

# Variabilité climatique au cours du dernier millénaire Premiers résultats avec IPSLCM4

A partir des résultats de J Servonnat, F Fluteau, J Mignot, P  
Yiou, MA Sicre, M Khodri ...

## Pourquoi étudier/simuler le climat du dernier millénaire?

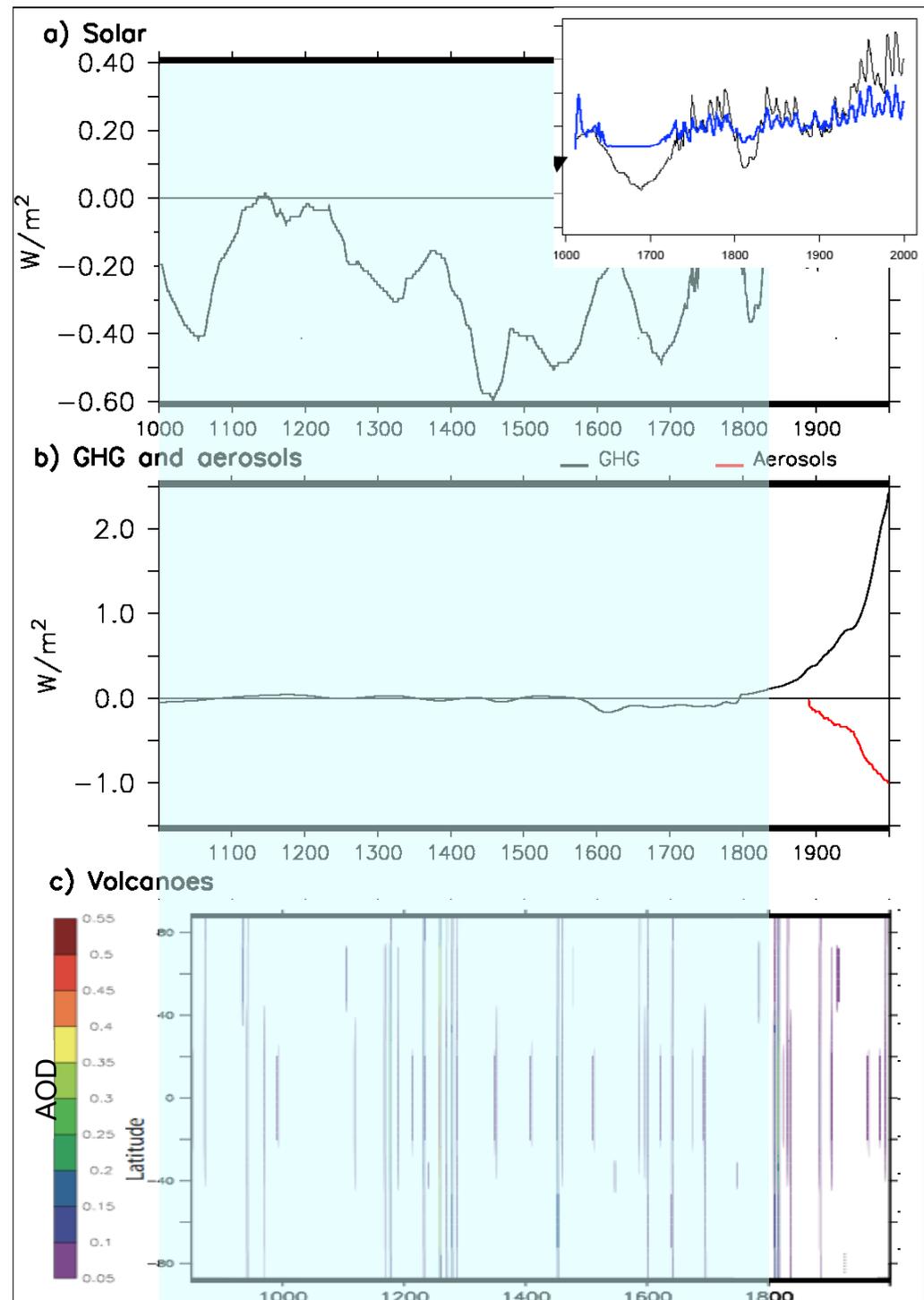
- \* Sous l'influence conjugué des variations naturelles du rayonnement solaire, de l'activité volcanique et de la concentration des gaz à effet de serre comparable aux conditions récentes
- \* Très riche en indicateurs décrivant les variations climatiques passées en même temps que celles des forçages extérieurs qui ont influencés ces variations climatiques.

# Projets « Millénaire »

- \* **Projet ANR-ESCARSEL** (2008-2010, PI J. Guiot, CEREGE): Evolution Séculaire du Climat dans les régions circum-Atlantiques et Réponse de Systèmes Eco-Lacustres (P. Yiou, J Servonnat, D Swingedouw, M Khodri, LSCE/LOCEAN)
- \* **Projet FP7-THOR** (2008-2012, PI D. Quadfasel): Circulation Thermohaline, Atlantique Nord, échange air-mer (LOCEAN, J Mignot, C Frankignoul, G Gastineau, C Marini)
- \* **Projet ANR-ANVOL** (à soumettre, PI M. Khodri) : modes de variabilité globaux et des téléconnexions, detection-attribution, lien solaire-ozone stratosphérique au Minimum de Maunder (M Khodri, J Mignot, D Swingedouw, M Marchand, LOCEAN/LSCE/LATMOS)

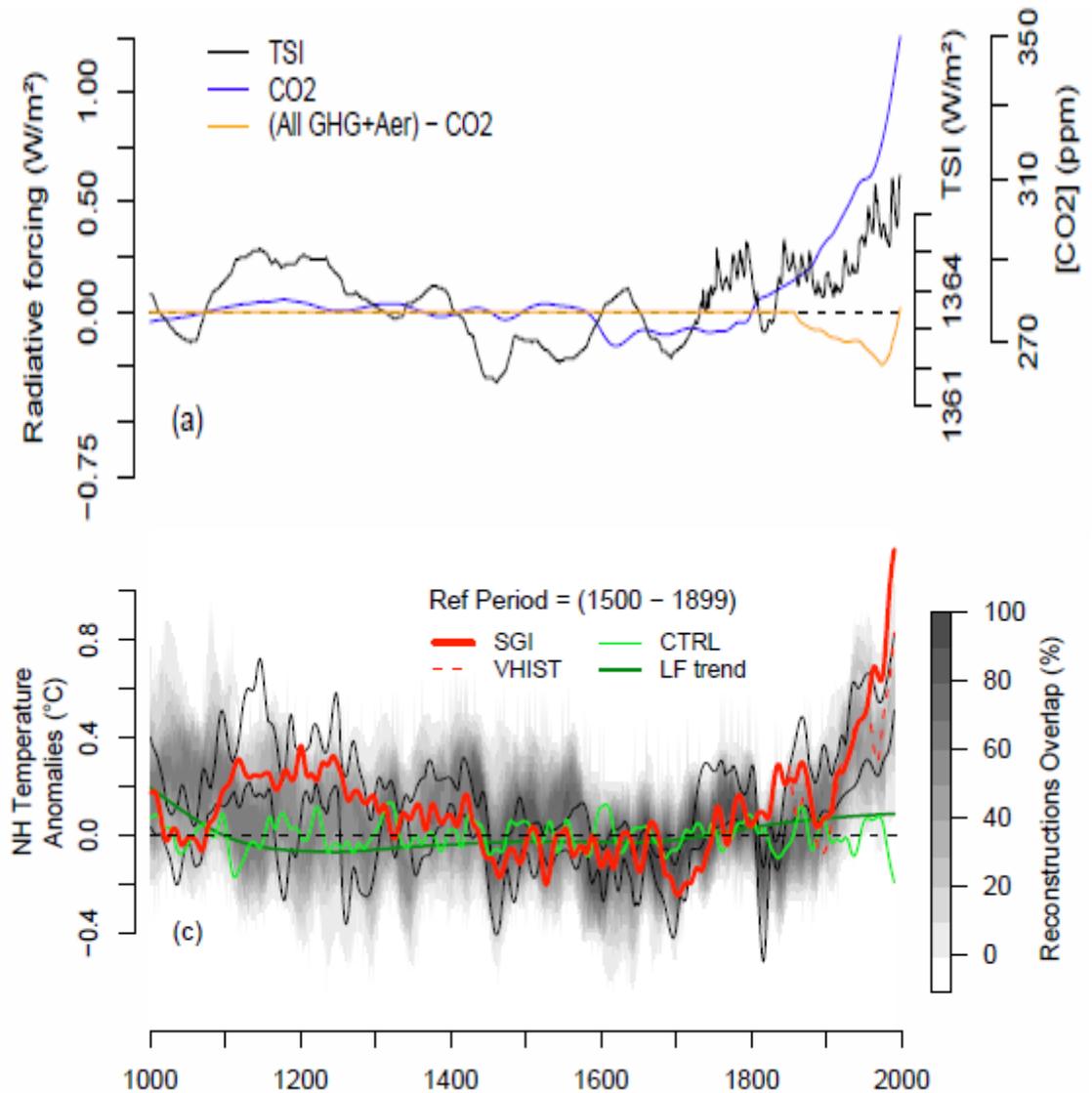
# Forçages externes des simulations millénaires à l'IPSL (IPSLCM4)

- \* Control Pre-industriel
- \* Simulation avec forçage solaire (**0.25%**) et CO<sub>2</sub>
- \* Simulation avec forçage solaire (**0.1%**), CO<sub>2</sub> et volcans



# Forçages externes des simulations millénaires à l'IPSL

- \* Même forçage solaire utilisé dans l'IPCC AR4
- \* IPSL-CM4 : Simulation avec forçage solaire (0.25%) et CO2



# Variations séculaires **Solaire+CO2**: Impact sur Température HN

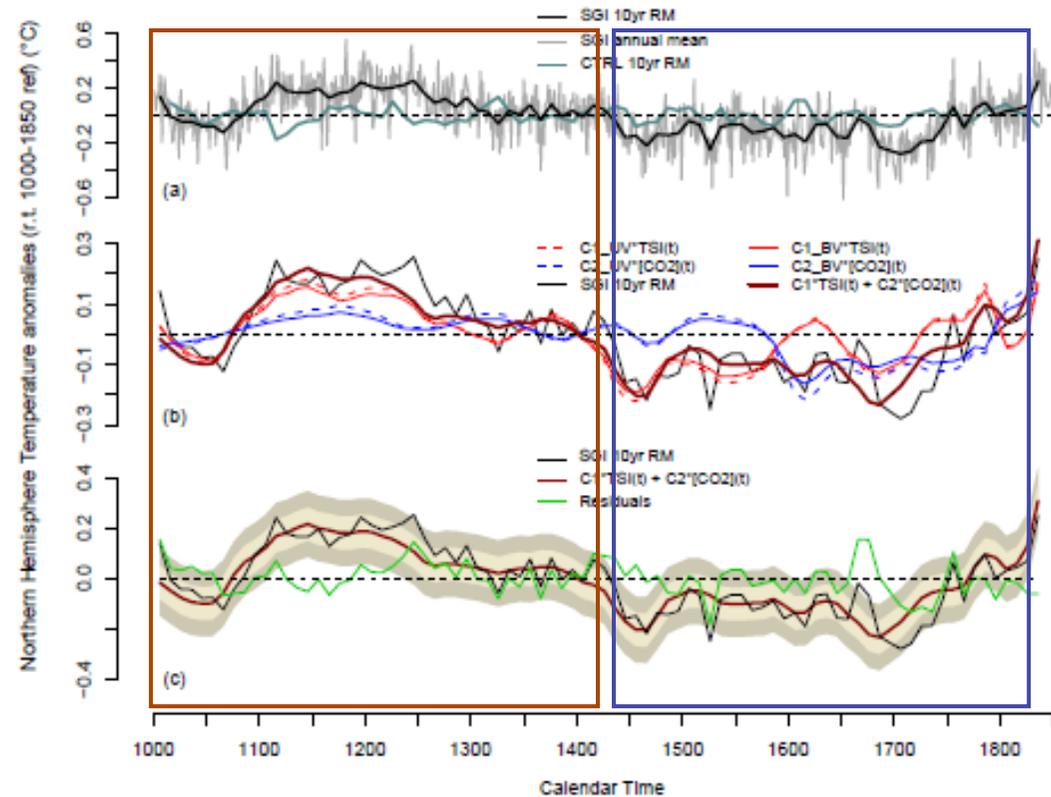
⇒ évaluer l'influence du forçage solaire et du CO<sub>2</sub> sur les variabilité de la température HN

⇒ décomposition linéaire de la température :

- Signature des forçages
- bruit résiduel

$$dT = \sum_i \left( \frac{\partial T}{\partial E_i} \right) dE_i + \varepsilon$$

*Servonnat et al, in revision*



## Résultats

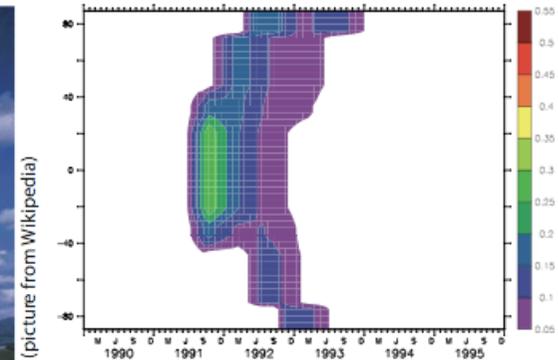
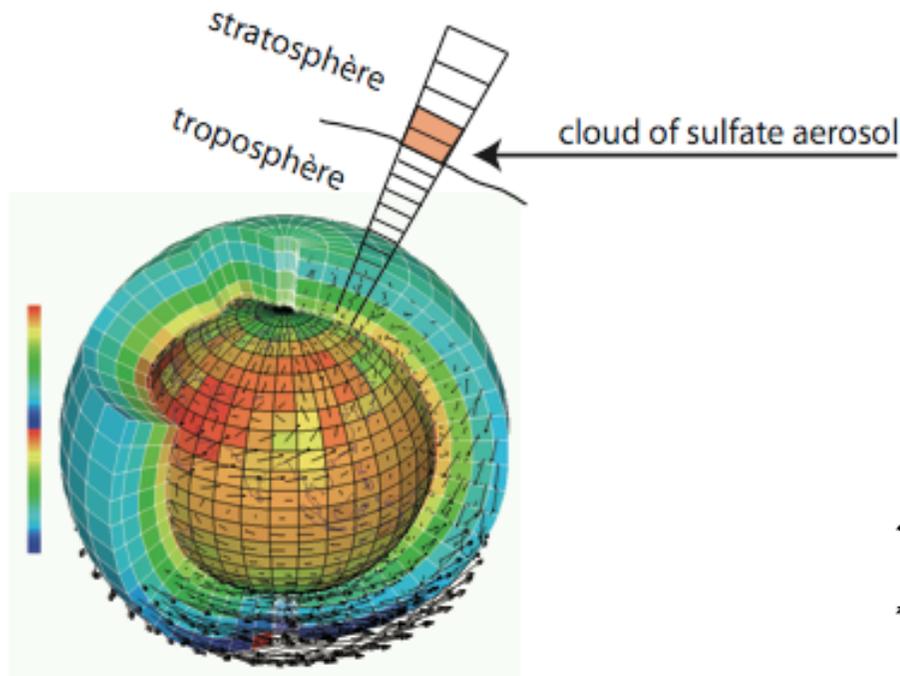
⇒ 1000-1850 AD : Forçage solaire dominant (45%), CO<sub>2</sub> explique 20% et les résidus 22%

⇒ 1000-1425 AD : Solaire explique ~80% de la variance totale

⇒ 1425-1820 AD : Contributions similaires du solaire et CO<sub>2</sub> (~37% variance totale)

⇒ les variations de température HN peuvent s'expliquer par la somme des réponses linéaires aux forçages, plus un bruit résiduel (variance et covariance similaires au CTRL)

# Forçage Volcanique: Le Mont Pinatubo

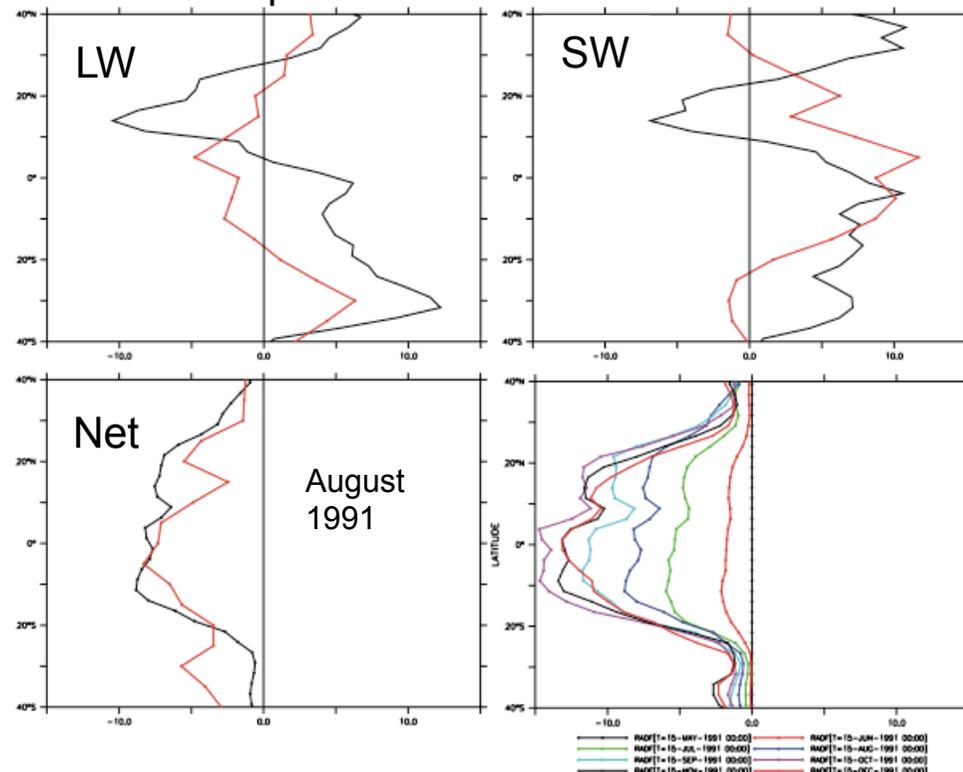


- Implémentation de l'impact radiatif des aérosols volcanique dans LMDZ
- Code de Mie: albédo de simple diffusion ( $c_g$ ) et le facteur d'asymétrie ( $p_{iz}$ ) pour les aérosols aérosols stratosphériques sulfatés en phase aqueuse (Y Balkanski).

Forme binaire  $H_2SO_4/H_2O$ : 75%/25%)  
 El Chichon + Pinatubo ( $SO_4$  droplet,  $Reff=0.55$ )

Groupe de Travail «Volcan » IPSL:  
 Yves Balkanski, F Fluteau, Slimane Bekki, M Marchand,  
 L LI, F Jégou, P Yiou, Anne Cozic, D Cugnet

## Comparaison ERBE-IPSLCM4

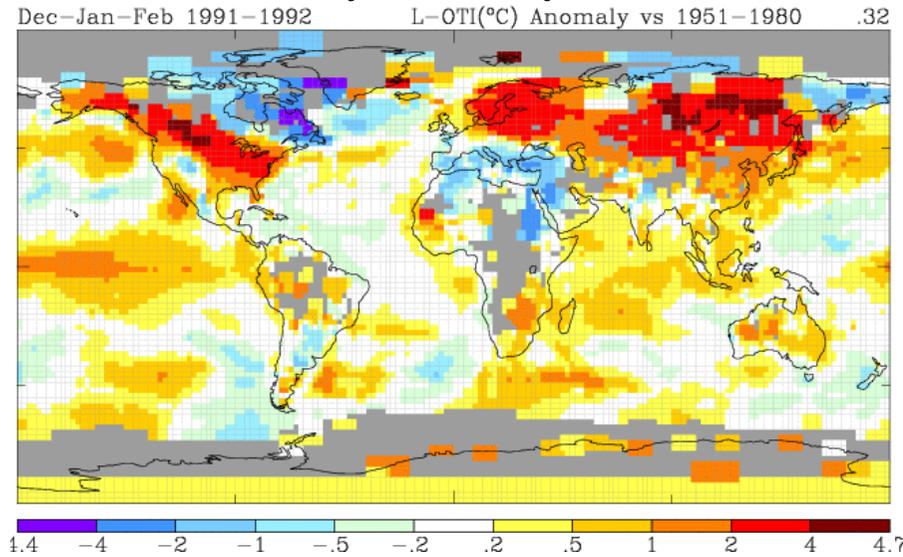


# Le Mont Pinatubo

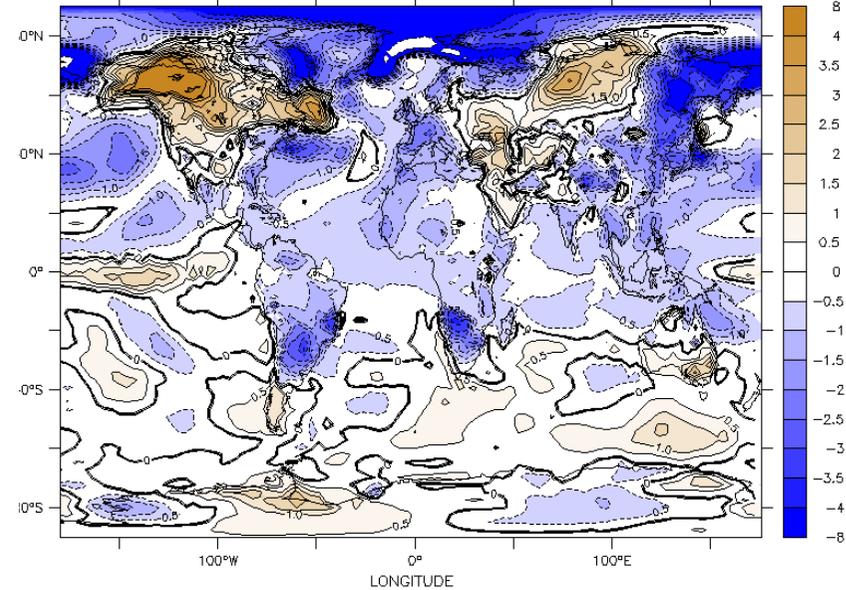
# Impact sur les Températures

## Premier hiver post éruption

GISS Analysis/Hadley HadISST1

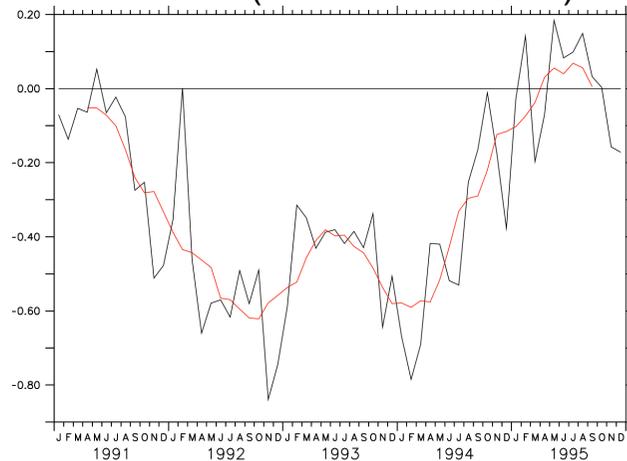


IPSLCM4 (4 members mean )

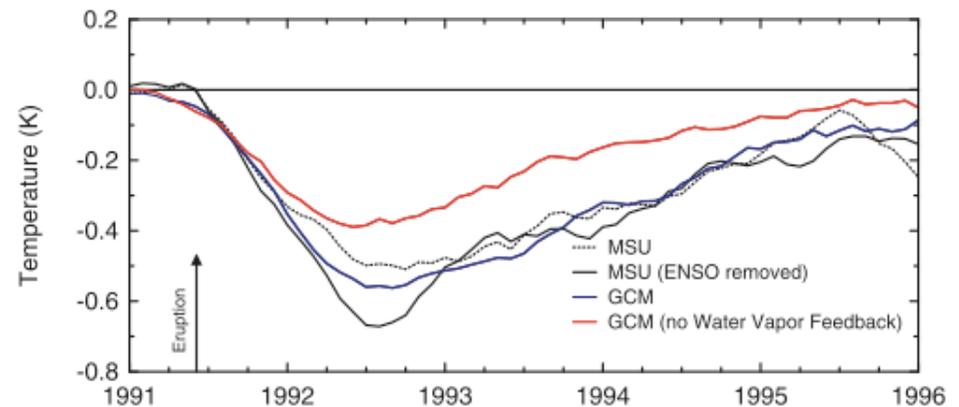


## Evolution des températures globales

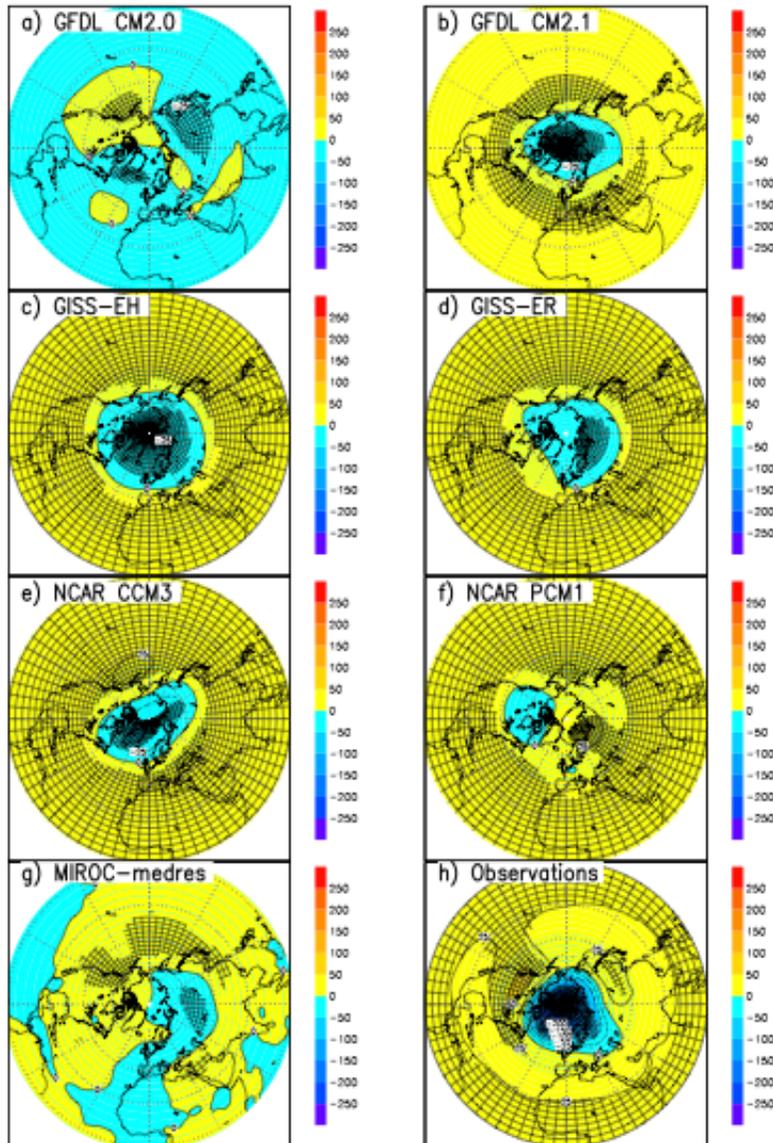
IPSLCM4 (4 members mean )



Soden et al 2002



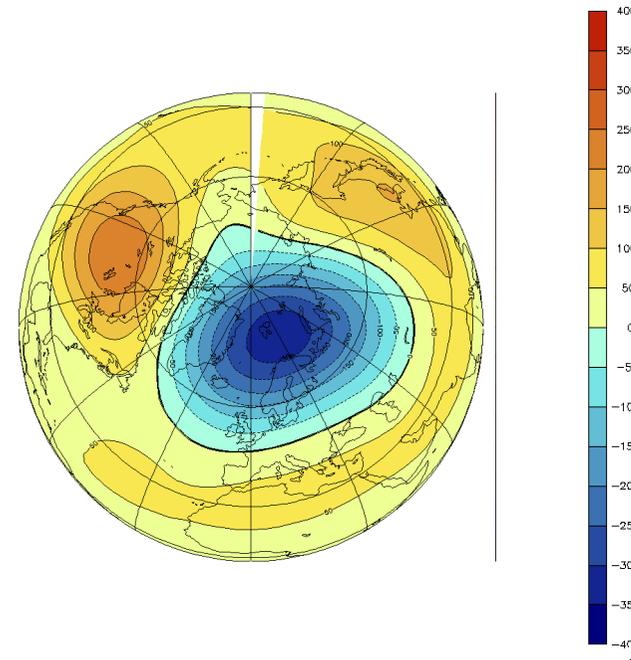
IPCC-AR4 Models  
(Stenchikov et al, 2006)



1er hiver post éruption

IPSLCM4

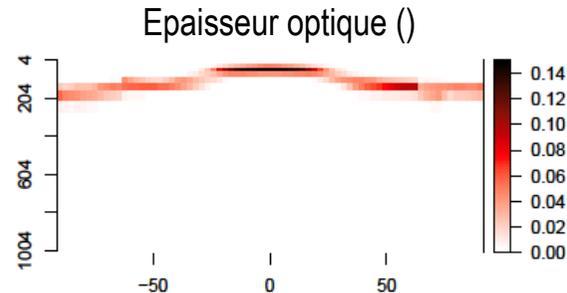
Geopotential Height 50mb



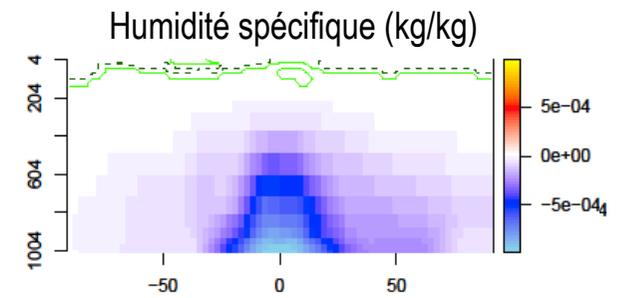
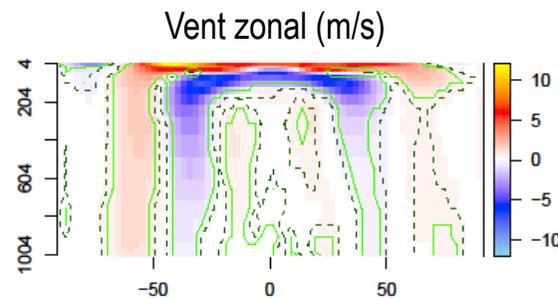
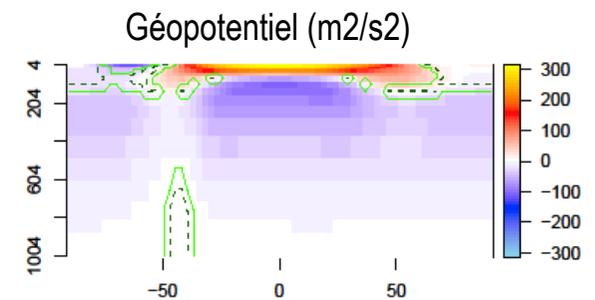
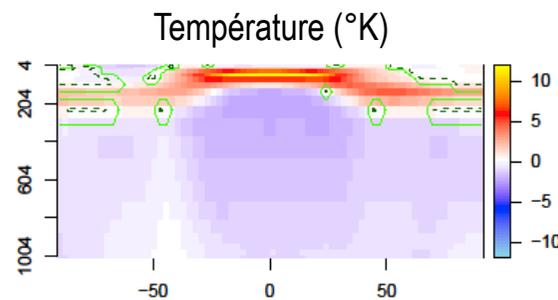
Renforcement du vortex polaire

## Année 1 post-éruption

- Réchauffement strato/  
refroidissement tropo
- augmentation du géopotential  
dans la strato/ diminution dans  
la tropo
- augmentation du gradient  
température et géopotential  
Equateur-Pôle
- renforcement du jet moyennes  
latitudes
- assèchement de la  
troposphère (tropiques)



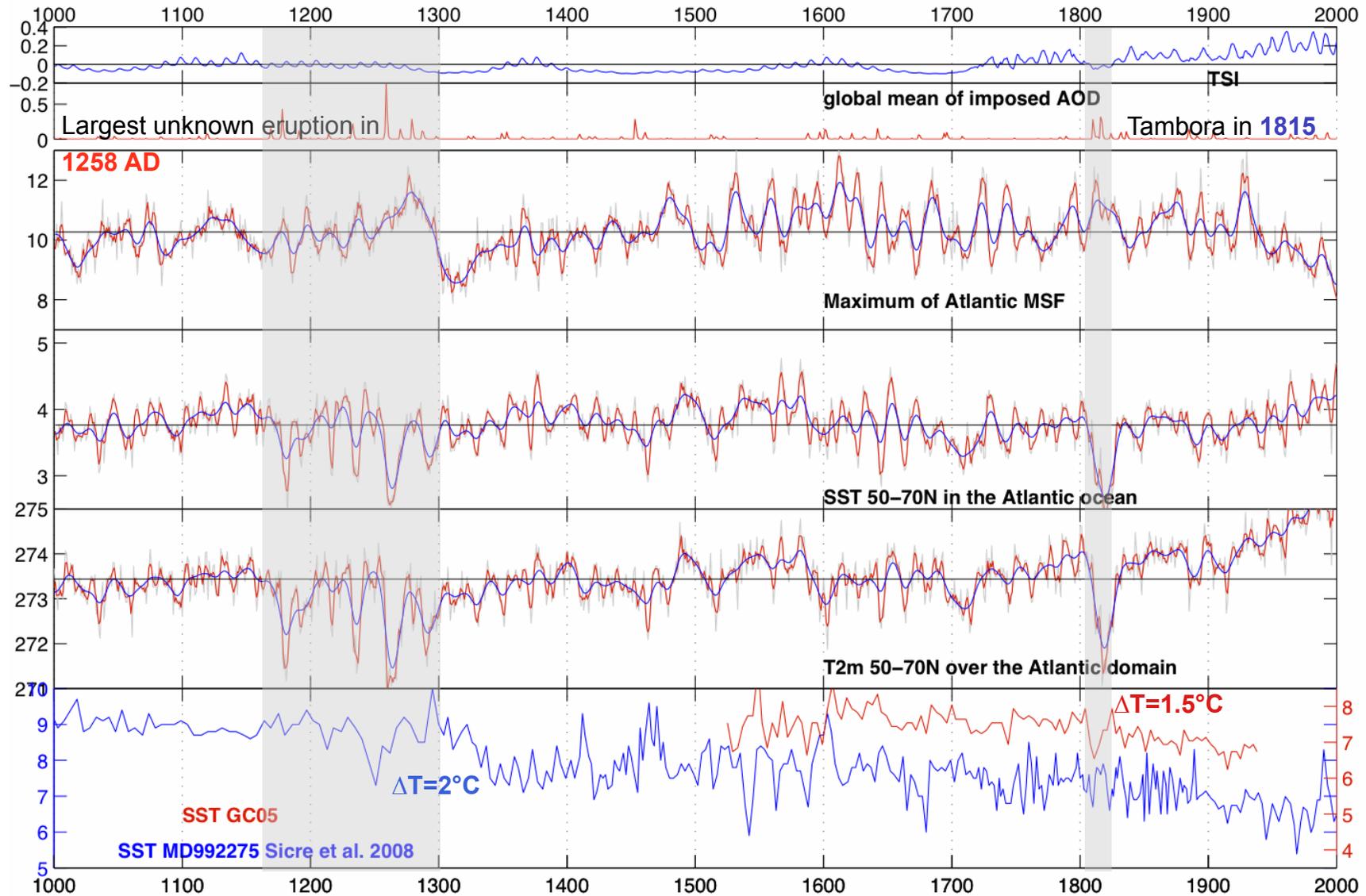
Significativité : Bootstrap sur  
CTRLA Tirets : 90% ; Lignes  
pleines : 99%



# Les paléo-éruptions du dernier Millénaire: Impact sur la variabilité climatique inter annuelle à décennale

## IPSL-CM4v2 North Atlantic

Mignot et al, in prep  
Sicre et al, in prep



# Simulation pour l'IPCC AR5

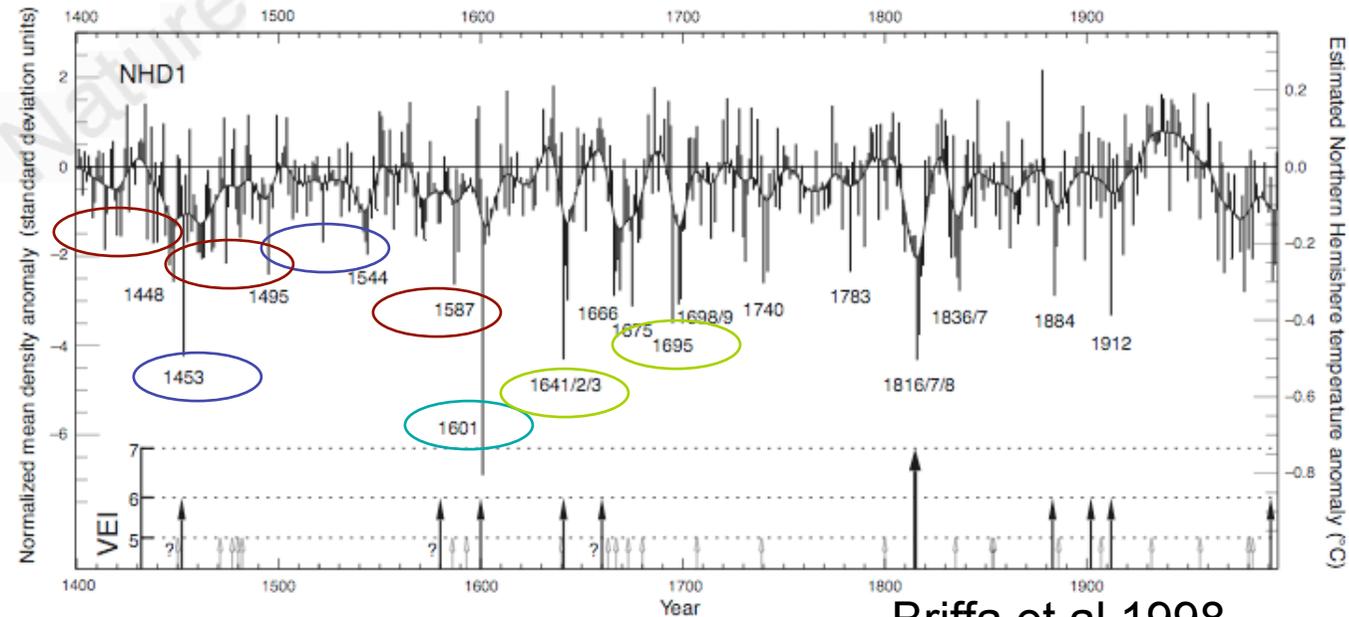
- Vers une stratosphère mieux représentée (à l'IPSL 39 niveaux)
- Vers une paramétrisation des méga-éruptions améliorée

## Recommandations PMIP3 pour le dernier millénaire:

- (1) TSI: Plusieurs choix possible avec et sans background (0.25 et 0.1%): à l'IPSL 0.1% (Krivova et al).
- (2) Volcanisme: Plusieurs choix, anomalies sur constante solaire ou épaisseur optique des aérosols volcaniques: à l'IPSL les deux?
- (3) Test sur les incertitudes liées au forçage solaire TSI/SSI, plusieurs choix possibles dont SSI et Ozone d'après Shindell et al. (2006)  
À l'IPSL/LATMOS: TSI/SSI, Ozone-LMDZ-Reprobus (Thuillier et al, Marchand et al)

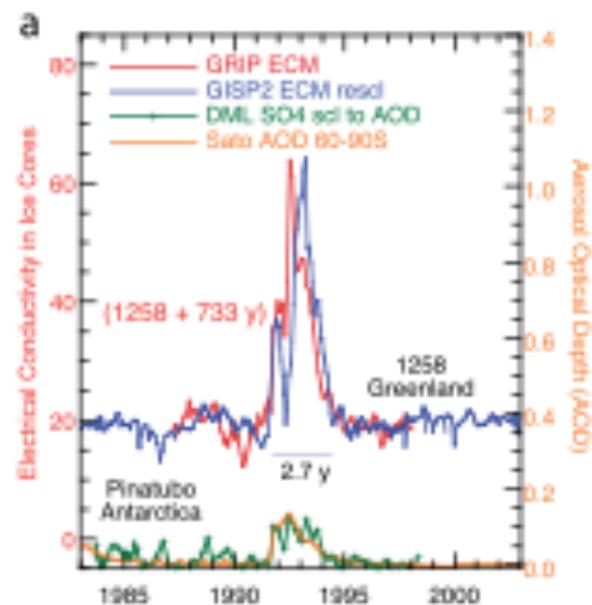
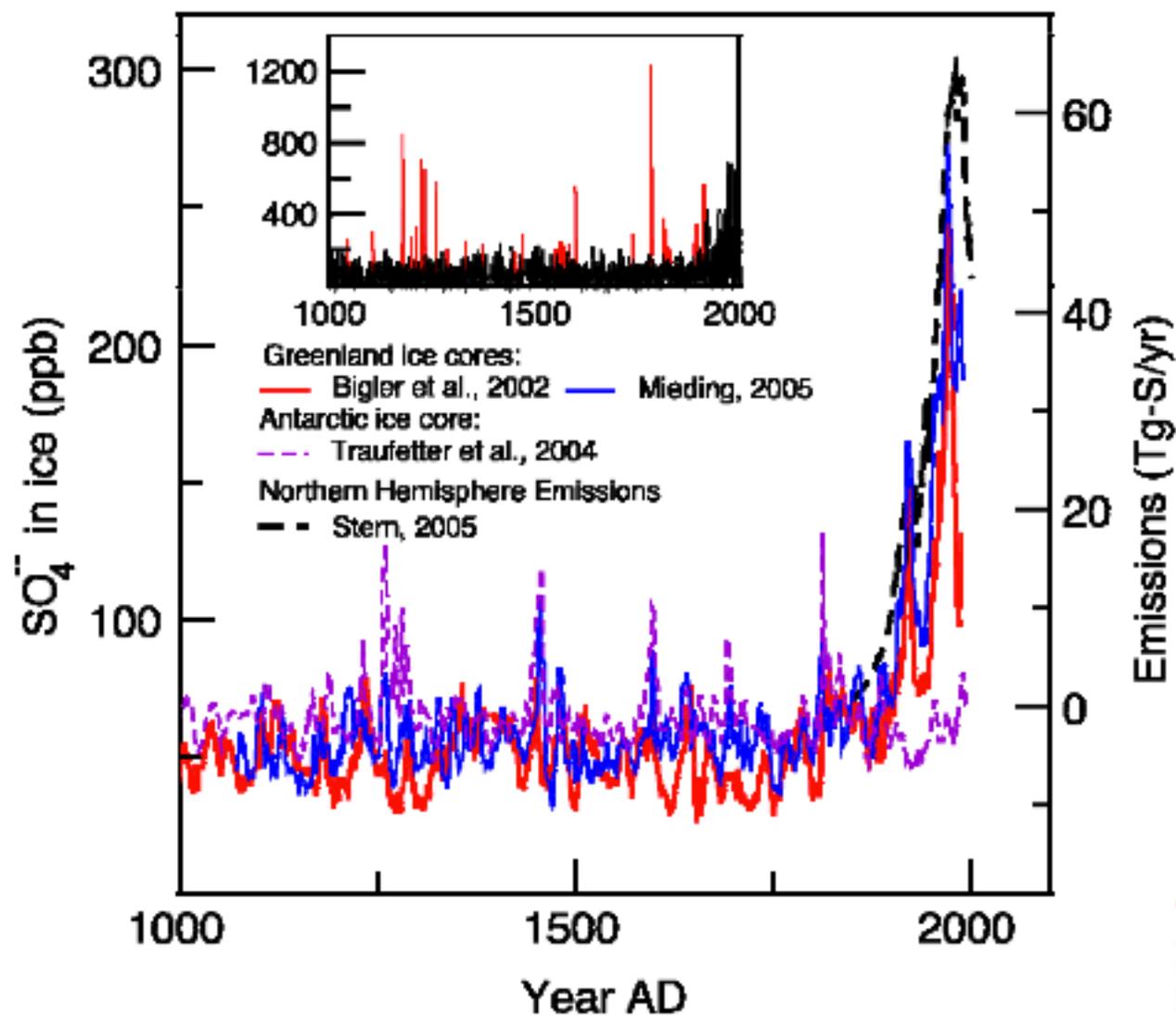
# What is the influence of volcanic forcing over the tropical inter annual to low frequency variability?

## Northern Hemisphere Temperatures



Briffa et al 1998

Date	Briffa et al	SOLVOL
1453 (January)	-0.5°C	-1.2°C
1641 & 1695 (January)	-0.4 / -0.6°C	-0.62°C
1511 & 1673 (April)	-0.2 / -0.4°C	-0.4°C
1601 (April)	-0.8°C	-0.8°C
1408&1459&1587 (July)	-0.15°C to -0.4°C	-0.3°C

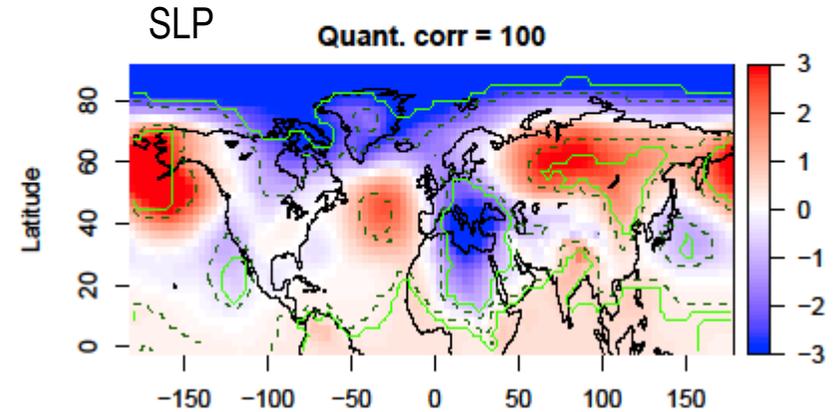
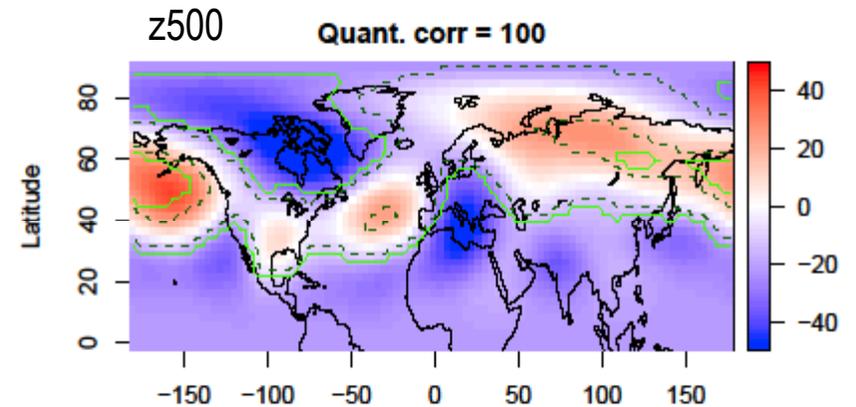
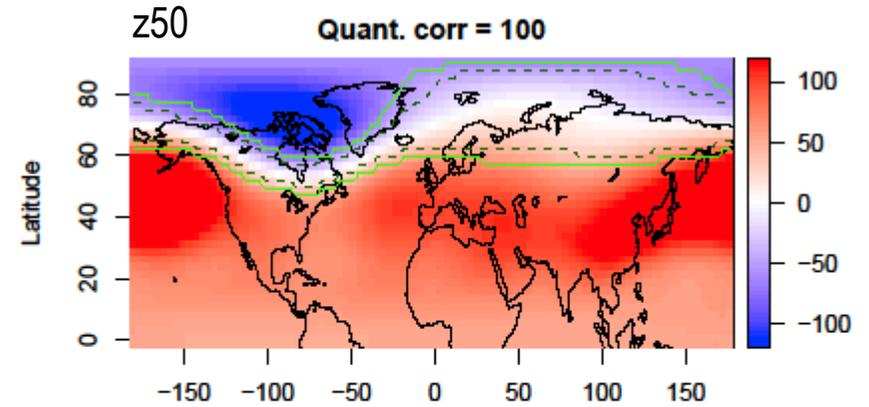
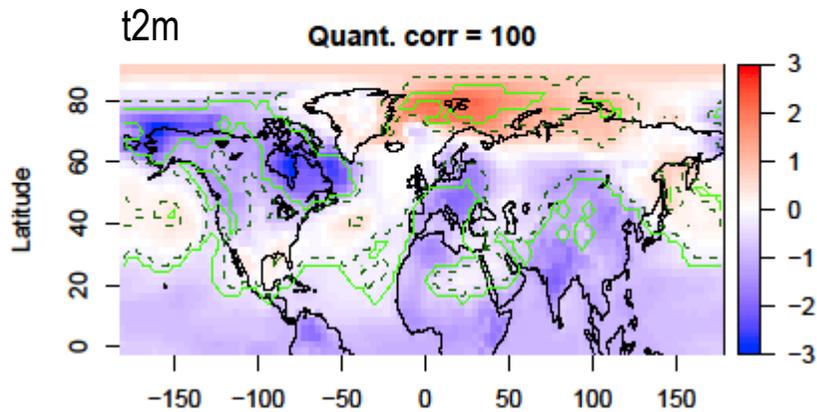
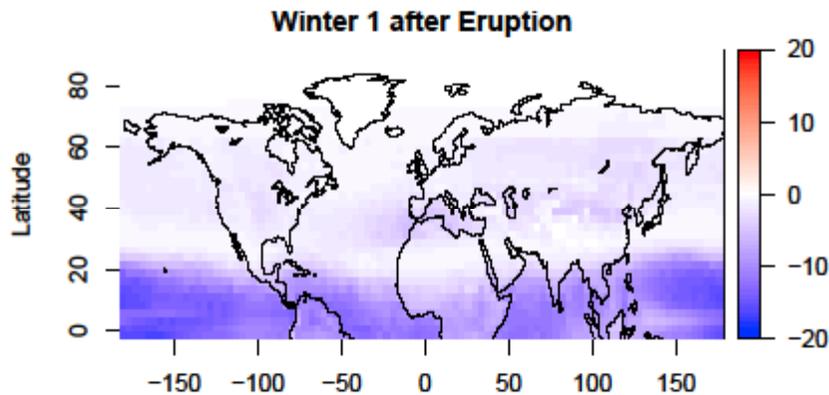


## Hiver 1 post-éruption

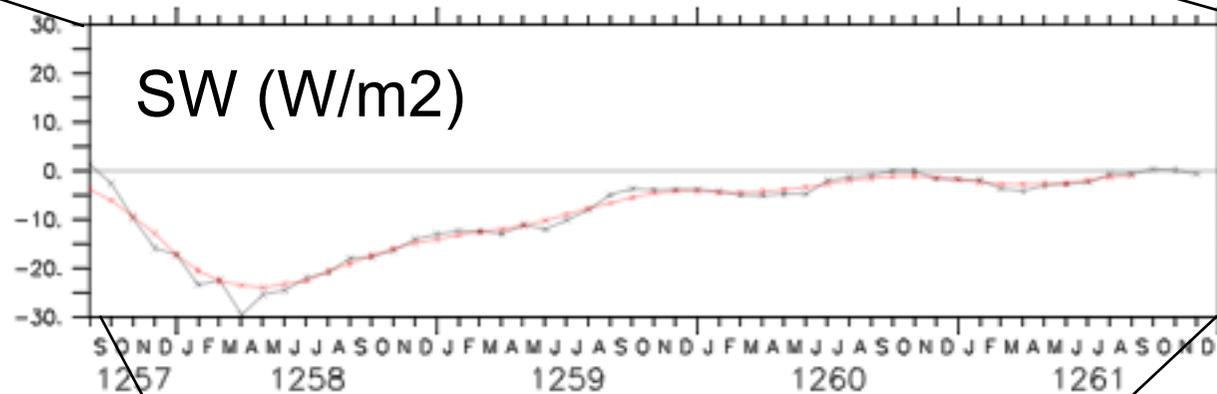
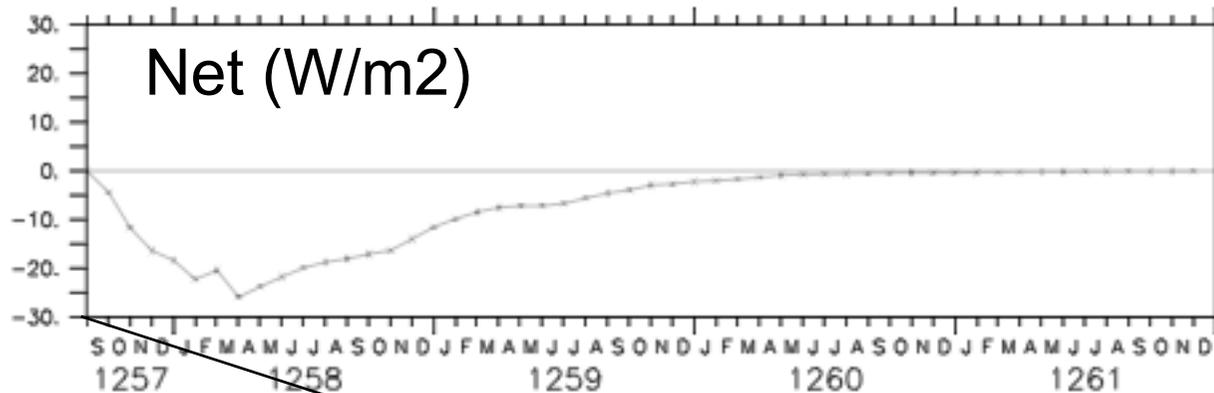
- Température = winter warming
- Z50 = augmentation gradient Equateur-Pôle
- Z500 = pattern d'onde, diminution du géopotentiel
- SLP = pattern d'onde, amplification vortex polaire

Significativité : Bootstrap sur CTRLA + corrélation entre les cartes

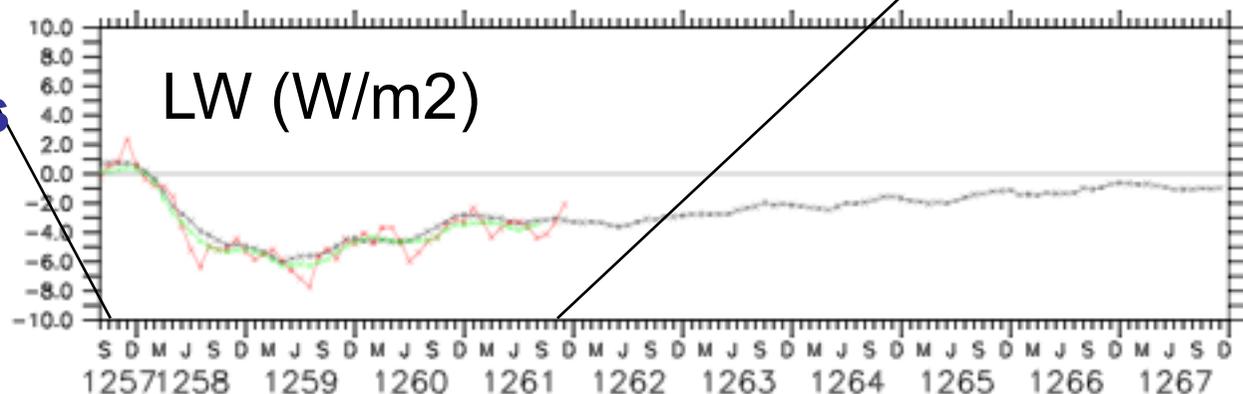
Tirets : 90% ; Lignes pleines : 99%



What is the influence of volcanic forcing over the climate inter annual to low frequency variability?

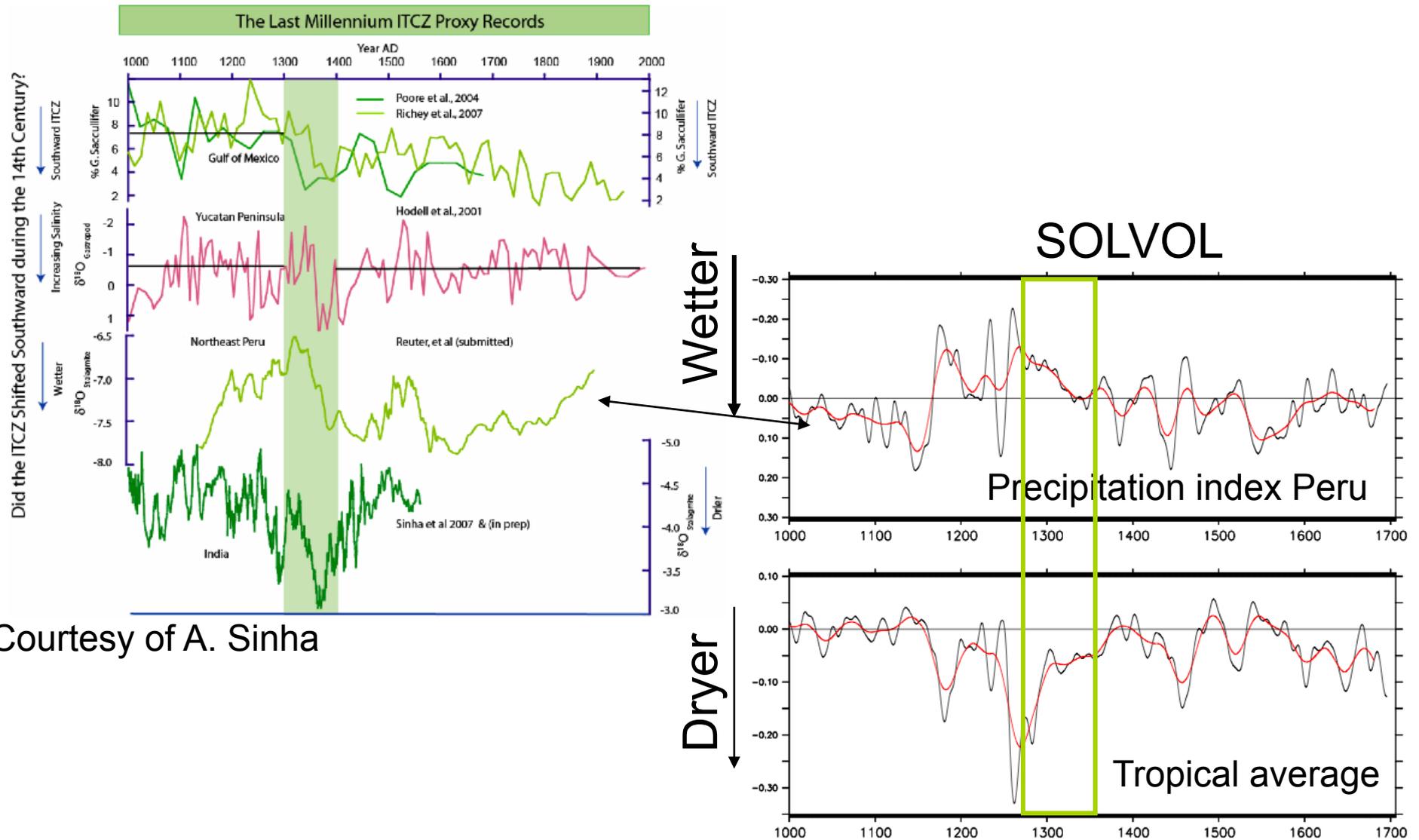


Water vapour Feedback transmits the individual volcanic forcing to longer timescale



# What is the influence of volcanic forcing over the climate inter annual to low frequency variability?

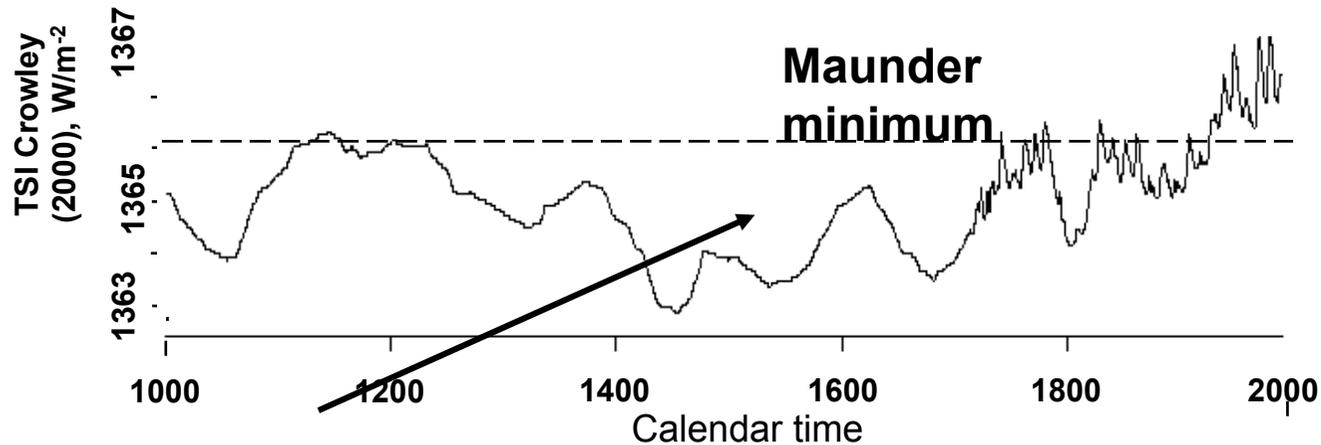
## “Sneak Peak” into the tropical hydrological cycle



Courtesy of A. Sinha

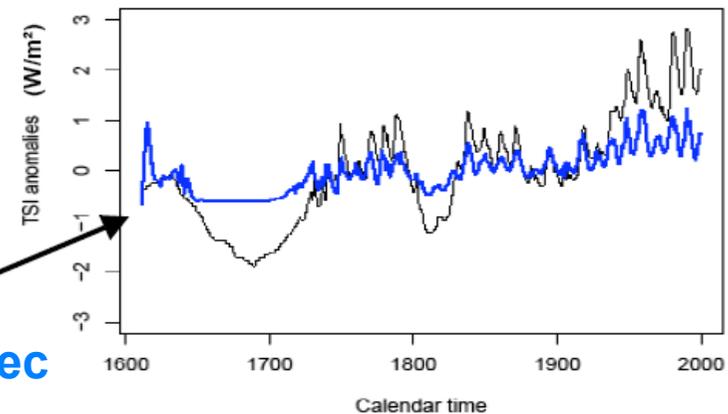
# Les Forçages et les Simulations

**Simulation avec forçages SOLAIRE + CO2**



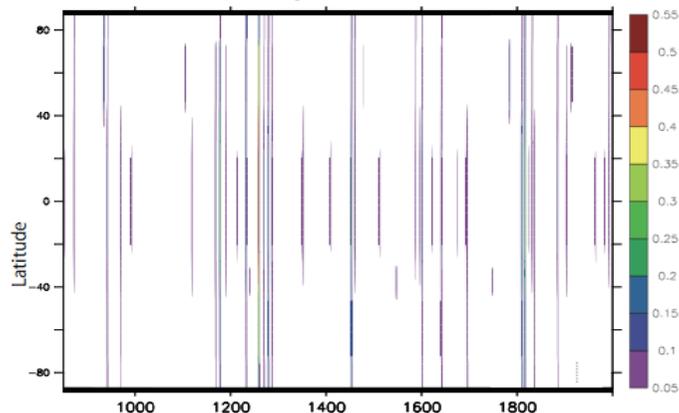
**-0.25% TSI at the Maunder minimum**

Black line = Crowley et al. 2000  
Blue line = Solanki & Krivova 2004



*Krivova, pers. com. 2009*

**Aerosol Optical Thickness**



**Simulation avec forçage SOLAIRE + CO2+ VOLCANISME**

**More recent estimates: -0.1 % TSI at the Maunder minimum**

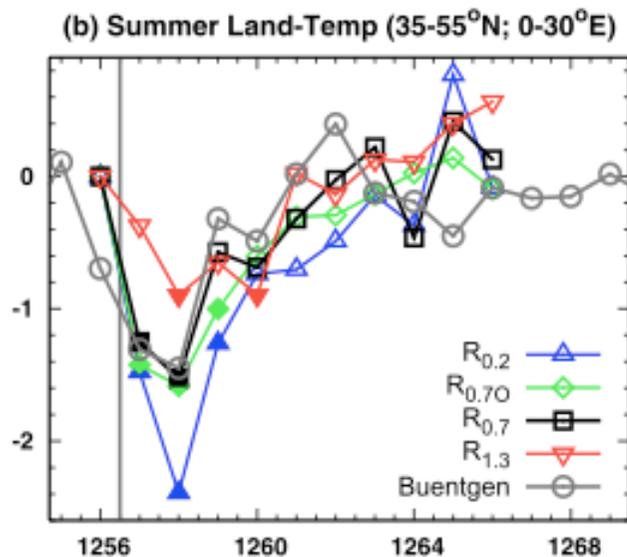
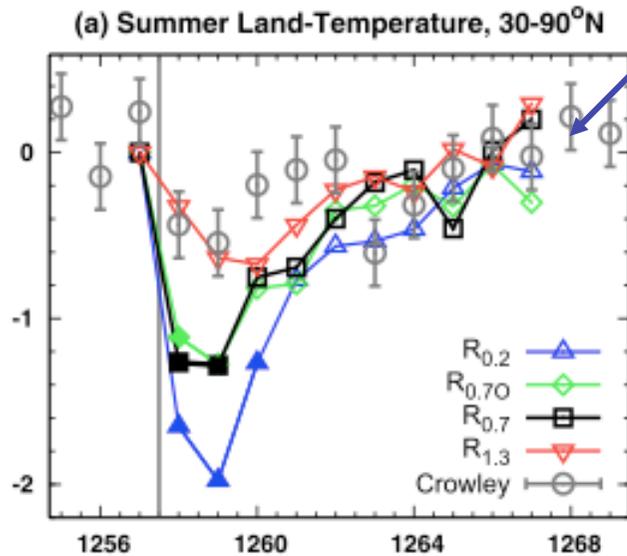
*Ammann et al, pers. com. 2008*

# Large volcanic eruptions

## Eruption of A.D.1258

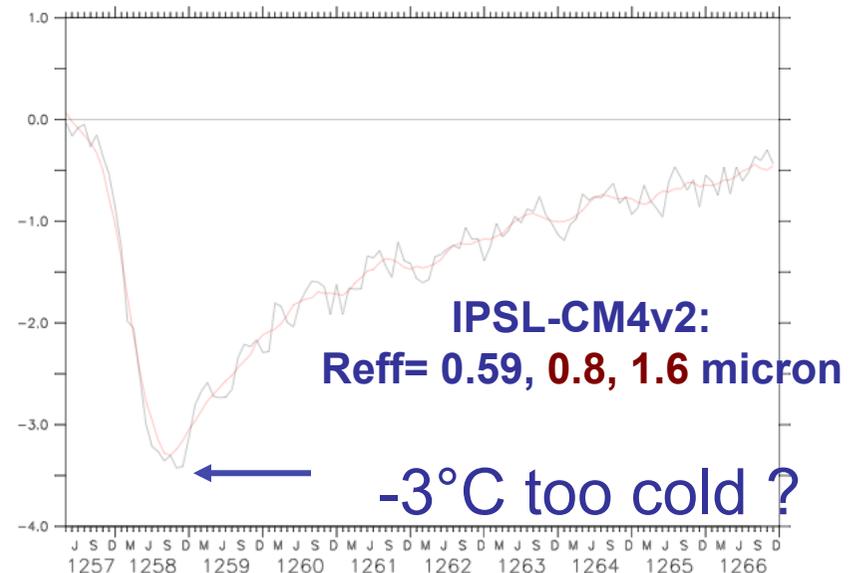
Timmreck et al, 2009

Model-Data comparison  
gives best match for  
**Reff= 0.7-1.3 micron**



Current Tests:  
Reff= 0.1 - 0.4 micron  
+  
 $\tau_i = \tau_{550} * w_i$   
  
weighting introduced  
using background aerosols  
(Morcrette, pers com)

### Northern Hemisphere Temperature



# Les paléo-éruptions du dernier Millénaire: Impact sur la variabilité climatique inter annuelle à décennale

**IPSLCM4  
Niño3 SSTs**

**PROXY DATA:**

**Transition from**

**Medieval Climate Anomaly  
(MCA, 950-1200AD)**



**Little Ice Age  
(LIA, 1400-1700)**

**Persistent cooling in the Trop Pacific  
and**

**Higher  
Low Frequency (decadal) Variability**

