

An aerial photograph of a vast cloud field. In the foreground and middle ground, there is a dense sea of white, puffy cumulus clouds. In the center of the image, a single, much larger cumulonimbus cloud stands out, characterized by its flat, anvil-like top that spreads horizontally across the sky. 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

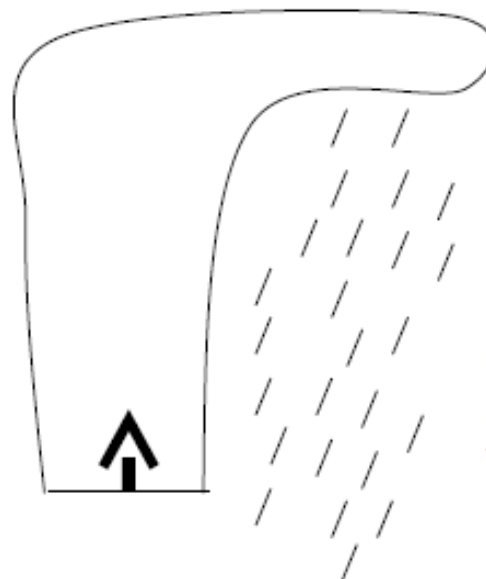
Atelier MISSTERRE/CORDEX – 19/23 Novembre 2012

Paramétrisation de la convection dans LMDZ

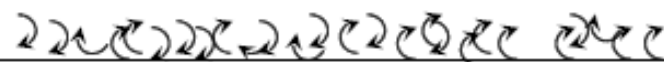
LMDZ5A

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)



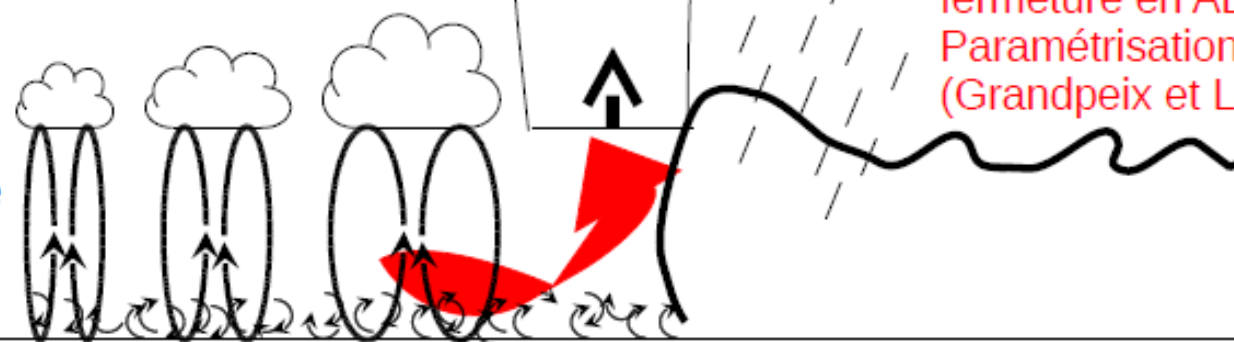
Convection:
Schéma d'Emanuel (1991) avec
fermeture en CAPE



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)



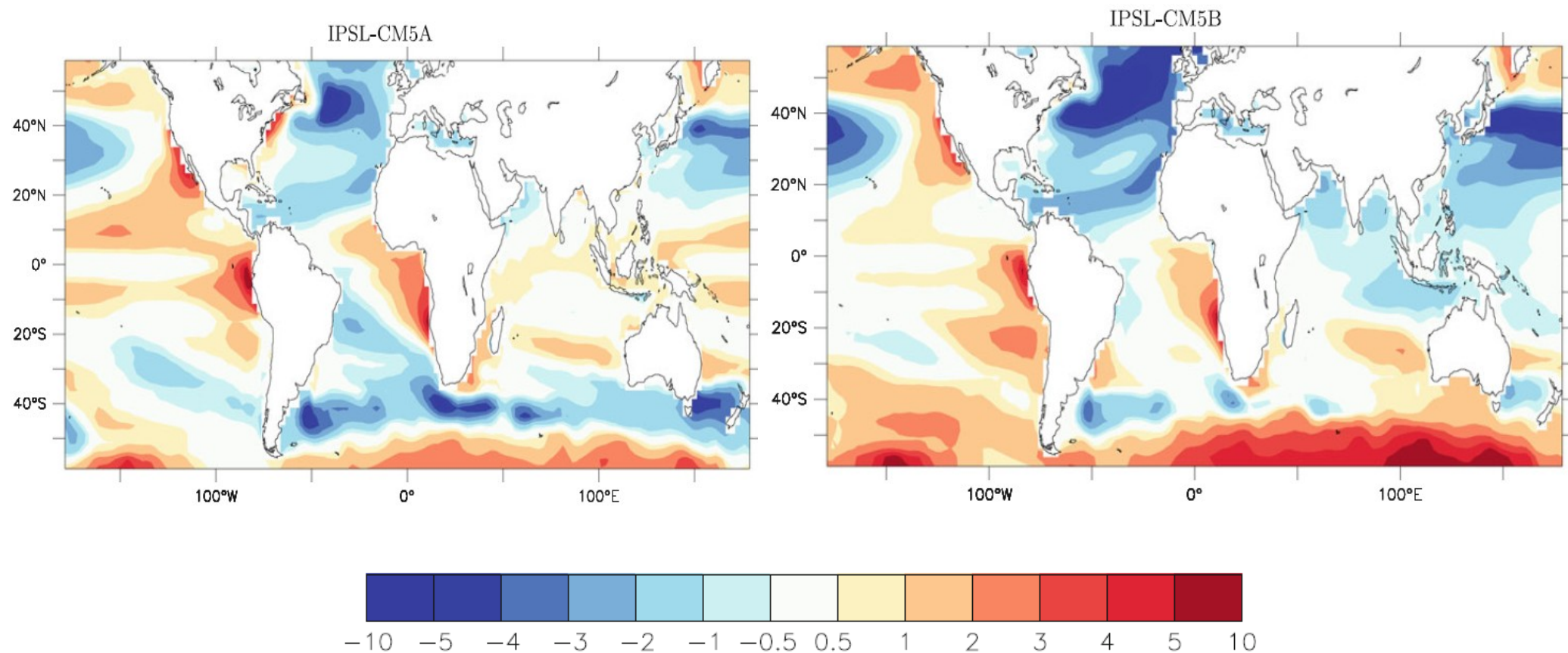
Nuages:
PDF lognormale de qt pour les
nuages de convection profonde et
de condensation grande-échelle

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



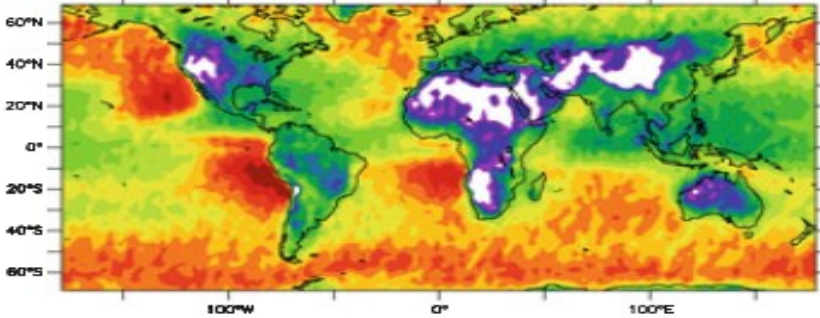
Des biais qui diminuent

- ✓ 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

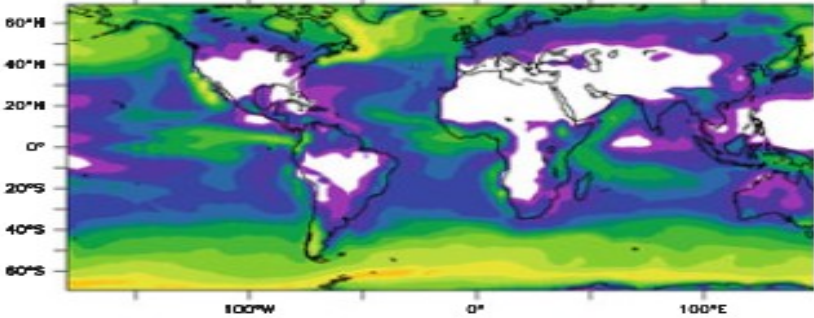
Hourdin et al., 2012

Moyenne annuelle de la
couverture des nuages bas (%)

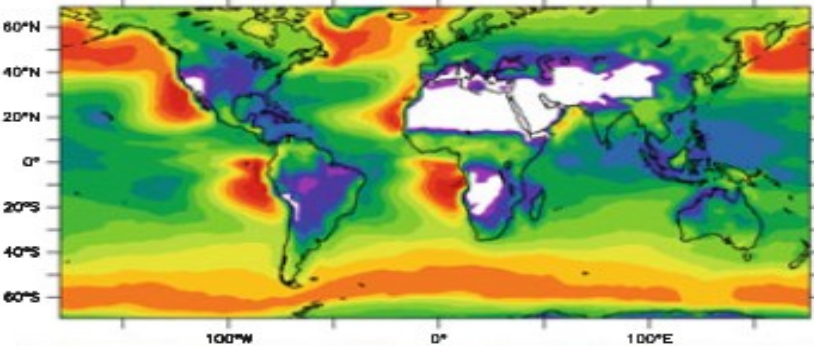
Calipso



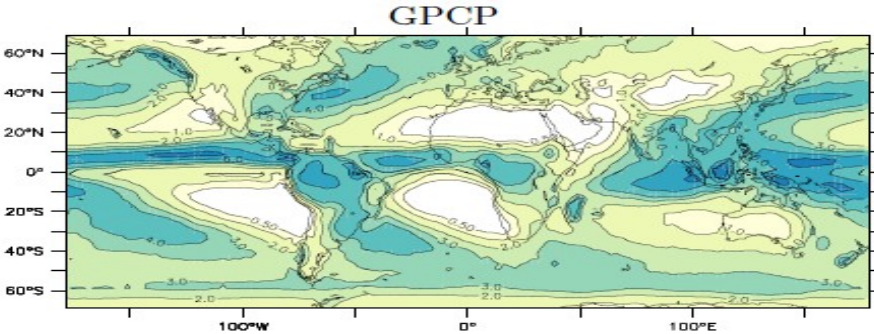
IPSL-CM5A



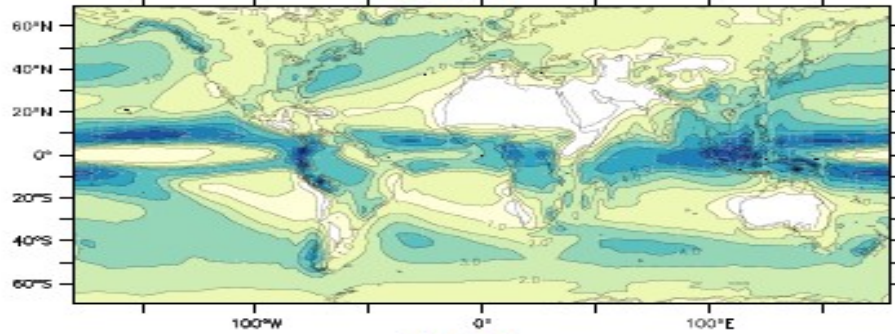
IPSL-CM5B



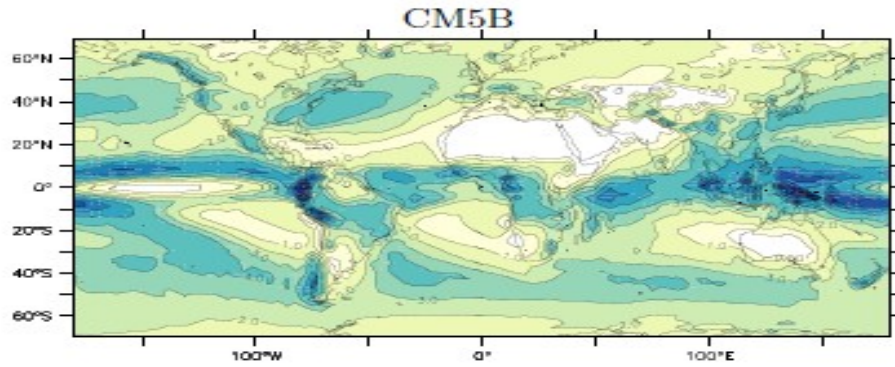
GPCP



IPSL-CM5A



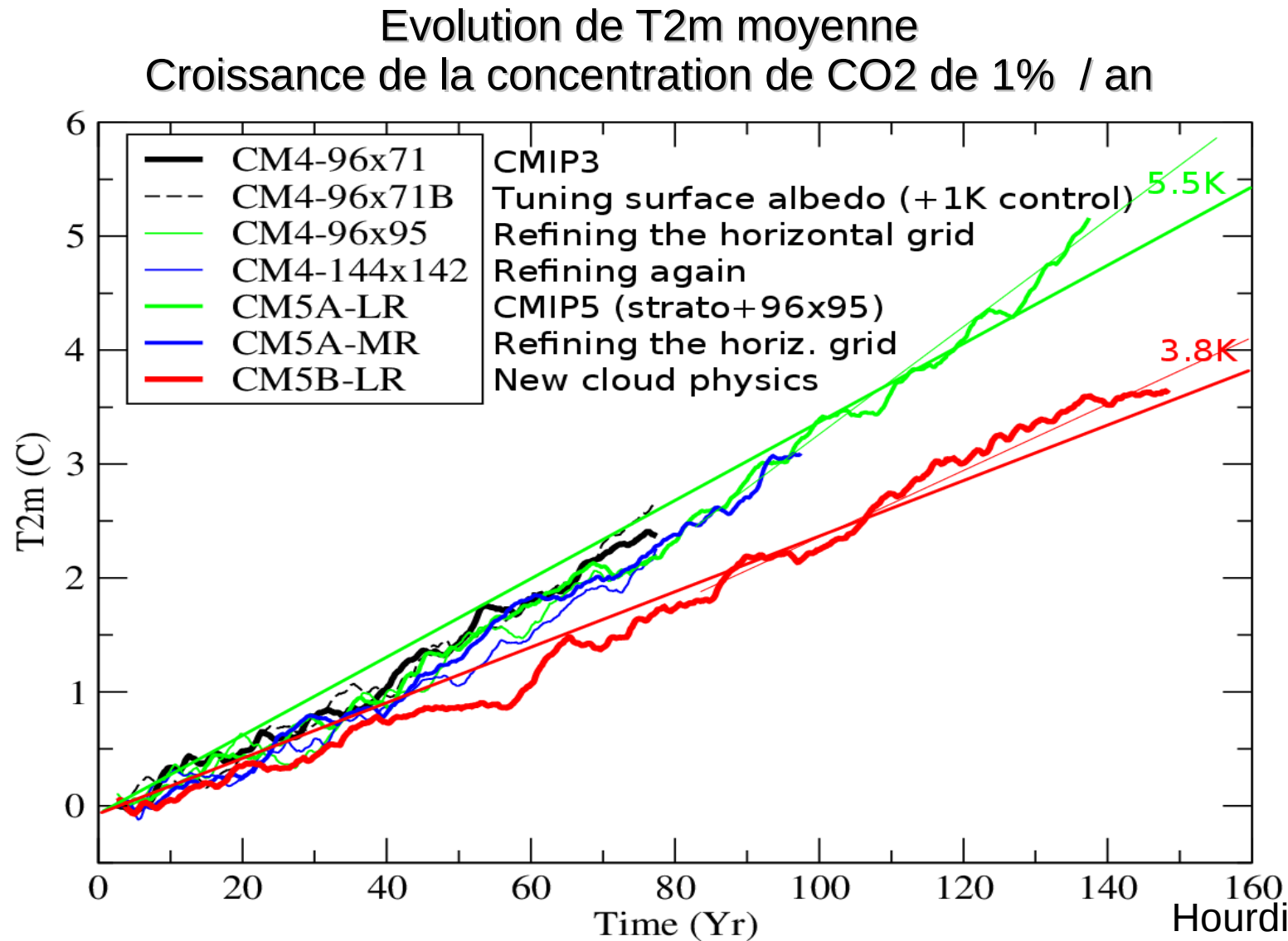
IPSL-CM5B



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

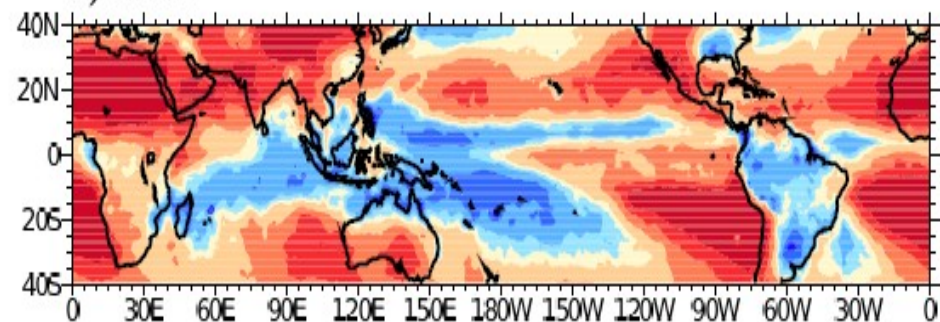


Une variabilité très différente

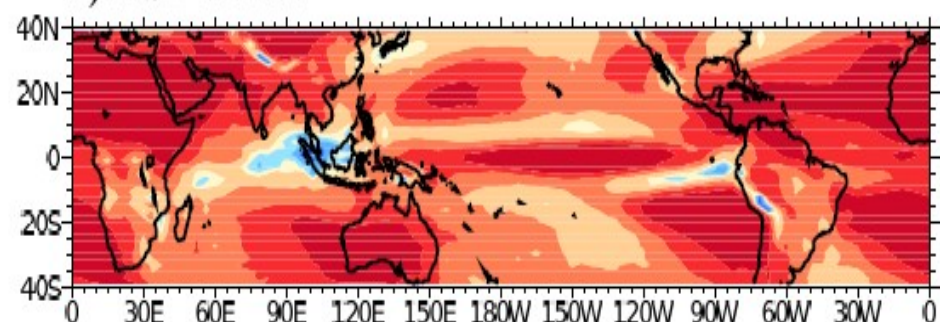
On passe d'un modèle à variabilité trop faible à un modèle à variabilité trop forte

Variabilité intrasaisonnière des pluies
(mm/jour)

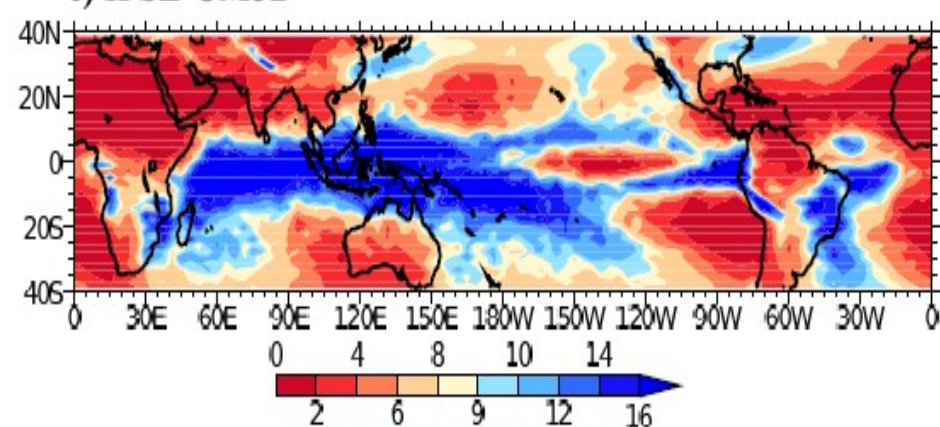
a) GPCP



b) IPSL-CM5A

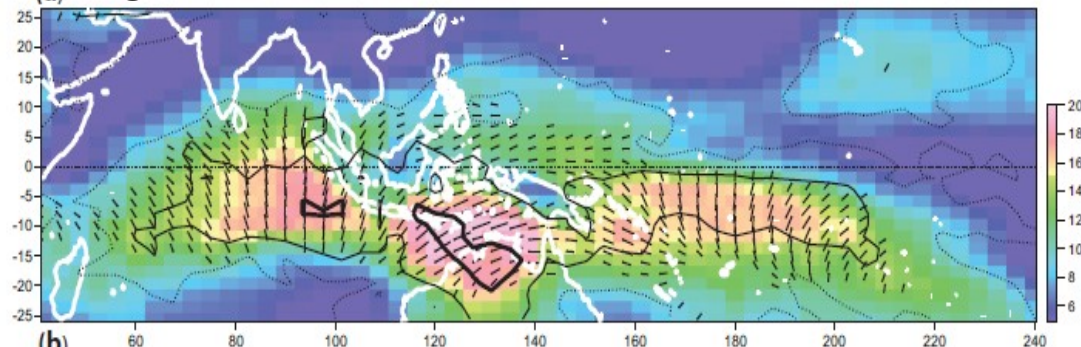


c) IPSL-CM5B

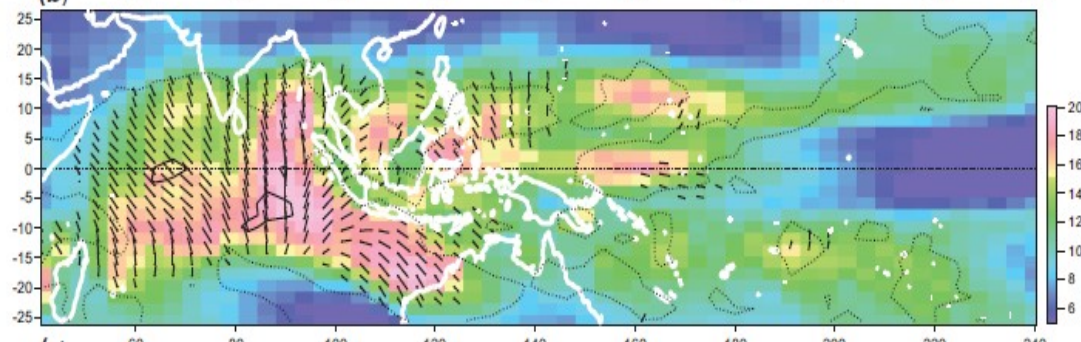


Variabilité intrasaisonnière de l'OLR pour JFM

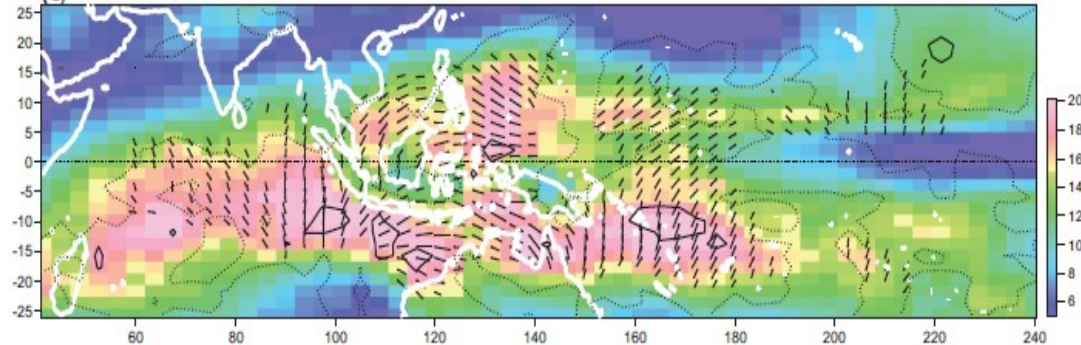
(a) NOAA



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

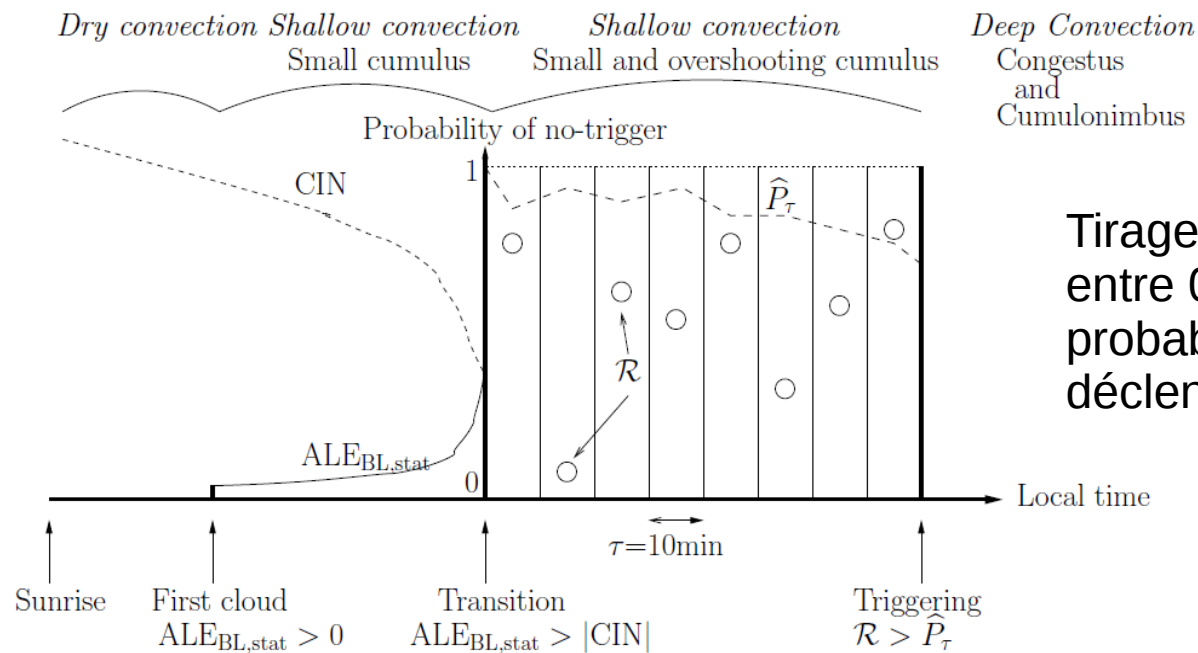
Approches déterministes

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



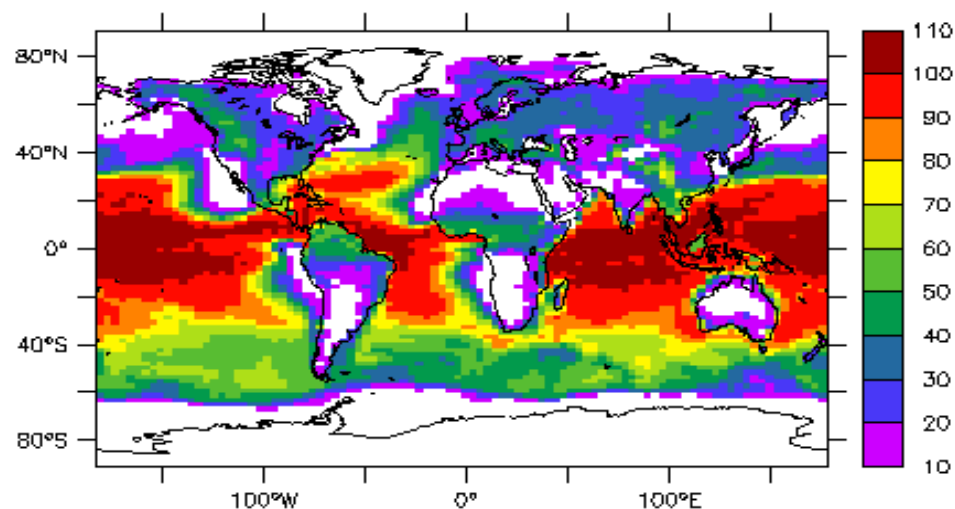
Tirage aléatoire d'un nombre entre 0 et 1 comparé à la probabilité de non déclenchement

Approche stochastique

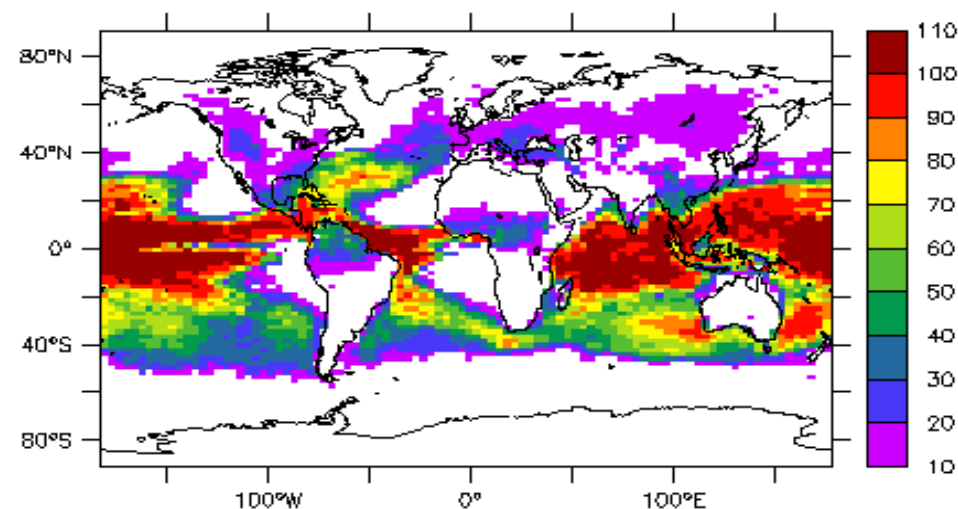
Impact du stochastique sur la convection nuageuse

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

Approche déterministe

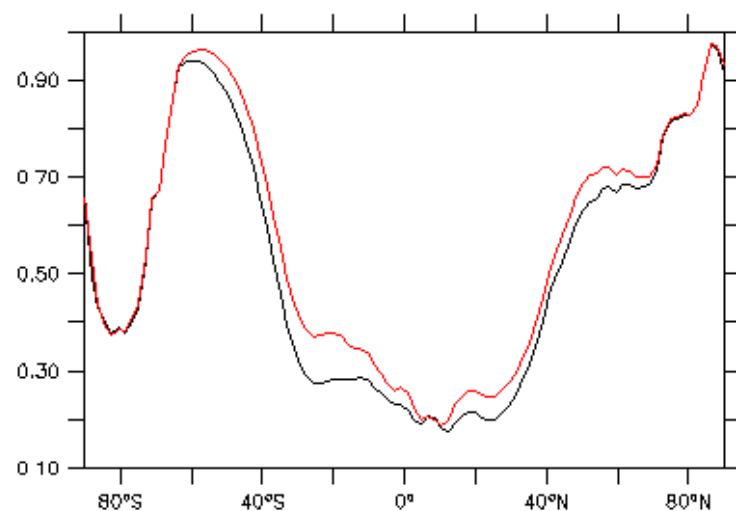


Approche stochastique



Couverture des nuages bas

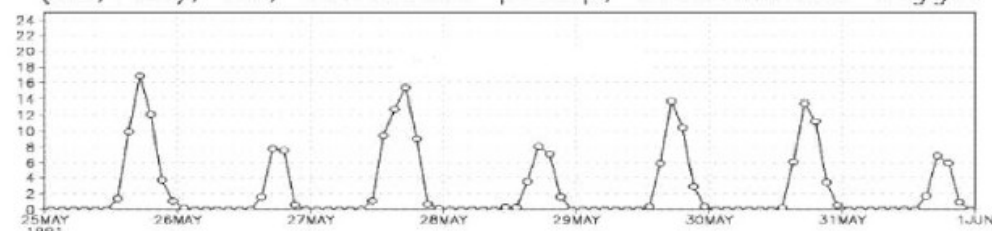
det
stoch



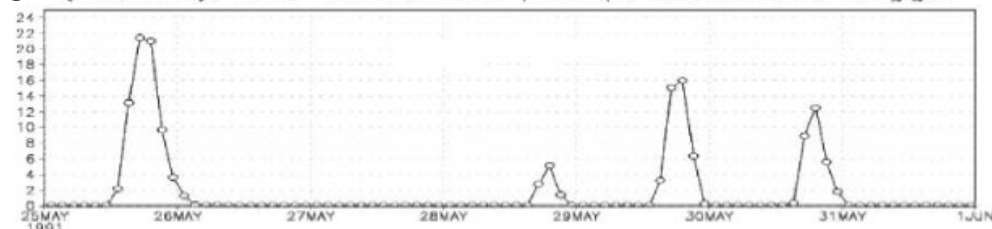
Augmentation de la
couverture nuageuse basse

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:

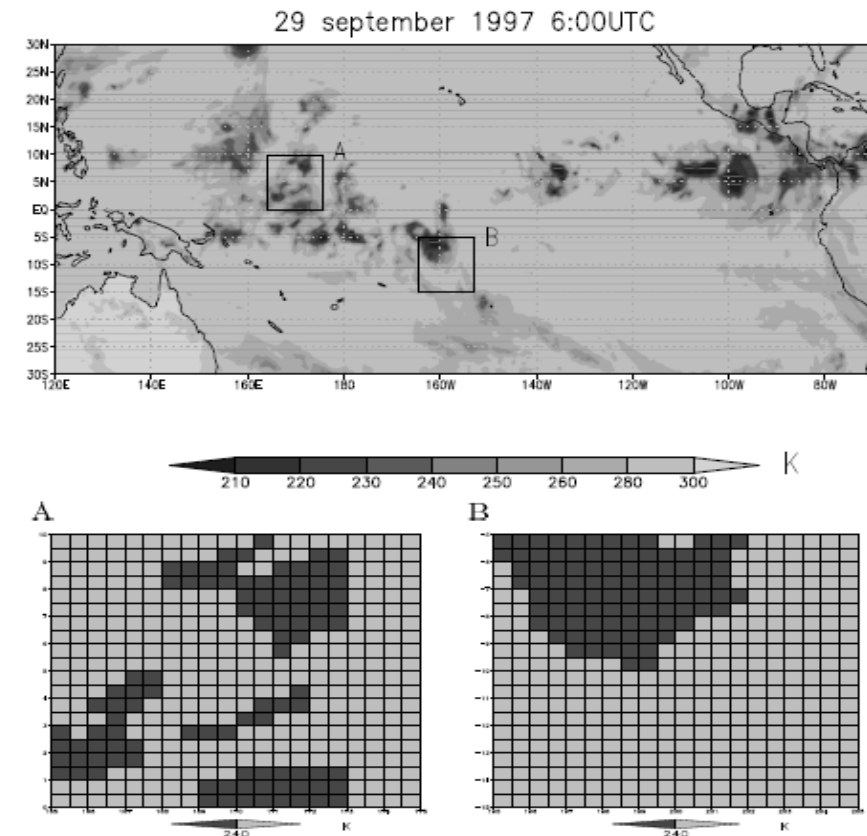
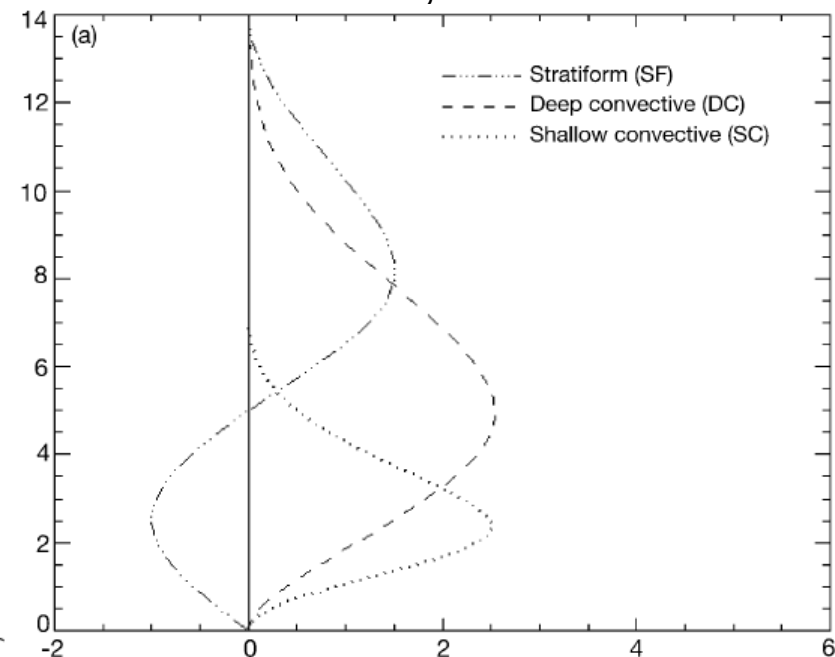
Plus l'environnement est sec

Plus l'OLR est forte

Plus le SW réfléchi est faible

- Lien avec la densité de poches froides
- Entrainement et degré d'aggrégation

Schumacher et al., 2004



Tobin et al., 2012

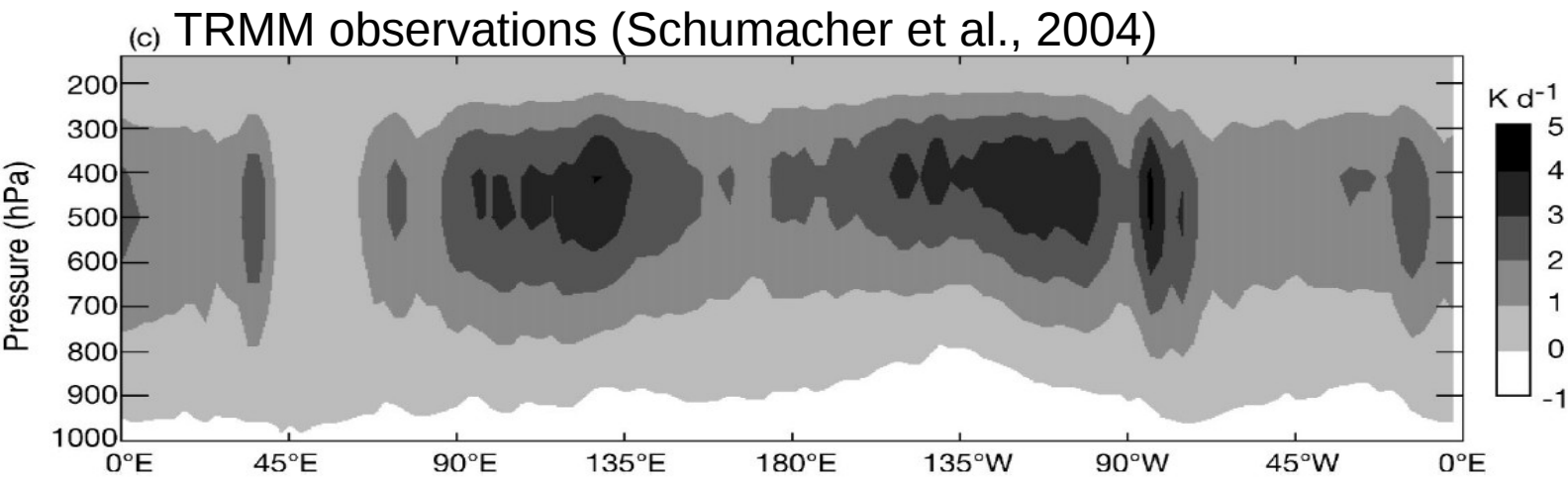
Organisation et MJO:

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

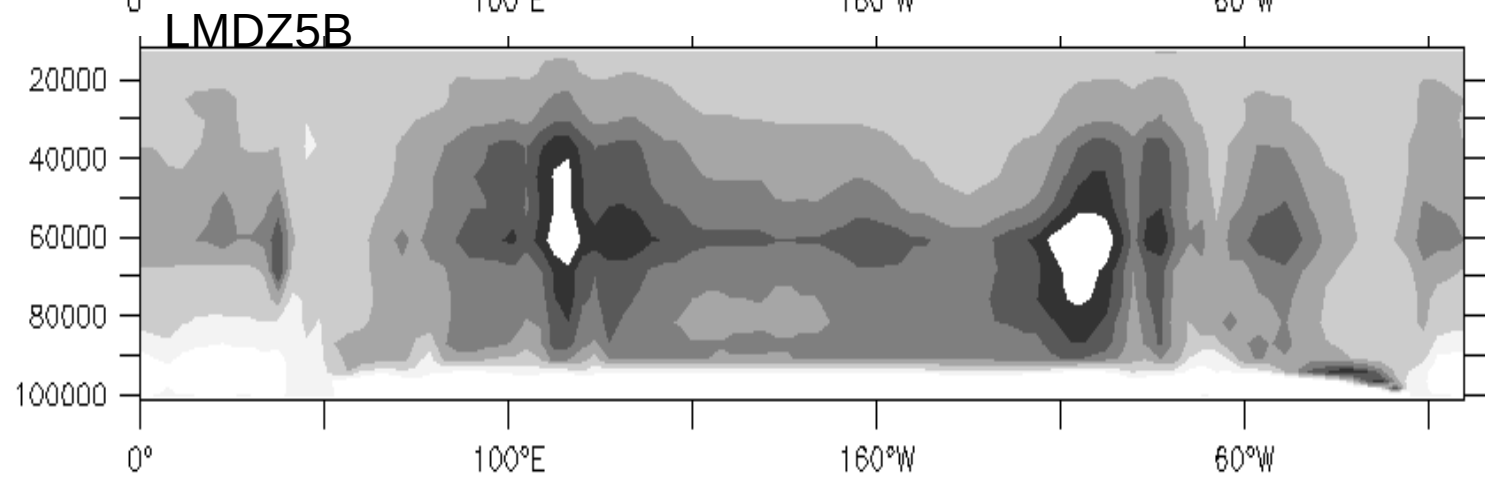
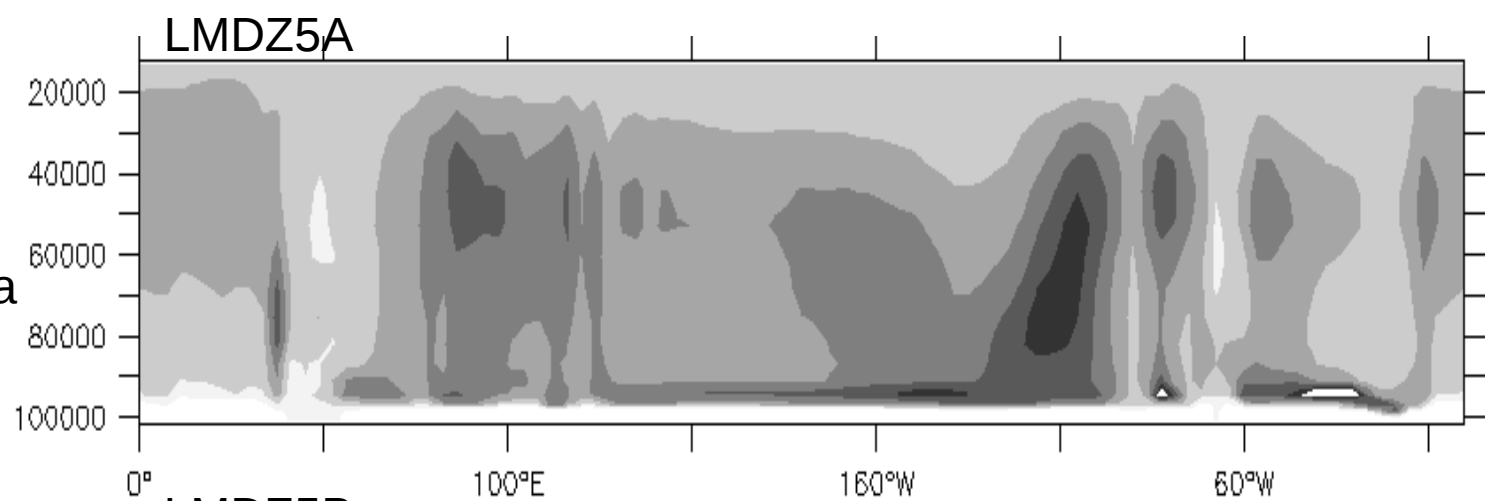
Distribution verticale des taux de chauffage dans LMDZ

Moyenne annuelle
des taux de chauffage
à 10N



Q1 CV + Q1 LS

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



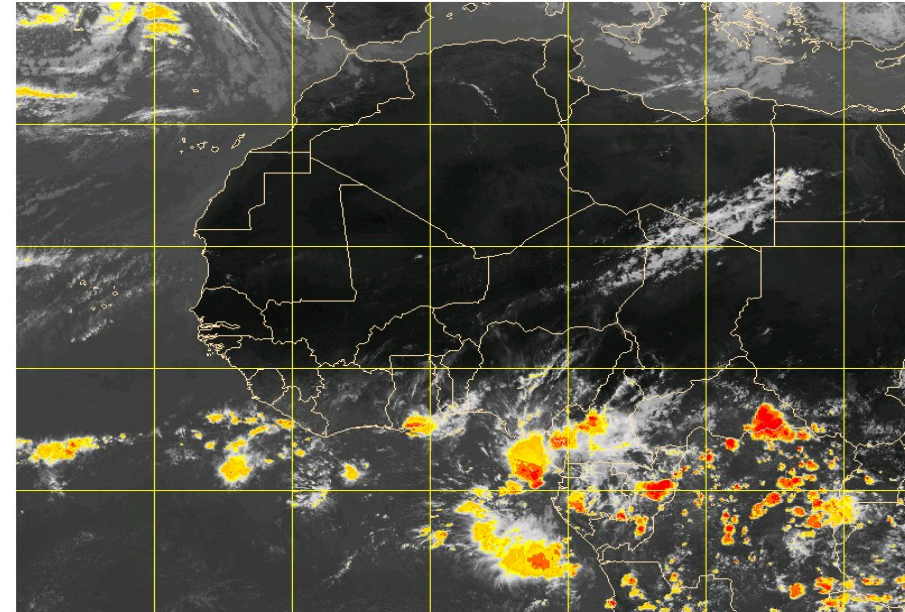
Développements autour de l'organisation de la convection

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