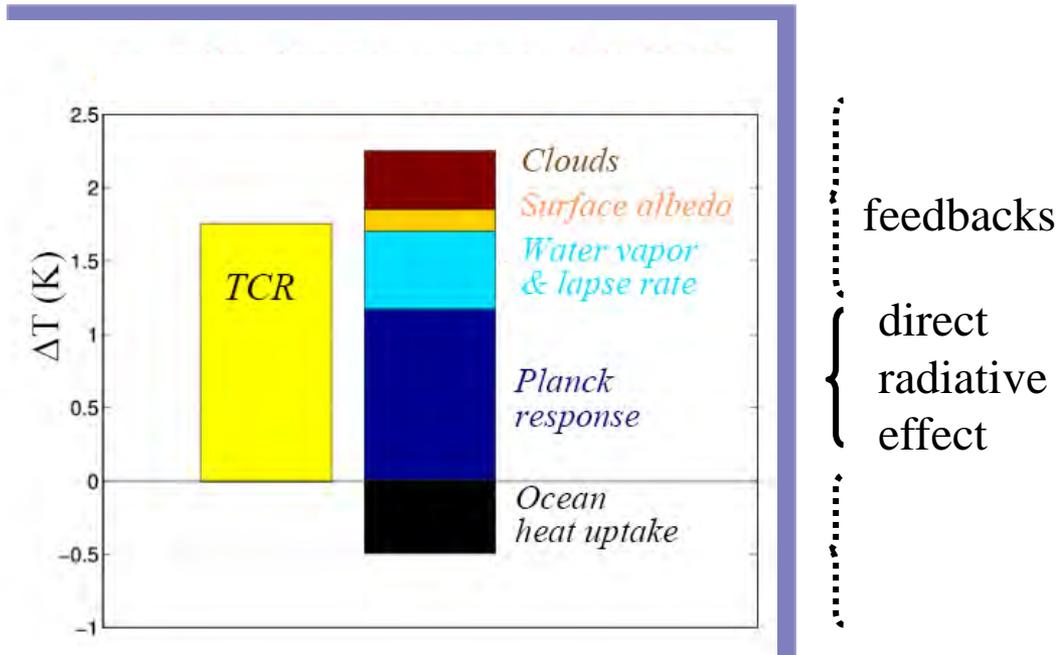


Moderate growth

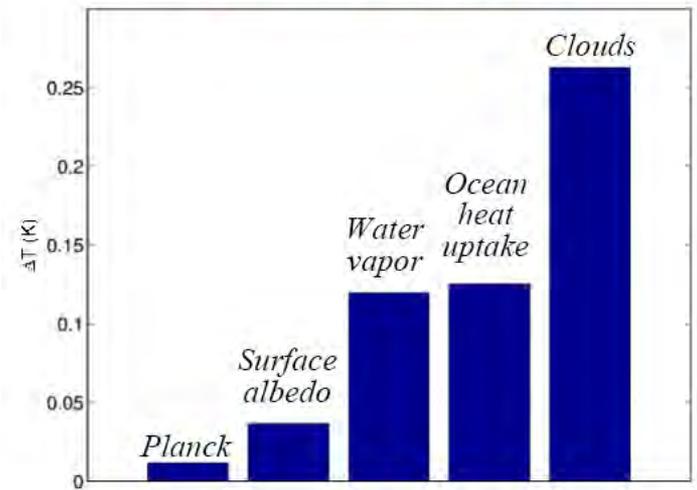


D'où vient la dispersion entre modèles de climat ?

Température moyenne de surface ($2\times\text{CO}_2$)



Dispersion entre modèles ($^{\circ}\text{C}$)

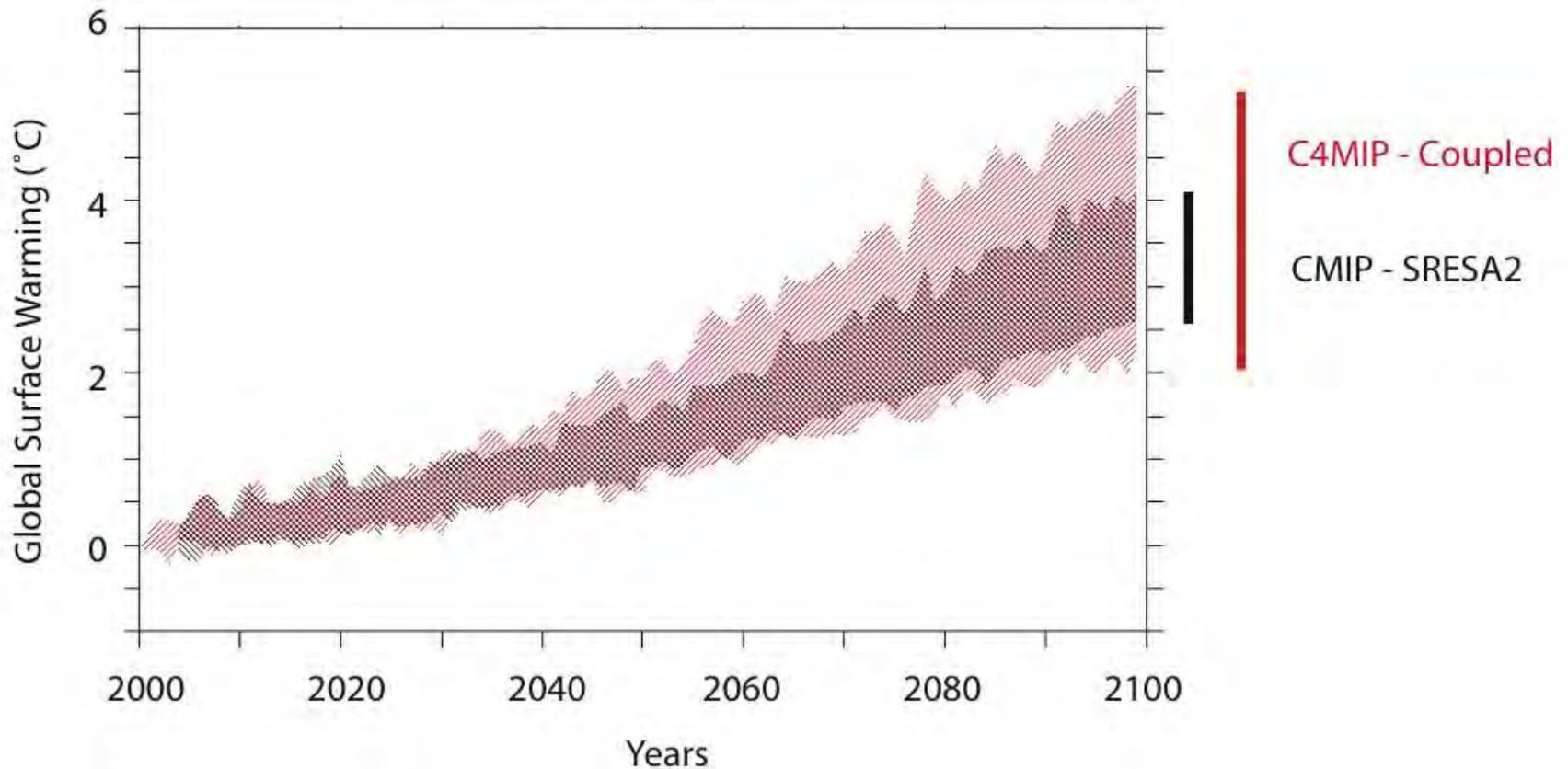


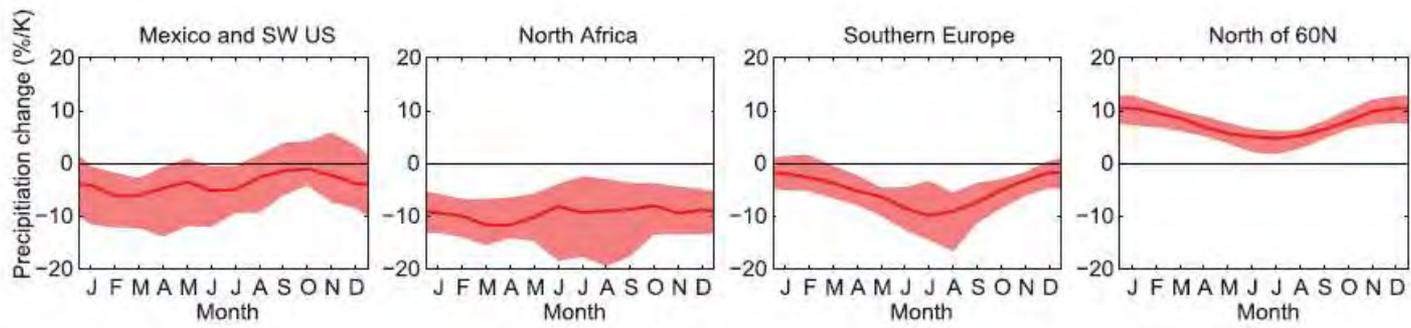
(Dufresne & Bony, 2007)

Rétroactions climat – cycle du carbone

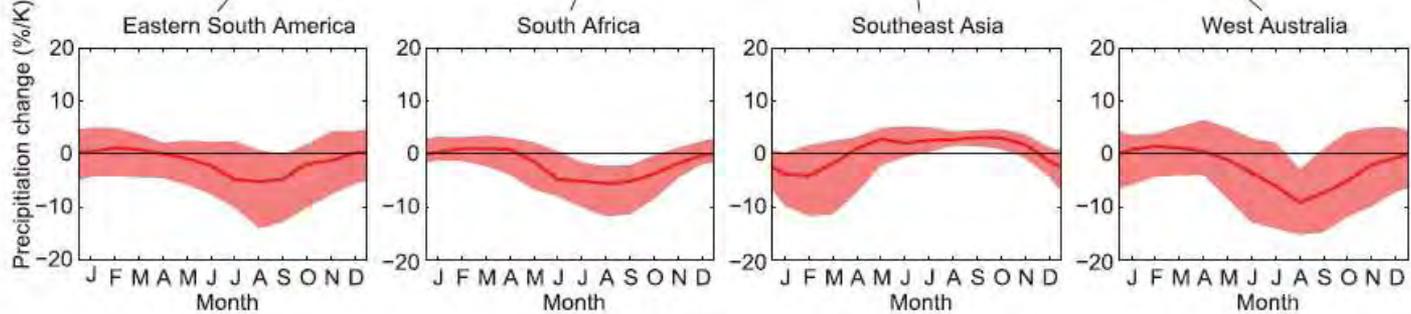
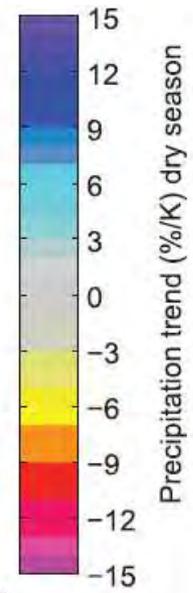
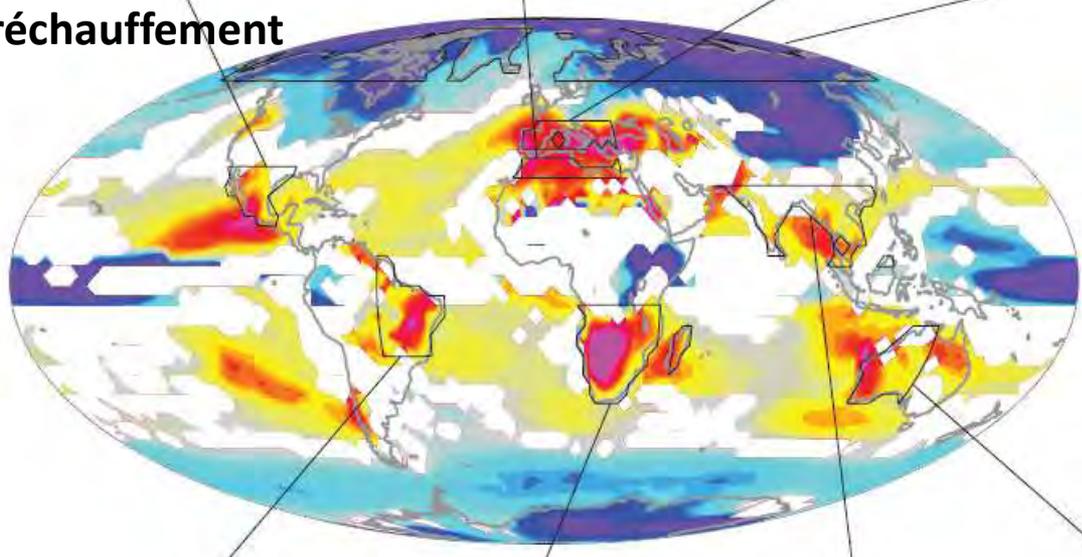
Saturation des puits de carbone : végétation-sols et océan

- Effet de du réchauffement sur la solubilité du gaz
- Effet de la stratification de l'océan sur la pénétration du carbone anthropique





Changement de précipitations (%/K) par °C de réchauffement

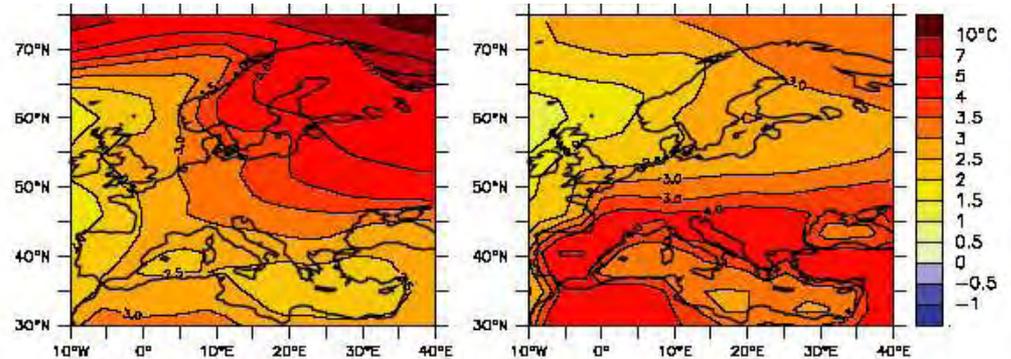


Impacts régionaux

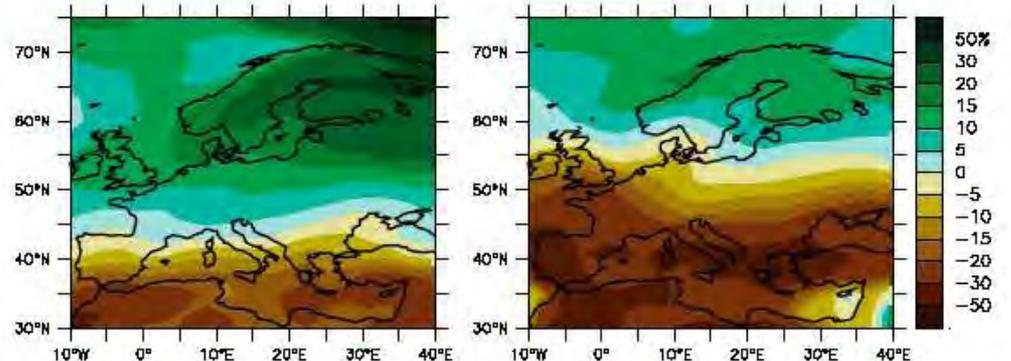
Températures

Hiver

Eté



Précipitations

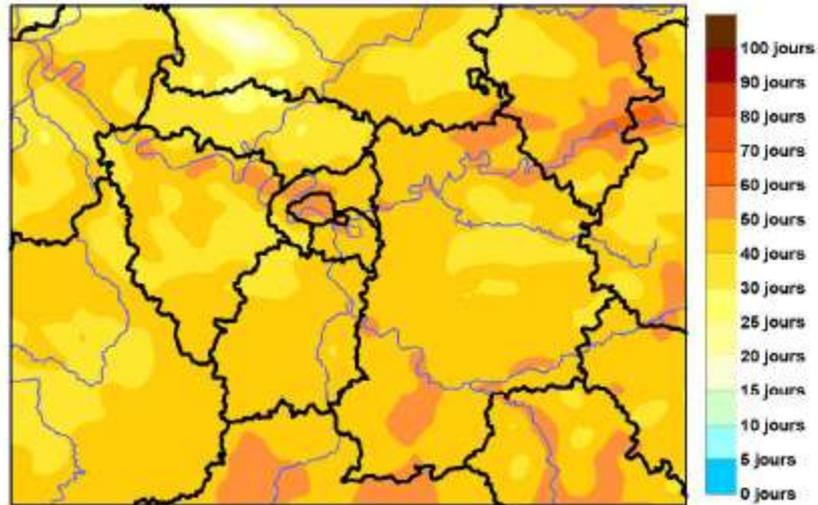


- Augmentation des vagues de chaleur
- Diminution des vagues de froid
- Augmentation du risque de sécheresse
- Augmentation des événements de fortes précipitations

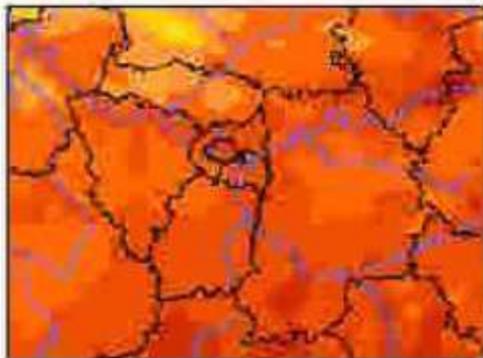
Ile de France – jours de chaleur

Climatologie de référence 1971-2000

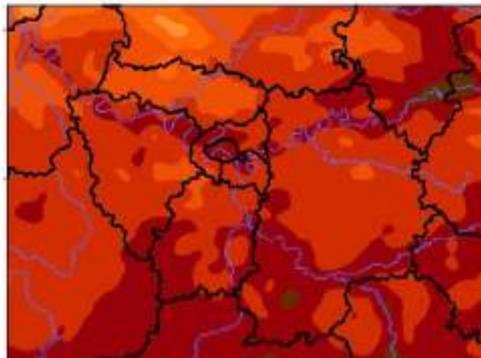
Tmax>25°C



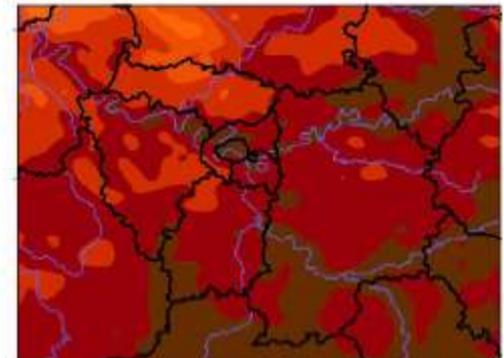
Horizon 2080 – scénario B1



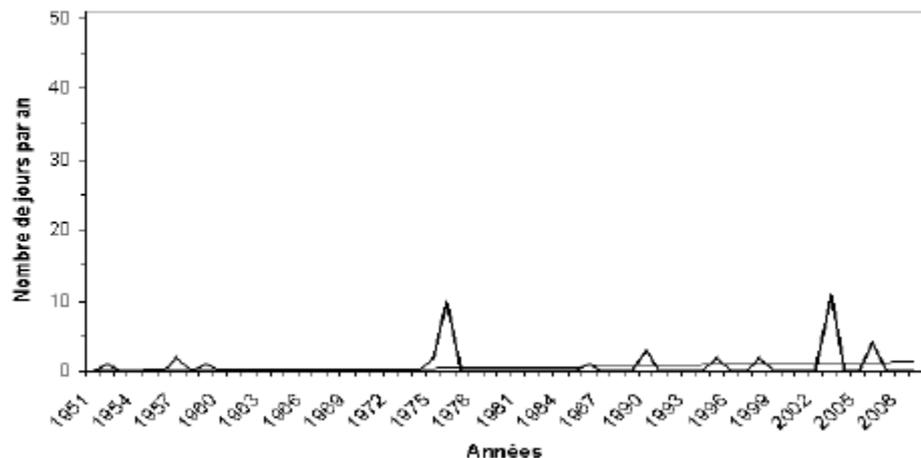
Horizon 2080 – scénario A1B



Horizon 2080 – scénario A2

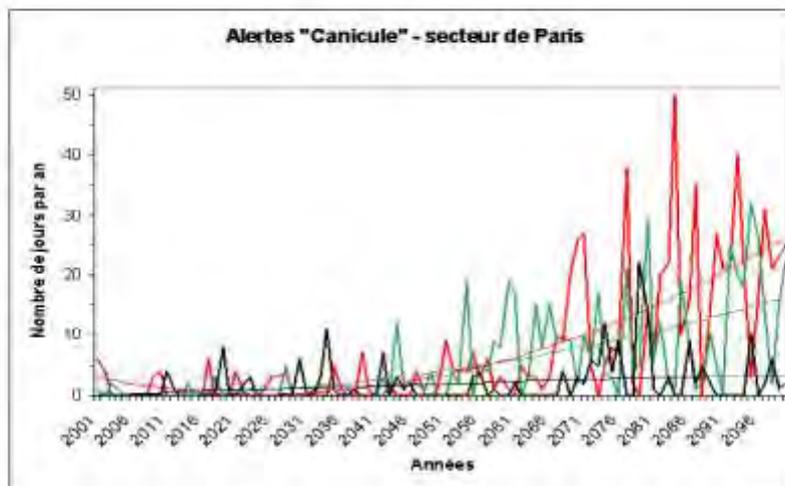


Alertes "Canicule" - Paris-Montsouris



Conséquences sur la qualité de l'air (santé publique)

Alertes "Canicule" - secteur de Paris



Nombre de jours par an pour lesquels les seuils de vigilance orange « canicule » sont franchis (scénario A2 en rouge, scénario A1B en vert et scénario B1 en noir), projeté sur le secteur de Paris par le modèle ARPEGE-Climat sur la période 2001-2100.

PLAN REGIONAL POUR LE CLIMAT

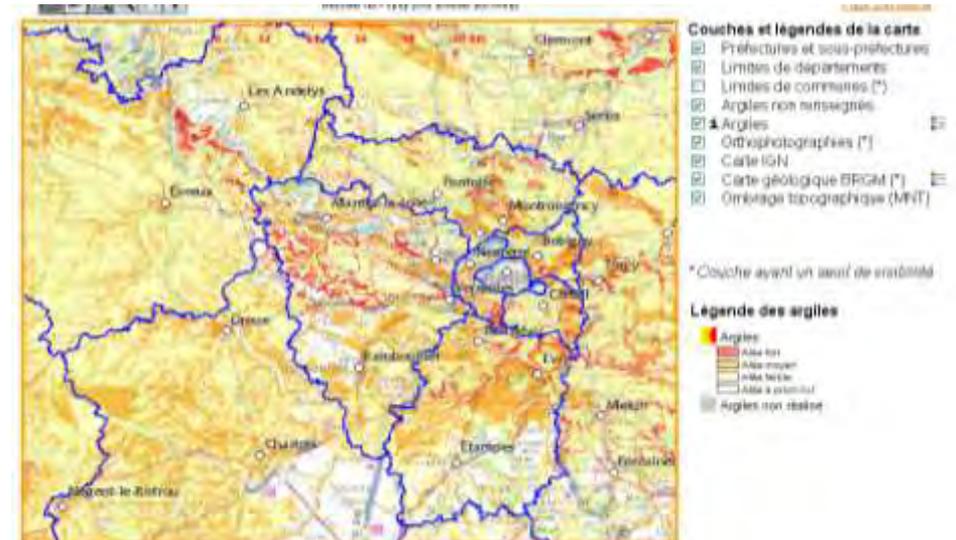
Livre Vert :

État des lieux
des enjeux climatiques

Impacts hydrologiques

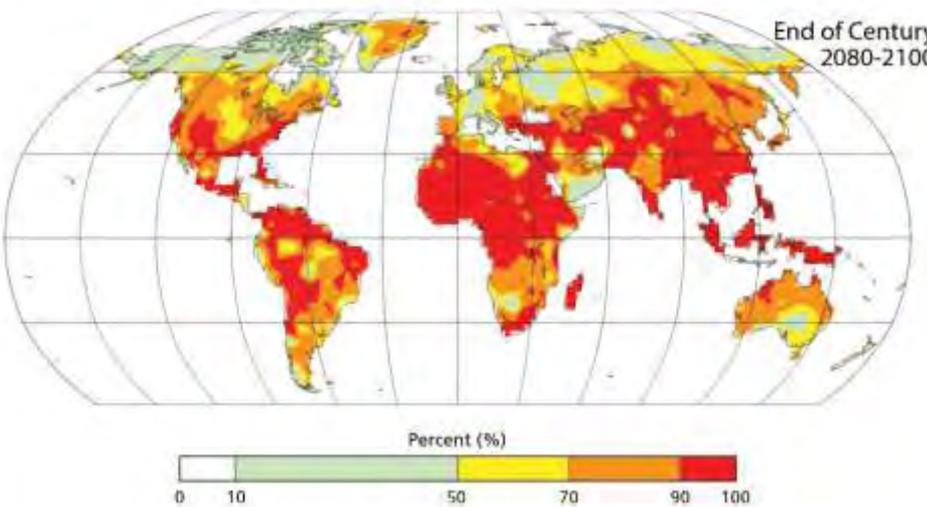
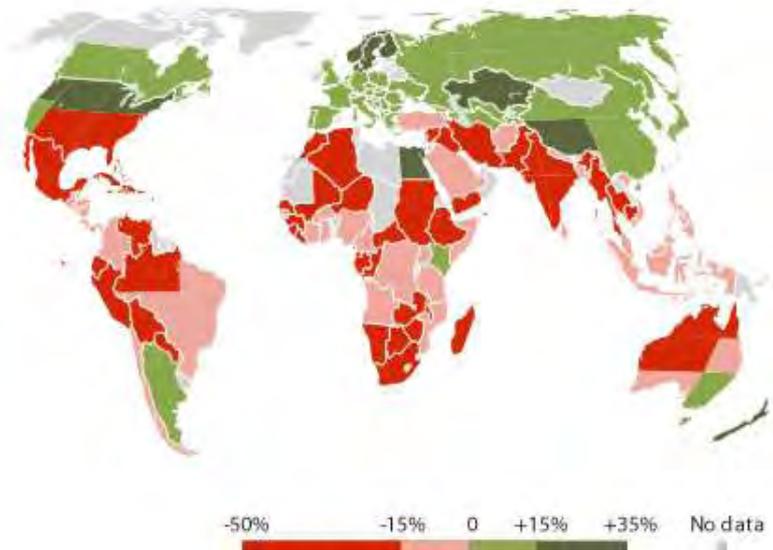
Bassin de la Seine :

- Risque d'assèchement prononcé du Bassin de la Seine au 21^{ème} siècle
- Baisse de l'ordre de 25% de la recharge des nappes
- Baisse des débits moyens en toutes saisons



Changements de productivité agricole (horizon 2080,

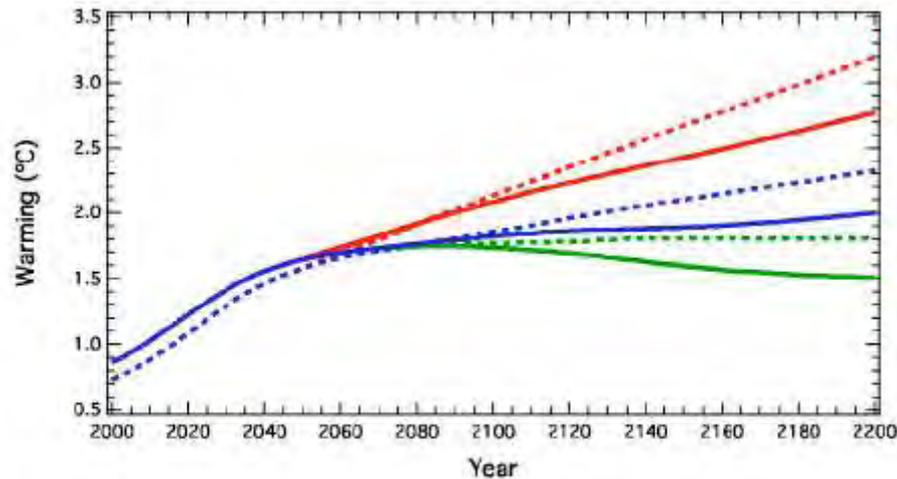
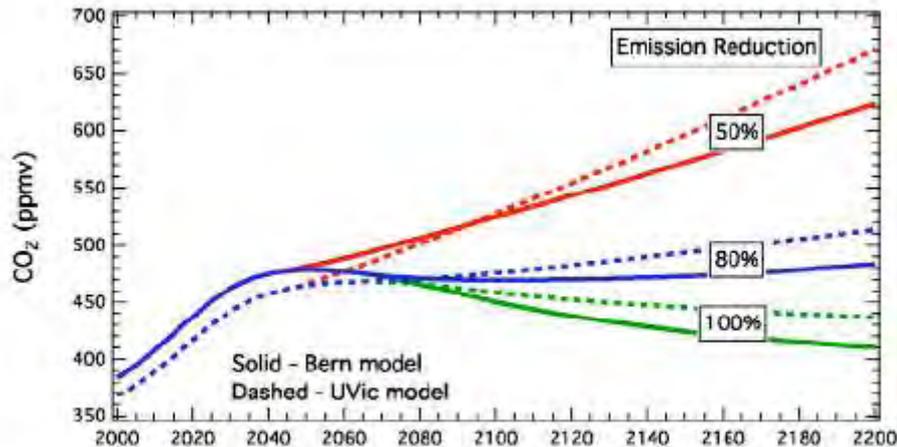
Cline, W. R. 2007



Battisti et al, 2009

Pourcentage d'étés plus chauds que les records (2080-2100)

Irréversibilités

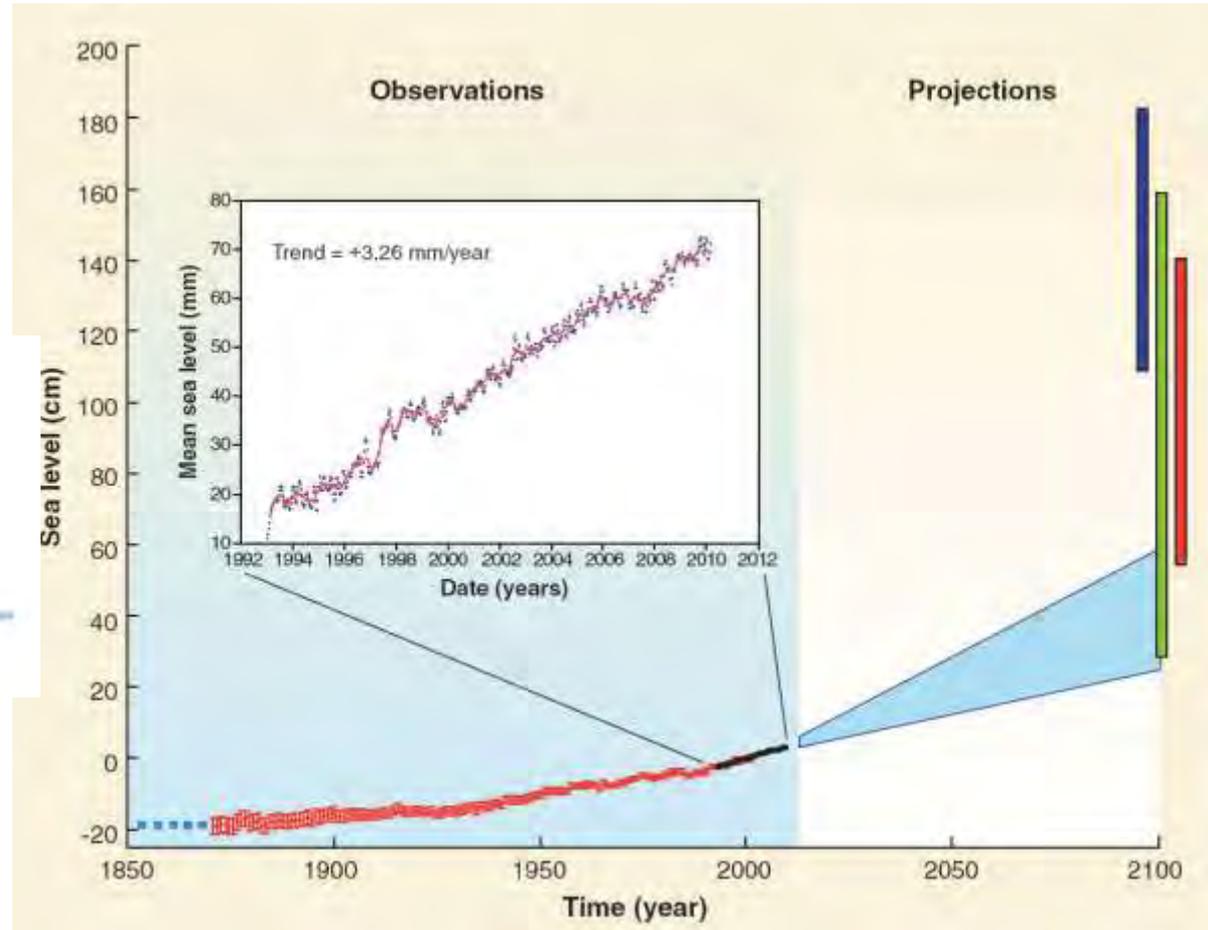
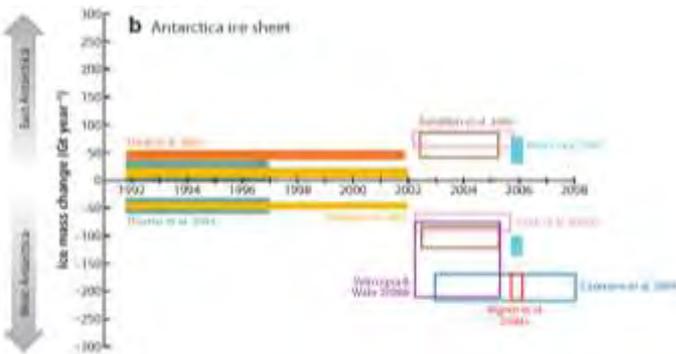
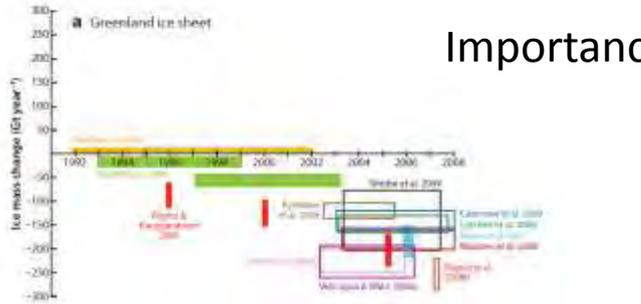


Stabilization Targets, 2010

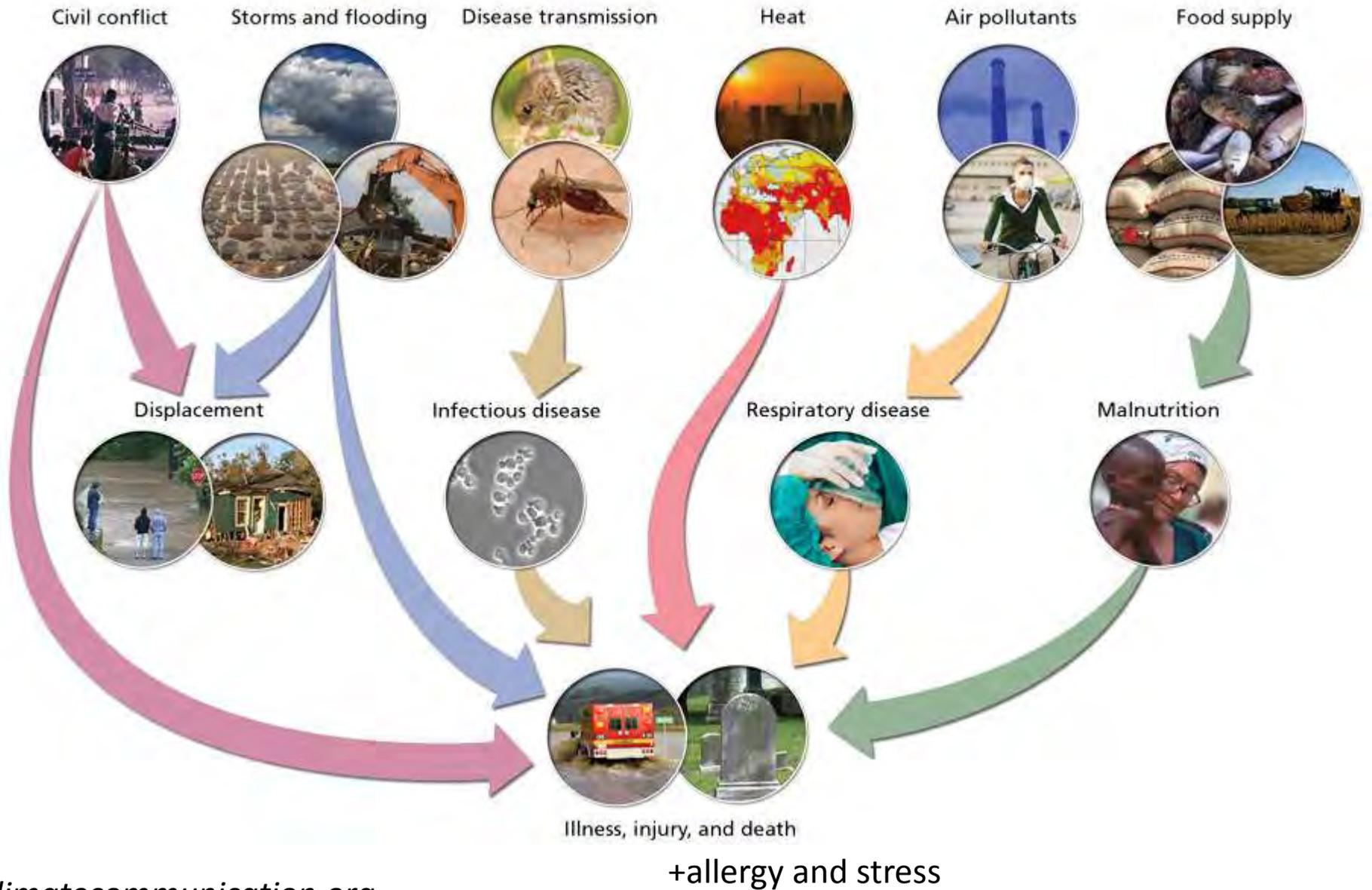
- Pour stabiliser la teneur en CO₂ : réductions majeures (>80%) des émissions
- Changement de température à l'équilibre 2x l'effet transitoire
- Possibilités d'actions à court terme (méthane, carbone suie, aérosols) et à long terme (CO₂)

Niveau des mers

Importance de la contribution des calottes polaires?



Santé publique



Les formidables défis du changement climatique

- **Défis scientifiques**

- comprendre comment fonctionne le climat
- anticiper les risques climatiques et leurs impacts :

prédictabilité à l'échelle de la décennie - couplages avec cycle du carbone, avec cryosphère-écosystèmes et activités humaines – trajectoires à long terme

- **Défis politiques**

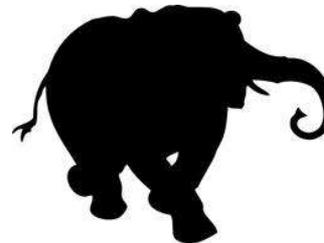
- adaptation
- atténuation (« mitigation »)
- choix de trajectoire : effets irréversibles > 1000 ans pour les émissions de CO₂

- **Responsabilité morale**

- entre pays, entre générations

- **Crispations**

- alarmisme / déni
- opportunités / vulnérabilités
- juste répartition des coûts
- pas de solution simple mais un ensemble de stratégies

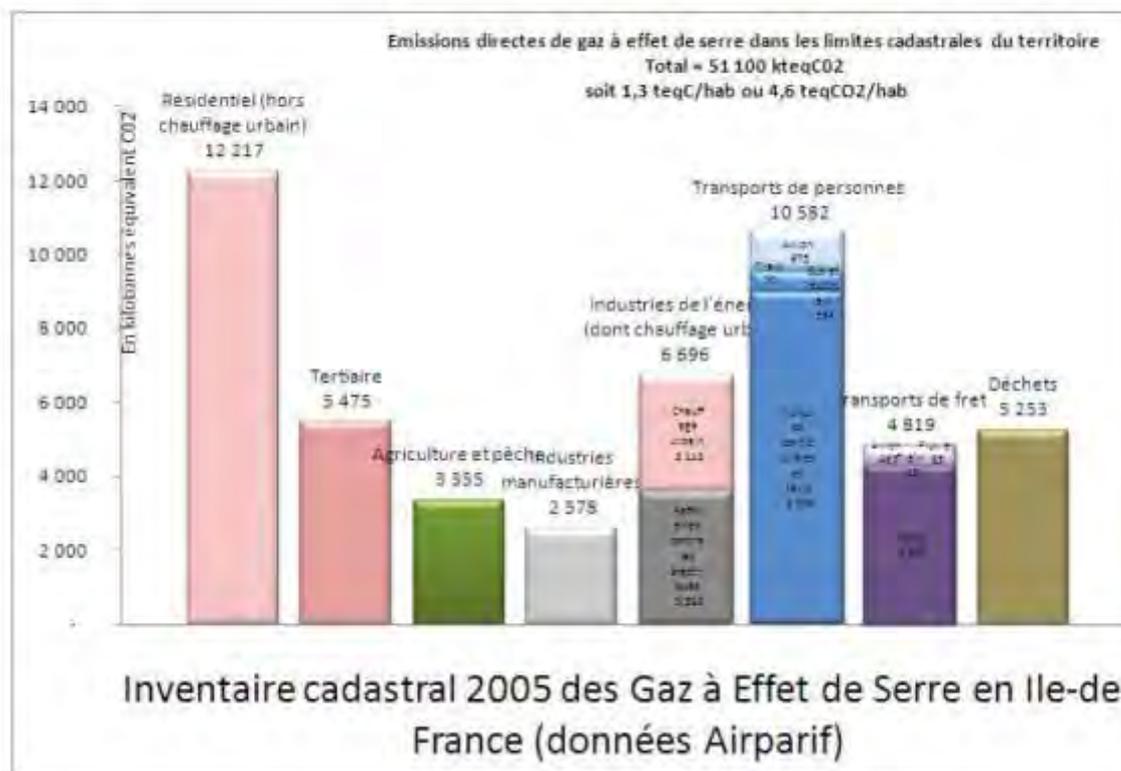


Rapports de synthèse internationaux

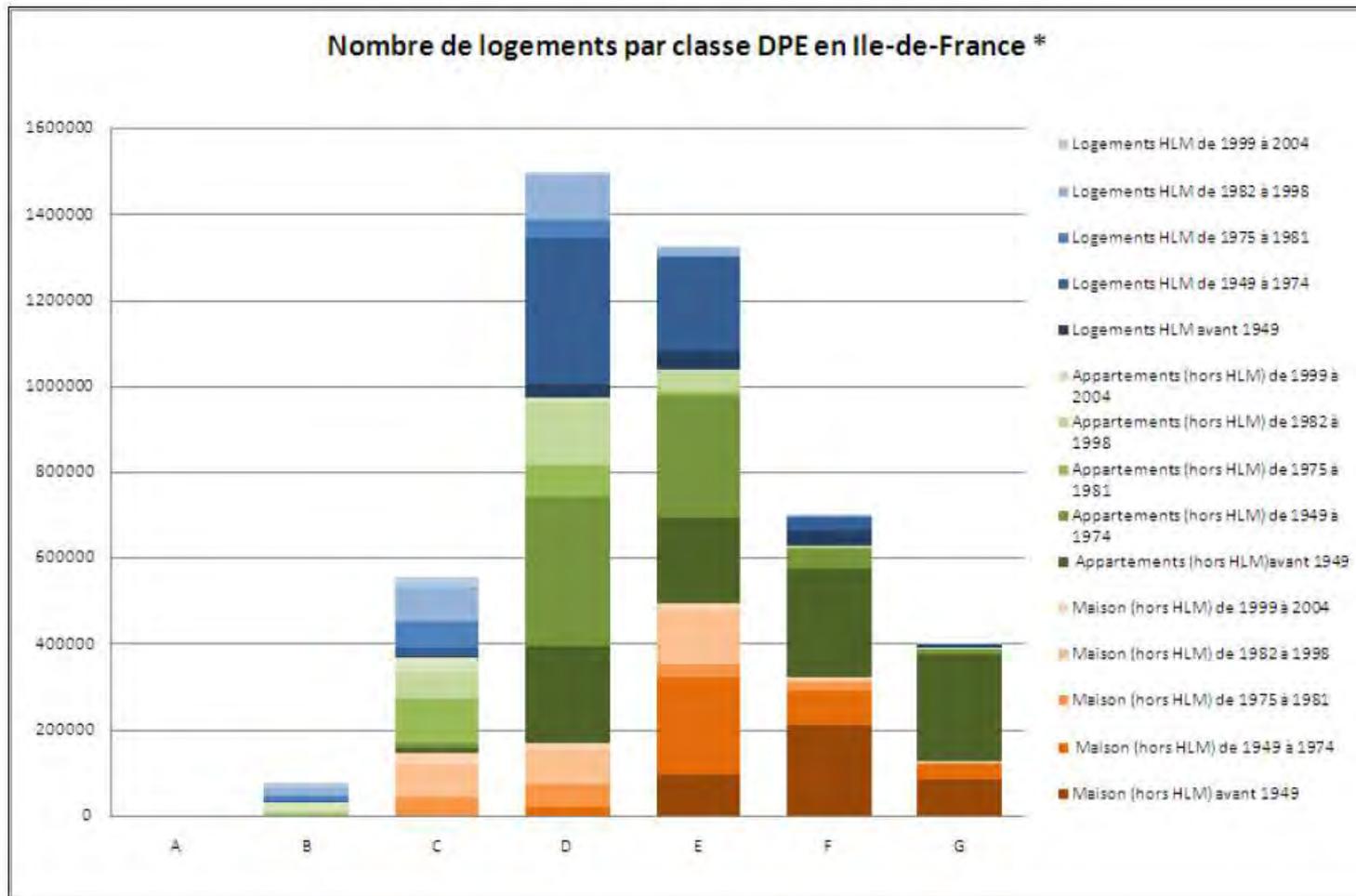
- IPCC AR4 (2007) www.ipcc.ch
- IPCC special report on managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation (Nov 2011)
- IPCC AR5 en préparation
Groupe 1 (Physique du Climat) pour 2013

Spécificités de l'Ile de France

Résultats de l'inventaire cadastral des émissions (sur la base des données Airparif)



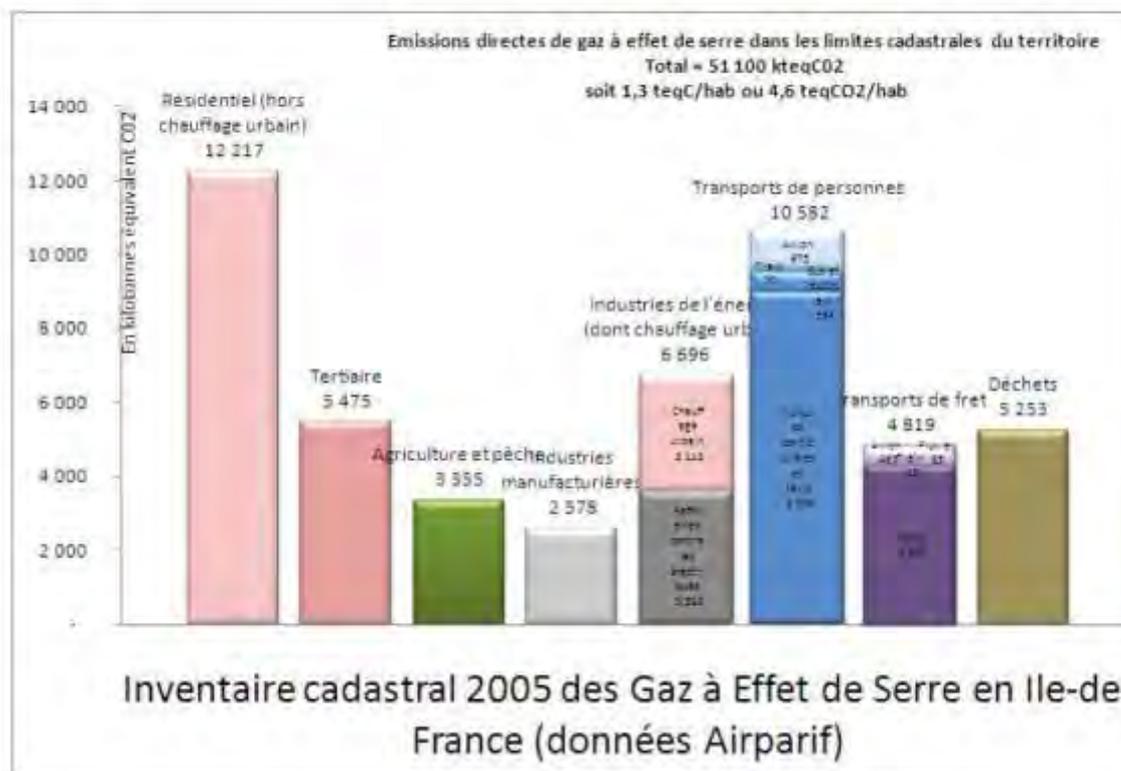
Spécificités de l'Ile de France



Source : IAU, données base Enerter Energies Demain, traitement ICE

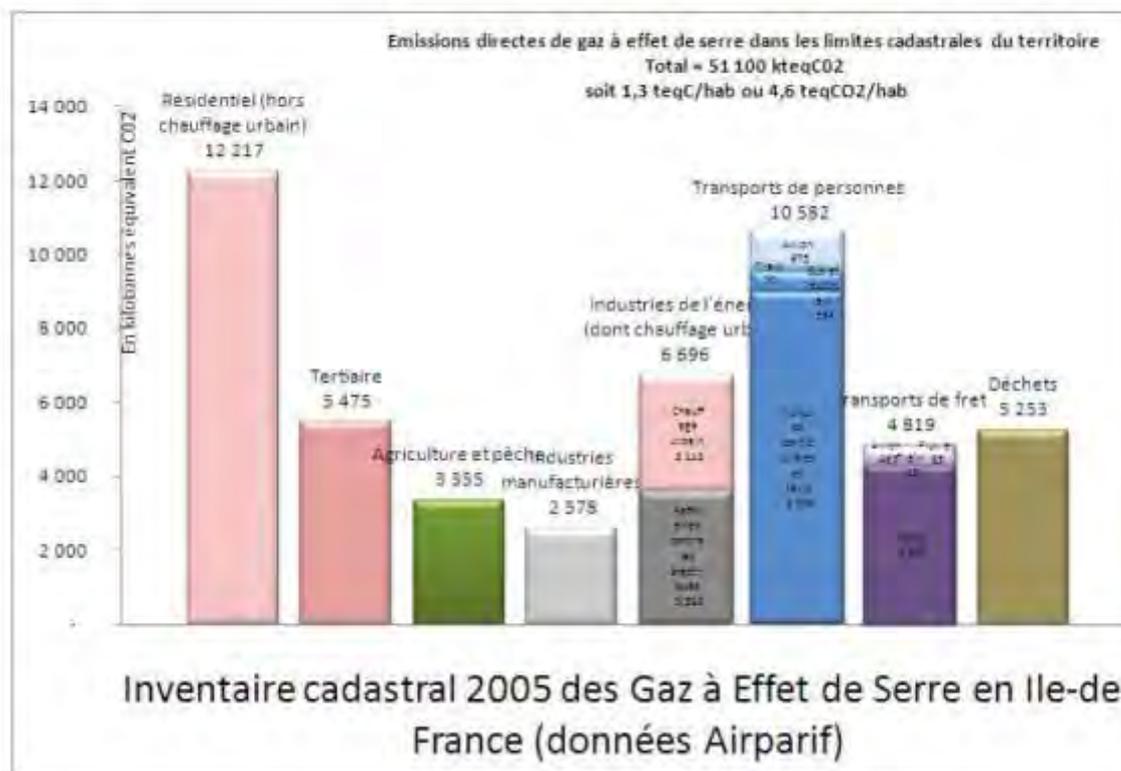
Spécificités de l'Ile de France

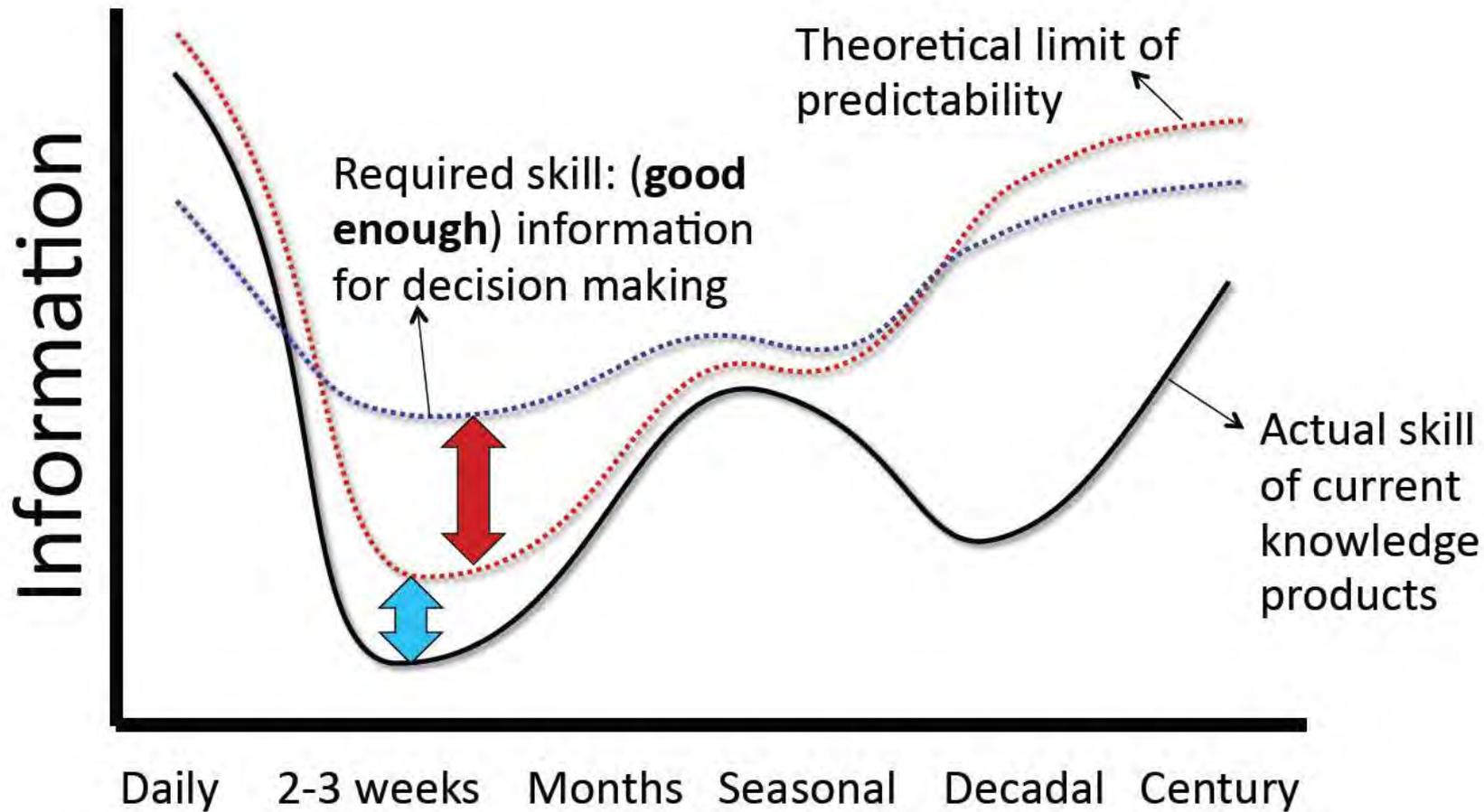
Résultats de l'inventaire cadastral des émissions (sur la base des données Airparif)



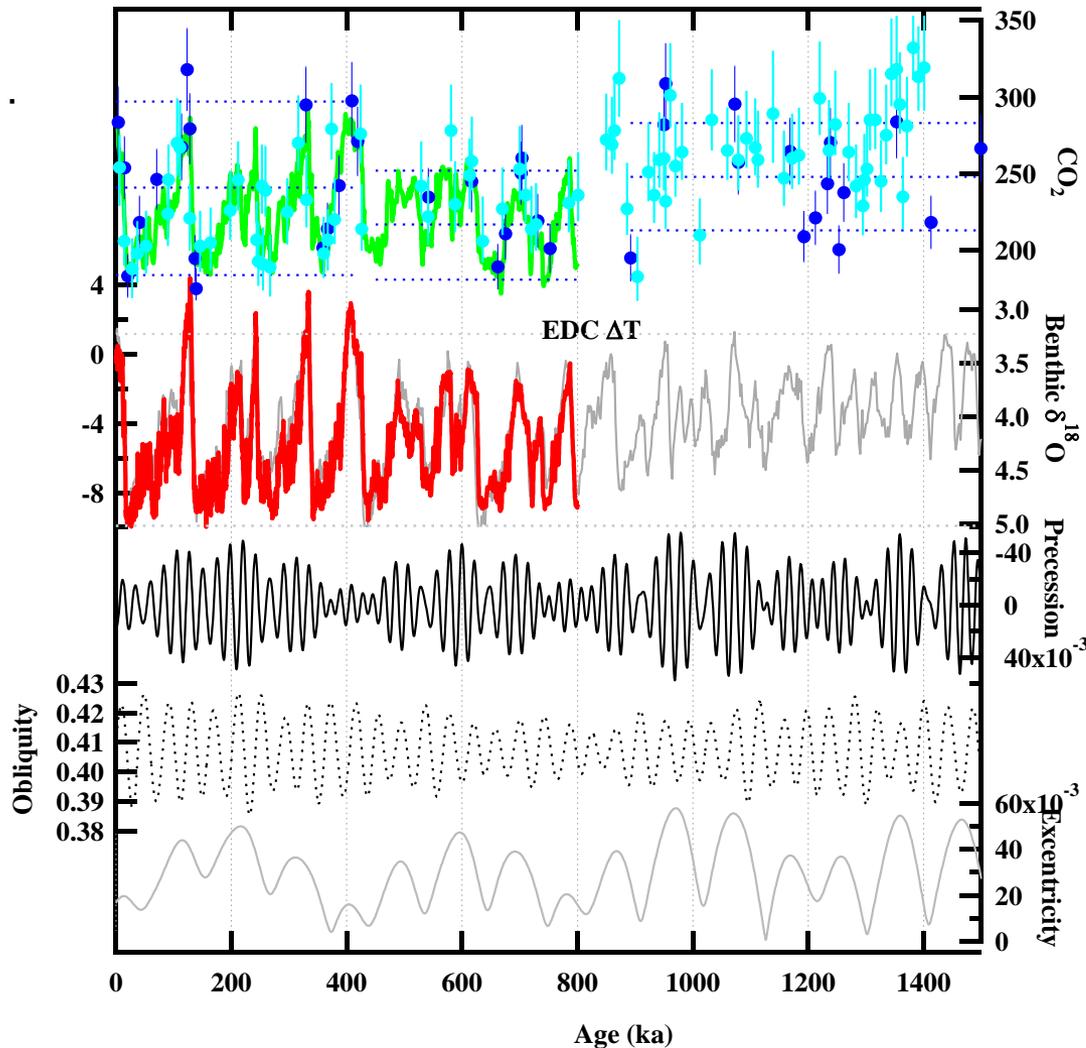
Spécificités de l'Ile de France

Résultats de l'inventaire cadastral des émissions (sur la base des données Airparif)





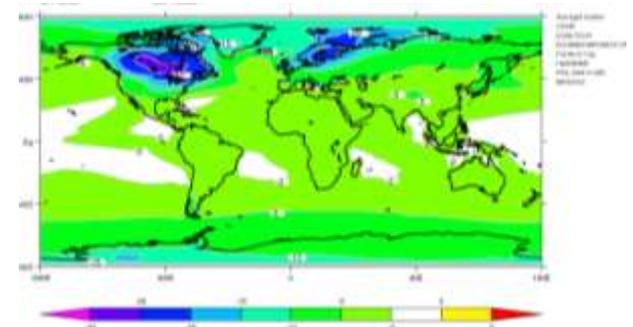
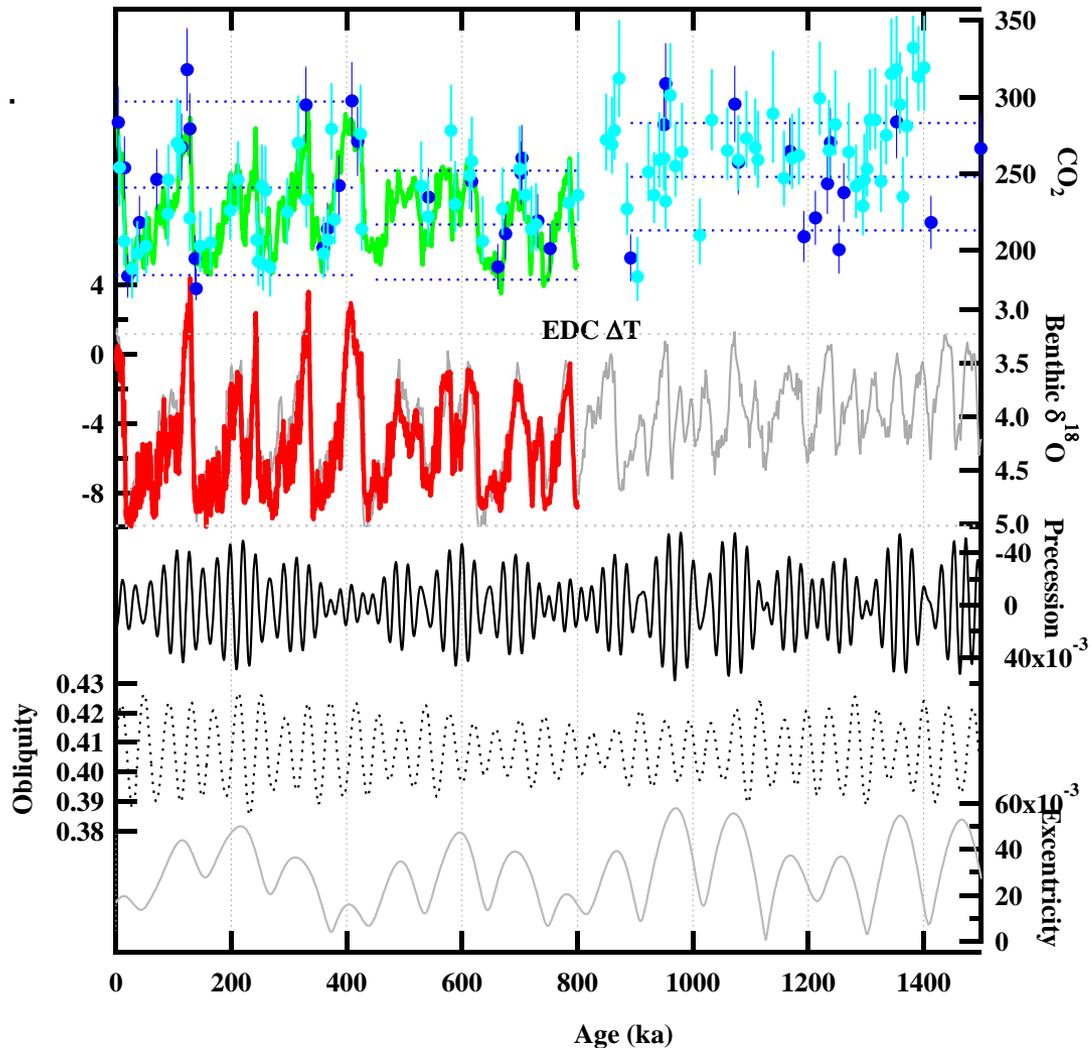
Cycles glaciaires-interglaciaires



- Importance du couplage climat – cycle du carbone

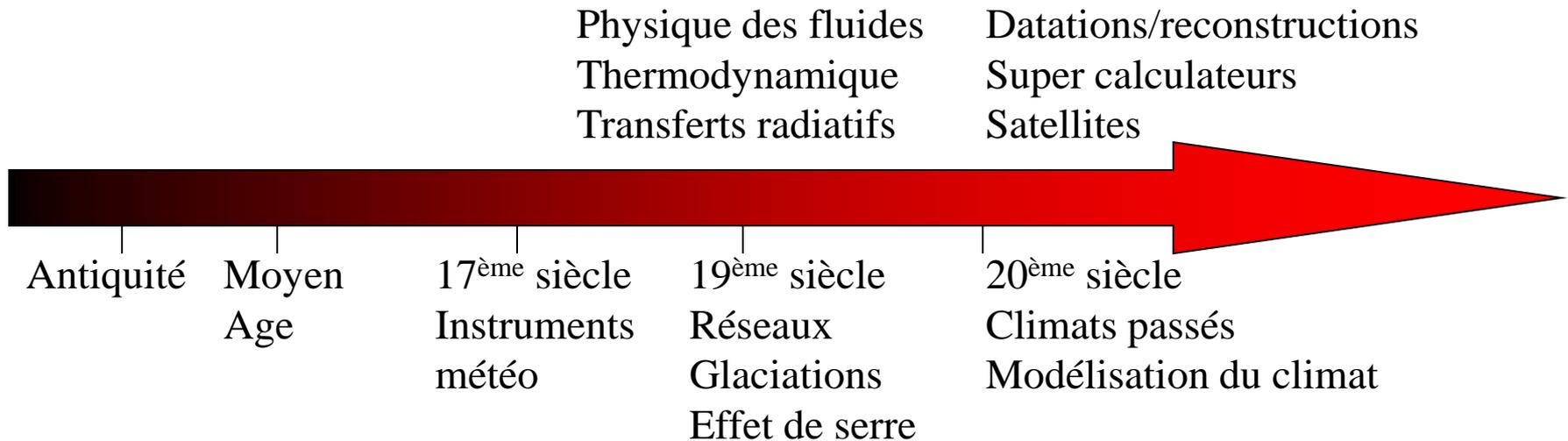


Cycles glaciaires-interglaciaires



- Au premier ordre, sensibilité des modèles de climat correcte (sous estimation de l'amplitude)

Histoire des sciences du climat



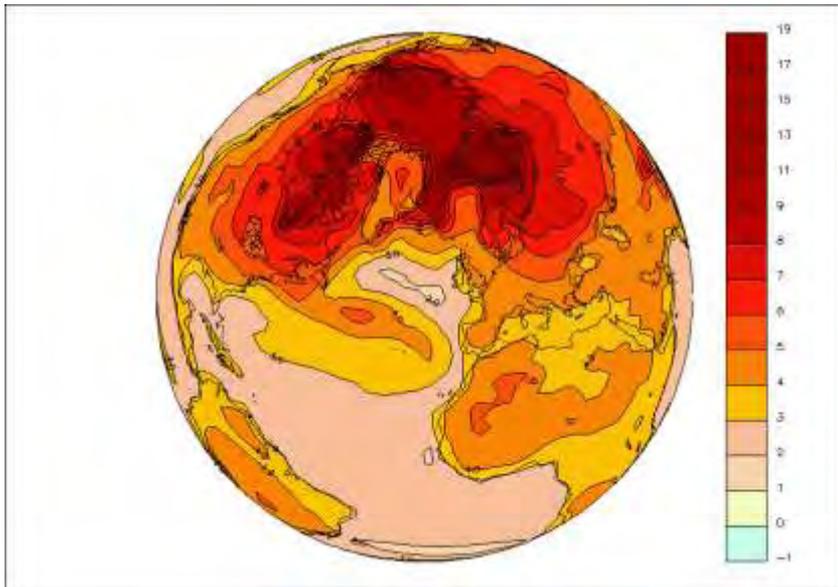
« De même que l'hiver survient dans les saisons de l'année, ainsi, au cours d'une longue période de temps survient un grand hiver [...]. [Ces phénomènes] se produisent si progressivement et si graduellement et pendant des périodes de temps si longues par rapport à notre vie, qu'ils passent inaperçus, et, avant qu'on puisse les enregistrer du début à la fin, des nations entières périssent ou sont détruites. »

Aristote, Grèce, 340 av. J.C. (les Météorologiques)

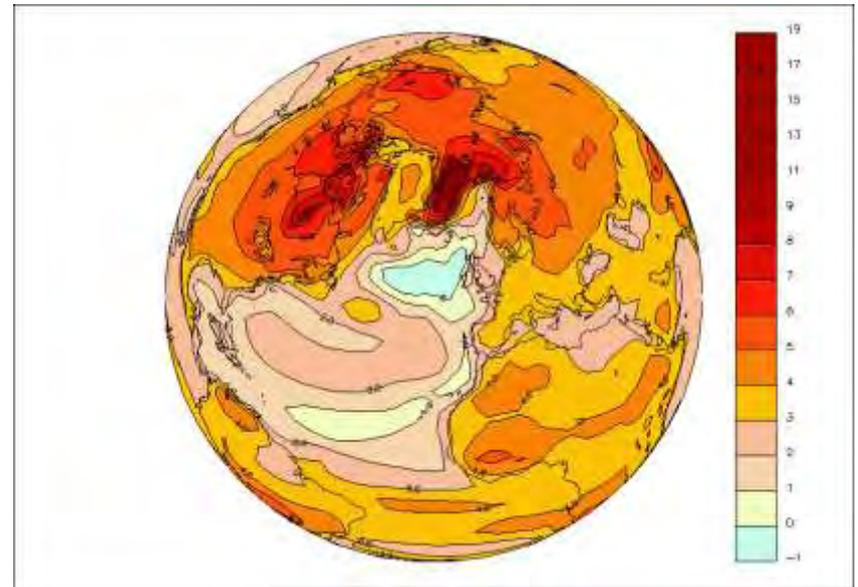
Irréversibilités

Doublement de la concentration atmosphérique en CO₂, pendant 500 ans

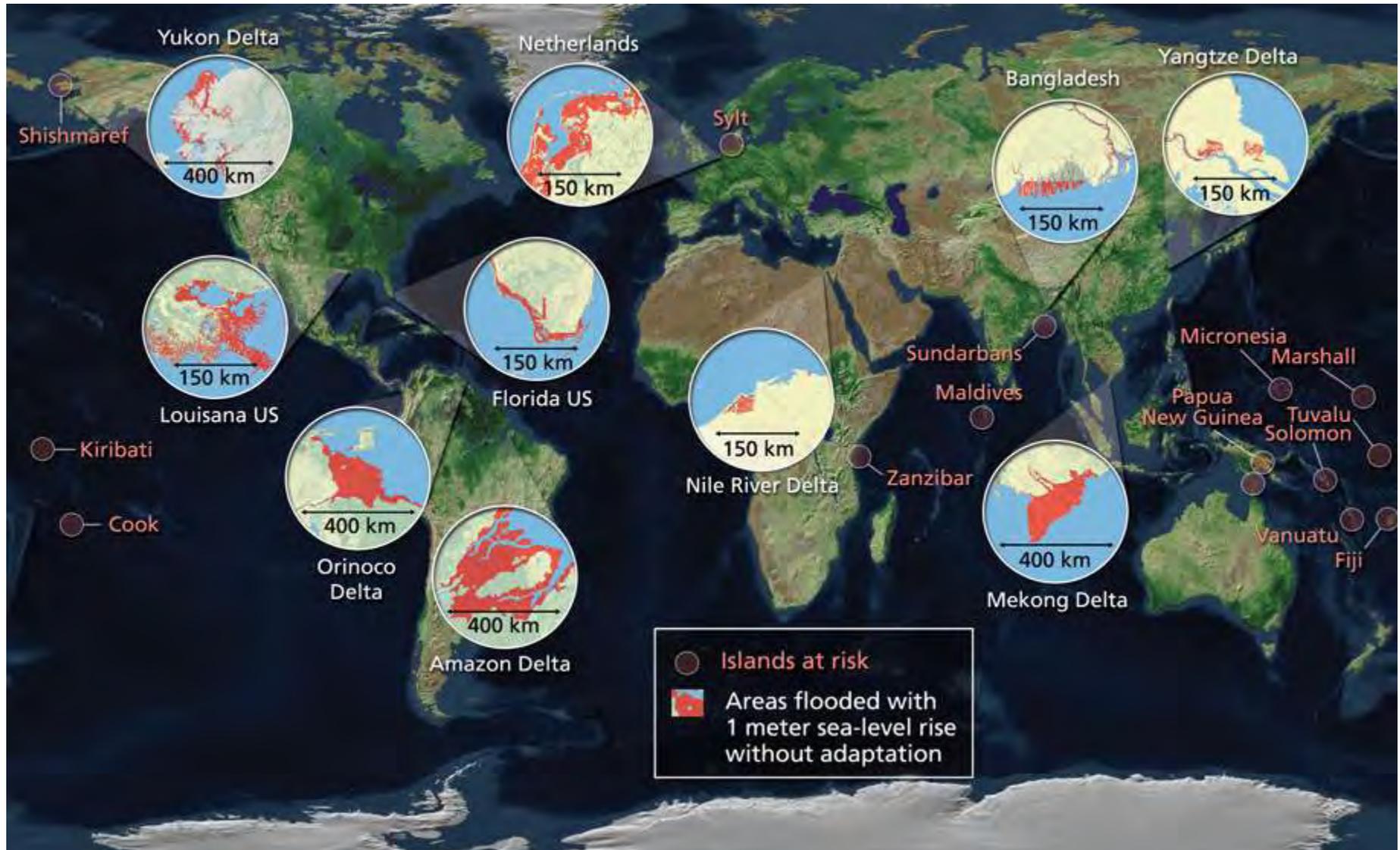
Sans fonte du Groenland
Global : +3.4°C



Avec fonte du Groenland (~50%)
Global : +3.1°C



Niveau des mers et zones côtières



Les projections climatiques dans le contexte de l'histoire du climat

- Concentration en CO₂ : pas d'analogue
 - niveau actuel (390 ppmv): cf Pliocène (il y a 3 millions d'années)
 - futur (> 500 ppmv) : cf Crétacé
- Projections de réponse du climat
 - sans précédent pendant la période interglaciaire actuelle
 - amplitude comparable au changement glaciaire-interglaciaire
 - mais brutal (>50 fois plus rapide au niveau global)

Impacts

Permafrost Thaws



Glaciers Melt



Drought Increases



Fire Increases



Pests Expand



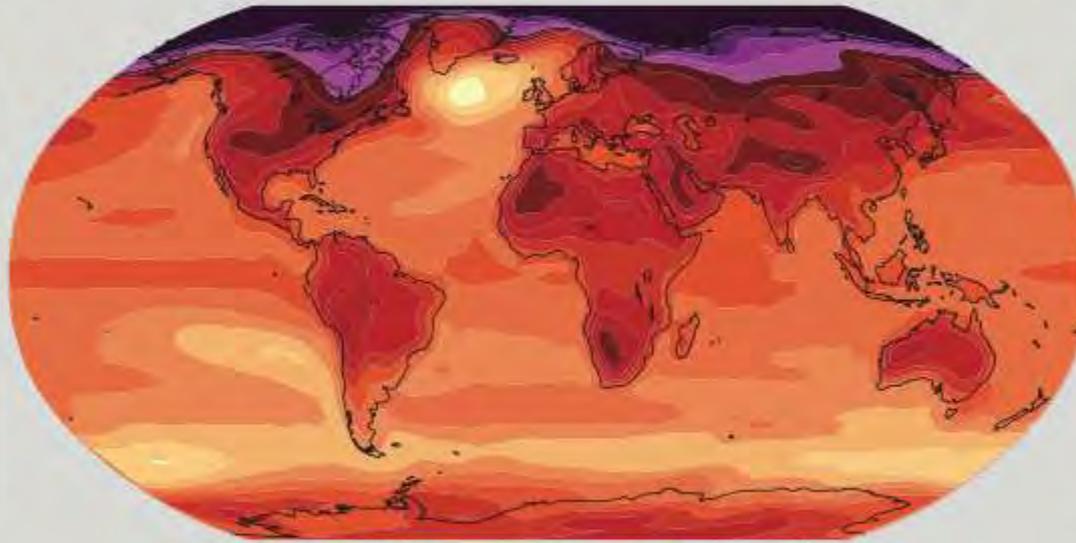
Diseases Increase



Flooding Increases



Sea Level Rises



0 1 2 3 4 5 6 7 (°C)

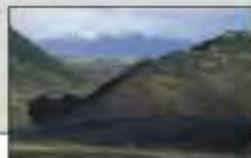
Snow Cover Declines



Forests Change



Storms Intensify



Ecosystems Shift



Species Decline



Agriculture Changes



Refugees Increase



Famine Spreads

Les défis des politiques publiques

L'adaptation

L'atténuation



- ▶ **Schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie:**
 - cohérence de l'action territoriale :
 - lutte contre l'effet de serre et la pollution atmosphérique
 - orientations de développement des énergies renouvelables
 - promotion de l'efficacité énergétique
 - adaptation au changement climatique

Plans Climat-Energie Territoriaux (PCET)

Impacts pour la France

Ressources en eau

Risques naturels et assurances

Biodiversité

Santé

Agriculture

Forêt

Energie

Tourisme

Infrastructures routières

Territoires

Déficit potentiel : 2 Mds de m³ à horizon 2050

Etiages plus précoces et plus sévères

Zones les plus touchées : déjà en situation délicate



Impacts pour la France

Ressources en eau

Risques naturels et assurances

Biodiversité

A horizon 2100 : dizaines de milliers de logements exposés au risque de submersion marine rien que dans le Languedoc-Roussillon

Santé

Coûts annuels du gonflement des argiles : pourrait être multiplié par 3 à 6

Agriculture

Incertitude sur les inondations de débordement

Forêt

Energie

Tourisme

Infrastructures routières

Territoires



Impacts pour la France

Ressources en eau

Risques naturels et assurances

Biodiversité

Santé

Ensemble de pressions subies par les écosystèmes

Agriculture

Risques de pertes économiques liées aux services écosystémiques

Forêt

Energie

Tourisme

Infrastructures routières

Territoires



Impacts pour la France

Ressources en eau

Risques naturels et assurances

Biodiversité

Santé

Fréquence accrue de vagues de chaleur

Agriculture

Qualité de l'air

Forêt

Energie

Tourisme

Infrastructures routières

Territoires



Impacts pour la France

Ressources en eau

Impacts des vagues de chaleur sur le blé

Risques naturels et assurances

Hausses de rendement pour les grandes cultures mais risques liés à la variabilité climatique

Biodiversité

Santé

Pertes à horizon 2050 pour les prairie de zone péri méditerranéenne

Agriculture

Forts impacts sur la viticulture : disparités, risques de baisse de la qualité des vins

Forêt

Energie

Tourisme

Infrastructures routières

Territoires



Impacts pour la France

Ressources en eau

Risques naturels et assurances

Biodiversité

Aggravation de l'aléa « feux de forêts »

Santé

Compensations possibles entre productivité et impacts des aléas (sécheresses, dépérissement) d'ici à 2050

Agriculture

Au-delà de 2050, effets défavorables

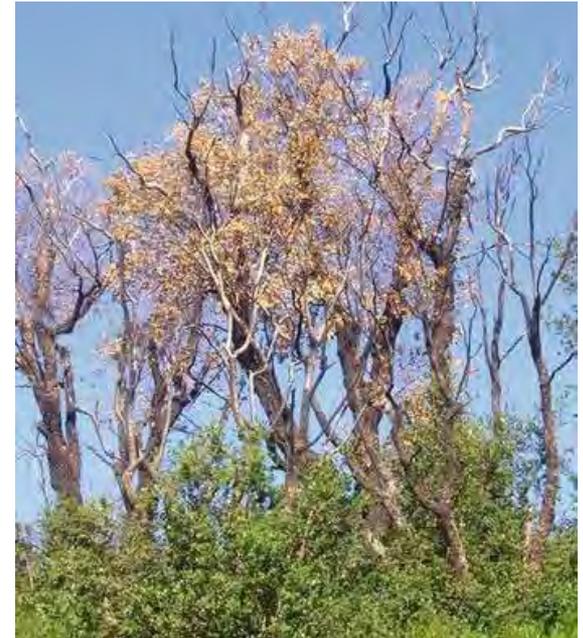
Forêt

Energie

Tourisme

Infrastructures routières

Territoires



Impacts pour la France

Ressources en eau

Risques naturels et assurances

Biodiversité

Santé

Baisse de la demande en hiver, hausse en été : -3% (mais pourrait diminuer de moitié avec le développement spontané de la climatisation)

Agriculture

Forêt

Baisse de la production hydroélectrique (~15%)

Energie

Tourisme

Infrastructures routières

Territoires



Impacts pour la France

Ressources en eau

Risques naturels et assurances

Biodiversité

Santé

Agriculture

Forêt

Energie

Tourisme

Infrastructures routières

Territoires



Fiabilité de l'enneigement : stations < 1500 m pourraient ne plus être viables

Dégradation confort climatique en été, baisse de l'attractivité touristique : chiffre d'affaire exposé très important

Impacts pour la France

Ressources en eau

Risques naturels et assurances

Biodiversité

Santé

En cas de montée du niveau des mers d'environ 1 mètre : risque de submersion, coût pour la métropole estimé à 2 Mds €

Agriculture

Forêt

Energie

Tourisme

Infrastructures routières

Territoires



Impacts pour la France

Ressources en eau

Risques naturels et assurances

Biodiversité

Santé

Agriculture

Forêt

Energie

Tourisme

Infrastructures routières

Territoires

Des réfugiés climatique?

**En France : Côtes? Moyenne montagne? Outre-Mer?
Migrants de pays du Sud?**

Impacts pour la France

Ressources en eau

Risques naturels et assurances

Biodiversité

Santé

Agriculture

Forêt

Energie

Tourisme

Infrastructures routières

Territoires

Hétérogénéités des impacts pour les territoires et les individus

Temps nécessaire pour l'apprentissage de la vulnérabilité

Importance de l'information, la sensibilisation et la mobilisation

