

# Simulations millénaires

Analyse de la variabilité multidécennale du climat

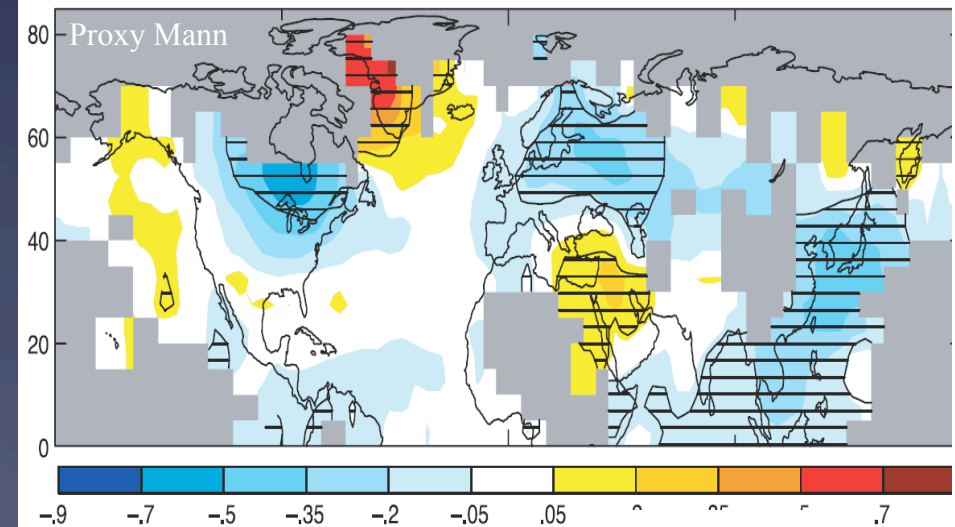
Didier Swingedouw, Laurent Terray, Christophe Cassou

CERFACS

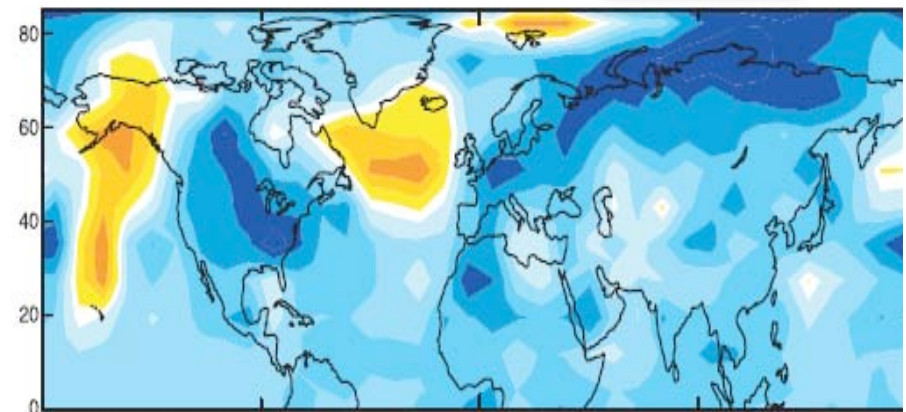
# Forçage du Petit Âge Glaciaire

- \* Théorie dominante : forçage solaire
- \* Mais forçage solaire très faible (et de plus en plus...)
- \* Mécanisme amplificateur :
  1. Schindell et al., *Nature*, 2001 : Ozone + réponse dynamique de la NAO

Regression / TSI, lag 20 ans, filtre 40 ans (1780-1680)



Simu ModelE



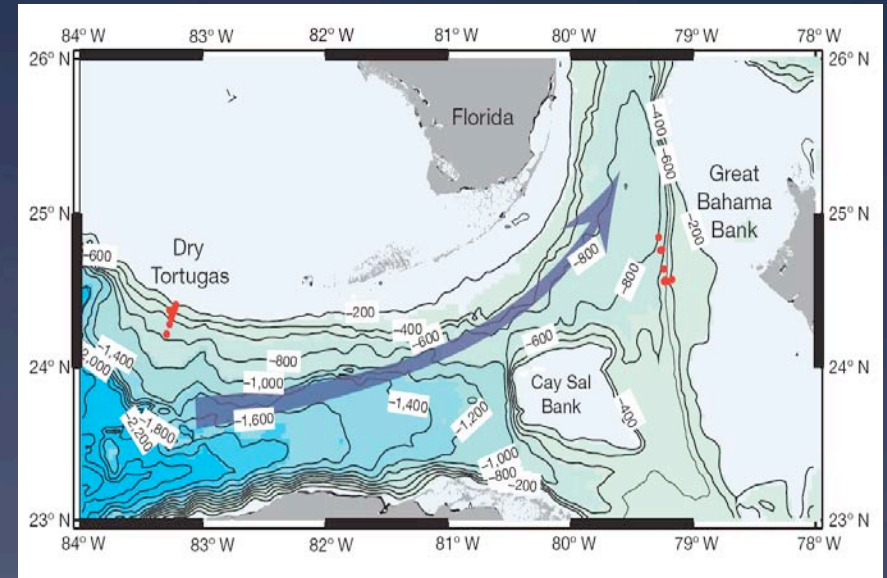
# Forçage du Petit Âge Glaciaire

Mécanisme amplificateur :

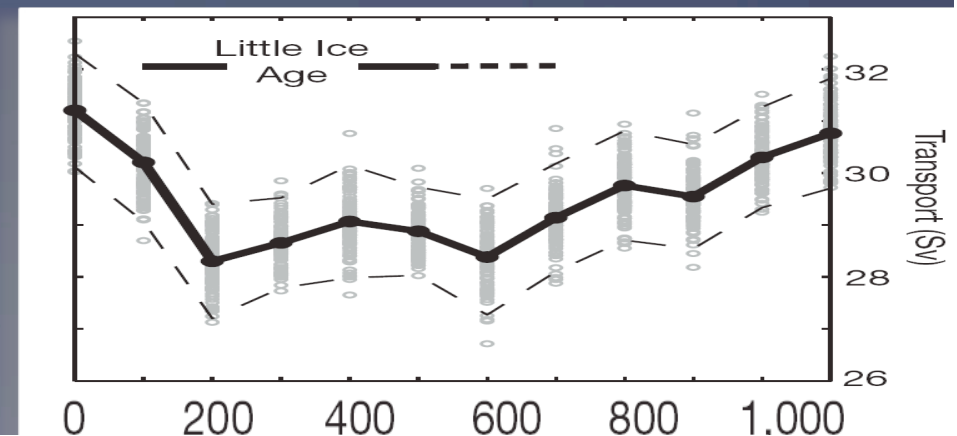
2. Lund et al., *Nature*, 2006

:

- \* variabilité multi-séculaire du débit du Gulf Stream
- \* liée à un changement de circulation thermohaline ?



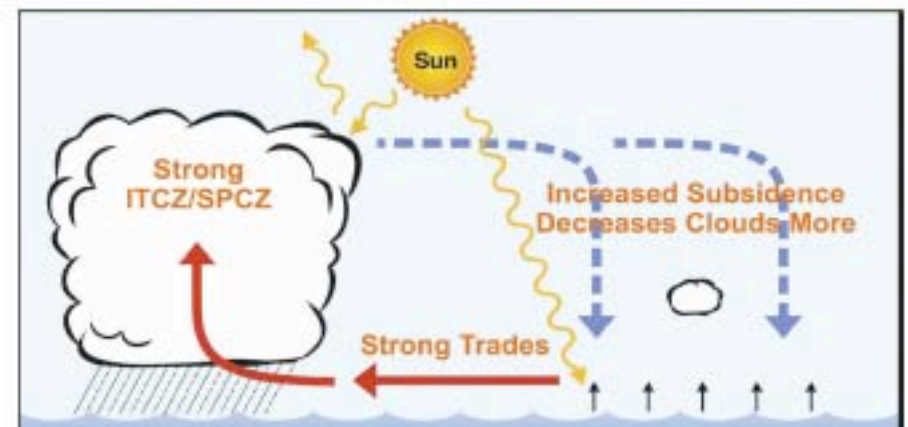
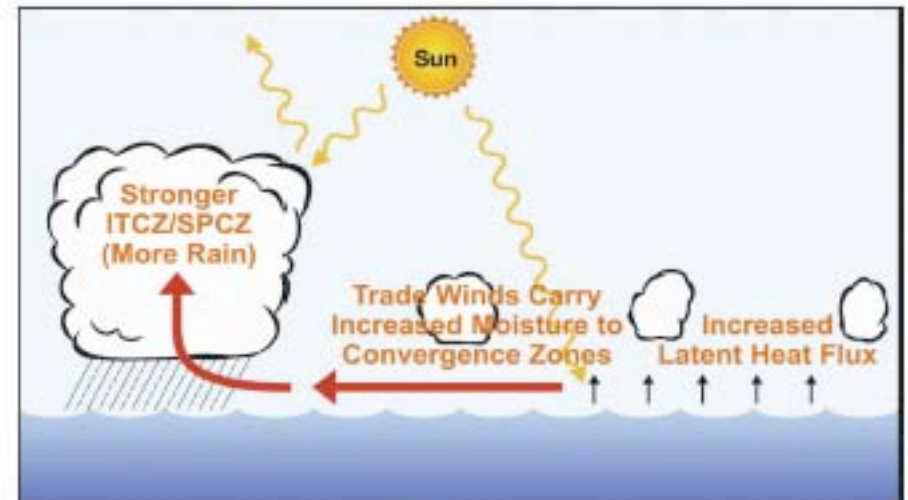
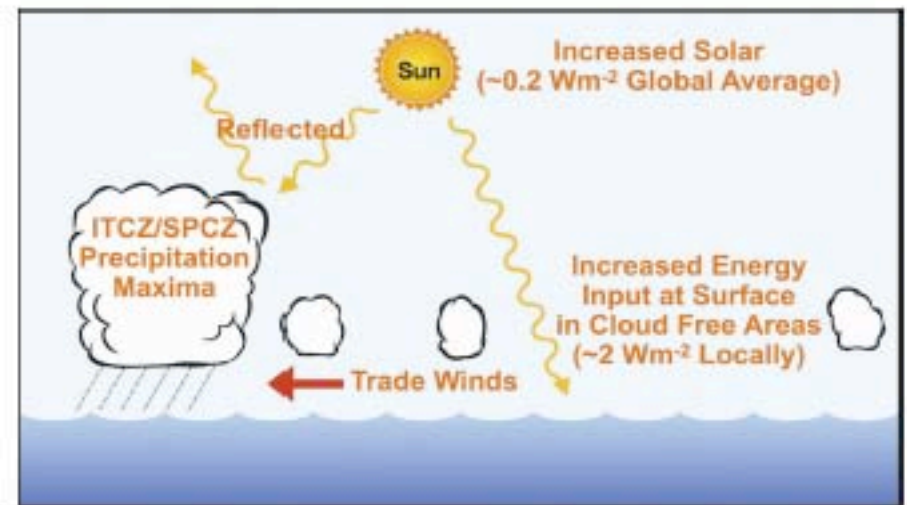
Reconstruction transport du Gulf stream



# Forçage solaire sur le Pacifique

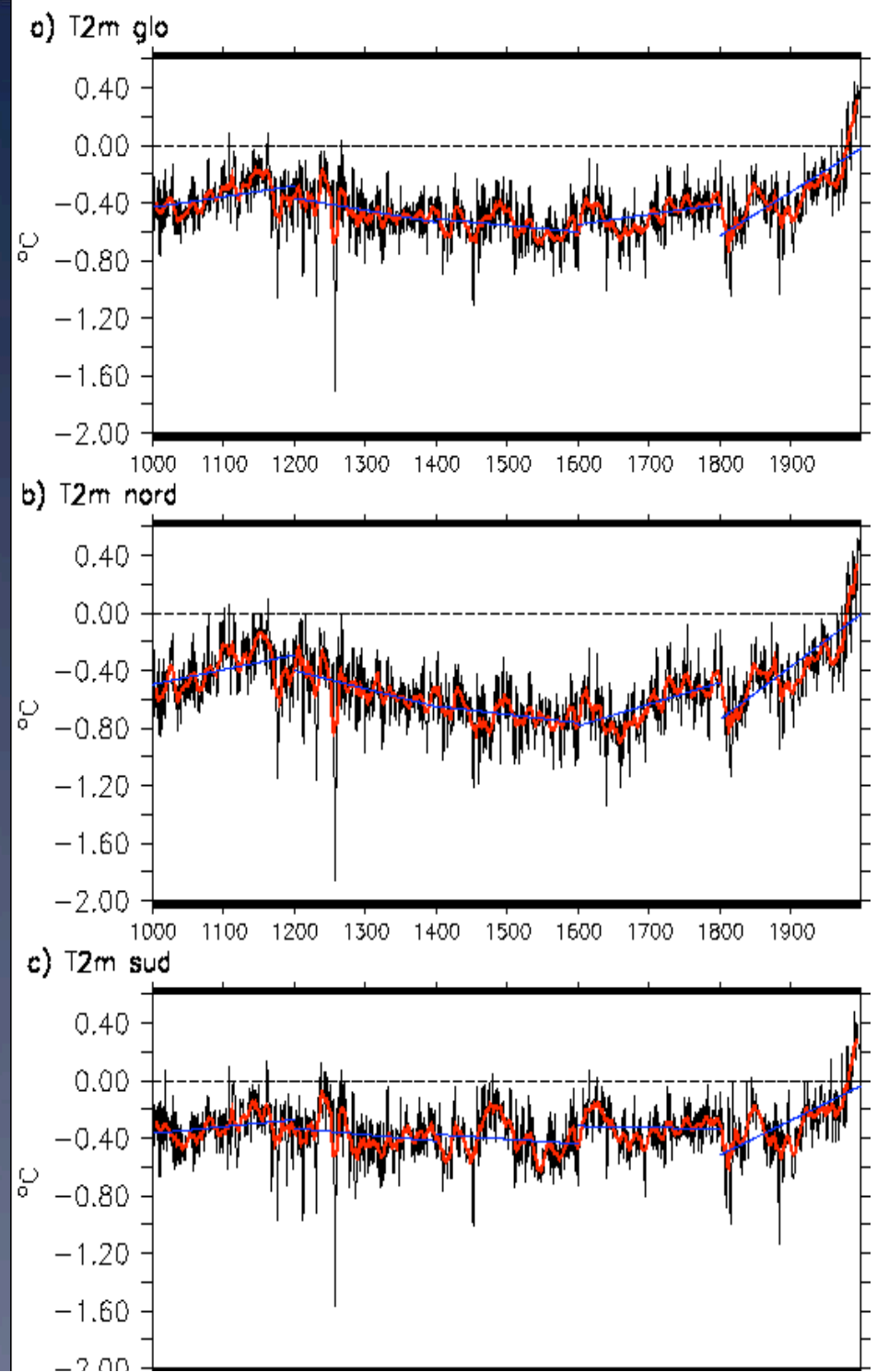
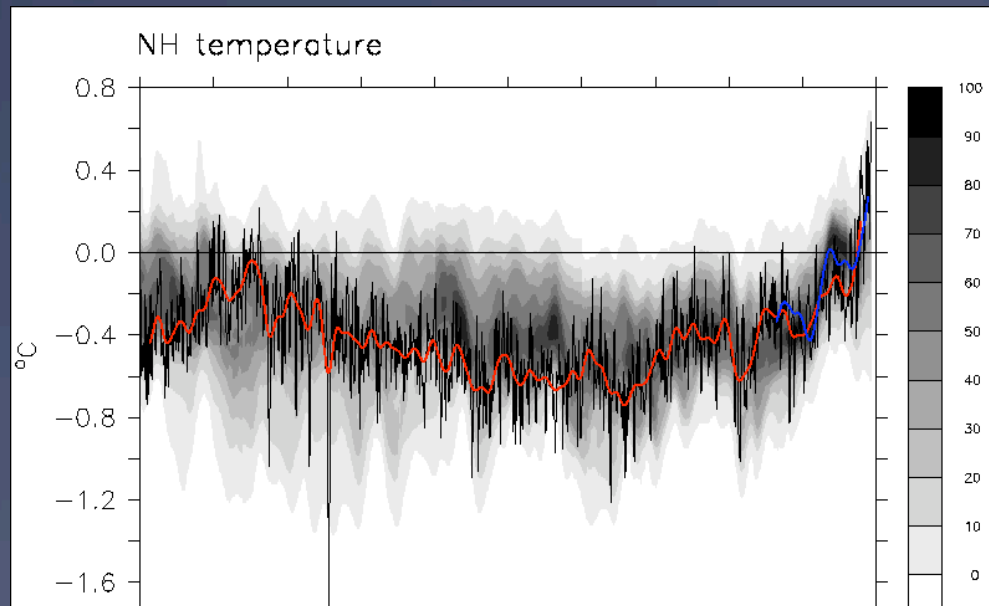
Meehl et al., *J. Climate*, 2008 :

- \* Analyse sur la période 1850-2000 du cycle de 11 ans
- \* Lors de maxima solaires, la circulation de Walker s'intensifie dans le Pacifique, ce qui fait migrer l'ITCZ vers le nord en hiver



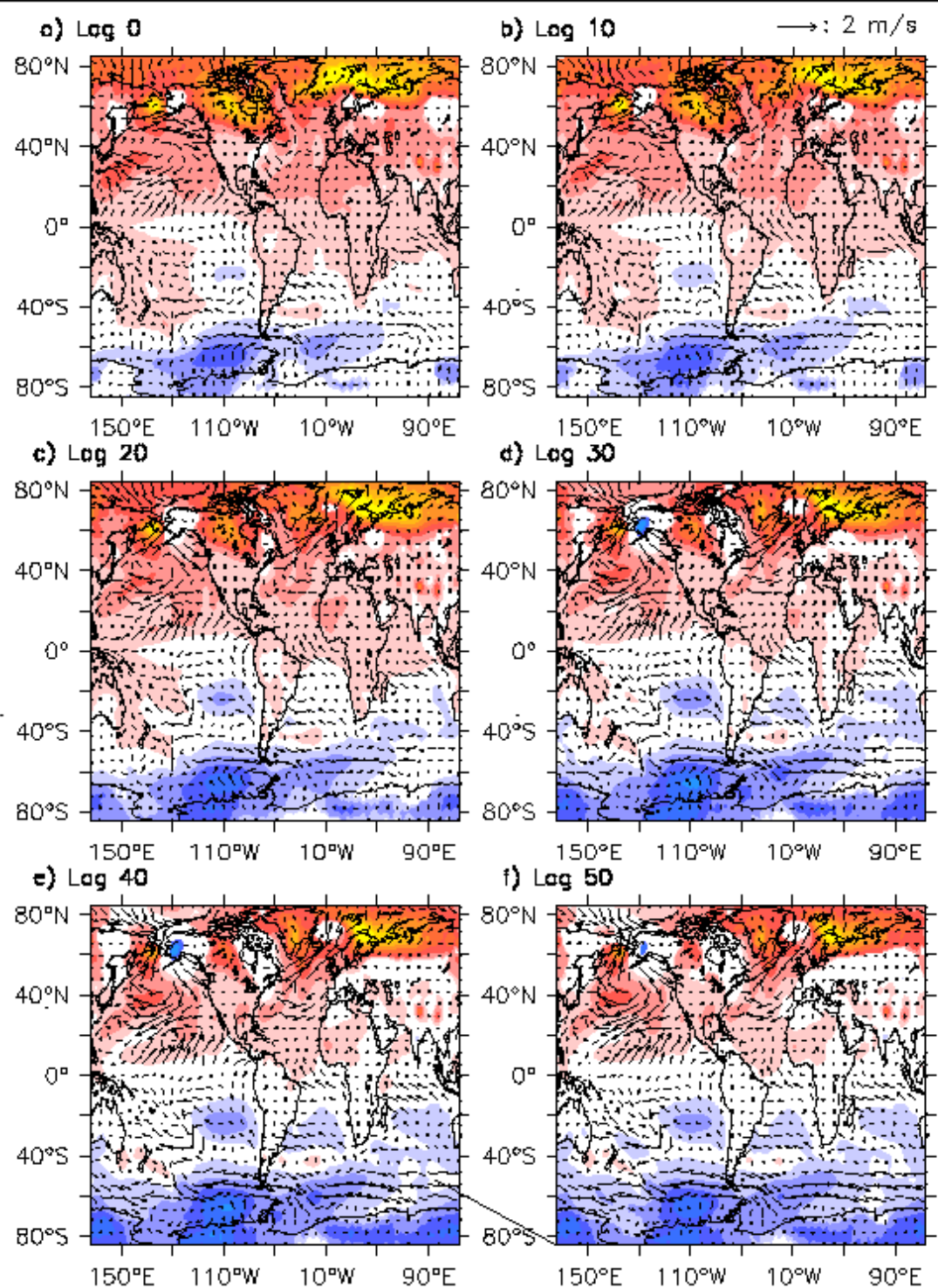
# Notre simulation millénaire

- \* Même forçage que Jérôme avec en plus volcans
- \* Réponse plus forte dans l'hémisphère nord que sud
- \* Tendence sur les 2 derniers siècles sans précédent



# Effet forçage solaire en hiver

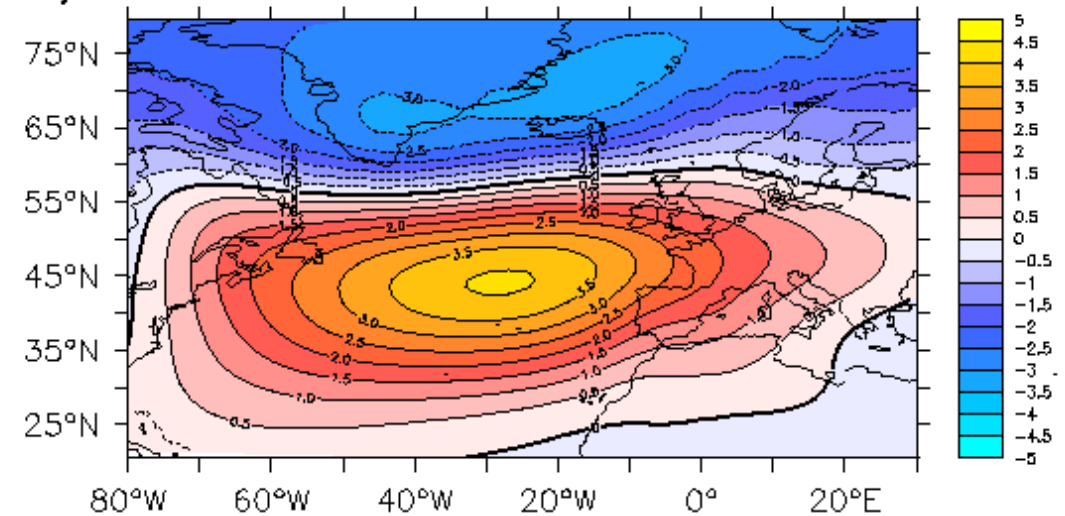
- \* Régression sur l'indice solaire 1000-1860
- \* Un signal NAO + semble apparaitre en Hiver comme chez Shindell et al. 2001 avec un lag d'au moins 20 ans



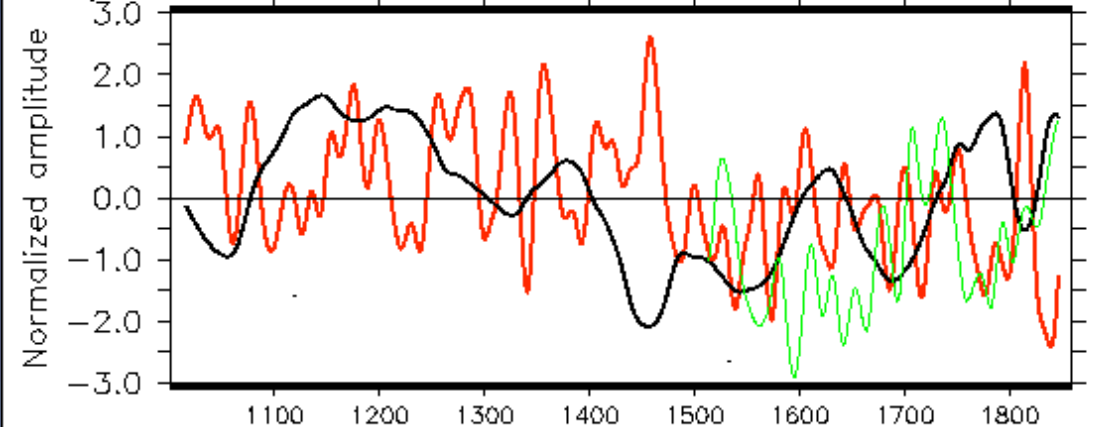
# Forçage solaire et NAO

- \* PC1 de la fonction de la SLP se corrèle significativement avec le forçage solaire à lag 40
- \* Ce signal est cohérent avec données où il existe un délai de 20-30 ans (Waple et al. 2002)

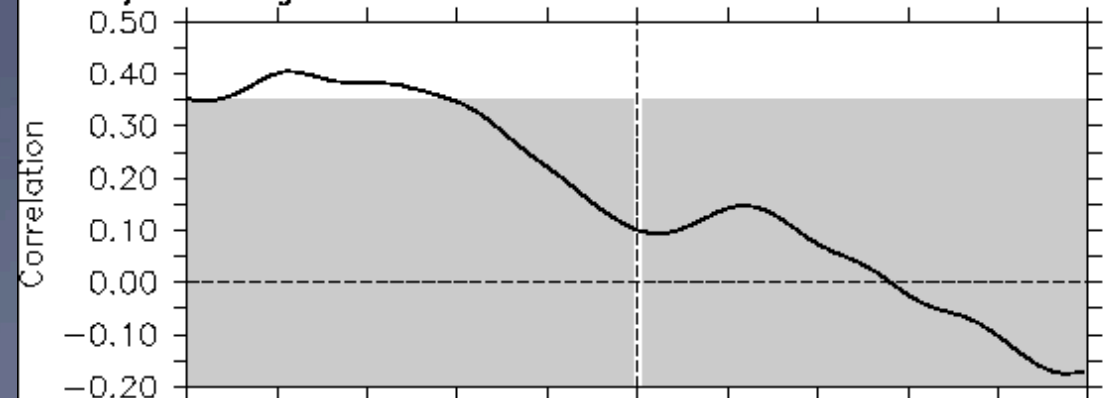
a) EOF 1 of SLP for DJF in MILL



b) Time series — Solar — NAO model — NAO Luterbacher



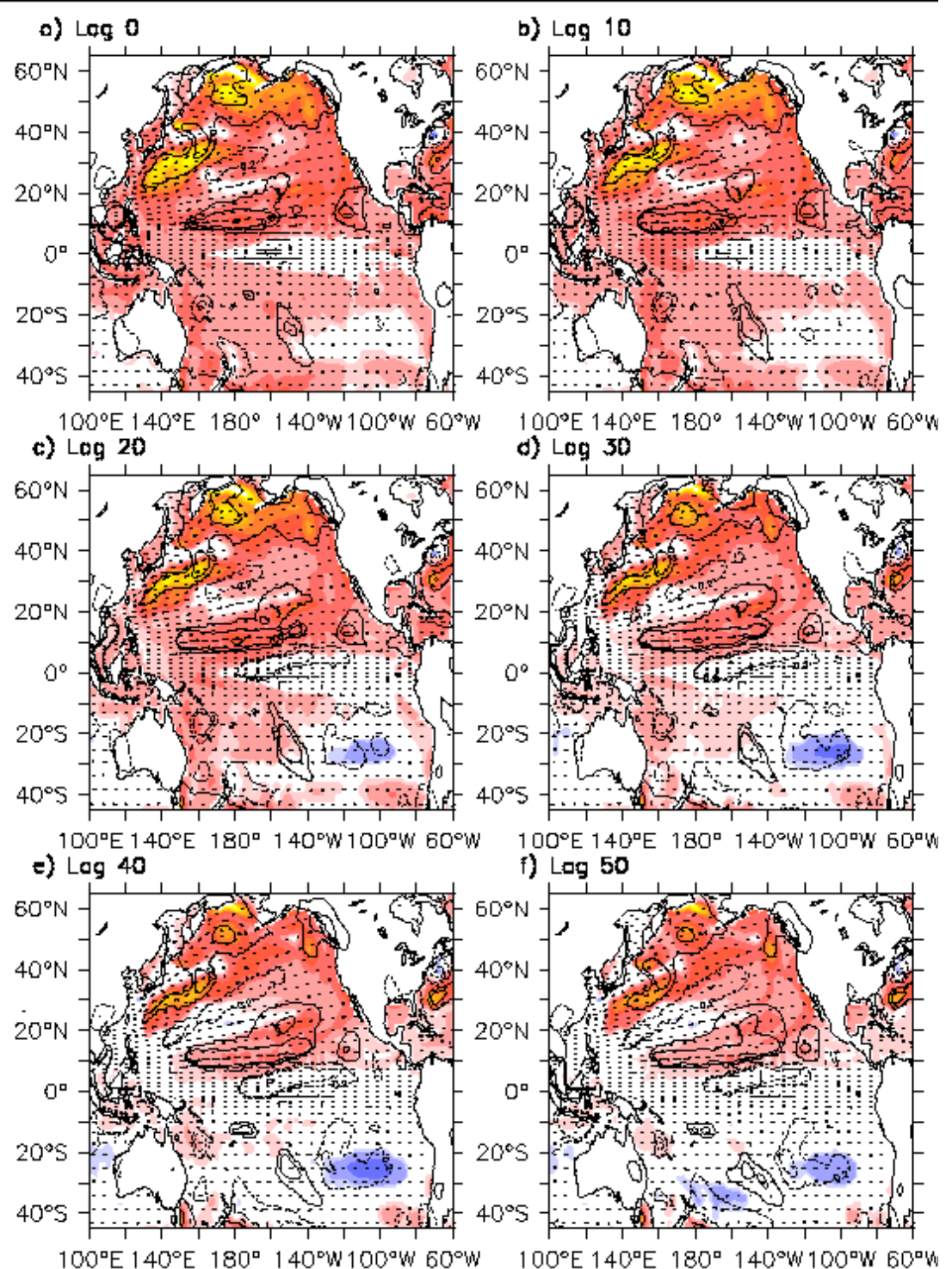
c) Lead Lag



# SST et précip. dans le Pacifique

\* Dans le Pacifique tropical, on voit une migration de l'ITCZ vers le nord en environ 30 ans après le forçage solaire

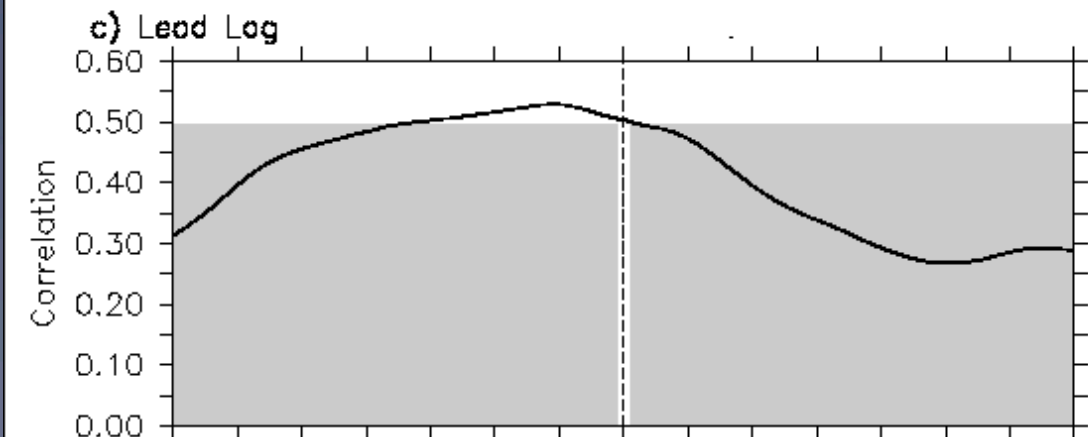
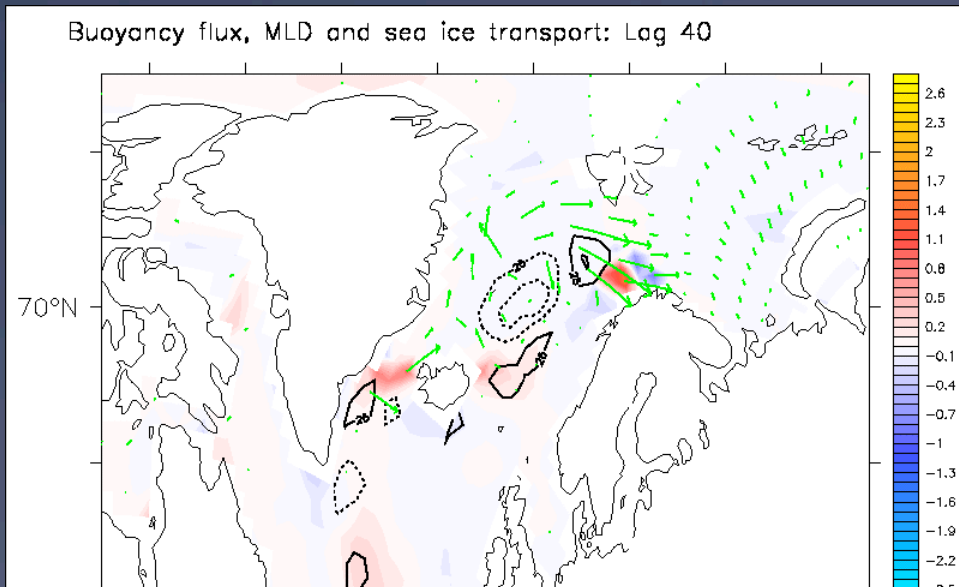
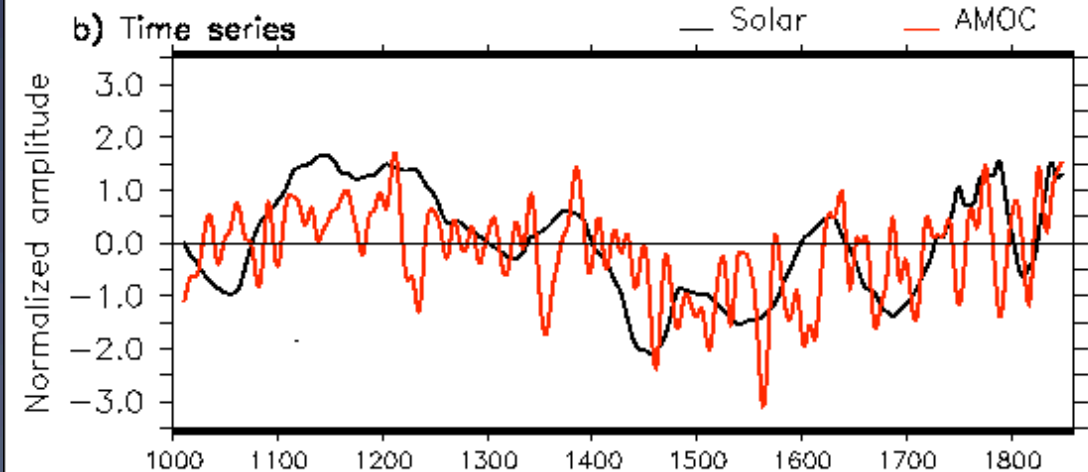
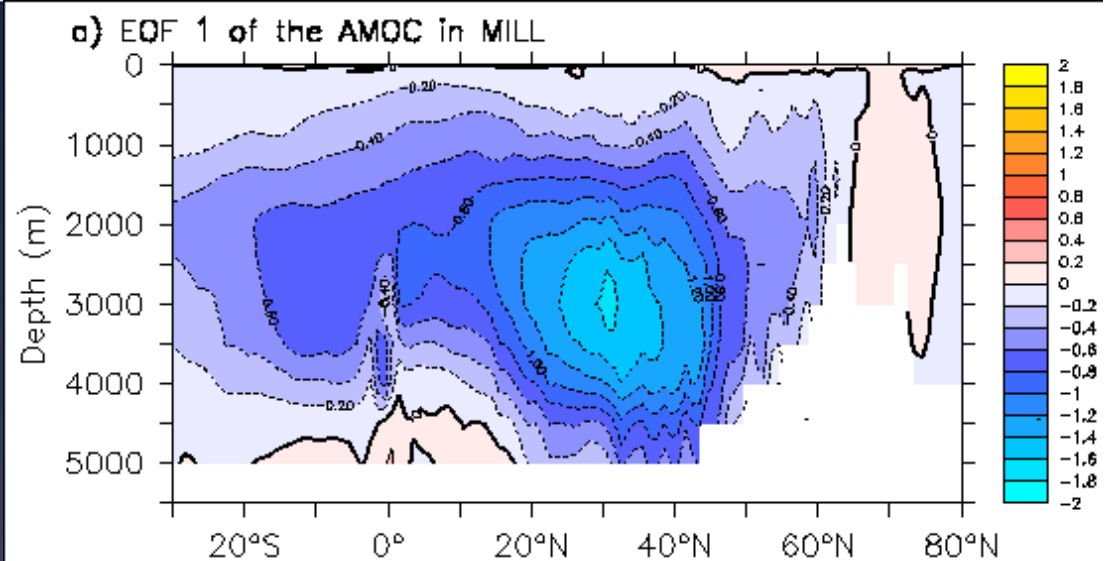
\* Ce signal est lié à la persistance d'une anomalie de SST





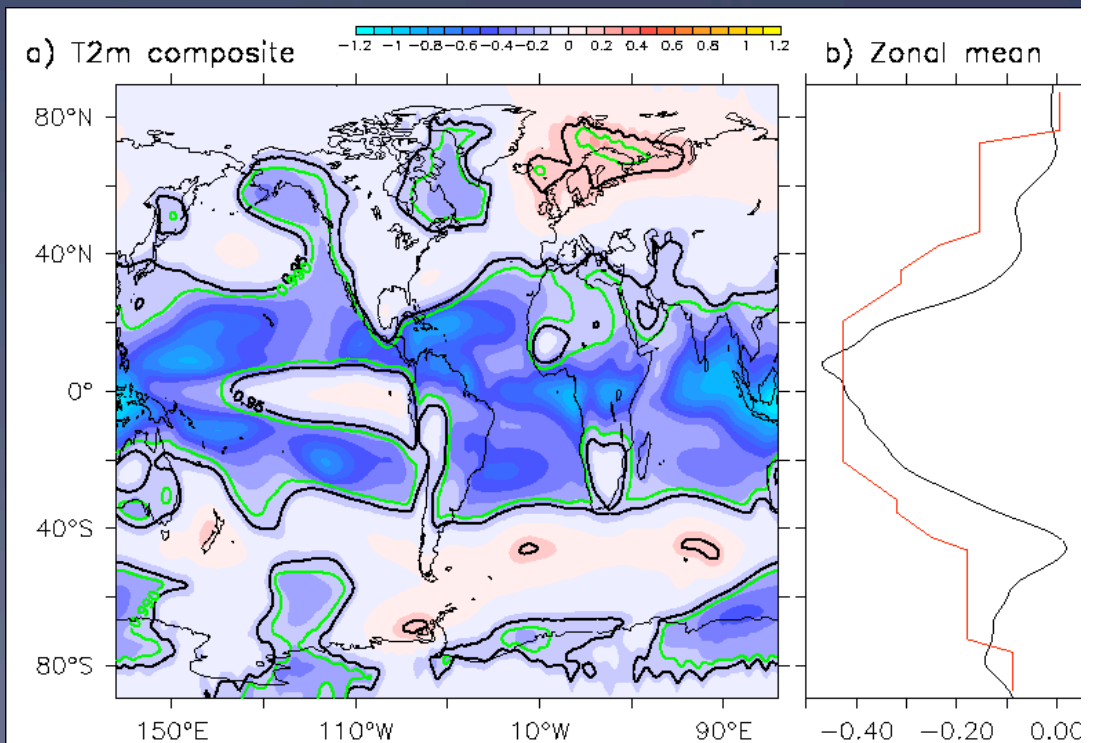
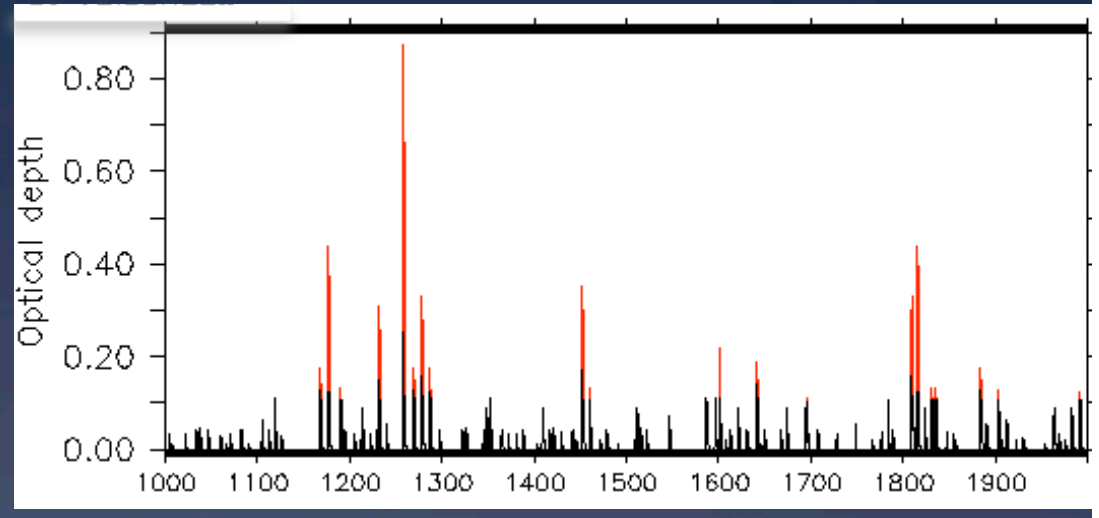
# Forçage solaire et THC

- \* PC1 se corrèle significativement avec le forçage solaire à lag 10
- \* Ce signal correspond à une diminution de la THC avec le solaire
- \* Contradiction Lund et al. (2006)



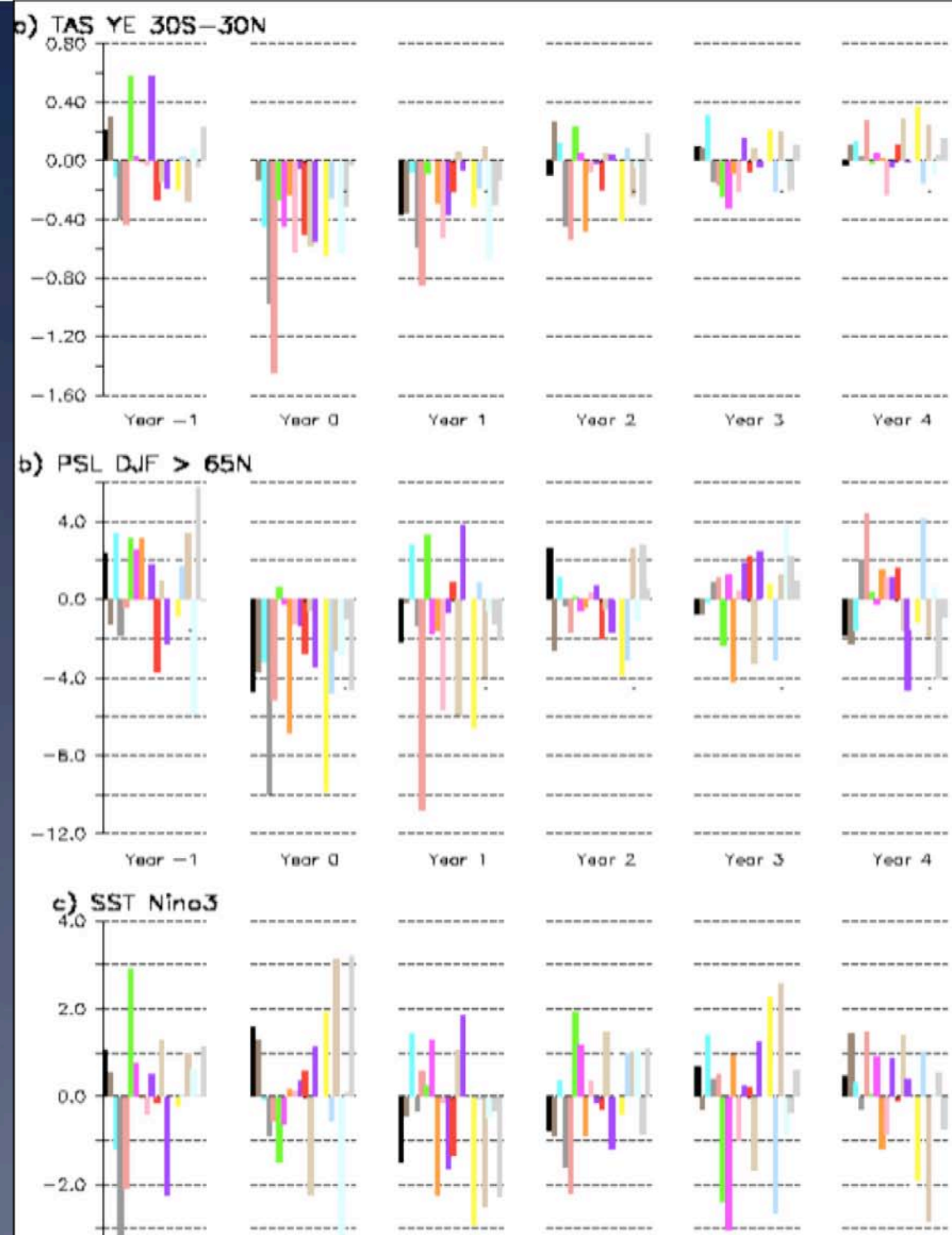
# Signature des volcans

- \* Composite sur les 20 volcans > Pinatubo
- \* Fort refroidissement dans les tropiques
- \* Réchauffement sur l'Europe du Nord



# Effet des volcans

- \* L'effet des volcans persiste 3 ans
- \* Il y a un forçage d'une NAO+ après une éruption
- \* Il y a un petit signal d'un forçage d'un Nino l'année de l'éruption

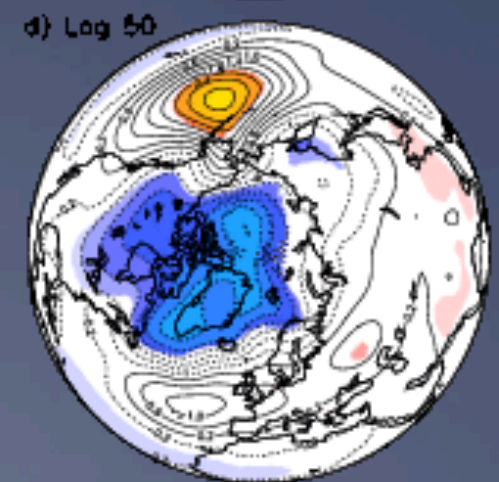
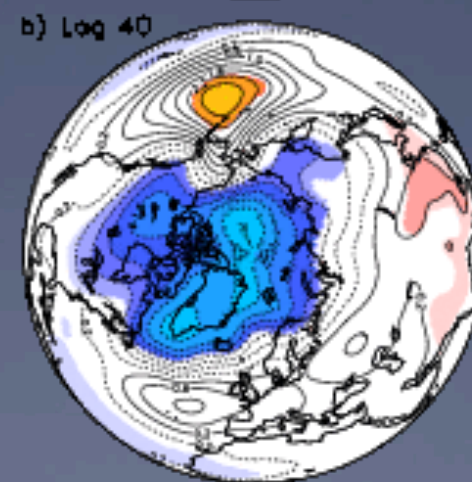
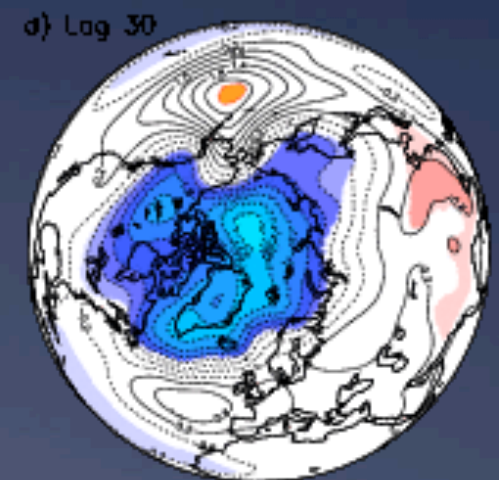
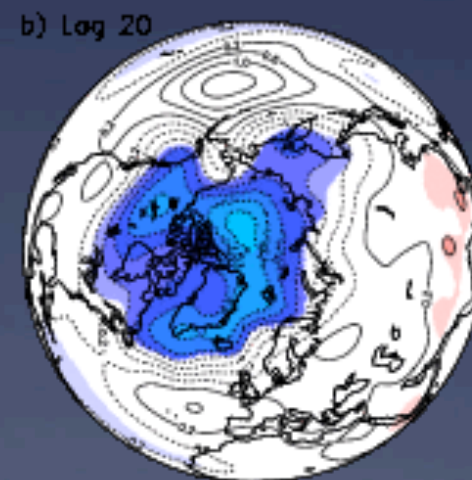
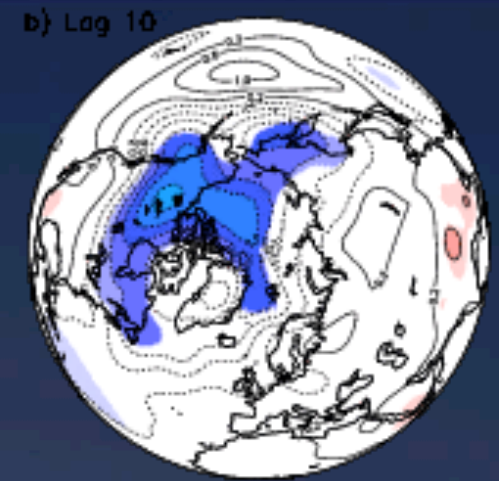
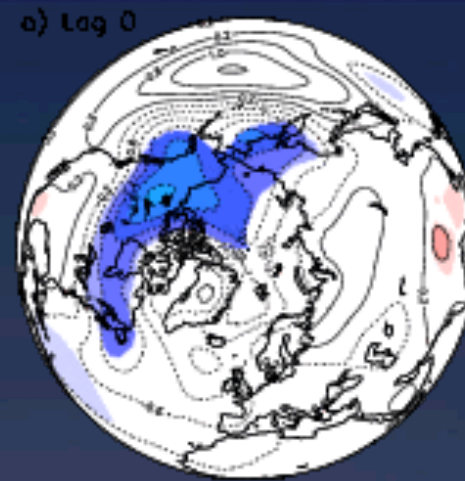


# Conclusions

- \* Deux simulations de mille ans dont une avec forçages naturels solaire, volcanique et CO<sub>2</sub>
- \* Forçage volcanique refroidit surtout la surface au niveau des tropiques et réchauffe l'Europe du Nord par le biais d'une NAO+
- \* Forçage solaire force également (faiblement) une NAO+ et se projette de façon similaire au GHG (amplification polaire au nord, AMOC...)
- \* Comparaison du modèle avec reconstructions de 1000 ans sont encourageantes !

# Oscillation Arctique

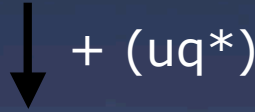
- Le signal apparaît partir du bassin Pacifique



TSI



Oceanic LHF at the equator



Westward LHT



Deep convection above BoxW



North Pacific anticyclone



*Slow positive feedback (memory, 40 yr)*

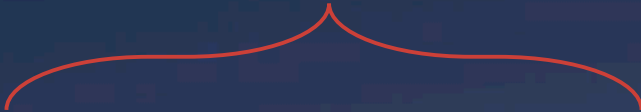


Oceanic LHF and HT towards BoxW

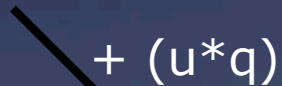


SST in the BoxW

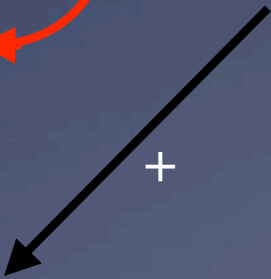
*Fast positive feedback (trigger, 1yr)*



Equatorial westerlies

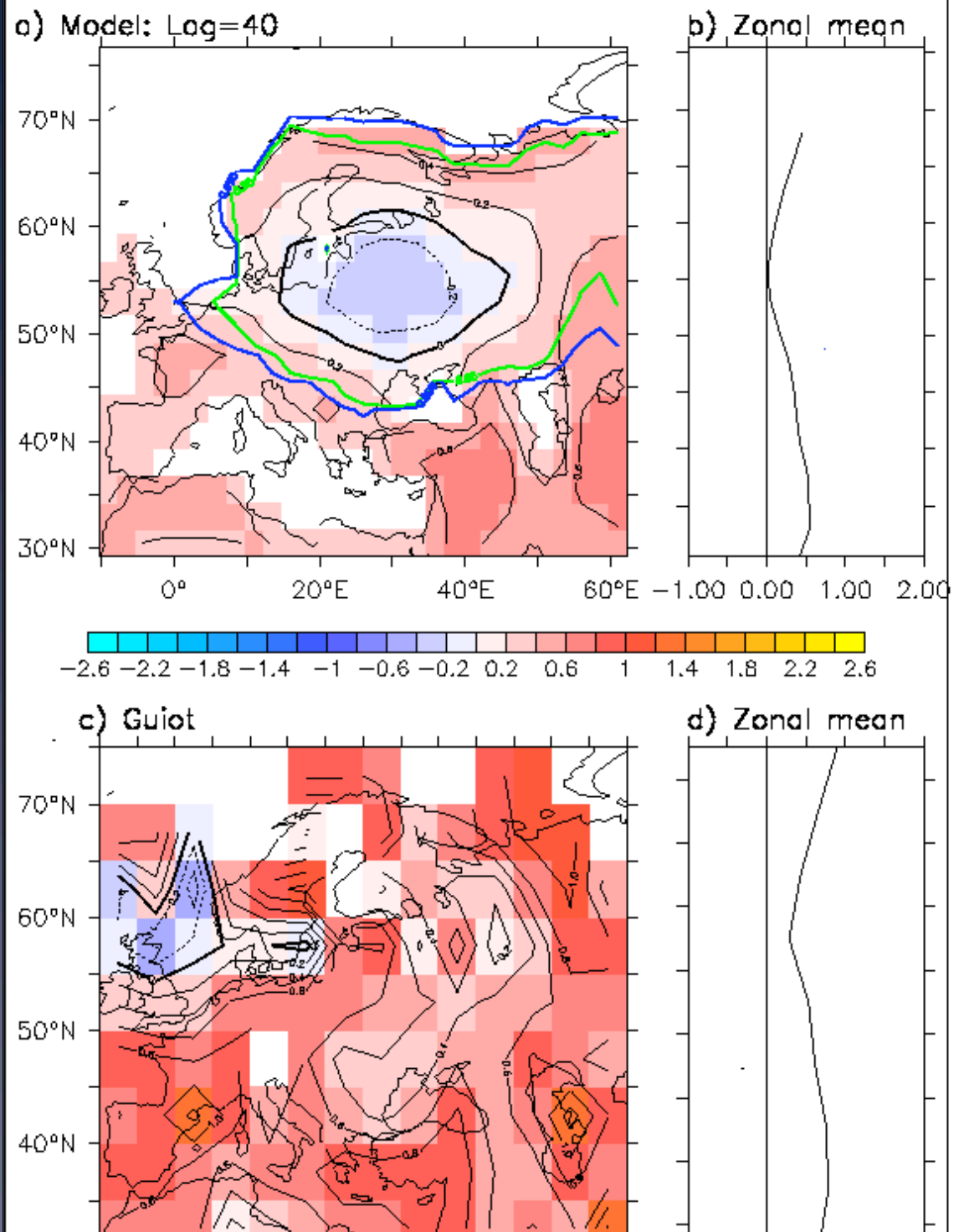


Walker cell



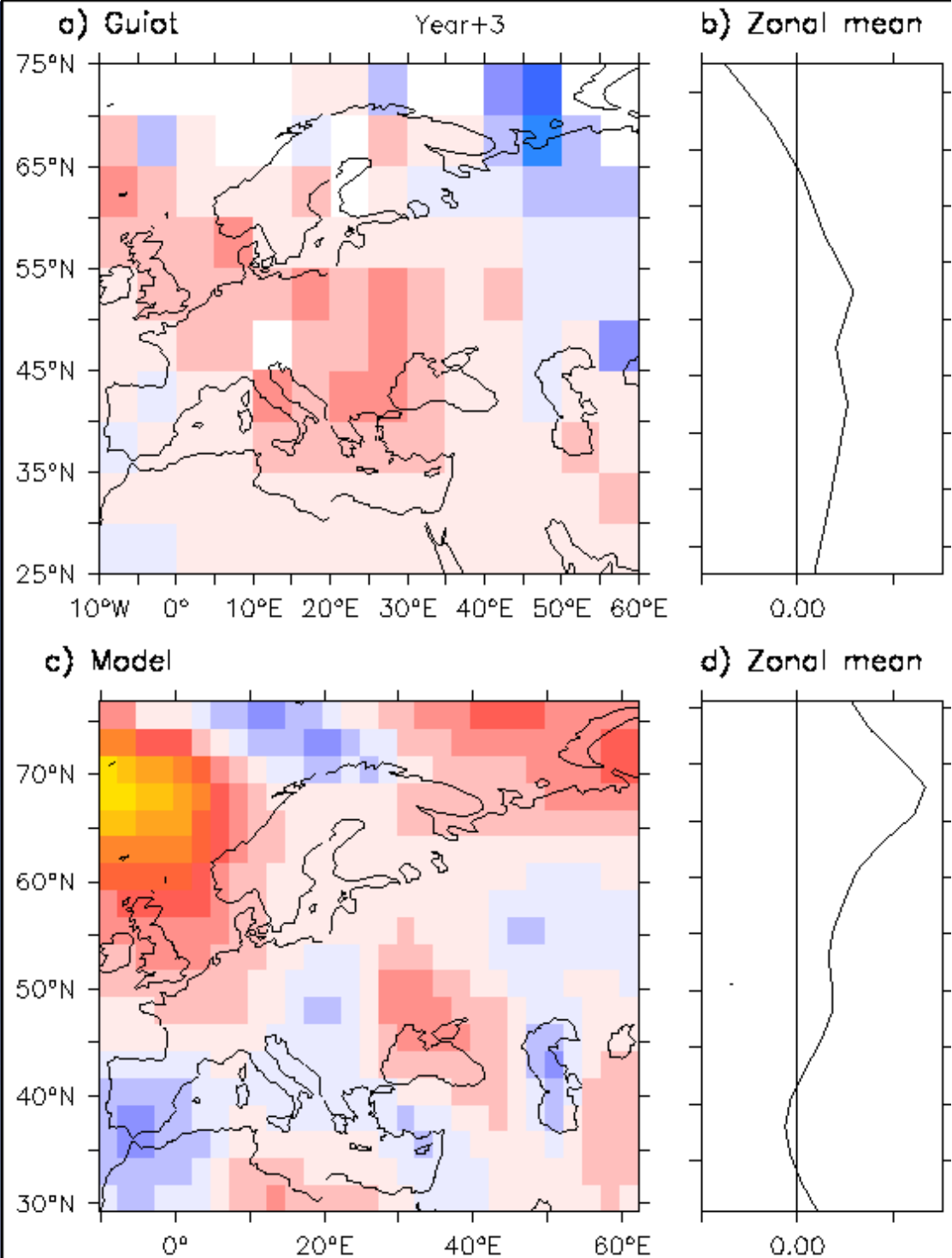
# Données sur 1000 ans

- \* Données grillées de Guiot
- \* Régression sur indice solaire
- \* Accord relatif avec notre simulation : effet radiatif + réponse NAO like



# Comparaison avec données Joel

- Comparaison avec Pinatubo = OK (Ottera 2005)
- Composite d'été sur 20 volcans supérieurs au Pinatubo





# Perspectives

- \* Analyse en régime de temps pour l'Atlantique Nord et la Méditerranée (collaboration Laurent Dézileau, Christophe Cassou, Bruno Joly)
- \* Comparaison avec données paléo ? Aller vers les données : downscaling + intégration MAIDEN (collaboration Pierre-Alain danis)
- \* Comparaison avec IPSL-CM4 (collaboration Jérôme Servonnat)
- \* AMOC et AMO dans simulation de contrôle (Stagiaire INSA)