

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur la variabilité de l'océan Atlantique Nord

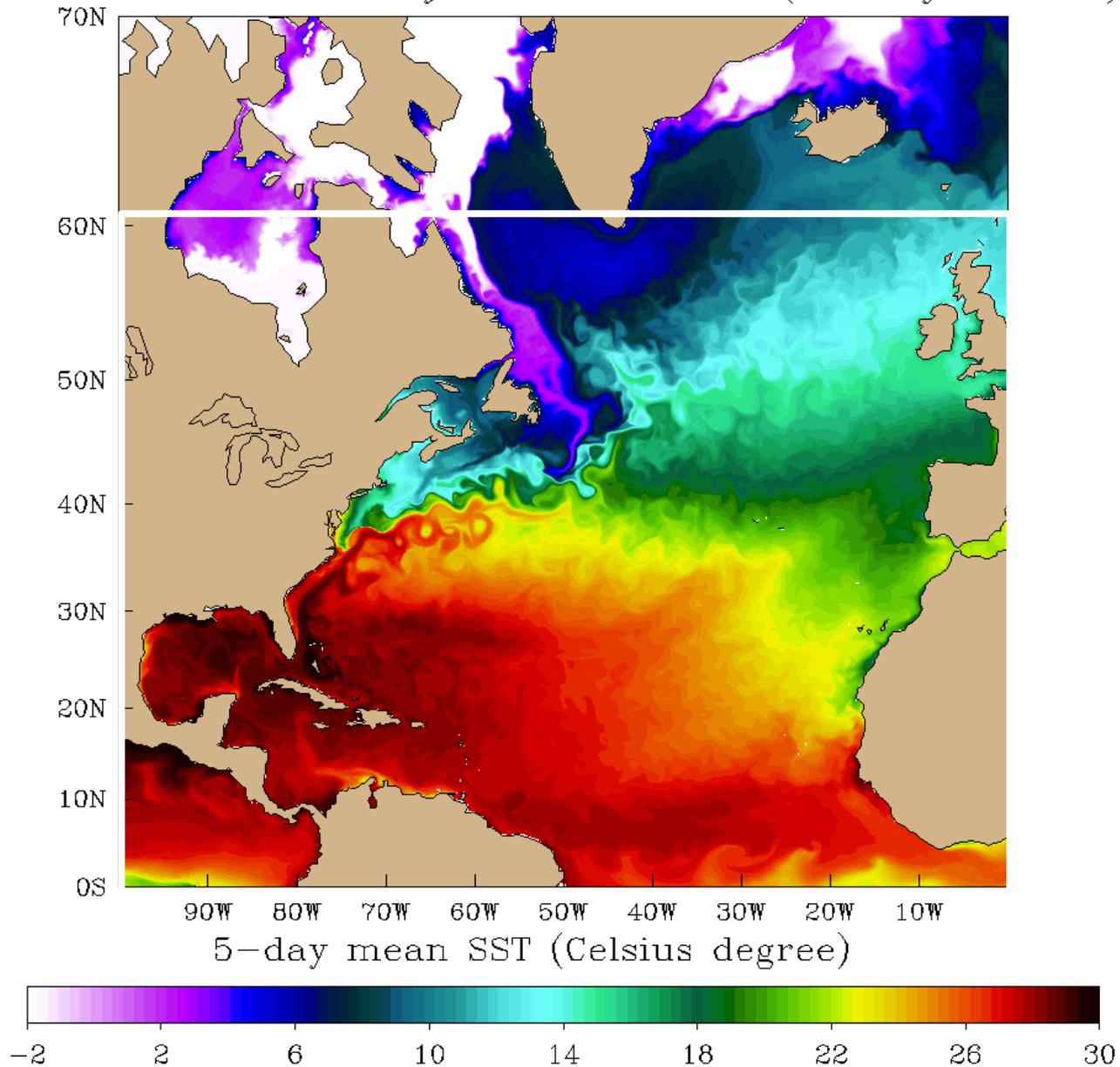
Suite à une demande de Sophie V.

....

Sieste

Lundi 18/02/2013

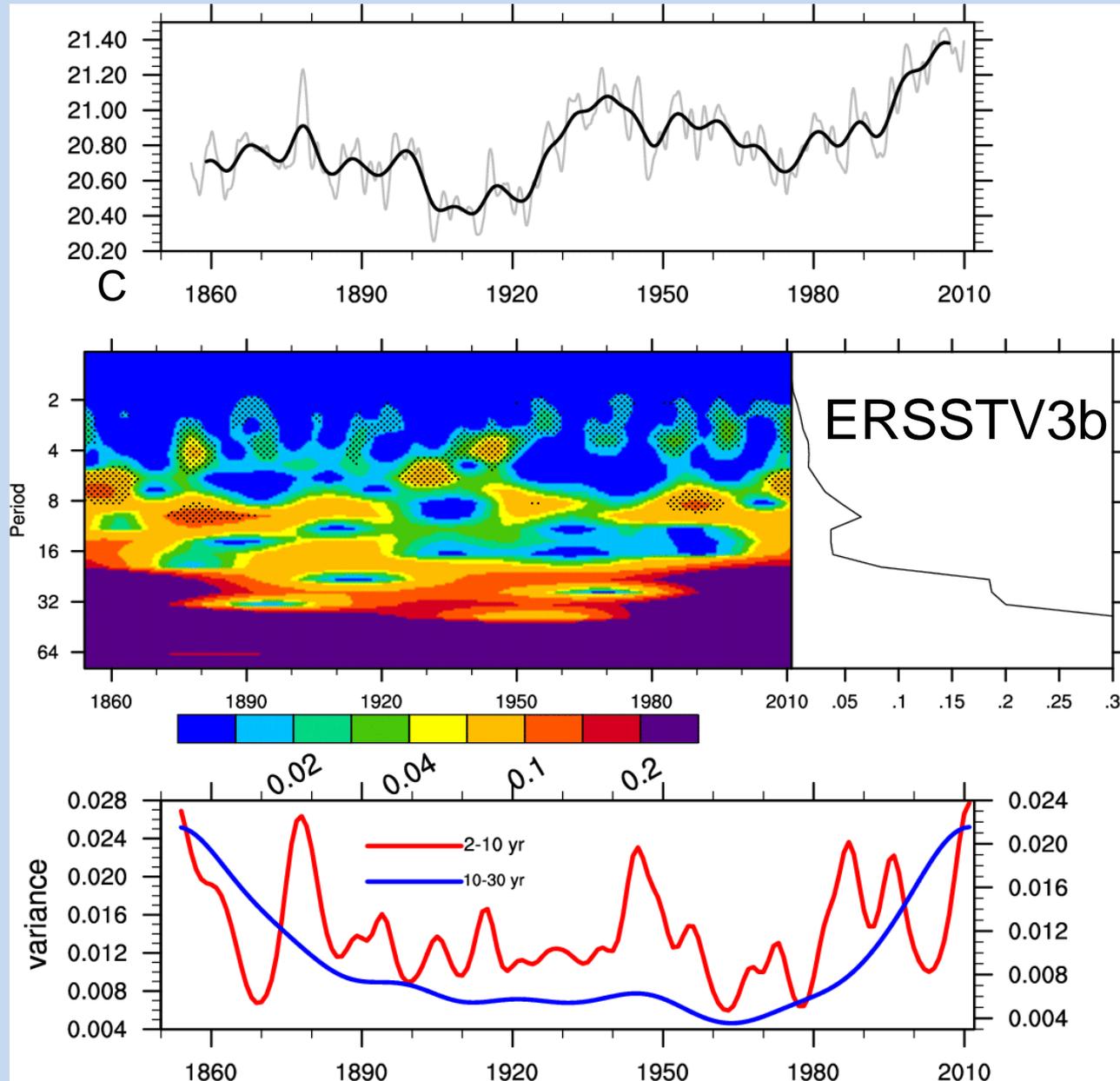
ORCA12.L46-MAL84 y1992m07d19 (5-day mean)



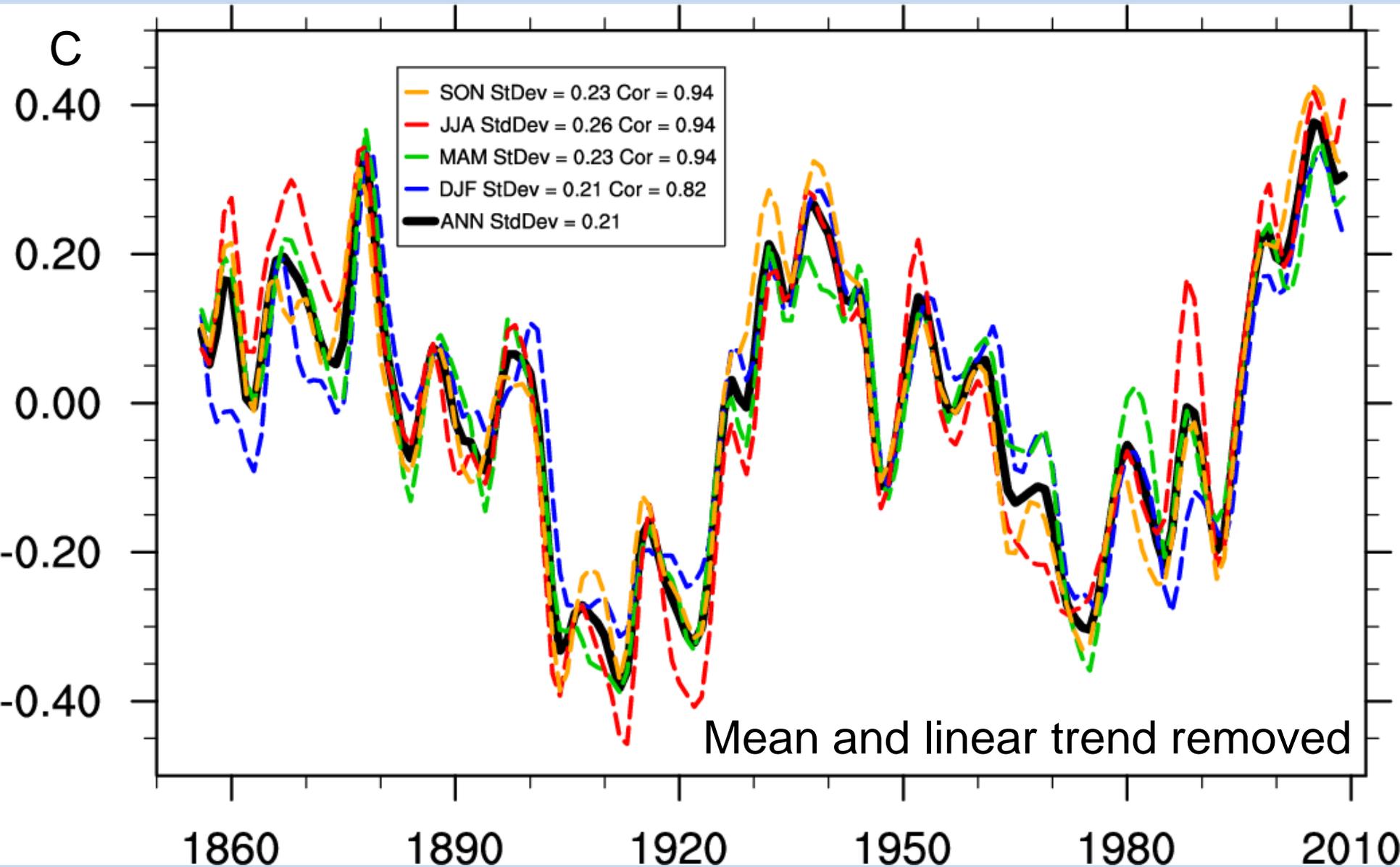
Trois Questions

- Echelles de temps et d'espace de la variabilité de l'Atlantique Nord ?
- Quelles sont les sources de cette variabilité (échelles interannuelle à décennale) et comment peut-on les discriminer ?
- Quelle est la prévisibilité associée ?
- Atlantique Nord défini par 0-60 N, on s'intéresse uniquement à la surface (SST)

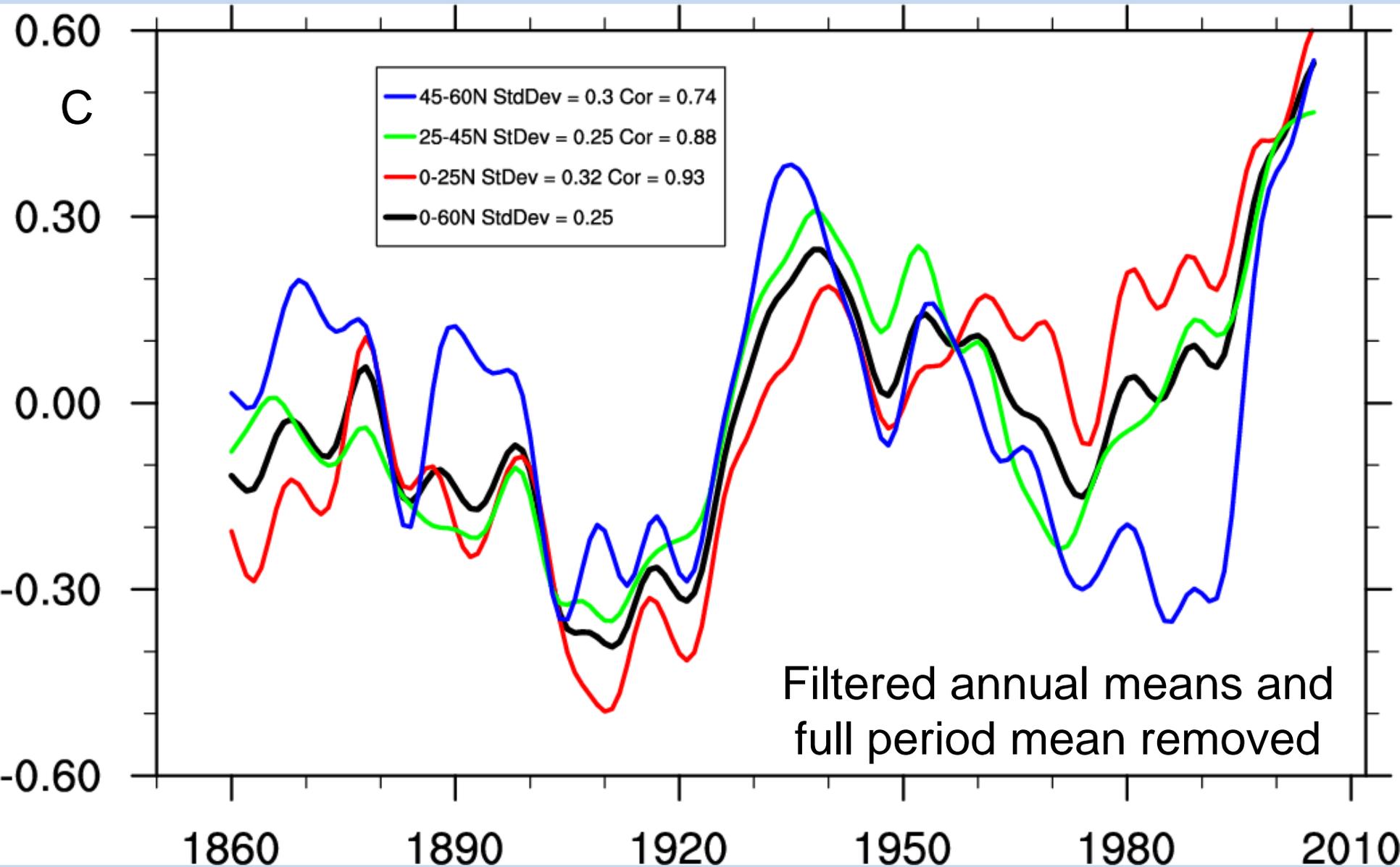
Variabilité temporelle des observations



Aspects saisonniers



Variations spatiales



1. Ce que nous avons vu pour l'instant:

- L'Atlantique Nord est caractérisé par une forte variabilité décennale à multi-décennale
- Il s'est réchauffé en surface de 0.5 C en 150 ans
- L'AMV estimée par les moyennes annuelles est plutôt représentative de la saison chaude
- Sa variabilité interannuelle est plus forte en été qu'en hiver
- Variabilité différente dans les zones tropicales et extra-tropicales (gyre subpolaire), surtout au cours des trente dernières années
- Changements (réchauffements) abrupts dans le gyre subpolaire (années 1920 et 1995)

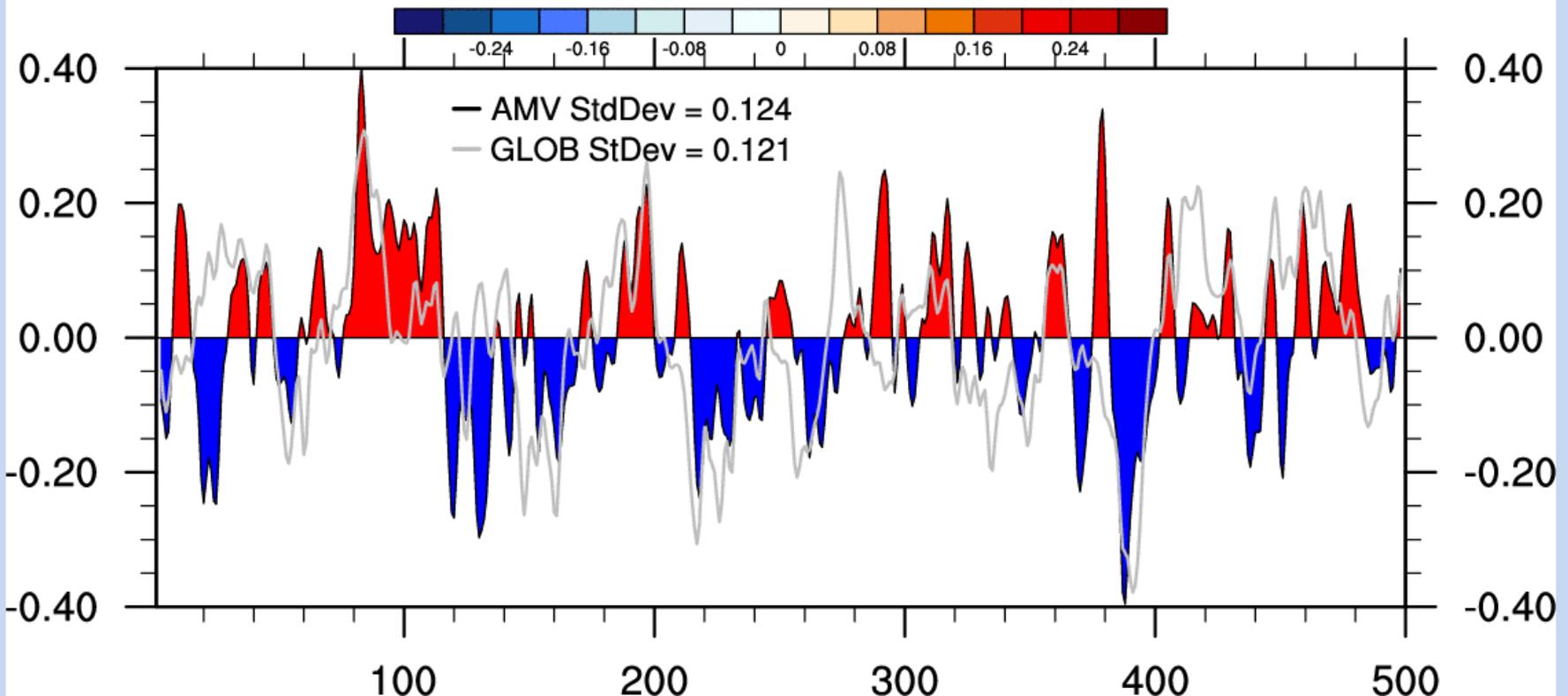
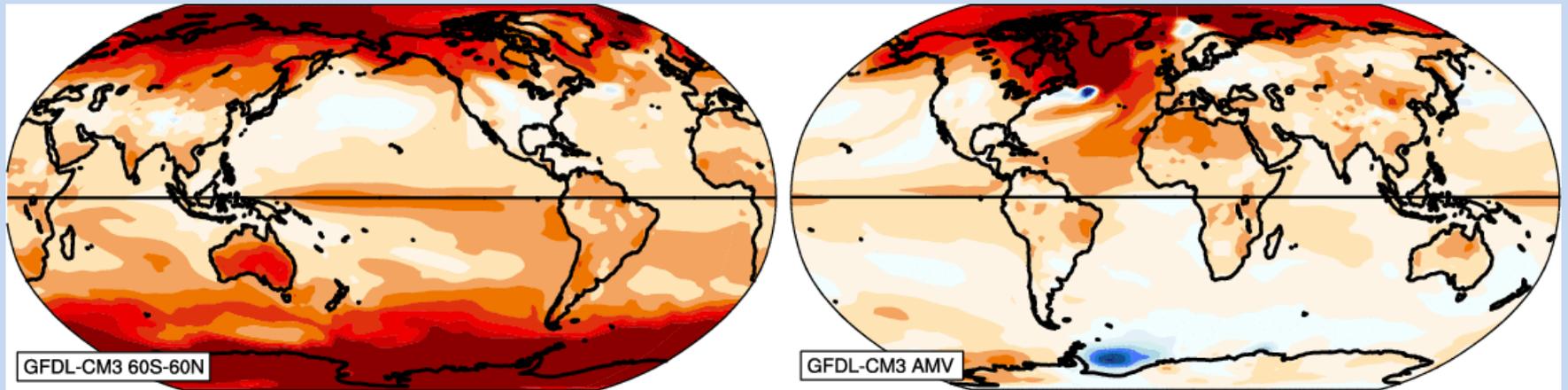
Sources de variabilité

- Variabilité intrinsèque (interne) [interactions / couplage océan/atmosphère/glace]
- Forçages externes anthropiques et naturels
- Interactions entre ces deux sources
- « *Is this observed variability event forced or due to internal variability?* »

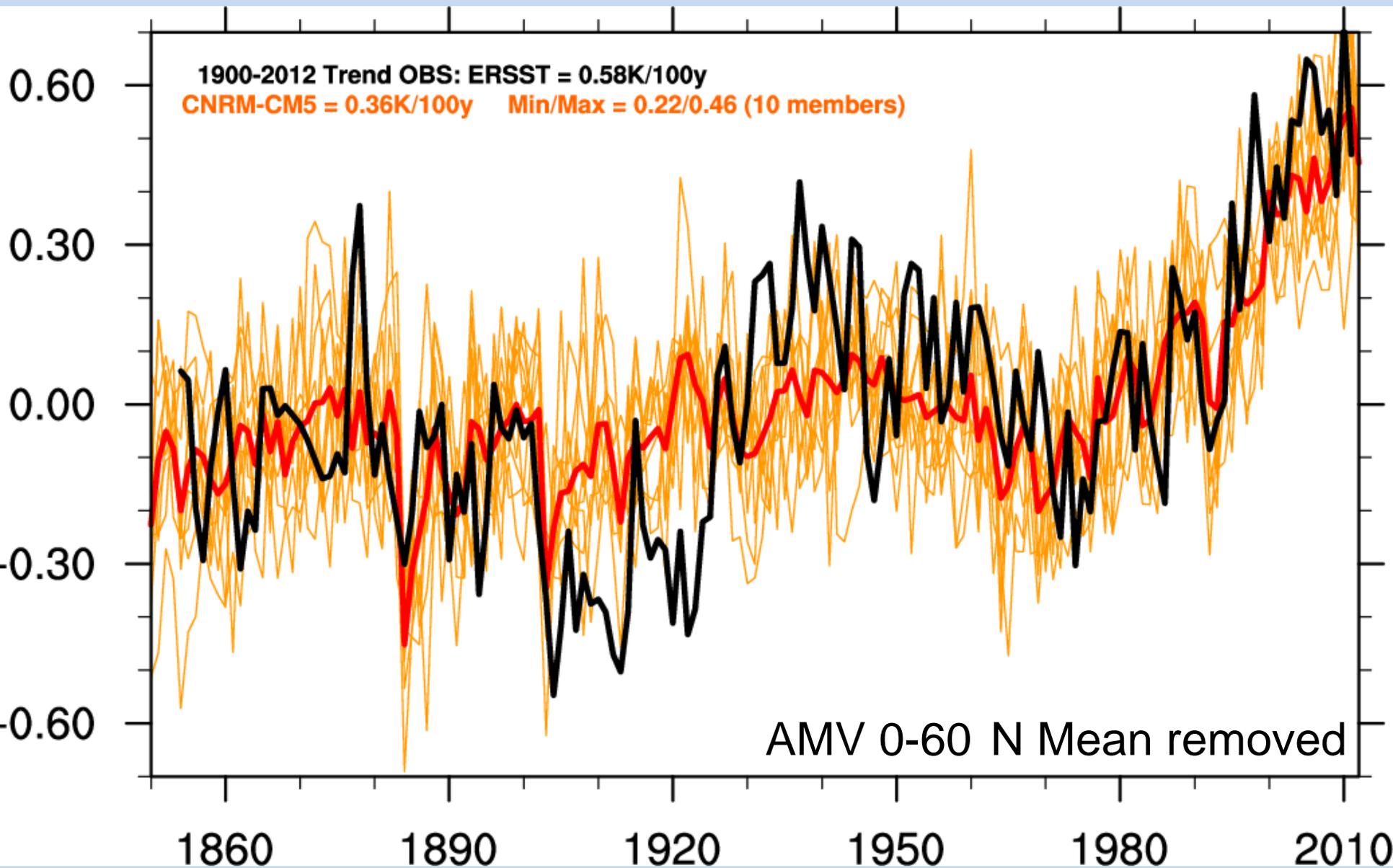
Mauvaise question !

- C'est toujours la convolution des deux sources !
- Recours aux modèles et aux simulations d'ensemble pour caractériser les deux types de variabilité (interne et forcée)

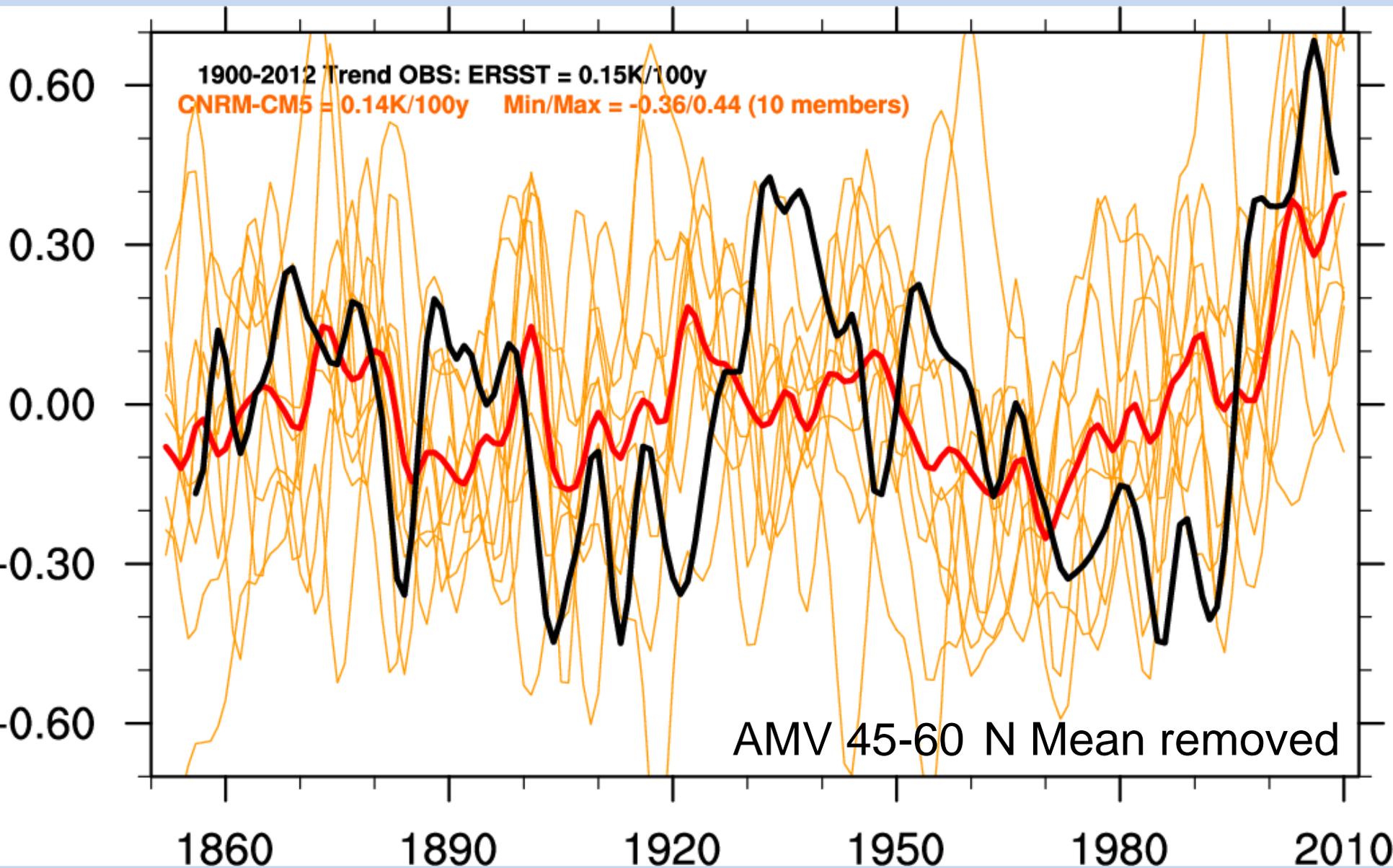
Variabilité interne: simulation préindustrielle avec forçages constants (modèle du GFDL)



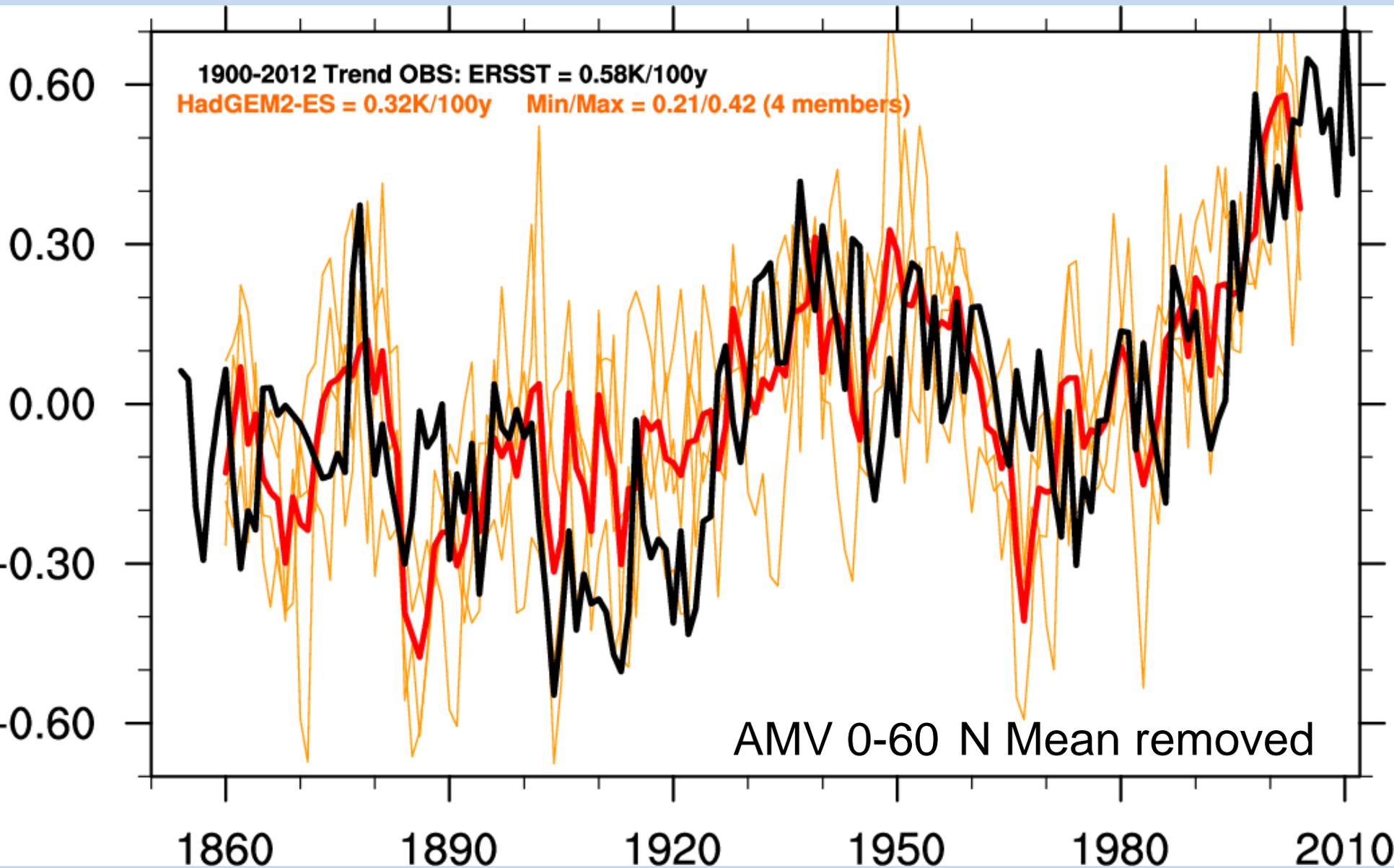
Variabilité forcée: simulations historiques avec forçages anthropiques et naturels observés



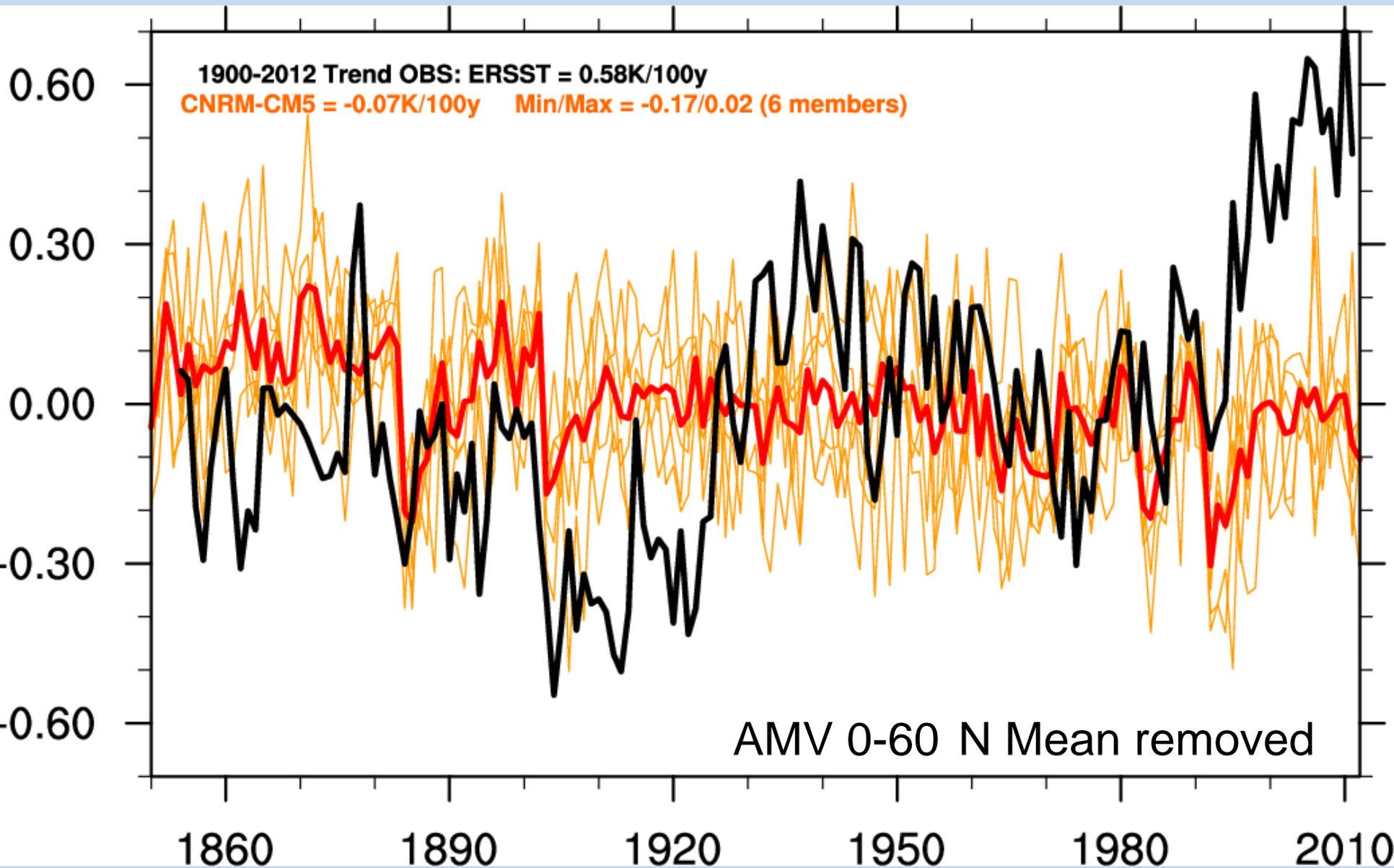
Variabilité forcée: simulations historiques avec forçages anthropiques et naturels observés



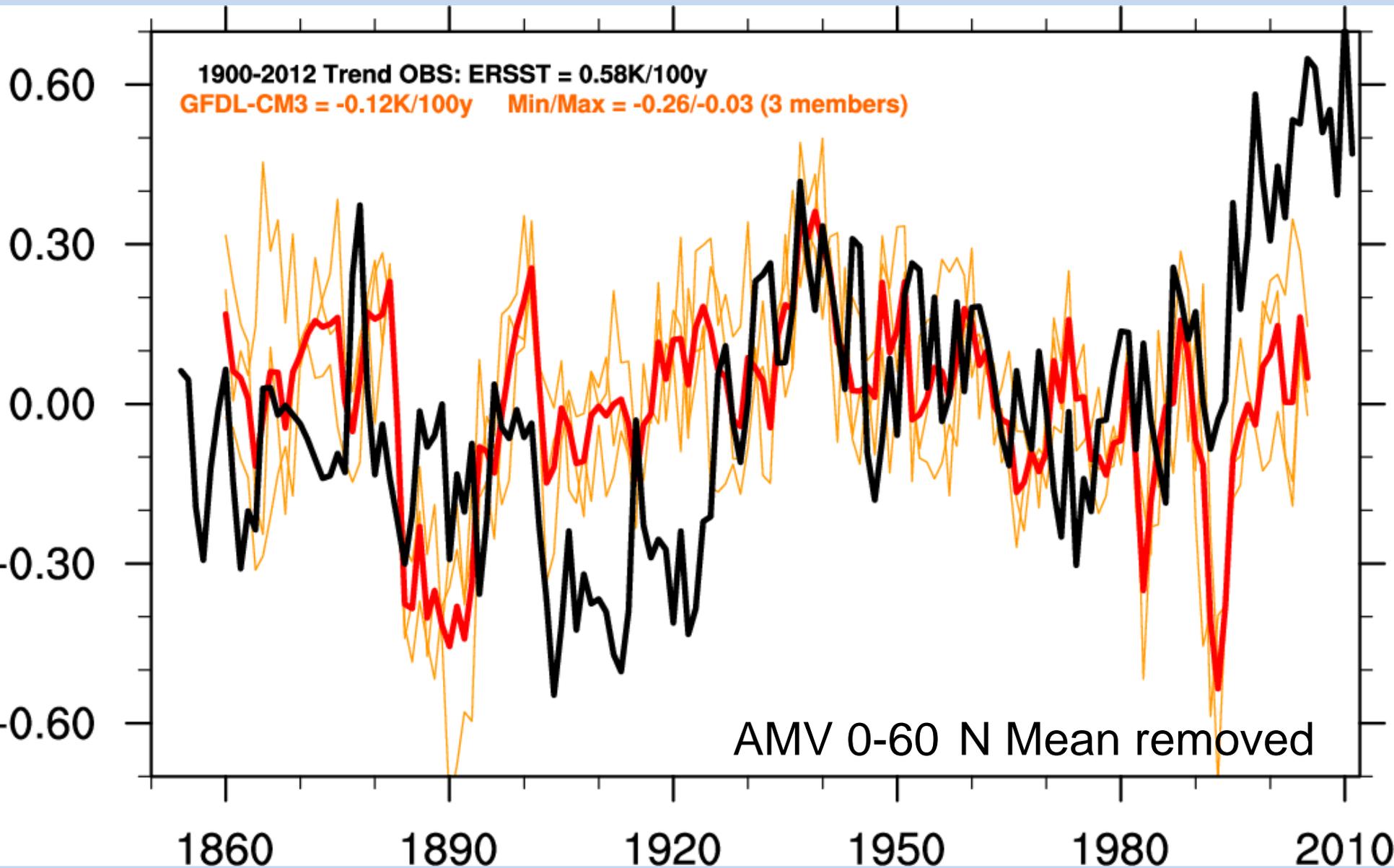
Variabilité forcée: Le modèle HadGEM2-ES et le rôle des aérosols



Variabilité forcée: Les forçages solaire et volcanique – Modèle du CNRM



Variabilité forcée: Les forçages solaire et volcanique – Modèle du GFDL



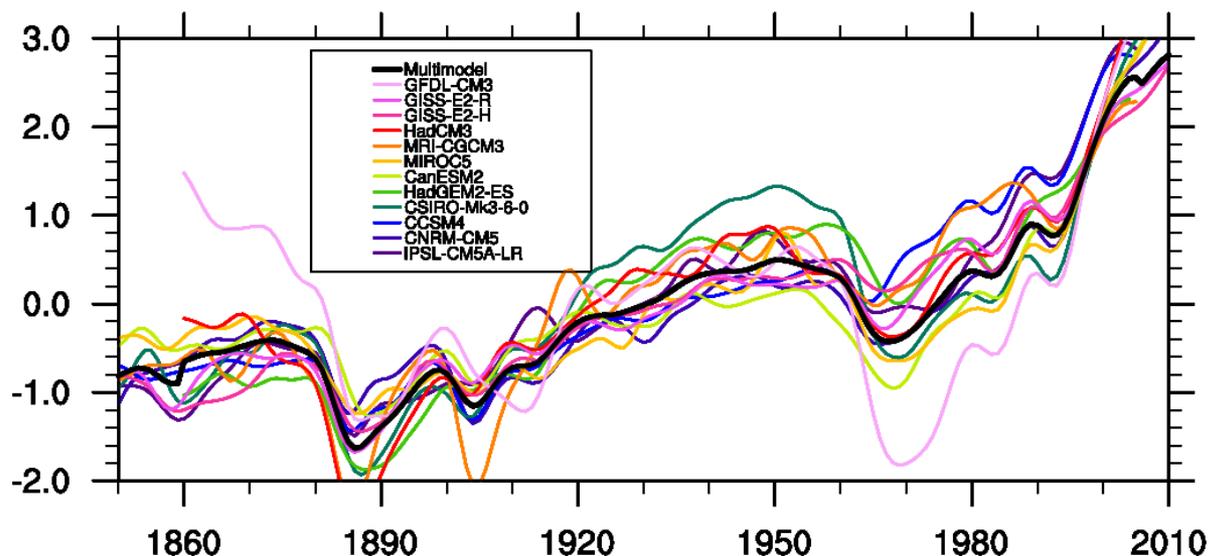
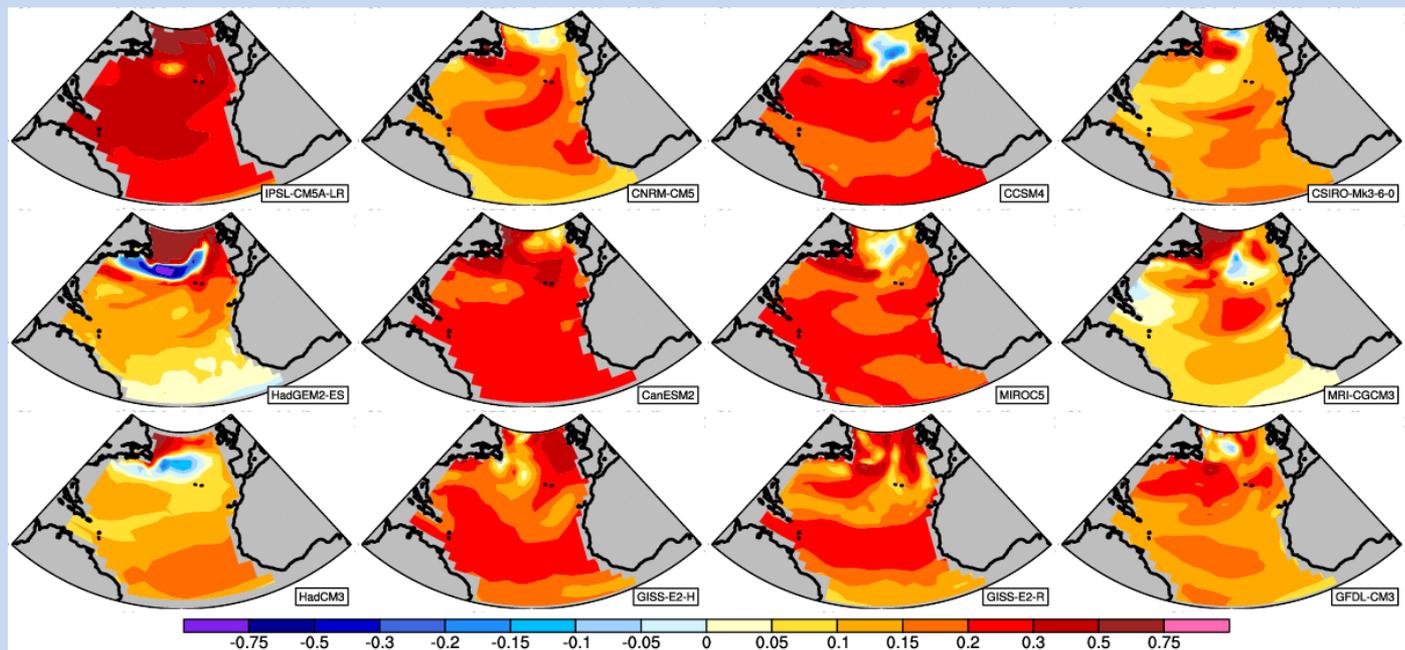
2. Ce que nous avons vu pour l'instant:

- Le réchauffement récent de l'Atlantique nord semble principalement dû aux forçages anthropiques
- Certains modèles attribuent une part importante des fluctuations multidécennales après 1950 à l'influence des aérosols anthropiques et volcaniques
- Les forçages naturels ne peuvent expliquer ni la tendance récente ni la forte variabilité multi-décennale observée au 20^{ième} siècle
- L'Atlantique nord se refroidit de quelques dixièmes de degrés après une explosion volcanique majeure. Ce refroidissement dure ~ 10 ans (incertitude modèle)
- La variabilité purement interne produit des fluctuations similaires à celles observées au cours des 150 dernières années.
- Le gyre subpolaire n'exhibe pas de tendances forcées (forte variabilité interne) et les forts réchauffement observés des années 1920 et 1995 ne sont pas ou peu expliqués par le forçage

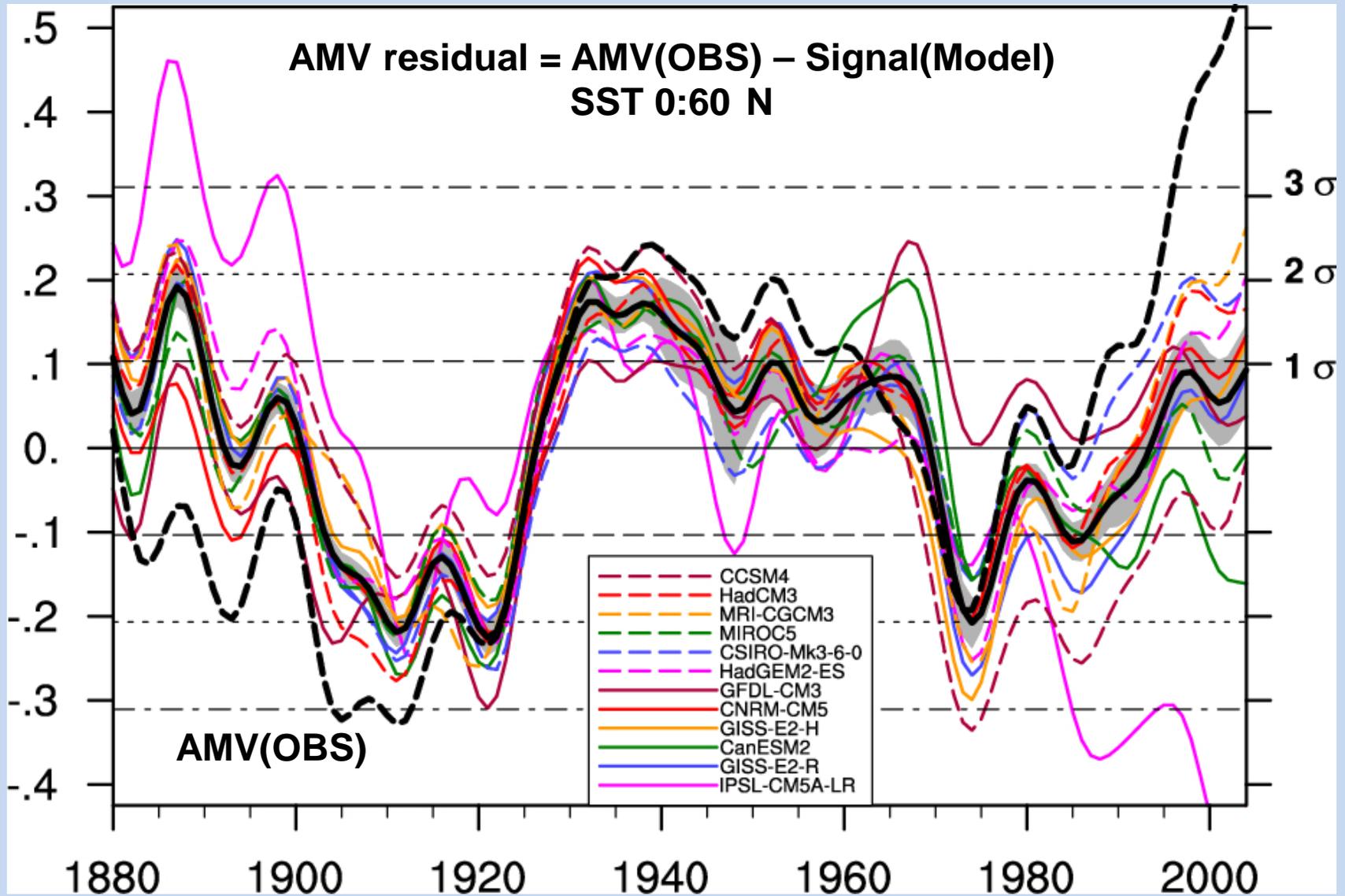
Approche multi-modèle et test de cohérence

1. Estimation de la réponse AMV à la combinaison de tous les forçages (EOF optimisées signal sur bruit sur simulations historiques HIST)
 2. Deux estimations de la variabilité interne:
 1. pour chaque modèle, on soustrait la réponse aux observations de l'AMV. On obtient la contribution de la variabilité interne à l'AMV sur la période historique pour chaque modèle.
 2. Pour chaque modèle, on estime la variabilité interne à partir des simulations pré-industrielle et on construit la variabilité interne multi-modèle
- L'absence de cohérence entre les deux estimations suggère un problème dans la réponse aux forçages

Réponse multimodèle à la combinaison des forçages



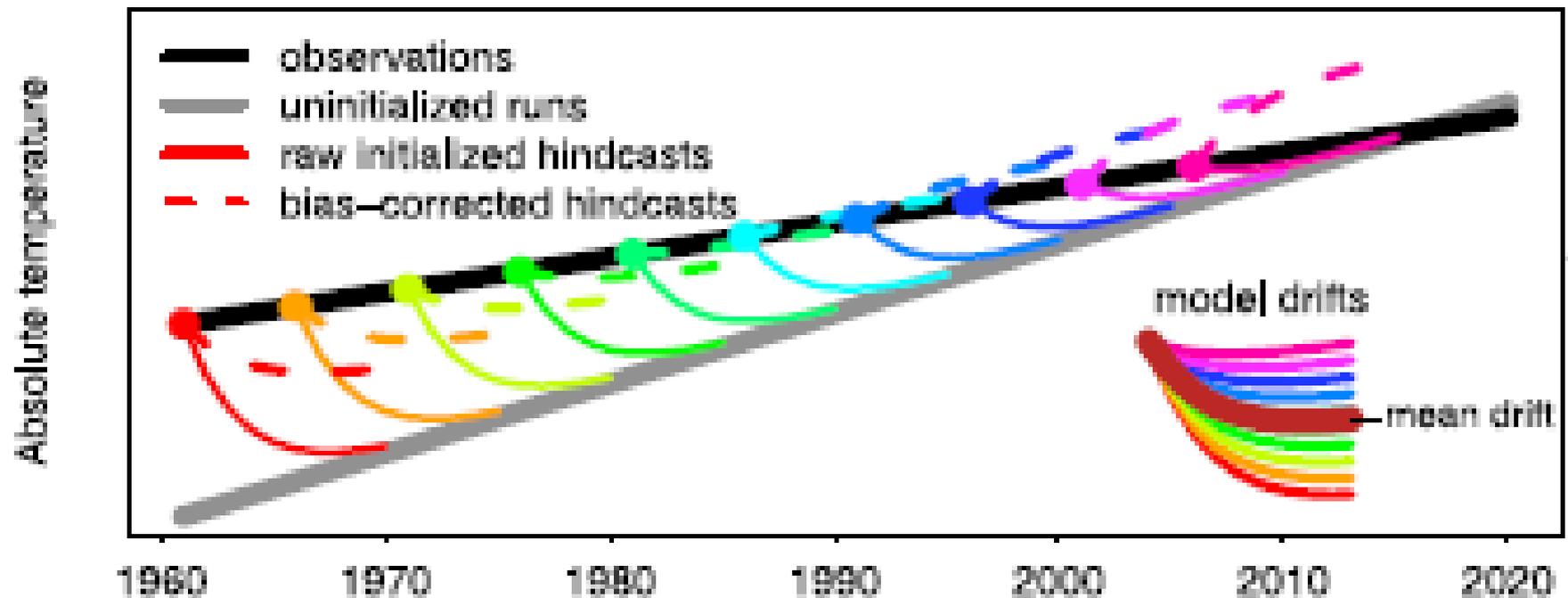
AMV internal variability



Prévision décennale de l'AMV

1. Prévisions non initialisées (simulations historiques 1850-2012 soumises aux forçages anthropiques et naturels observés, pas de phasage chronologique avec l'océan observé)
2. Prévisions initialisées (l'état initial océanique est proche des observations, forçages externes identiques)

(a) Schematic of drifts in decadal predictions



Correction de biais: 3 méthodes

Les hindcasts sont représentés par la moyenne d'ensemble des 10 simulations pour chaque date de démarrage

Soient Y_{jl} les hindcasts avec $j=1959, 1960 \dots 2000$ et $l=0, \dots, 9$

X_{jl} les observations, j les années initiales, l le lead time

On peut écrire : $Y_{jl} = M_l + S_l \cdot j + \varepsilon_{jl}$ et $X_{jl} = O_l + T_l \cdot j + e_{jl}$

Les hindcasts débiaisés s'écrivent:

$$\underline{Y}_{jl} = Y_{jl} - B_l \quad \text{avec } B_l = M_l - O_l \quad \text{méthode 1}$$

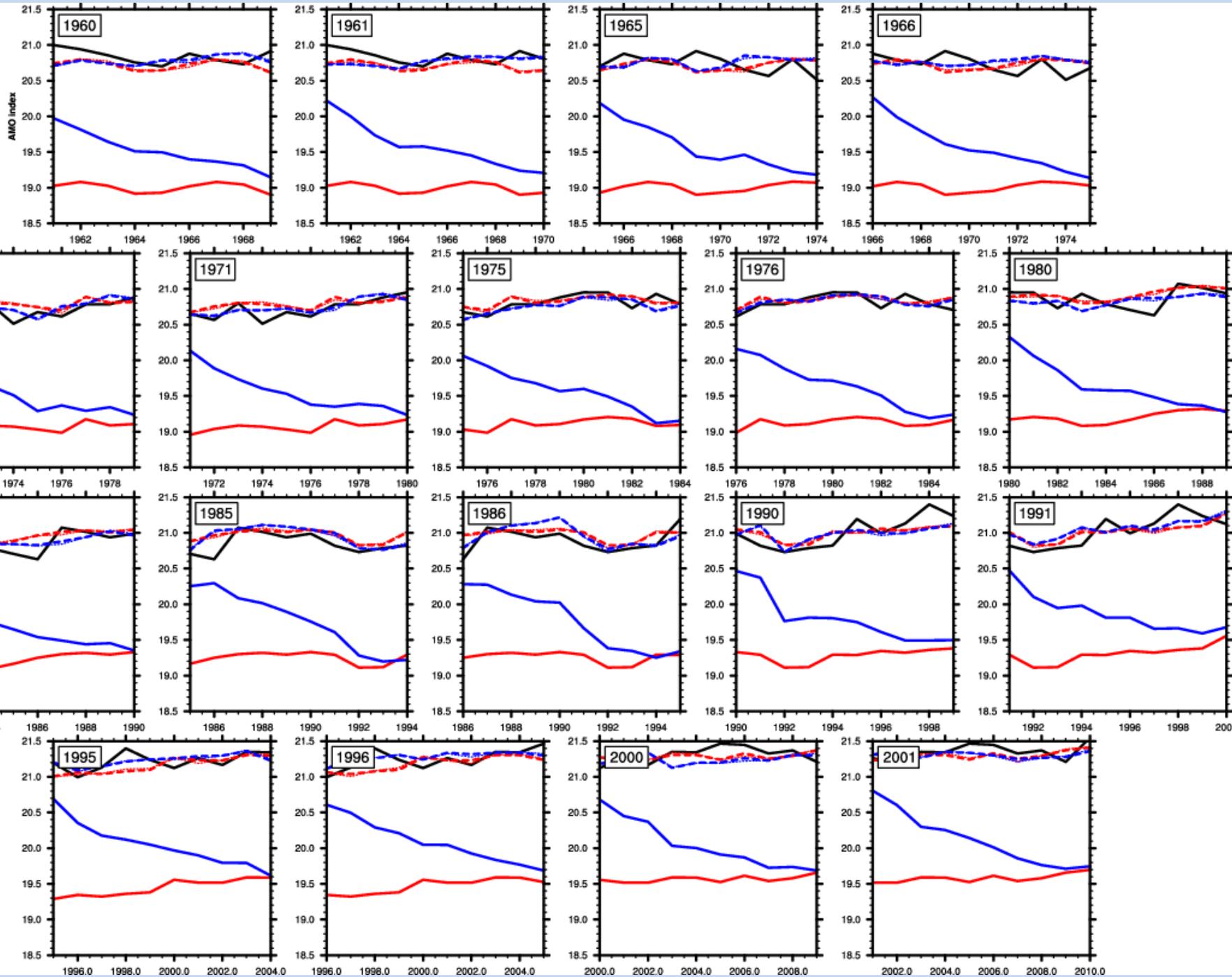
On peut aussi estimer α, β (moindres carrés) $O_l = \alpha \cdot M_l + \beta$

$$\underline{Y}_{jl} = Y_{jl} + (\alpha - 1) \cdot M_l + \beta \quad \text{méthode 2}$$

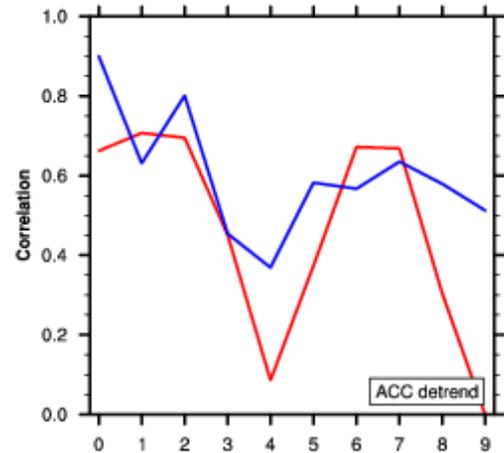
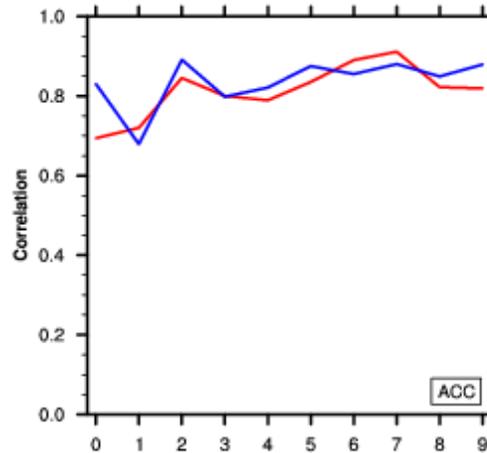
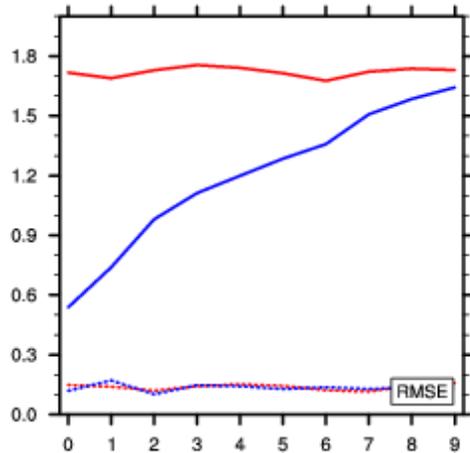
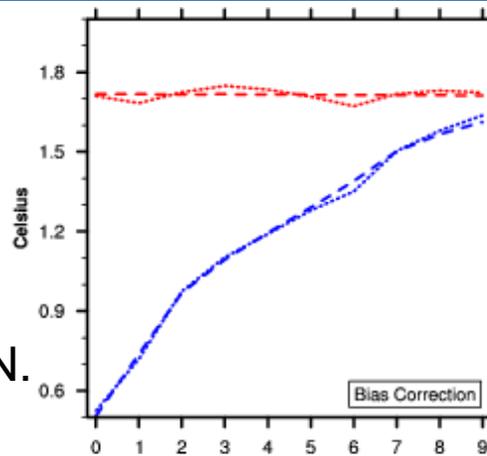
1 et 2 valables si $S_l \approx T_l$ Sinon on débiaise les tendances:

$$\underline{Y}_{jl} = Y_{jl} - \Delta L_{jl} \quad \text{et } \Delta L_{jl} = (M_l + S_l \cdot j) - (O_l + T_l \cdot j)$$

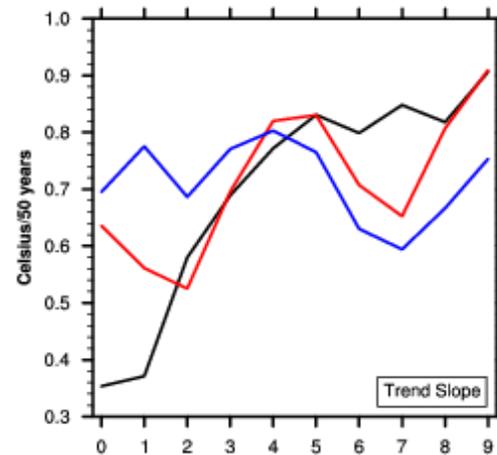
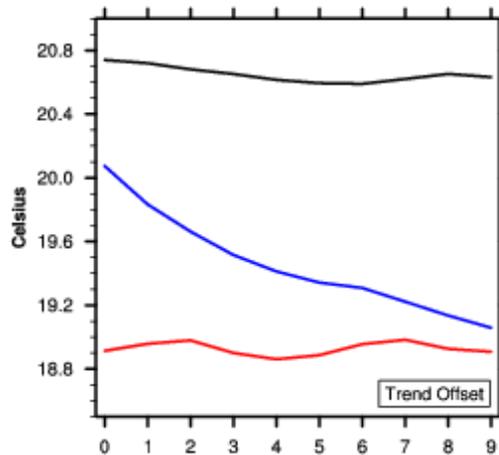
$$\underline{Y}_{jl} = Y_{jl} - B_l - (S_l - T_l) \cdot j \quad \text{méthode 3}$$



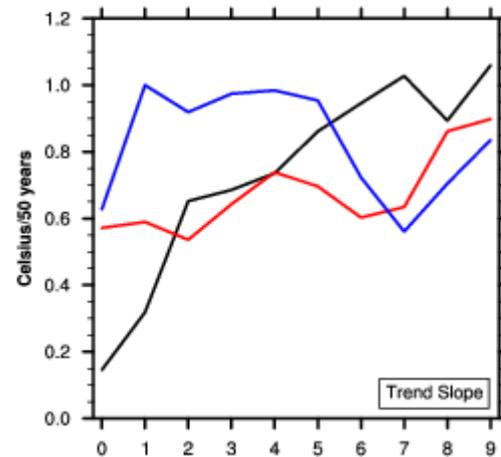
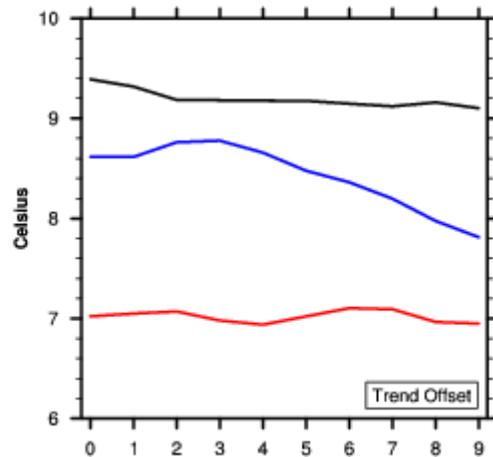
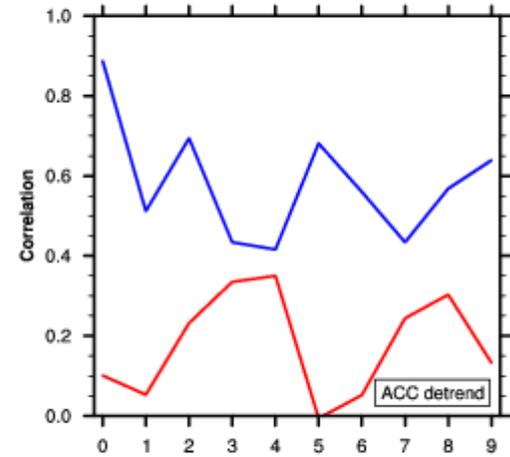
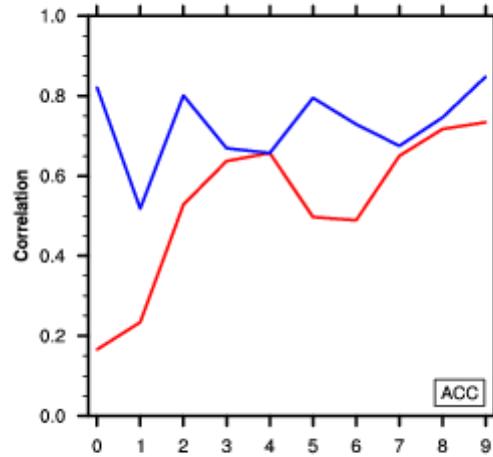
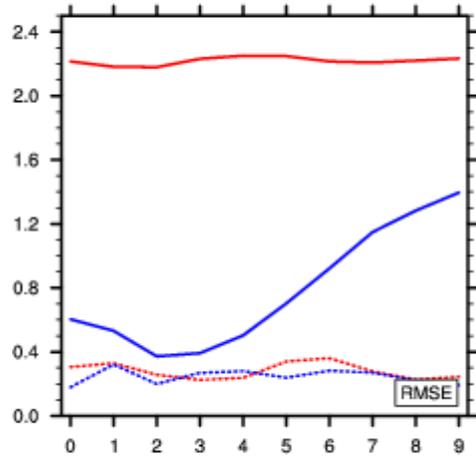
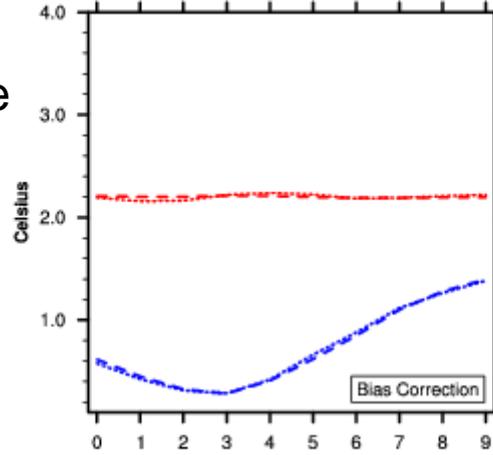
Les simulations historiques ont une tendance identique à celle des observations
 Les deux méthodes 1 et 2 donnent des résultats similaires pour l'AMV 0-60 N.



Biais froid



AMV dans le gyre subpolaire

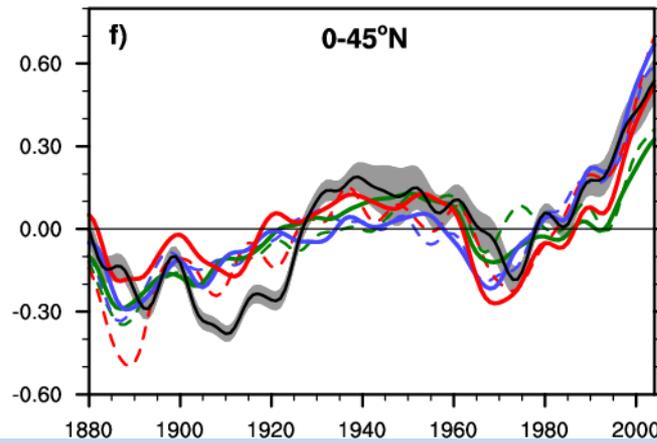
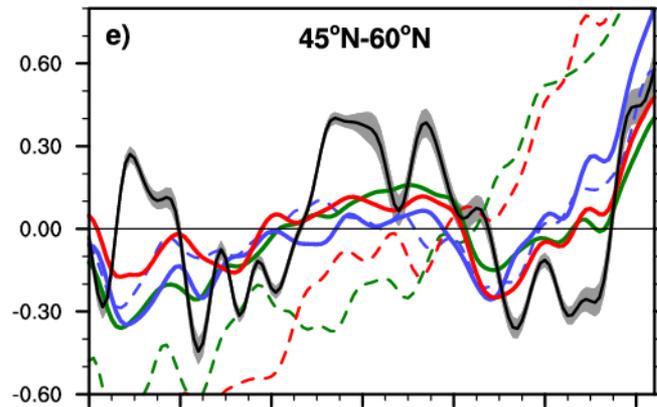
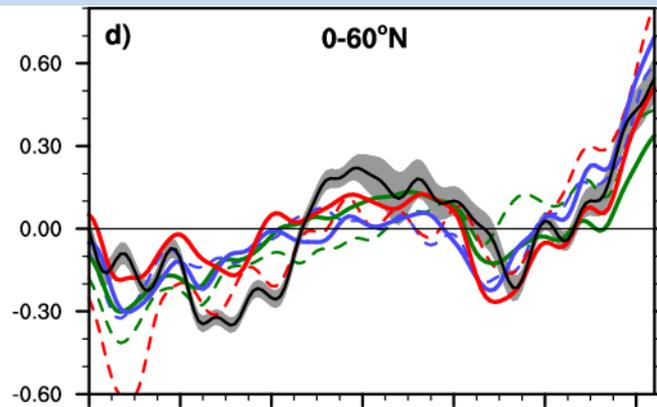
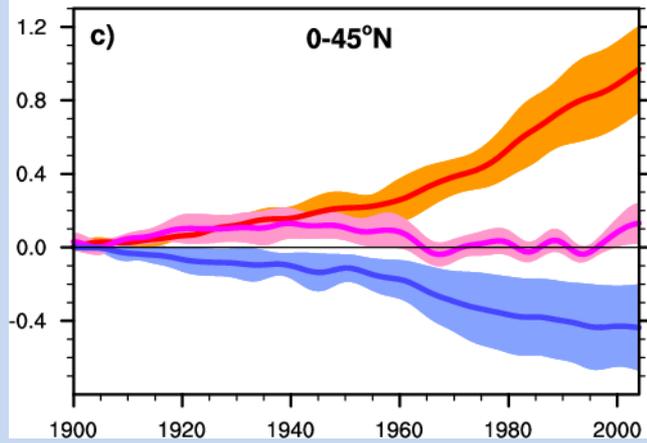
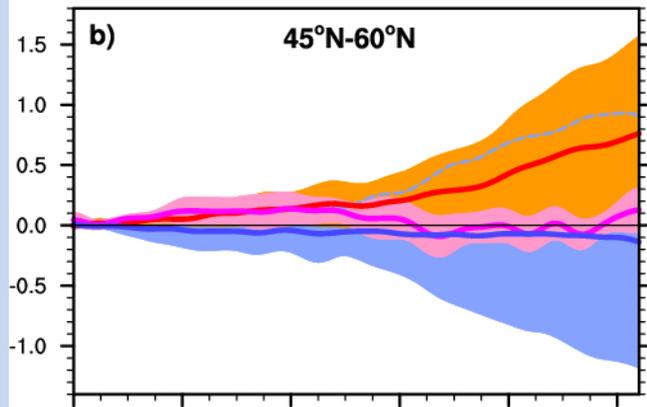
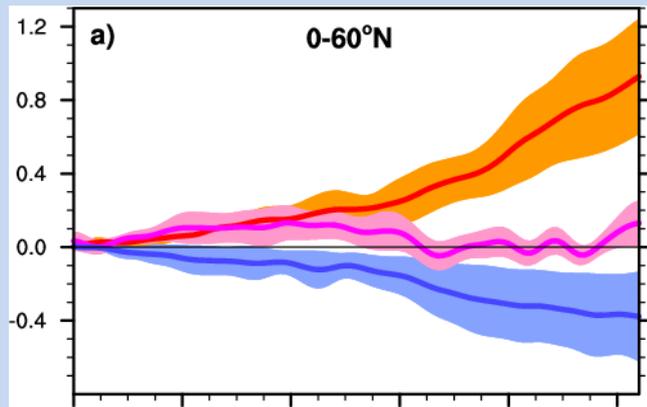


Perspectives

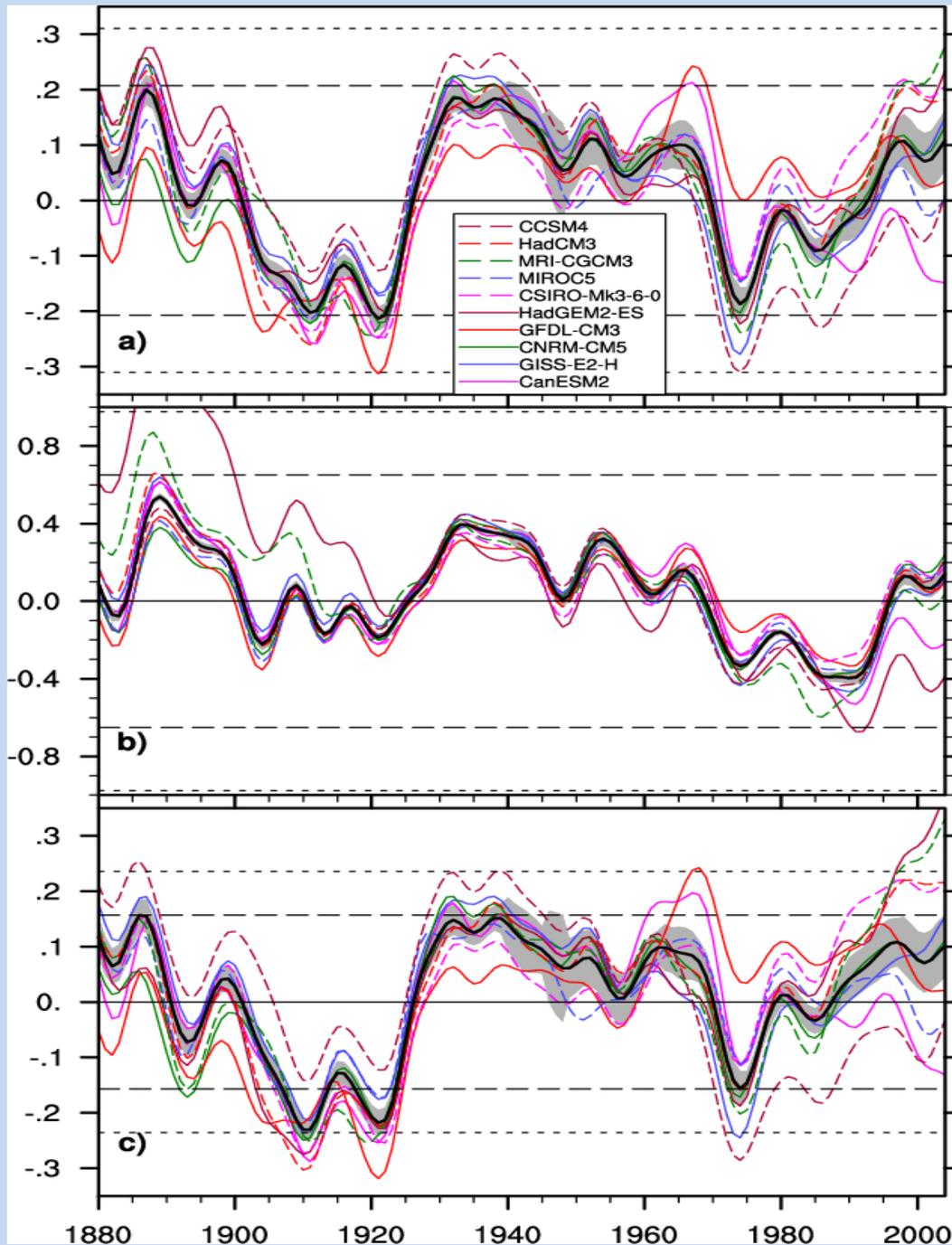
1. Développer des approches qui montrent la cohérence entre les observations et les modèles sur la représentation de la variabilité interne et de la réponse aux forçages
2. Comprendre les mécanismes associés à la variabilité décennale et à sa prévisibilité (modèle parfait cf Yohan)
3. La question des forçages et leur interaction, hypothèse d'additivité ?
4. Incertitude stochastique: la prévision décennale variabilité interne: sous- ou surestimation par les modèles actuels ?

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 $F = n^{1/2} E_N^{(k)} (S_N^{(k)})^{-1}$, 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 , $F^{(-1)} = n^{-1/2} E_N^{(k)} S_N^{(k)}$,



**AMV due to
internal variability
SST 0:60 N**



45-60 N

0-45 N

Variabilité pluriannuelle sur l'Atlantique Nord

