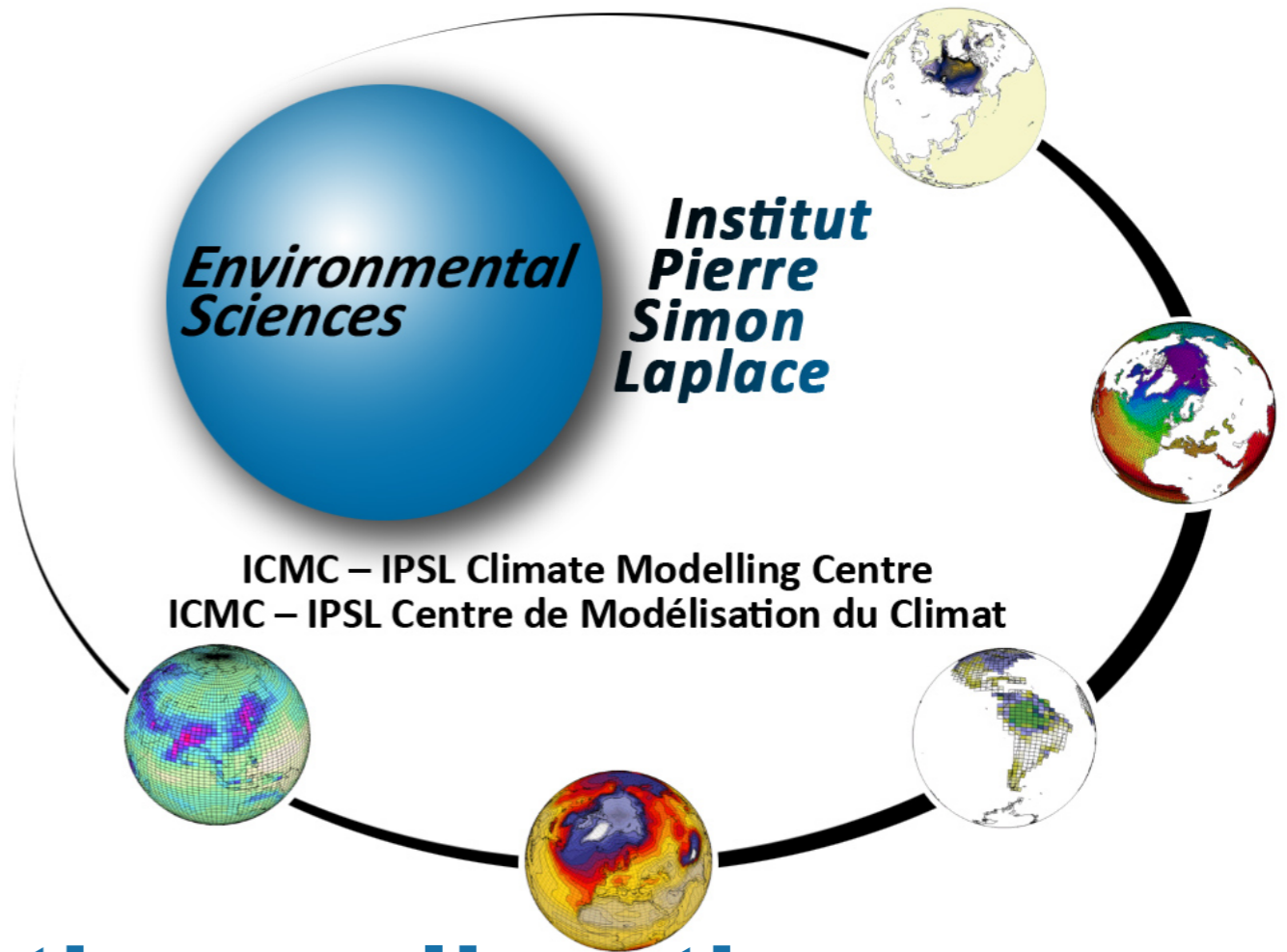




Institut
**Pierre
Simon
Laplace**

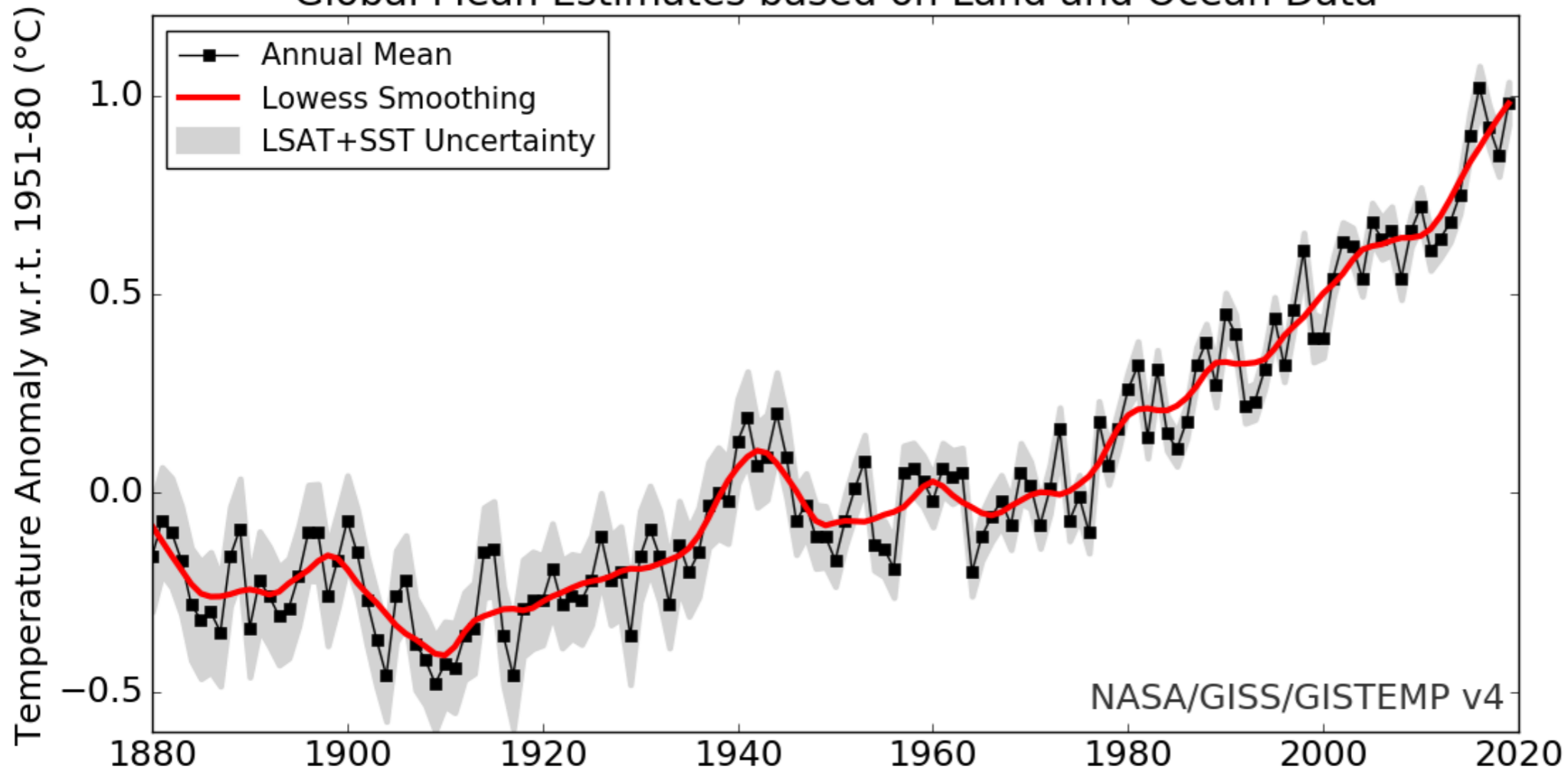


Modèles et projections climatiques

Olivier Boucher
et nombreux collègues du
Centre de modélisation du climat de l'IPSL

**Académie des sciences
27-28 janvier 2020**

Global Mean Estimates based on Land and Ocean Data

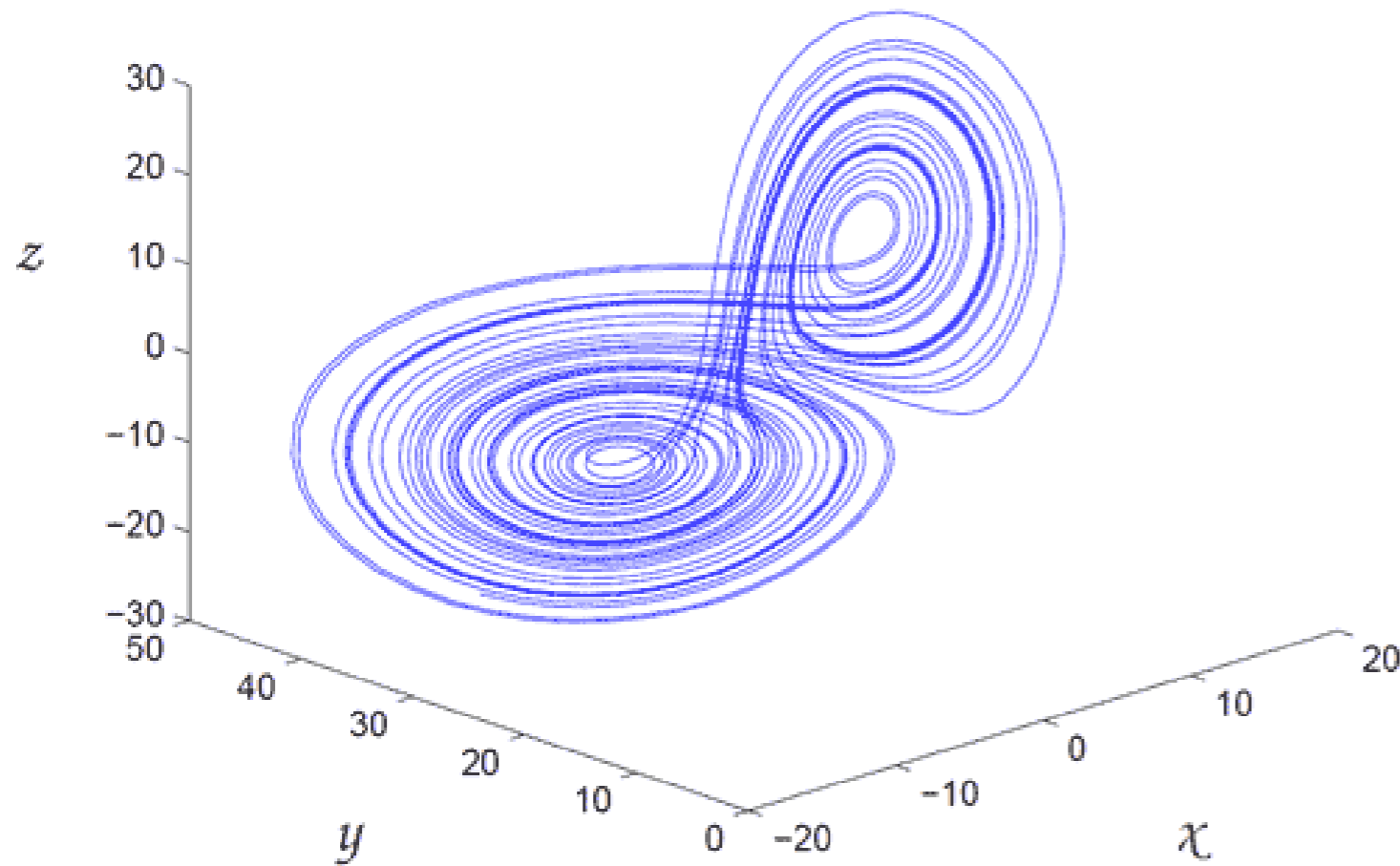


Pourquoi y-a-t-il un réchauffement ?

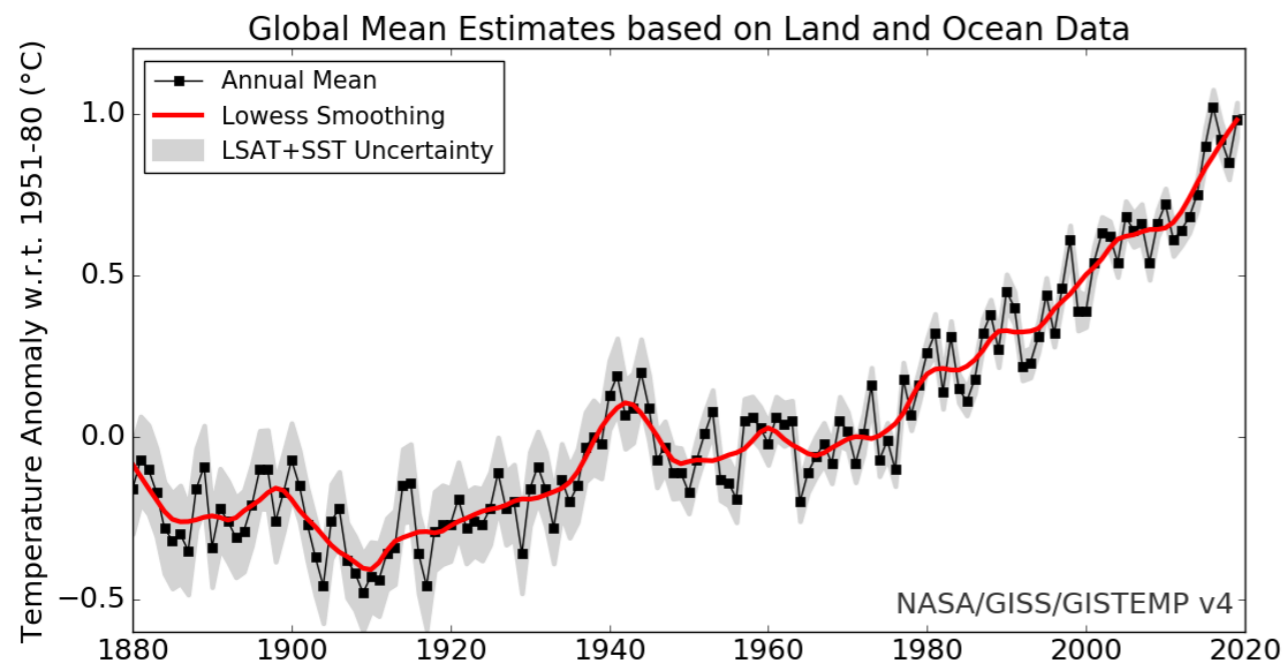
Pourquoi il n'a pas été continu dans le temps ?

Quelles sont les évolutions possibles dans le futur ?

La modélisation du climat: pourquoi ?



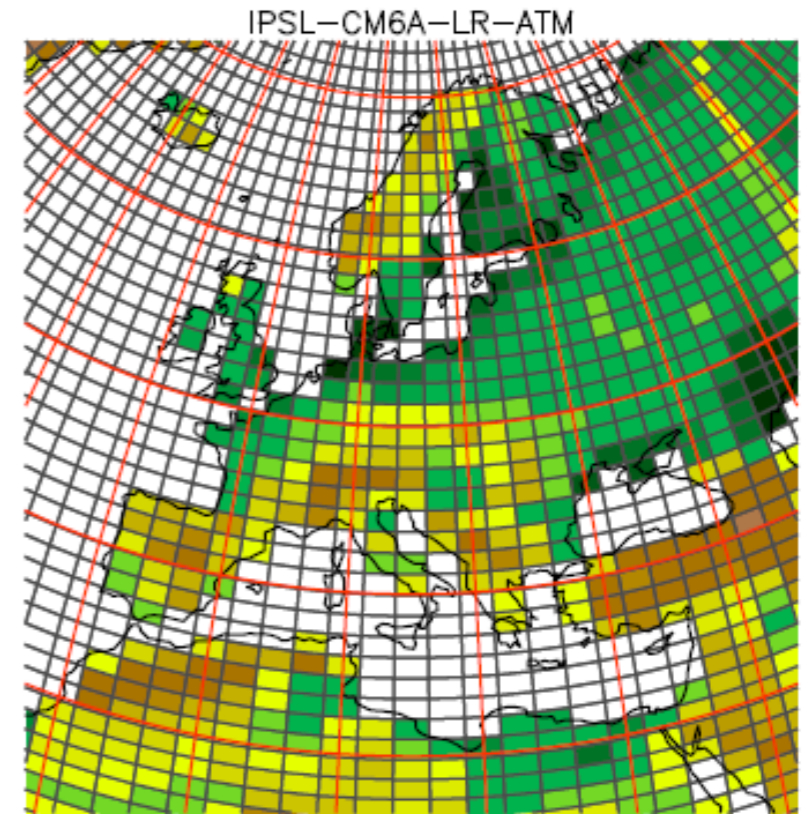
Les systèmes atmosphériques et océaniques présentent un caractère chaotique, mais il y a aussi un attracteur.



Le climat hérite en partie de ce caractère chaotique, mais il répond aussi aux forçages externes.

Le modèle de climat de l'IPSL

<https://cmc.ipsl.fr>

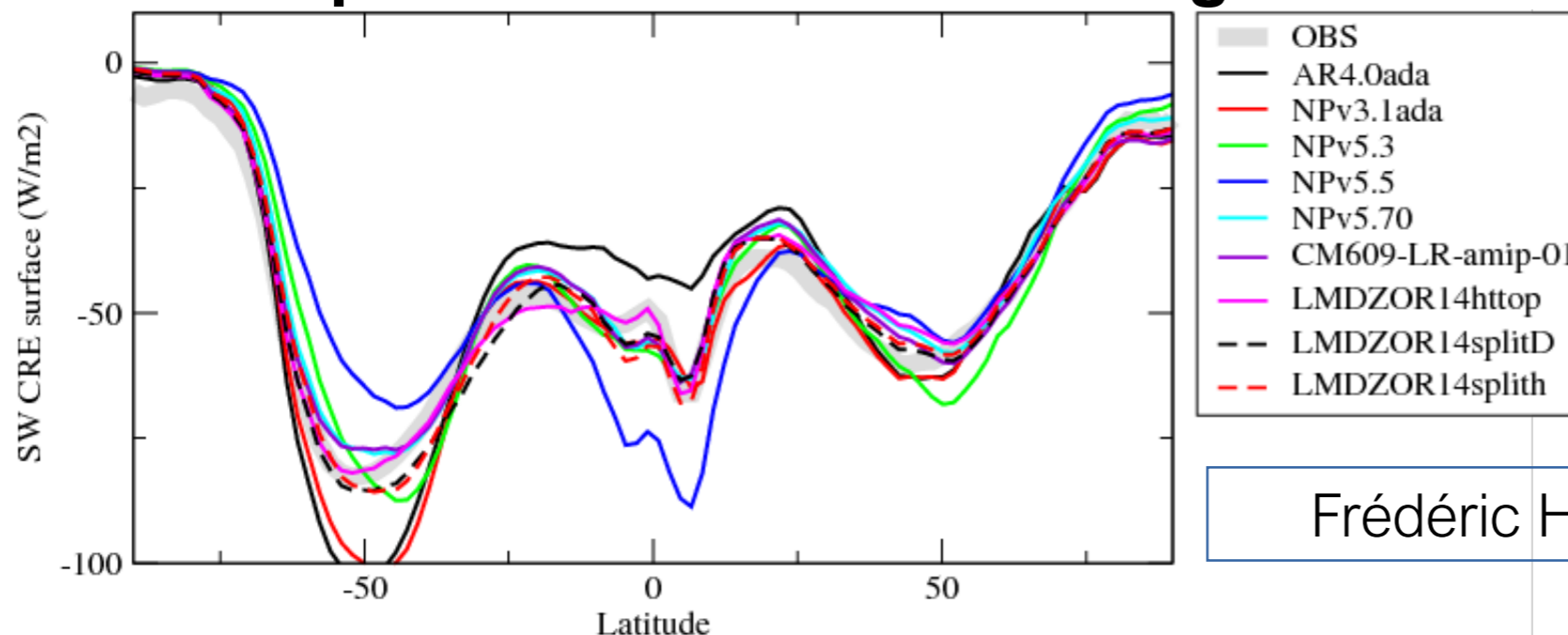


Grilles océanique et atmosphérique
IPSL-CM6A-LR



- Assemblage de modèles (LMDZ, NEMO, ORCHIDEE)
- On travaille sur un pseudo-climat actuel à l'équilibre
- Besoin d'ajustement de certains paramètres
- Ont été des cibles sur le climat actuel :
 - températures globales (ou SST), certains biais régionaux de T,
 - gradients est-ouest sur les bassins océaniques, AMOC, banquise
- N'ont pas été des cibles :
 - l'évolution du climat pendant la période historique 1850-2018
 - la sensibilité du climat (en réponse aux gaz à effet de serre)
- On bascule sur un climat pré-industriel qu'on met à l'équilibre

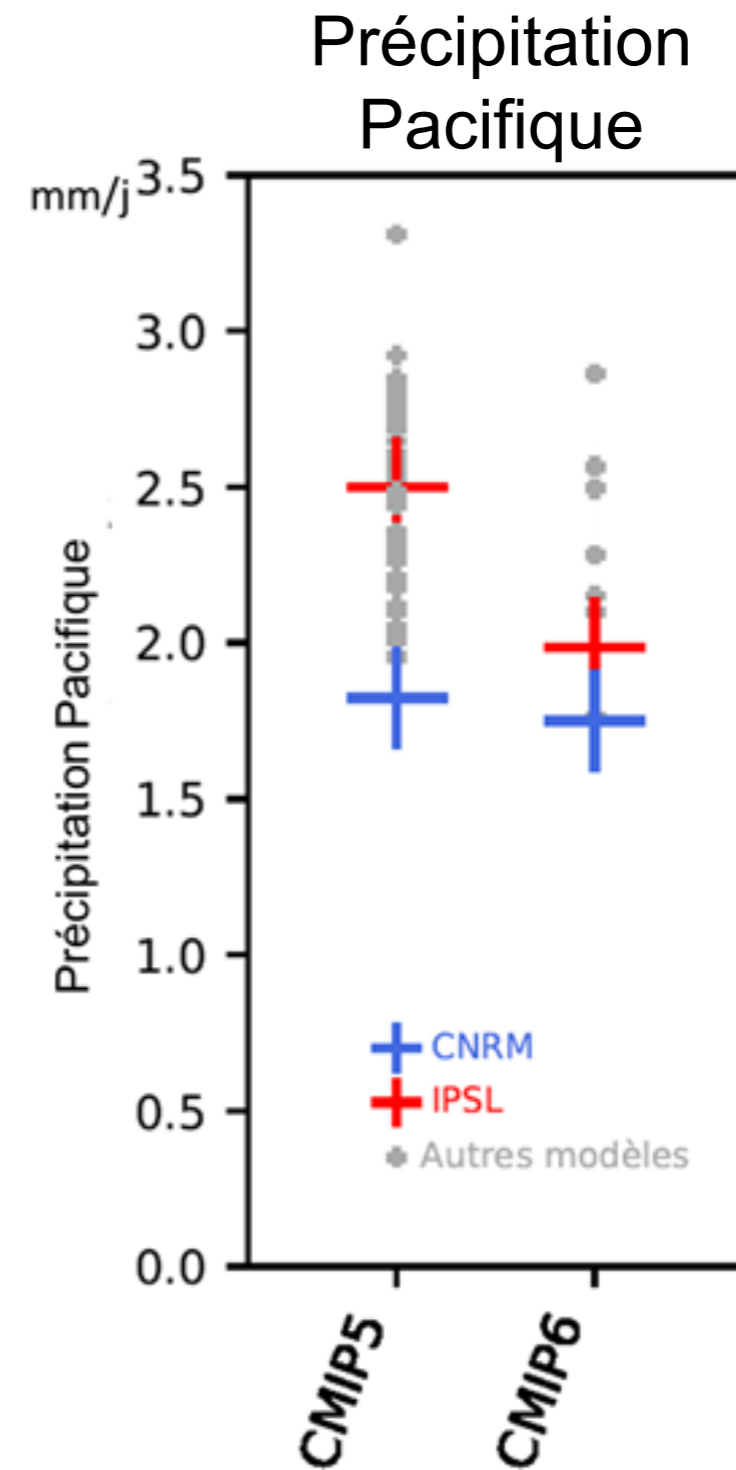
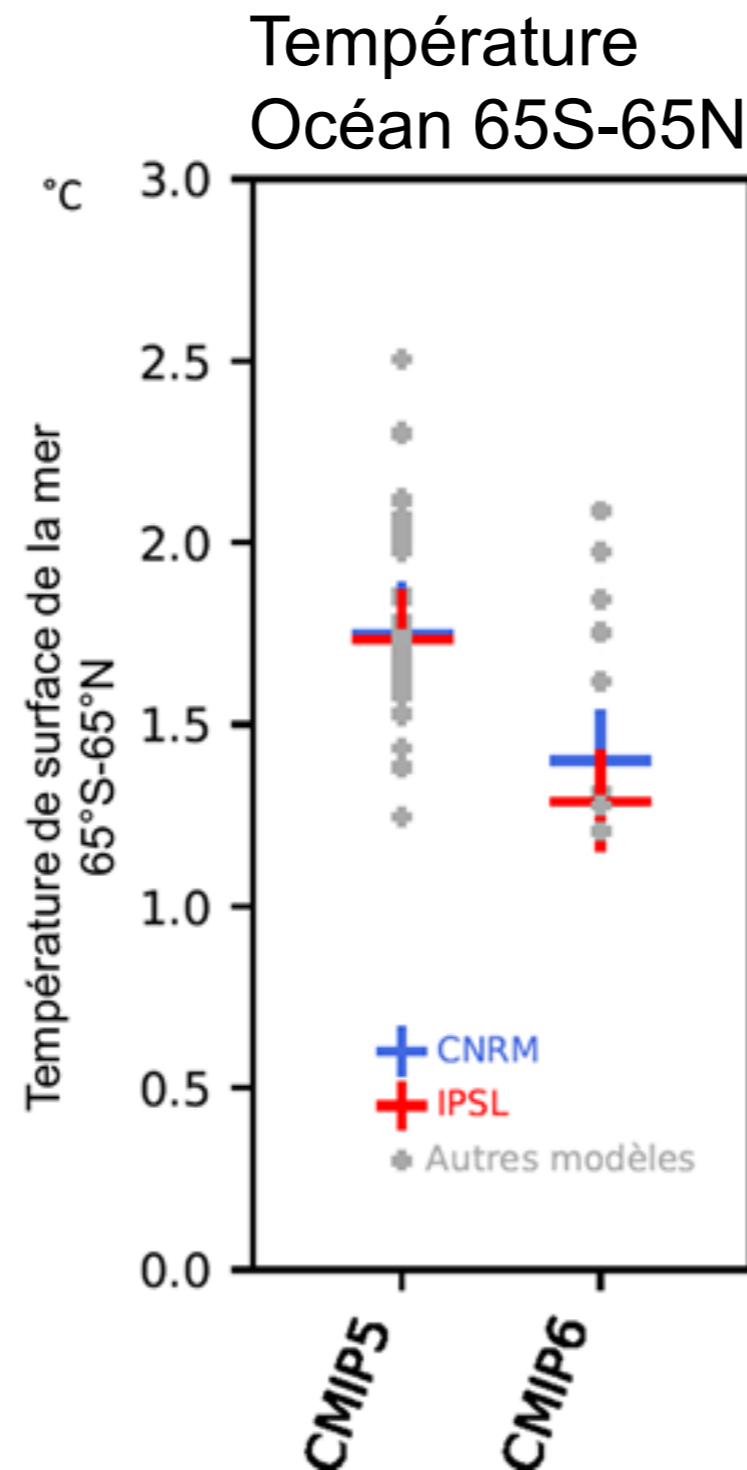
Exemple : Effet radiatif des nuages SW



Frédéric Hourdin, LMD / IPSL

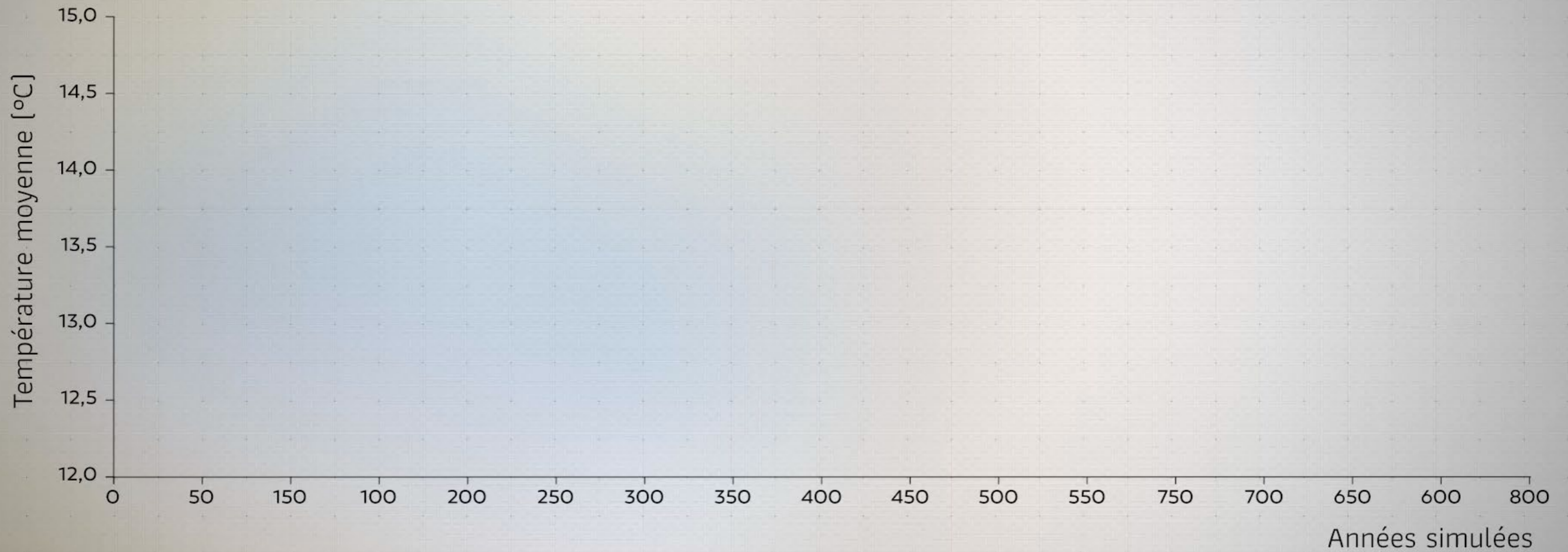
Améliorations de nombreuses « métriques » qui mesurent la qualité du modèle

Deux exemples de la mesure intégrée de l'écart aux observations tenant compte de la structure spatiale et de l'amplitude des variables simulées



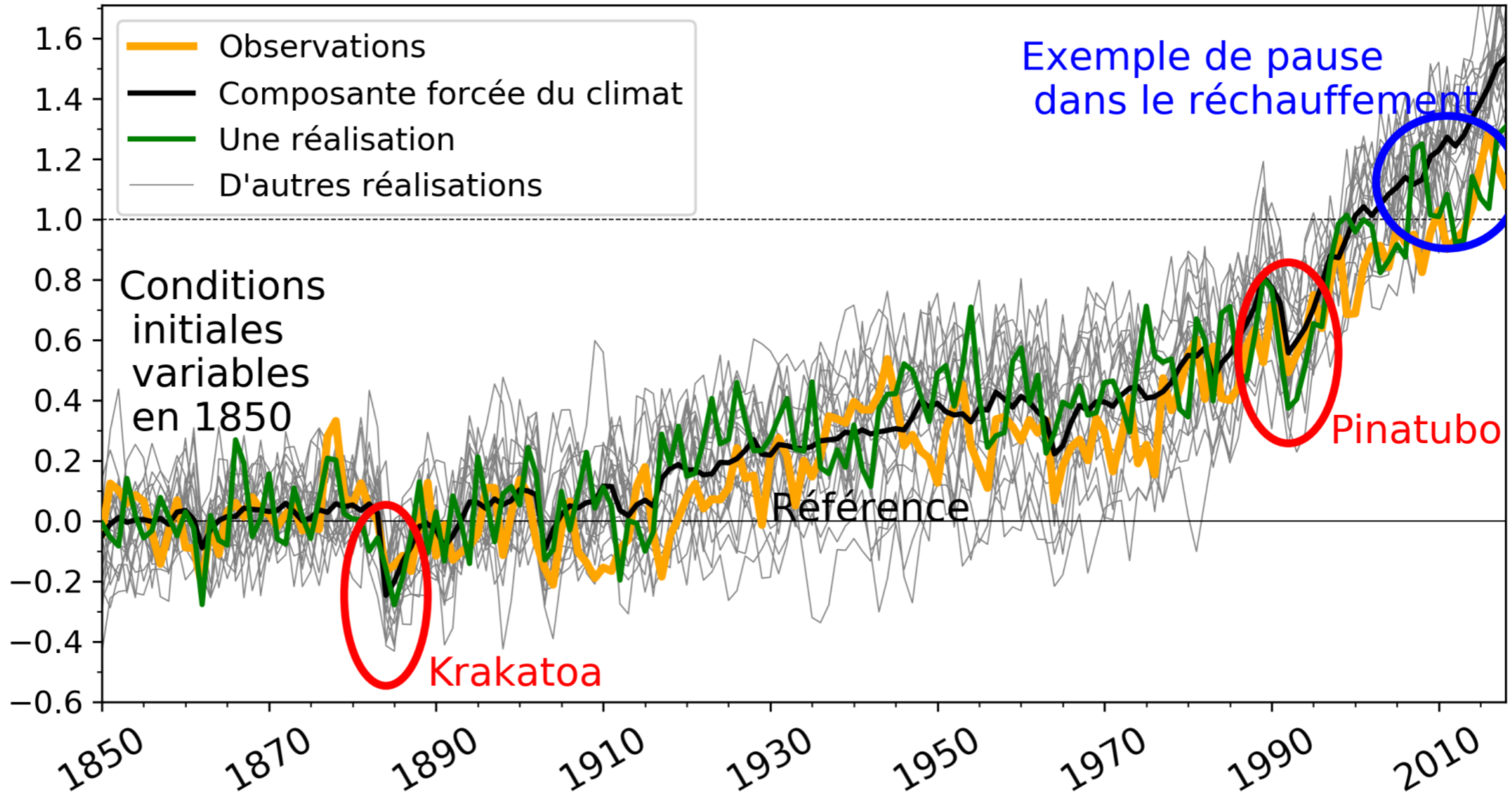
Moins bon
 ↓
 Meilleur

Changement de la température de surface de la Terre



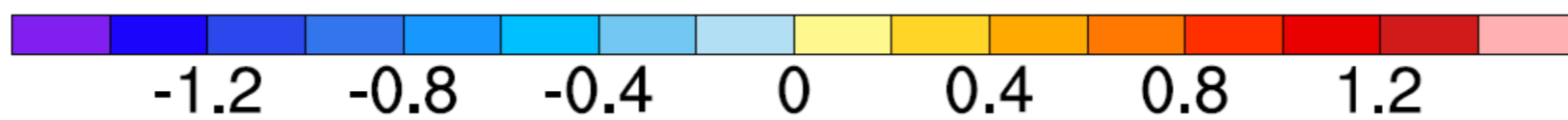
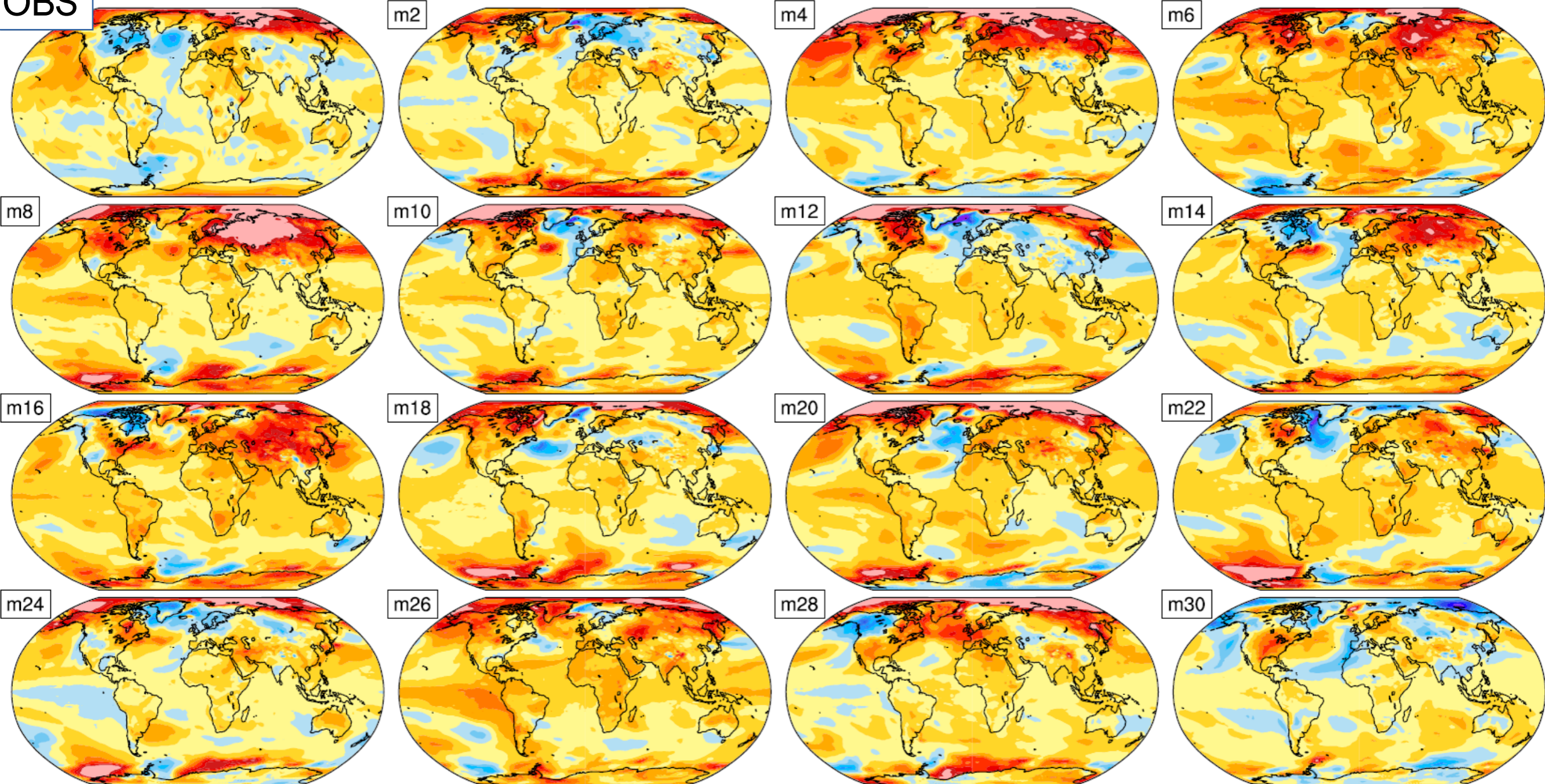
Réponse forcée et variabilité naturelle

Changement de température (°C)
par rapport à 1850-1899



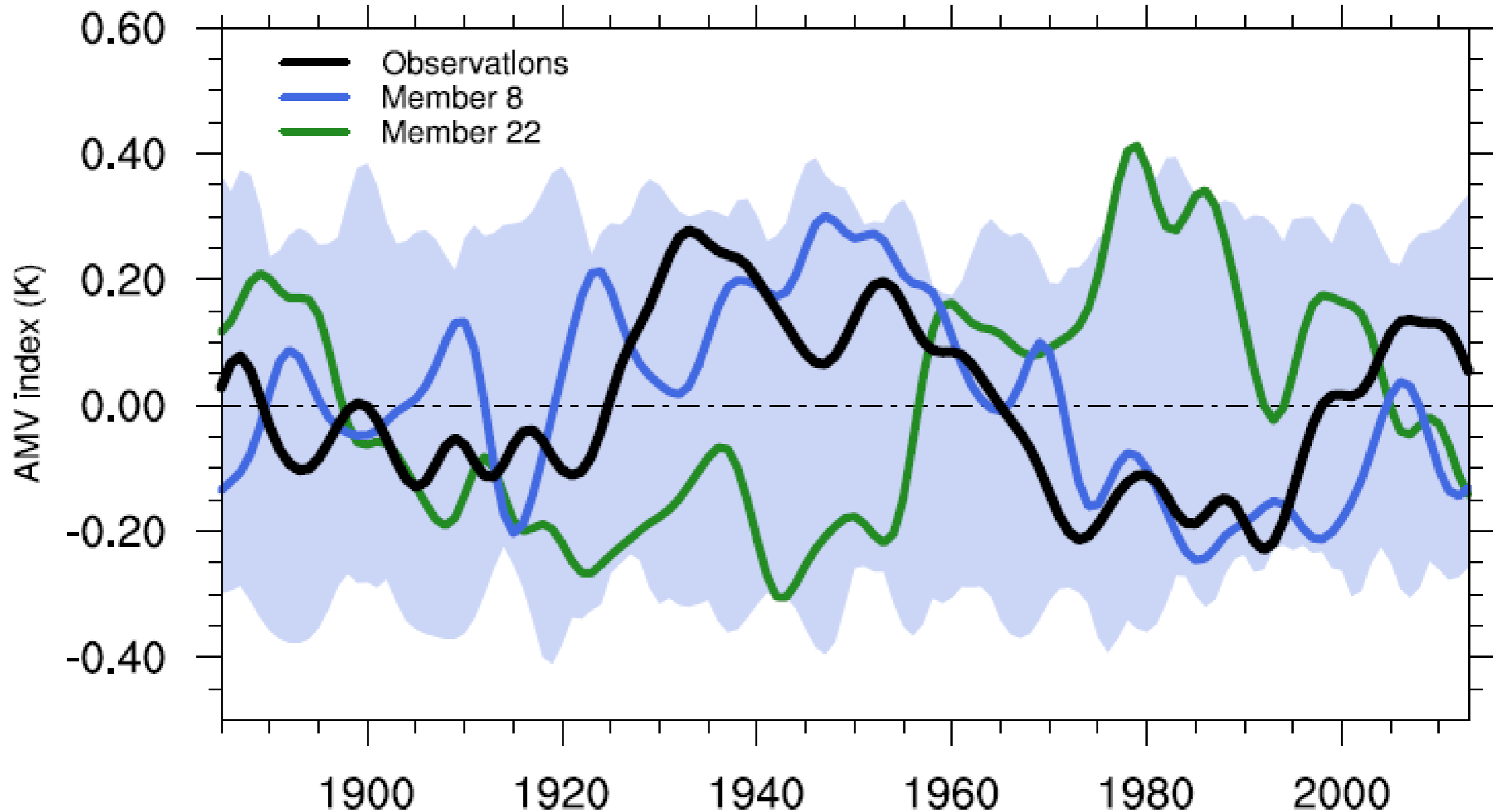
Tendance pour la période 1998-2018

OBS



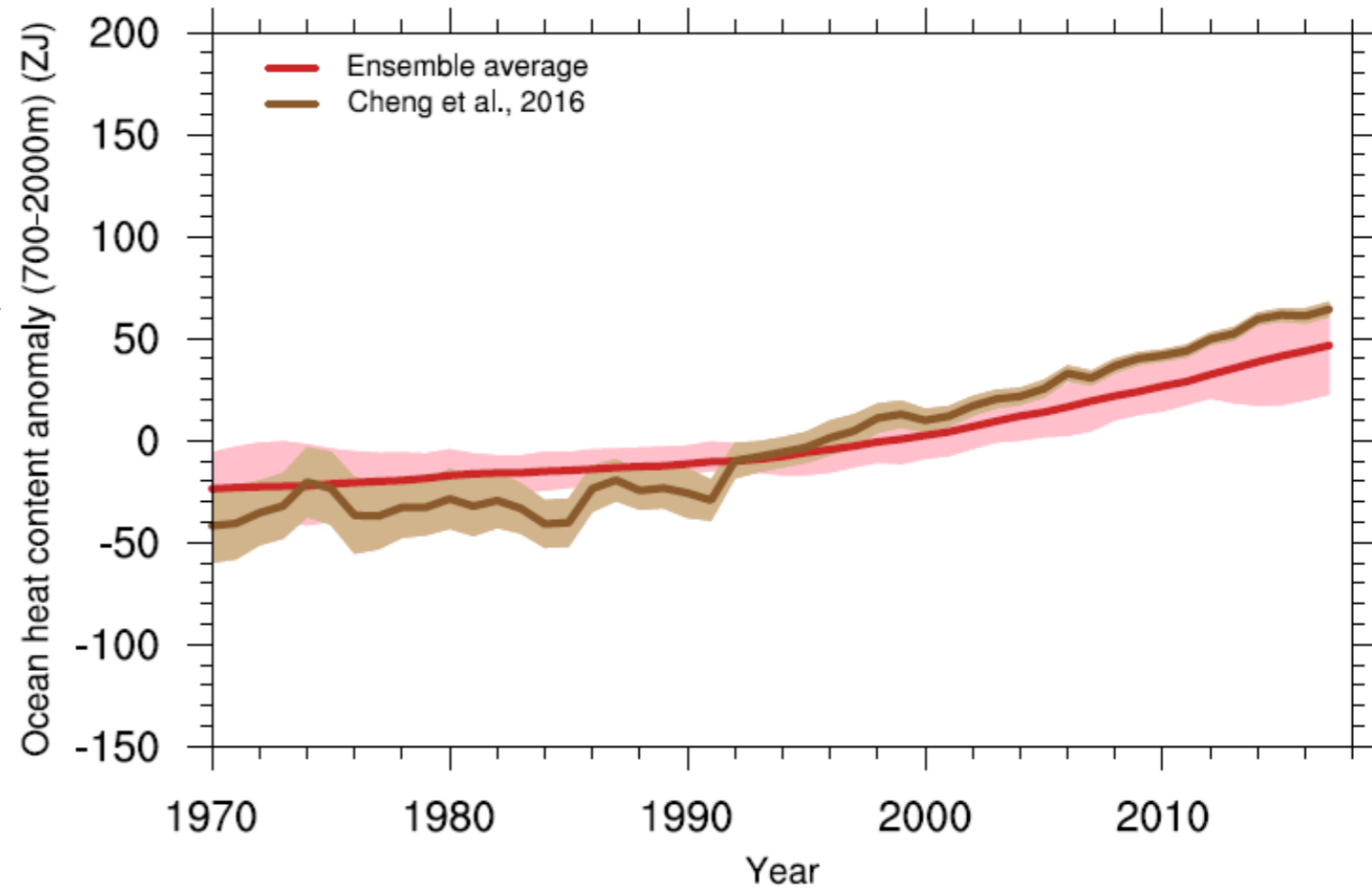
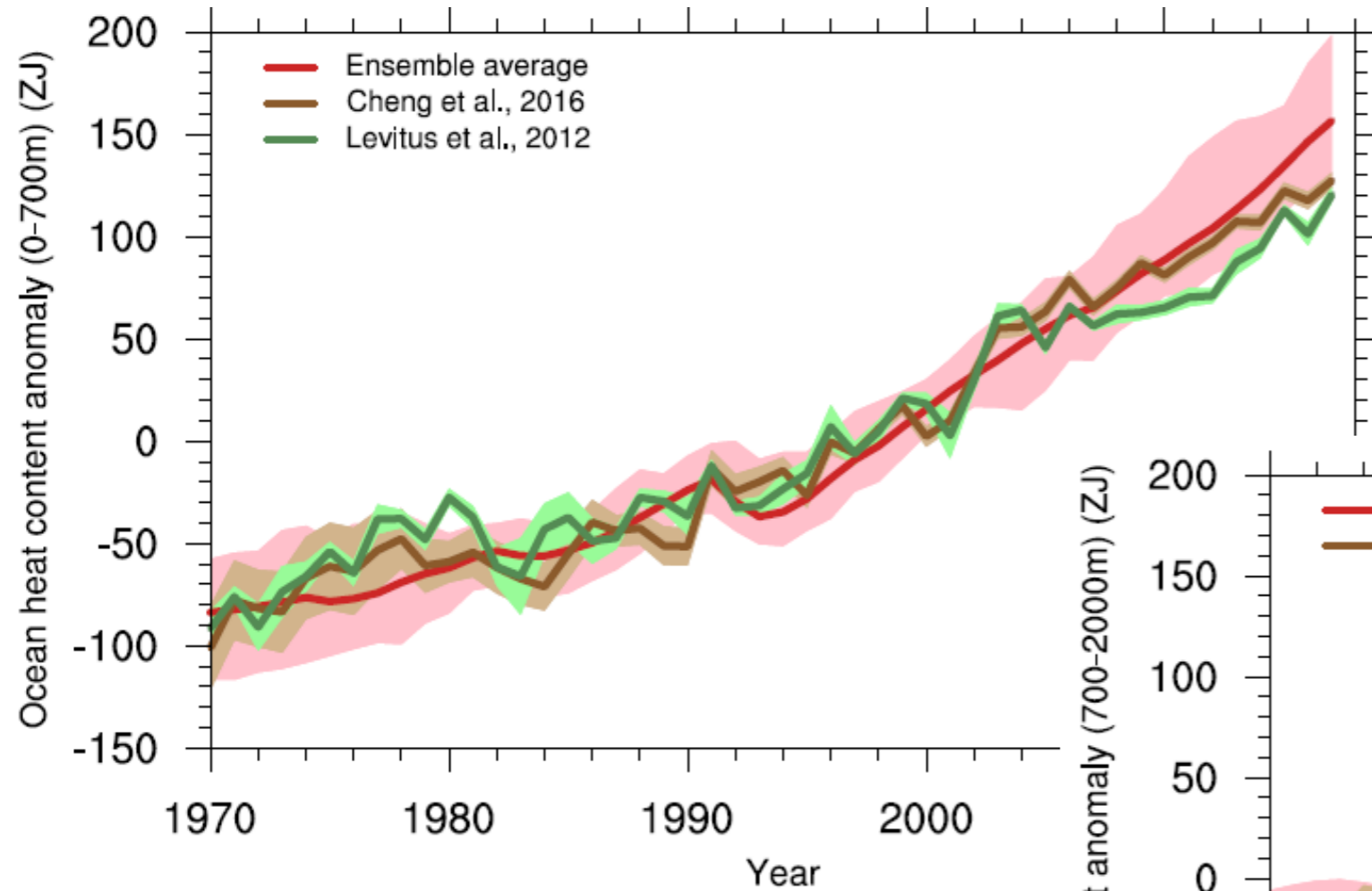
Trends (K per decade)

Rémy Bonnet, IPSL



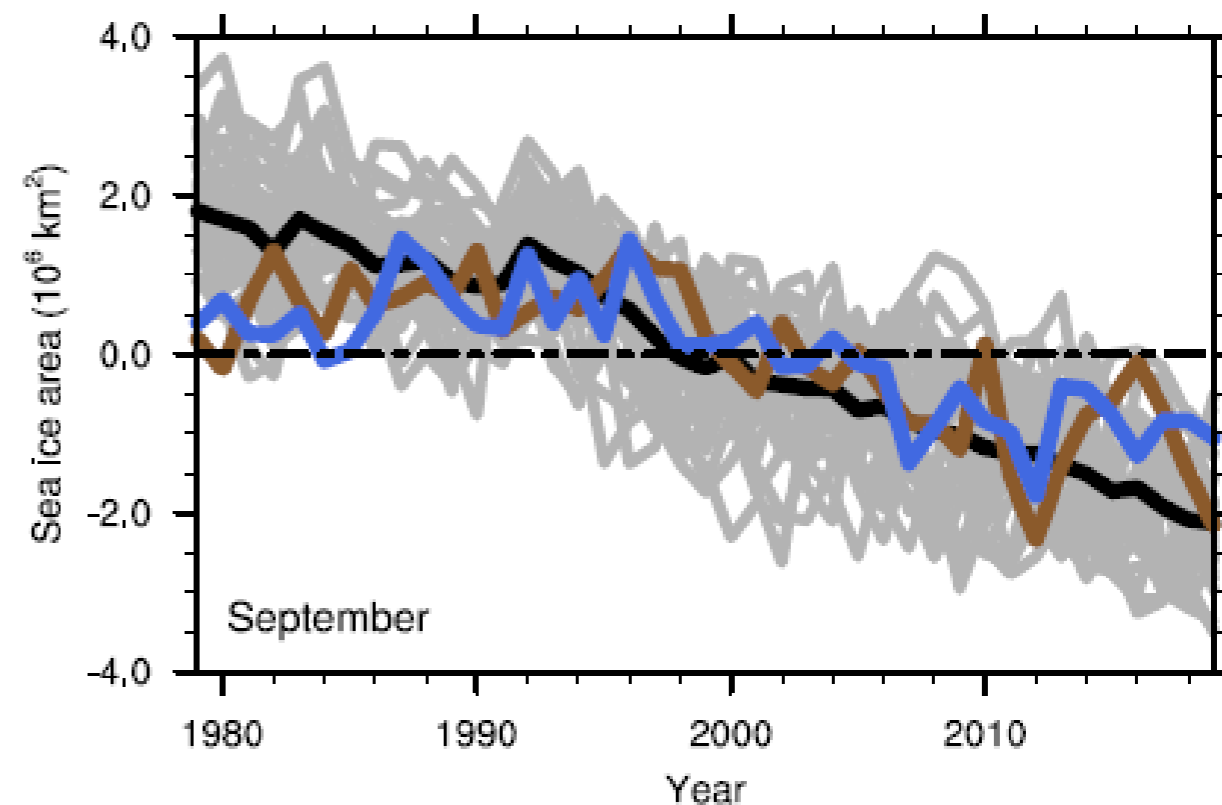
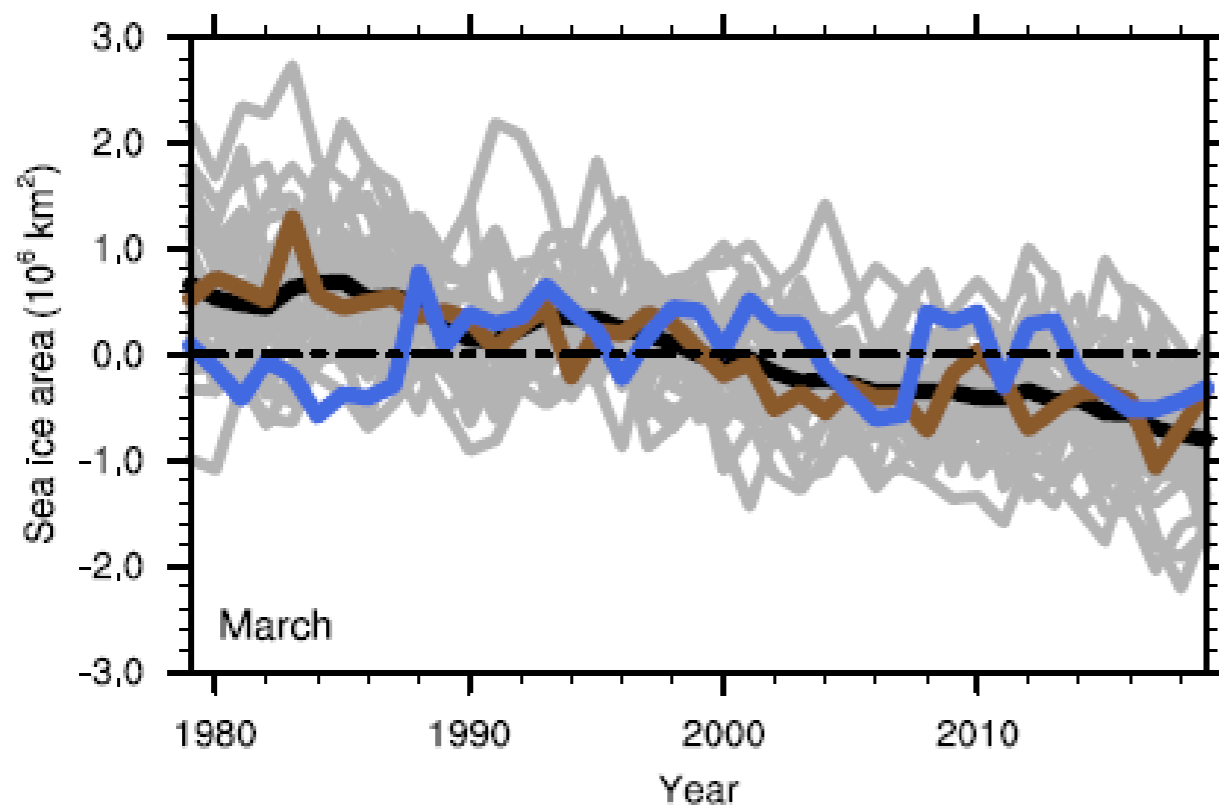
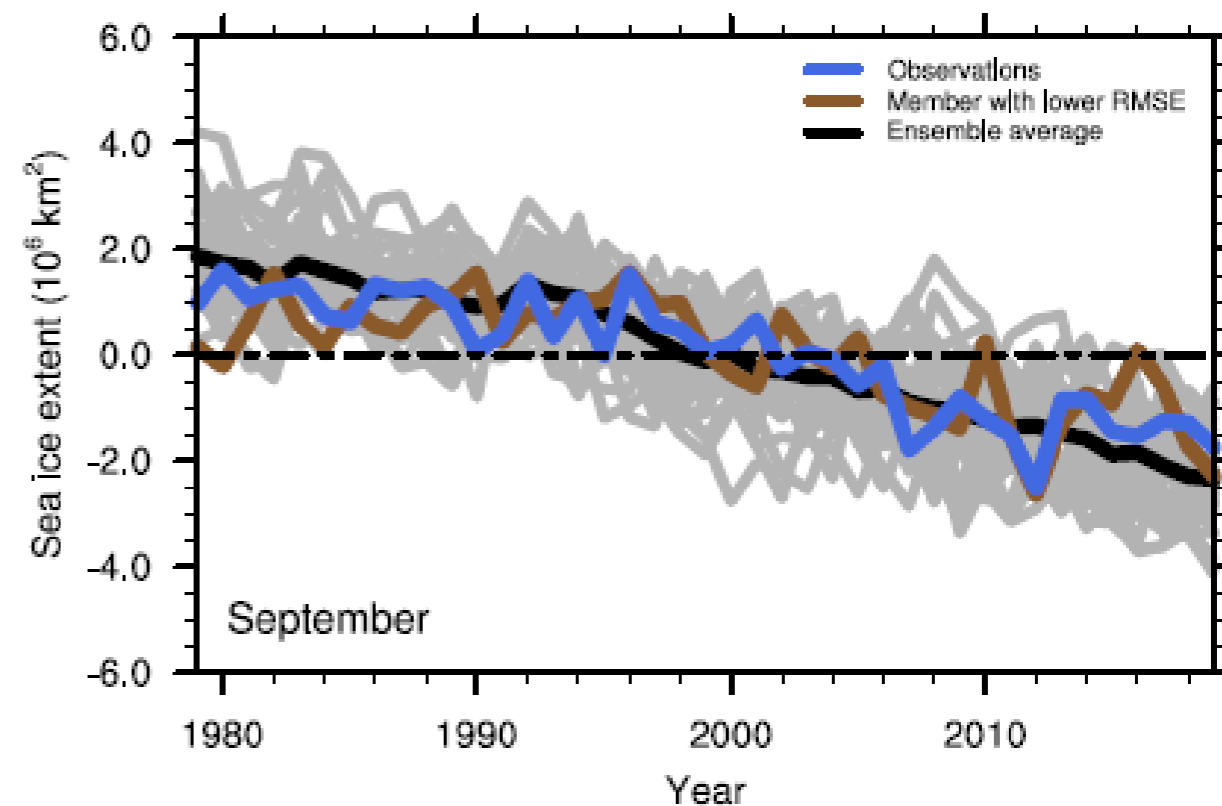
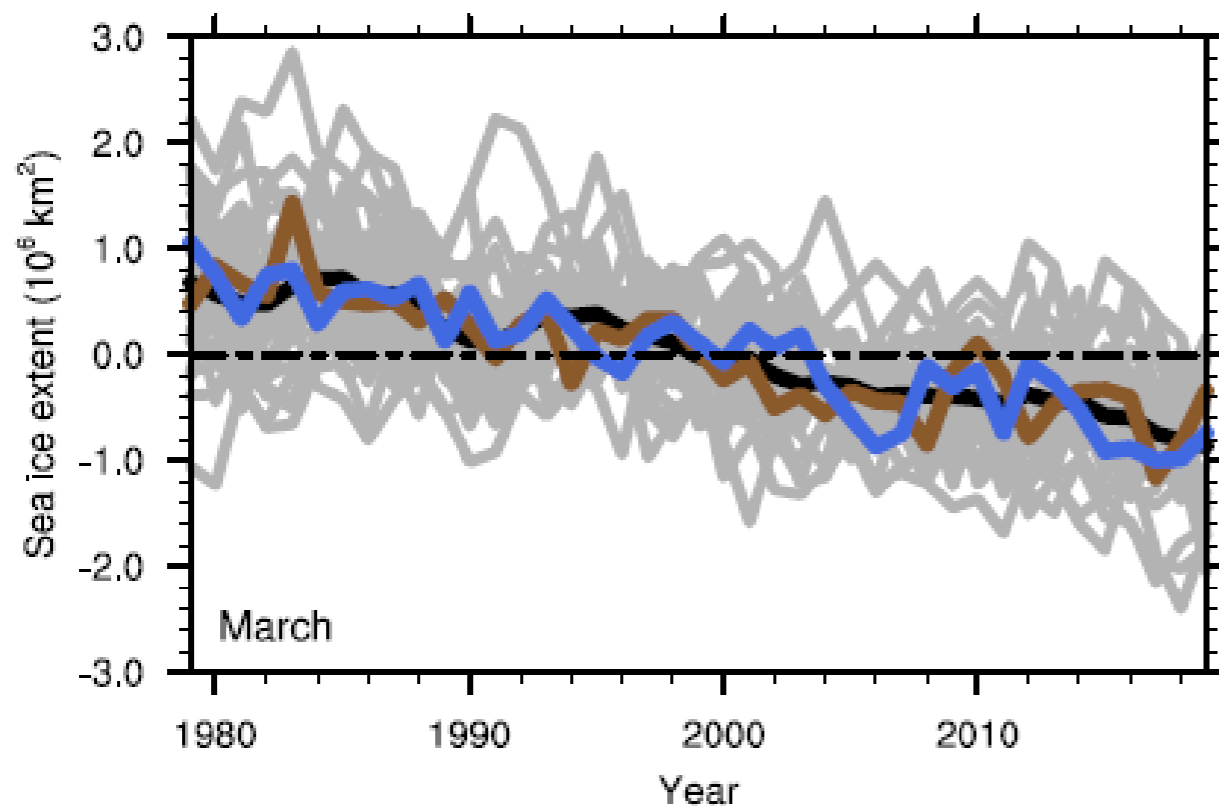
L'AMV du modèle peut-être en phase ou en opposition de phase par rapport aux observations.

Changement de contenu en chaleur de l'océan



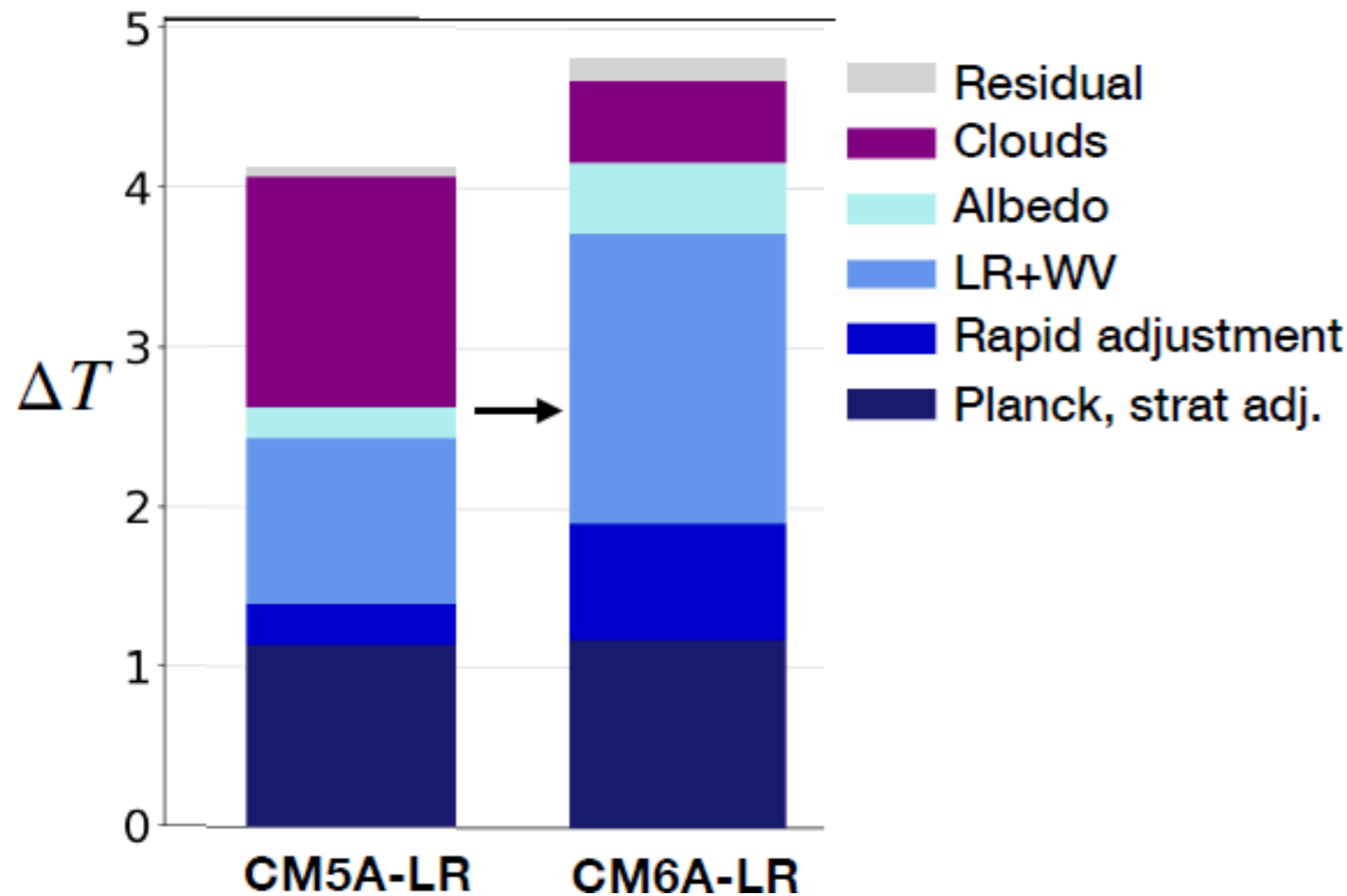
Le modèle tend à surestimer le flux d'énergie dans l'océan peu profond (0-700 m) mais à le sous-estimer dans l'océan profond (700-2000 m).

Changement dans la glace de mer arctique

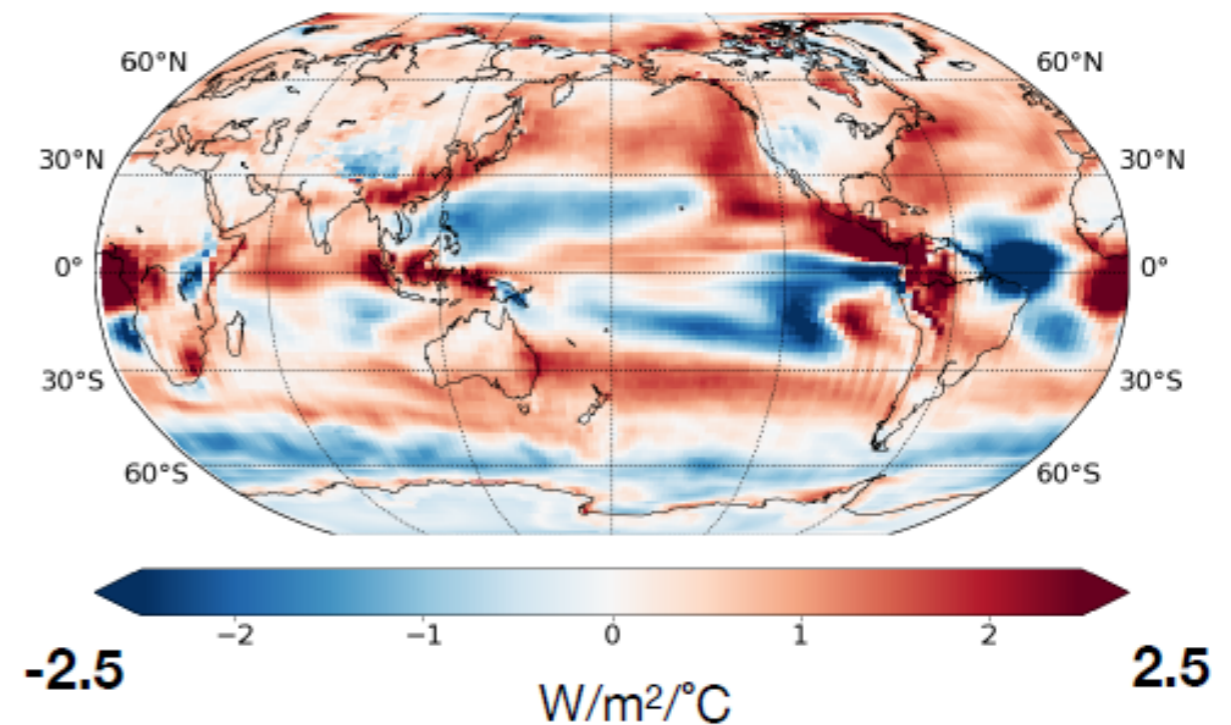


Sensibilité climatique CM5 => CM6

a) Contributions to ECS



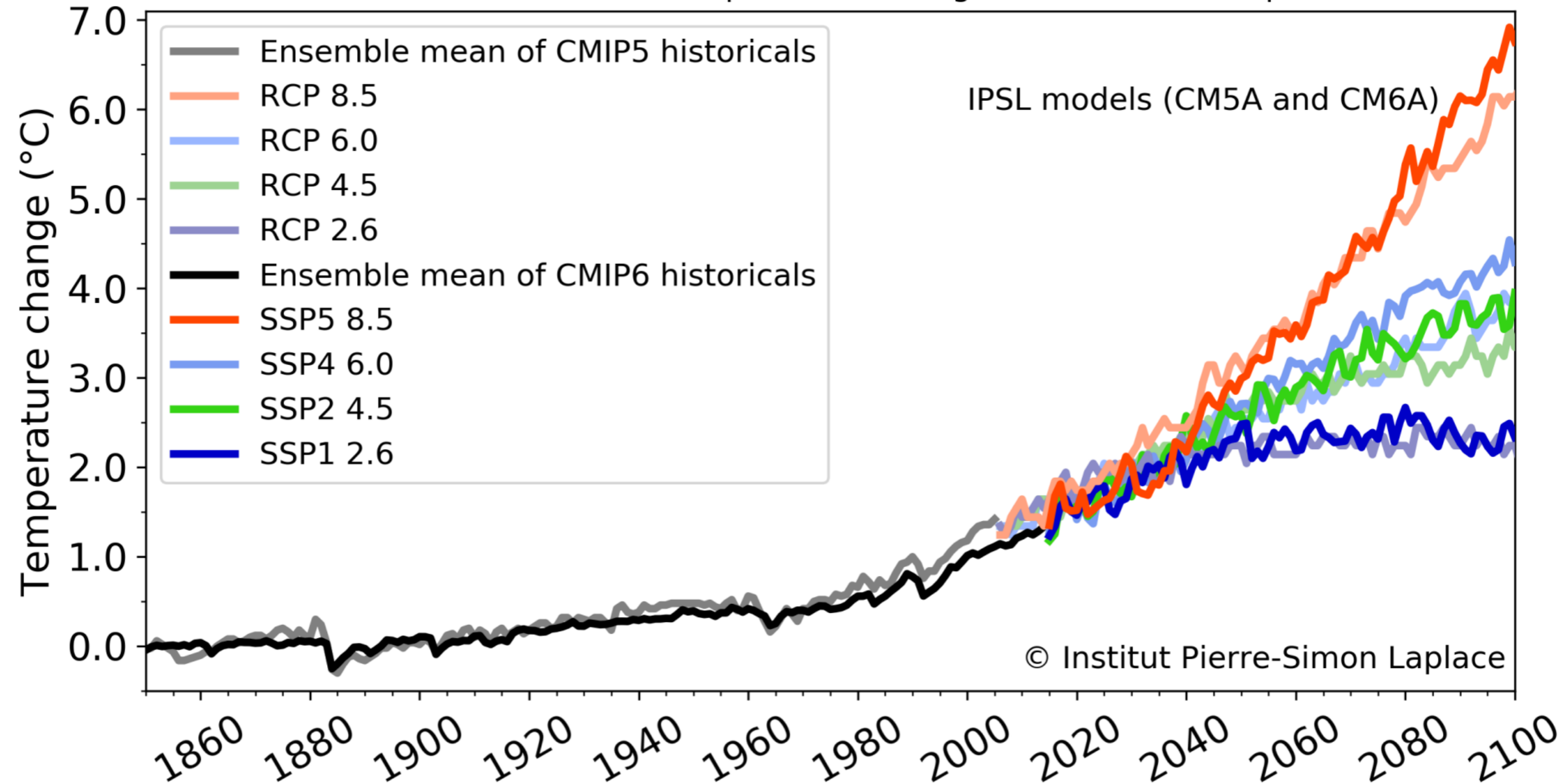
b) Net cloud feedback



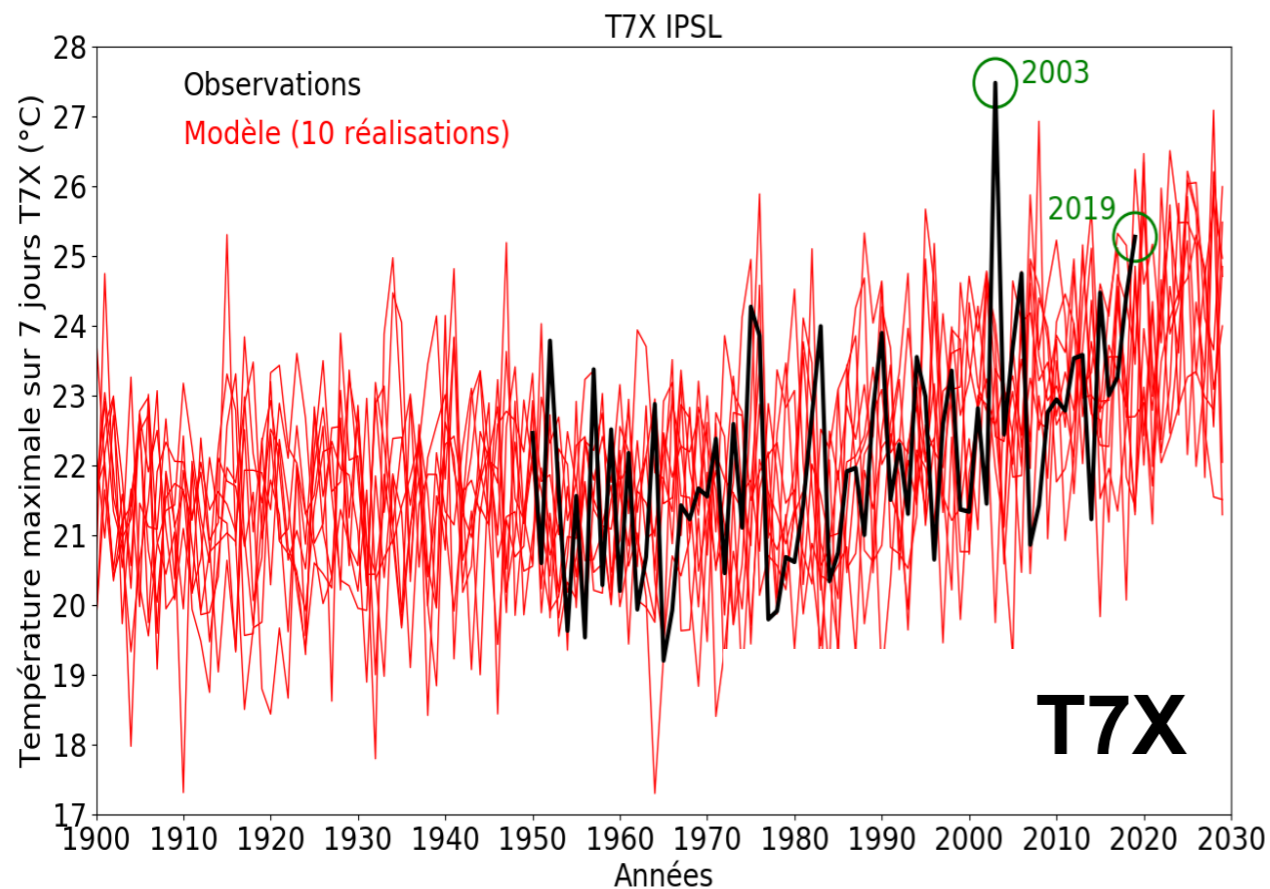
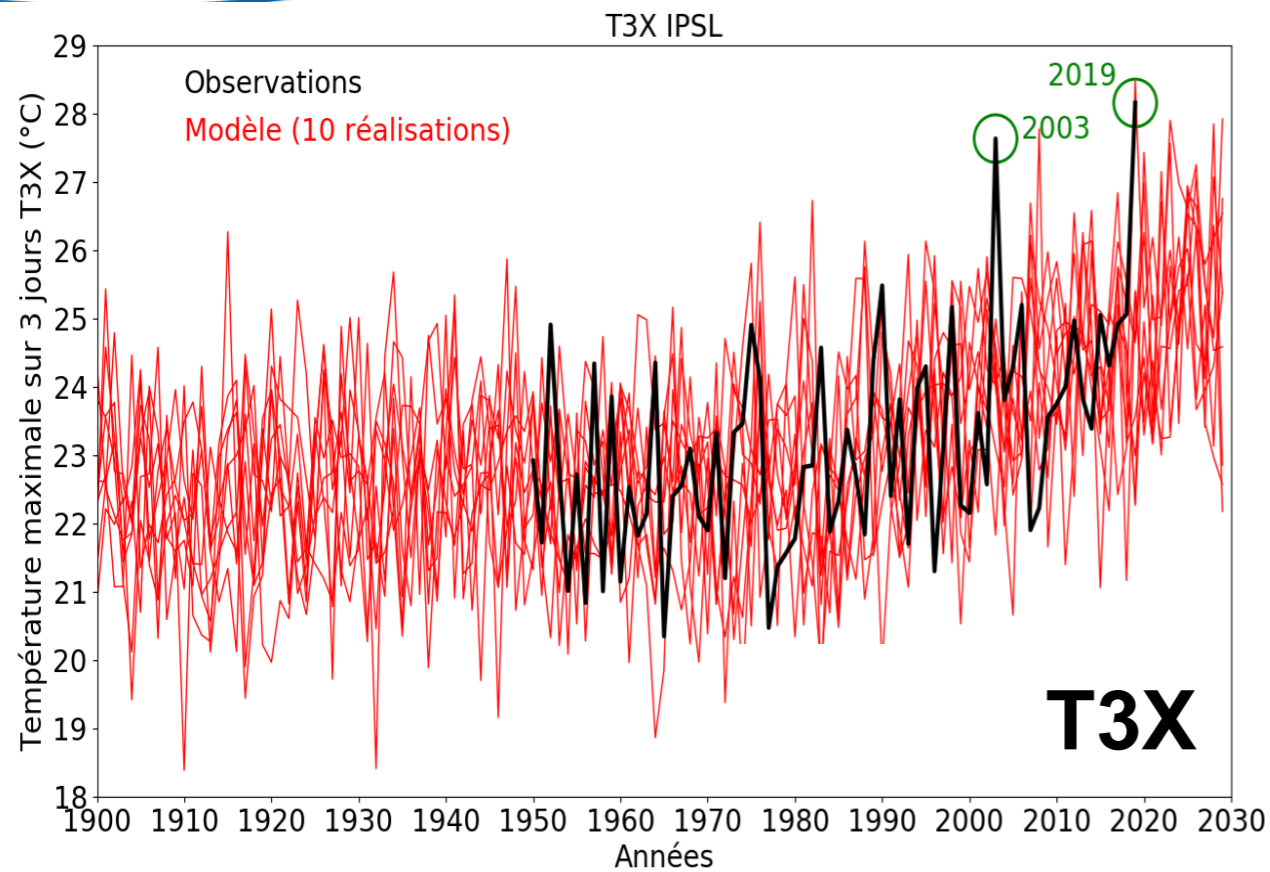
Le modèle IPSL-CM6A-LR présente une sensibilité climatique à l'équilibre (ECS) plus élevée que l'ancien modèle IPSL-CM5A-LR, dû à
 -des ajustements rapides en réponse au CO2 plus réchauffants
 -une rétroaction dû à la vapeur d'eau (lapse-rate + water vapour) plus forte malgré une rétroaction « nuages » moins forte.

Comparaison IPSL-CM5 vs IPSL-CM6

Global mean of surface temperature, change w.r.t. 1850-1899 period



Vagues de chaleur en France



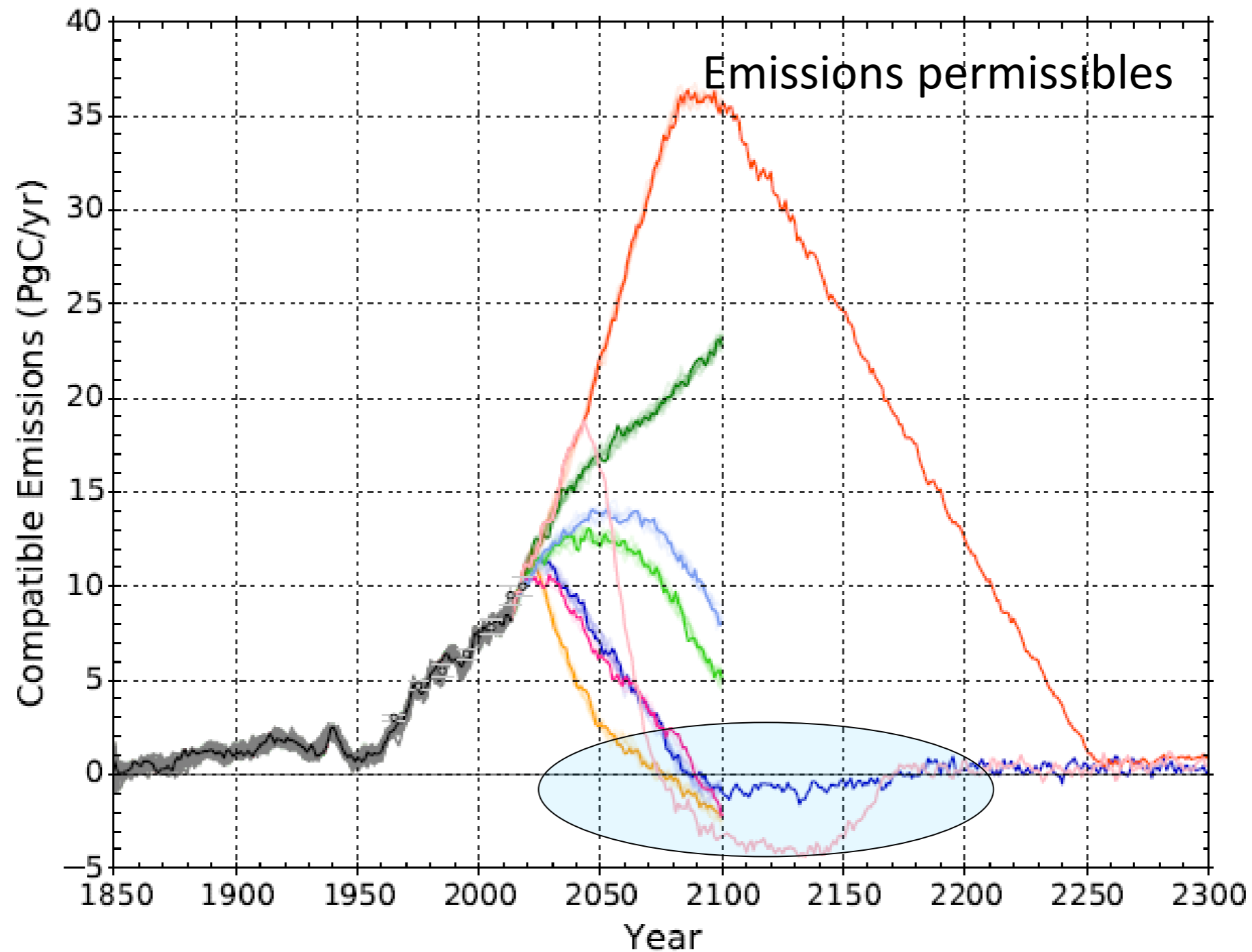
Maximum de la température moyenne sur 3 et 7 jours consécutifs sur la France métropolitaine (avec petite correction de biais)

En augmentation dans les observations et dans les simulations

Canicules typiquement 2°C plus intense qu'auparavant dans les simulations

Cela va continuer...

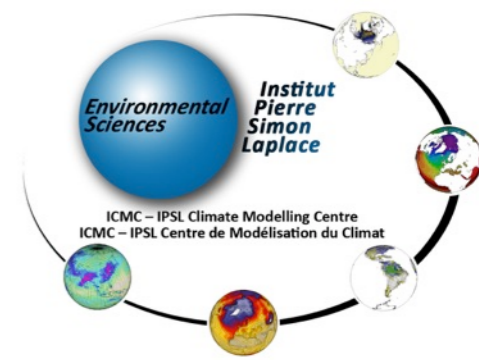
Neutralité carbone en 2070



Neutralité carbone en ~2070 pour le scénario 2°C

Importantes émissions négatives s'il y a « overshoot » en émissions

Patricia Cadule, IPSL



Une nouvelle génération de modèle (IPSL-CM6A-LR) a été mise au point avec de nombreuses améliorations physiques, méthodologiques et techniques.

La climatologie du modèle en climat actuel est grandement améliorée mais des biais persistent.

Les précédents résultats sur le réchauffement climatique en cours sont largement confirmés (par ex. sur l'attribution du changement climatique aux gaz à effet de serre). La variabilité du système climatique est également clé pour comprendre la période « historique ».

La sensibilité climatique du modèle de l'IPSL augmente légèrement, et devra être confrontée à celles des autres modèles et aux observations pertinentes.

Les différents scénarios ne se distinguent qu'aux alentours de 2040. Une stabilisation du climat au niveau le plus bas possible nécessite la neutralité C vers 2070.

Merci pour votre attention