

# **La nouvelle physique de LMDZ**

Catherine Rio & Jean-Yves Grandpeix

pour

l'équipe modélisation du climat

# Développements

Echelle climatique

## Biais du modèle

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

...

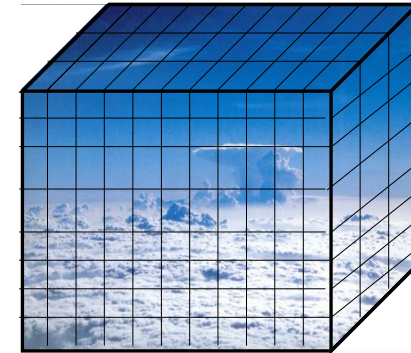


Impact sur la simulation  
du climat présent et futur:  
ITCZ, MJO, moussons, nuages bas ...

Mise en oeuvre dans LMDZ 3D

Echelle des processus physiques

## couche limite, convection, nuages

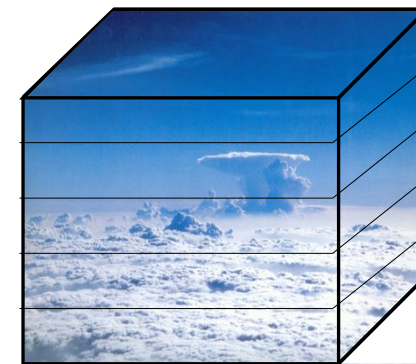


Forçages  
grande-  
échelle

Flux  
de  
surface

Equipe méso-échelle  
du CNRM (MOANA)

Projets  
AMMA, DEPHY



Forçages  
grande-  
échelle

Flux  
de  
surface

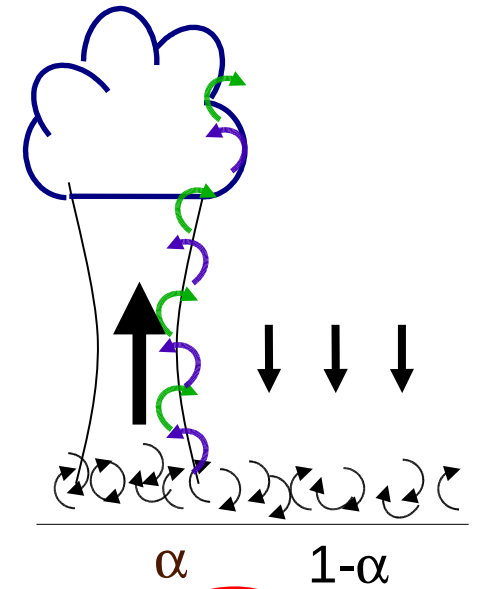
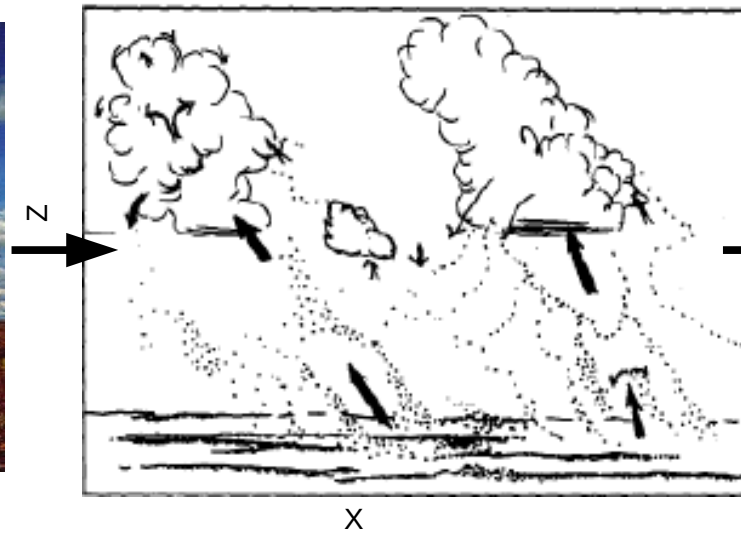
Paramétrisation des processus

A large, mushroom-shaped nuclear mushroom cloud rises from the ocean surface under a clear blue sky. The cloud has a thick, dark column of smoke and debris rising from the water, topped by a large, flat, white cloud that spreads out horizontally. The ocean surface is visible in the foreground, with some white foam from waves. The text "Les composantes de la nouvelle physique" is overlaid on the image in a black, sans-serif font.

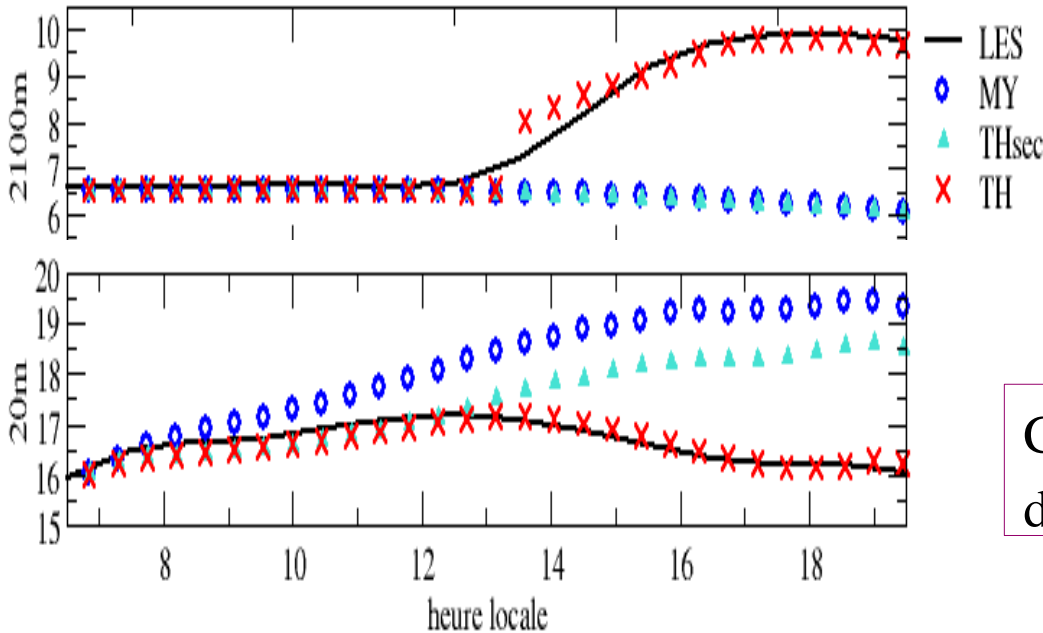
Les composantes de la nouvelle physique

# La couche limite: diffusion turbulente et thermiques

LeMone and Pennell, MWR, 1976



humidité spécifique (g/kg)



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

Schéma diffusif TKE

Schéma en flux de masse

Mellor & Yamada, JAS, 1974

Cas de cycle diurne des cumulus continentaux (ARM)

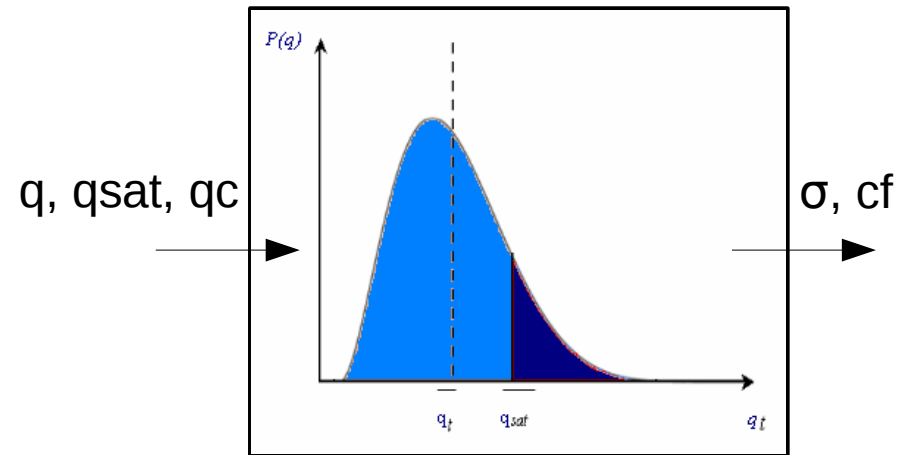
Hourdin & al., JAS, 2003  
Rio & Hourdin, JAS, 2010

# La couche limite: le schéma de nuages

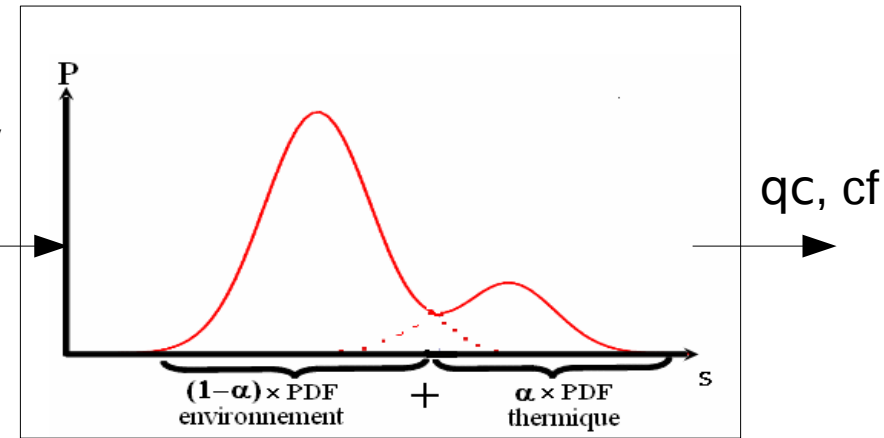
Hypothèse sur la distribution a priori de l'eau ( $q$ ) ou déficit à la saturation ( $s$ ) sous-maille

Convection profonde

Convection peu profonde



$\sigma_{env}, \sigma_{env}$   
 $\sigma_{th}, \sigma_{th}, \alpha$



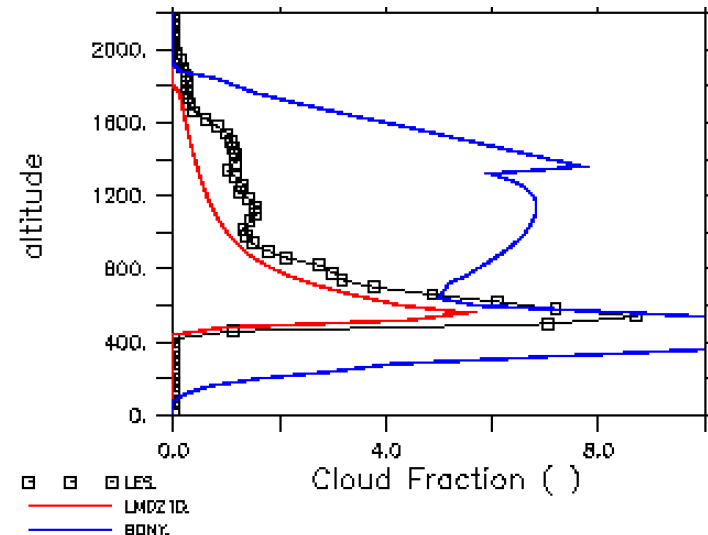
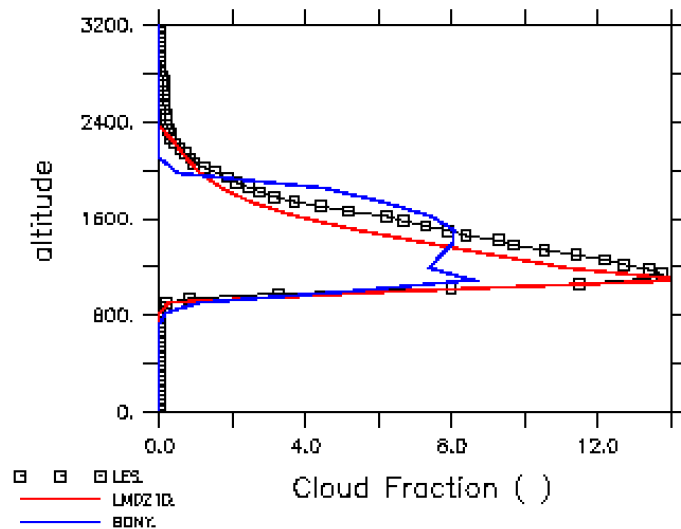
*Bony & Emanuel, JAS, 2001*

*Jam & al., soumis à BLM*

Fraction nuageuse

Cumulus continentaux (ARM)

Cumulus océaniques (BOMEX)

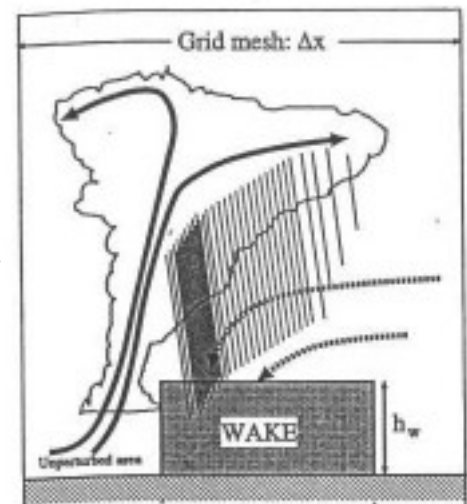
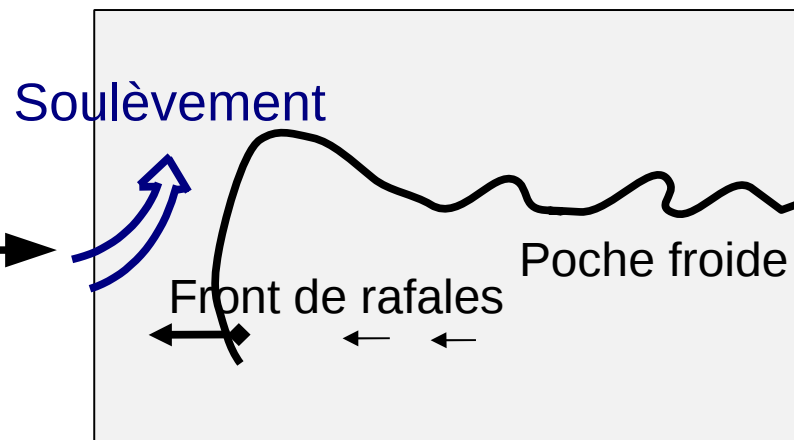


— LES  
— lognormal  
— bigaussienne

# Les courants de densité: paramétrisation des poches froides



Guichard Françoise

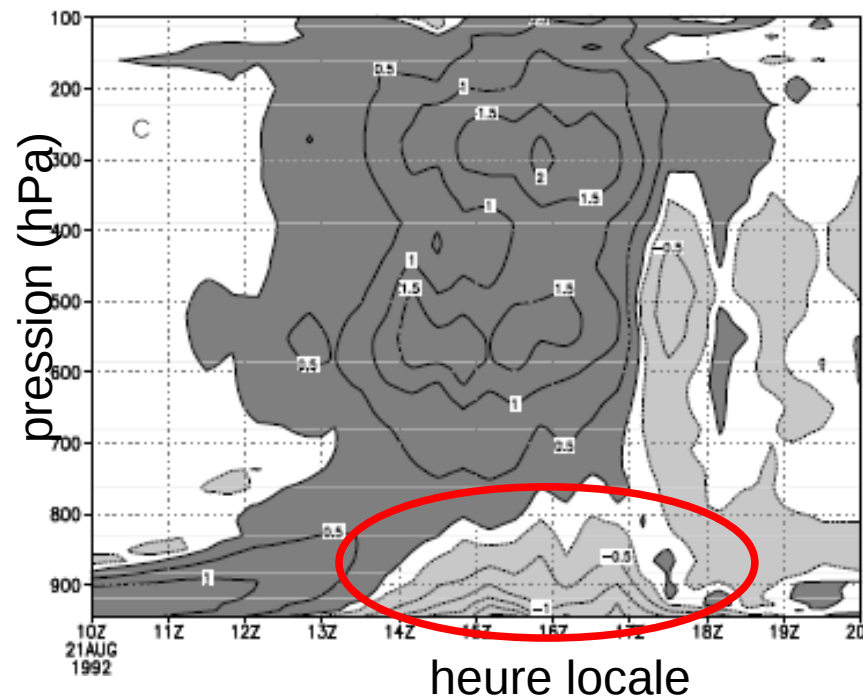
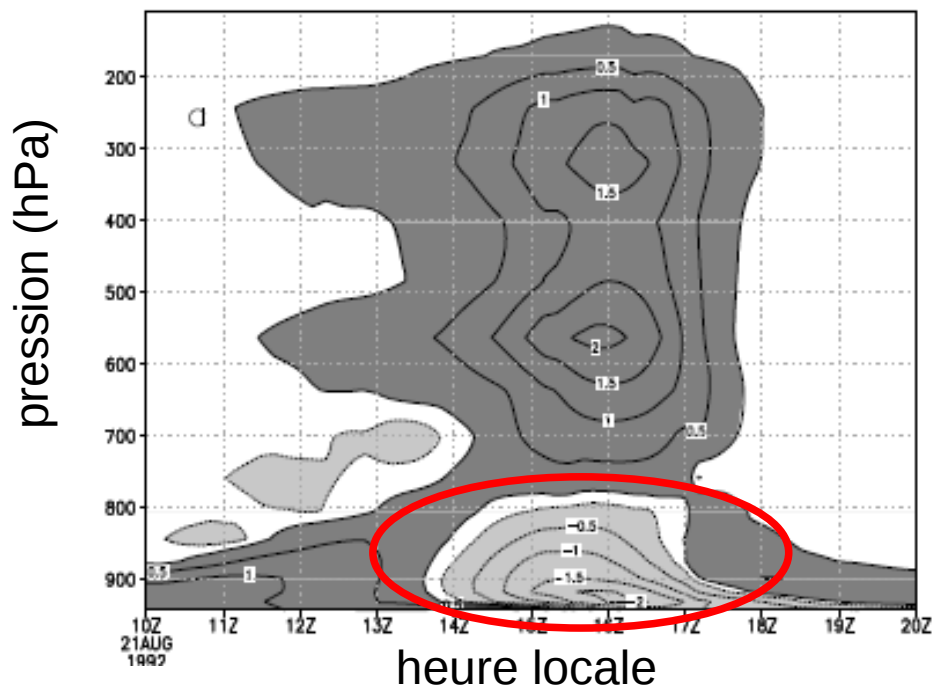


Grandpeix & Lafore, JAS, 2010

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

LMDZ

MESO-NH



Taux de chauffage (K/j)



# La convection profonde

Emanuel, JAS, 1991

Available lifting energy (J/kg):

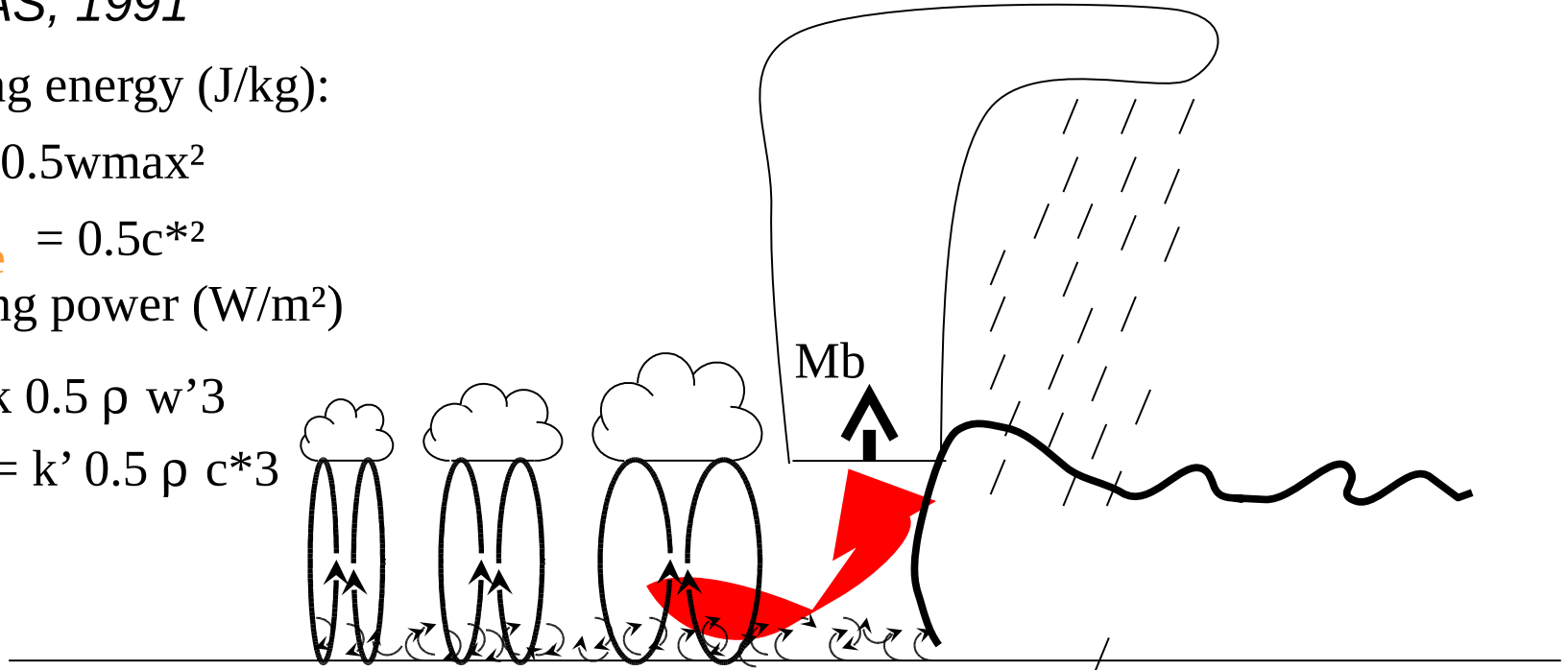
$$ALE_{th} = 0.5w_{max}^2$$

$$ALE_{wake} = 0.5c^*2$$

Available lifting power (W/m<sup>2</sup>)

$$ALP_{th} = k \cdot 0.5 \rho w'^3$$

$$ALP_{wake} = k' \cdot 0.5 \rho c'^3$$



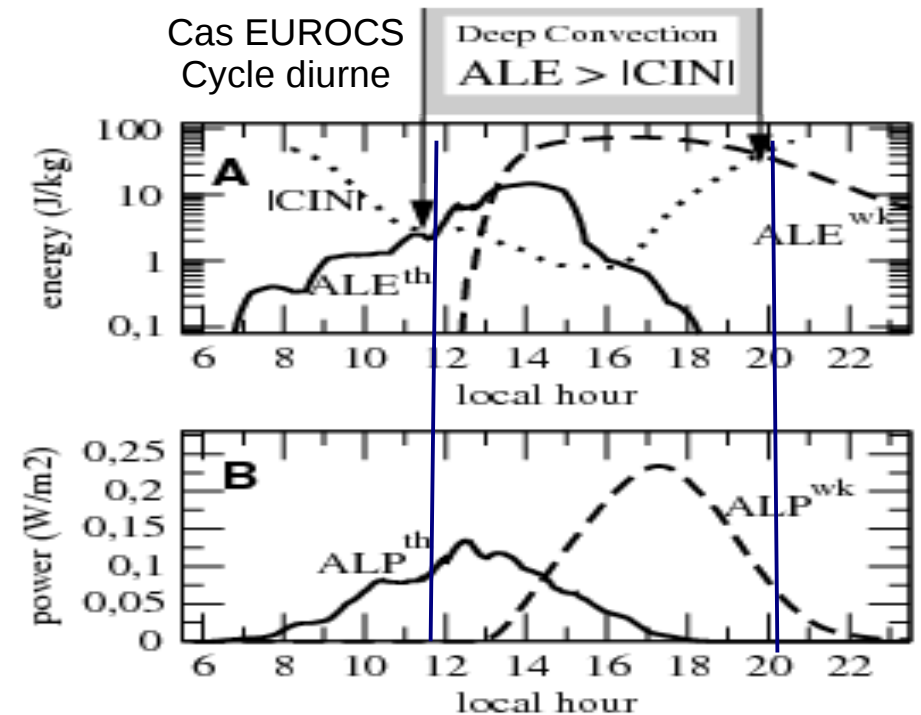
Contrôle de la convection par les thermiques et les poches froides

Déclenchement:

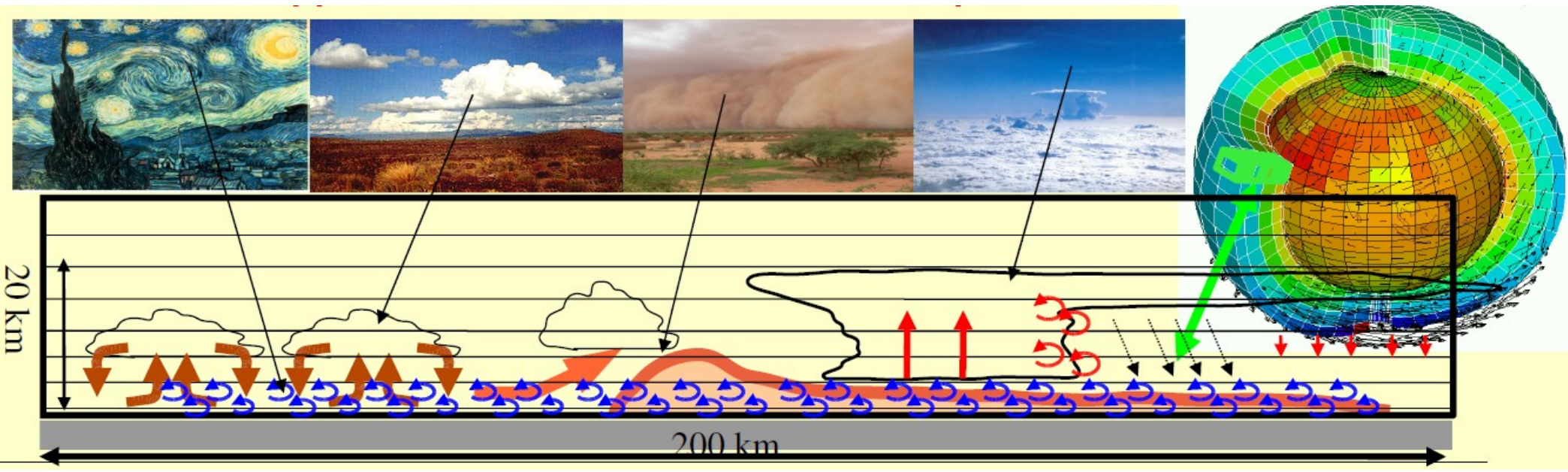
$$\text{MAX} (ALE_{th}, ALE_{wk}) > |CIN|$$

Intensité (fermeture):

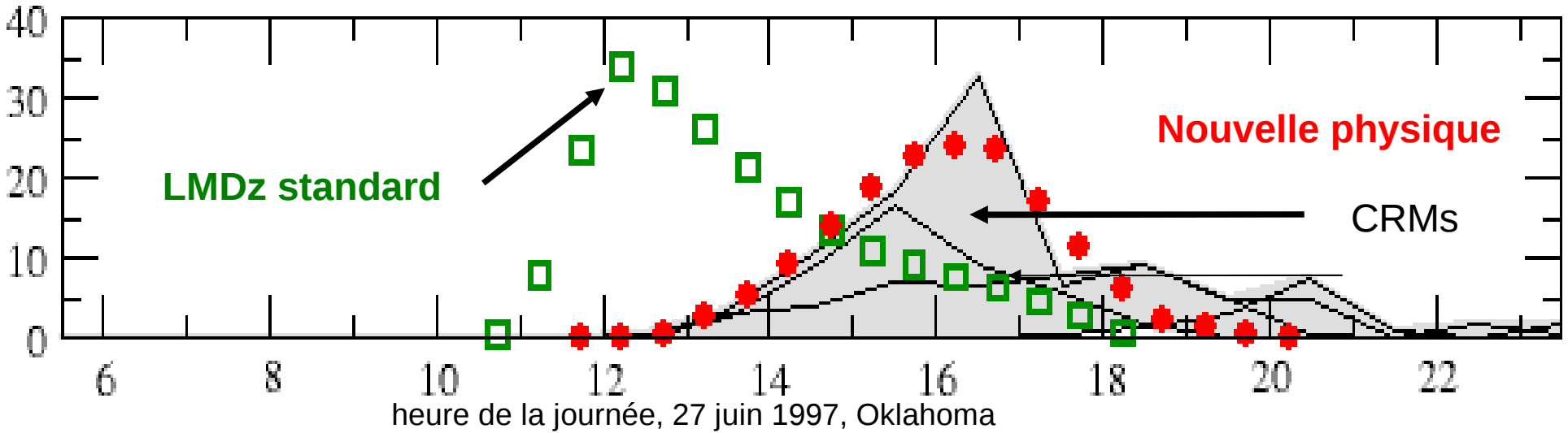
$$Mb = f(ALP_{th} + ALP_{wk})$$



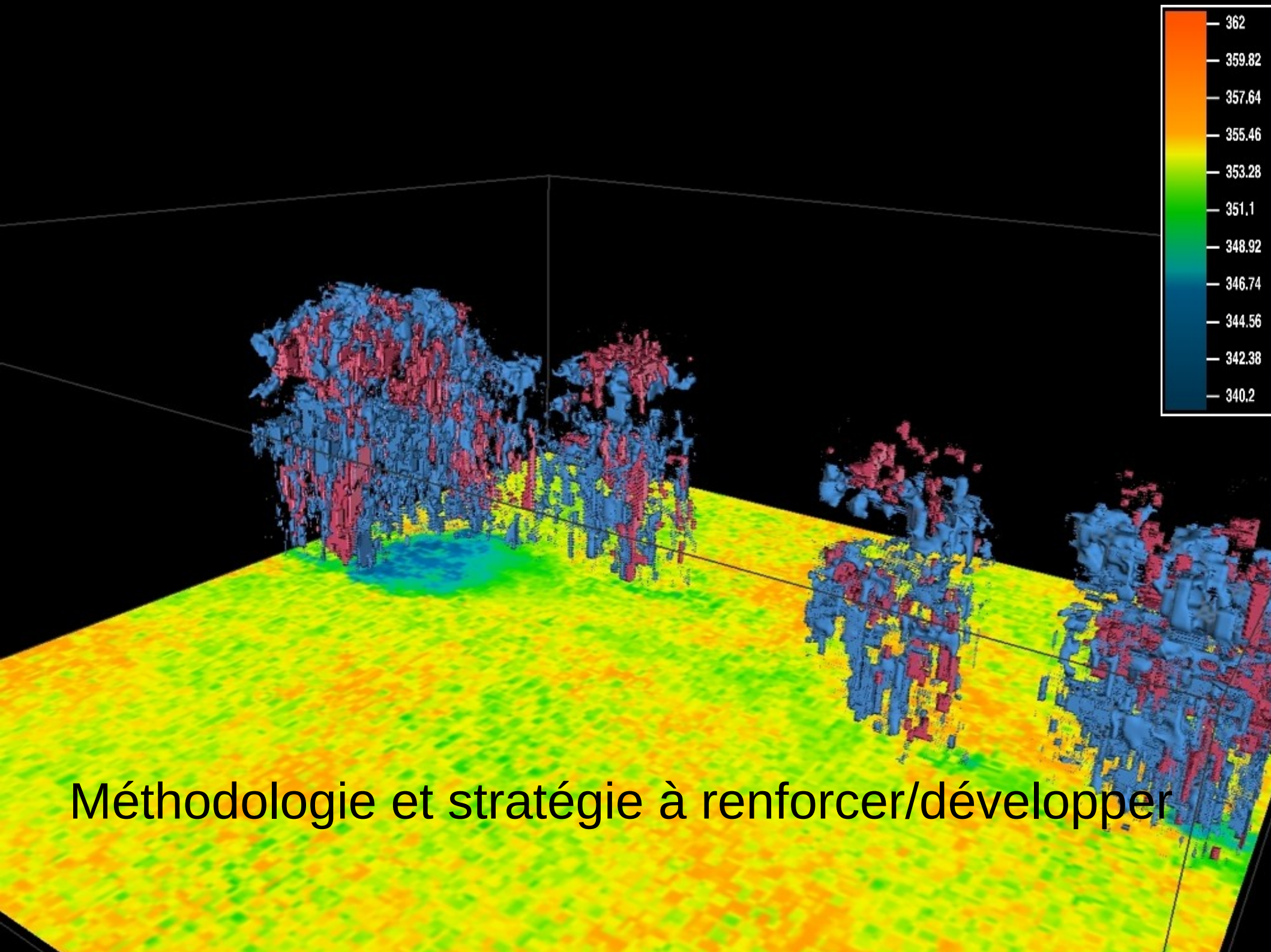
# Les différentes composantes de la nouvelle physique



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



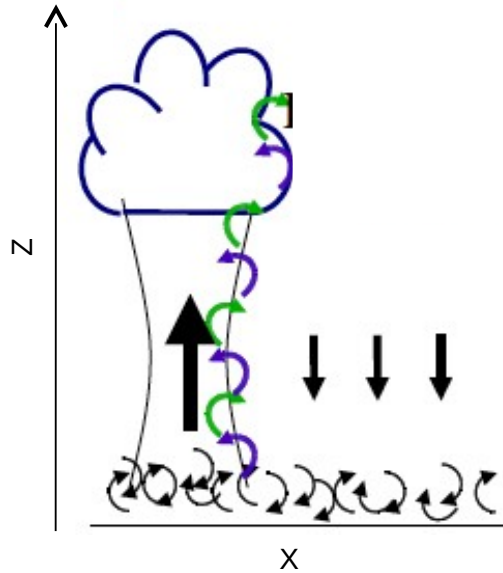




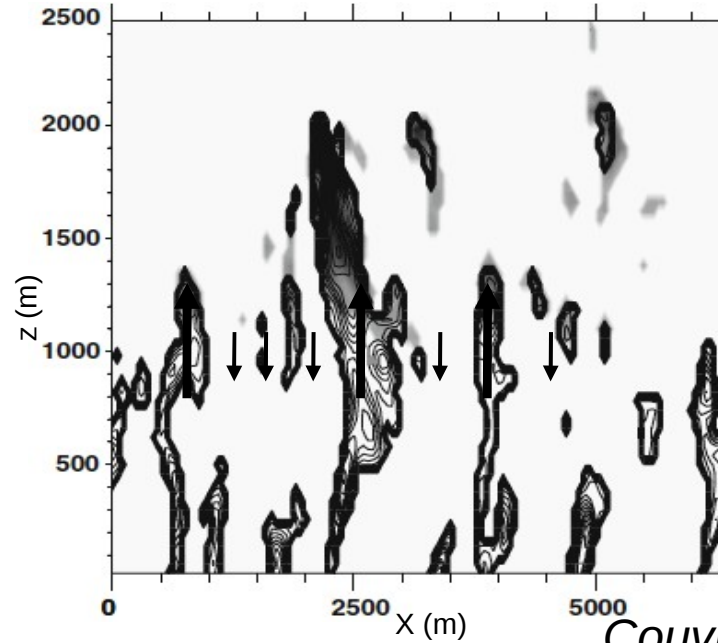
Méthodologie et stratégie à renforcer/développer

# Echantillonnage conditionnel dans les LES des structures paramétrisées

*Modèle du thermique*



*Simulations explicites*

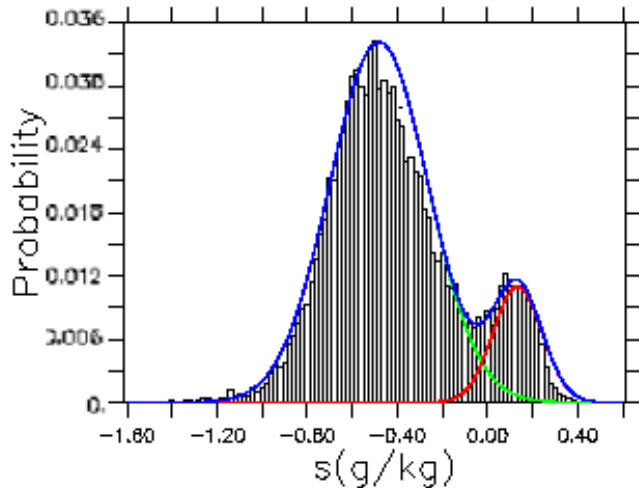


Caractérisation des thermiques dans les LES: Suivi d'un traceur

*Couvreux & al., BLM, 2010*

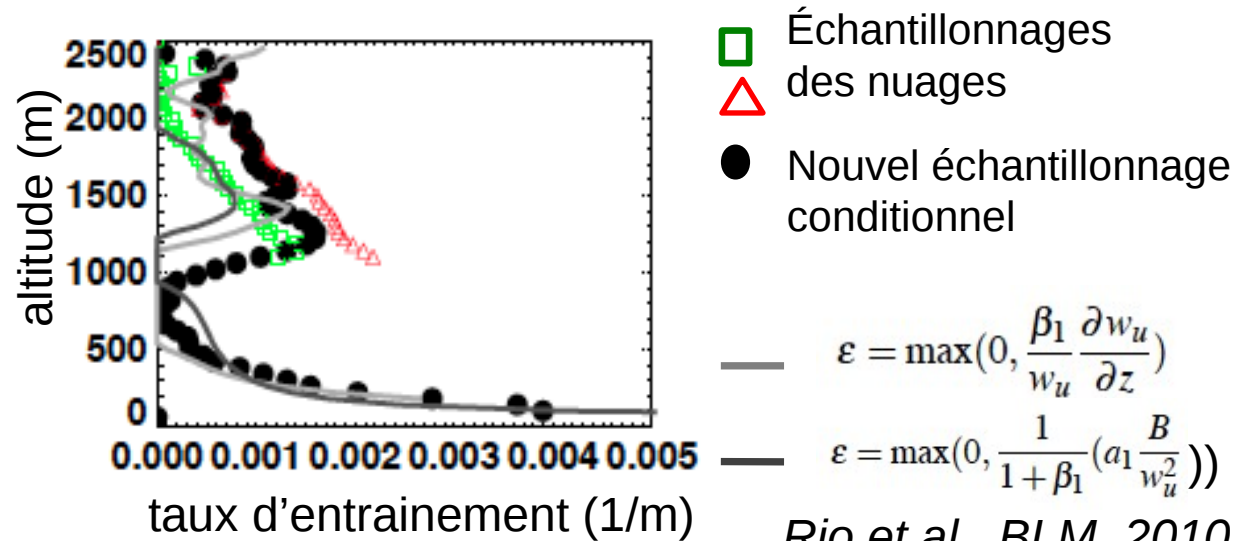
-> Variables internes aux paramétrisations

Déviations standard des 2 gaussiennes du schéma de nuages



*Jam et al., soumis à BLM*

Taux de mélange entre thermiques et environnement

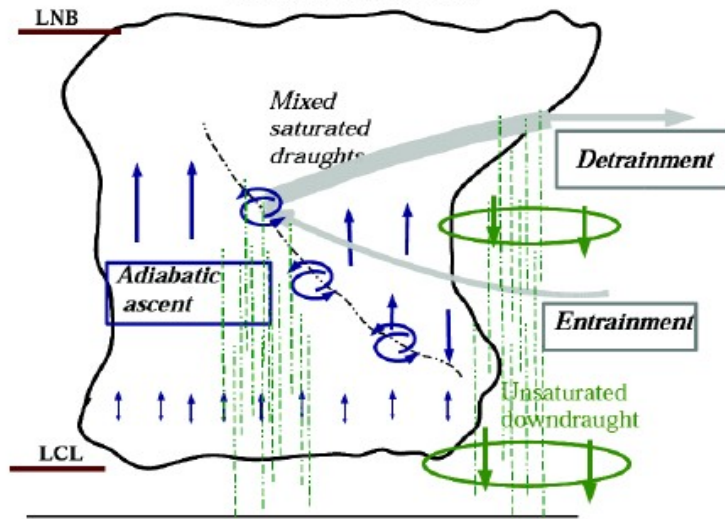


*Rio et al., BLM, 2010*

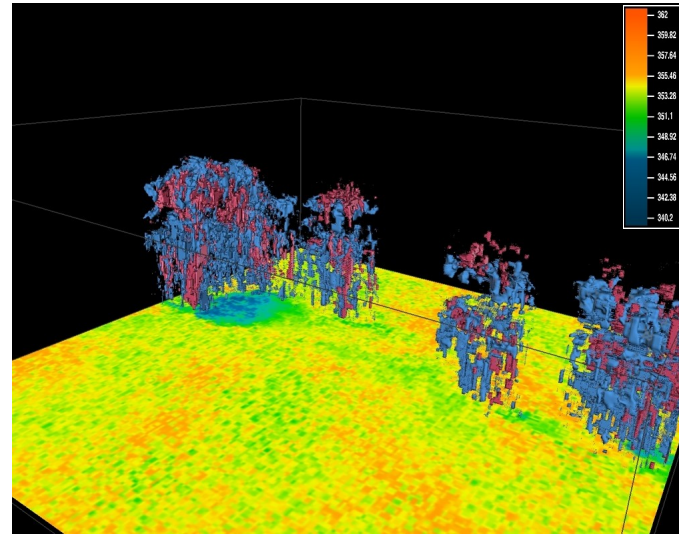


# Echantillonnage conditionnel dans les LES des structures paramétrisées

## Schéma de convection



## Simulations explicites

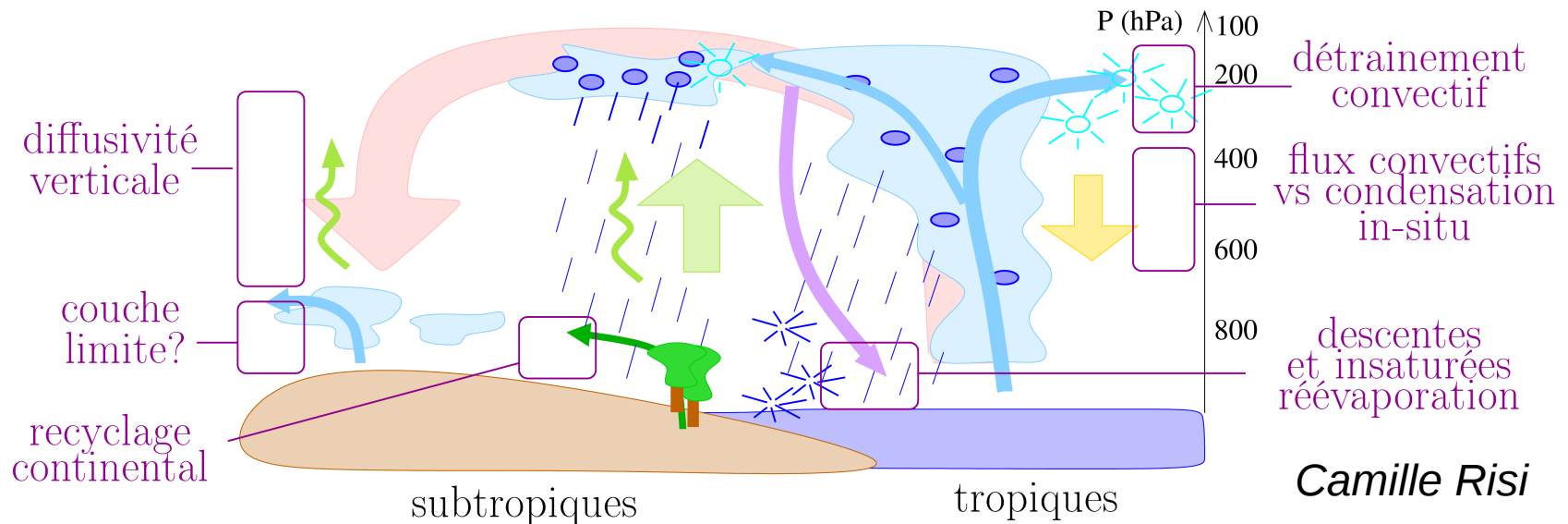


Caractérisation des ascendances et descentes dans les CRM

# Utilisation des isotopes de l'eau pour le développement de paramétrisations

Lien avec les observations

Exemple: Efficacité de précipitations versus détrainement dans les schémas de convection



Camille Risi

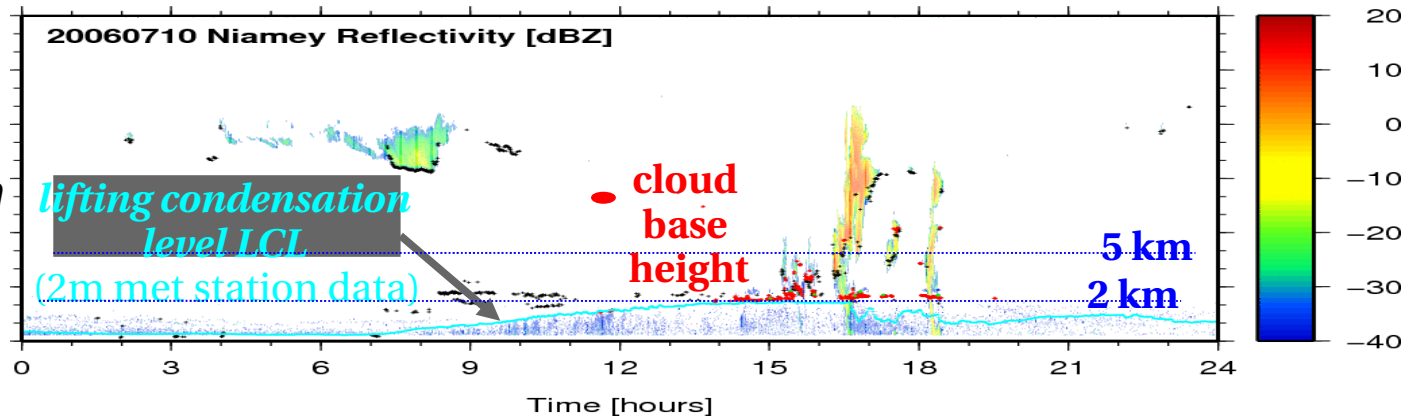
# Les cas d'étude observés

- Cycle diurne de cumulus continentaux aux moyennes latitudes: ARM
- Cumulus océaniques tropicaux: BOMEX, RICO
- Transition stratocumulus-cumulus: ASTEX, FIRE
- Convection tropicale continentale: LBA
- Ligne de grain africaine: HAPEX
- Convection tropicale océanique: TOGA COARE, TWP-ICE
- Cycle diurne de la convection continentale en région semi-aride: AMMA

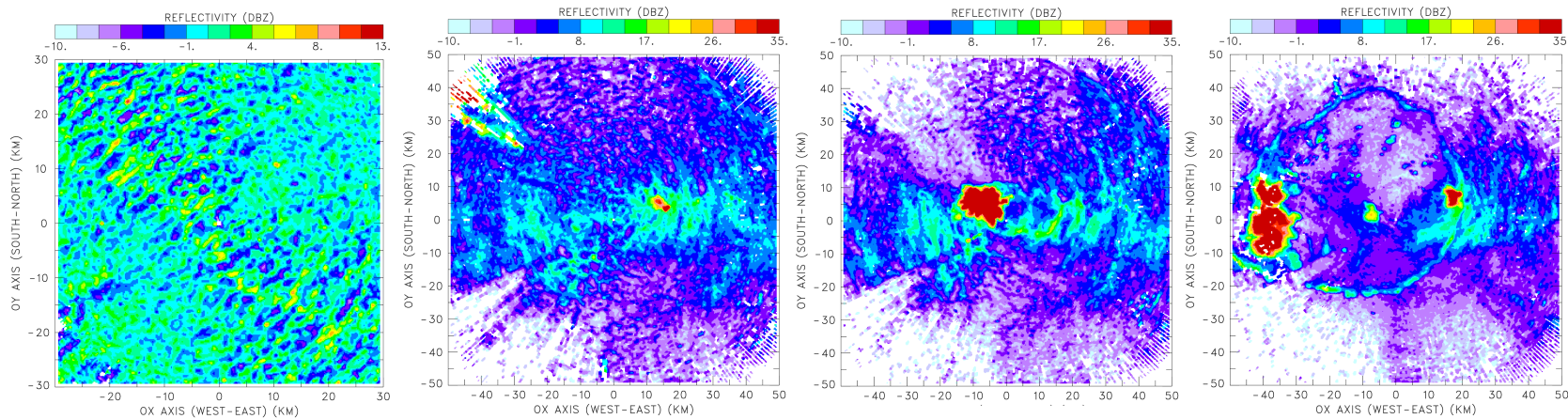
Le 10 juillet 2006 à Niamey

*Lothon & al., MWR, 2010*

*Couvreur & al., en préparation*



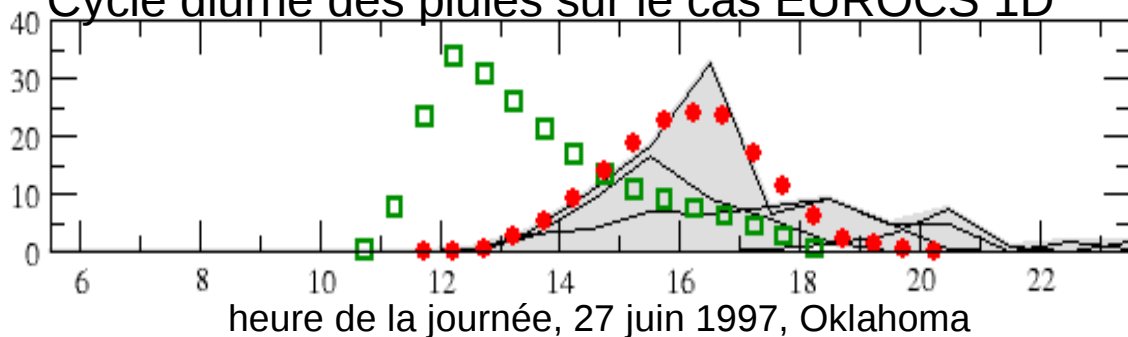
RADAR du MIT  
Coupe à 600m



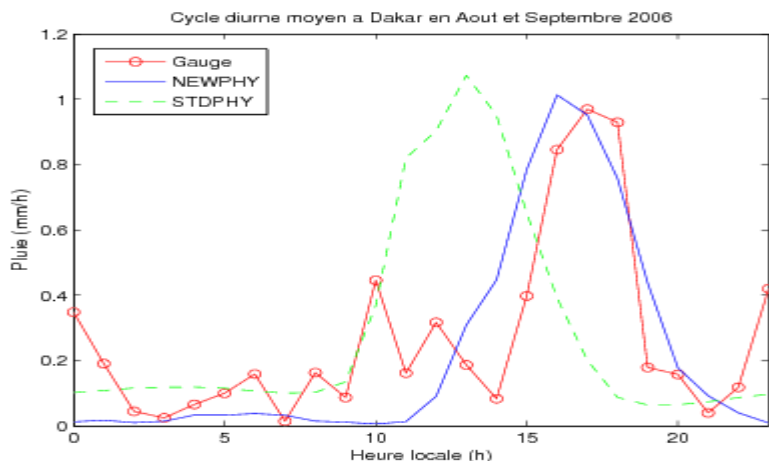
- Les sites instrumentés: SIRTA, Cabauw, AMF -> cas composites?
- Les régions polaires?

# Du 1D au 3D

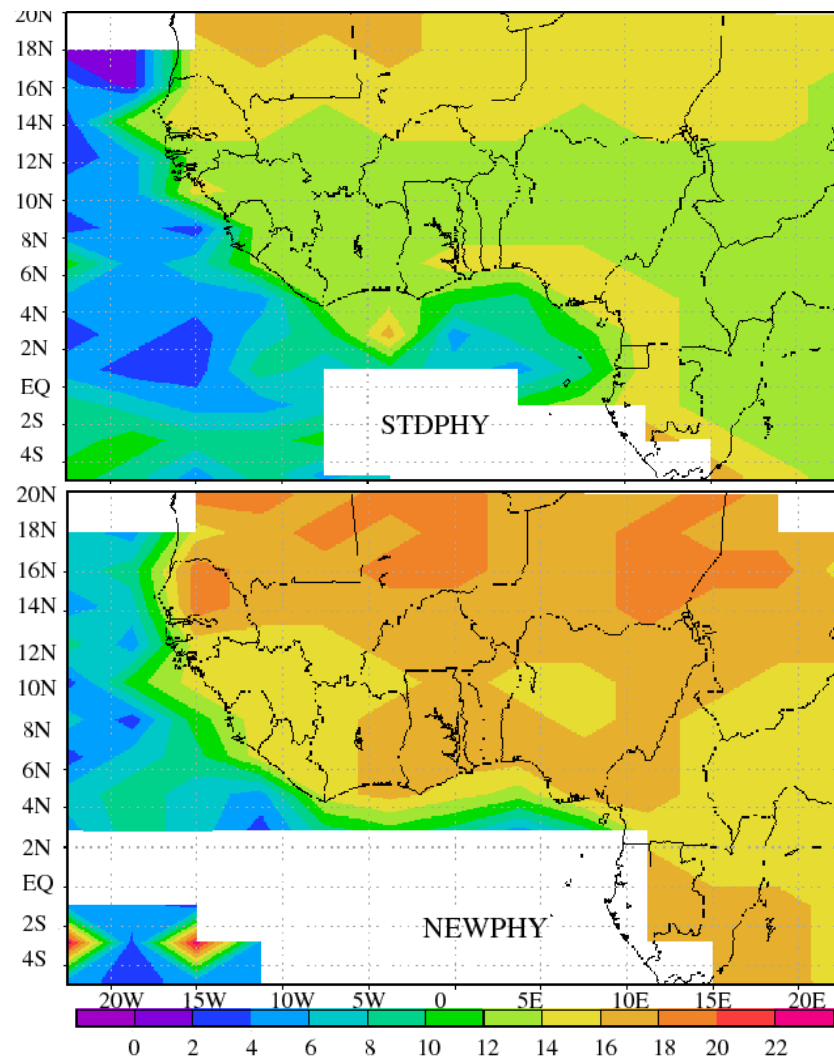
## Cycle diurne des pluies sur le cas EUROCS 1D



## Cycle diurne des pluies en aout/sept 2006 à Dakar



## Heure locale du max de pluies en aout/sept 2006 en Afrique de l'ouest



*Sane et al., en préparation*

MAIS: les réglages effectués sur les cas 1D sont bien souvent à revoir en 3D...

-> Phase de réglage du modèle

Flux moyen au sommet de l'atmosphère, forçage radiatif des nuages, eau précipitable etc...

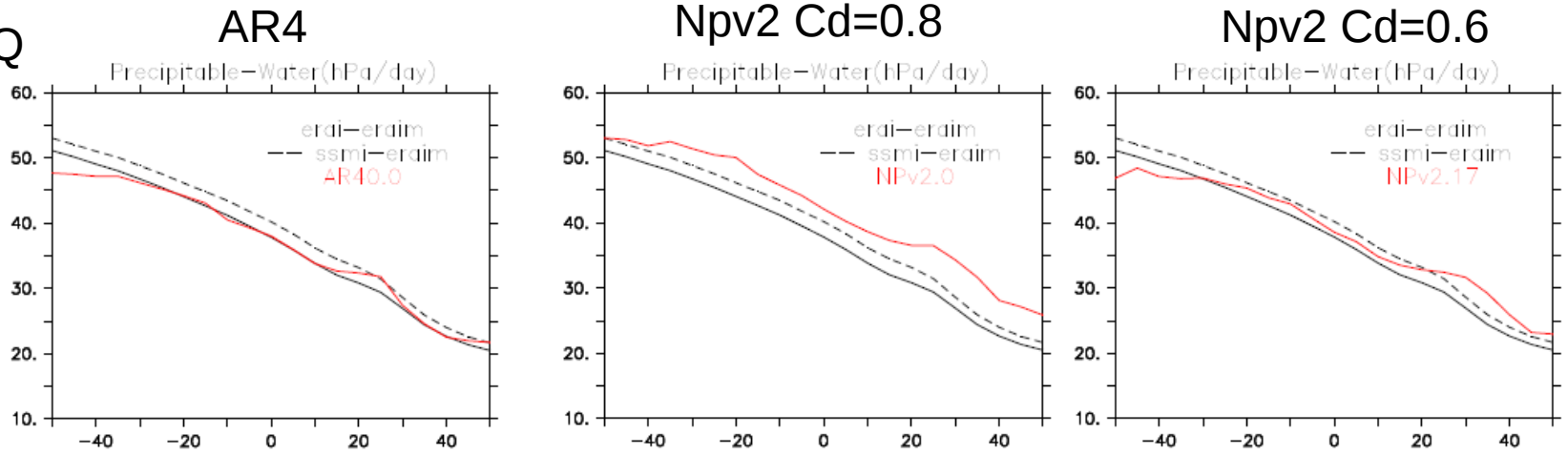




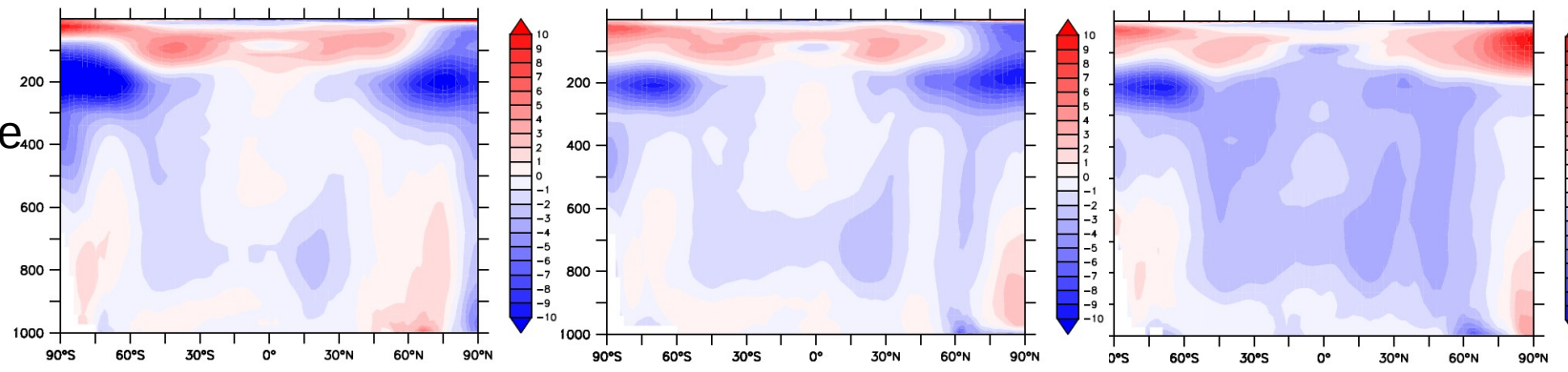
# Exemple: Biais humide

$$\text{Flux} = \rho \text{ Cd } V \text{ Lv } \Delta Q$$

Eau précipitable



Biais en température

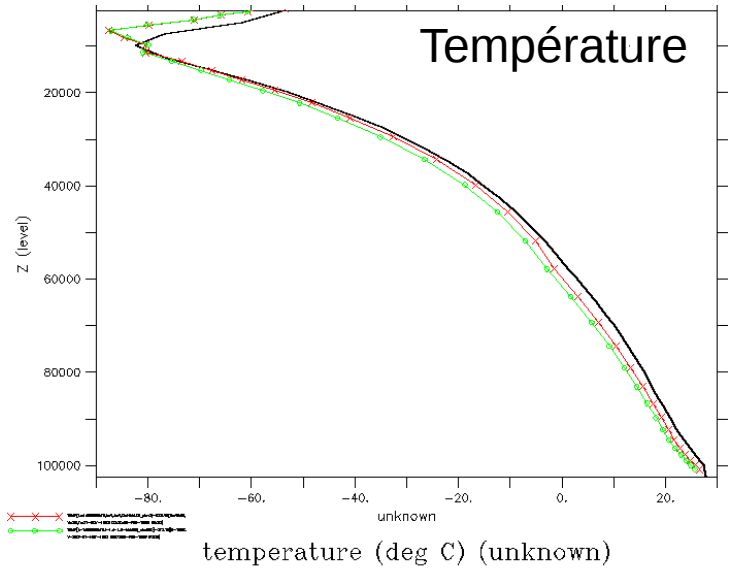
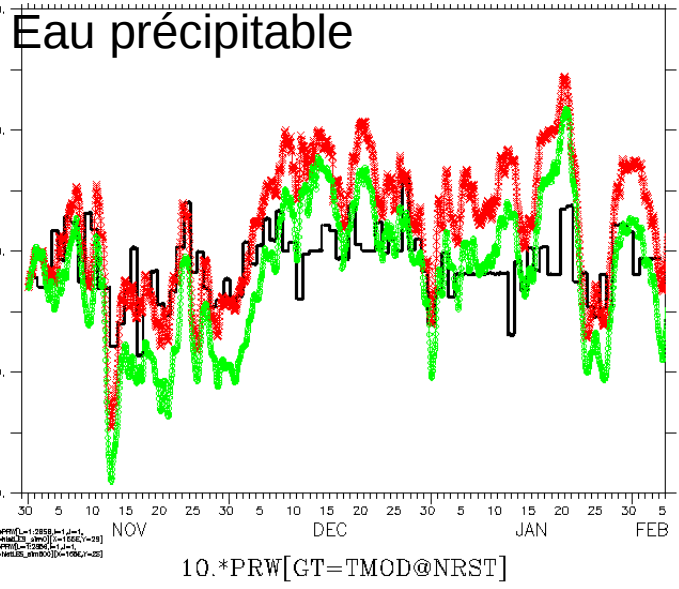


3D

↕ Efficacité des pluies  
Contenu en eau max  
des nuages ...

Cas 1D  
TOGA COARE

- obs
- Cd=0.8
- Cd=0.6



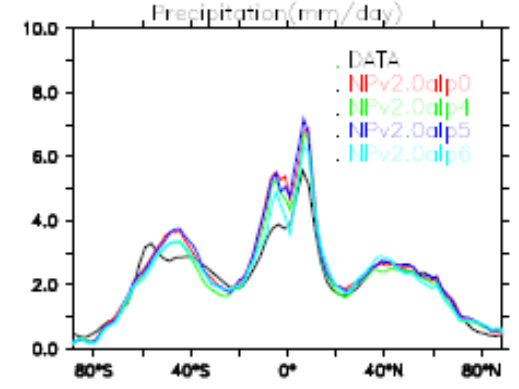
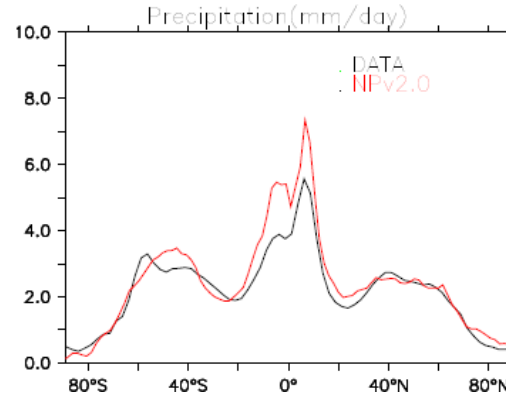
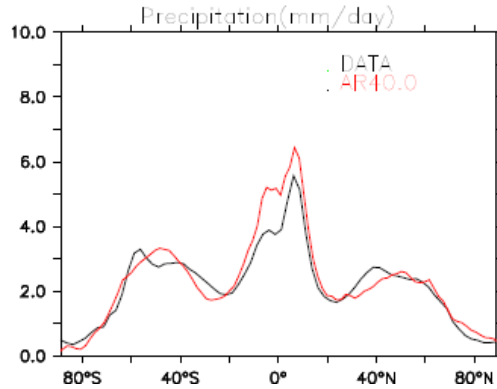
# Exemple: convection peu profonde et profonde

AR4

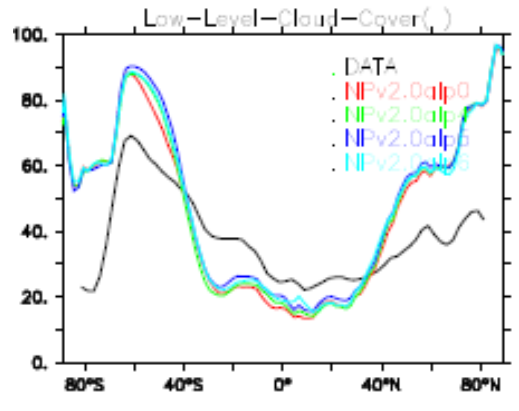
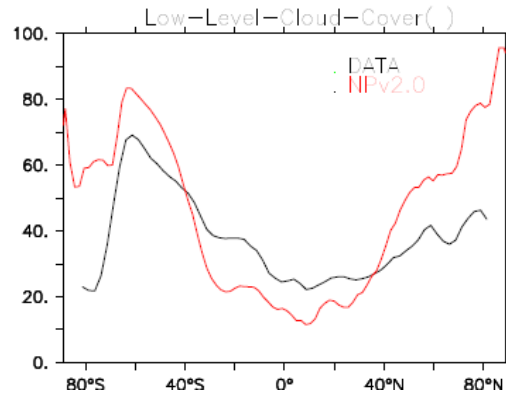
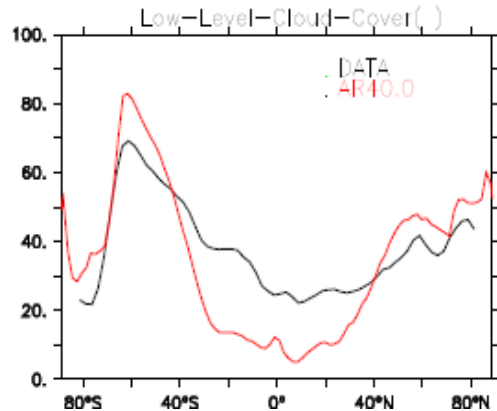
Npv2

Npv2 tests ALP

Précipitations



Nuages bas



3D

↕ Critère de déclenchement  
Intensité convective  
...

Cas 1D  
BOMEX

Fraction nuageuse

Schéma de convection débranché

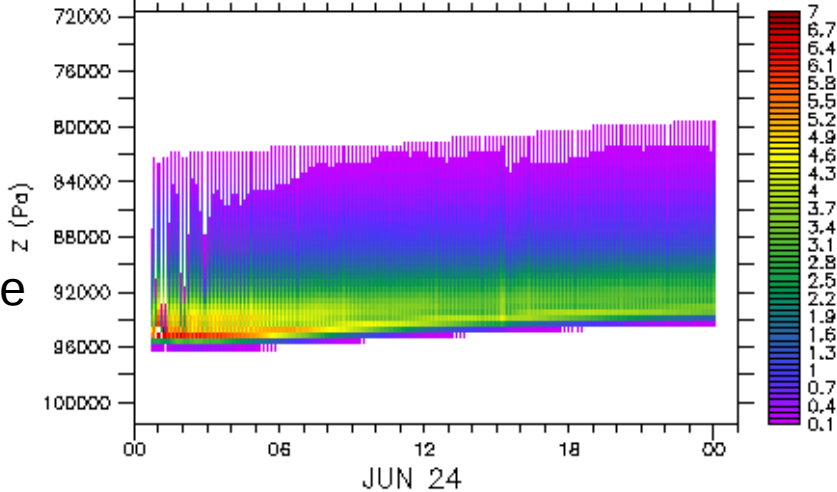
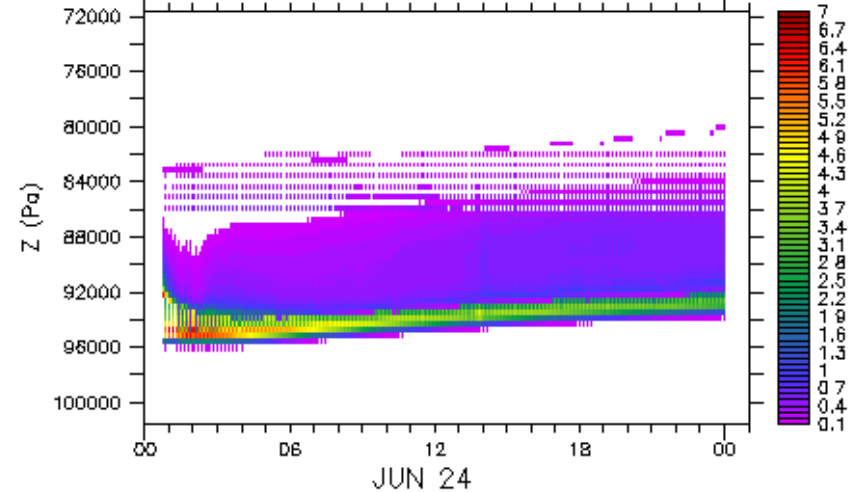



Schéma de convection actif





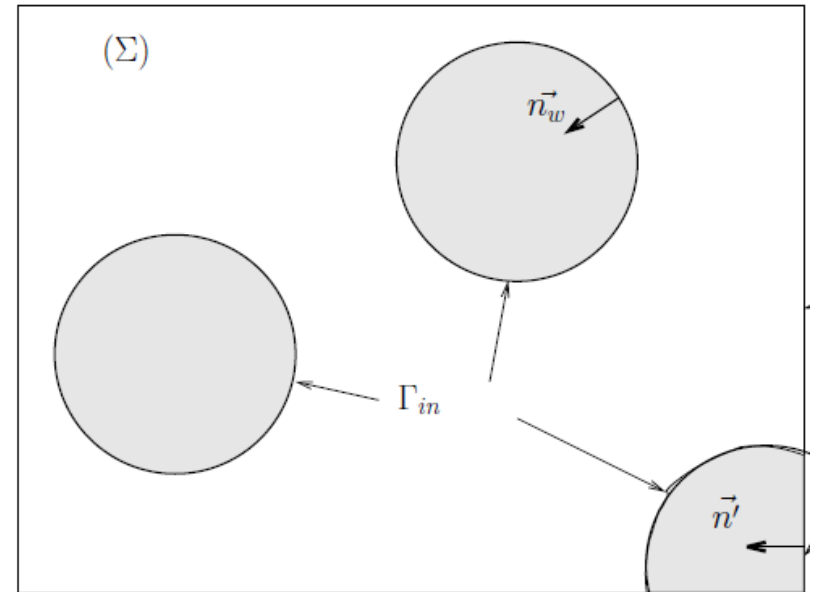
A massive, towering wall of reddish-brown dust and sand dominates the sky, moving from left to right. Below the storm, a village with traditional mud-brick buildings and thatched huts is visible. The foreground shows green foliage and a small body of water. The overall scene is one of a severe weather event in a rural, arid region.

Les développements en cours

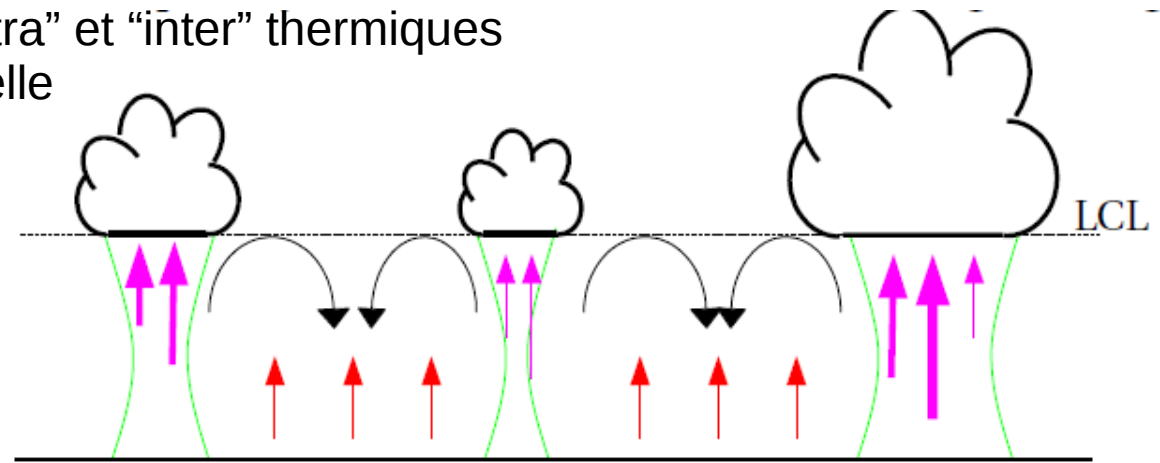


# Le couplage diffusion/thermiques/convection/poches froides

- Thermiques et diffusion voient l'état moyen de la maille  
-> introduction de 2 environnements:  
extérieur et intérieur des poches
- Impact du passage d'un front de rafale sur les flux de surface?
- Interactions thermiques/convection profonde:  
qui doit faire la phase congestus des nuages?
- Les thermiques doivent-ils faire des poches?



- Critère de déclenchement et fermeture: ALE et ALP
  - prise en compte d'une variabilité "intra" et "inter" thermiques
  - rôle de la convergence grande-échelle



*Thèse de Nicolas Rochetin*  
*Thèse de Marine Rémaud*

- A ajouter dans le schéma de convection:
  - la thermodynamique de la glace
  - le lessivage des aérosols: *Thèse Romain Pilon*

# Autour des thermiques

- Les stratocumulus

Pour le moment: thermiques désactivés en 3D dans les régions de stratocumulus

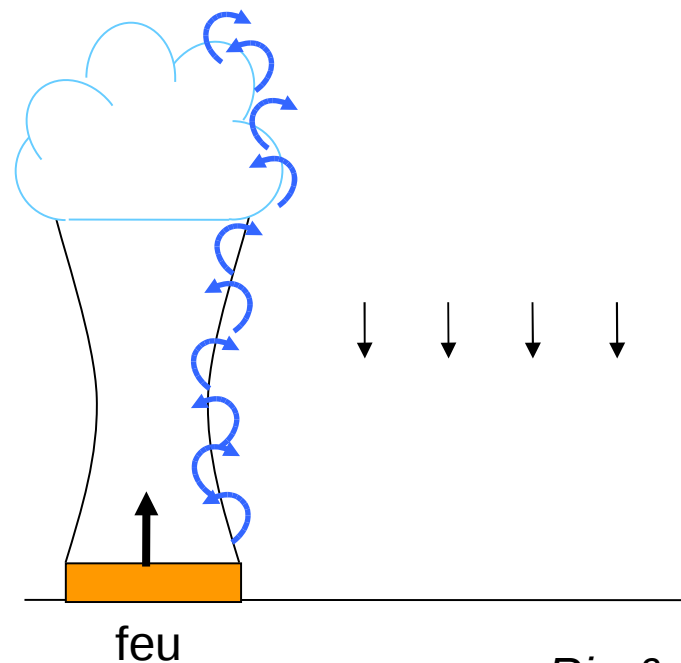
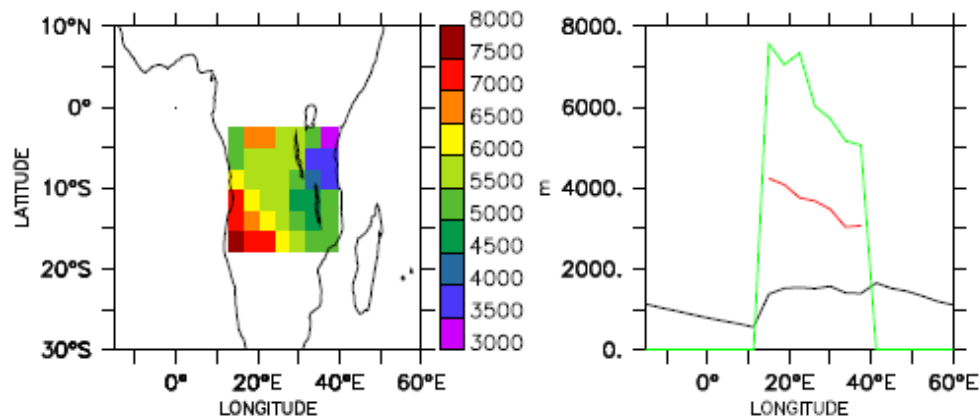
- transport de TKE dans les thermiques
- introduction d'un terme en TKE dans les taux de mélange entre thermiques et environnement

*Thèse de Arnaud Jam*

- La pyro-convection

Adaptation du modèle du thermique  
à la pyro-convection pour le transport des  
aérosols et gaz émis par les feux de biomasse

Hauteur d'injection:



*Rio & al., ACP, 2010*

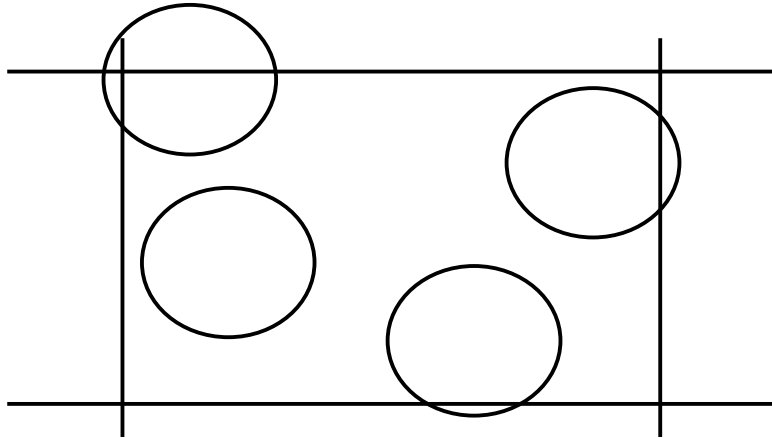


## Du côté des poches froides:

- ALP conditionnée

*Plusieurs poches froides par maille*

**==> effet des poches = effet statistique moyen.**



$S_w$  mailles internes aux poches

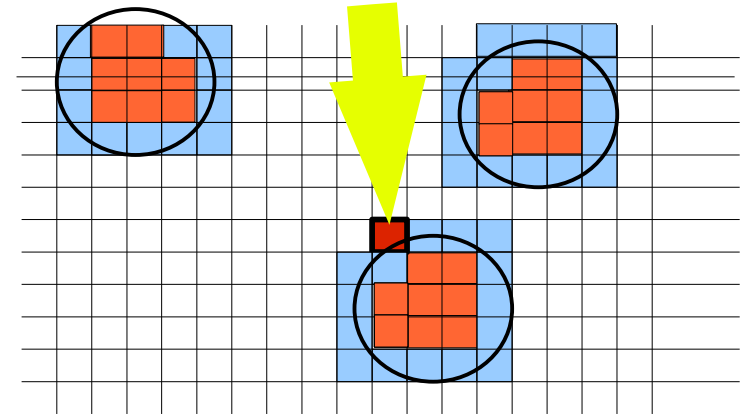
$S_x$  mailles externes aux poches

$S_g$  mailles avec front de rafale

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

*Mais si une poche couvre plusieurs mailles*

**==> perte de la vision statistique**

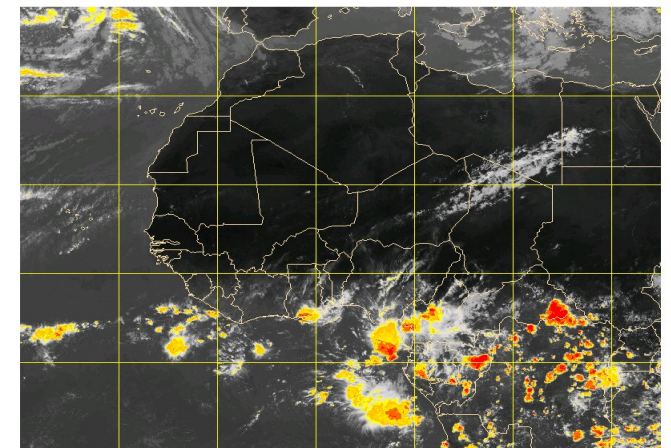


**==> détermination de la puissance de soulèvement fournie par le champ de poches, conditionnée par la présence d'un front de rafales dans la maille:**

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

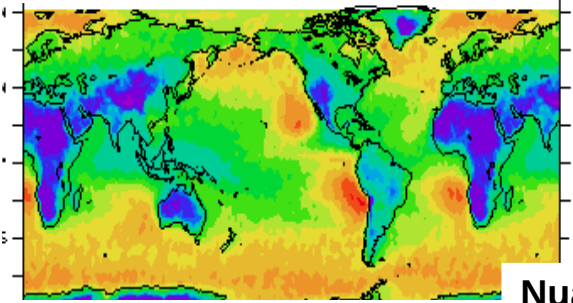
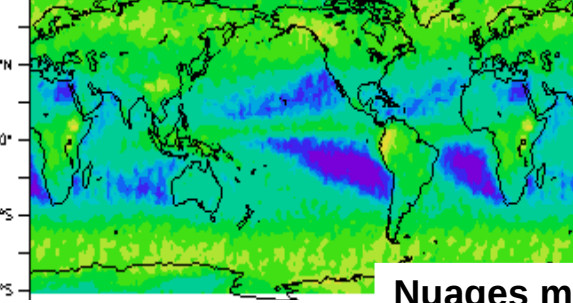
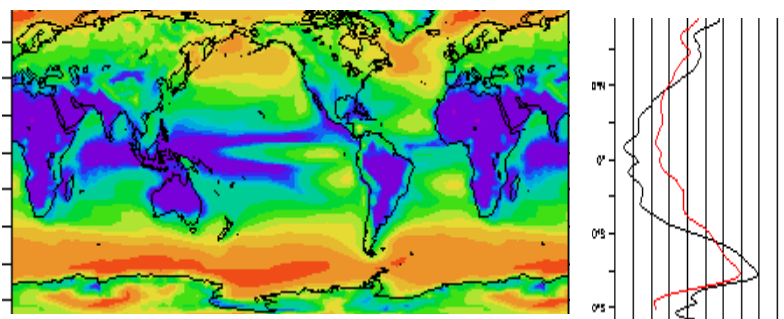
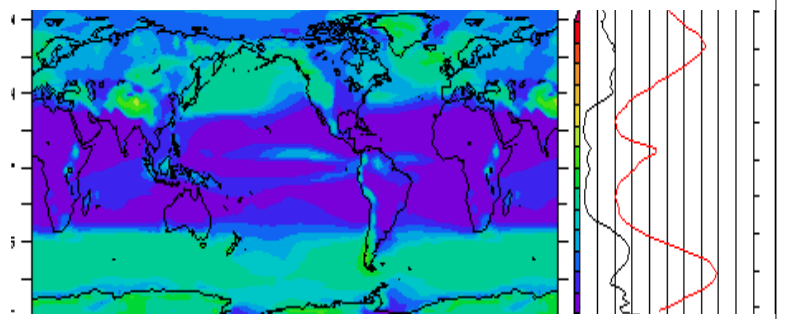
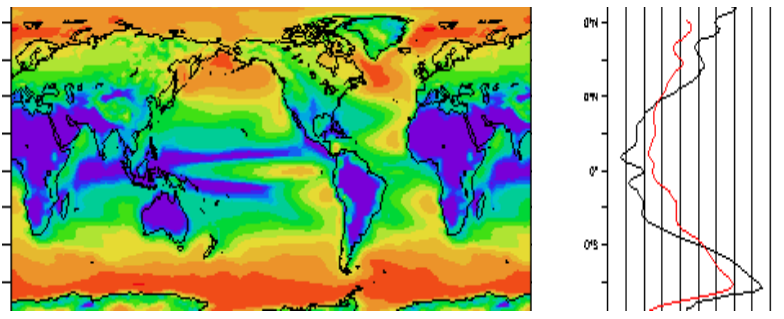
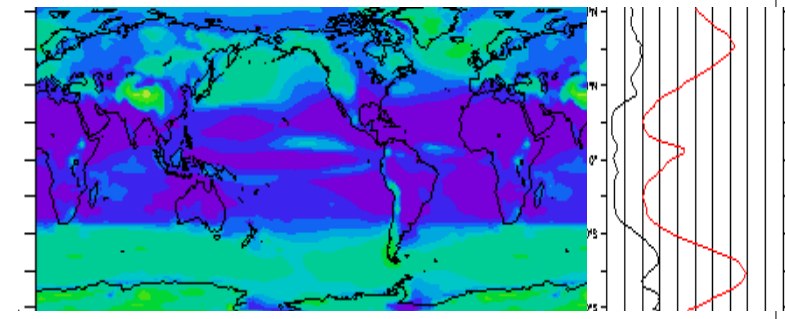
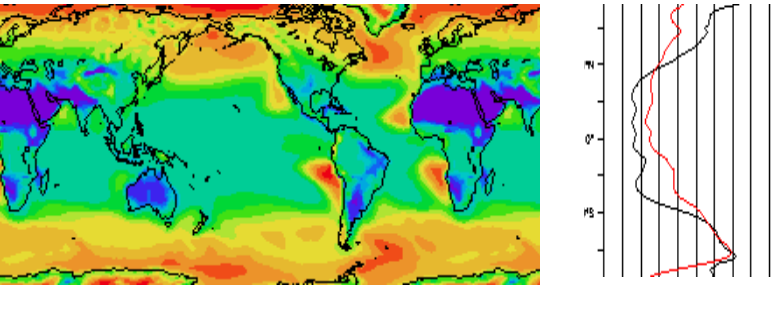
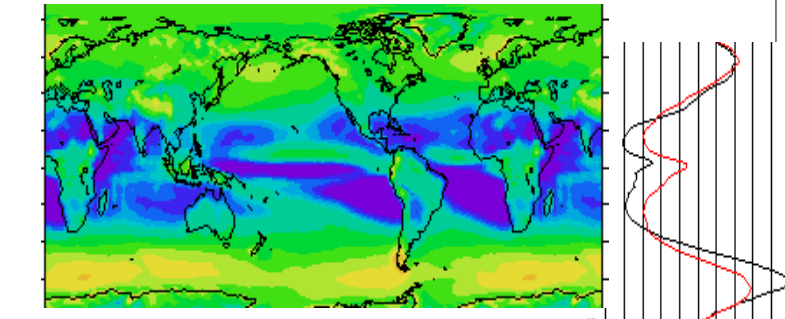
- Proagation des poches de maille à maille

Organisation de la convection: *thèse de Isabelle Tobin*



# Quelques éléments de climatologie de IPSLCM

# Les nuages bas et moyens

<p>Obs</p> <p>GOCCP (Schepfer Et al.)</p>	 <p>Nuages bas (%)</p>	 <p>Nuages moyens (%)</p>
<p>96x71x19 R97E</p>		
<p>96x95x39 ESM ST11D4H1</p>		
<p>96x95x39 Nouvelle Physique MH07</p>		

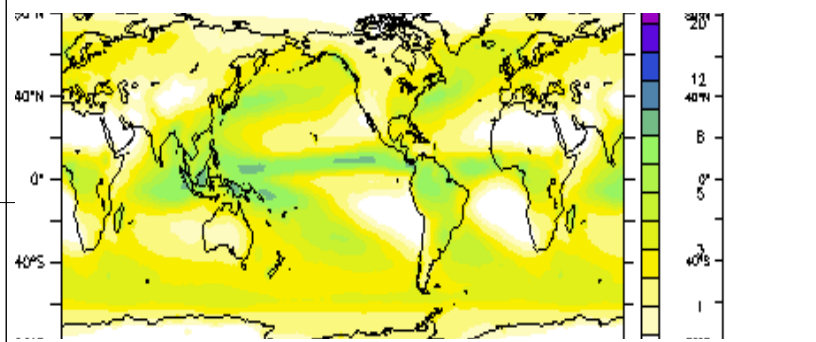
# SST et précipitations

Obs

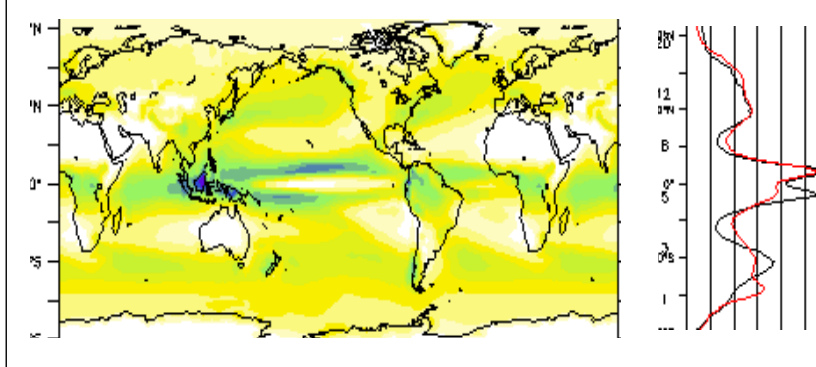
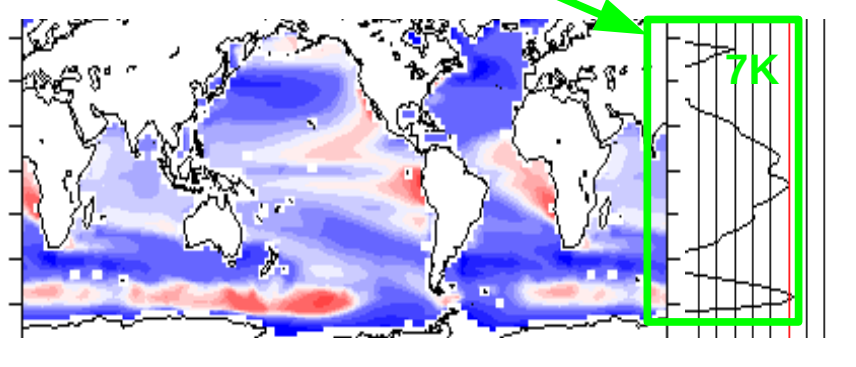
Températures de Surface de l'Océan  
**Différence / Levitus (K)**

Précipitations  
 Moyennes  
 (mm/jour)

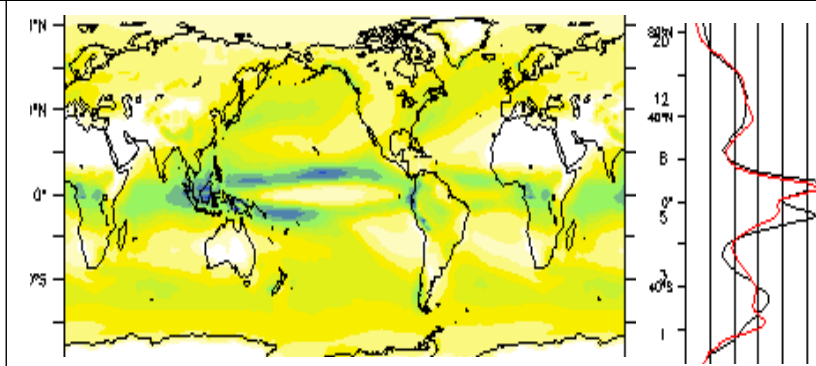
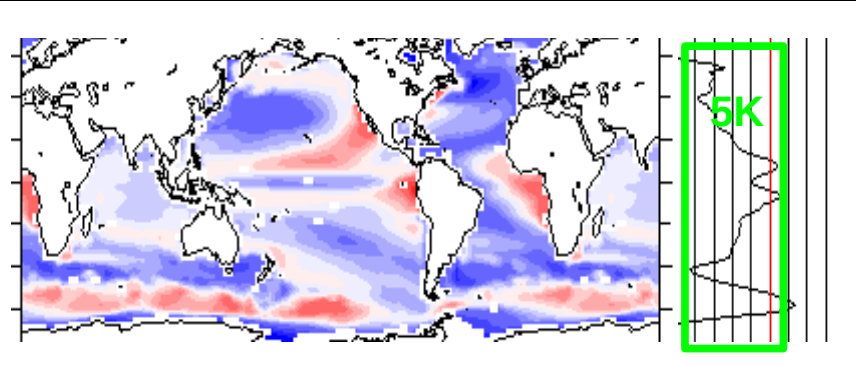
**Amplitude du biais  
 Zonal moyen  
 Sur 40N-40S**



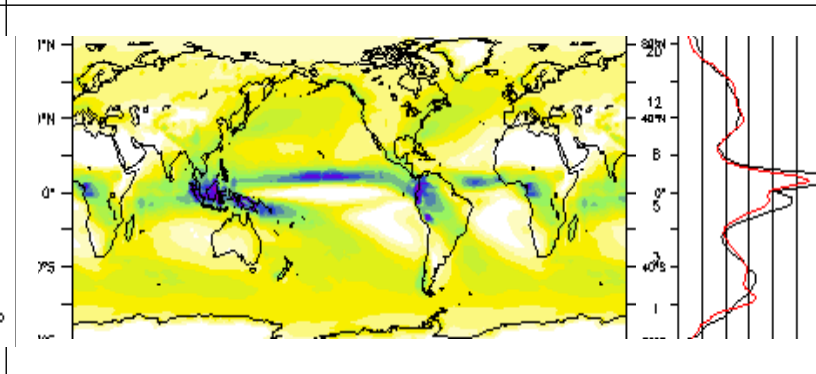
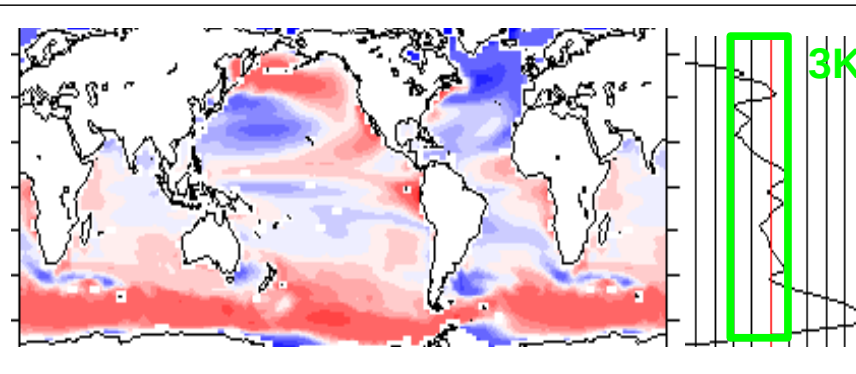
96x71x19  
 R97E  
 (CMIP3  
 /AR4)



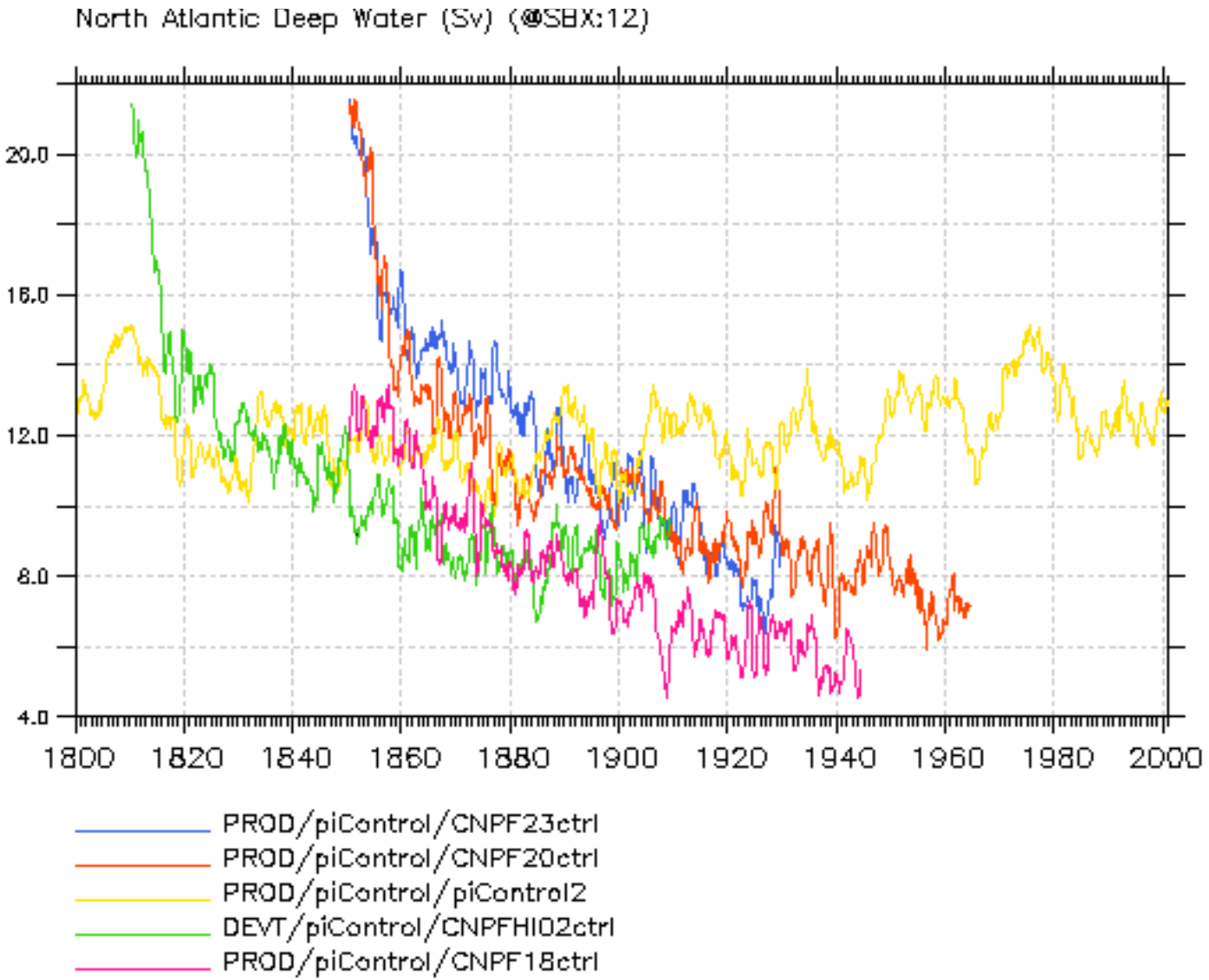
96x95x39  
 ESM  
 CMIP5  
 ST11D4H1



96x95x39  
 Nouvelle  
 Physique  
 MH07



# La circulation thermohaline...

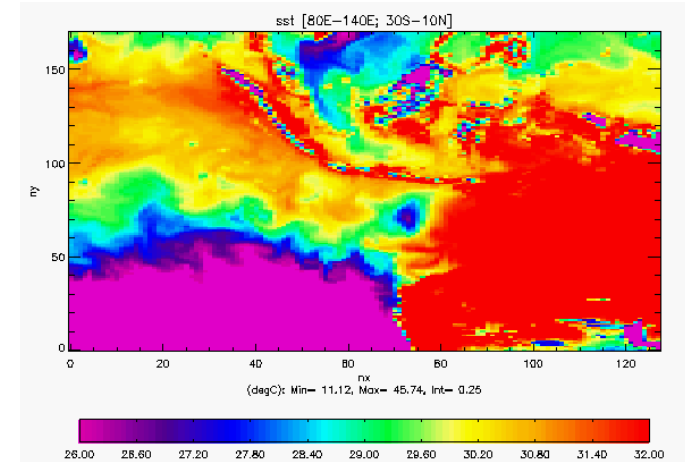
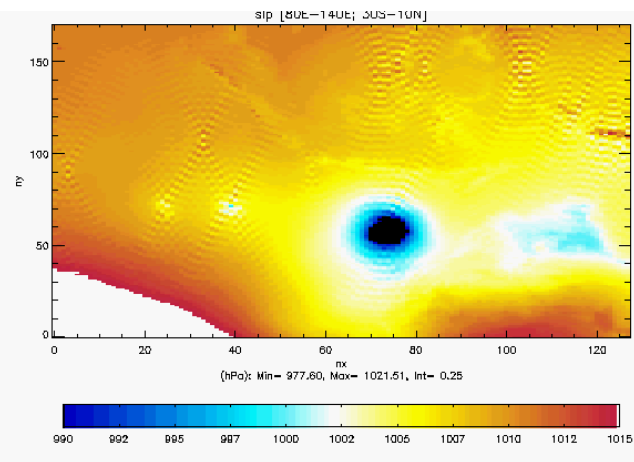
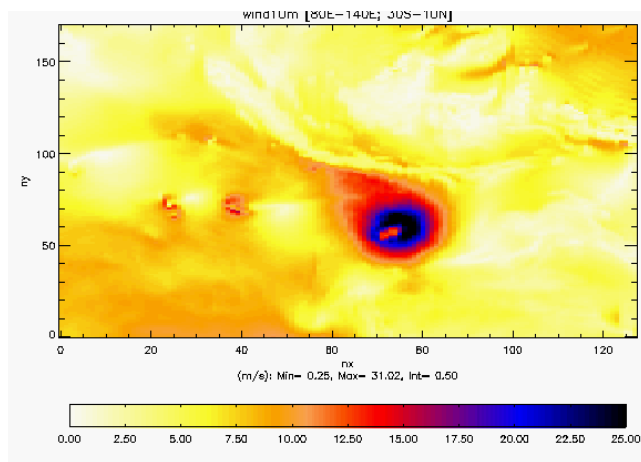


**A vos analyses!**

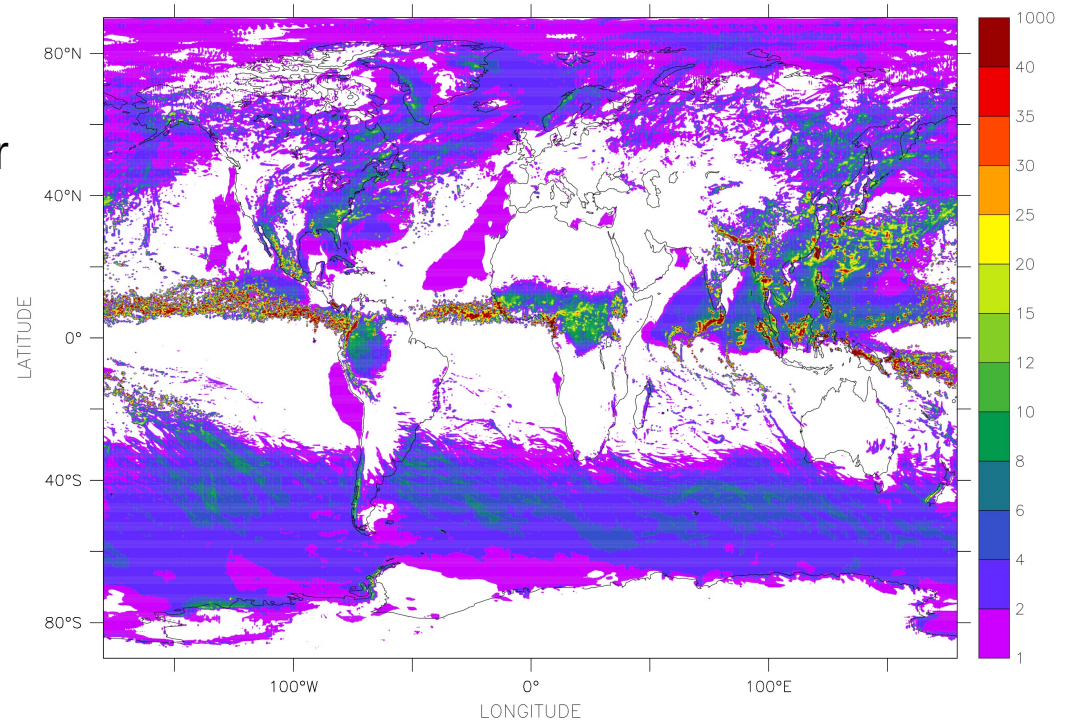


# Convection, poches froides et augmentation de la résolution

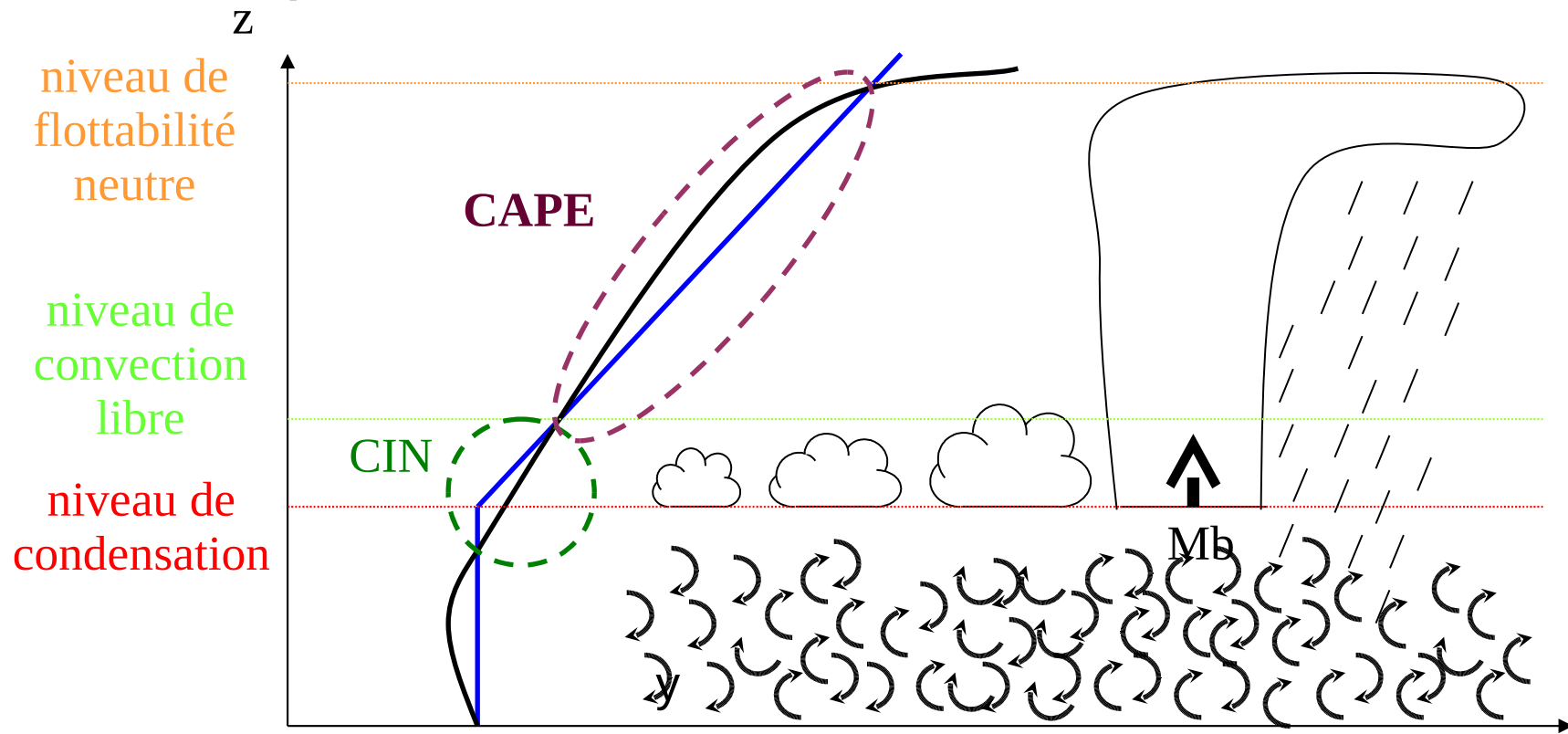
Simulations couplées à une résolution de 30km (machines Curie)



Valeurs de pluie de 1000mm/jour



# La convection profonde: Avant



Contrôle de la convection par les profils moyens grande-échelle