

# **La nouvelle physique LMDZ**

Catherine Rio

pour

l'équipe modélisation du climat LMD-Jussieu

# Développements

Echelle climatique

**Biais du modèle**

Sous-estimation des nuages bas  
cycle diurne des pluies convectives  
en phase avec l'ensoleillement

# Développements

Echelle climatique

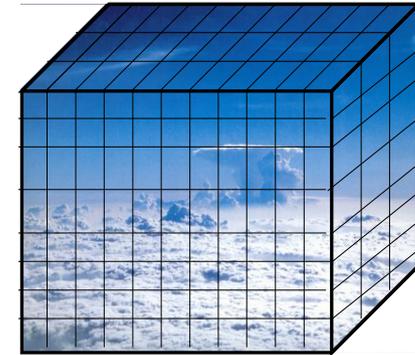
Echelle des processus physiques

## Biais du modèle

Sous-estimation des nuages bas cycle diurne des pluies convectives en phase avec l'ensoleillement



## couche limite, convection, nuages

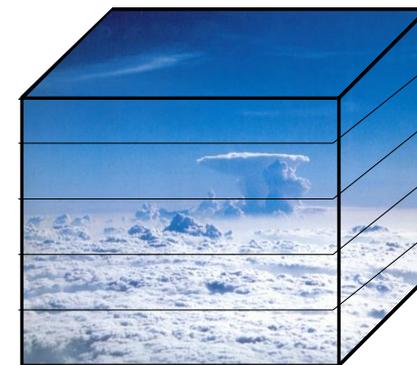


Forçages grande-échelle

Flux de surface

Equipe méso-échelle du CNRM  
J.-P. Lafore,  
F. Couvreur...

'Physique commune' avec le CNRM  
P. Marquet,  
M.-P. Lefèbvre...



Forçages grande-échelle

Flux de surface

## Paramétrisation des processus

# Développements

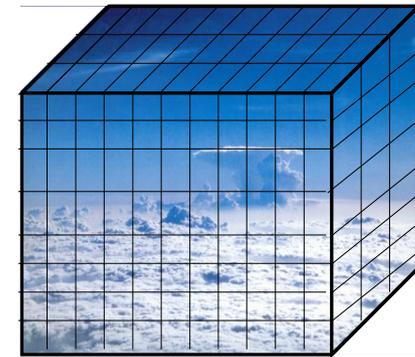
Echelle climatique

Echelle des processus physiques

## Biais du modèle

## couche limite, convection, nuages

Sous-estimation des nuages bas  
cycle diurne des pluies convectives  
en phase avec l'ensoleillement



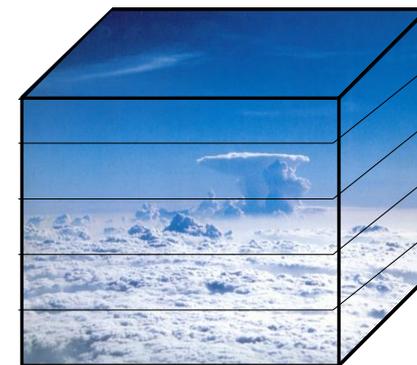
Forçages  
grande-  
échelle

Flux  
de  
surface

Equipe méso-échelle  
du CNRM  
J.-P. Lafore,  
F. Couvreur...

'Physique commune'  
avec le CNRM  
P. Marquet,  
M.-P. Lefèbvre...

Impact sur la simulation  
du climat présent et futur:  
ITCZ, MJO, moussons, nuages bas ...



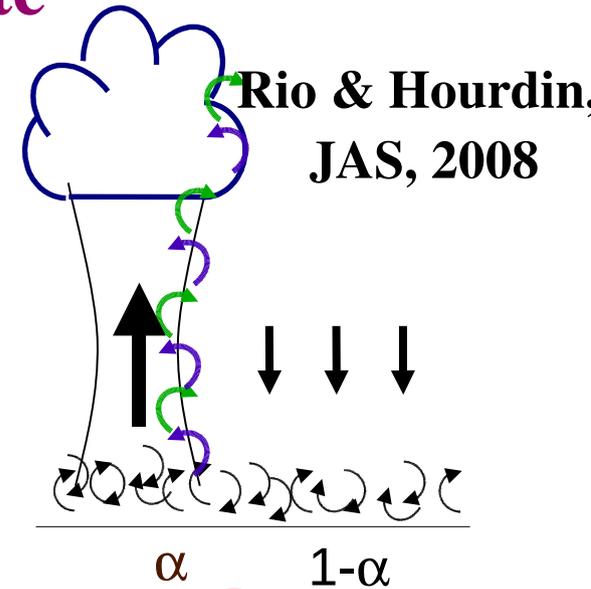
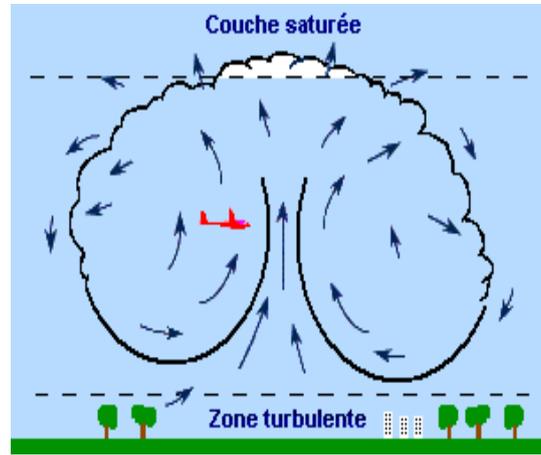
Forçages  
grande-  
échelle

Flux  
de  
surface

Mise en oeuvre dans LMDZ 3D

Paramétrisation des processus

# Les thermiques de couche limite

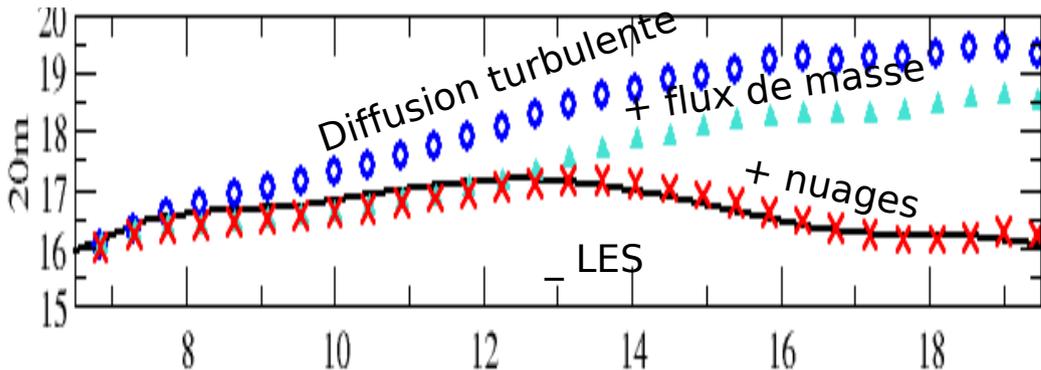


Cycle diurne des cumulus continentaux (cas ARM)  
1D: Environnement ARPEGE/ Physique LMDZ

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

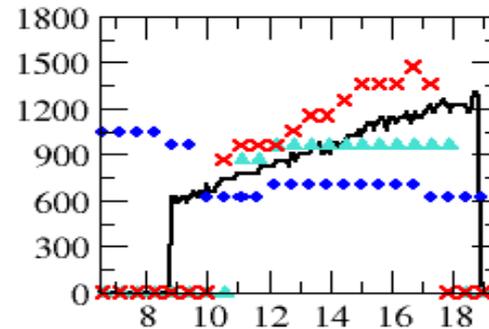
Schéma diffusif TKE      Schéma en flux de masse

humidité spécifique (g/kg)



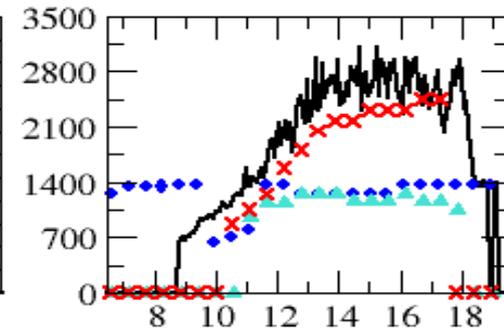
heure locale

base des nuages



heure locale

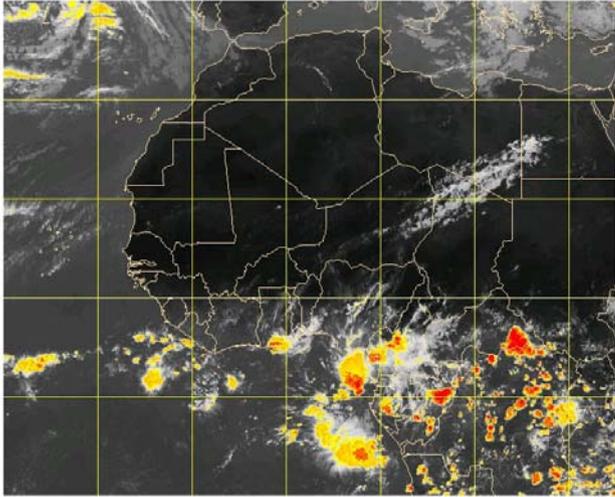
sommet des nuages



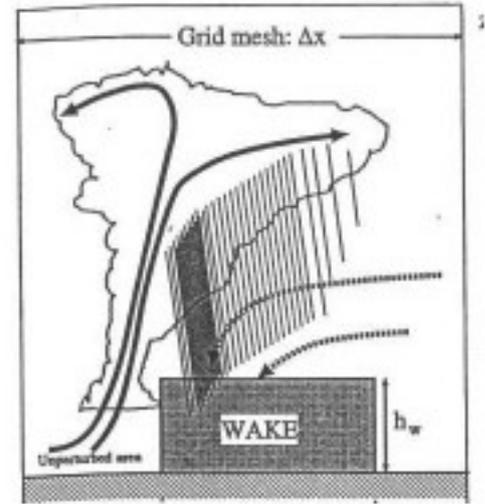
heure locale

# Les courants de densité Paramétrisation des poches froides

Grandpeix & Lafore, JAS, 2009



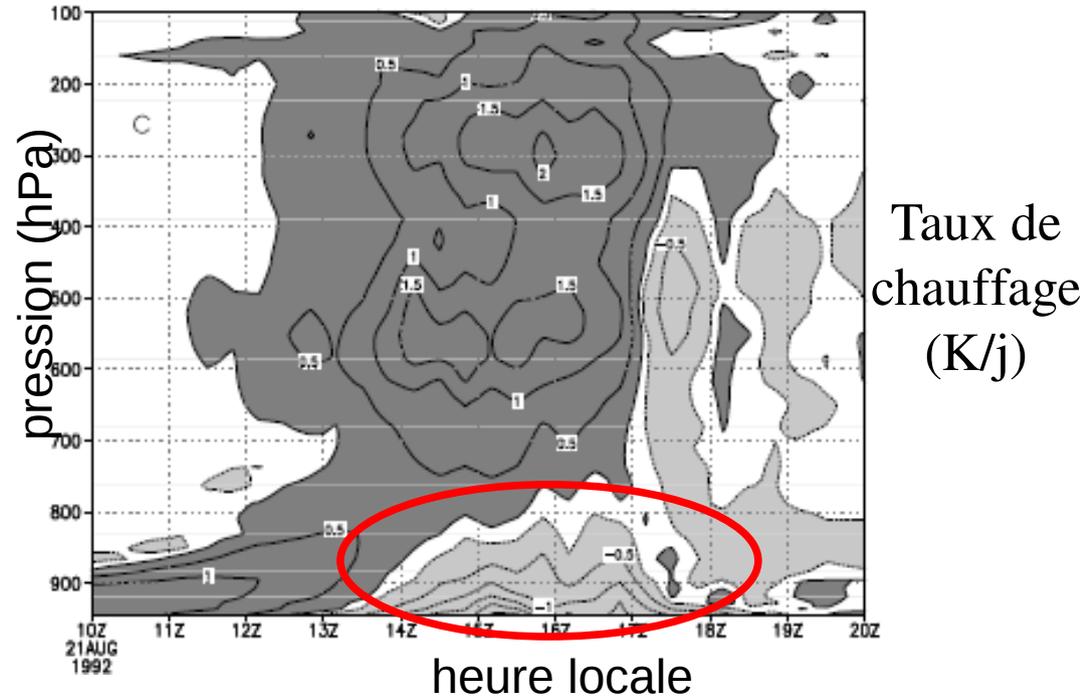
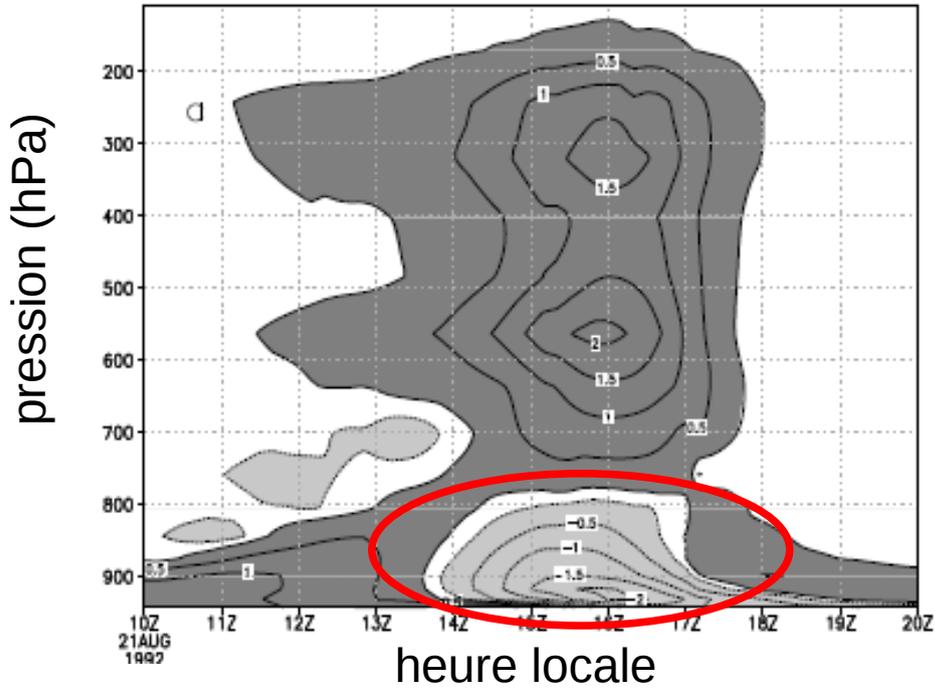
*Guichard Françoise*



Propagation d'une ligne de grain (cas HAPEX Sahel)  
LMDZ 1D

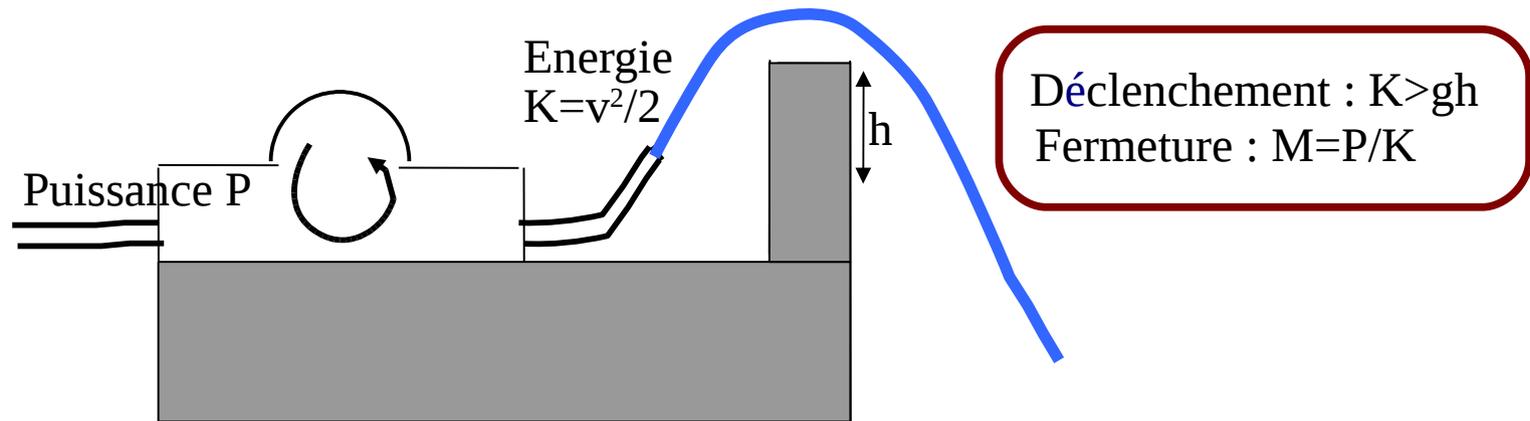
LMDZ

MESO-NH



# La convection profonde

Grandpeix & Lafore, JAS, 2009



K: Energie de soulèvement ou Available Lifting Energy

**ALE en J/kg**

P: Puissance de soulèvement ou Available Lifting Power

**ALP en W/m<sup>2</sup>**

La convection profonde contrôlée par les thermiques et les poches froides:

➤ Déclenchement de la convection profonde:

$$\text{MAX}(ALE_{th}, ALE_{wake}) > |CIN|$$

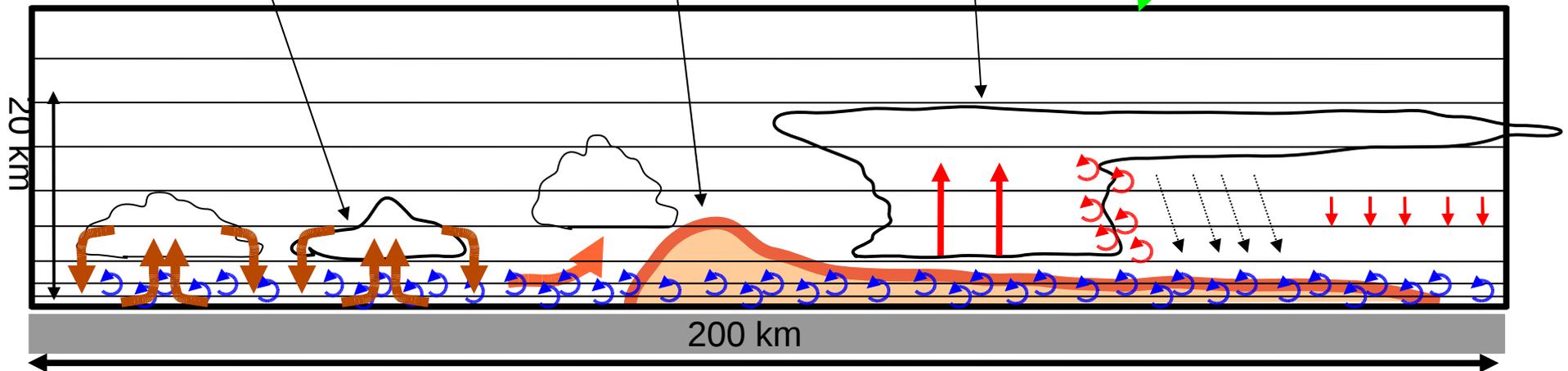
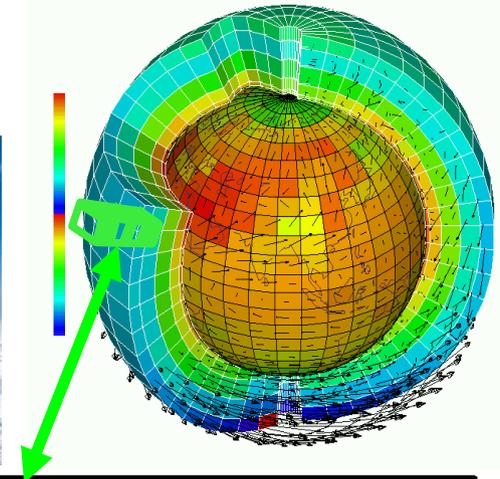
➤ Intensité de la convection profonde:

$$Mb = F(ALP_{th} + ALP_{wake})$$

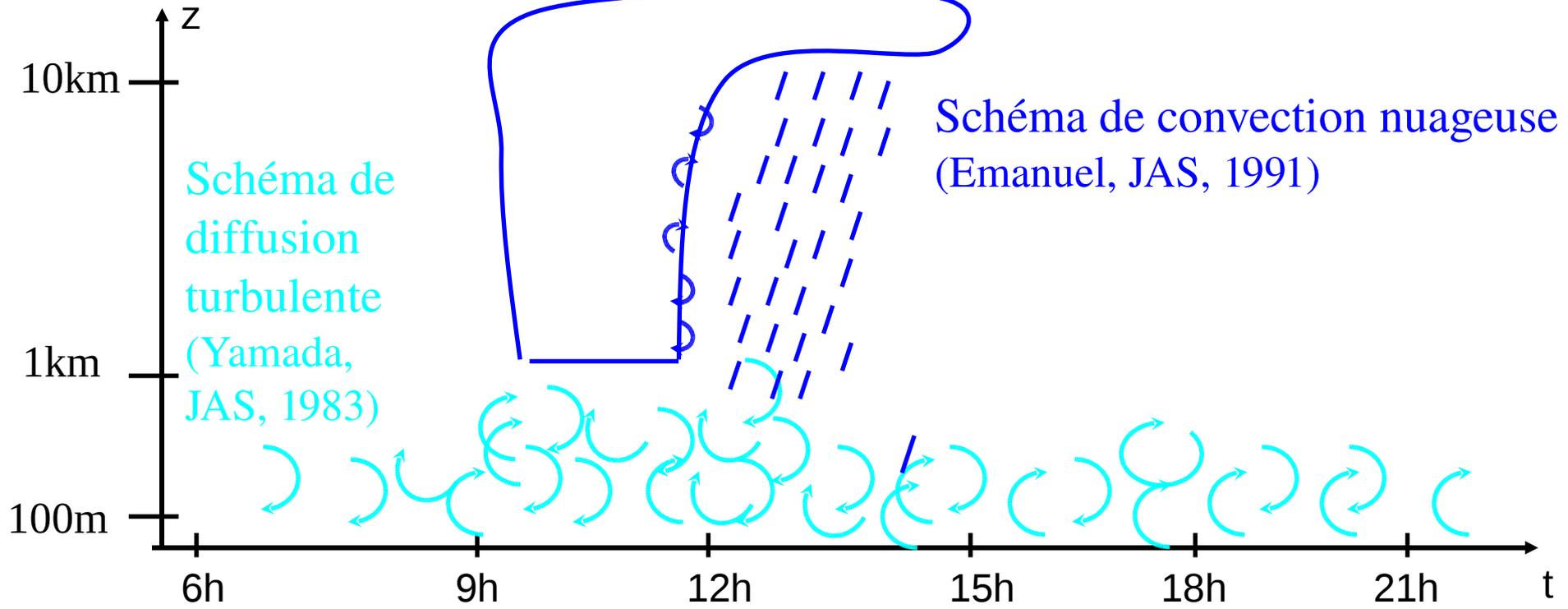
# La physique de LMDZ

Nvllle AR4

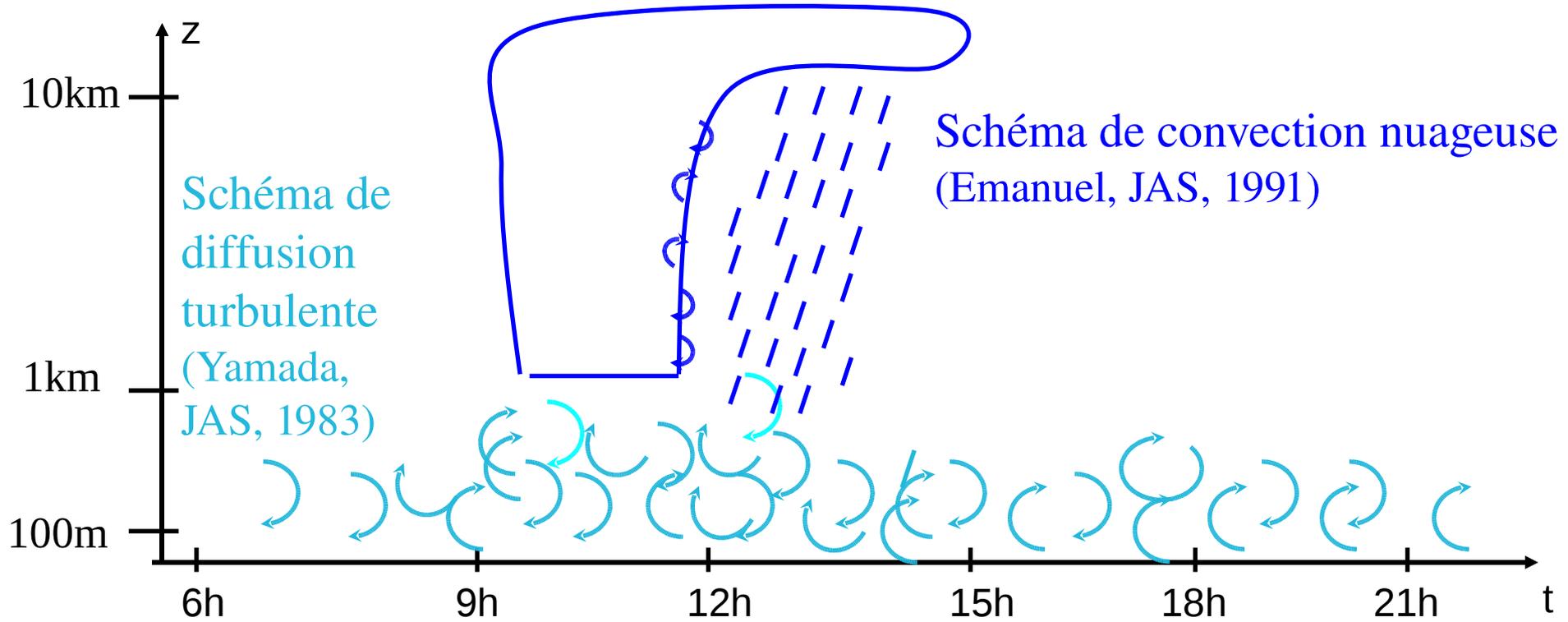
	Couche limite	Convection	Nuages / précipitations
	Schéma diffusif Louis / Laval	Flux de masse K. Emanuel	Schéma de nuage Bony & Emanuel (2001)
	Schéma diffusif TKE pronos + modèle du thermique	Flux de masse K. Emanuel ALE – ALP + poches froides	Pluies conv (Emanuel) Pluies strat (Li)



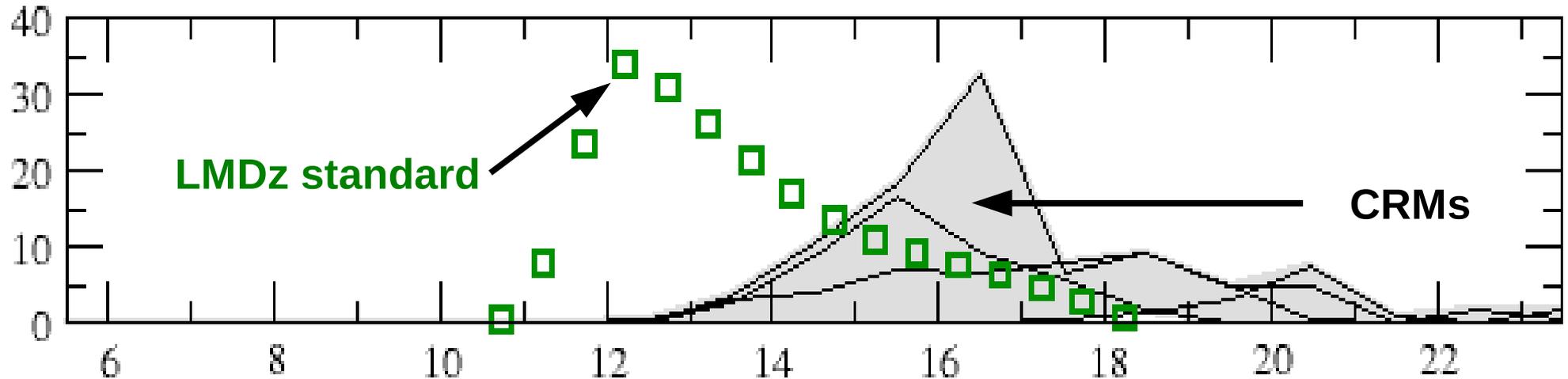
# Le cycle diurne de la convection continentale dans LMDz



# Le cycle diurne de la convection continentale dans LMDz

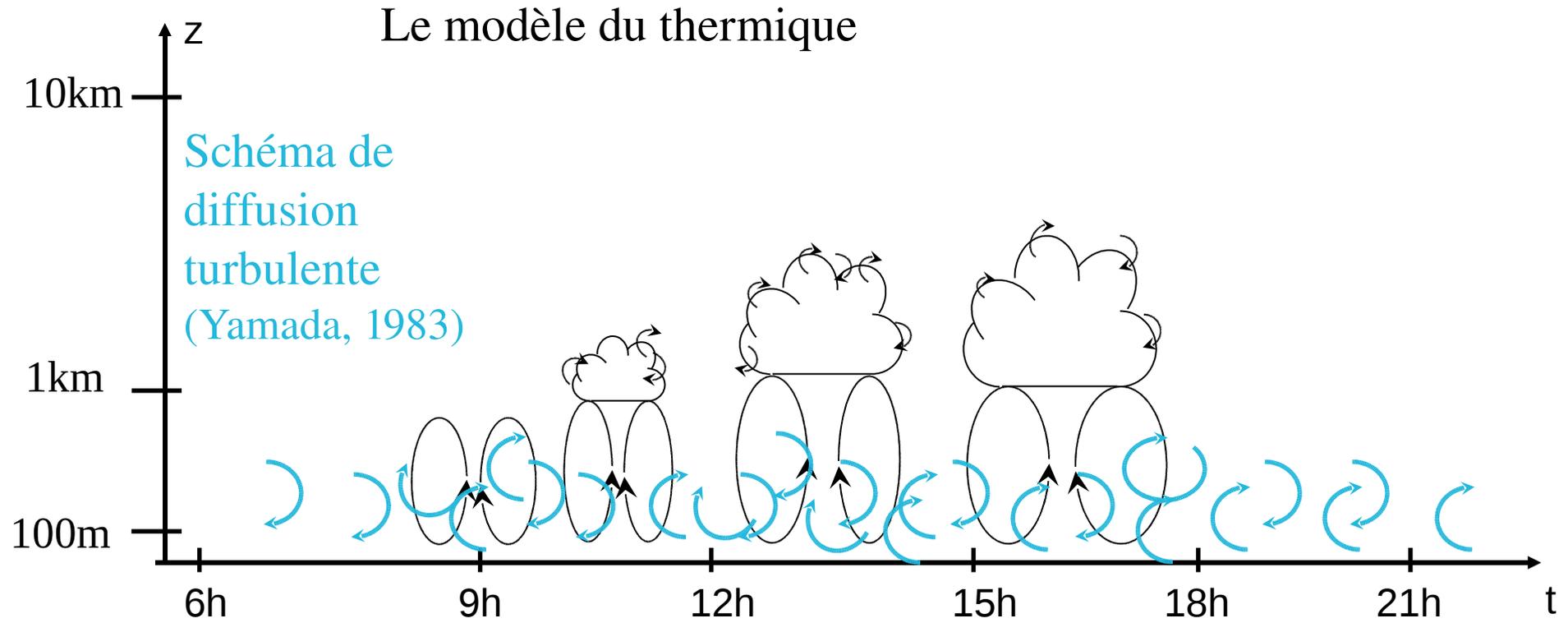


Cycle diurne des précipitations le 27 juin 1997 sur le site ARM en Oklahoma

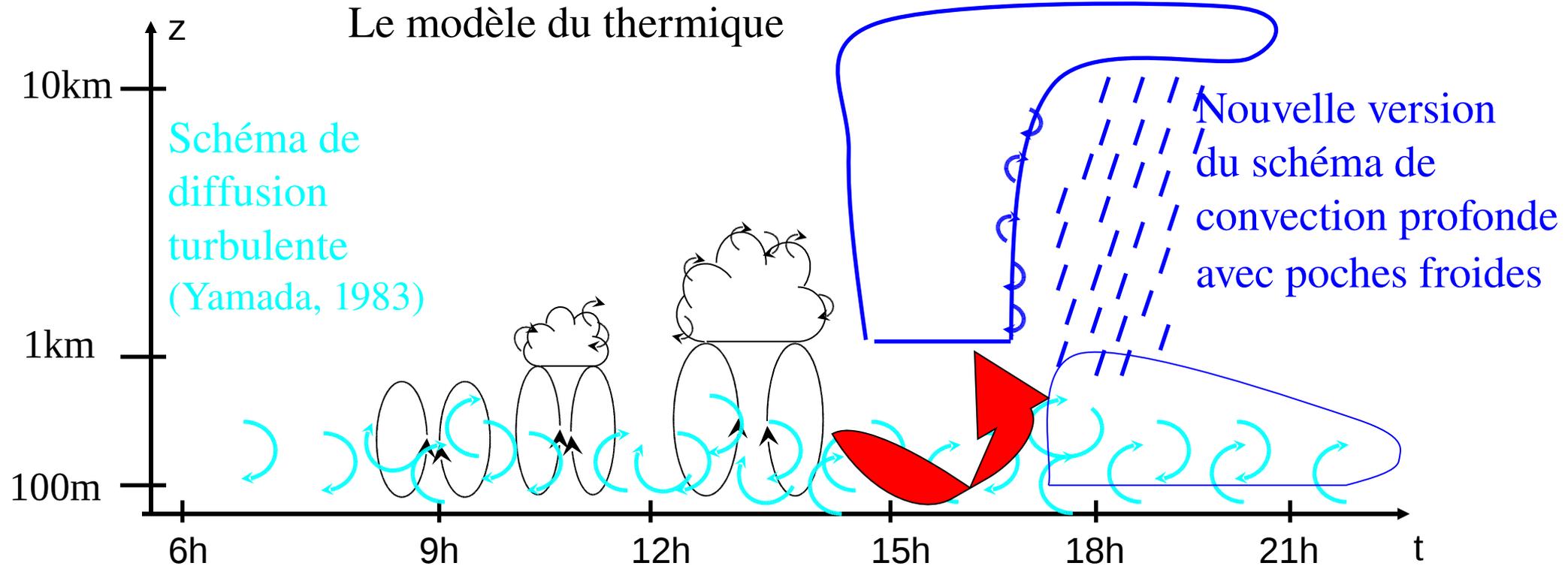


**Maximum de précipitations en phase avec le maximum d'ensoleillement**

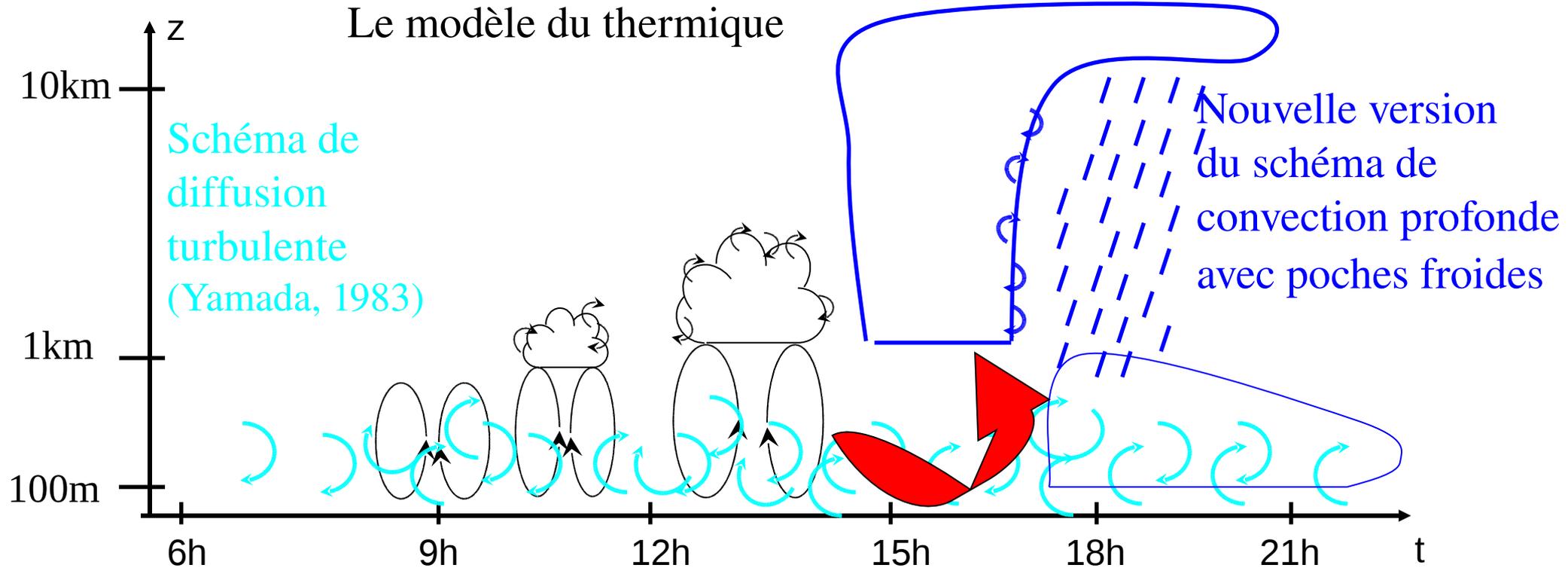
# Le cycle diurne de la convection continentale dans LMDz



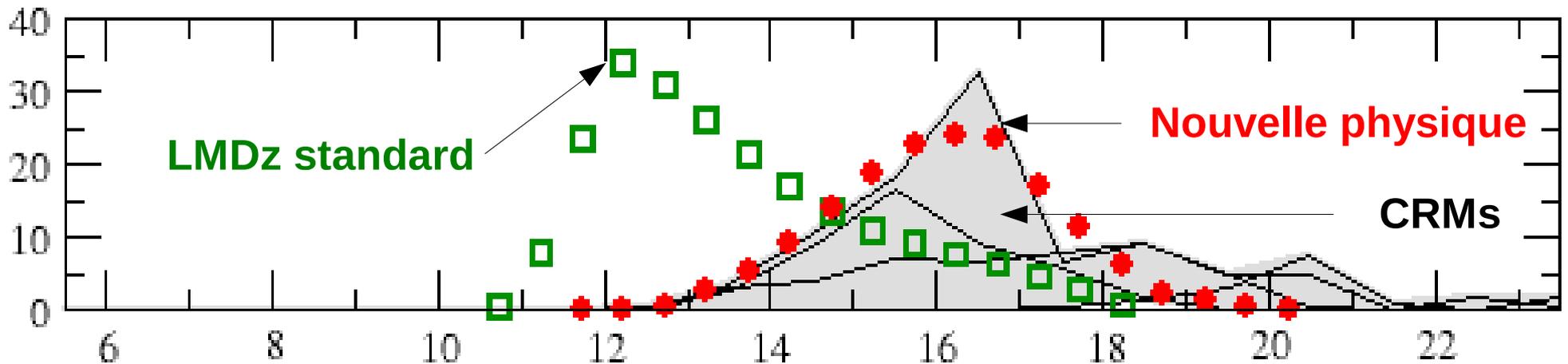
# Le cycle diurne de la convection continentale dans LMDz



# Le cycle diurne de la convection continentale dans LMDz



Cycle diurne des précipitations le 27 juin 1997 sur le site ARM en Oklahoma



## Du 1D au 3D

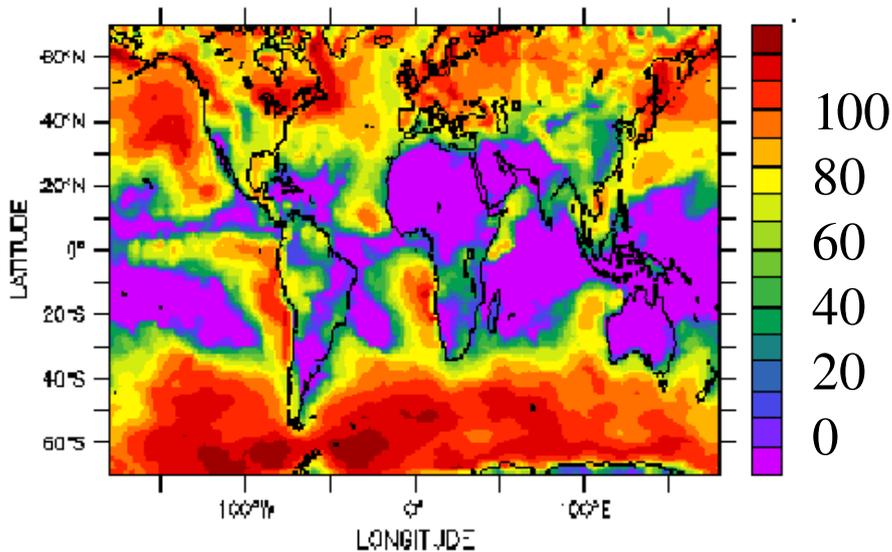
- ➔ Problème(S) d'instabilité numérique  
Apparemment résolus  
Premières simulations avec un pas de temps de 10 minutes
- ➔ Re-réglage du modèle: en cours

## Du 1D au 3D

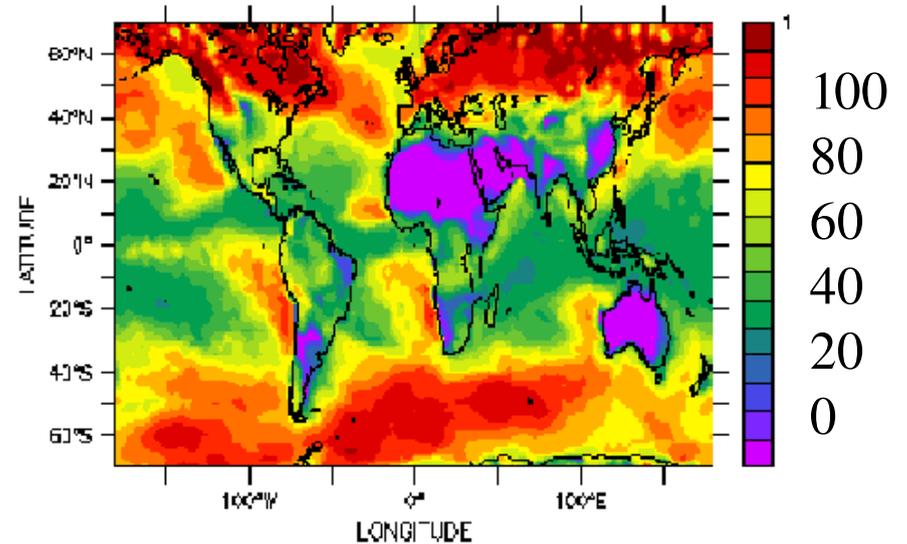
- ➔ Problème(S) d'instabilité numérique  
Apparemment résolus  
Premières simulations avec un pas de temps de 10 minutes
- ➔ Re-réglage du modèle: en cours

## Couverture des nuages bas

LMDz AR4



LMDz avec modèle du thermique



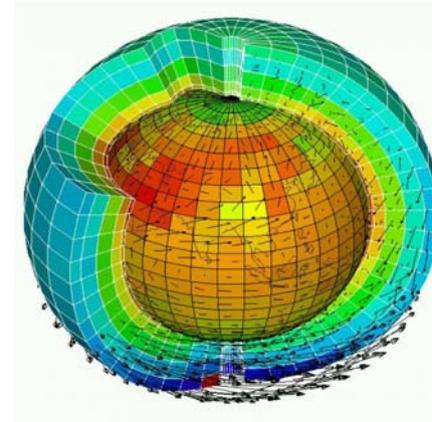
Augmentation des nuages bas sur les océans tropicaux  
Moins de nuages aux moyennes latitudes

# Les nuages bas

Observations CALIPSO  
sur grille LMDZ

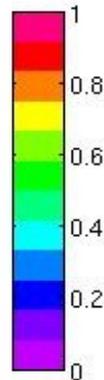
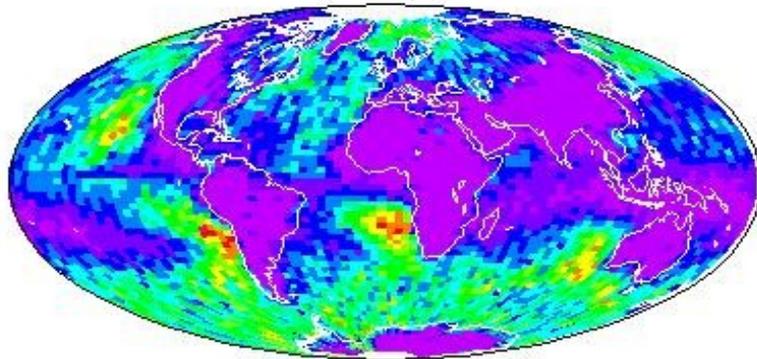


LMDz global  
+ simulateur CALIPSO

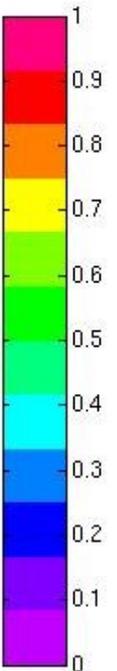
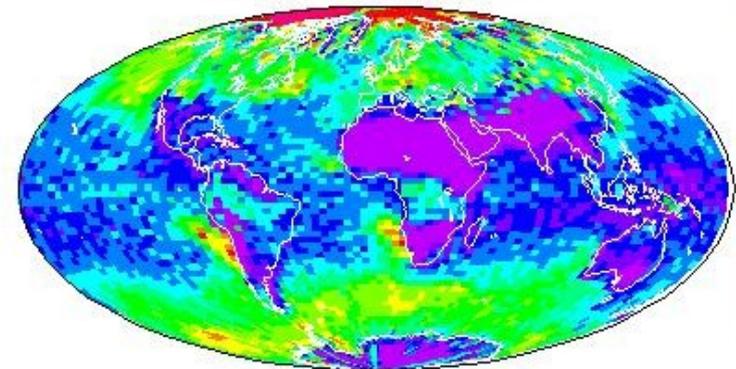


## Couverture des nuages bas

LOW CLOUD FRACTION OBSERVED

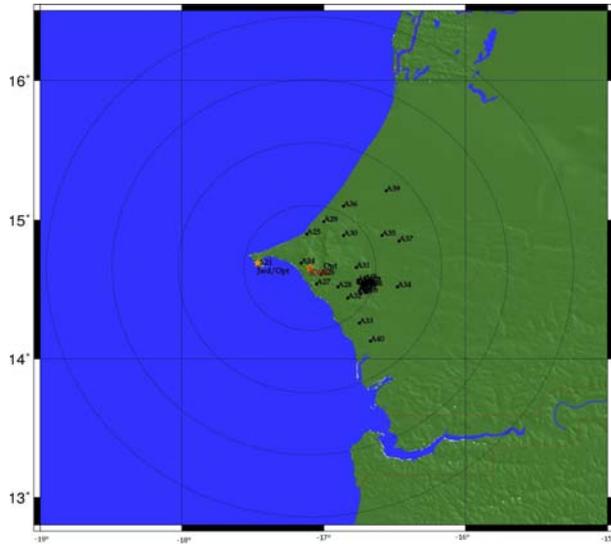


LOW CLOUD FRACTION-MODEL

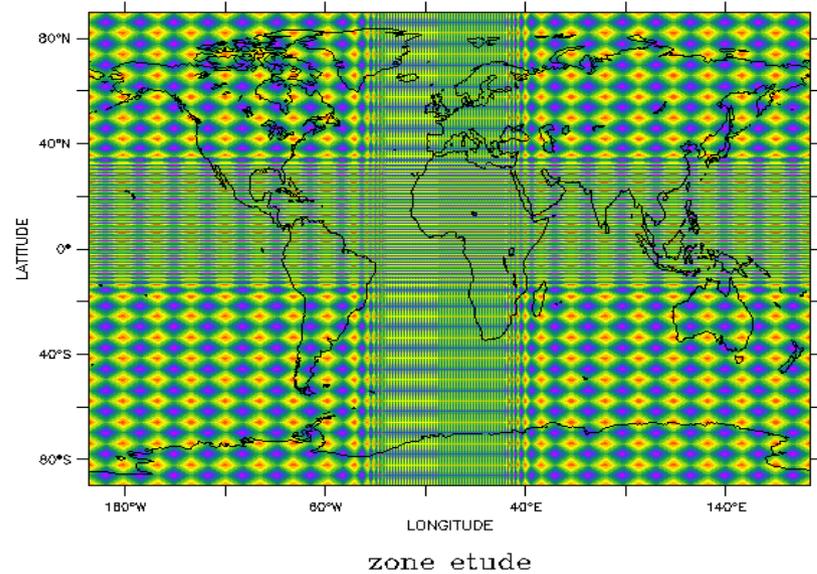


# Le cycle diurne des précipitations

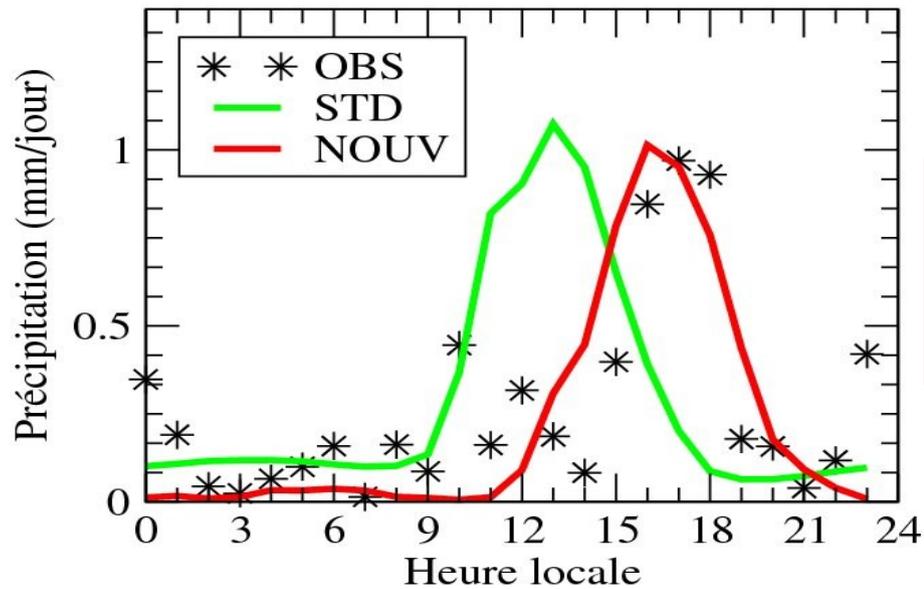
Réseau d'observations  
Campagne AMMA



LMDz en mode zoomé guidé  
sur l'Afrique de l'Ouest



Evolution moyenne de la pluie dans la journée au Sénégal



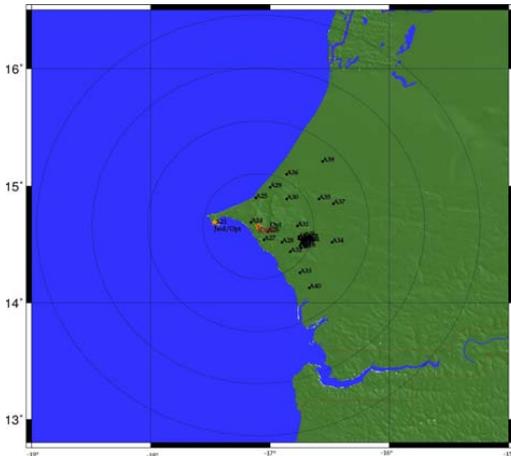
Décalage du cycle diurne  
de la convection orageuse  
continentale confirmée

## Conclusions

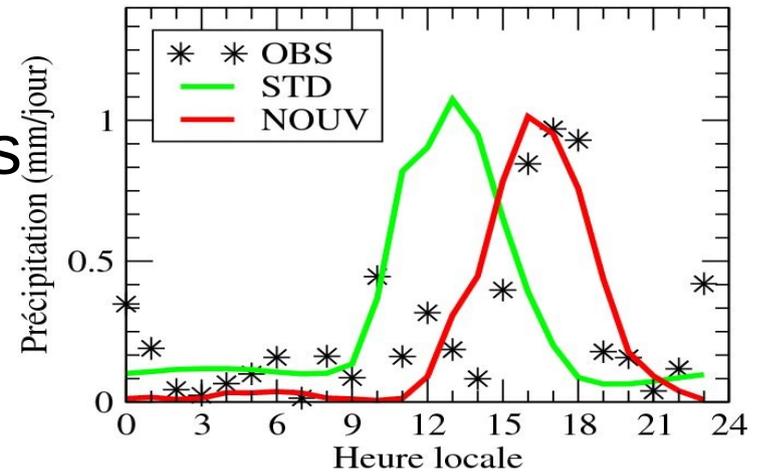
- × La nouvelle physique: le résultat de dix années de développements
- × Pertinence du cadre 1D et des configurations zoomées guidées pour évaluer la physique des modèles
- × Du 1D au 3D, il y a un GRAND pas!
- × Améliorations attendues: transport et nuages de couche limite, cycle de vie de la convection
- × Quels impacts sur les mécanismes climatiques, la sensibilité climatique, pour la composante chimie/aérosols?

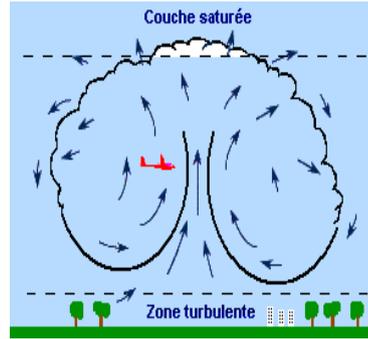
## Les développements futurs...

- × Les stratocumulus
- × Le schéma de nuages
- × La microphysique



Evolution  
moyenne  
de la pluie dans  
la journée  
au Sénégal  
Réseau  
d'observation





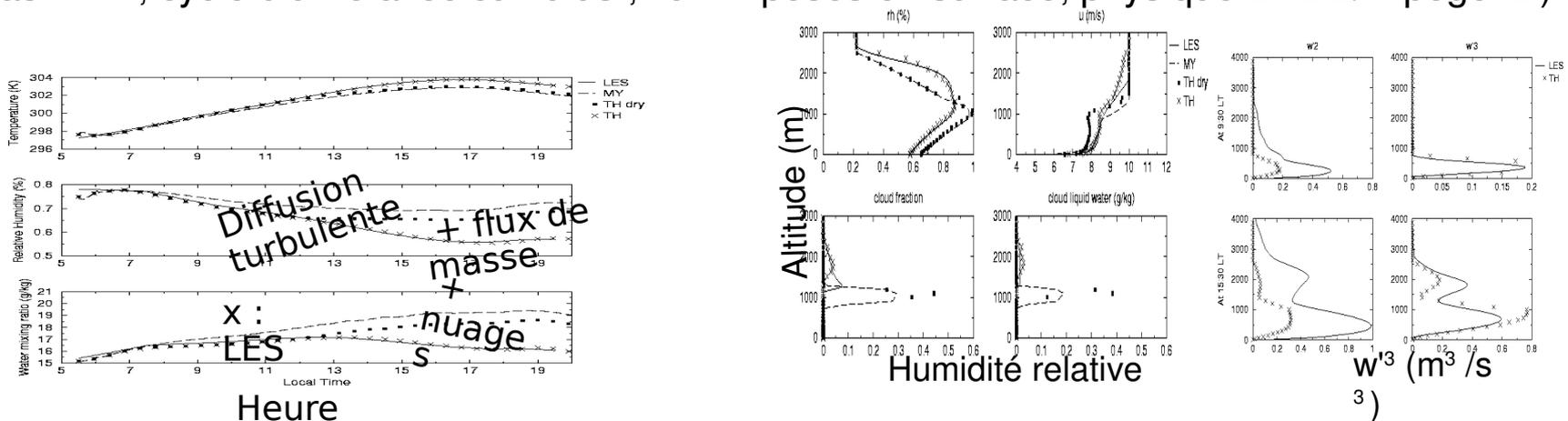
Combinaison schéma diffusif TKE et schéma en flux de masse

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

Thermique  $\alpha$       Subsidence compensatoire  $1 - \alpha$

**Simulations des grands tourbillons (x : LES) et paramétrisation en mode uni-colonne**  
 (Cas ARM, cycle diurne avec cumulus ; flux imposés en surface, physique LMDZ/Arpege1D).

Humidité spéc.  
(g/kg)



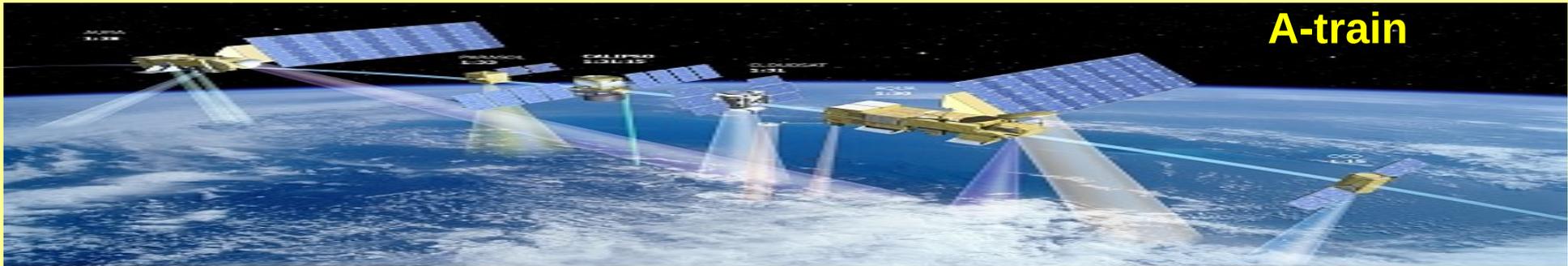
Heure

Humidité relative

$w^3$  (m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup>)

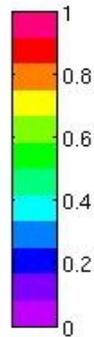
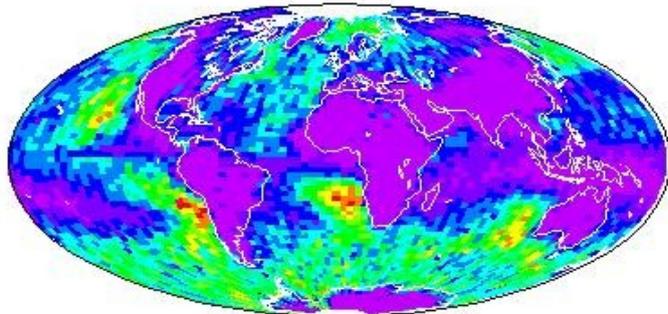
3)

	LMD_IPCC	LMD_NEW
Turbulence	Louis/Laval	Mellor & Yamada
Précipitation	Précip: K.Emanuel (conv)+ L.Li (stratiforme) Propriétés optiques: Bony & Emanuel	Précip: K.Emanuel (conv)+ L.Li (stratiforme) Propriétés optiques: Bony & Emanuel
Convection	Flux de masse/K.Emanuel	Schéma des thermiques en flux de masse/Hourdin, Rio + K.Emanuel modifié

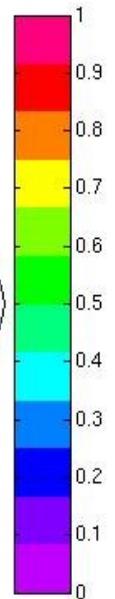
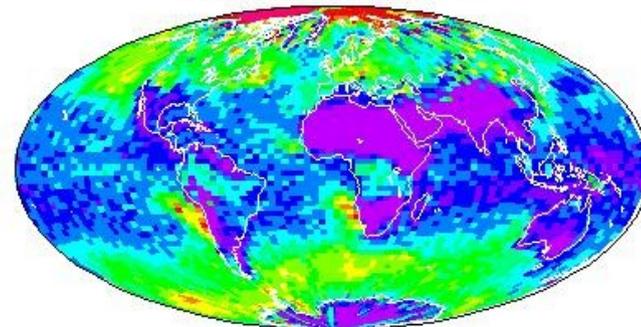


## Couverture nuages bas

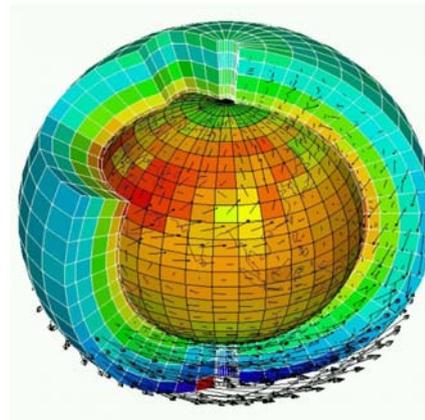
LOW CLOUD FRACTION OBSERVED



LOW CLOUD FRACTION-MODEL



Observations  
calipso  
grille LMDZ



LMDZ « nouvelle  
physique »  
+ simulateur  
calipso

# Passage 1D → 3D

Problème(S) d'instabilité numérique

Apparemment résolu.

Le modèle tourne aujourd'hui avec des pas de temps d'une demi-heure

Re-réglage : en cours

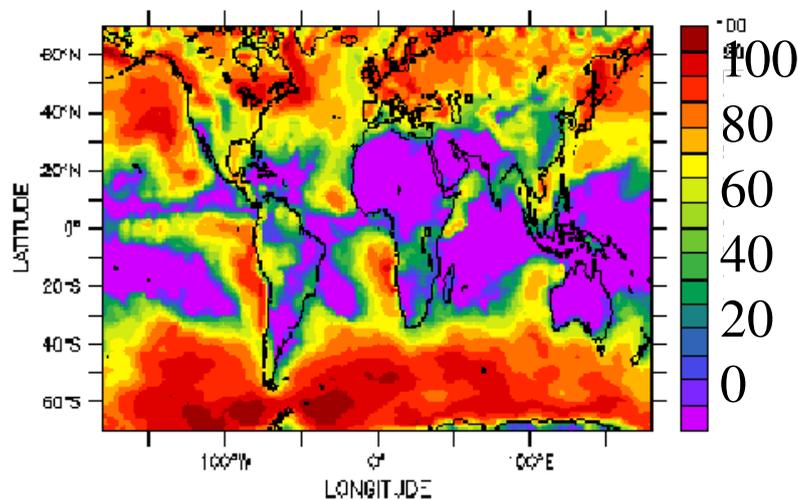
Premiers résultats :

Beaucoup plus de nuages bas sur les océans tropicaux (+)

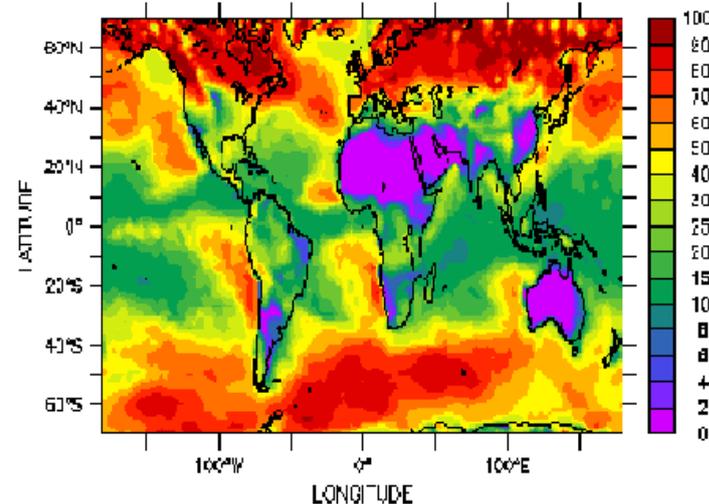
Moins de nuages sur les moyennes latitudes (+)

Décalage du cycle diurne de la convection orageuse continentale confirmé.

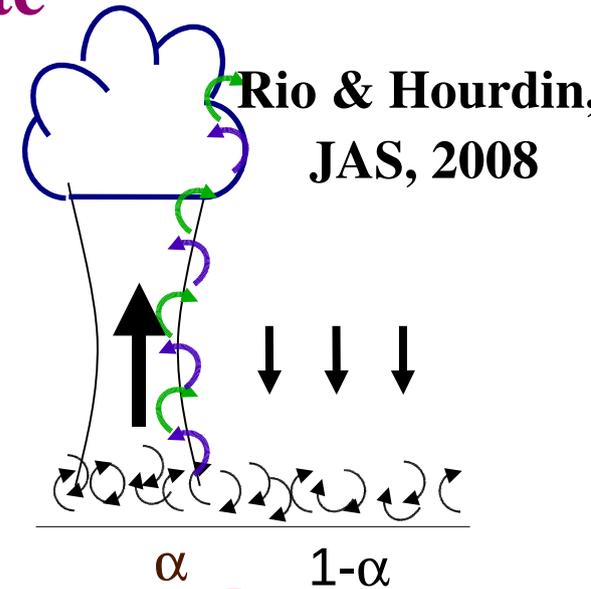
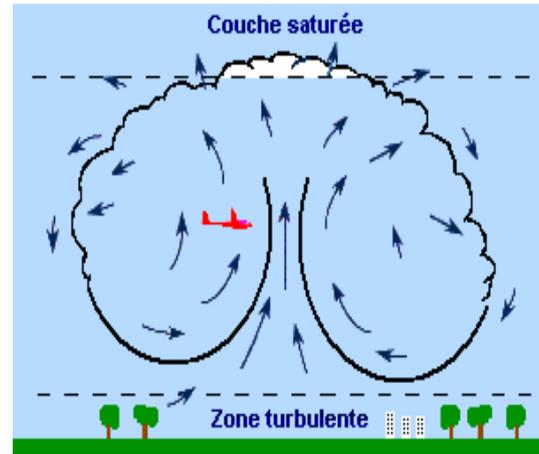
Sous-estimation des nuages bas  
LMDz standard



LMDz avec modèle du thermique



# Les thermiques de couche limite



Cycle diurne des cumulus continentaux (cas ARM)  
1D: Environnement ARPEGE/ Physique LMDZ

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

Schéma diffusif TKE (pointing to the diffusion term)      Schéma en flux de masse (pointing to the mass flux term)

