

Les évolutions de la nouvelle physique

Couche limite – Convection - Nuages

Catherine Rio

Frédéric Hourdin, Jean-Yves Grandpeix, Arnaud Jam, Jean-Baptiste Madeleine,
Frédérique Cheruy, Jean-Louis Dufresne, Marine Bonnazola, Abderrhamane Idelkadi,
Ionela Musat, Laurent Fairhead, Marie-Pierre Lefebvre, Lidia Mellul

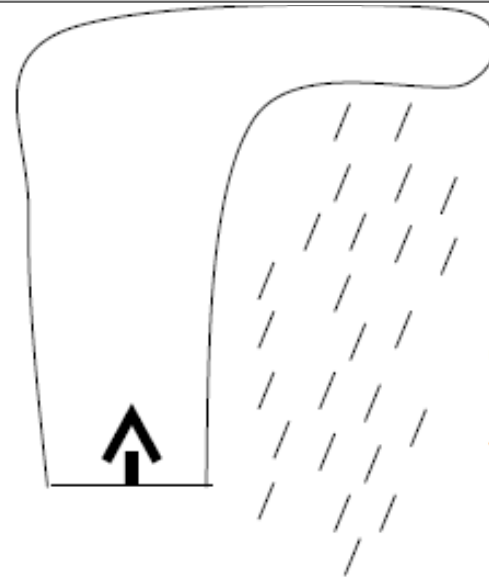
LMDZ TEAM

Les composantes de la nouvelle physique

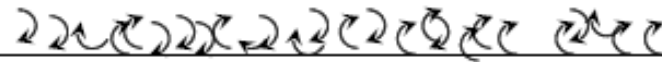
LMDZ5A

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)



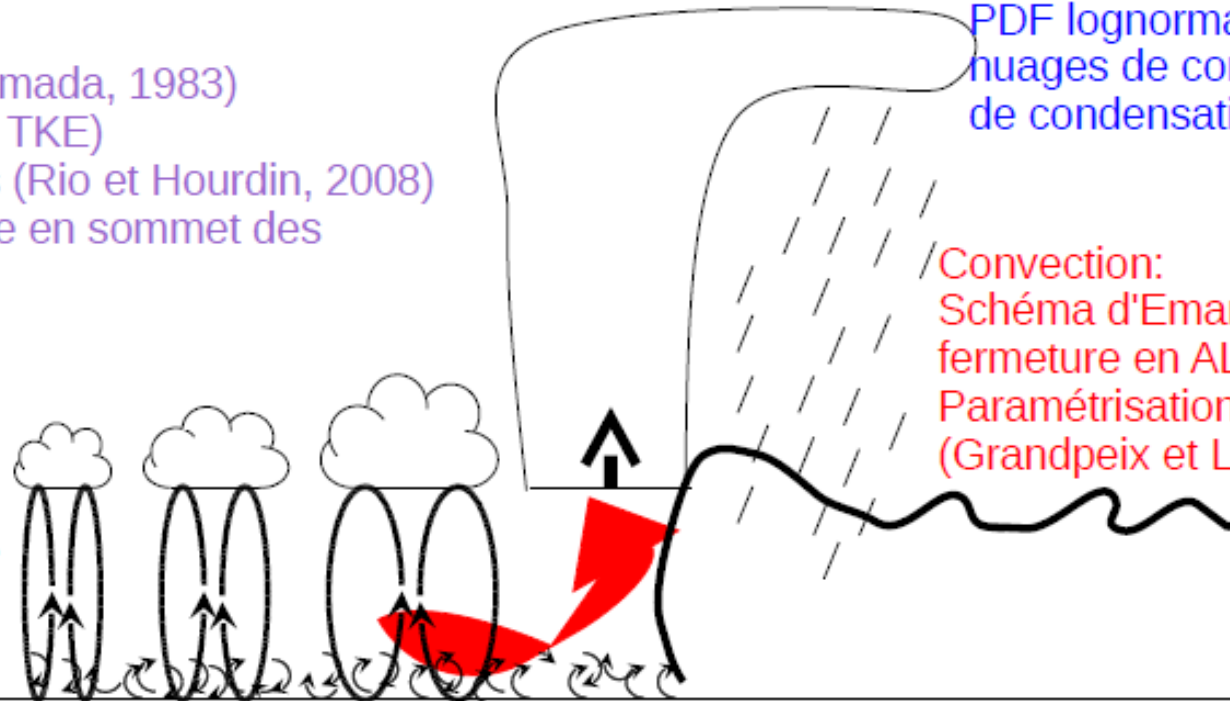
Convection:
Schéma d'Emanuel (1991) avec
fermeture en CAPE



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)

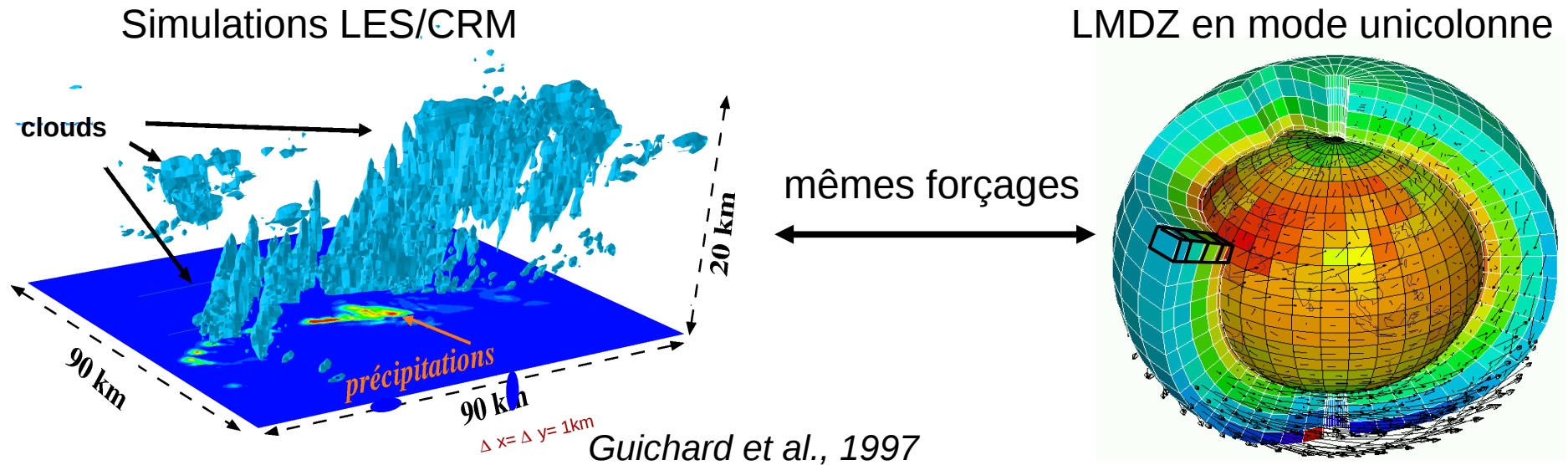


Nuages:
PDF lognormale de qt pour les
nuages de convection profonde et
de condensation grande-échelle

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

Méthodologie: Le passage du 1D au 3D

Développement des paramétrisations en se basant sur l'analyse fine des processus physiques dans un cadre 1D sur des cas d'étude particuliers

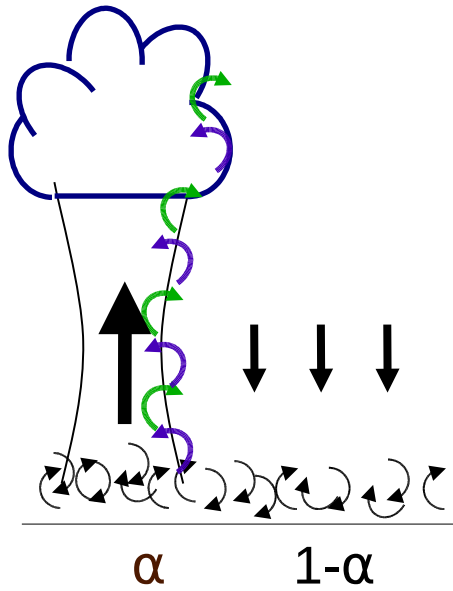


- Paramétrisations développées indépendamment les unes des autres
- Configurations différentes du GCM 3D (pas de temps, résolution)
- Rétroaction avec la dynamique de grande-échelle coupée, parfois aussi avec le rayonnement et la surface (flux imposés)

Le passage aux simulations globales réserve bien des surprises.
Notamment autour du **couplage entre les différentes paramétrisations physiques**

Couplage diffusion/thermiques

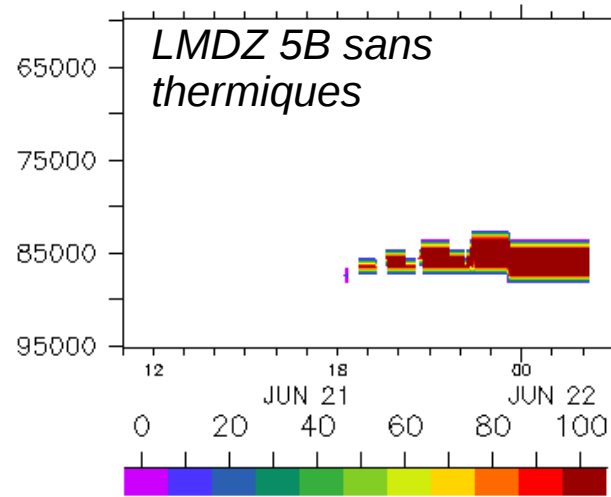
Le modèle du thermique



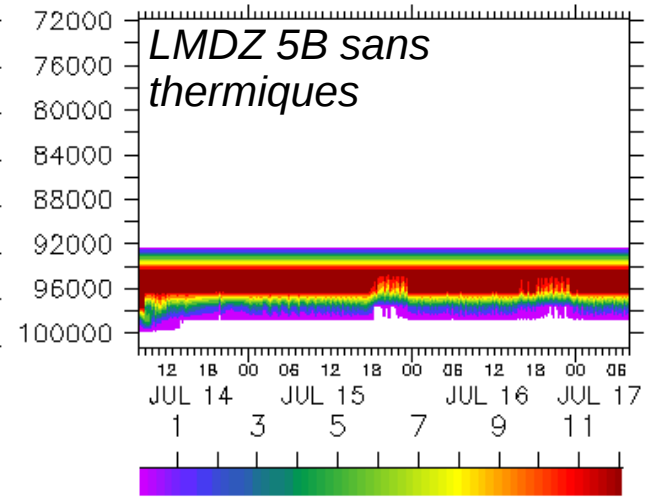
$$\rho w \overline{\theta} = -\rho K \frac{\partial \theta}{\partial z} + f(\theta_a - \theta)$$

- Nette amélioration de la couverture nuageuse sur un cas de cumulus continentaux (ARM)
- Dégradation de la couverture nuageuse sur un cas de stratocumulus océaniques (FIRE)

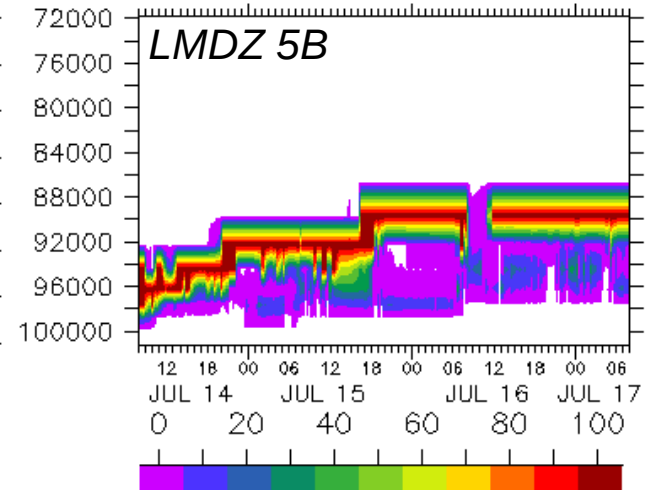
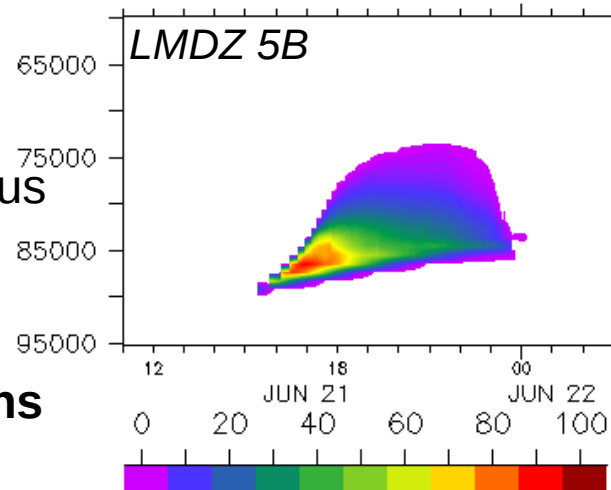
→ Désactivation des thermiques dans les zones de forte inversion



ARM



FIRE

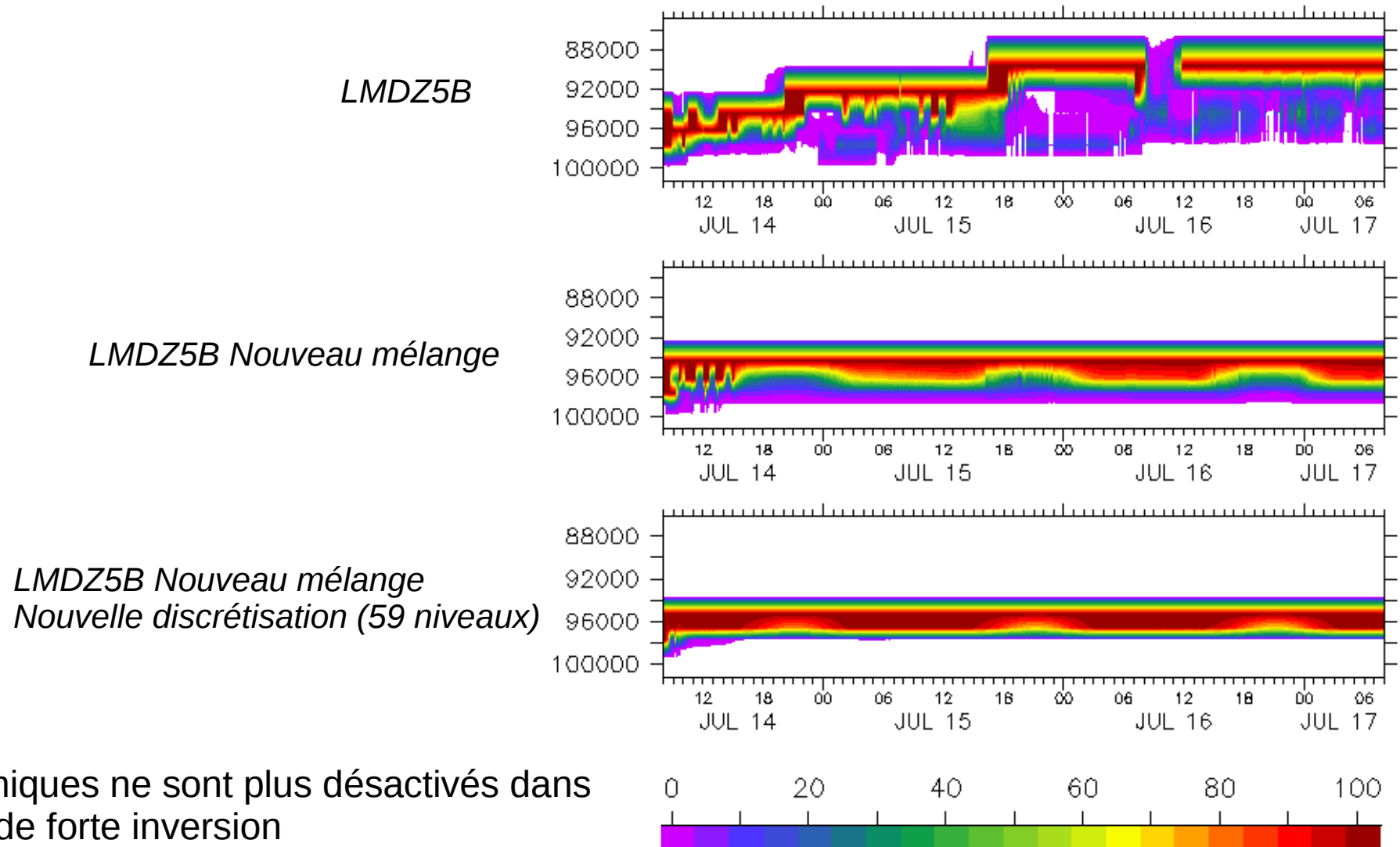


Couplage diffusion/thermiques

Adaptation des thermiques à la représentation des stratocumulus (thèse Arnaud Jam)

Modification du mélange dans le thermique: le thermique se mélange avec de l'air provenant de 10% plus haut

Couverture nuageuse (%) sur le cas de stratocumulus océaniques FIRE:



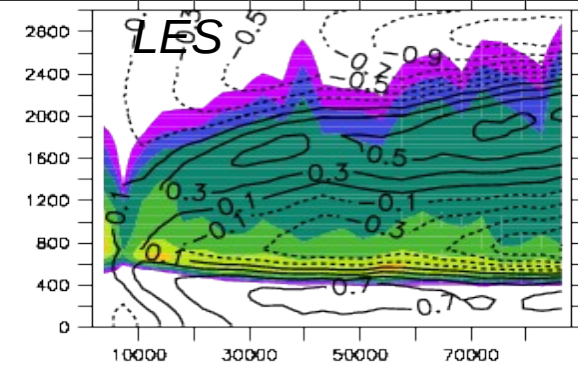
→ Les thermiques ne sont plus désactivés dans les zones de forte inversion

Couplage diffusion/thermiques

Stabilisation des schémas de diffusion et du thermique

Couverture nuageuse (%) sur cas de petits cumulus océaniques (RICO)

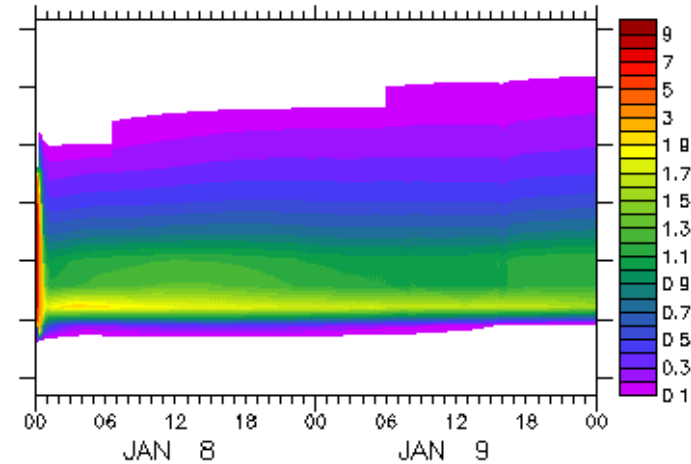
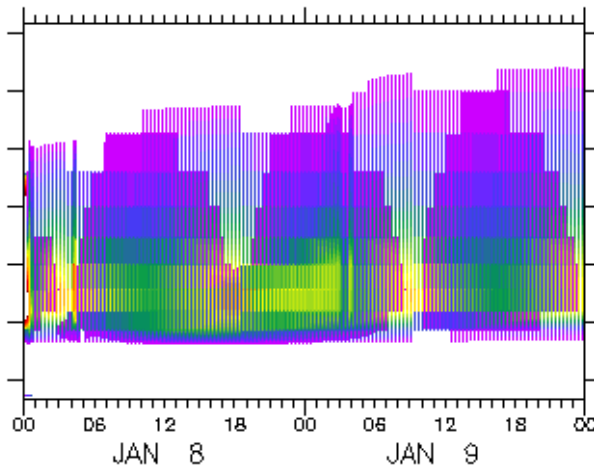
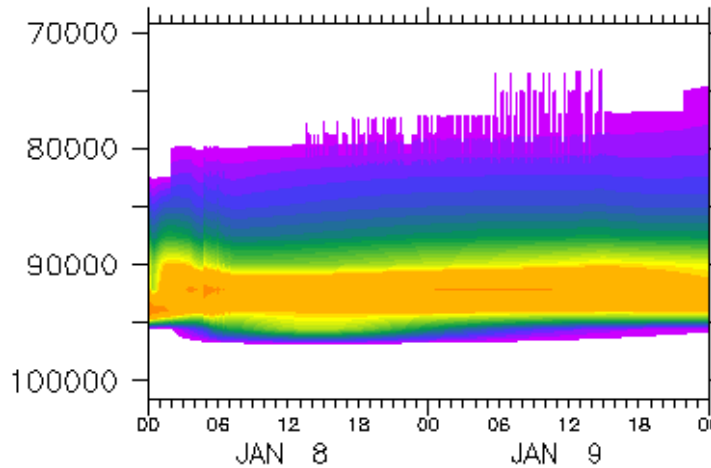
Schémas de couche limite seuls



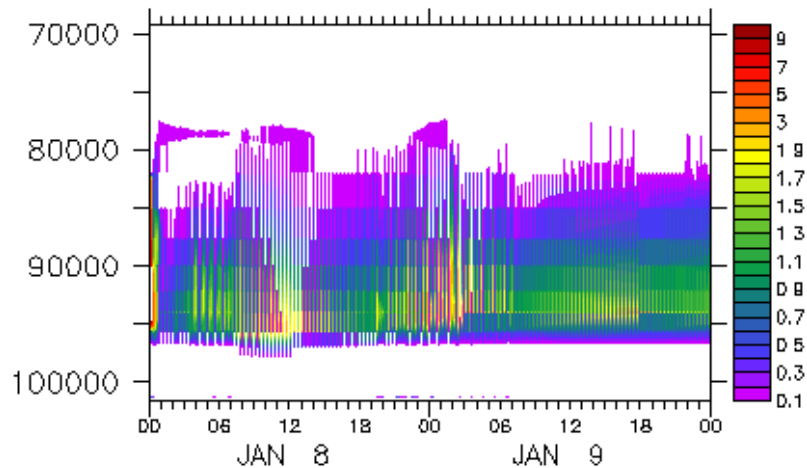
LMDZ 5B 1min

LMDZ 5B 10min

LMDZ 5B 10min stabilisée



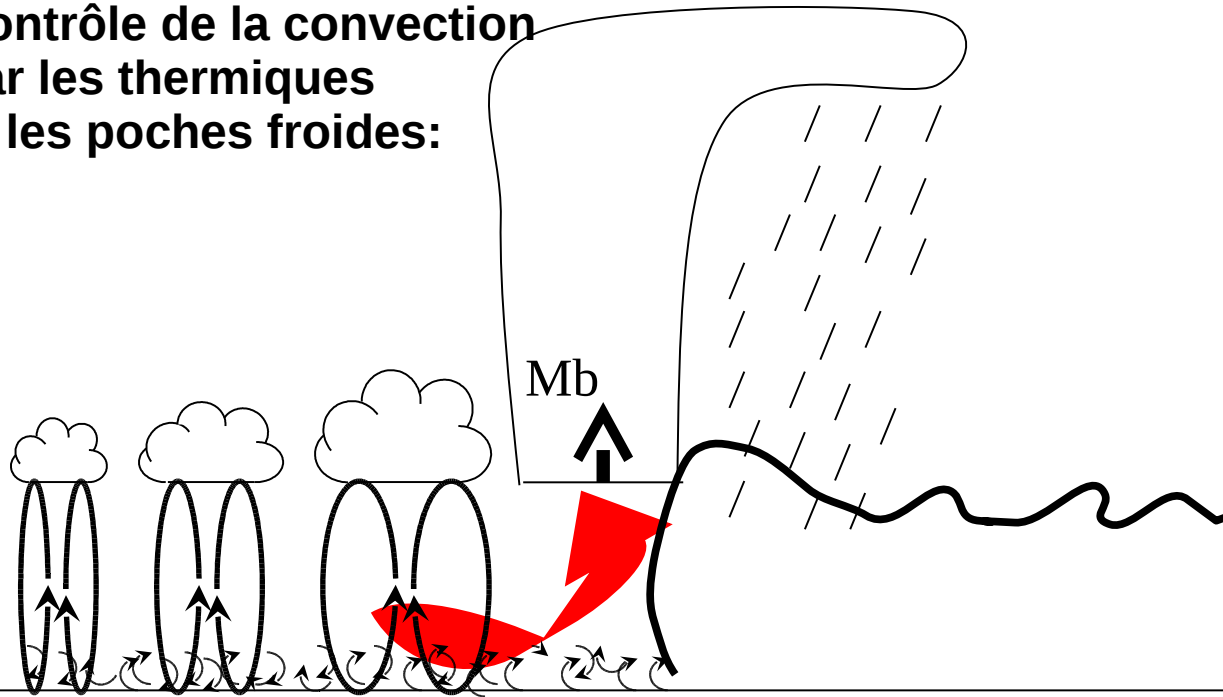
Mais si on laisse le schéma de convection s'activer...



La convection profonde, en se déclenchant, vient parasiter le travail des thermiques de couche limite

Couplage thermiques / convection

Contrôle de la convection par les thermiques et les poches froides:



Déclenchement:
Available Lifting Energy (J/kg)

$$\text{MAX} (AL E_{th} , AL E_{wk}) > |CIN|$$

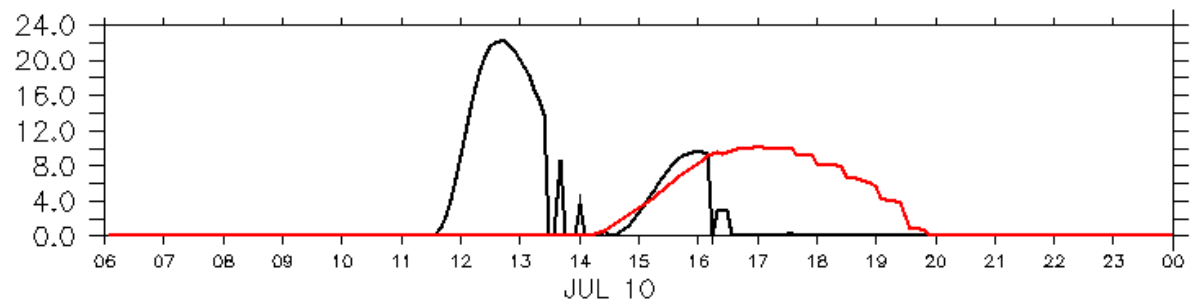
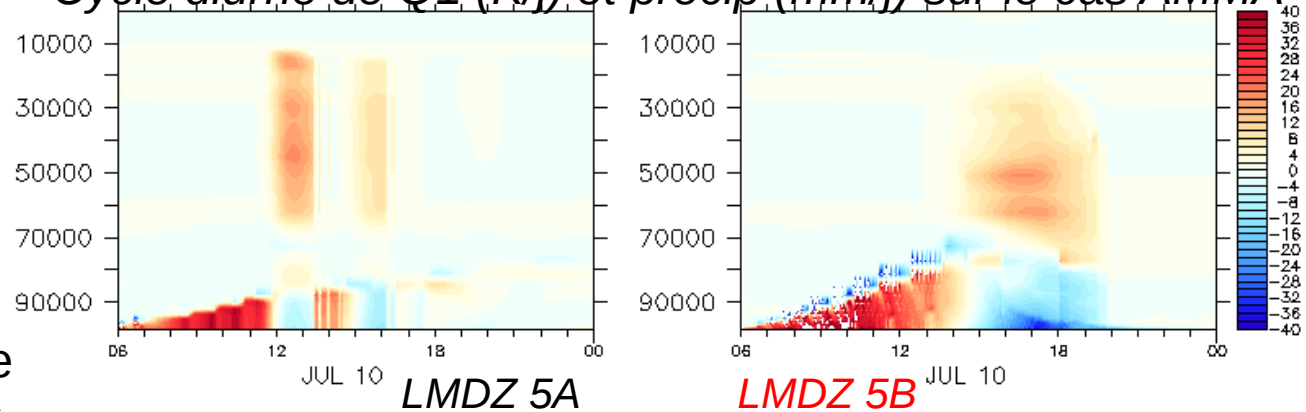
Intensité (fermeture):
Available Lifting Power (W/m²)

$$Mb = f(AL P_{th} + AL P_{wk})$$

- Décalage du cycle diurne de la convection continentale

- Mais déclenchement systématique de la convection dans les situations de cumulus actifs

Cycle diurne de Q1 (K/j) et precip (mm/j) sur le cas AMMA



Couplage thermiques / convection

Ajout d'une condition supplémentaire au déclenchement:

Calcul de la probabilité que la maille contienne un thermique suffisamment grand pour déclencher la convection

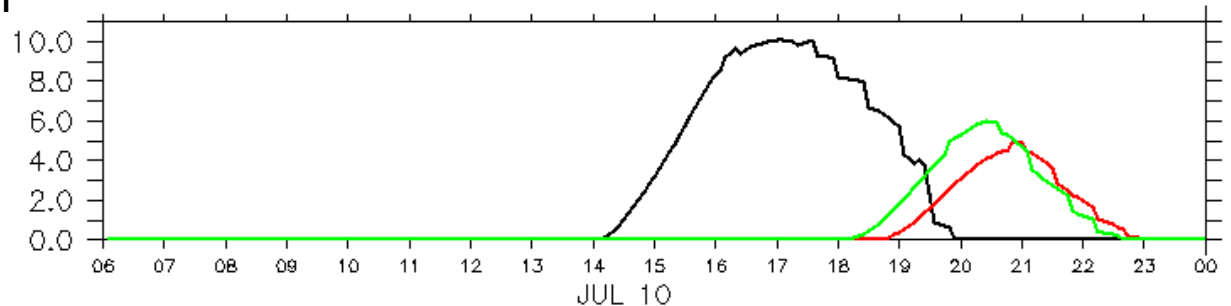
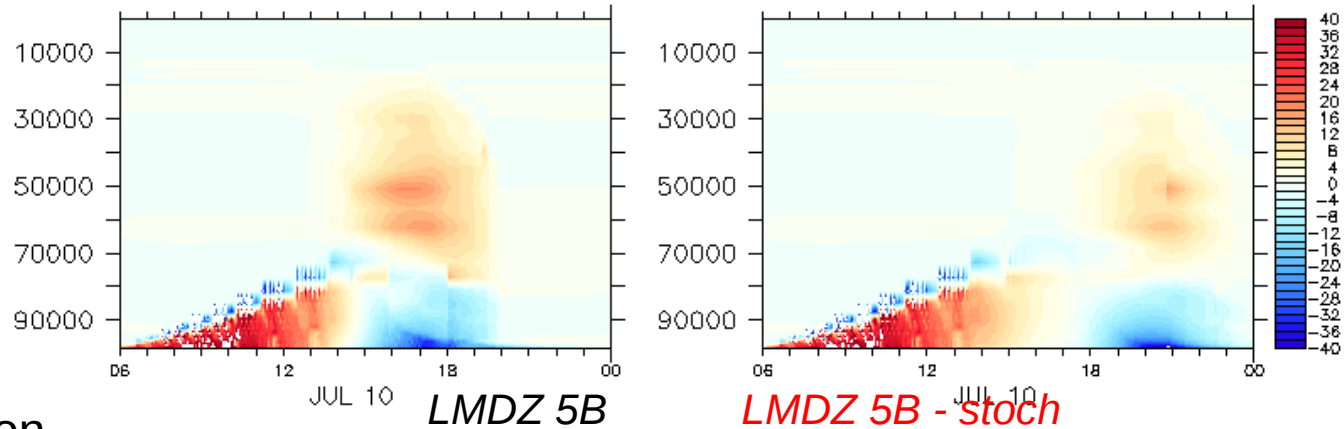
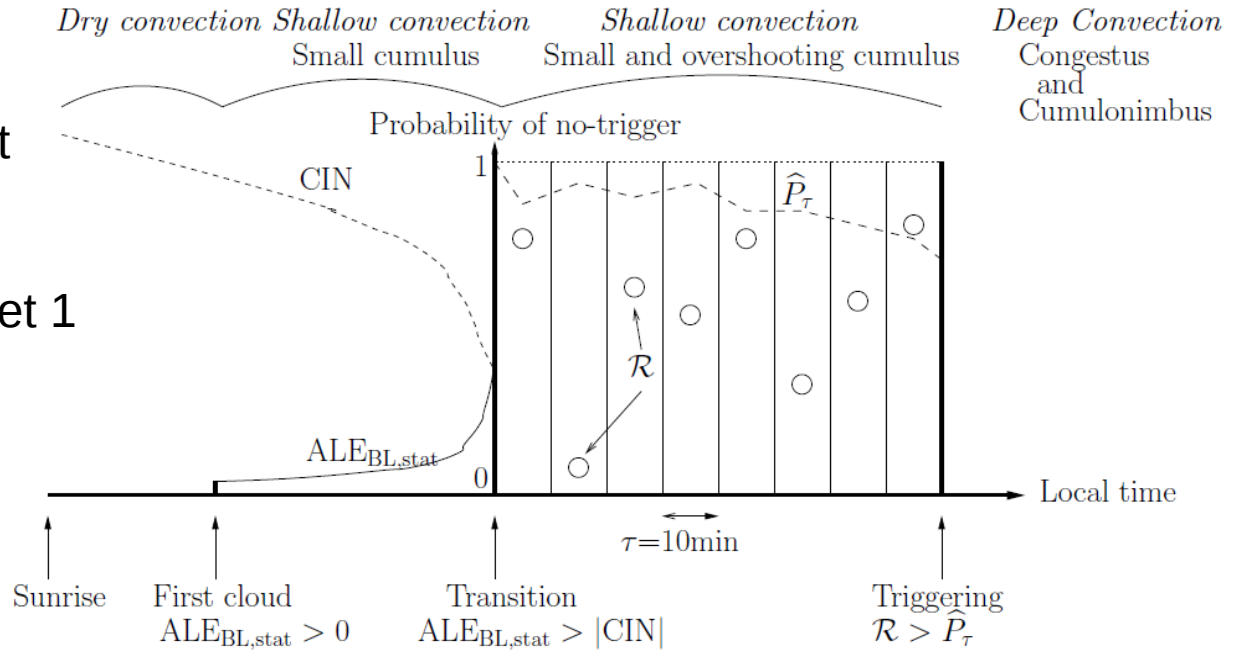
Tirage aléatoire d'un nombre entre 0 et 1 comparé à la probabilité de non déclenchement

→ Déclenchement stochastique de la convection

Cycle diurne de Q_1 (K/jour) et des précipitations sur le cas AMMA

Déclenchement retardé permettant une phase plus longue de convection peu profonde

(Rochetin et al., JAS, 2013)



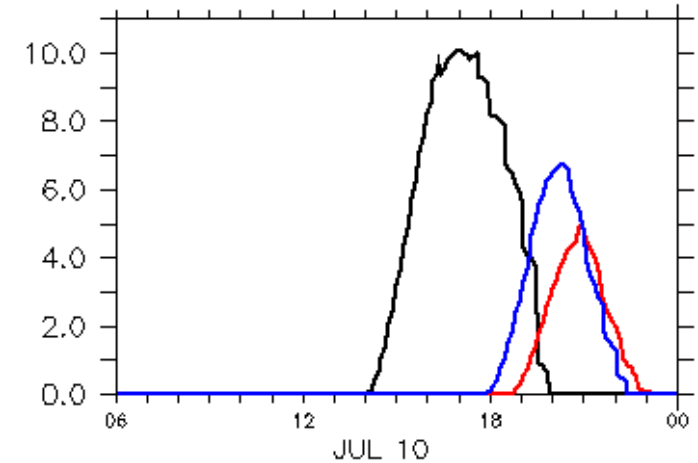
Couplage thermiques / convection

Fermeture probabiliste adaptée au déclenchement stochastique:

Plus la probabilité de déclenchement est faible,
plus l'intensité de la convection déclenchée est forte:

$$ALP_{th_stat} = ALP_{th} / \text{Proba (déclenchement)}$$

A venir: Composante probabiliste dans le calcul de la puissance fournie par les poches

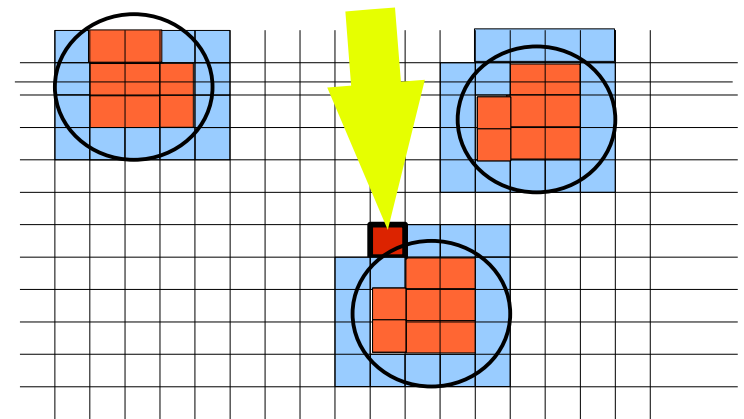
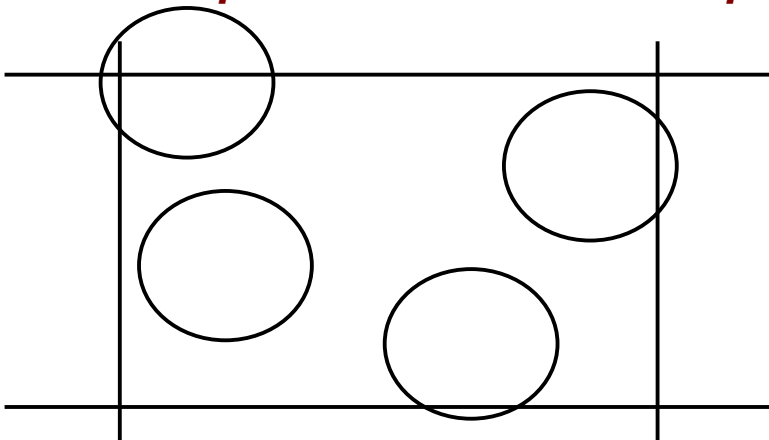


Plusieurs poches froides par maille

==> effet des poches = effet statistique moyen.

Mais si une poche couvre plusieurs mailles

==> perte de la vision statistique



S_w mailles internes aux poches

S_x mailles externes aux poches

S_g mailles avec front de rafale

Surface totale : $S_t = S_w + S_x + S_g$

==> détermination de la puissance de soulèvement fournie par le champ de poches, conditionnée par la présence d'un front de rafales dans la maille:

$$ALP_{wk} = ALP_{ave} \cdot (S_t / S_g)$$

Couplage thermiques / convection

Représentation de la phase congestus des nuages

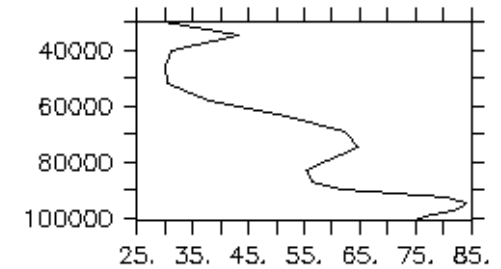
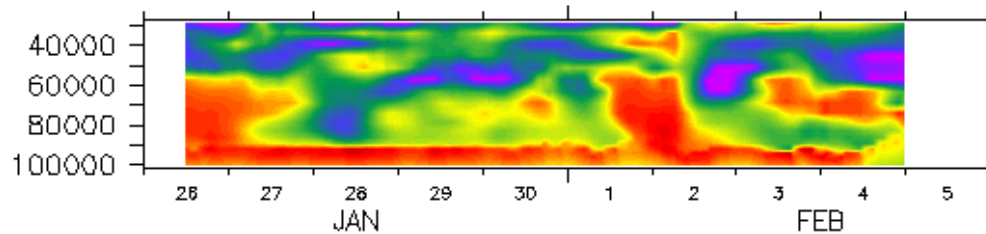
Rôle combiné des thermiques et de la convection

Rôle de la convection dépendant de l'efficacité de précipitation:
Partitionnement entre pluie et détrainement

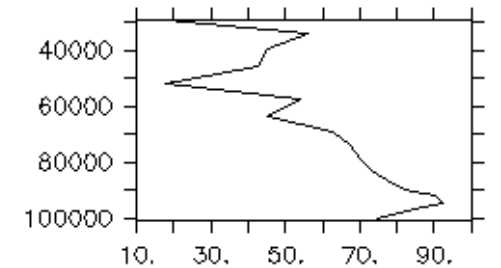
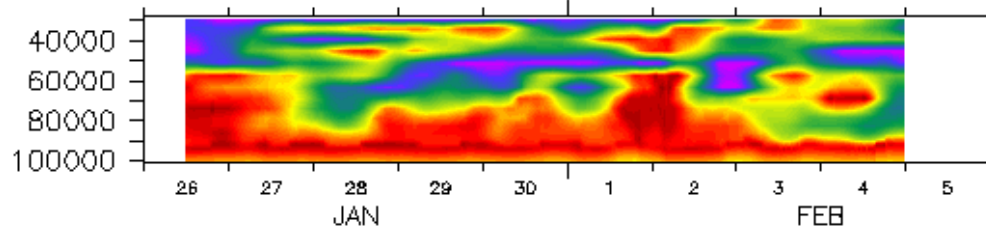


Humidité relative pendant la phase inhibée de TWP-ICE

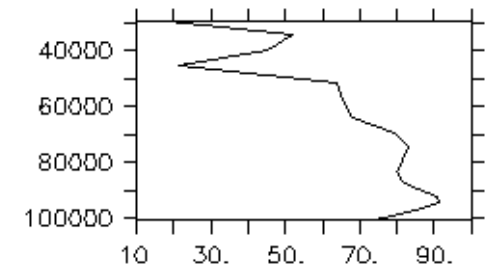
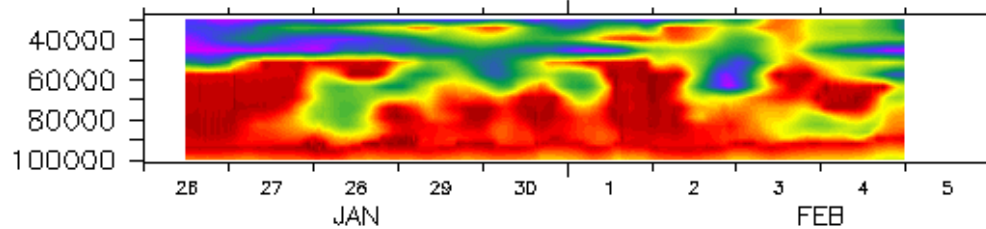
LMDZ 5A



LMDZ 5B



LMDZ 5B + efficacité de precip de 5A



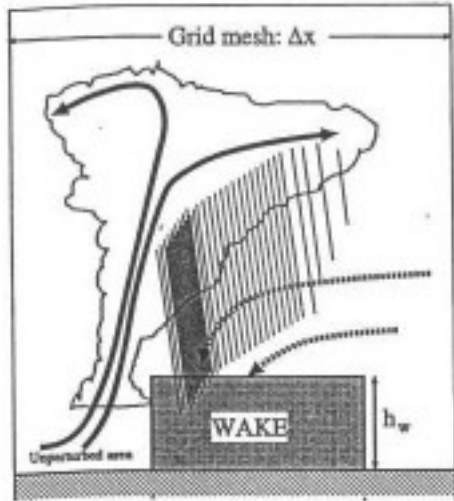
0 20 40 60 80 100



Couplage convection / poches froides



Guichard Françoise



Rétroaction positive des pluies sur
La convection:

- Poches froides alimentées par l'évaporation des pluies convectives
- L'intensité de la convection est contrôlée par la puissance de soulèvement fournie par les poches

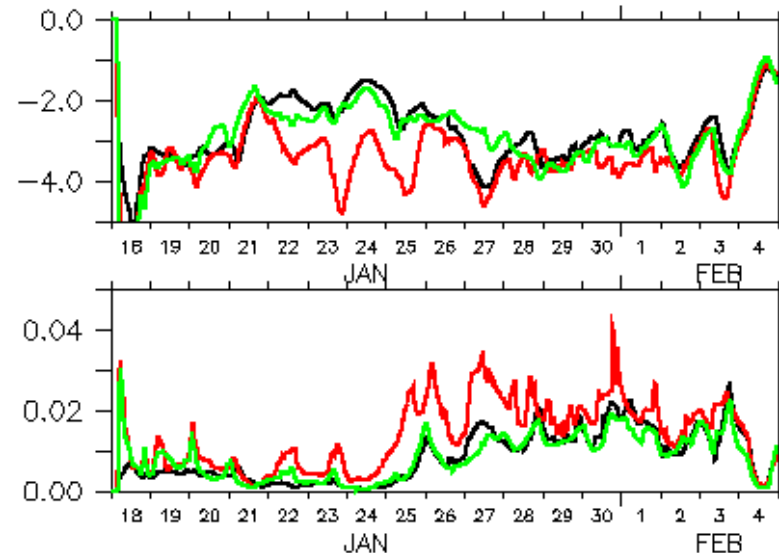
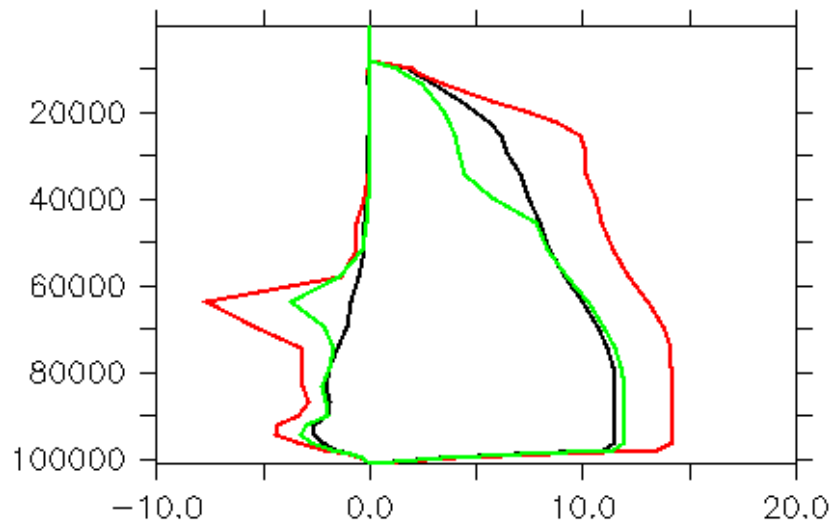
Introduction de l'effet thermodynamique de la glace (solidification, fusion):

Phase active et inhibée de convection océanique (TWP-ICE)

*Flux de masse des ascendances convectives
et des descentes précipitantes*

LMDZ 5B

LMDZ 5B avec glace dans convection
LMDZ 5B avec glace dans convection
et grande-échelle



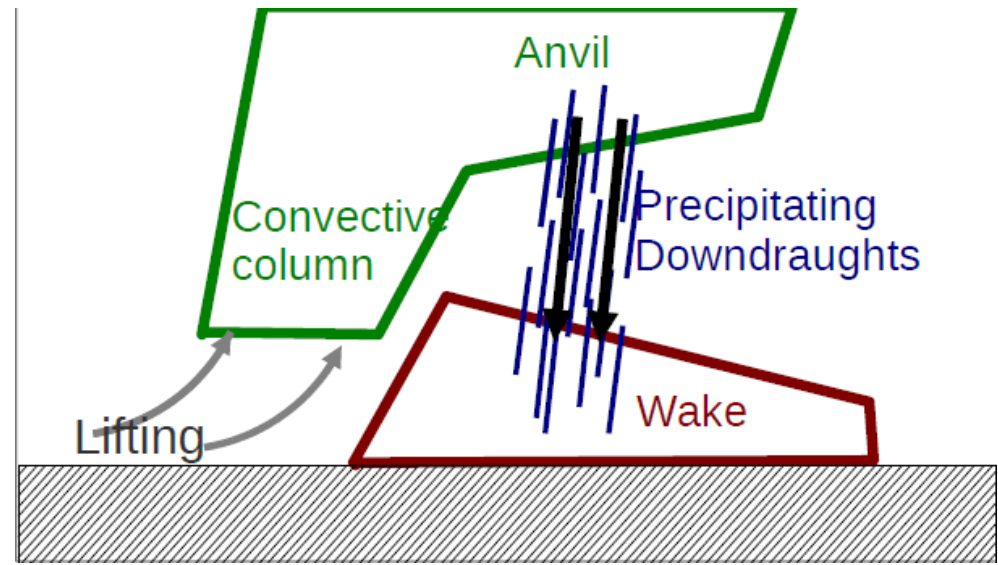
δT poches/env

ALPwk

Couplage thermiques / convection / poches froides

La convection voit l'environnement des poches.
Les pluies tombent dans les poches.

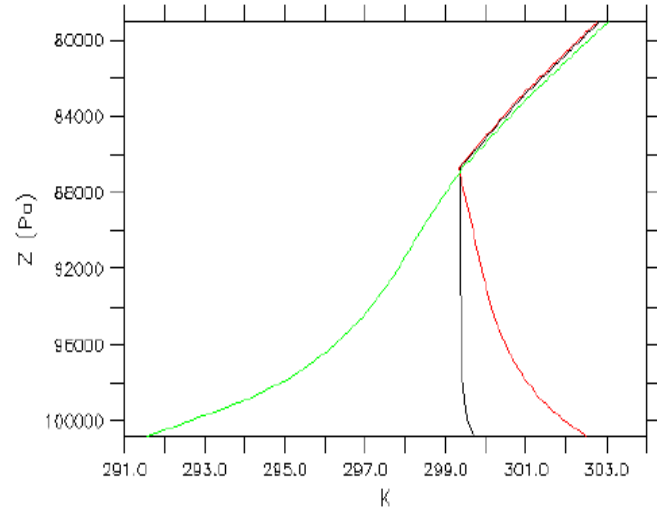
Partitionnement des thermiques et de la diffusion dans et hors des poches froides



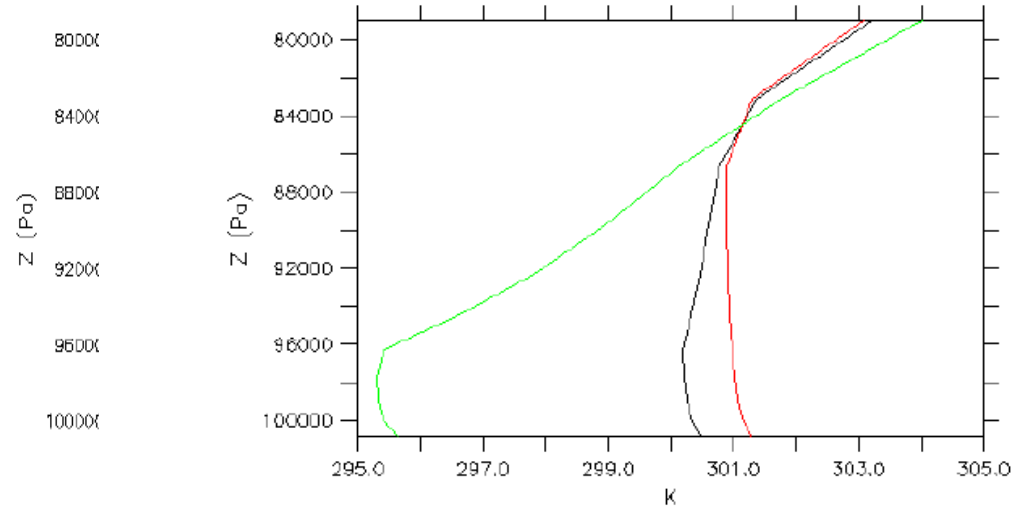
Profils de theta sur un cas d'équilibre radiatif/convectif continental:

Theta moyen
Theta dans les poches
Theta hors des poches

LMDZ 5B



LMDZ 5B avec partitionnement



→ Profil de theta mieux mélangé dans et hors des poches

Couplage nuages / pluies / rayonnement

Forte sensibilité des nuages de glace aux paramètres de "tuning":
Besoin d'améliorer la représentation de la physique des nuages de glace

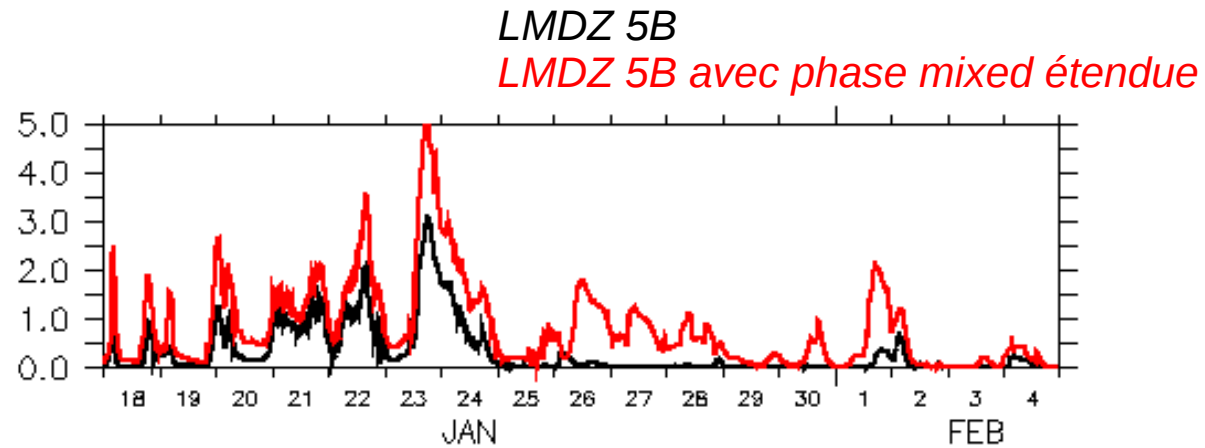
Sursaturation (Exposé Marine Bonazzola)

Phase mixte étendue (Exposé Jean-Baptiste Madeleine)

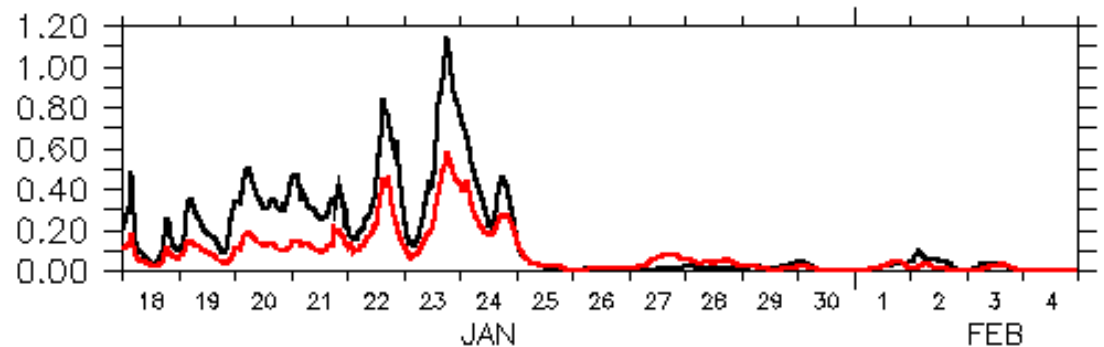
Eau liquide présente jusqu'à -33° au lieu de -15°

Phase active et inhibée de convection océanique (TWP-ICE)

*Contenu intégré en eau liquide
des nuages (kg/m²)*



*Contenu intégré en eau glace
des nuages (kg/m²)*



→ Effet sur bilan radiatif et dynamique de grande-échelle

Conclusions

Développements déjà inclus dans la version Npv4.12 de LMDZ:

- Représentation des stratocumulus par le modèle du thermique
- Stabilisation des schémas de couche limite
- Déclenchement stochastique de la convection
- Fermeture probabiliste
- Phase mixte entre -33 et 0 degré.
- Conservation de l'eau
- Nouvelle grille verticale (59 niveaux)
- Re-tuning

A venir:

- Thermodynamique de la glace dans la convection et la grande-échelle
- Partitionnement de la couche limite dans et hors des poches froides
- ALP conditionnelle
- Revisite de l'efficacité de précipitation et des paramètres de tuning

Effet des dernières évolutions sur les simulations 3D?