An aerial photograph of a vast sea of white cumulus clouds. In the center, a single, much larger cumulonimbus cloud stands out, characterized by its flat, anvil-like top and darker, more textured base. The sky is a clear, pale blue.

# Evolution des paramétrisations de la couche limite, la convection et les nuages dans LMDZ

**De la nouvelle à la future physique**

Catherine Rio  
*pour l'équipe de développement de LMDZ*

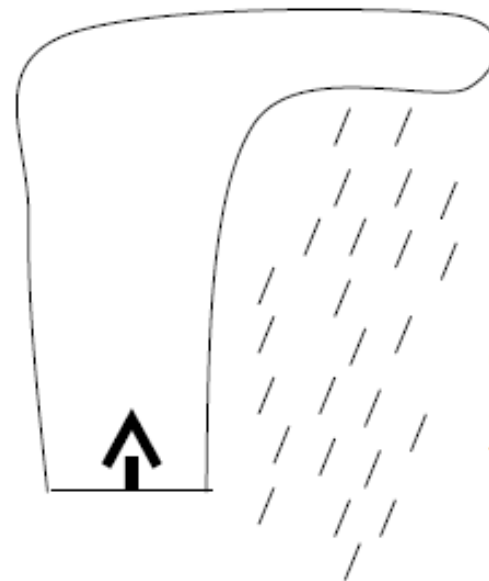
*Atelier MISSTERRE/CORDEX – 19/23 Novembre 2012*

# Paramétrisation de la convection dans LMDZ

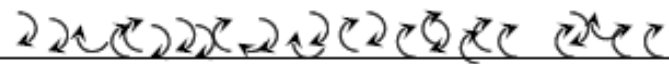
## LMDZ5A

Nuages:  
PDF lognormale de  $qt$  pour tous  
les types de nuages  
(Bony et Emanuel, 2001)

Couche limite:  
Schéma de diffusion (Louis, 1979)  
(équation stationnaire de TKE)



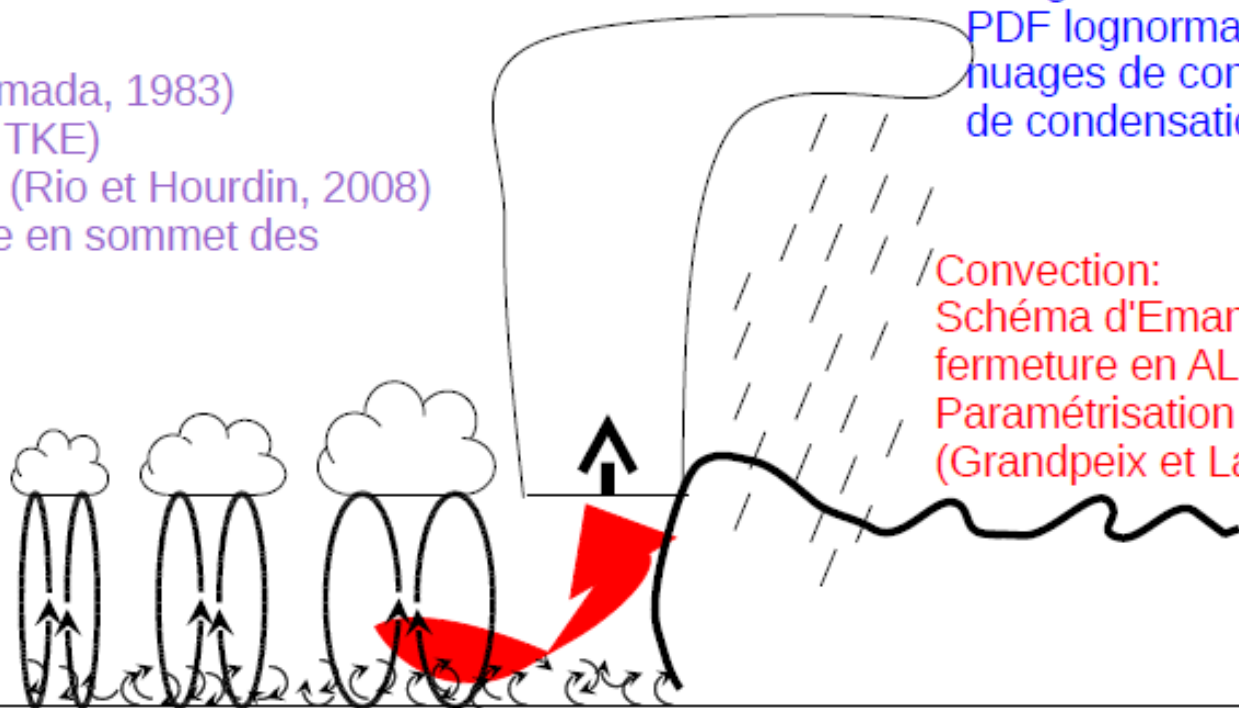
Convection:  
Schéma d'Emanuel (1991) avec  
fermeture en CAPE



## LMDZ5B

Couche limite:  
- Schéma de diffusion (Yamada, 1983)  
(équation pronostique de TKE)  
- schéma des thermiques (Rio et Hourdin, 2008)  
- convection peu profonde en sommet des  
thermiques

Nuages:  
PDF bigaussienne de  $s$   
pour les nuages de  
convection peu profonde  
(Jam et al., 2012)



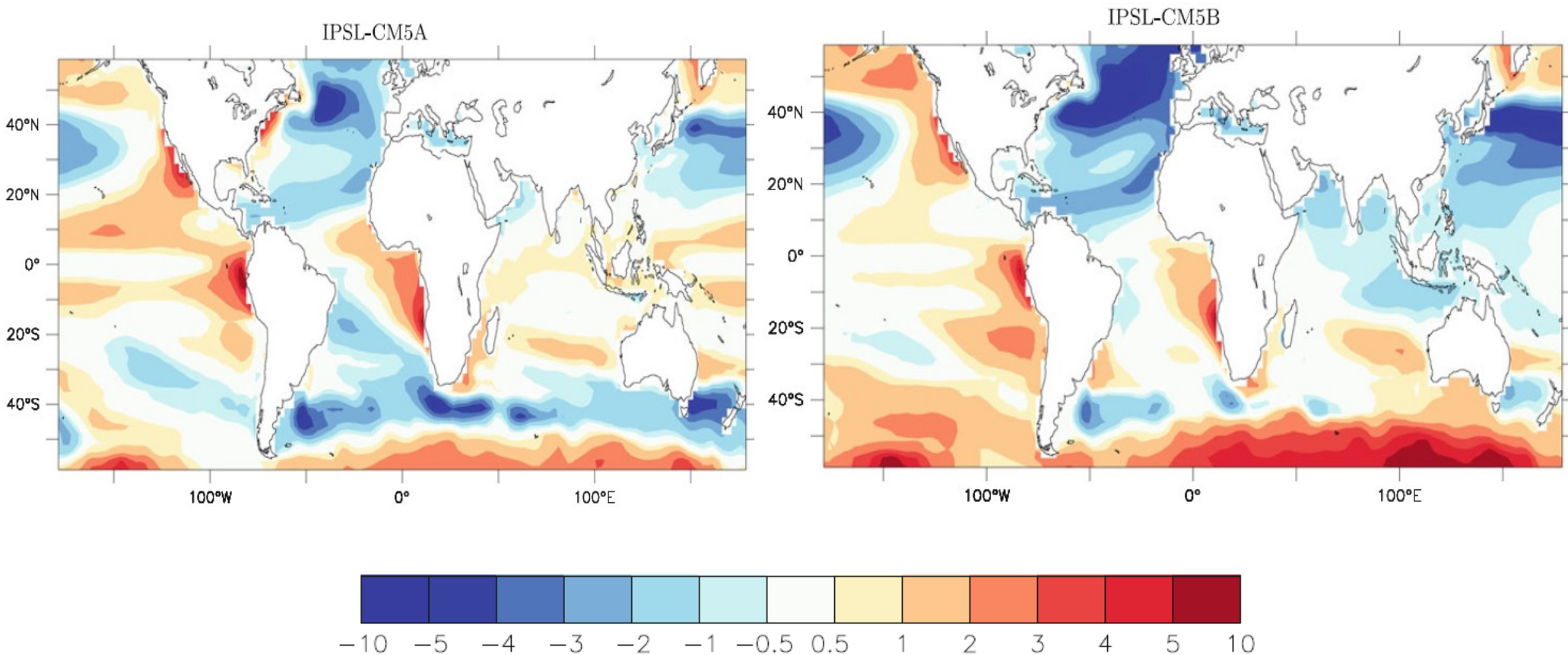
Nuages:  
PDF lognormale de  $qt$  pour les  
nuages de convection profonde et  
de condensation grande-échelle

Convection:  
Schéma d'Emanuel (1991) avec  
fermeture en ALP couplé à une  
Paramétrisation des poches froides  
(Grandpeix et Lafore, 2010)

# Des biais qui résistent

- ✓ Amplification des biais froid et humide dans la moyenne troposphère
- ✓ Amplification du décalage vers l'équateur des jets de moyenne latitude
- ✓ Faible diminution des biais de SST dans les Tropiques, amplification aux moyennes latitudes
- ✓ Persistance du biais chaud de la surface continentale en été
- ✓ Forte diminution de la circulation thermohaline

## Biais de SST

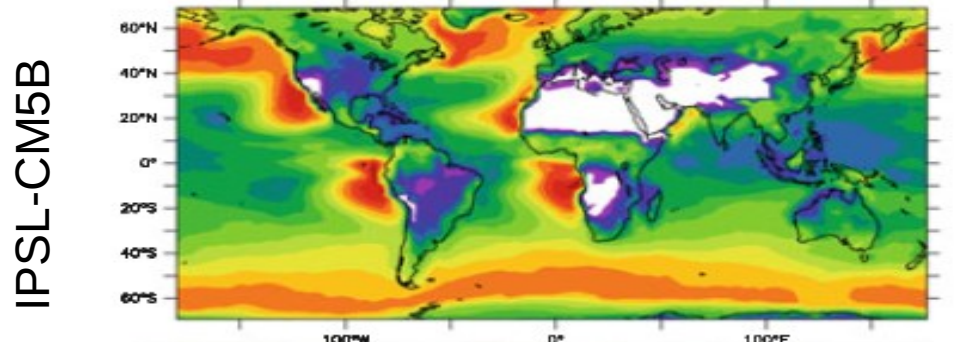
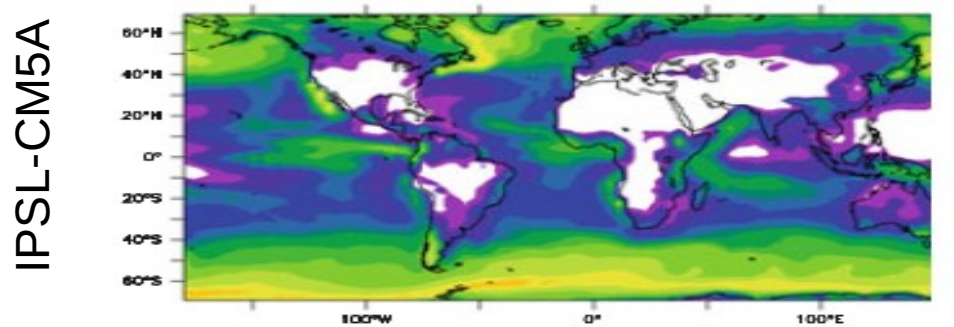
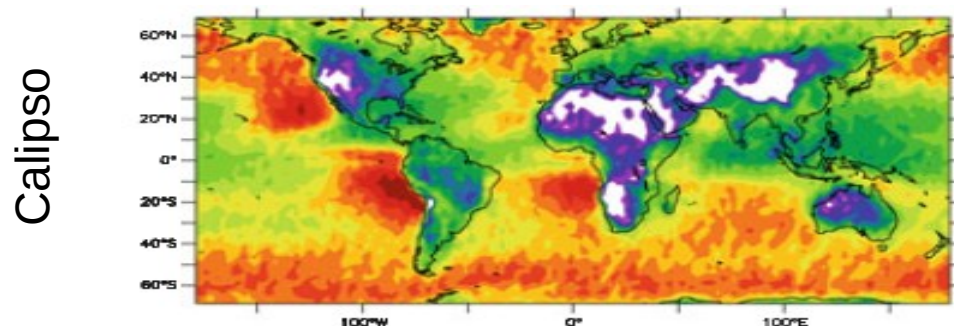


# Des biais qui diminuent

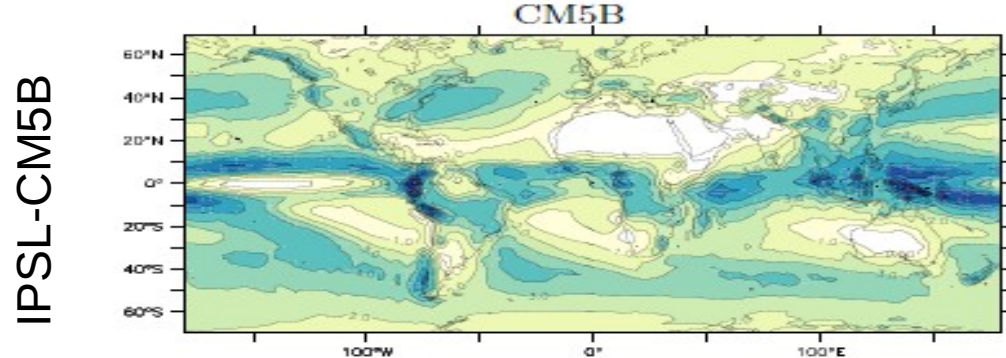
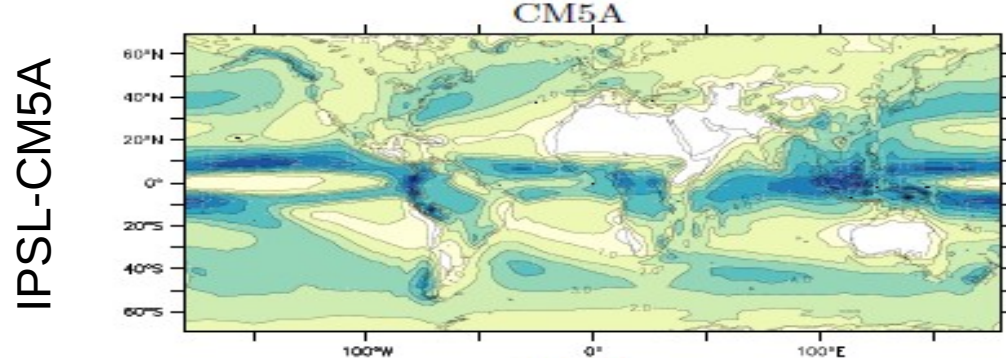
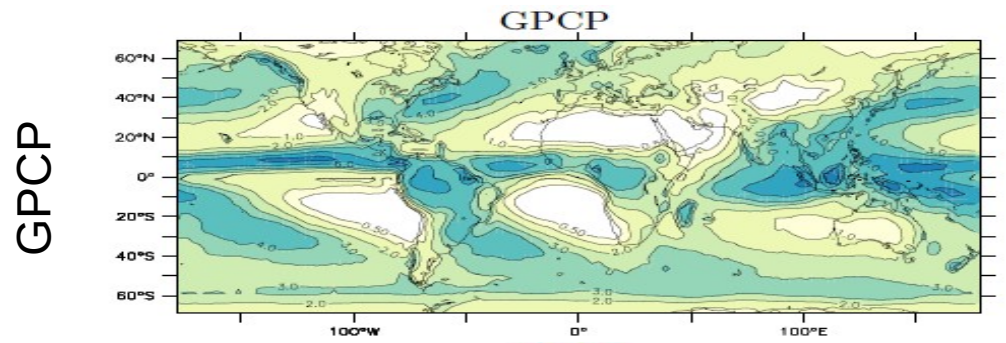
- ✓ Augmentation de la couverture des nuages bas et moyens
- ✓ Décalage du maximum des pluies continentales en fin d'après-midi
- ✓ Diminution des biais de pluies annuelles: meilleure représentation de la SPCZ, faible diminution de la double ITCZ

Hourdin et al., 2012

Moyenne annuelle de la couverture des nuages bas (%)



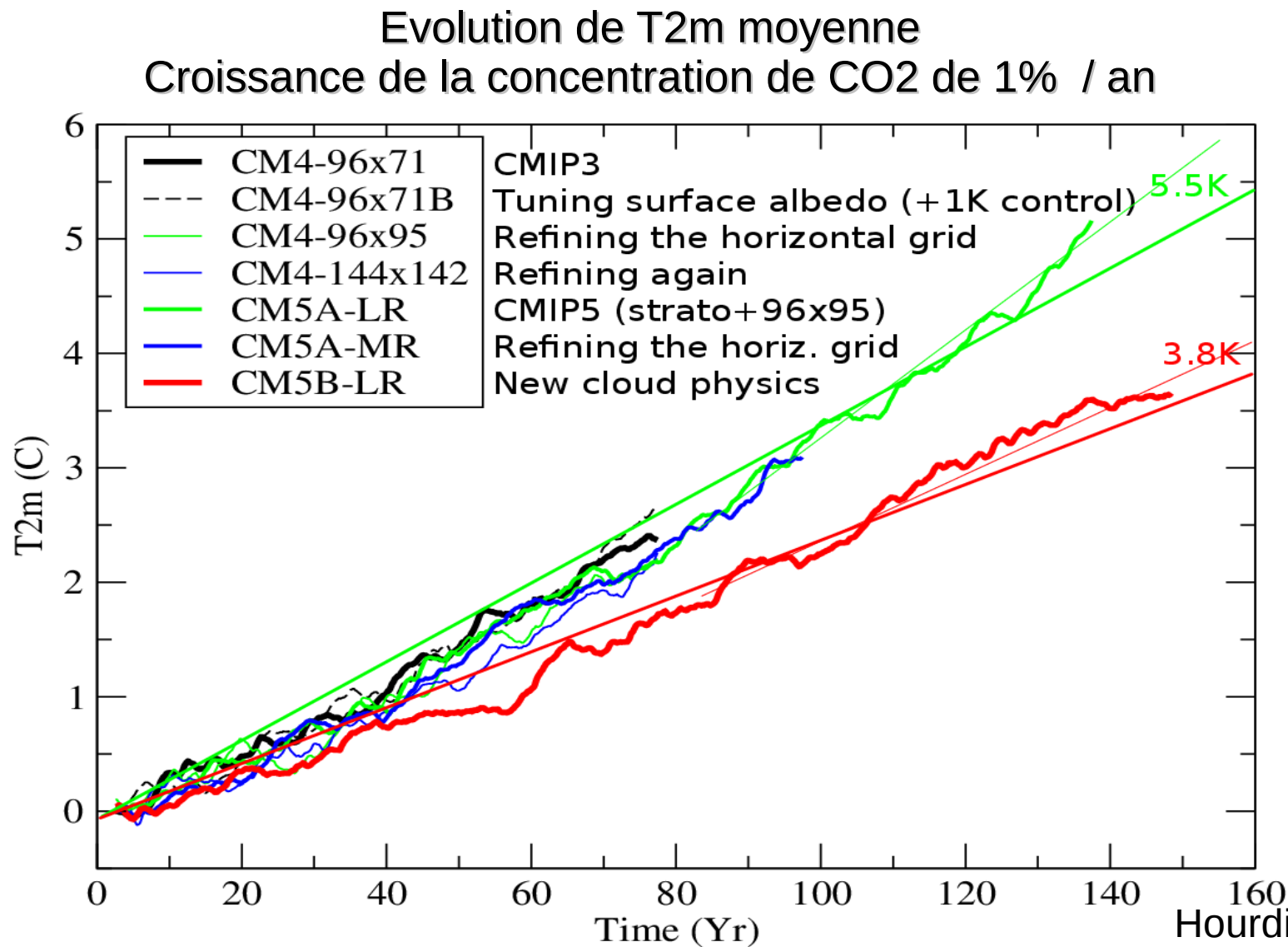
Précipitations annuelles (mm/jour)



# Une sensibilité très différente

- ✓ Sensibilité plus faible (différence similaire à la dispersion des modèles CMIP3)
- ✓ Grosse différence (signe opposé) des changements de pluies sur les continents tropicaux

*Sensibilité à la résolution et à la physique nuageuse*



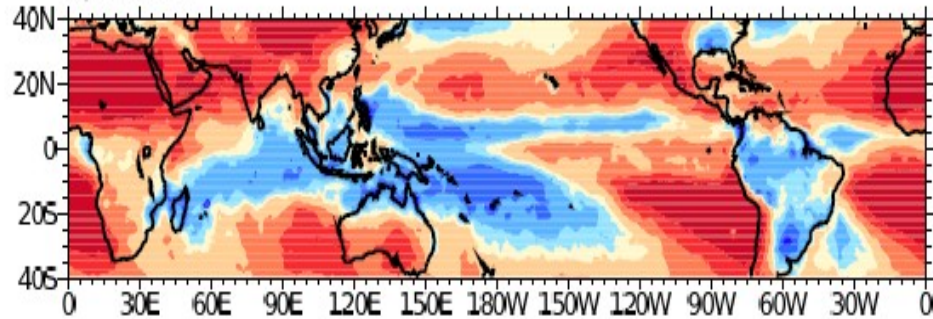
# Une variabilité très différente

On passe d'un modèle à variabilité trop faible à un modèle à variabilité trop forte

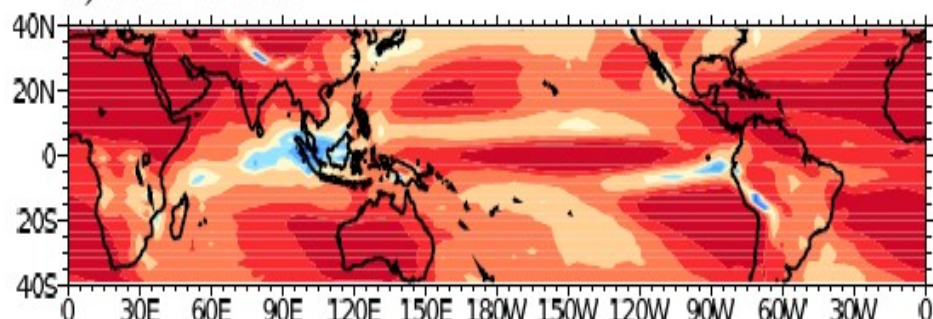
Variabilité intrasaisonnière des pluies  
(mm/jour)

Variabilité intrasaisonnière de l'OLR pour JFM

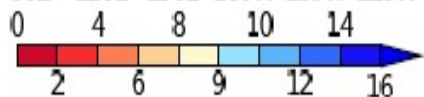
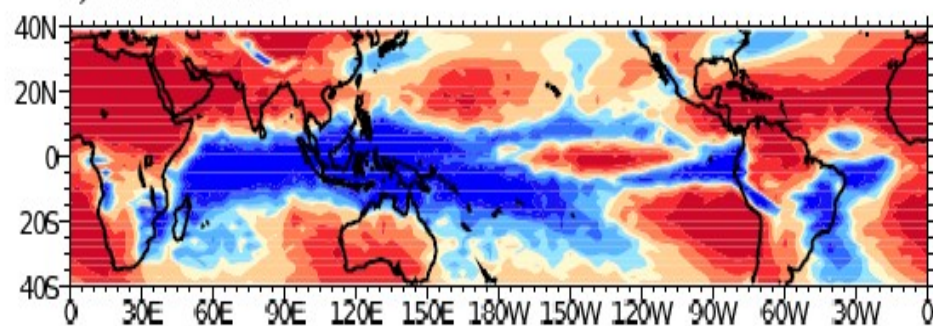
a) GPCP



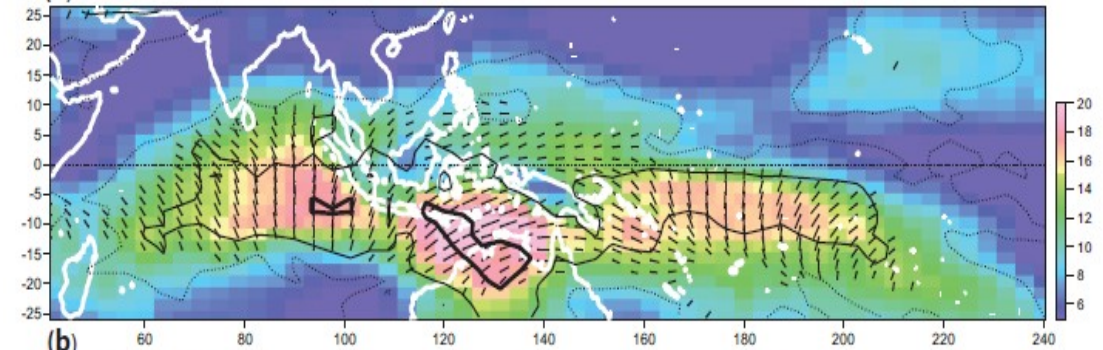
b) IPSL-CM5A



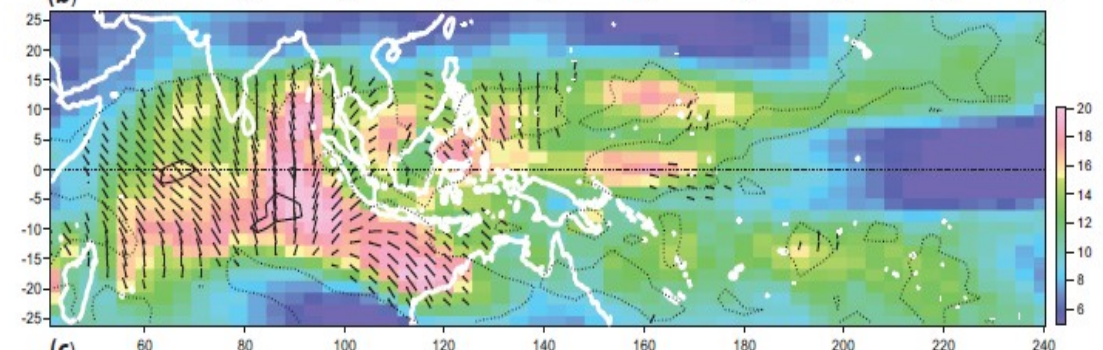
c) IPSL-CM5B



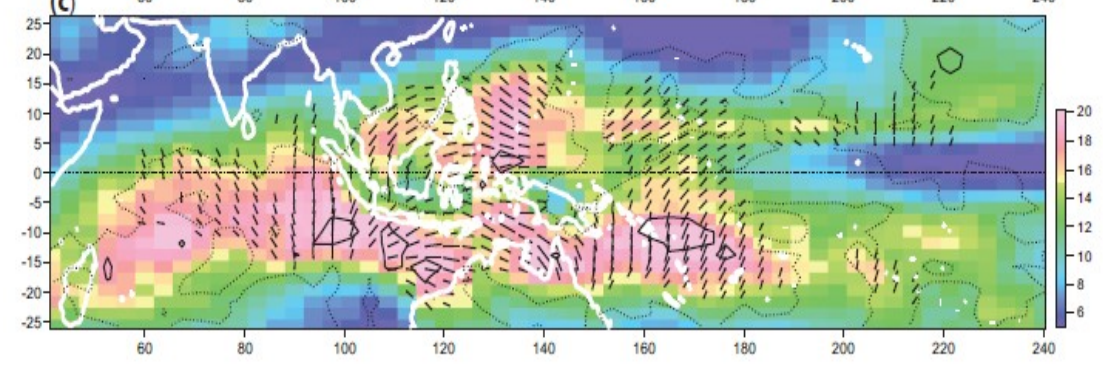
(a) NOAA



(b)



(c)



Dufresne et al., 2012

Hourdin et al., 2012

# Développements en cours

## Autour des thermiques

*Limitation:* Thermiques désactivés dans les zones de forte inversion

→ En plus de l'entraînement latéral, ajout d'un terme d'entraînement en sommet de nuages (thèse Arnaud Jam)

## Autour de la convection

*Limitation:* Intensité convective sous-estimée dans les zones de forte ascendance

→ Introduction de l'effet thermodynamique de la glace dans le schéma de convection (Thèse Arnaud Jam)

## Autour du couplage surface/turbulence/poches froides

*Limitation:* La turbulence et les flux de surface voient l'état moyen de la maille. Or environnement très différent à l'intérieur et à l'extérieur des poches

→ Introduction d'une variabilité sous-maille:

Séparation des flux de surface, de la diffusion turbulente et des thermiques dans les poches et à l'extérieur des poches

# Les grands challenges de la future physique

## Du déterministe au probabiliste au stochastique

L'exemple du critère de déclenchement du schéma de convection

Thèse de Nicolas Rochetin

LMDZ5A:  $B(\text{LCL} + 40\text{hPa}) > |\text{CIN}|$

LMDZ5B:  $\text{ALE} > |\text{CIN}|$

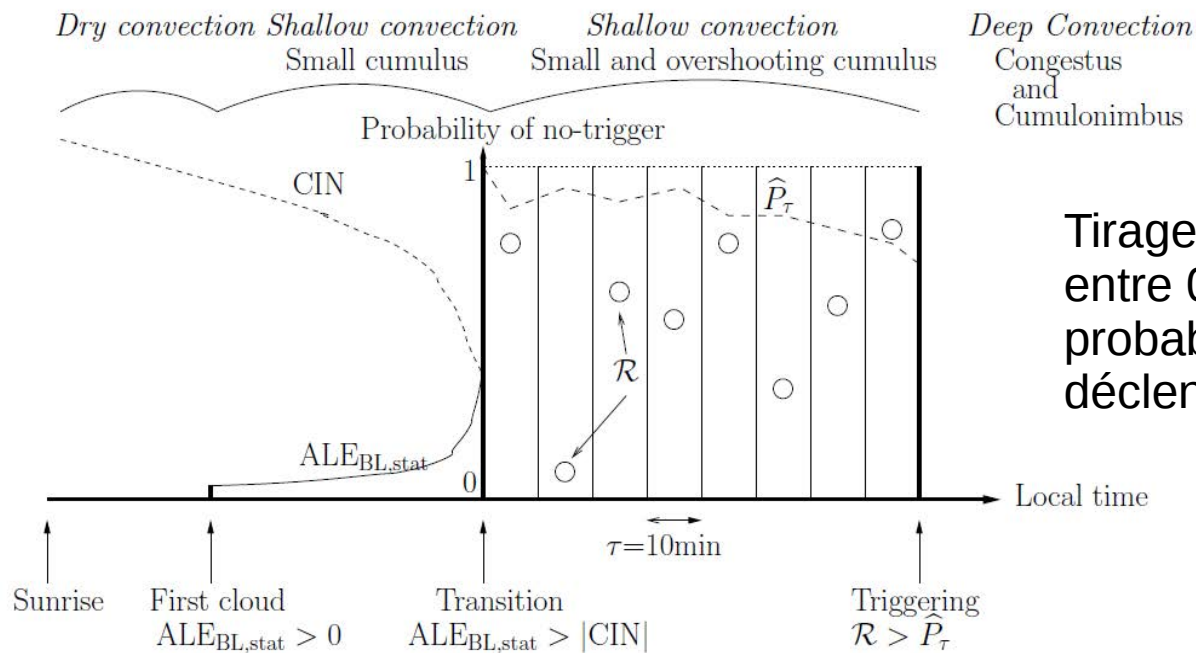
Approches déterministes

Calcul de ALE en considérant un spectre de thermiques:

- distribution exponentielle de la surface des thermiques au LCL
- distribution gaussienne des vitesses des ascendances élémentaires constituant les thermiques au LCL

Approches probabilistes

Calcul de la probabilité que la maille contienne un nuage suffisant grand pour déclencher la convection



Tirage aléatoire d'un nombre entre 0 et 1 comparé à la probabilité de non déclenchement

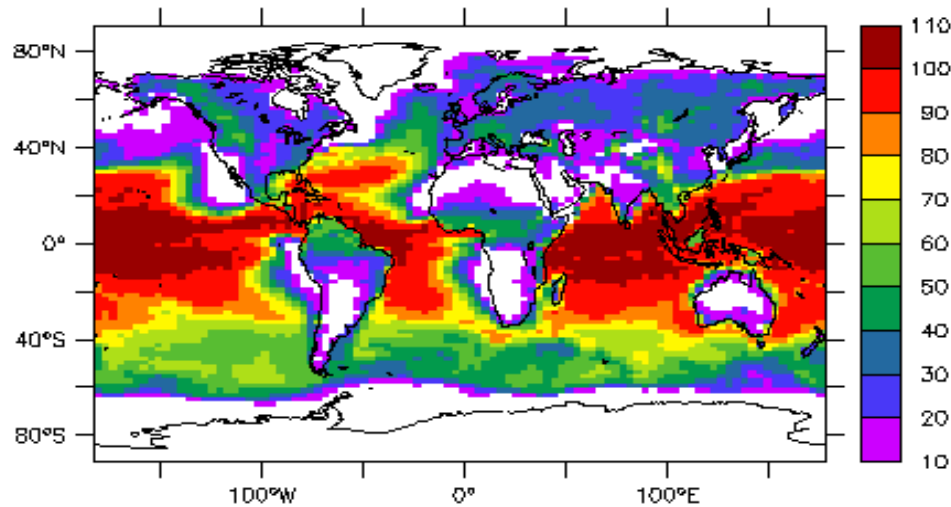
Approche stochastique



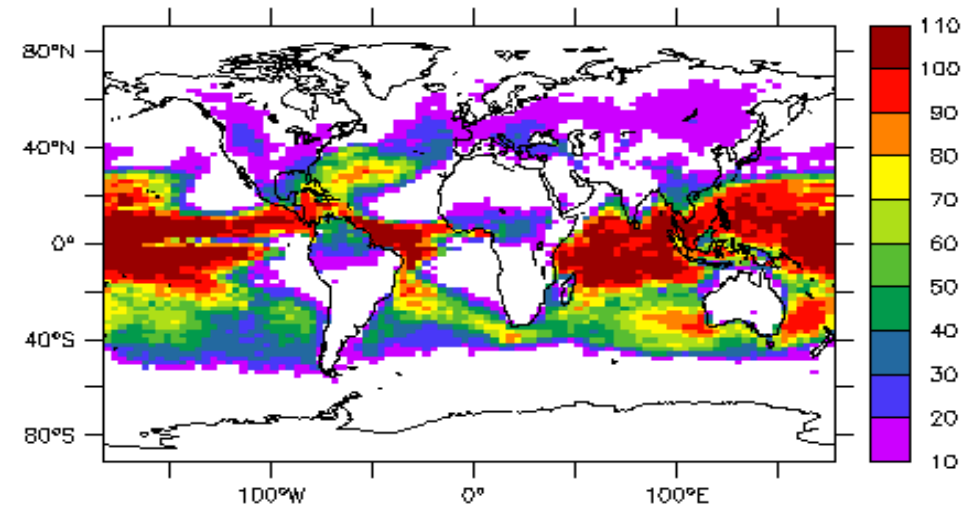
# Impact du stochastique sur la convection nuageuse

Fréquence d'occurrence des poches froides sur un mois de juillet

Approche déterministe

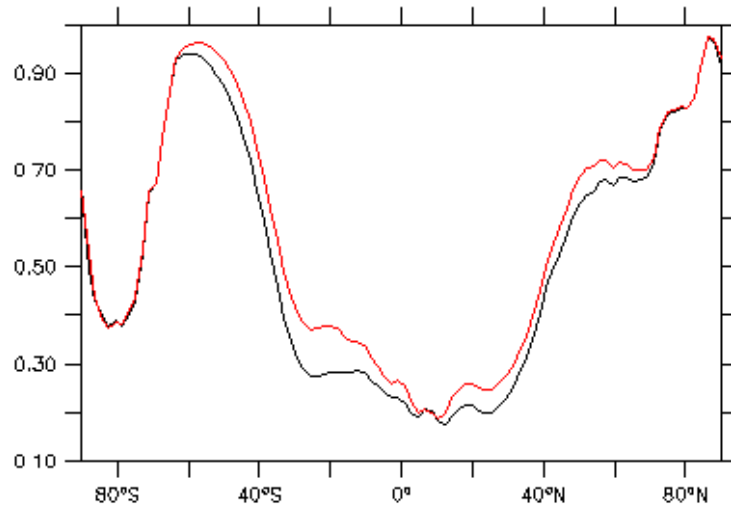


Approche stochastique



Couverture des nuages bas

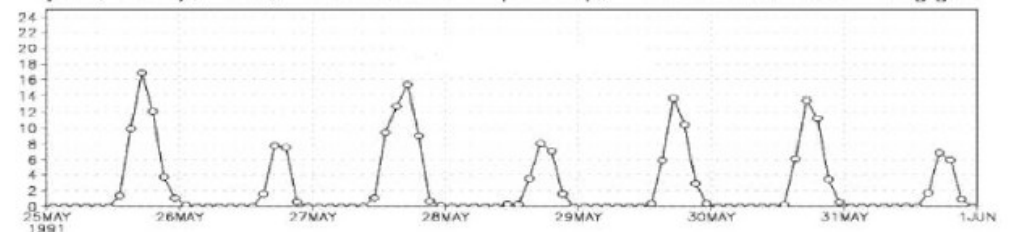
det  
stoch



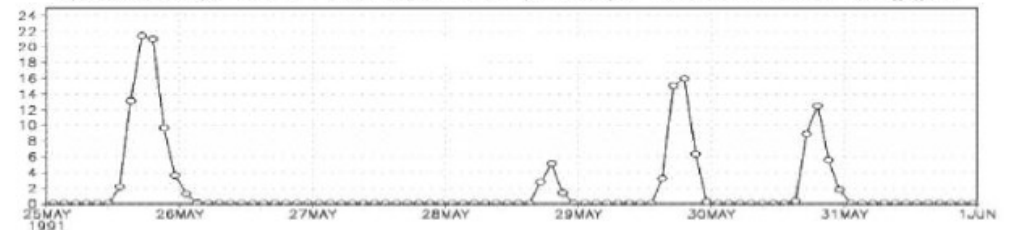
Augmentation de la couverture nuageuse basse

Variabilité jour à jour des pluies

det (0E,10N), Jul, Convective precip, deterministic trigger



stoch (0E,10N), Jul, Convective precip, stochastic trigger



Augmentation de la variabilité jour à jour

# Les grands challenges de la future physique

## L'organisation de la convection

Agrégation de la convection et propriétés de l'environnement:

Thèse de Isabelle Tobin

Plus la convection est agrégée:

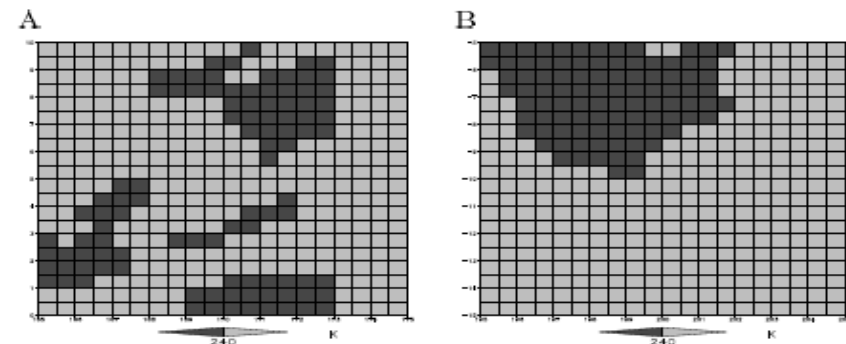
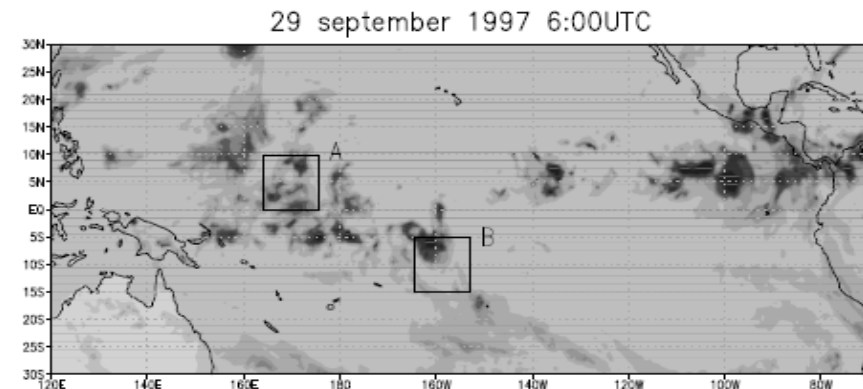
Plus l'environnement est sec

Plus l'OLR est forte

Plus le SW réfléchi est faible

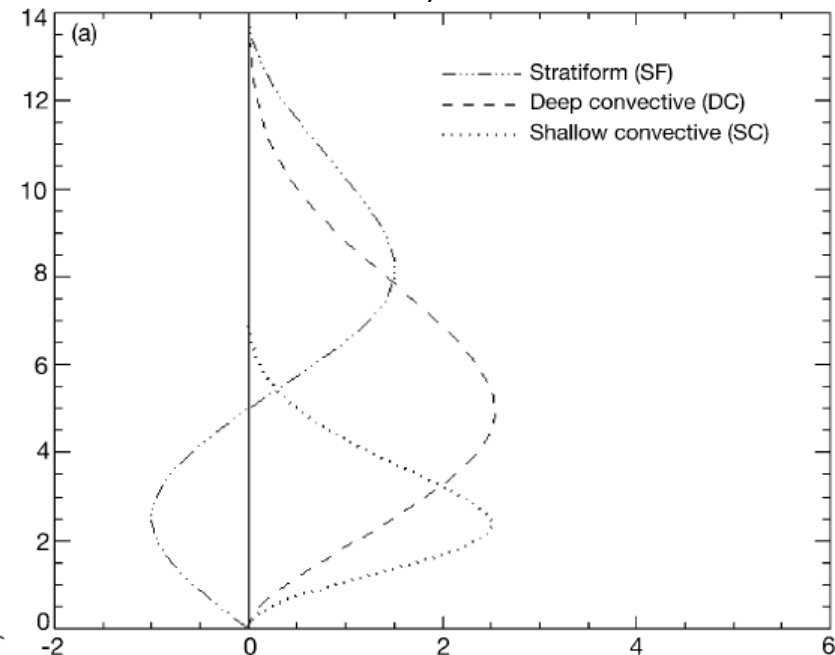
→ Lien avec la densité de poches froides

→ Entrainement et degré d'agrégation



Tobin et al., 2012

Schumacher et al., 2004



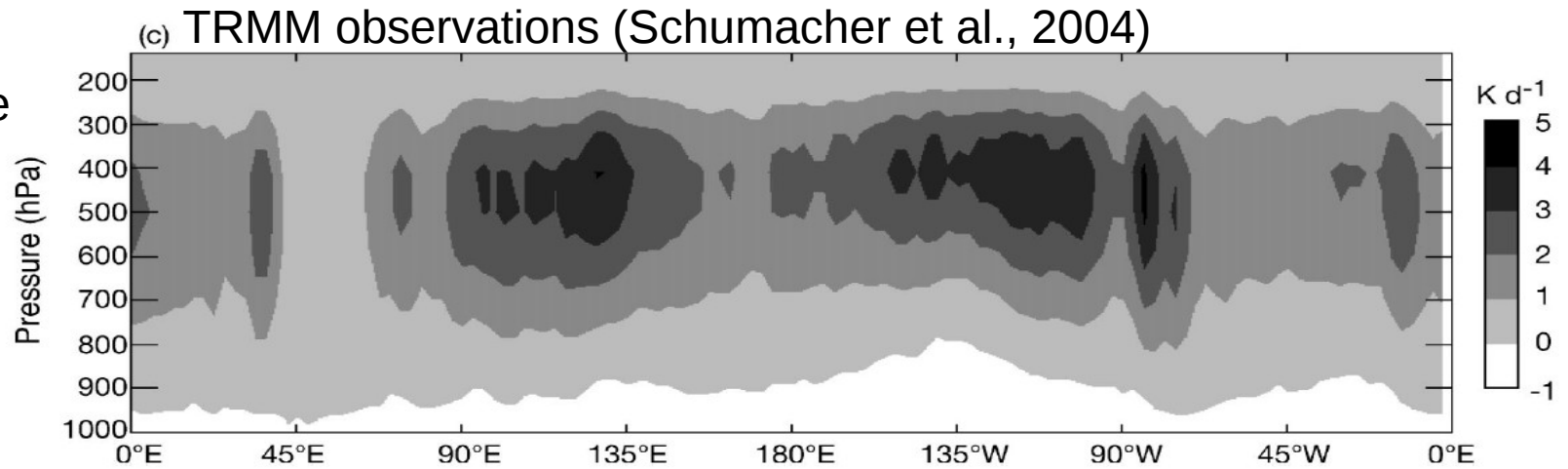
Organisation et MJO:

Représentation de la partie convective et stratiforme des systèmes

Importance de la représentation spatiale et verticale des taux de chauffage pour la représentation de la MJO  
Lappen et Schumacher, 2012

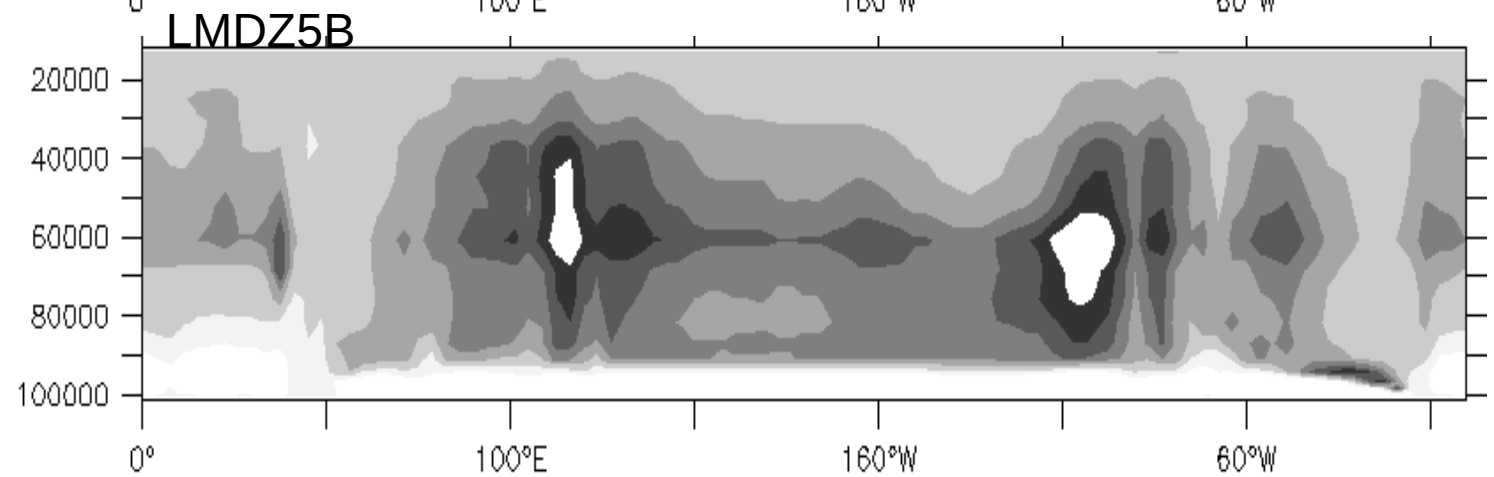
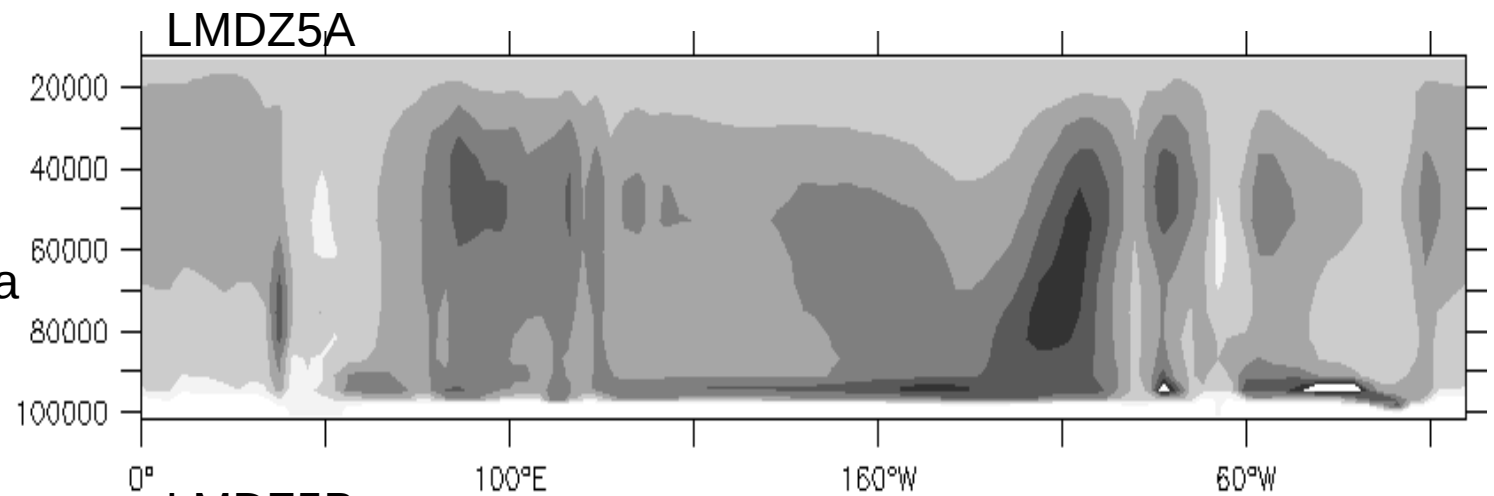
# Distribution verticale des taux de chauffage dans LMDZ

Moyenne annuelle  
des taux de chauffage  
à 10N



Q1 CV + Q1 LS

Maximum du taux de  
Chauffage situé vers  
600 au lieu de 400hPa



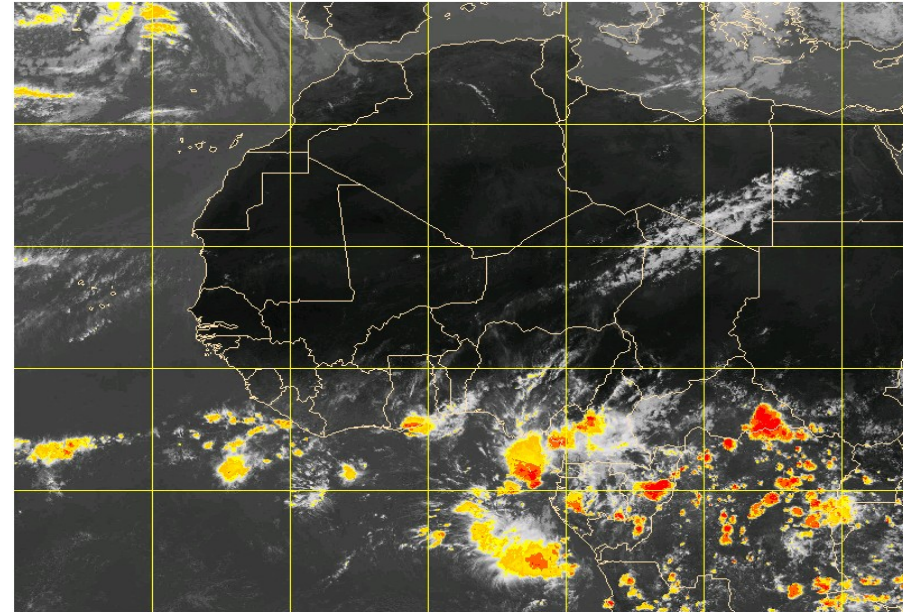
# Développements autour de l'organisation de la convection

## Représentation du cycle de vie des systèmes convectifs

Importance de la séparation de la maille en deux zones: humide et convective/sèche et claire

### Les poches froides

- ✓ Modèle d'évolution de la densité de poches froides: collision, coalescence des poches
- ✓ Importance du cisaillement de vent
- ✓ Cas des poches recouvrant plusieurs mailles: calcul de la densité de probabilité de contenir un morceau du front de rafale dans la maille



### Les enclumes

Représentation des circulation à méso-échelle:

- ✓ Updraft méso-échelle dans les enclumes
- ✓ Downdraft méso-échelle sous les enclumes

### La propagation des systèmes convectifs

- ✓ Advection des poches froides de maille en maille

# Conclusions

**La stratégie:** Amélioration de la représentation des processus convectifs et nuageux pour augmenter la confiance en nos modèles

- Pas toujours suffisant pour diminuer les biais  
Importance des couplages (surface continentale, océan, rayonnement, ...)
- Rôle du tuning
- Améliore la variabilité des précipitations de l'échelle diurne à intra-saisonnière
- Modifie la sensibilité

## Les grands challenges:

- Le stochastique:  
Réflexion à mener pour déterminer où le stochastique est nécessaire  
(Entrainement, fermeture de la convection... ?)
- L'organisation de la convection  
Circulations à méso-échelle, propagation de maille en maille  
Apport des LES sur grands domaines  
Apport du satellite Mégha-Tropiques pour l'étude du cycle de vie des systèmes convectifs