

Analysis of the physical mechanisms controlling tropical low-cloud feedbacks in the IPSL climate model through a hierarchy of model configurations

Florent Brient, Sandrine Bony, Ionela Musat, Jean-Louis Dufresne

Laboratoire de Meteorologie Dynamique / IPSL

22 juin 2011

Model Hierarchy



ESM : IPSLCM5a



AGCM : LMDZ



Aquaplanet : LMDZ



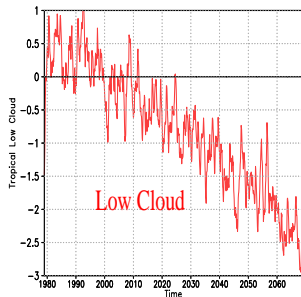
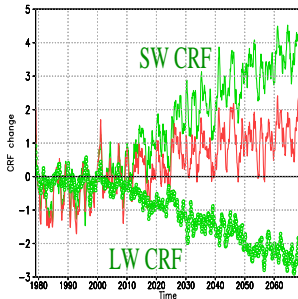
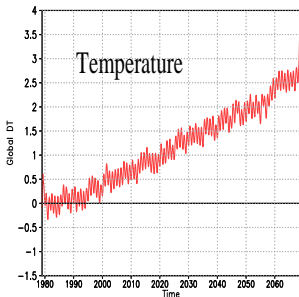
SCM : LMDZ

- ▶ **Simplification** du modèle IPSLCM5a
- ▶ Modèles atmosphériques : AMIP et Aquaplanète
- ▶ **Simplification** du radiative forcing :
 $+1\% \text{ CO}_2/\text{year} \rightarrow +4\text{K}$ et 4XCO_2
- ▶ Single Column Model (SCM) : Permet de comprendre les mécanismes physiques

- ▶ Reproduit-on la **même sensibilité climatique** dans ces configurations différentes ?

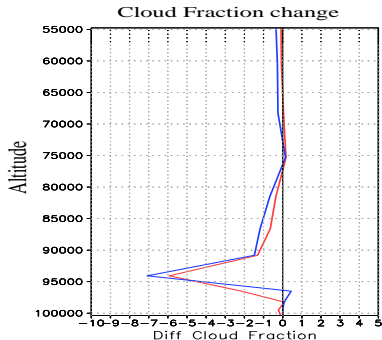
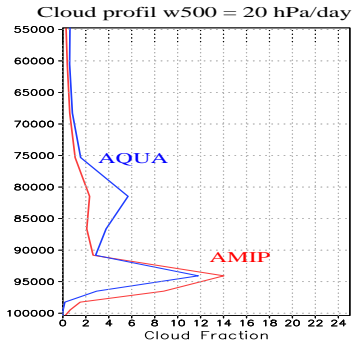
IPSL-CM5a Model

IPSLCM5a : +1pct CO₂ / year



- ▶ 2xCO₂ : +3K d'augmentation de la SST (modèle de forte sensibilité)
- ▶ Cloud Radiative Forcing : Δ CRF SW donne le signe de Δ CRF Net (moins négative)
- ▶ Positive feedback lié à la diminution des nuages bas → Difficulté de comprendre les mécanismes dans un modèle couplé.

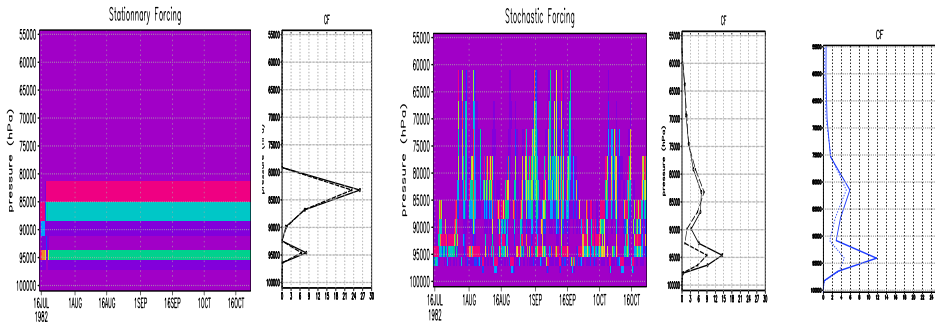
Zoom on weak subsidence area



- ▶ Profil nuageux dans zones de faible subsidence ($w_{500}=20\text{hPa/day}$)
- ▶ **Diminution** de la fraction nuageuse dans la couche à 950mb
- ▶ Donne au premier ordre la **rétroaction nuageuse positive** du modèle IPSLCM5a (car fort poids géographique)
- ▶ Need to reproduce the 3D behaviour in a SCM.

Using a Single Column Model

s6 CGILS case ————— s6 ω -stochastic ($\sigma = \sigma_{GCM}$) — 3D

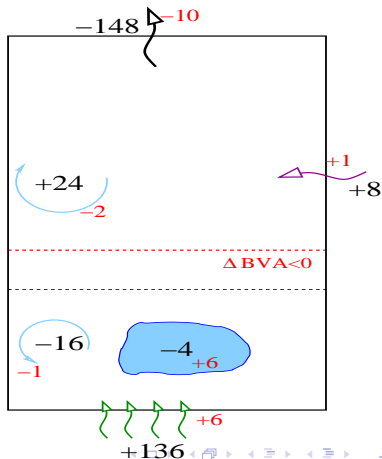
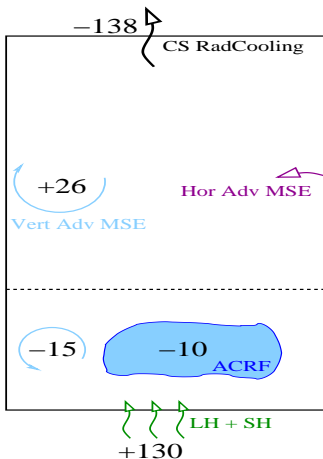


- ▶ SCM capable de reproduire le profil nuageux dans le climat present et futur seulement en ajoutant une variabilité sur la vitesse verticale
- ▶ Forçage stochastique permet de créer une alternance entre forte convection et subsidence (caractéristique des zones de faible subsidence)
- ▶ Utilisation pour comprendre la rétroaction nuageuse.

To summarized

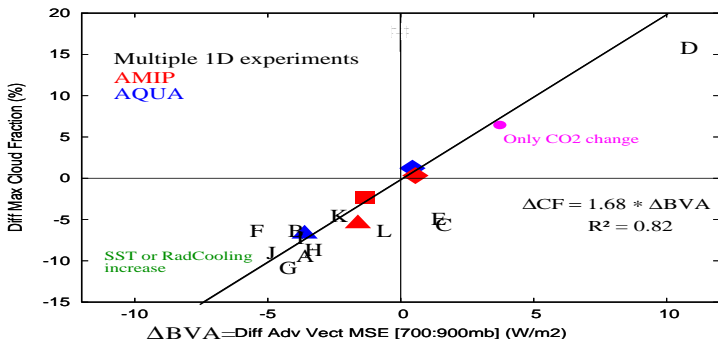
Une colonne typique des zones de faible subsidence : $+2K \text{ exp } (W/m^2)$

$$\Delta ACRF = -(\Delta CSRadCooling + \Delta(LH + SH)) \\ + \Delta\left(-\omega \frac{\partial MSE}{\partial P}\right) + \Delta(\vec{V} \cdot \vec{\nabla} MSE)_{LS}$$



Cloud Feedback analysis (3D)

Relation linéaire entre changement des nuages de couche limite et ΔBVA quelque soit le forçage



- ▶ Lettres sont des SCMs. Triangle : +4K-Ctrl.
Losange : 4XCO2-Ctrl. Carré : variabilité saisonnière Pac Est
- ▶ Mécanismes entre changements de hauteur d'inversion et nuages bas retrouvés dans le 1D et le 3D.

Conclusions

- ▶ **Rétroaction positive** des nuages contrôlée par la diminution de la fraction nuageuse à 950mb.
- ▶ Single Column Model capable de reproduire la profil nuageux 3D (**present et futur**) en ajoutant un forçage stochastique sur ω dans le cas CGILS
- ▶ Plus fort effet du changement de radiative cooling dans la **haute** troposphere
- ▶ Fort lien entre **advection vertical de MSE** au dessus de la couche de nuages et la changement de nuages (changement de la hauteur de la couche limite)
- ▶ Possible remote effect qui affecterait le profil de MSE ?

Thank You