

Analyse de la rétroaction des nuages bas tropicaux dans le modèle IPSL-CMIP5a

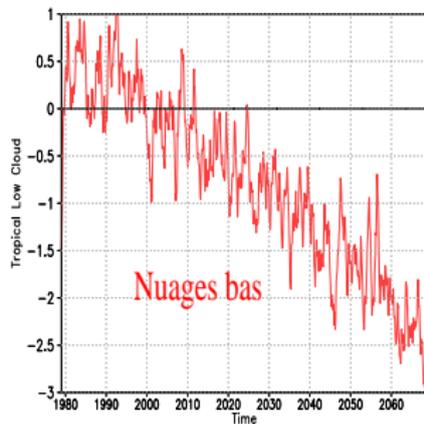
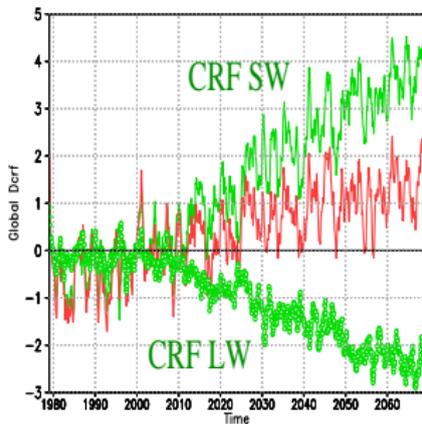
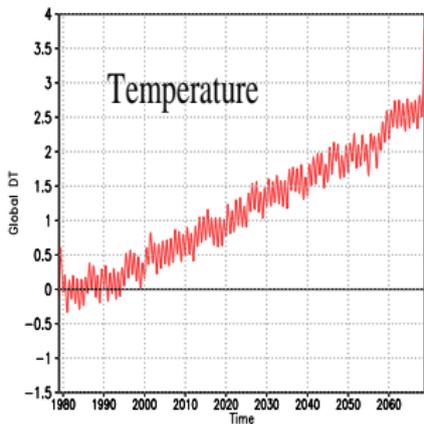
Florent Brient, Sandrine Bony, Jean-Louis Dufresne

Laboratoire de Meteorologie Dynamique / IPSL

17 mars 2011

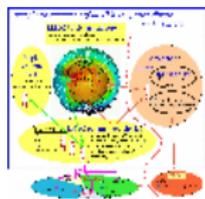
IPSL-CM5a Model

IPSL-CM5a avec 1% d'augmentation du CO₂



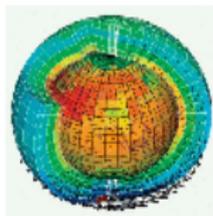
- ▶ Augmentation de la température de 3 degrés pour 2XCO₂ (modèle de forte sensibilité)
- ▶ Forçage Radiatif de nuages : Δ CRF SW domine la réponse du Δ CRF Net (moins négatif)
- ▶ **Rétroaction positive** des nuages directement liée à la diminution des nuages bas tropicaux. → Difficulté de comprendre les mécanismes dans un modèle couplé

Hiérarchie de modèles



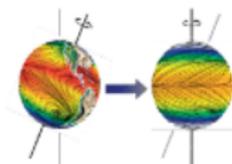
AOGCM : IPSLCM5a

- ▶ **Simplification** du modèle couplé IPSLCM5a
- ▶ Utilisation modèle atmosphérique : AMIP et Aquaplanète

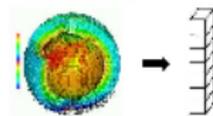


AGCM : LMDZ

- ▶ **Simplification** du forçage radiatif : $+1\% \text{ CO}_2/\text{an} \rightarrow +4\text{K}$ et 4X CO_2
- ▶ Utilisation modèle uni-colonne : Comprendre mécanismes physiques



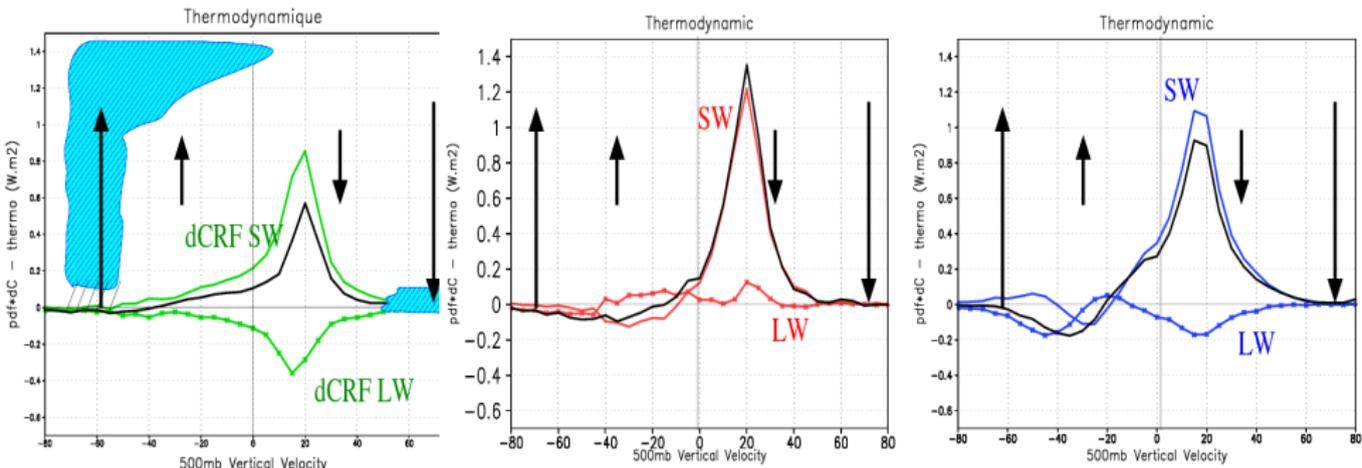
Aquaplanet : LMDZ



Modèle 1D : LMDZ

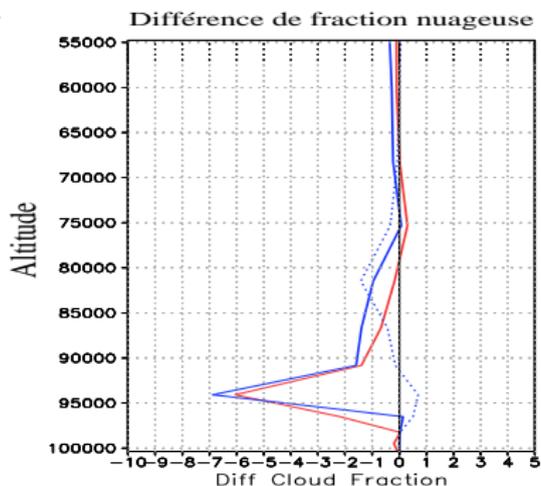
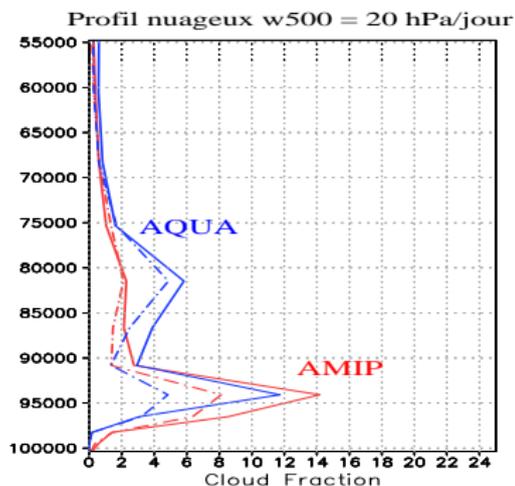
- ▶ Reproduit-on la **rétroaction négative des nuages** dans tous ces modèles ?

Hiérarchie de modèles



- ▶ Hierarchisation **IPSLCM5a**, **LMDZ AMIP** et **AQUA**
- ▶ Réponses **similaires** entre modèle couplé et modèles atmosphériques (idéalisé circulation atm avec w_{500})
- ▶ Δ CRF tropical contrôlé par Δ CRF SW des régimes de faible subsidence ($w_{500}=0-30\text{hPa/jour}$)
- ▶ A quoi est dû l'**augmentation du CRF SW** dans cette zone ?

Description du régime de faible subsidence



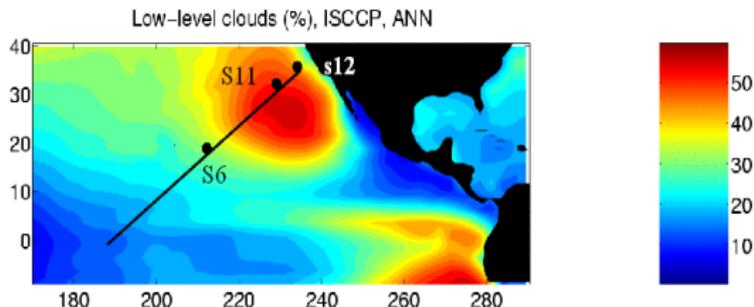
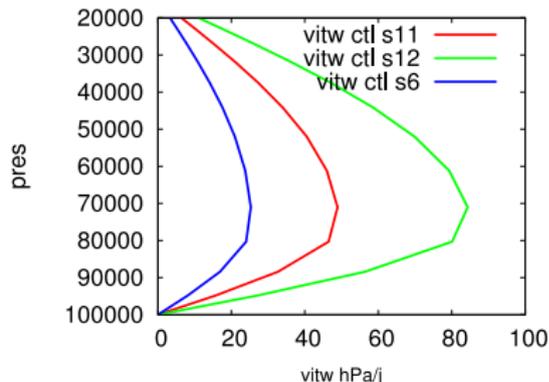
- ▶ Profil de nuages des zones de subsidence ($w_{500}=20$ hPa/j)
- ▶ **Diminution** de la couche de nuages à 950mb
- ▶ Justifie la **rétroaction positive** des nuages du modèle IPSLCM5a (Poids géographique fort).
- ▶ Pour comprendre, utilisation du **modèle 1D** pour reproduire le 3D.

Utilisation d'un modèle uni-colonne

Intercomparaison CGILS :

expériences similaires

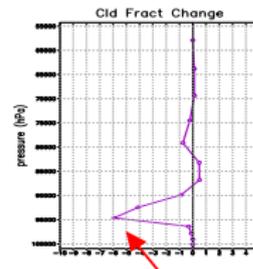
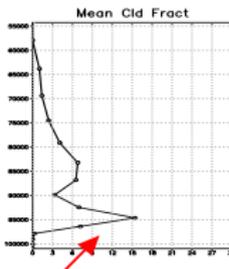
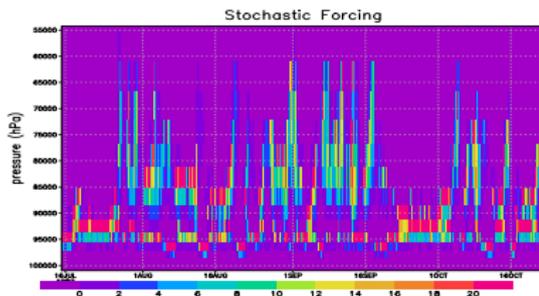
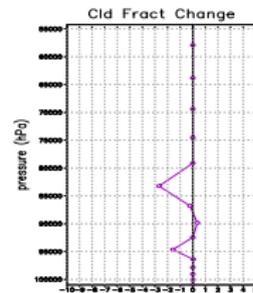
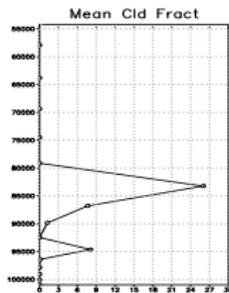
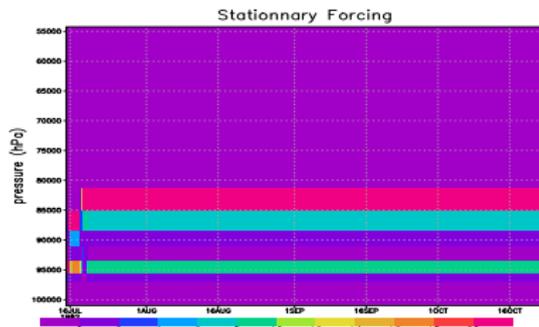
GCM-1D/LES/CRM.



$$\left(\frac{\partial \phi}{\partial t}\right) = \left(\frac{\partial \phi}{\partial t}\right)_{phy} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla} \phi)_{LS} - \omega \frac{\partial \phi}{\partial P} \quad (1)$$

- ▶ Etude d'un cas de **Faible subsidence** (s6) formant des Shallow Cumulus. Expériences idéalisés du climat présent et Futur (SST+2K)
- ▶ Est-ce que le cas CGILS est un bon outil pour comprendre la rétroaction nuageuse du LMDZ ?

Utilisation d'un modèle uni-colonne



Pic à 950mb

Diminution à 950mb

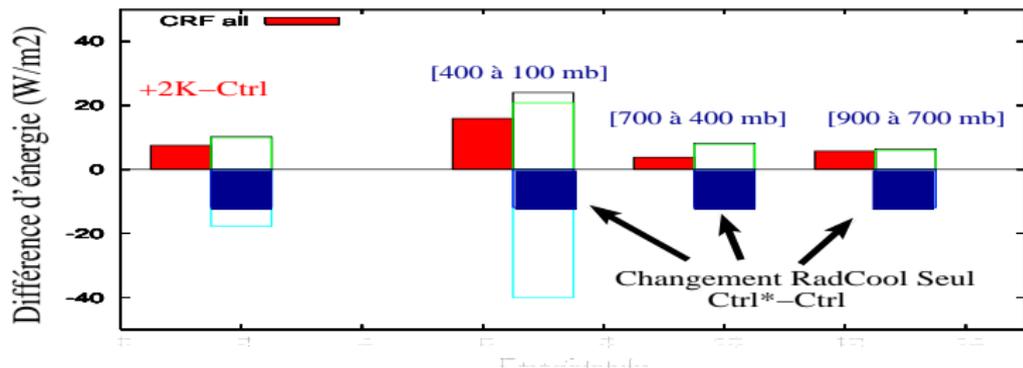
- ▶ Modèle capable de reproduire le profil nuageux dans le climat présent et sa réponse à un réchauffement climatique des zones de faible subsidence.
- ▶ Obligation d'utiliser un forçage stochastique (sur ω)

Analyse de la retroaction nuageuse (1D)

Pourquoi $\Delta CRF > 0$? : Décomposition du bilan d'énergie statique humide (MSE) intégré sur l'atmosphère

$$\Delta CRF = -(\Delta CSR_{\text{RadCooling}} + \Delta(LH + SH)) \quad (2)$$

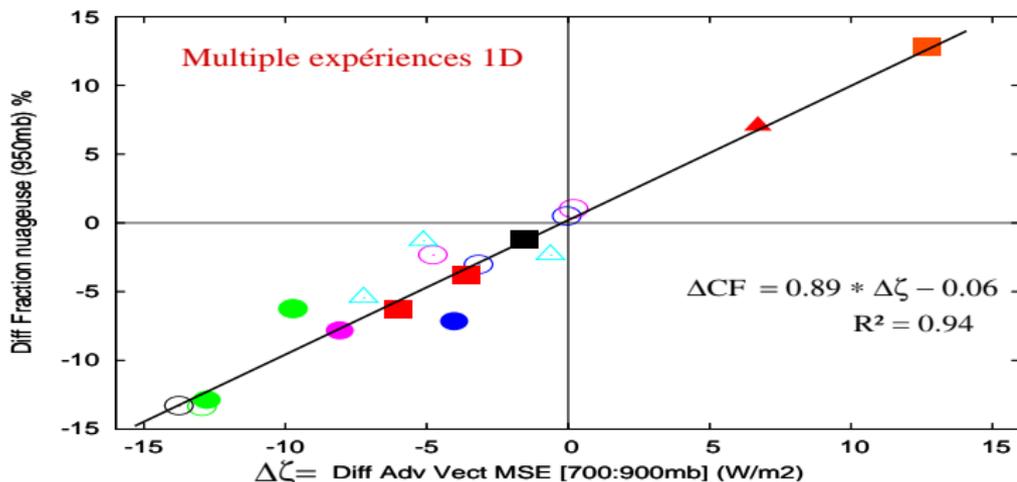
$$+ \Delta\left(-\omega \frac{\partial MSE}{\partial P}\right) + \Delta(\vec{V} \cdot \vec{\nabla} MSE)_{LS} \quad (3)$$



- Refroidissement radiatif **au sommet de la tropo** : Impact plus fort sur l'advection verticale de MSE :

Analyse de la retroaction nuageuse (1D)

Relation linéaire entre Changement de fraction nuageuse à 950mb et advection verticale de MSE intégrée entre 700 et 900mb ($\Delta\zeta = \Delta \int_{700mb}^{900mb} -\omega \frac{\partial MSE}{\partial P}$))



- Changement de nuages bas fonction des **changements de gradients verticaux de RH et de T** au-dessus de la couche nuageuse.

Conclusions

- ▶ Rétroaction nuageuse tropicale **positive** contrôlée la **diminution des nuages à 950mb**
- ▶ Modèle 1D capable de reproduire la réponse des nuages 3D (ajout d'un forçage stochastique sur ω aux cas CGILS)
- ▶ Impact d'un changement de refroidissement radiatif au sommet de la troposphère plus important qu'ailleurs.
- ▶ **Fort lien** entre changement de nuages bas et variation de l'advection verticale de MSE intégrée au-dessus de la couche nuageuse ($\Delta\zeta$) : Contrôlé par des changements de gradients verticaux de T et de RH.
- ▶ *Perspectives* : Indice utile pour quantifier à la fois **variabilité saisonnière** des nuages et **rétroaction nuageuse** dans LMDZ ? dans d'autres modèles ?

Merci de votre attention