

Variabilité interne et forcée aux échelles décennales: analyse des modèles CMIP5

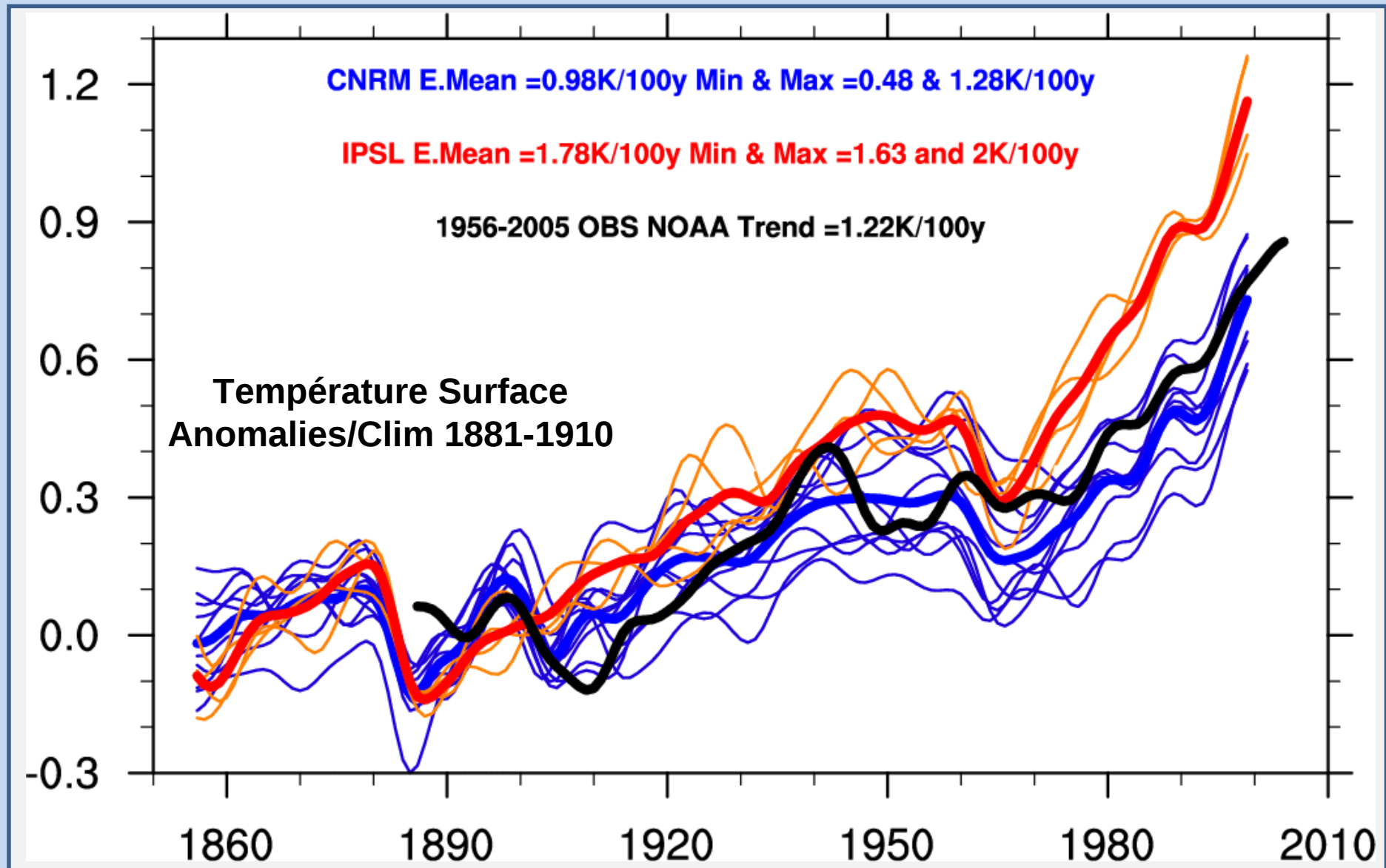
Laurent Terray
SUC, URA1875, CERFACS/CNRS

Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère
23-26 Janvier 2012, Toulouse

 CNRSfr-grand.j...



Motivations



Cheminement

- Quelle est la part respective des variabilités interne et forcée ***aux échelles décennales*** sur les 150 dernières années (température & précipitation)?
- Quels sont les principaux modes de ces deux types de variabilité ?
- Quelles sont les interactions entre ces deux types de variabilité ?
- Quelle est leur part respective dans la prévisibilité du système climatique?

Données et outils utilisées

- Simulations de l'exercice CMIP5: une dizaine de modèles utilisés
- Différents types d'expériences: contrôle (forçages externes constant 1850), historiques (forçages externes observés), prévisions décennales (Initialisation de l'océan) avec CNRM-CM5
- Outils: analyse en variance fréquentielle, analyse en composante principale (Opt. S/B)
- Diagnostics simples sur la prévisibilité

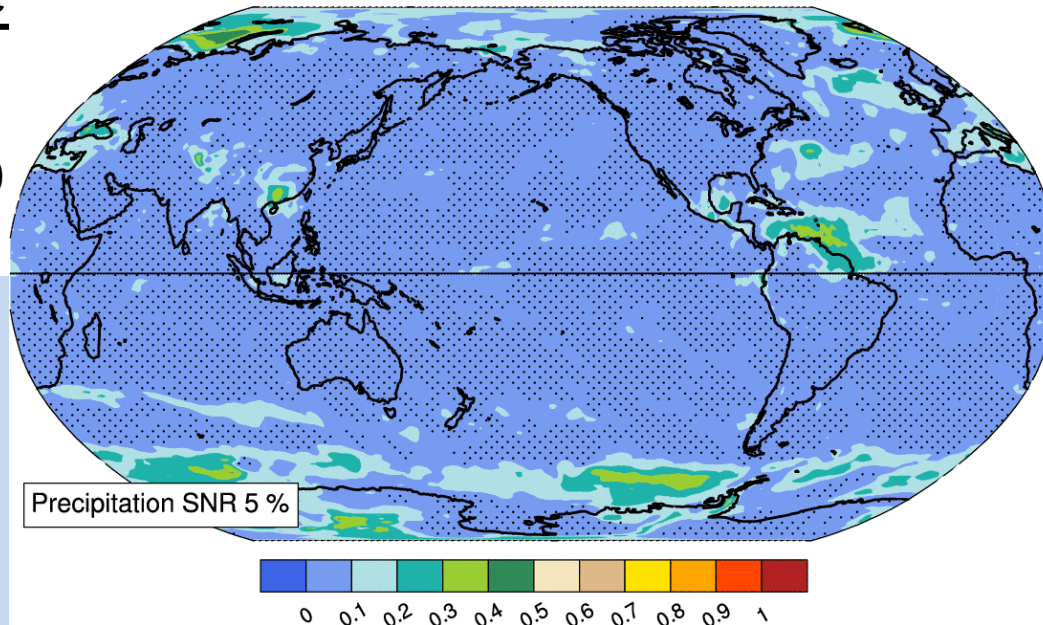
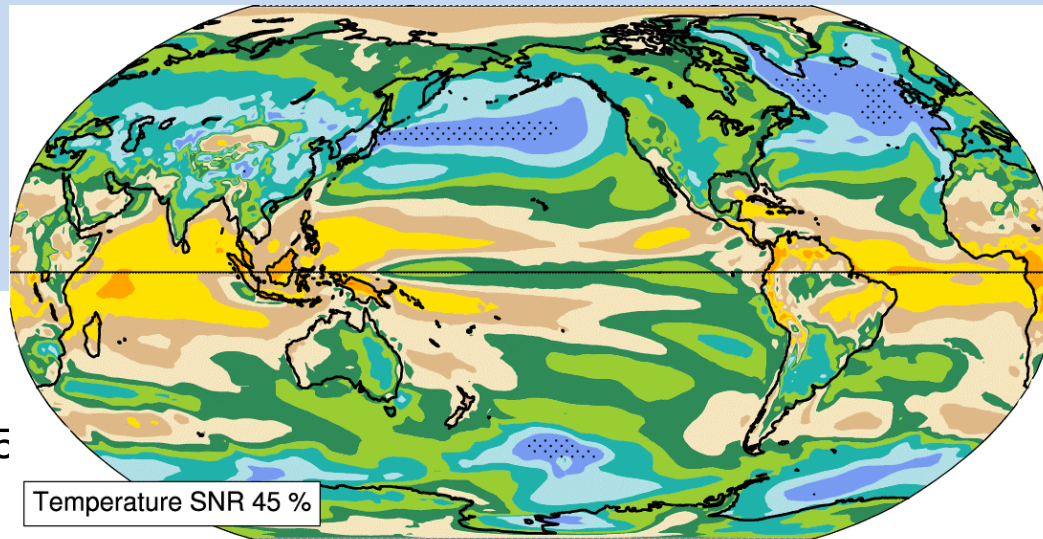
Echelle décennale: qui domine ?

CNRM-CM5

Simulations Historiques
Tous forçages, 1850-2005

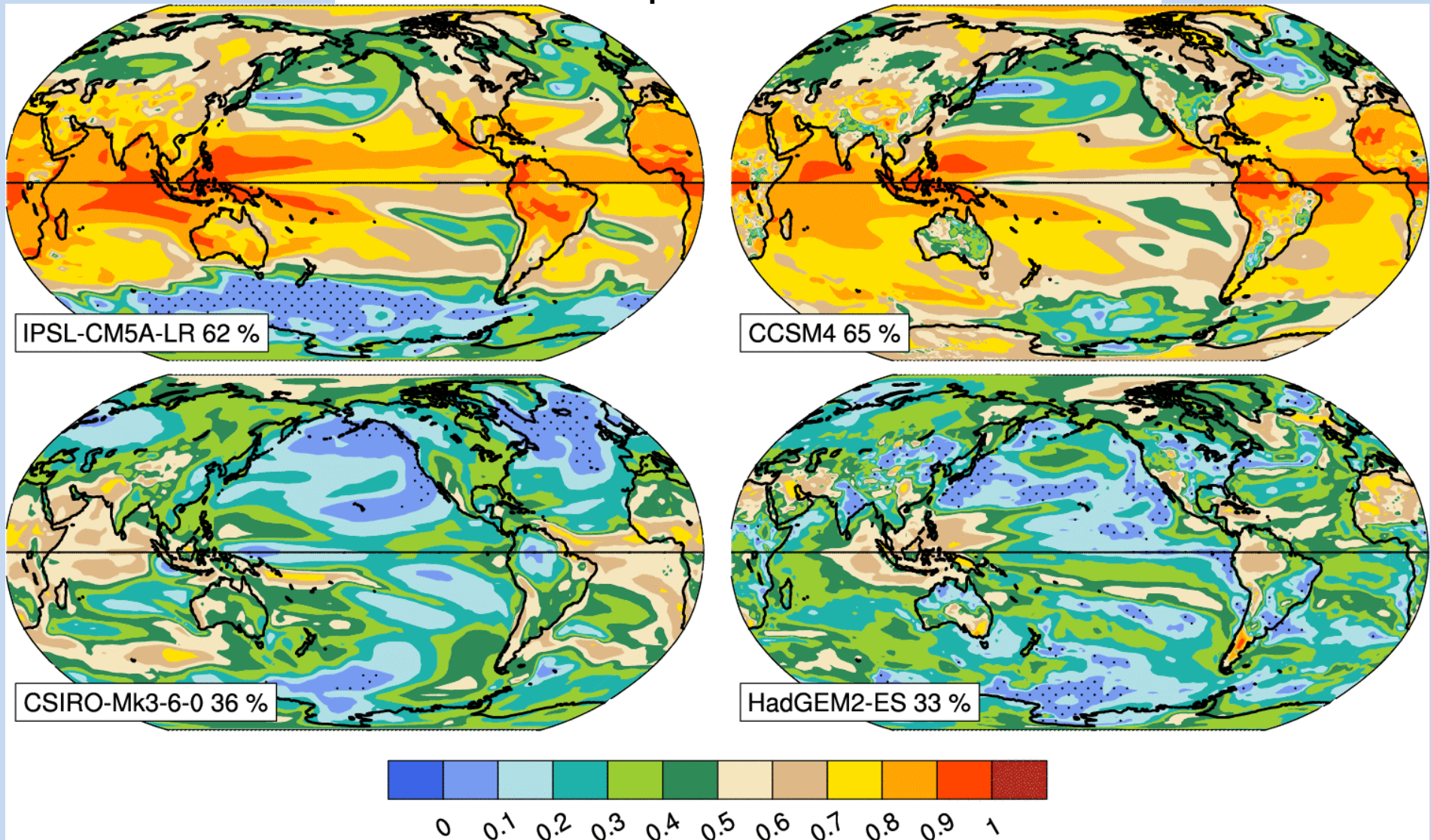
Variabilité Forcée
Variabilité Totale

.... H_0 : Var.Forcée = 0
Seuil 5%



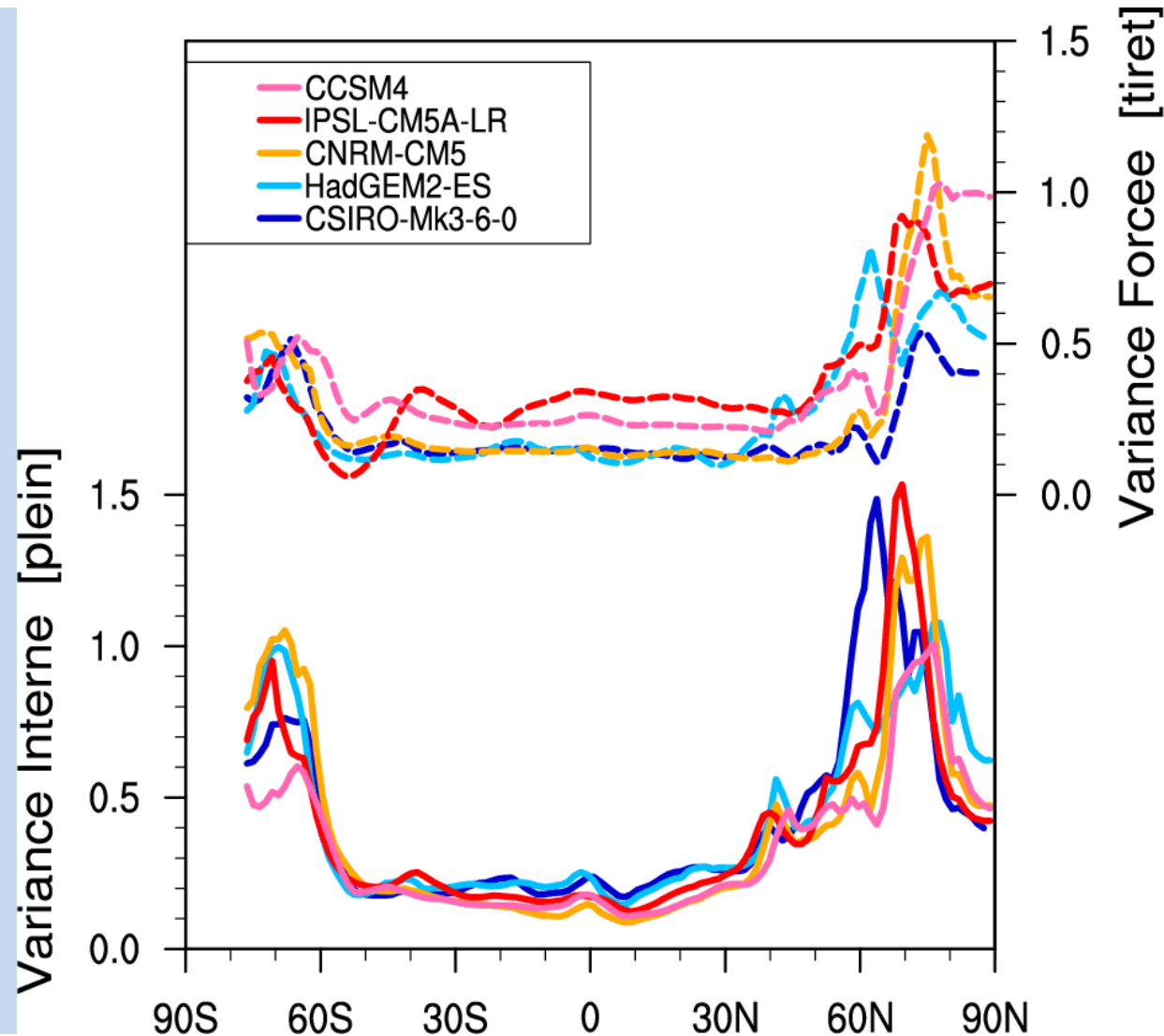
Les modèles sont-ils cohérents ?

Cas de la température de surface TS



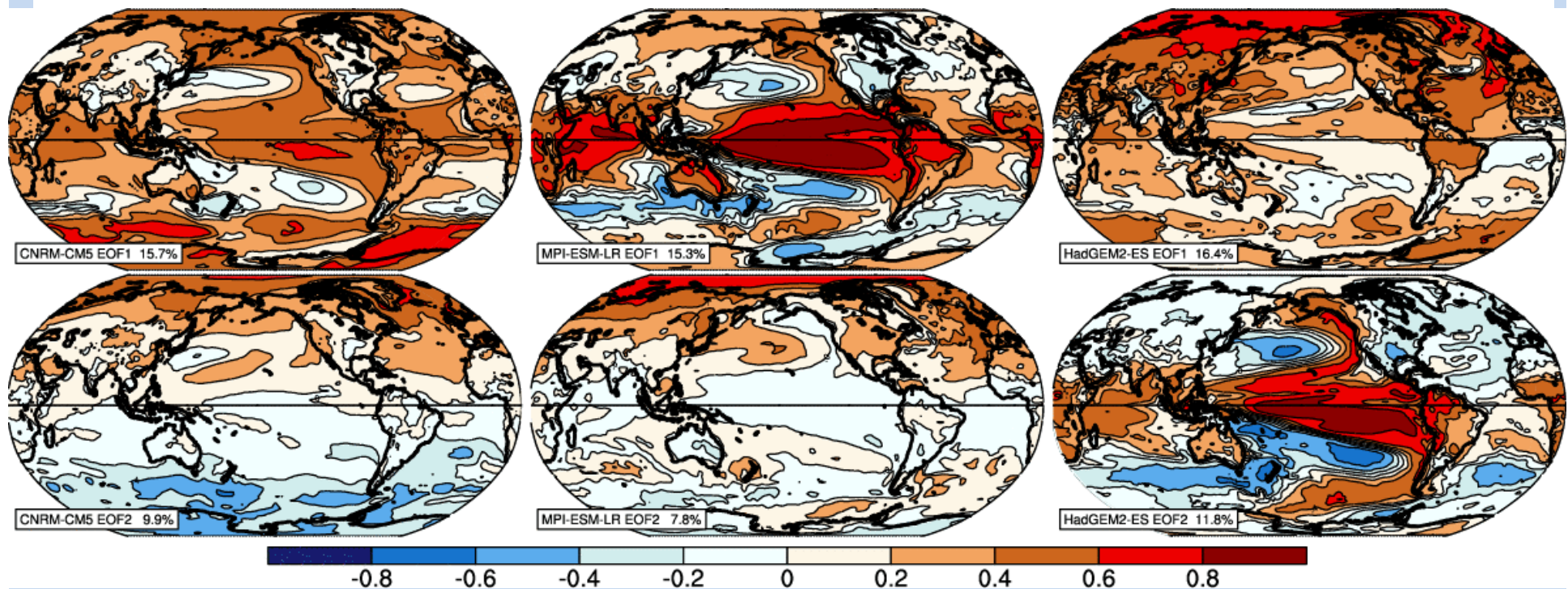
Différences pour les deux types de variabilité de la TS

Moyenne zonale sur l'Océan seulement



Quels sont les principaux modes de la variabilité interne décennale ?

Analyse en composantes principales des simulations de contrôle
Température filtrées passe-bas (> 10 ans)



Modes dominants (25% de la variance seulement):

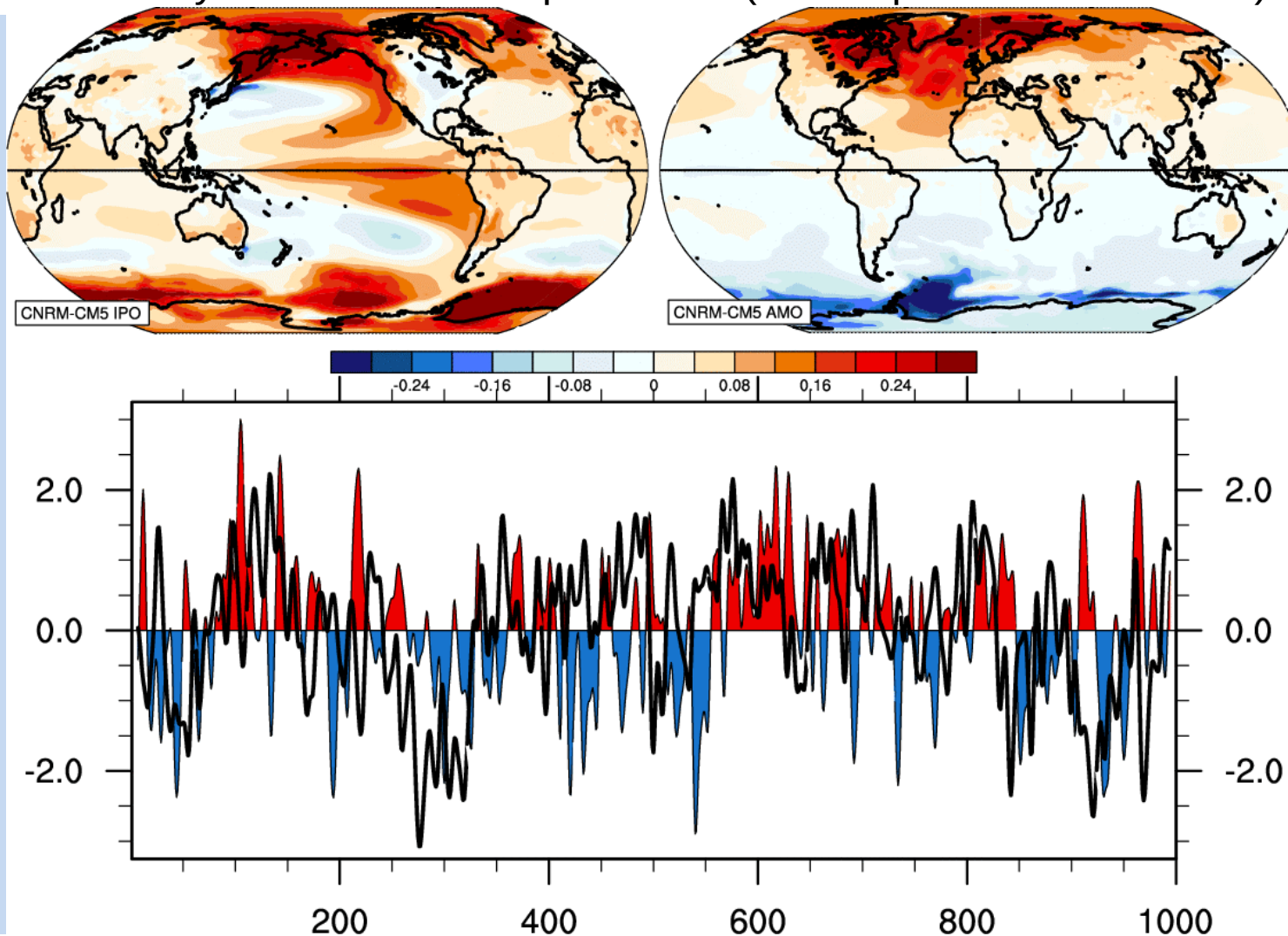
IPO: Oscillation Pacifique Interdécennale (10-50 ans)

AMO: Oscillation Atlantique Multidécennale (30-100 ans)

Les Oscillations Décennales Atlantique et Pacifique

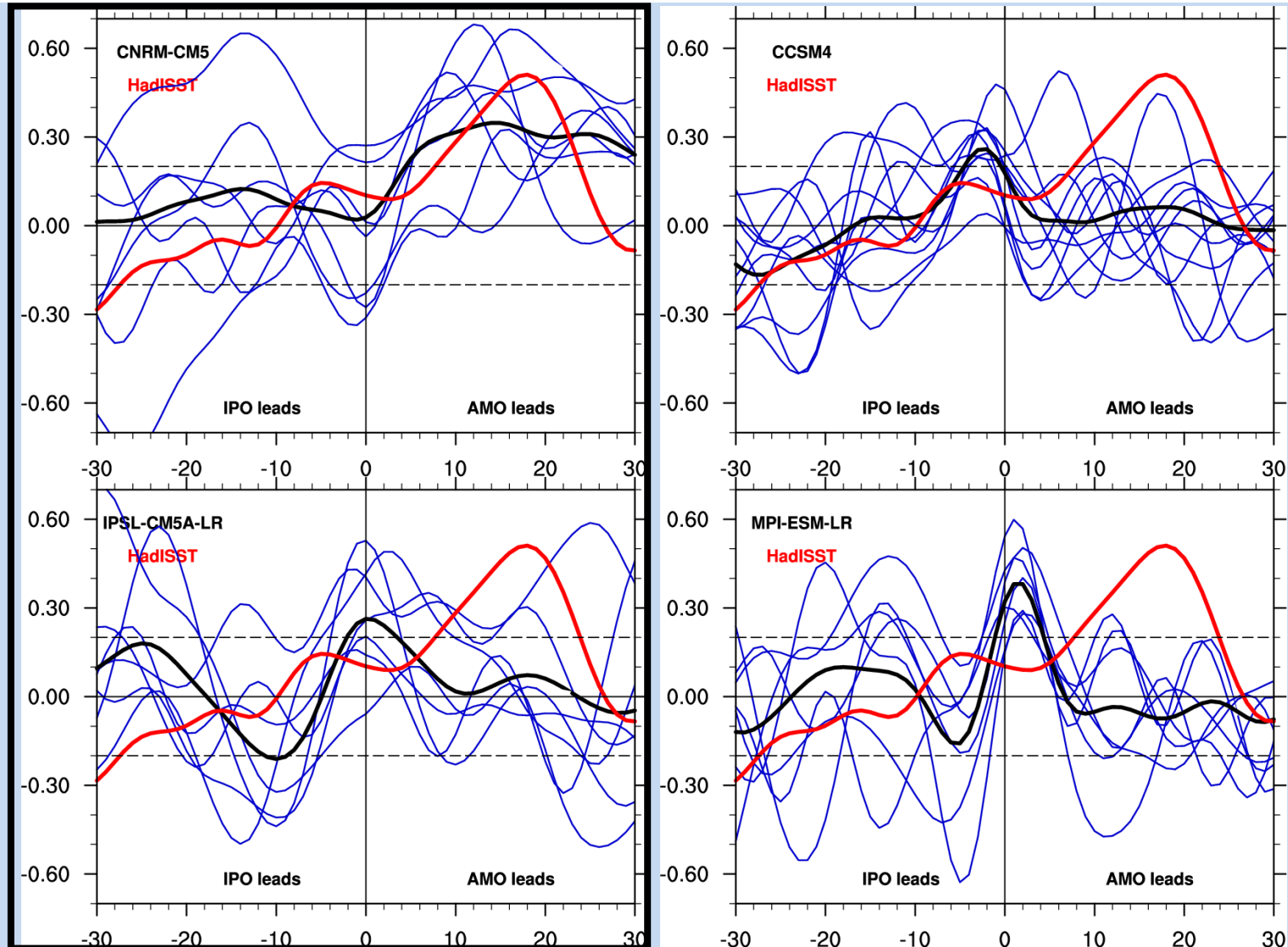
IPO: PC de la 1^{ère} EOF des SST Pacifique [50°S-60°N]

AMO: Moyenne SST Atlantique 0-60°N (filtrées passe-bas >10 ans)



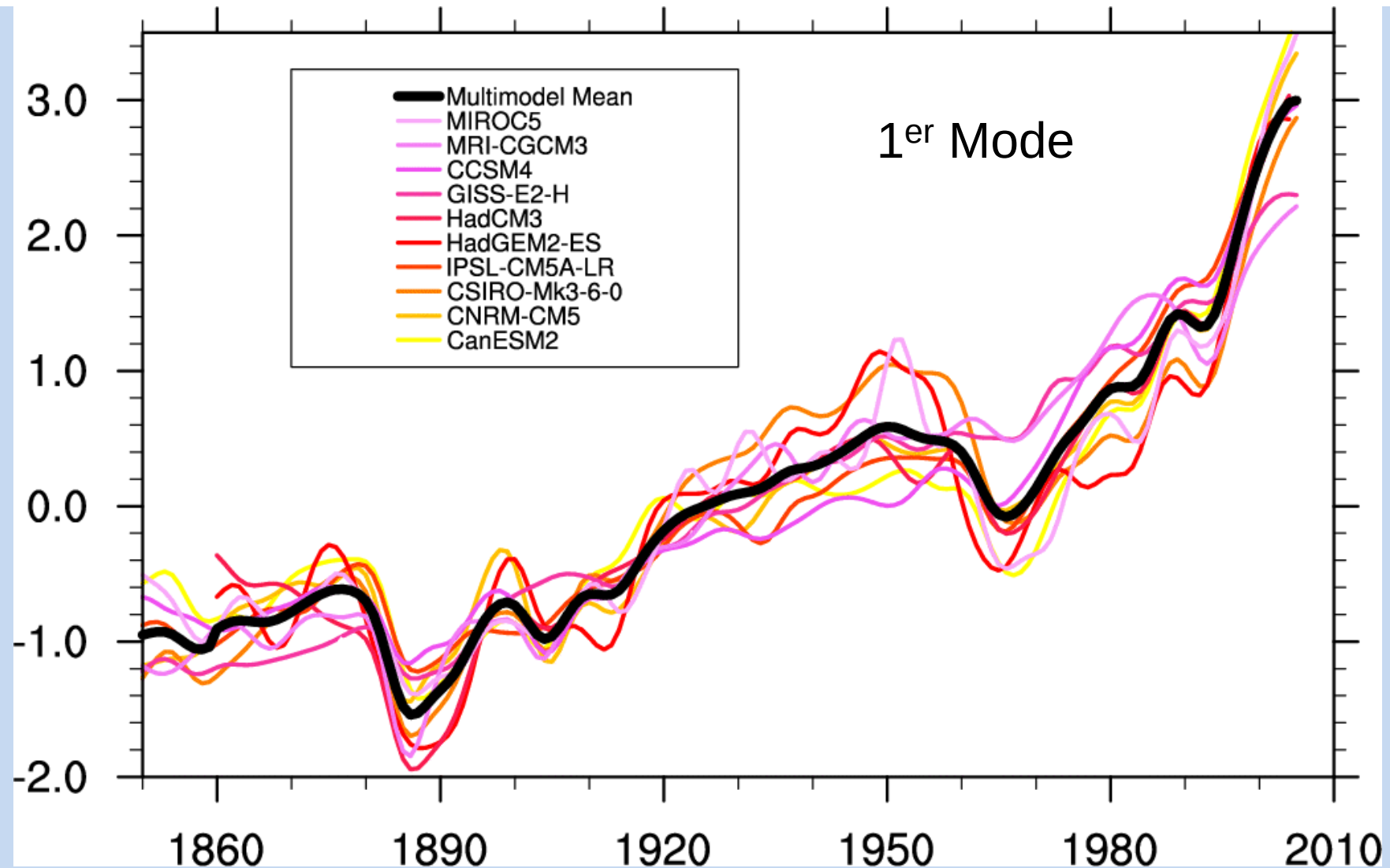
Liens entre AMO et IPO

Simulations de contrôle: corrélations déphasées entre les indices AMO et IPO



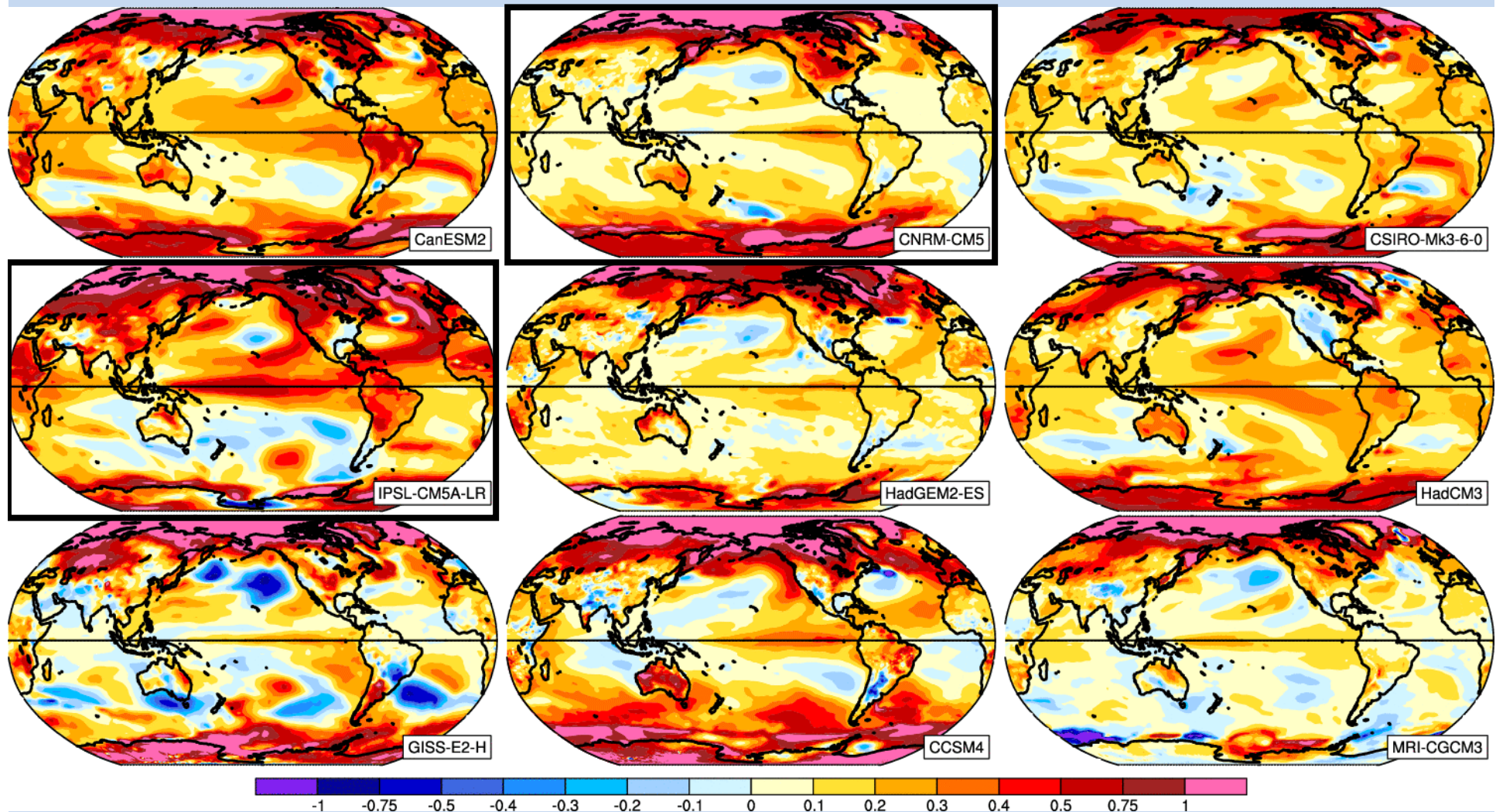
Quelles caractéristiques pour la variabilité forcée ?

Analyse ACP optimisé des simulations historiques



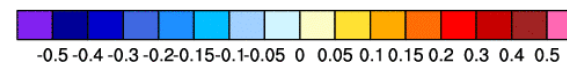
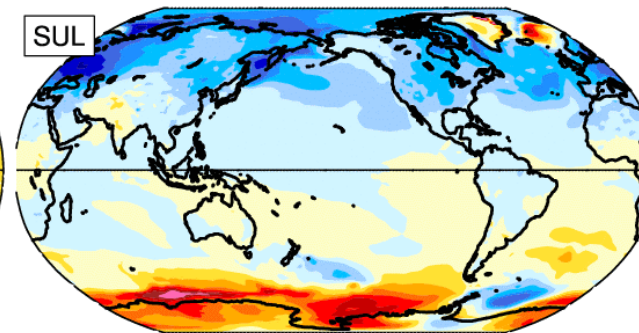
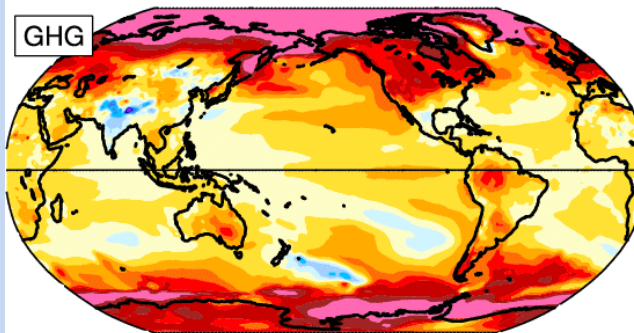
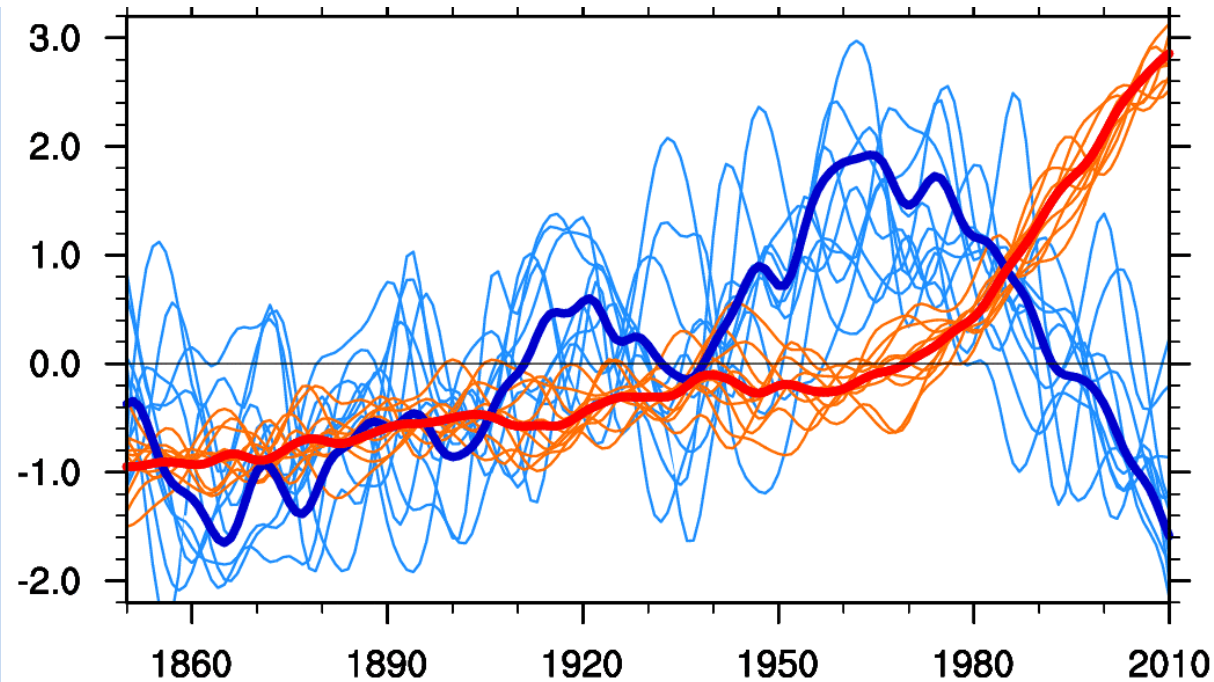
Quelles caractéristiques pour la variabilité forcée ?

1^{er} Mode, tous forçages anthropiques + naturels



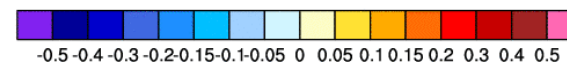
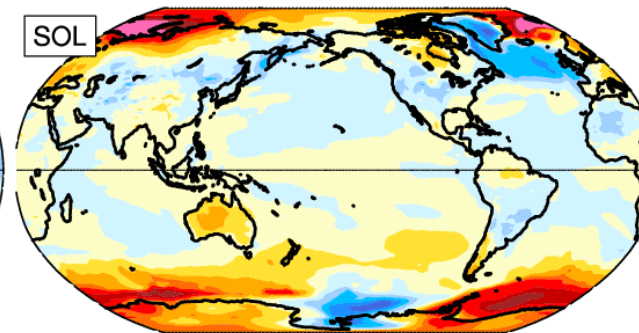
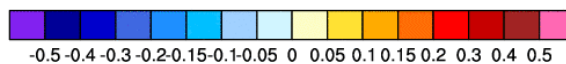
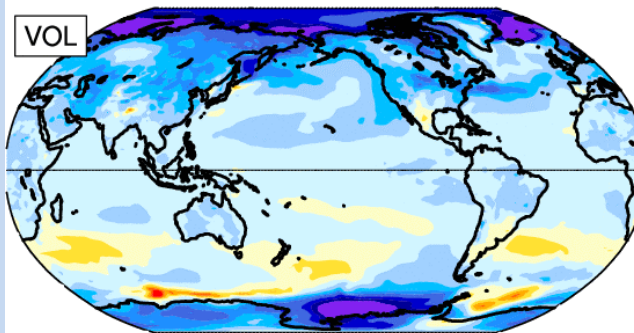
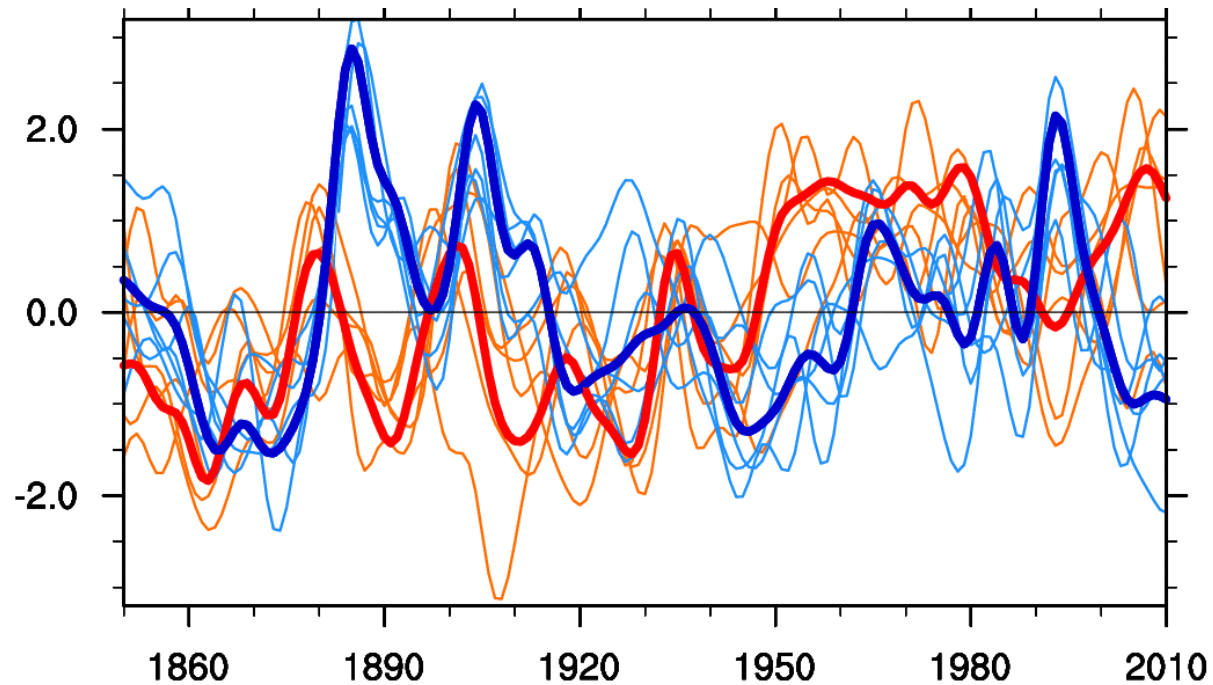
Caractéristiques des réponses aux forçages anthropiques

10 Simulations CNRM-CM5: Forçages Anthropiques GHG + SUL



Caractéristiques des réponses aux forçages naturels

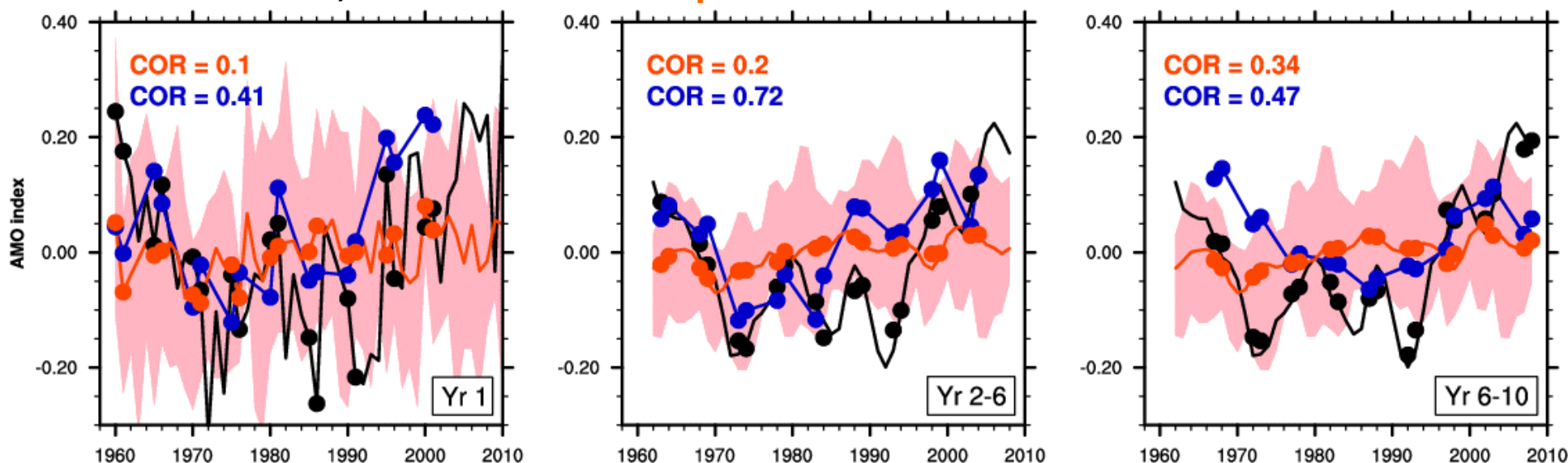
6 Simulations CNRM-CM5: Forçages naturels VOL + SOL(?)



Prévisibilité des modes internes: initialisation de l'océan

Prévisions initialisées à partir des observations océaniques
Dates des hindcasts (période de 10 ans) pour les prévisions décennales: 1960, 1961, 1965, 1966, 2000, 2001.
Ensembles de 10 membres pour chaque date comparés avec 10 simulations historiques ayant les mêmes forçages externes

Observations, *simulations* historiques et décennales CNRM-CM5: index AMO



Conclusions

1. Le rapport Variabilité Décennale Forcée sur Totale décroît de l'équateur vers les pôles. La variabilité décennale interne est maximale dans les océans subpolaires pour tous les modèles
2. Les modèles CMIP5 diffèrent (parfois d'un facteur 2 ou 3) sur les estimations respectives des variabilités océaniques interne (Atlantique Nord) et forcée (zones tropicales).
3. Les principaux modes de variabilité interne de la température de surface sont l'IPO et l'AMO (~20-30% de la variance à eux deux) dans la plupart des modèles (et leur rang varie suivant les modèles)
4. La période d'observation est trop courte pour pouvoir conclure sur la (in-)dépendance des deux modes. Leur éventuelle interaction dans les simulations préindustrielles CMIP5 est par ailleurs non stationnaire et diffère fortement entre les modèles.
5. Les modes liés aux forçages externes, naturels et anthropiques, ont des signatures temporelles et spatiales différentes des modes internes (contraste terre-mer).

Conclusions

6. Les modes forcés ont des rapports signal sur bruit différents: fort pour les GHG et lors des éruptions volcaniques, moins fort pour les aérosols et l'insolation.
7. L'accentuation récente du réchauffement est due majoritairement à la réponse aux forçages anthropiques (bascullement dans la décennie 1970-1980)
8. La réponse au forçage volcanique se traduit par un refroidissement global (sauf dans l'austral) dont l'effet sur la température peut persister plus d'une dizaine d'années.
9. Les modes forcés se projettent partiellement sur les modes internes (exemple: SUL et AMO, GHG et IPO). Il est donc difficile d'enlever proprement les effets anthropiques des modes internes observés et vice-versa.
10. Les expériences historiques CNRM-CM5 montrent, en mode parfait, une prévisibilité sur plusieurs décennies de l'AMO, quand on démarre la prévision d'une phase très positive.
11. Les prévisions décennales CNRM-CM5 indiquent un apport de l'initialisation océanique pour la prévision de l'AMO (période 2-6 ans)

Merci !

The CNRM-CM5.1 global climate model: description and basic evaluation

A. Voldoire · E. Sanchez-Gomez · D. Salas y Mélia · B. Decharme · C. Cassou · S. Sénési ·
S. Valcke · I. Beau · A. Alias · M. Chevallier · M. Déqué · J. Deshayes · H. Douville ·
E. Fernandez · G. Madec · E. Maisonnave · M.-P. Moine · S. Planton · D. Saint-Martin ·
S. Szopa · S. Tyteca · R. Alkama · S. Belamari · A. Braun · L. Coquart · F. Chauvin

Received: 16 August 2011 / Accepted: 30 November 2011
© The Author(s) 2012. This article is published with open access at Springerlink.com

Abstract A new version of the general circulation model CNRM-CM has been developed jointly by CNRM-GAME (Centre National de Recherches Météorologiques—Groupe d'études de l'Atmosphère Météorologique) and Cerfacs (Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée) in order to contribute to phase 5 of the Coupled Model Inter-comparison Project (CMIP5). The purpose of the study is to describe its main features and to provide a preliminary assessment of its mean climatology. CNRM-CM5.1 includes the atmospheric model ARPEGE-Climat (v5.2), the ocean model NEMO (v3.2), the land surface scheme ISBA and the

sea ice model GELATO (v5) coupled through the OASIS (v3) system. The main improvements since CMIP3 are the following. Horizontal resolution has been increased both in the atmosphere (from 2.8° to 1.4°) and in the ocean (from 2° to 1°). The dynamical core of the atmospheric component has been revised. A new radiation scheme has been introduced and the treatments of tropospheric and stratospheric aerosols have been improved. Particular care has been devoted to ensure mass/water conservation in the atmospheric component. The land surface scheme ISBA has been externalised from the atmospheric model through the SURFEX platform and includes new developments such as a parameterization of sub-grid hydrology, a new freezing scheme and a new bulk parameterisation for ocean surface fluxes. The ocean model is based on the state-of-the-art version of NEMO, which has greatly progressed since the OPA8.0 version used in the CMIP3 version of CNRM-CM. Finally, the coupling between the different components through OASIS has also received a particular attention to avoid energy loss and spurious drifts. These developments generally lead to a more realistic representation of the mean recent climate and to a reduction of drifts in a preindustrial integration. The large-scale dynamics is generally improved both in the atmosphere and in the ocean, and the bias in mean surface temperature is clearly reduced. However, some flaws remain such as significant precipitation and radiative biases in many regions, or a pronounced drift in three dimensional salinity.

This paper is a contribution to the special issue on the IPSL and CNRM global climate and Earth System Models, both developed in France and contributing to the 5th coupled model intercomparison project.

A. Voldoire (✉) · D. Salas y Mélia · B. Decharme · S. Sénési ·
I. Beau · A. Alias · M. Chevallier · M. Déqué · H. Douville ·
S. Planton · D. Saint-Martin · S. Tyteca · R. Alkama ·
S. Belamari · A. Braun · F. Chauvin
CNRM-GAME (Météo-France, CNRS), Toulouse, France
e-mail: aurele.voldoire@meteo.fr

E. Sanchez-Gomez · C. Cassou · S. Valcke · E. Fernandez ·
E. Maisonnave · M.-P. Moine · L. Coquart
CERFACS/CNRS, Toulouse, France

J. Deshayes
LPO/CNRS, Brest, France

G. Madec
LOCEAN-IPSL, Paris, France

G. Madec
NOC, Southampton, UK

S. Szopa
LSCE CEA/CNRS, Gif-sur-Yvette, France

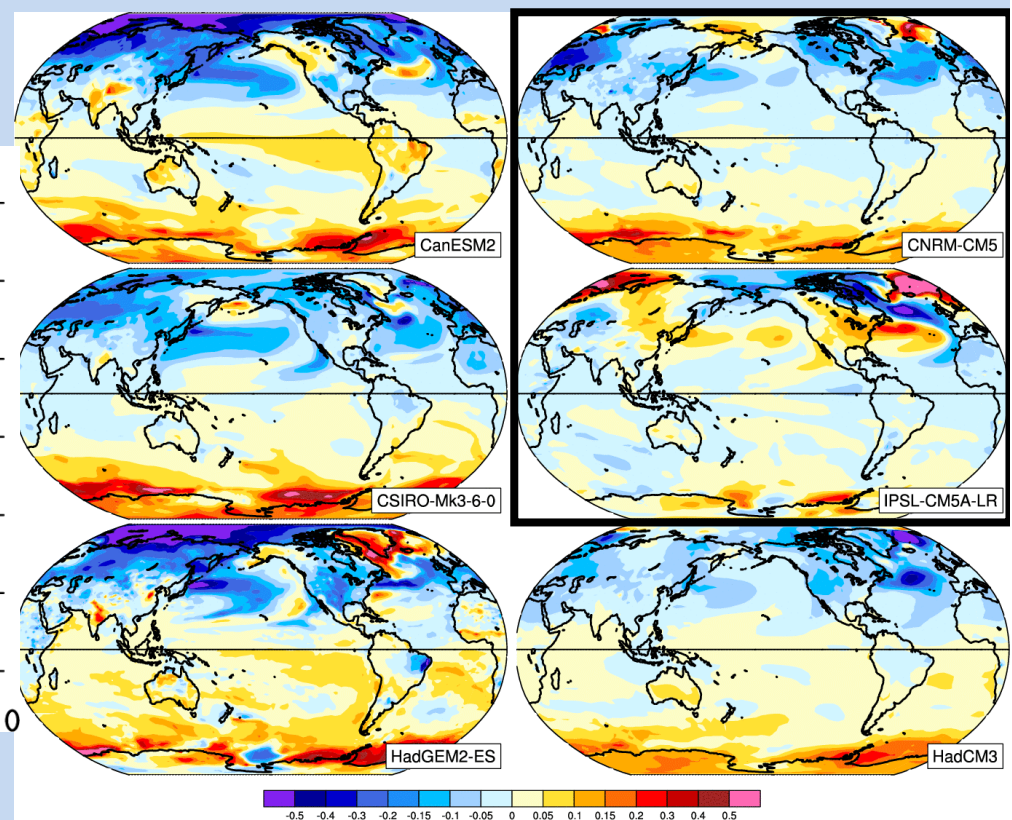
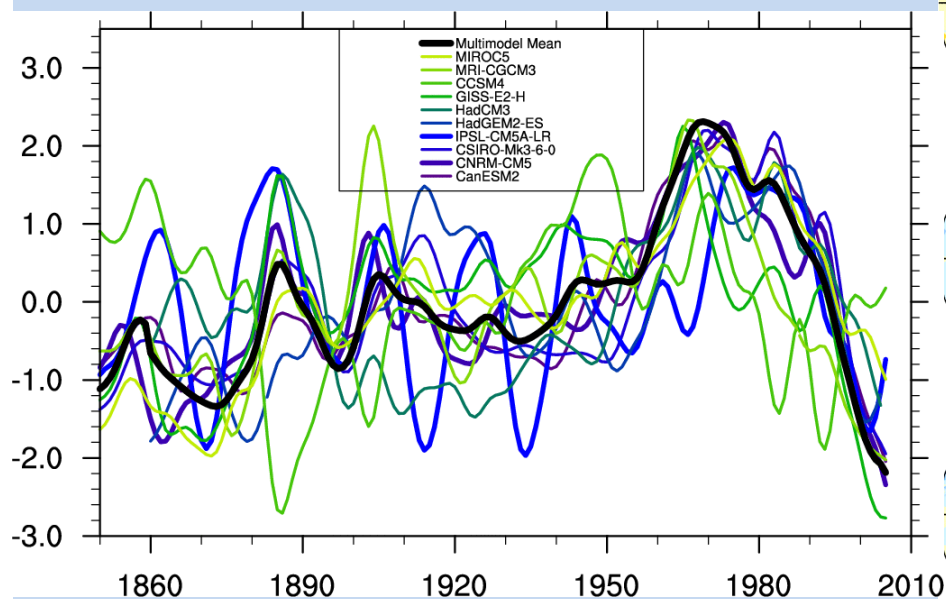
Keywords CMIP5 · GCM · Global climate modelling

1 Introduction

Coupled Atmosphere–Ocean General Circulation Models (AOGCMs) are useful tools to improve our understanding

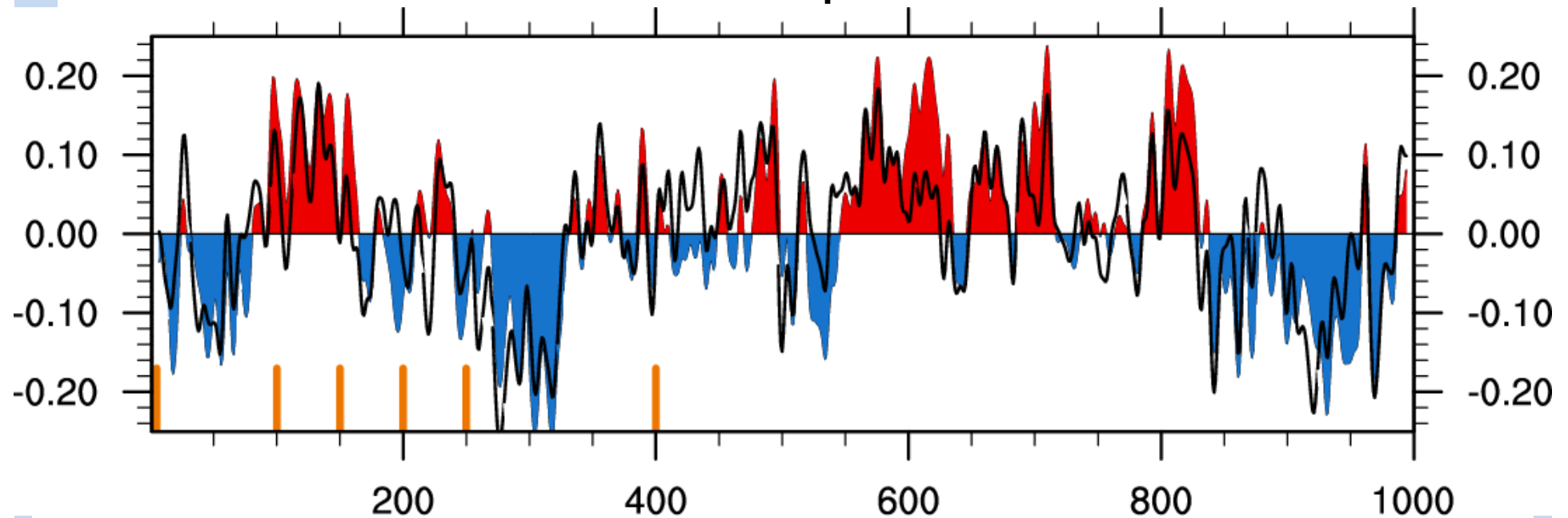
Caractéristiques des réponses aux forçages anthropiques et naturels ?

Deuxième mode, tous forçages

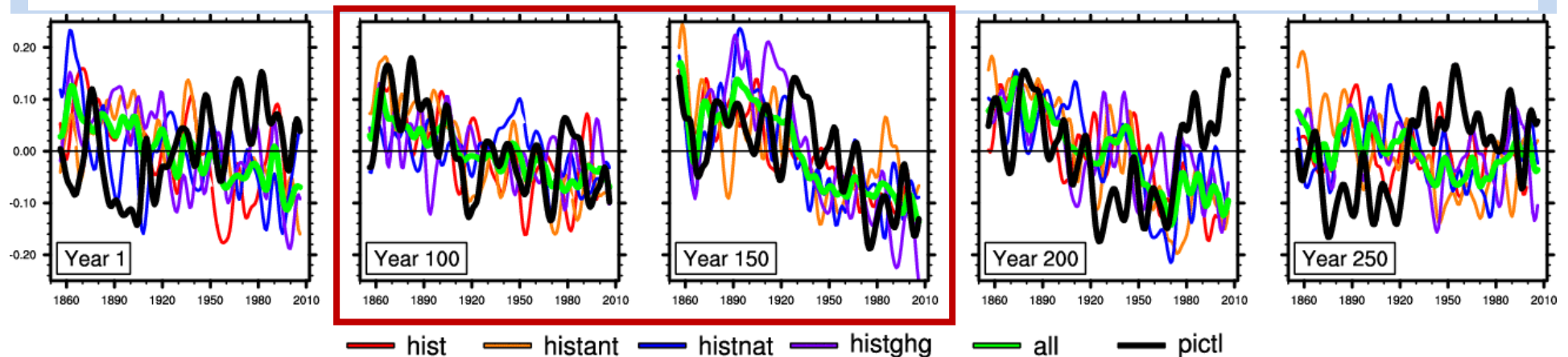


Prévisibilité en mode parfait avec différents jeux historiques CNRM-CM5: index AMO

Index AMO de la simulation préindustrielle CNRM-CM5



Influence de l'état initial sur l'index AMO



Analyse ACP optimisée: la variabilité interne n'est pas un bruit blanc spatial

- Variable X (ts ou pr), simulation k : $X_k = X_M + X_{Nk}$, X_M est la moyenne d'ensemble et X_{Nk} est le bruit dans la simulation k . Le signal forcé est: $X_F = E(X_M) \rightarrow X_M$.
- Concaténer les estimations du bruit pour chaque réalisation, X_{Nk} , $\rightarrow X_N$.
- Calculer les EOFs du bruit, E_N , $X_N = E_N S_N P_N^T$, (On ne garde que les k premières EOFs)
- Projeter la moyenne d'ensemble X_M sur les k E_N (en multipliant par $F = n^{1/2} E_N^{(\kappa)} (S_N^{(\kappa)})^{-1}$, en normalisant les EOFs par leur variance)
- Identifier le(s) signal(aux) par une nouvelle ACP dans cette nouvelle base.
- Revenir à l'espace physique en multipliant par le pseudo-inverse de F , $F^{(-1)} = n^{-1/2} E_N^{(\kappa)} S_N^{(\kappa)}$,