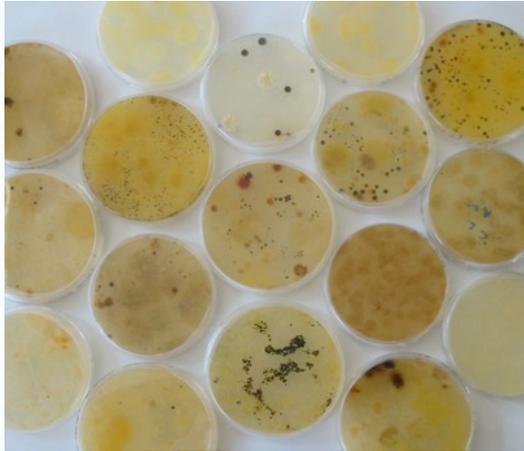


Principes de la prévision des modèles de climat et méthodes d'évaluation

Didier Swingedouw
didier.swingedouw@u-bordeaux.fr

Observer et reconstruire le climat



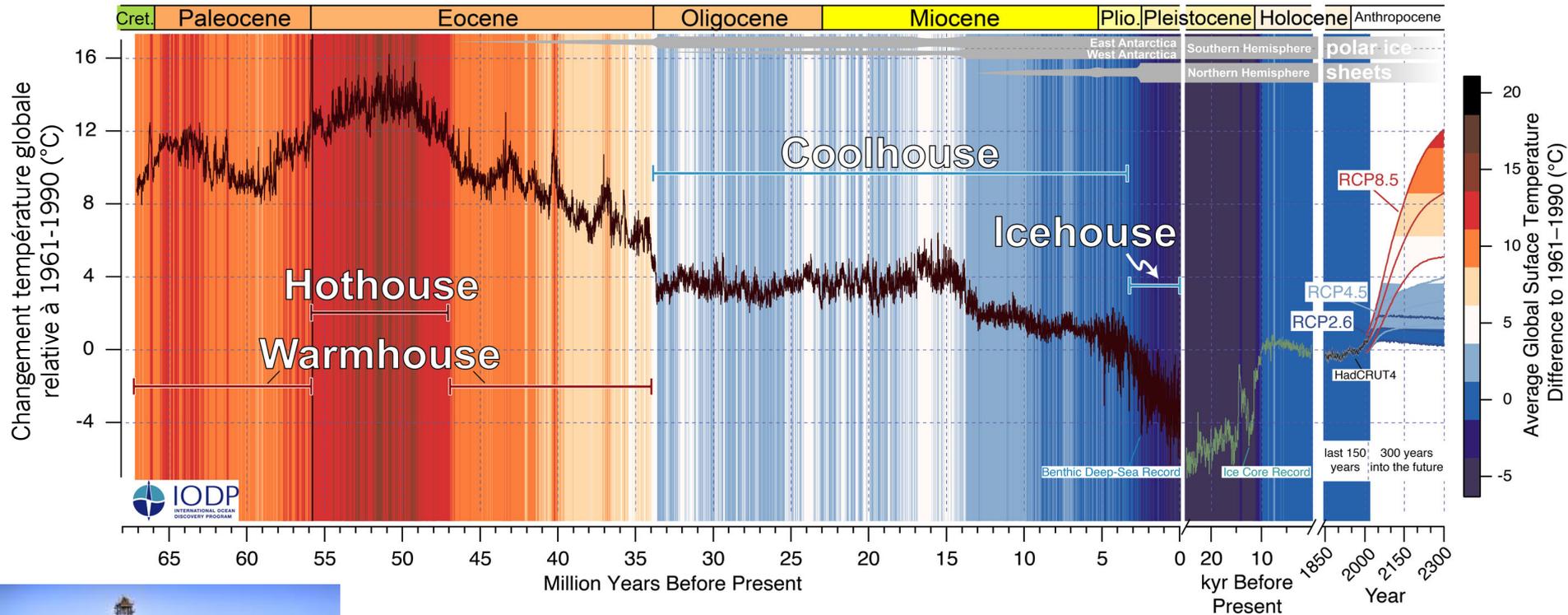
La Terre dans une
boite de Petri ?



Reconstruction indirecte du climat à l'aide de *proxy* (par procuration)



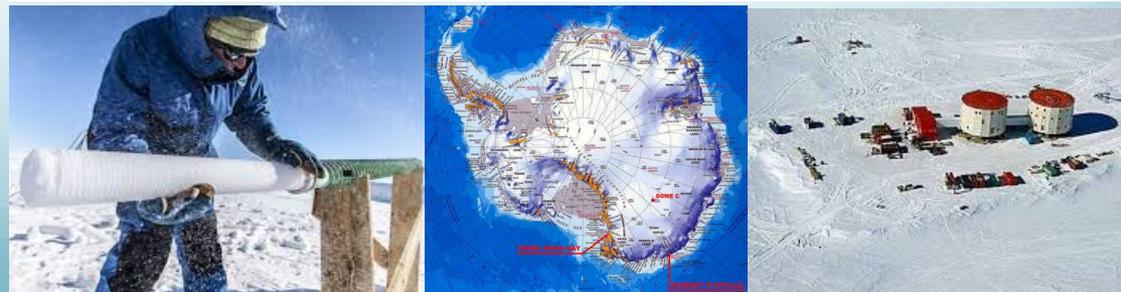
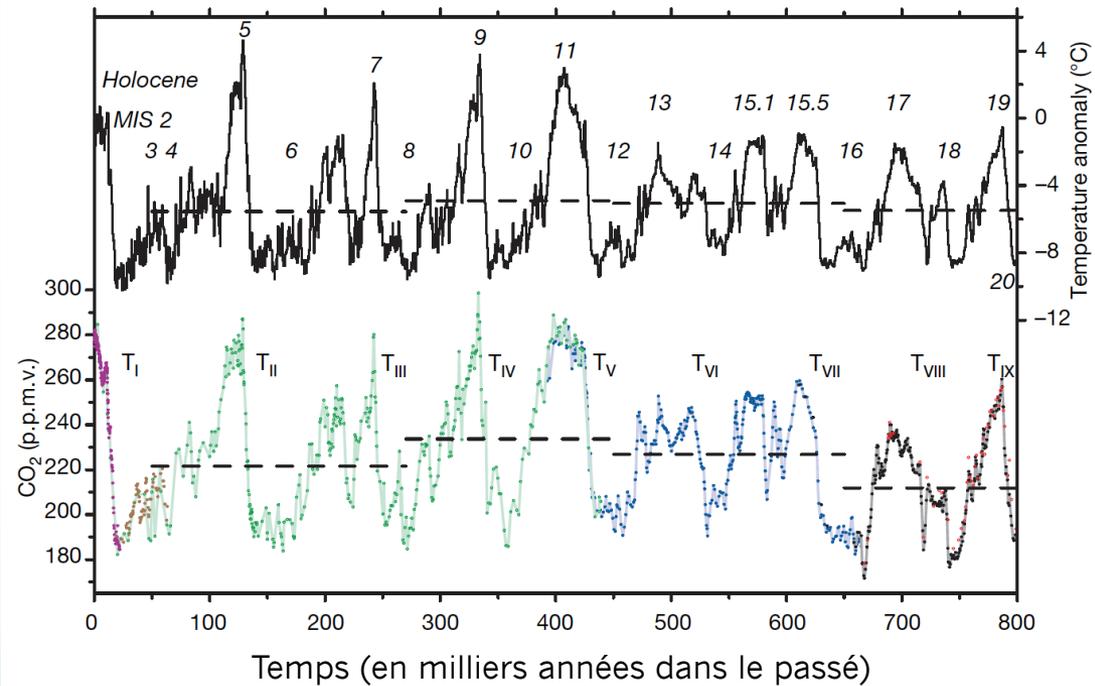
Le climat a toujours changé !



Les cycles glaciaires-interglaciaires

- Comparer la simulation des climats passés par les modèles (PMIP4) avec les reconstructions
- Pour sélectionner les plus performants et ainsi diminuer l'incertitude future (?)

Variations enregistrées dans les carottes antarctique
(Concordia Dome C, [Luthi et al., Nature 2008](#))



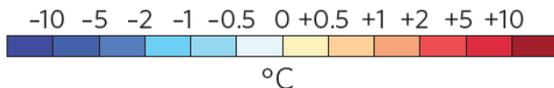
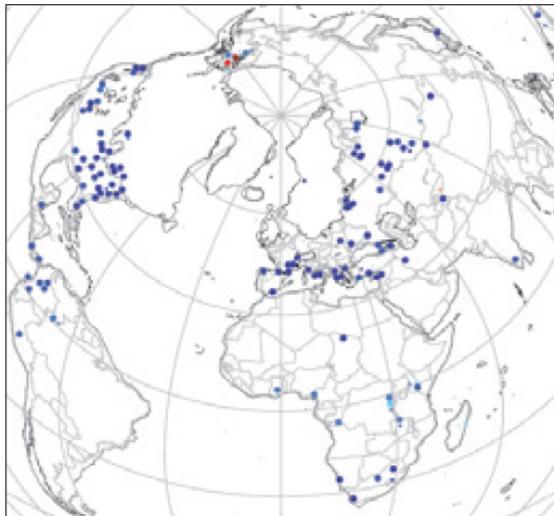
Paleoclimate Modelling

PMIP
Intercomparison Project 4

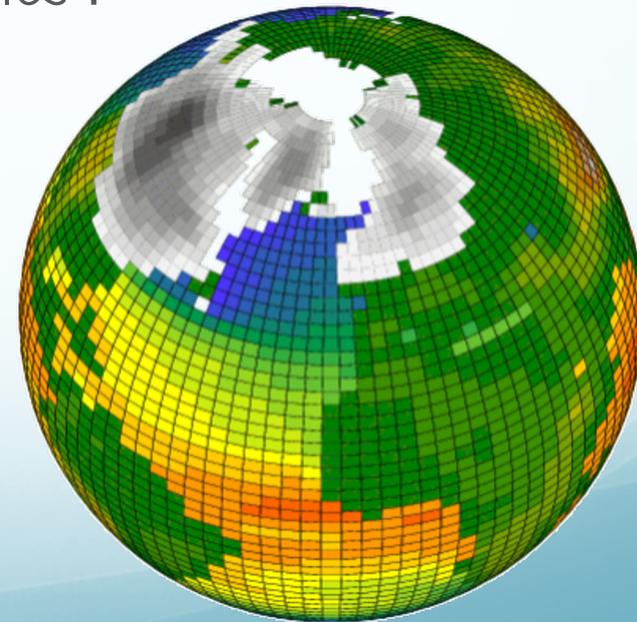
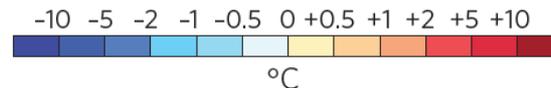
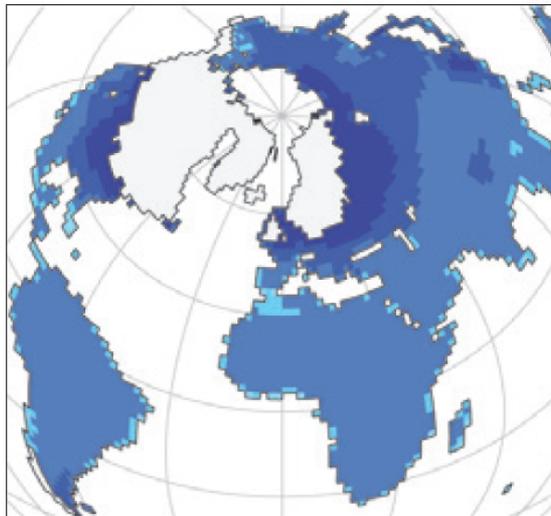
Modélisation du climat du Dernier Maximum Glaciaire

- Il y a 21 000 ans
 - Enormes calottes de glace sur le Canada et la Scandinavie
 - CO₂ à 180 ppm
 - Insolation similaire à aujourd'hui
- => Besoin d'améliorer les reconstructions spatiales !

Reconstruction



Moyenne ensemble PMIP2



Evaluer les modèles

- Une base de données (CMIP) de simulations de modèles (~40) pour des milliers de variables

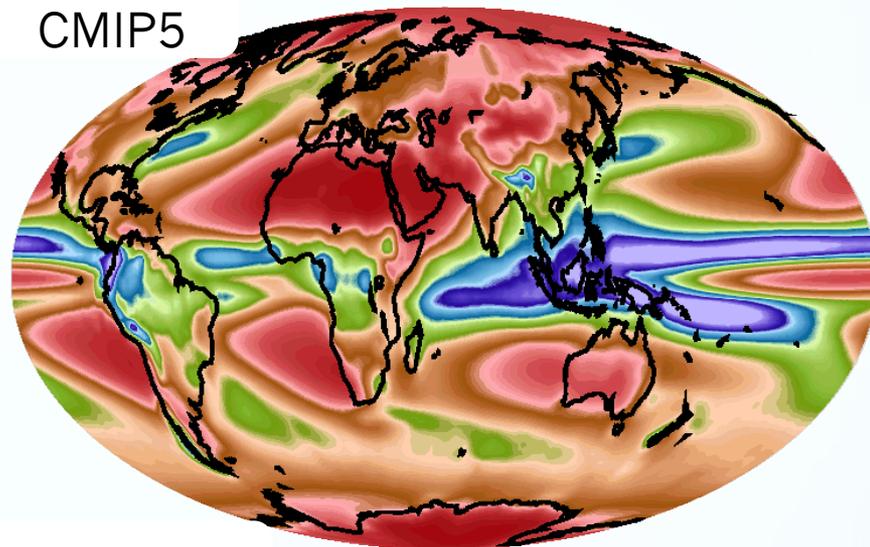


- Des moyens de mesures instrumentales inédits :
 - Satellites
 - Balises ARGO dans l'océan
 - ...

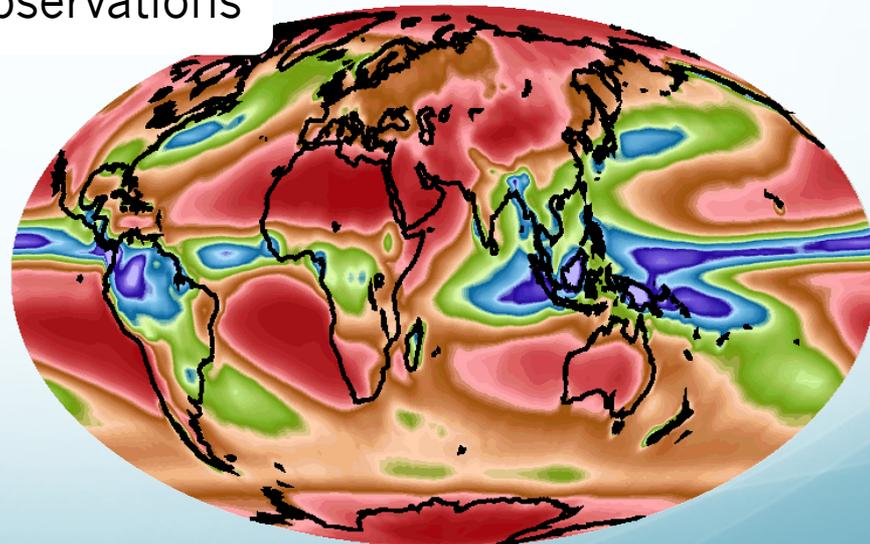


Moyenne précipitations

Modèles
CMIP5

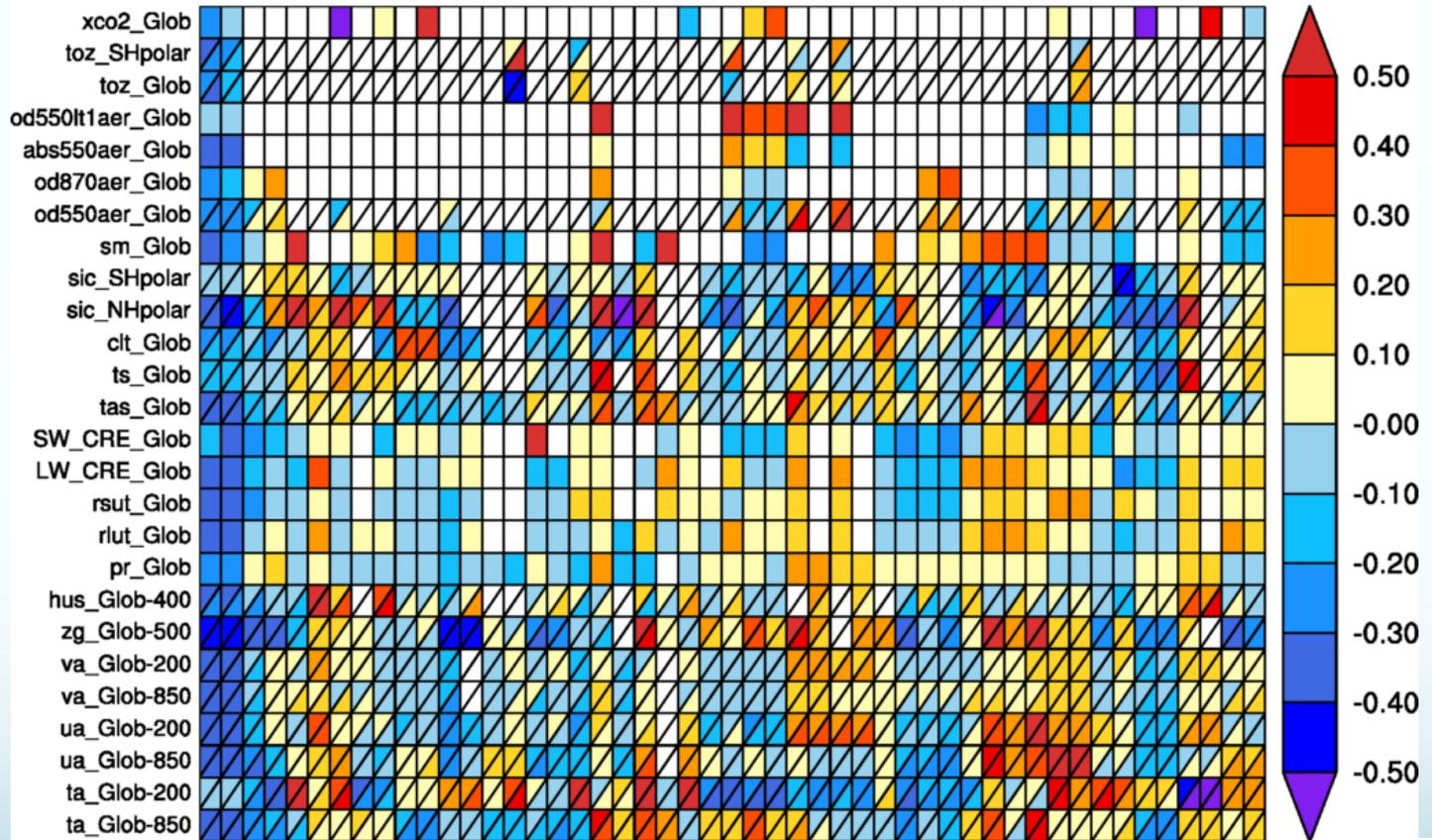


Observations



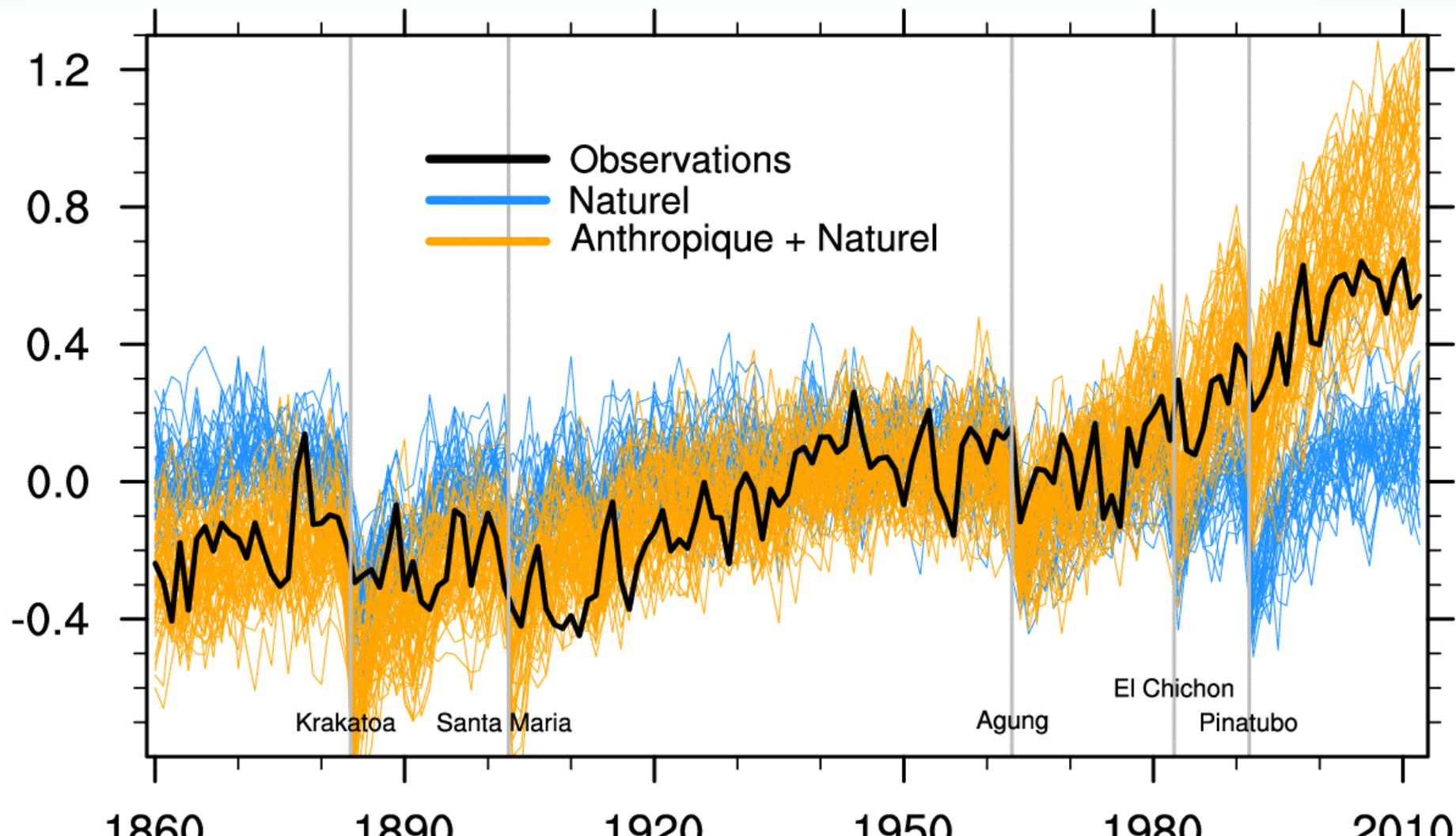
Evaluation modèles

Erreurs modèles pour différentes variables en global sur la période récente (50-100 dernières années)



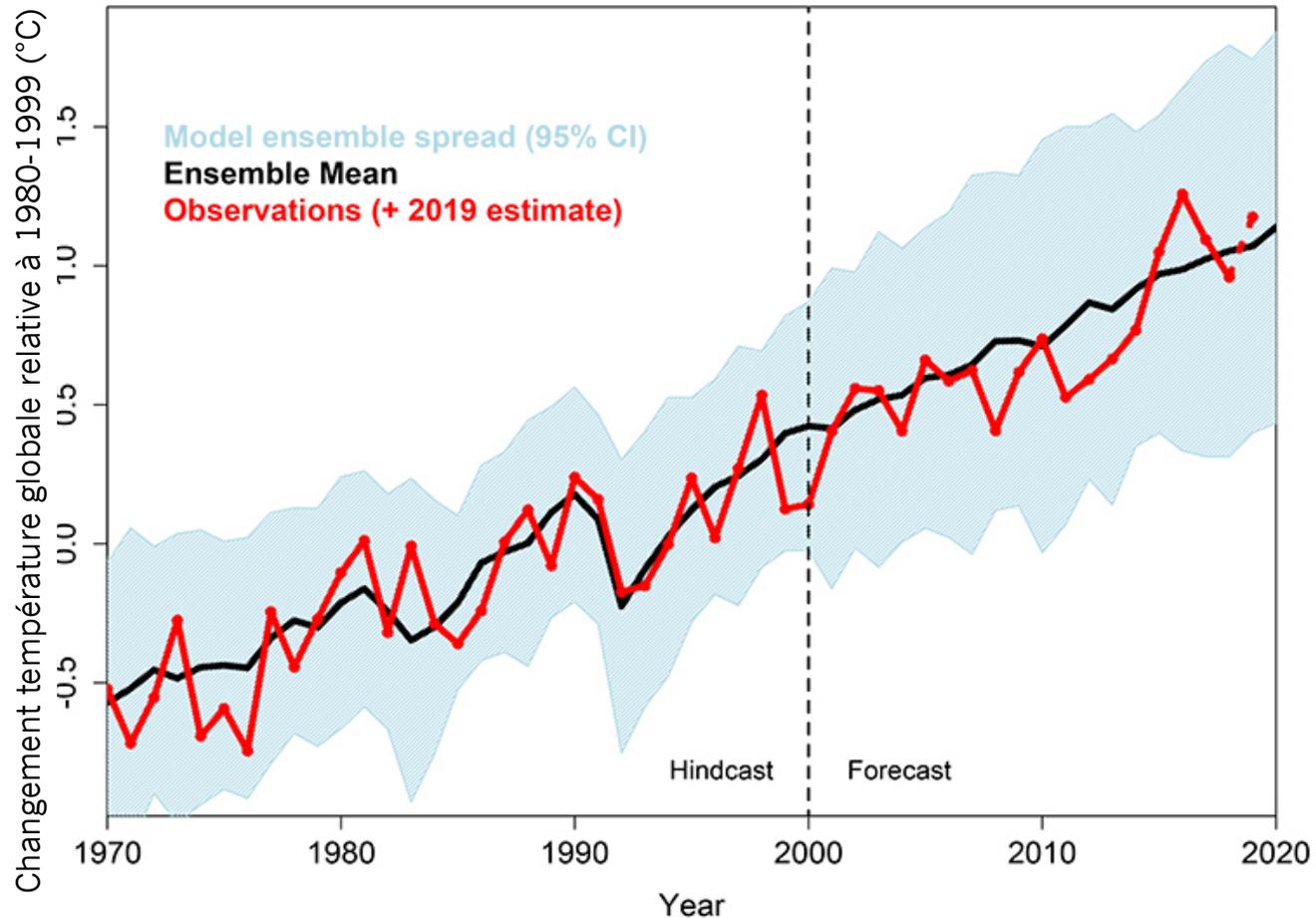
Différents modèles CMIP6

Détection-attribution du changement climatique

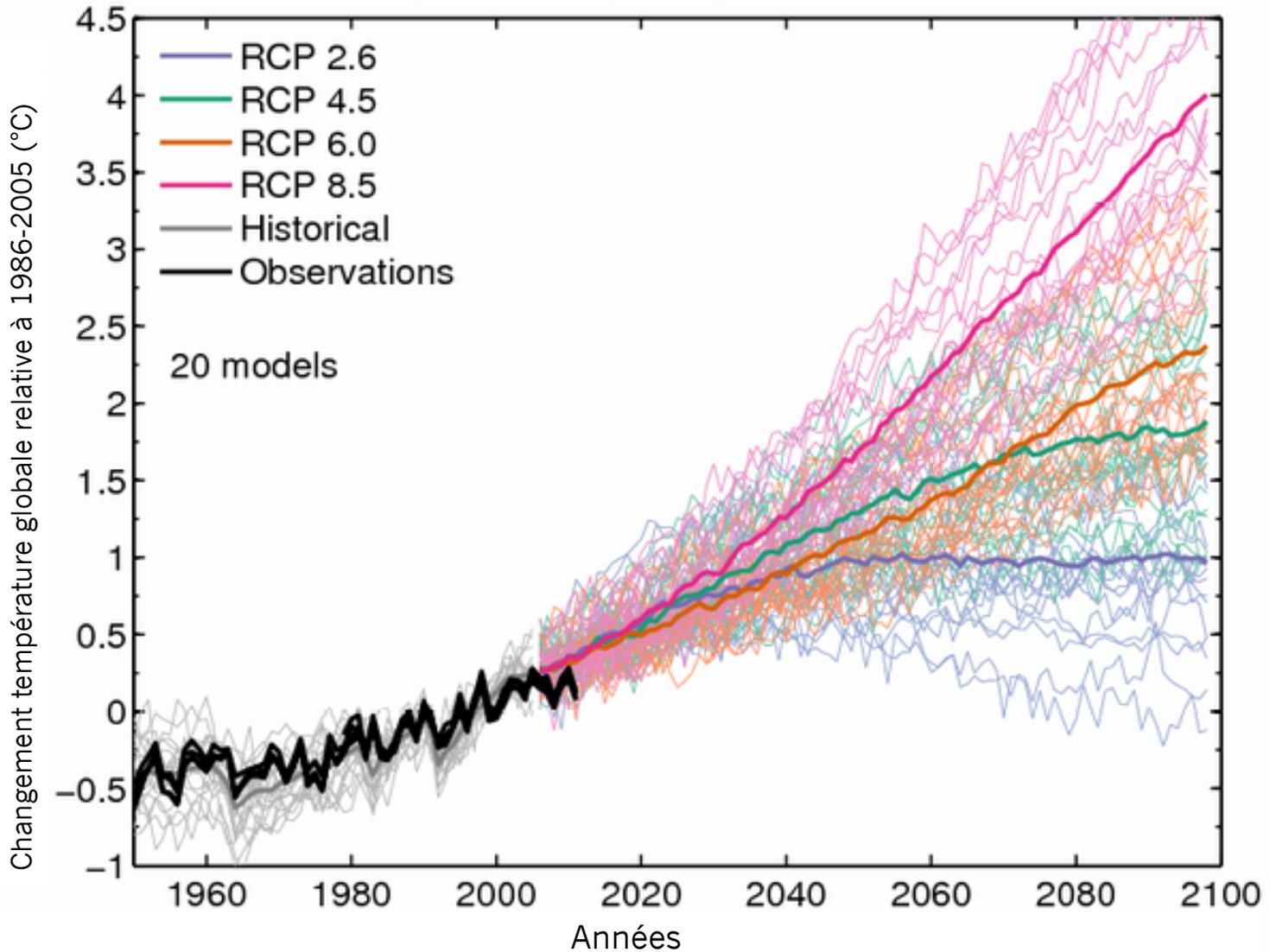


Projections climatiques

Prévision de la température globale après 2004

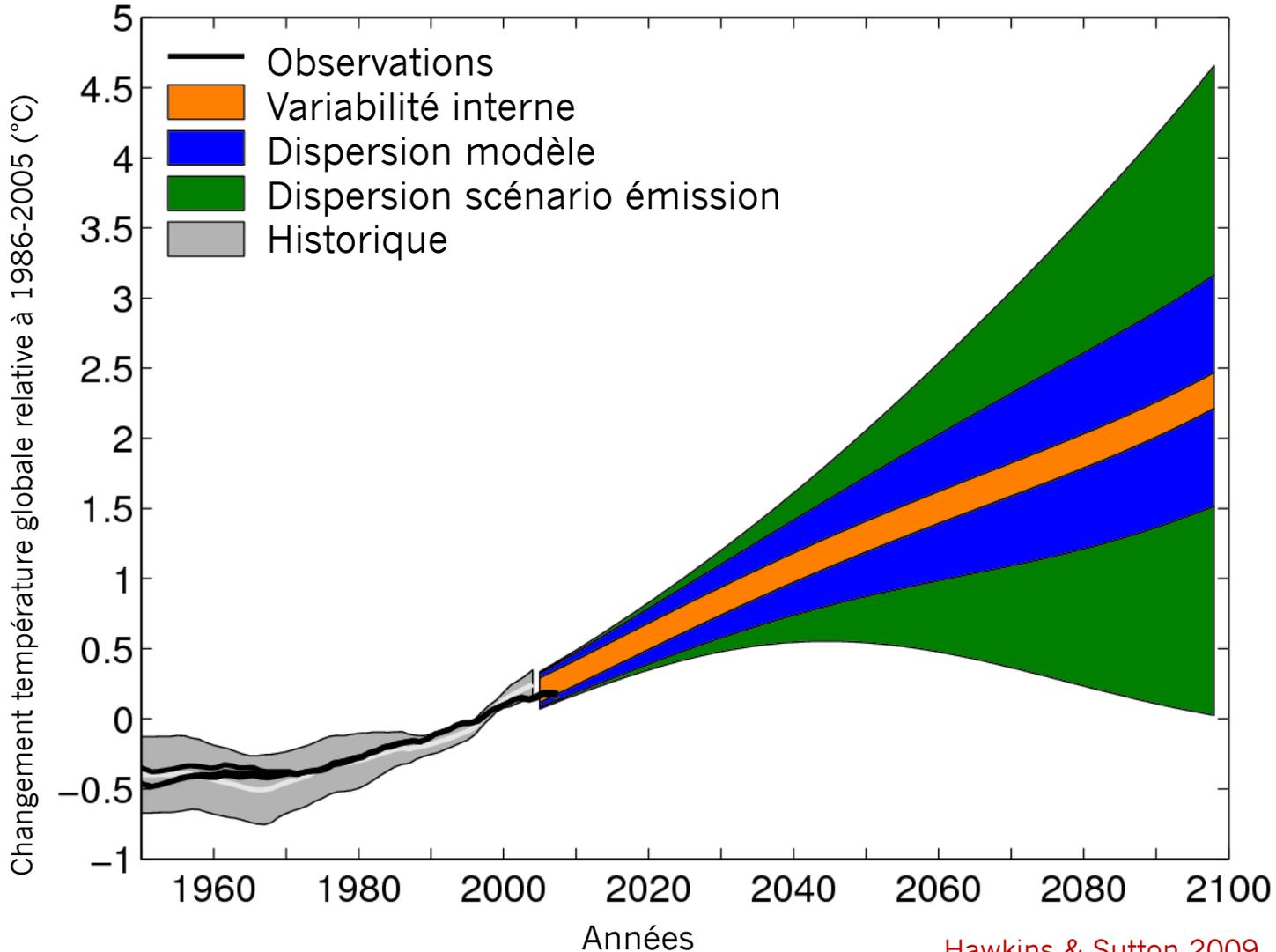


Projections climatiques



Notion d'incertitude

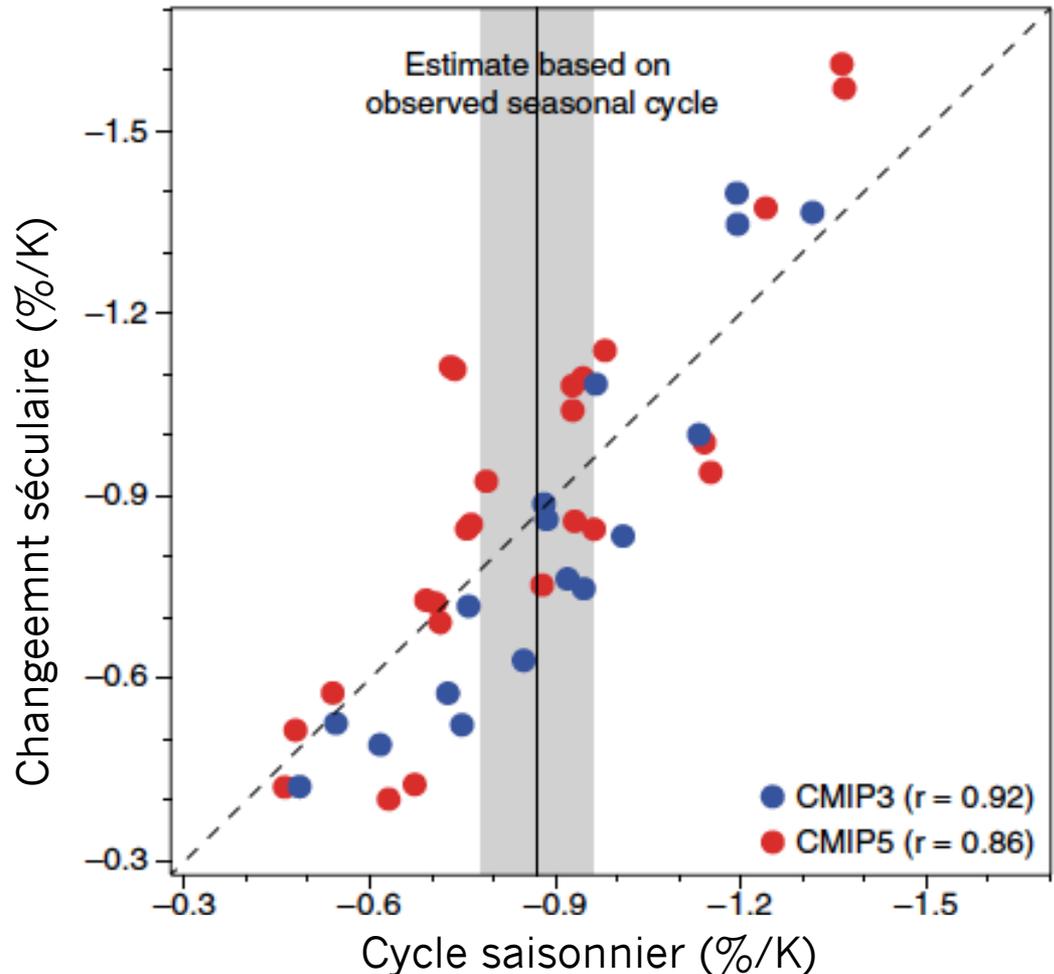
Sources d'incertitudes dans les projections de la température globale



Notion de contraintes émergentes

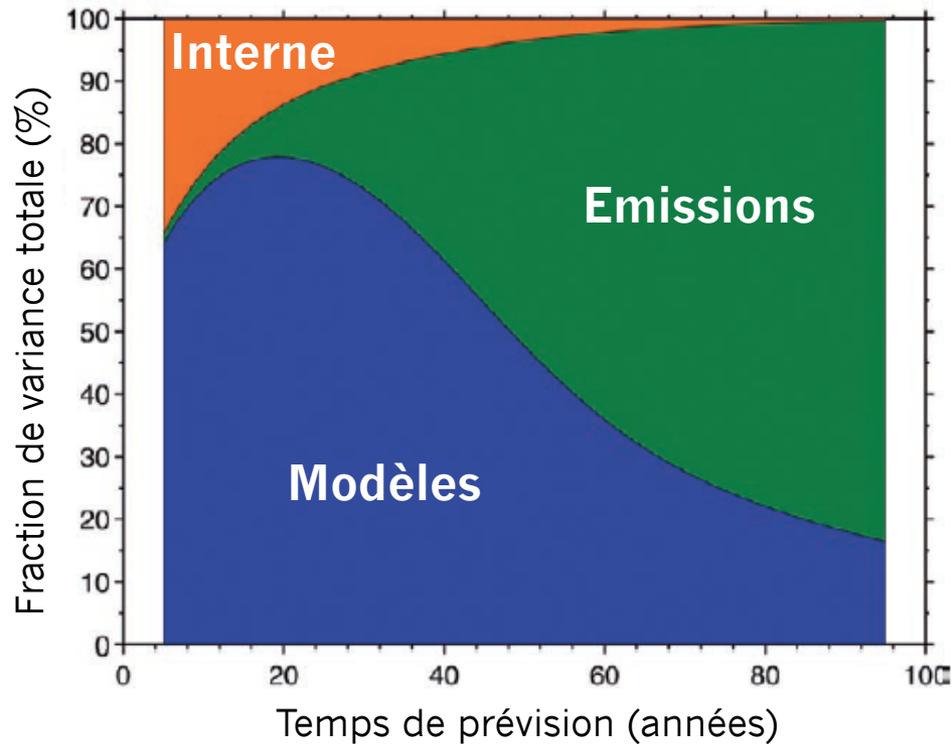
- Grande incertitude "modèle" même à l'échelle globale
- Recherche d'une variable explicative de l'incertitude qui peut être contrainte par des observations
- Sélection ou poids à mettre sur les modèles
- Mais le choix du processus reste subjectif => méthode de *machine learning* pour gagner en objectivité ?

Rétroaction albedo liée à la neige

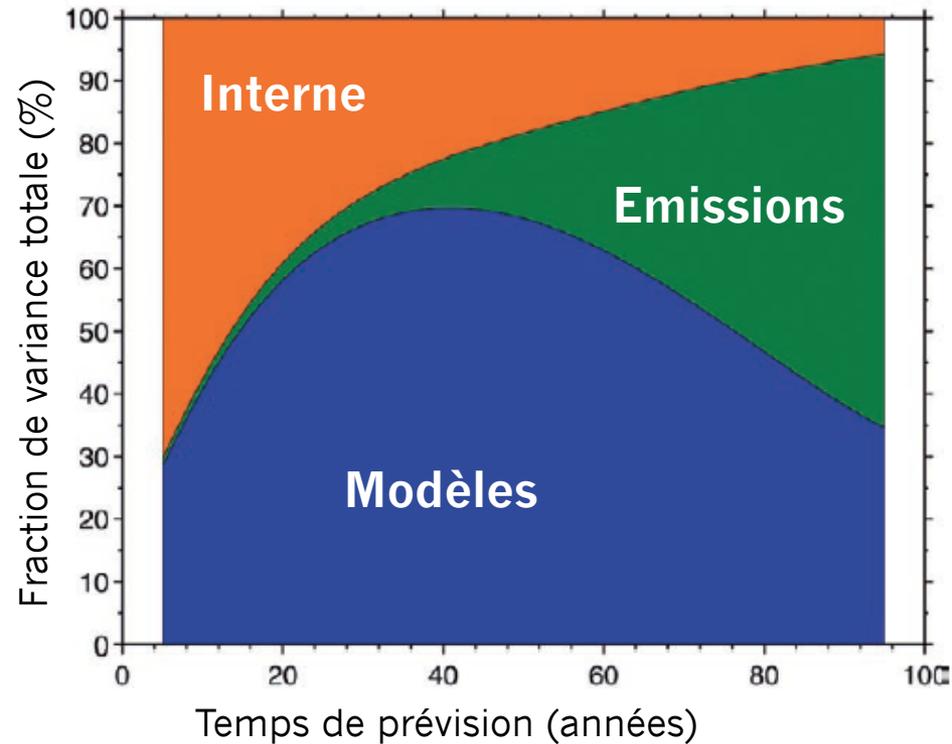


Incertitude globale vs régionale

Température globale

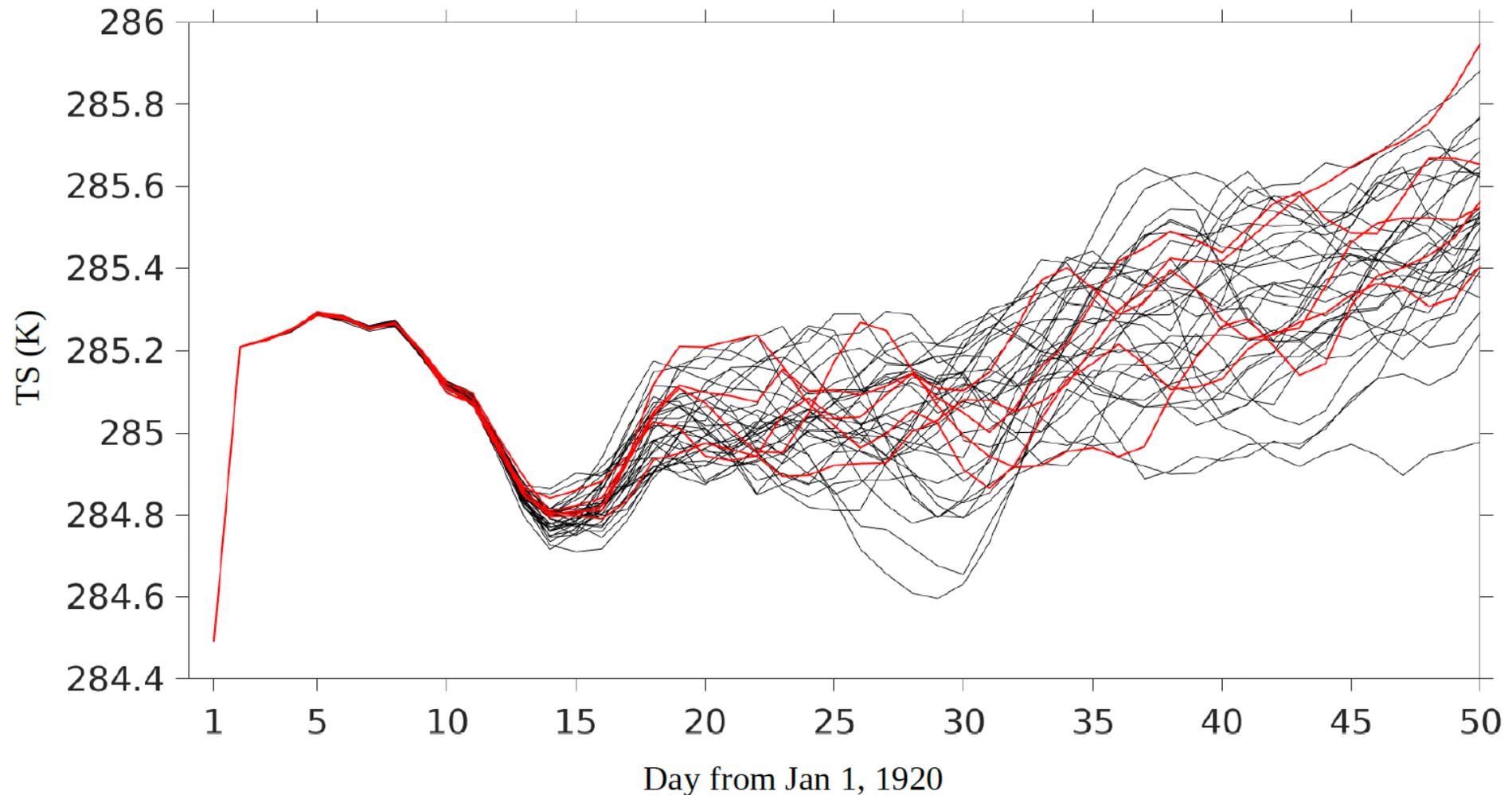


Température sur les îles britanniques



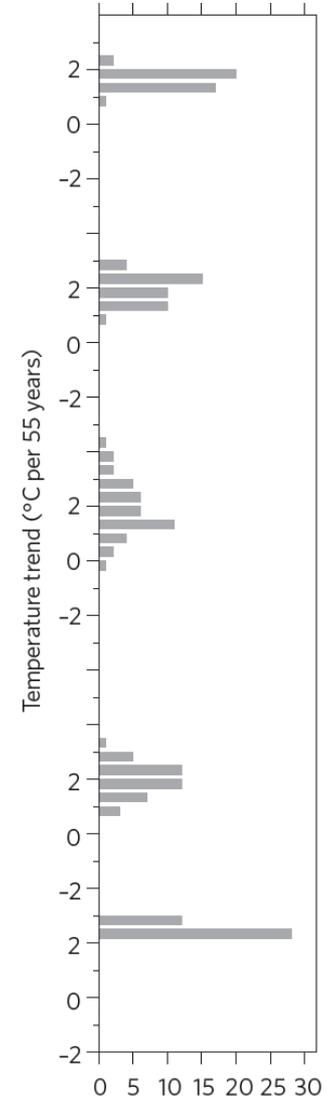
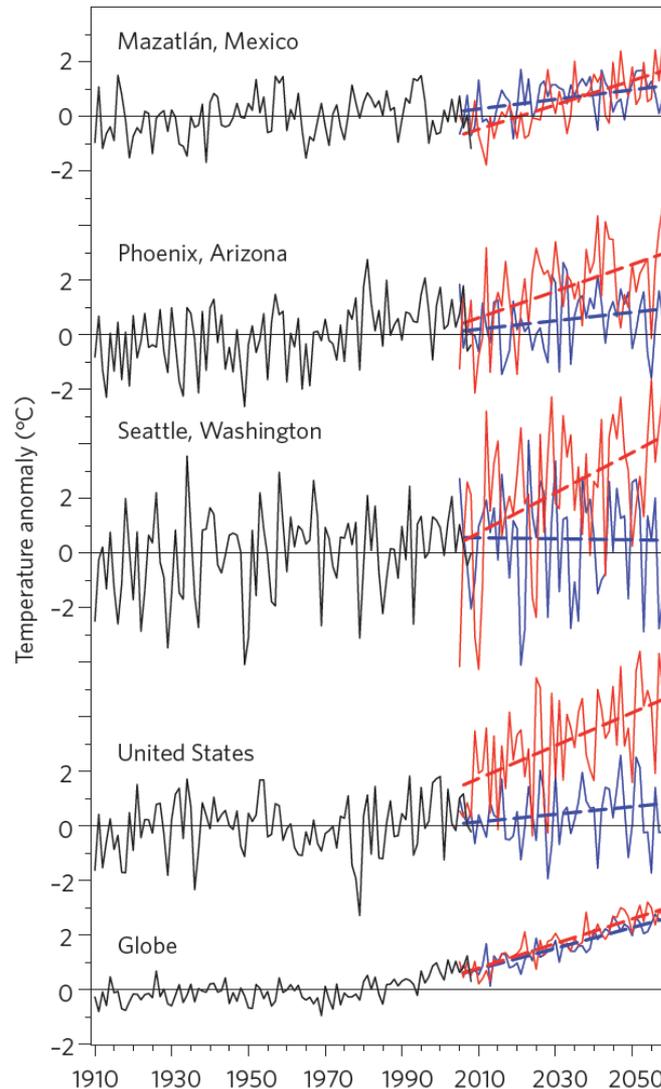
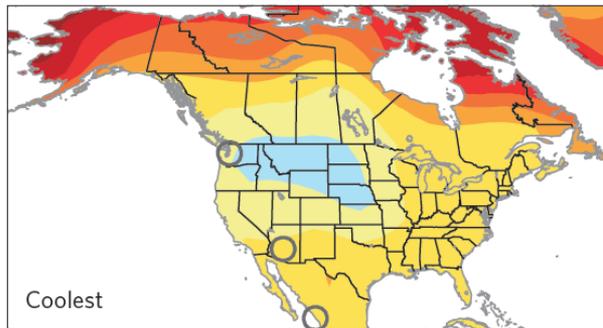
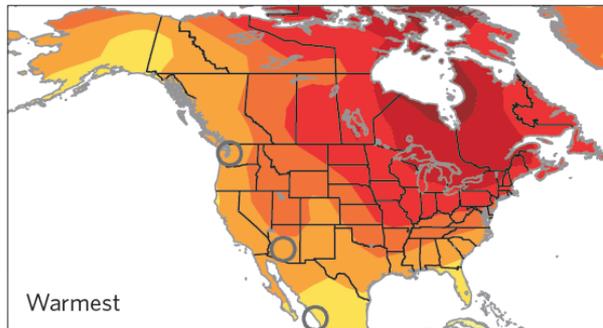
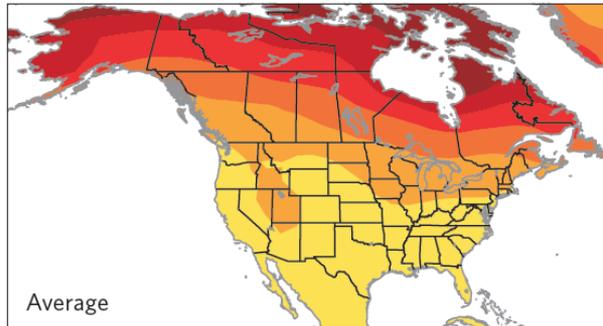
Variabilité interne et grand ensemble

On perturbe un tout petit peu l'état initial => effet papillon



Variabilité interne et grand ensemble

40 simulations du climat futur en 2050 avec le même modèle et différentes conditions initiales



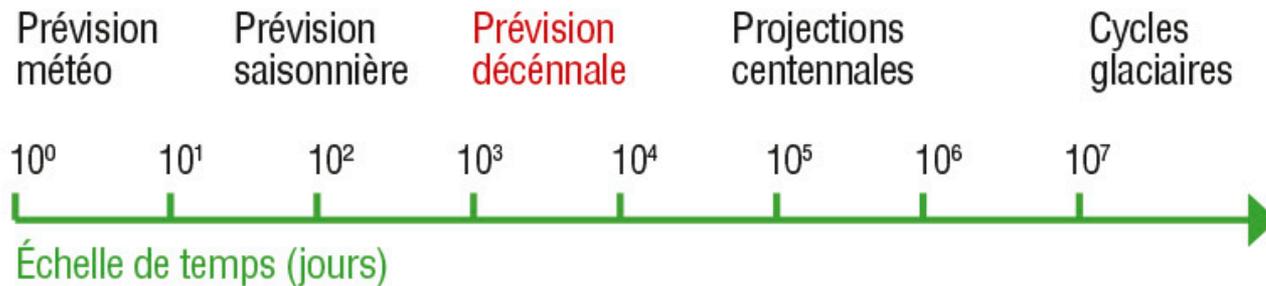
Prévisions climatiques

© D. Swingedouw

**Importance
conditions initiales**



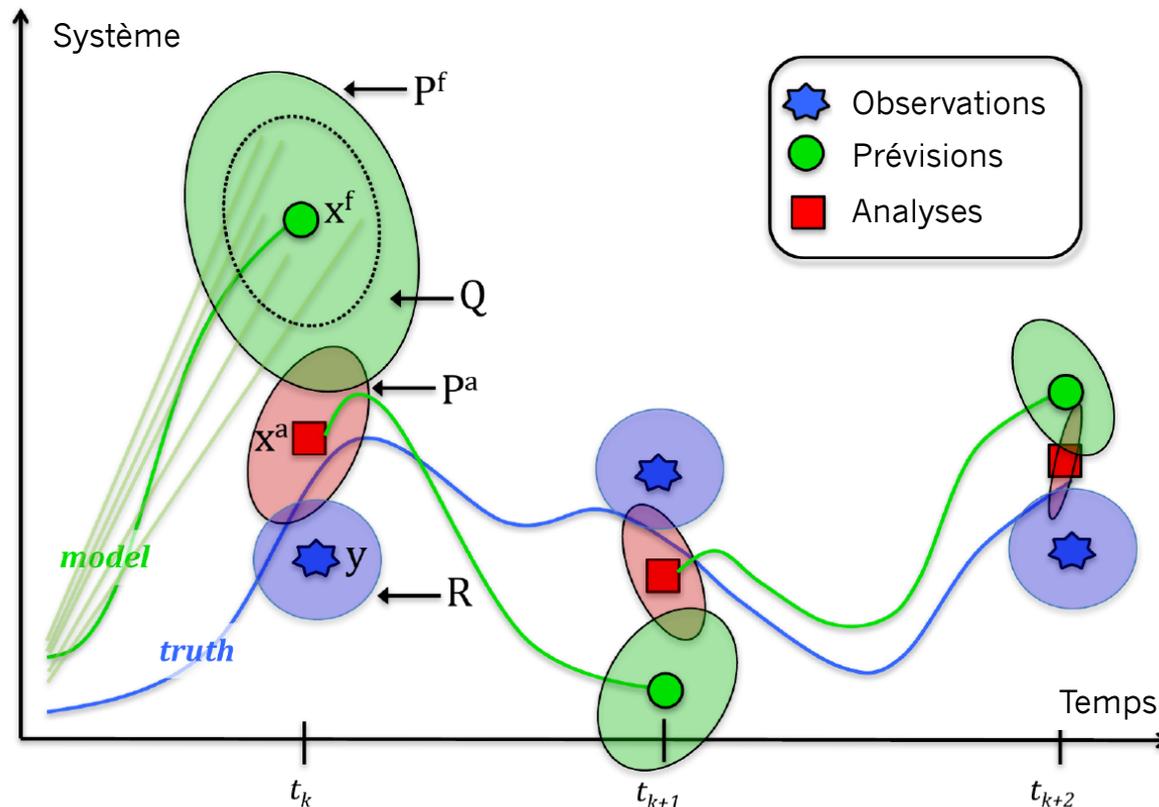
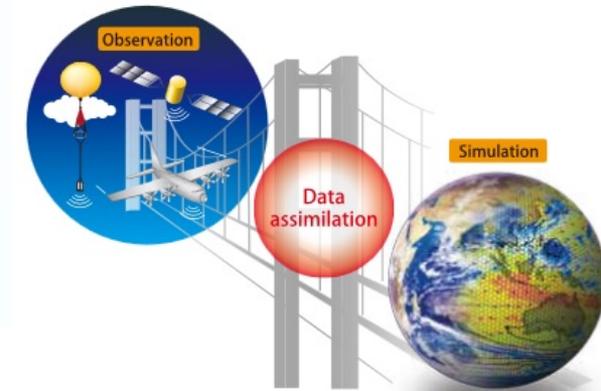
**Importance
conditions aux limites**



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

Notion d'assimilation de données

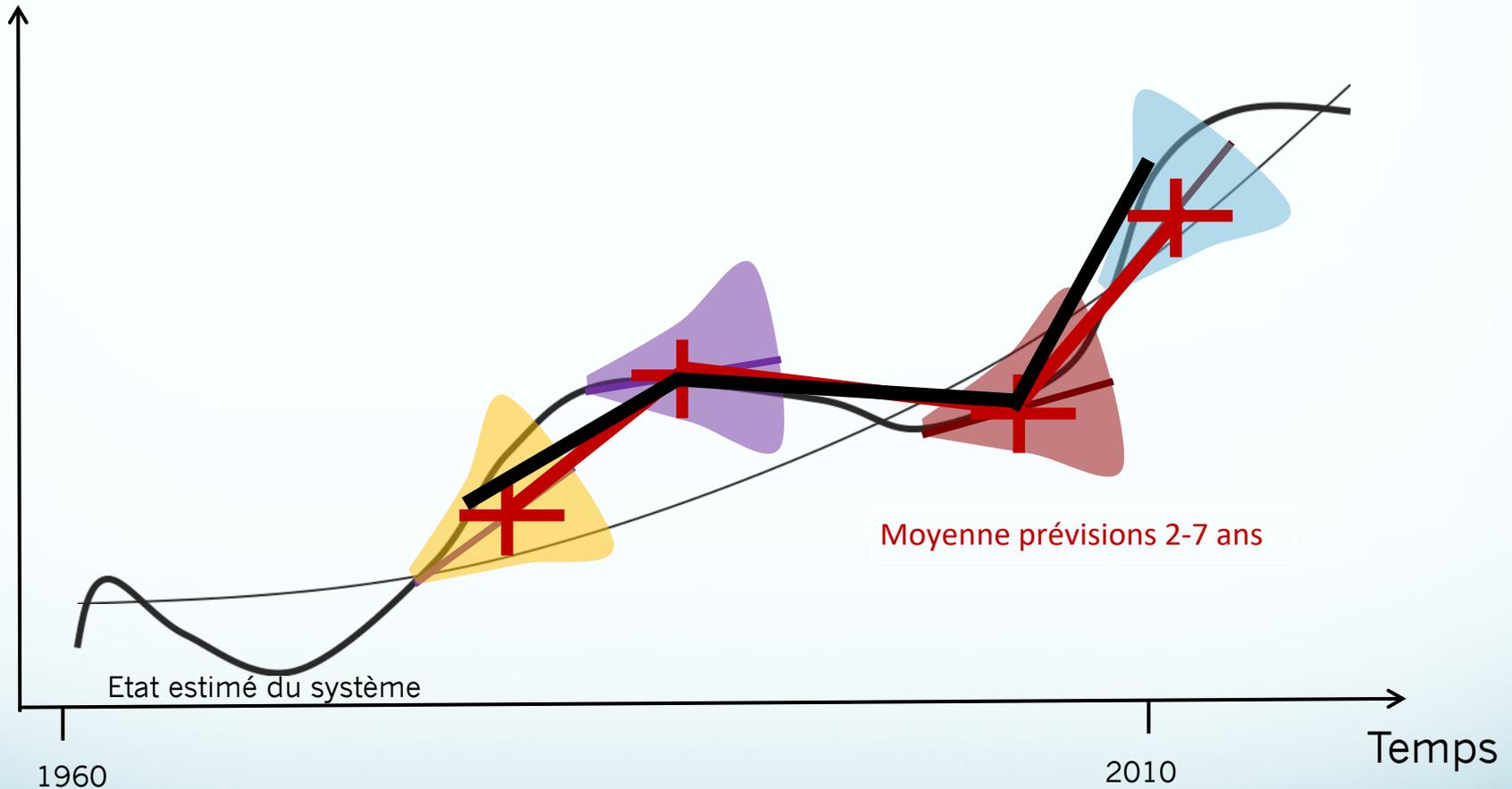
- Une **reanalyse** couple des observations à un modèle pour “comblers les trous”
- Différentes méthodes existent et font appel à des méthodes mathématiques avancées



Méthode du
filtre de
Kalman
d'ensemble

Evaluation des prévisions rétrospectives

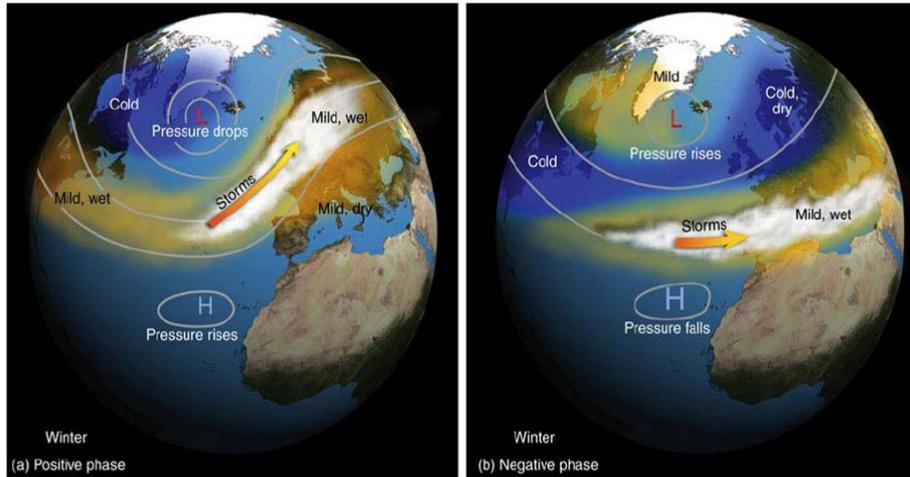
Variable analysée



Métrique d'évaluation : corrélation entre la courbe grasse noire et rouge pour un horizon de prévision données = capacité à prévoir les tendance pluri-annuelles sur cet horizon

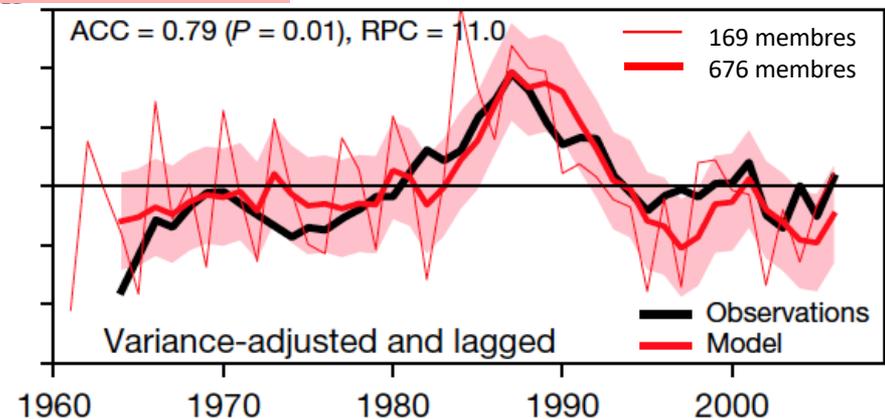
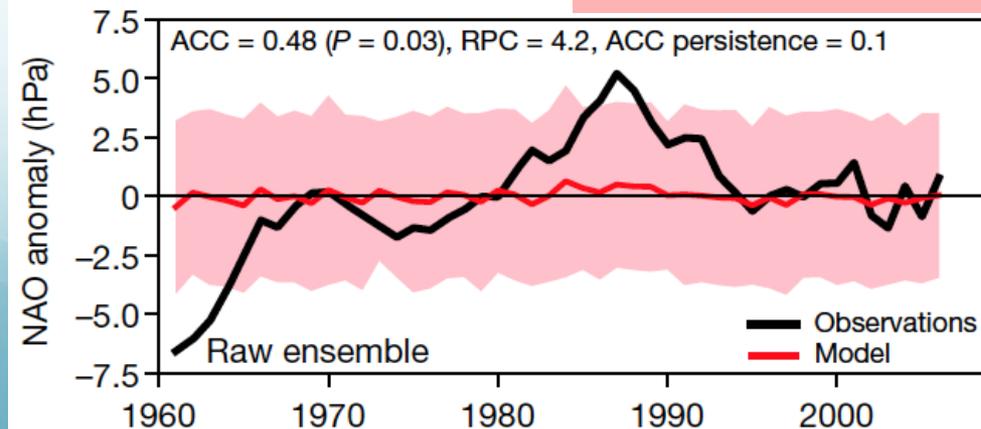
Prévoir les échelles décennales

Oscillation Nord Atlantique (NAO)



- ❖ Pus de 62% de la variance décennale de la NAO prévue par le multi-modèles CMIP6 de prévisions décennales
- ❖ Mais, très forte sous estimation du signal prévisible
- ❖ Besoin d'un très grand nombre de membres (>500) !

Prévision NAO, horizon années 2-9



Conclusions

- Une seule planète Terre, pas de Terres “épreuves”
- Evaluation des modèles pour de nombreuses variables sur la période récente et les paléoclimats, en terme de changement d'état moyen, de variabilité et de réponses aux forçages externes
- Des améliorations nécessaires
 - Sur les reconstructions paléoclimatiques
 - Sur la résolution, les paramétrisations dans les modèles, et le nombre de membres à considérer
 - Sur la compréhension de la dynamique en jeu et du rapport “signal sur bruit”

Merci !