

# Projet ANR High-Tune

## WP3 : Développement des paramétrisations pour la représentation des nuages de couche limite

Eric Bazile, Dominique Bouniol, Yves Bouteloup, Frédérique Cheruy, Fleur Couvreur, Jean-Louis Dufresne, Françoise Guichard, Rachel Honnert, Frédéric Hourdin, Jean Jouhaud, Jean-Baptiste Madeleine, Pascal Marquet, Ionela Musat, Sébastien Riette, [Catherine Rio](#), Romain Roehrig

# Observation des cumulus

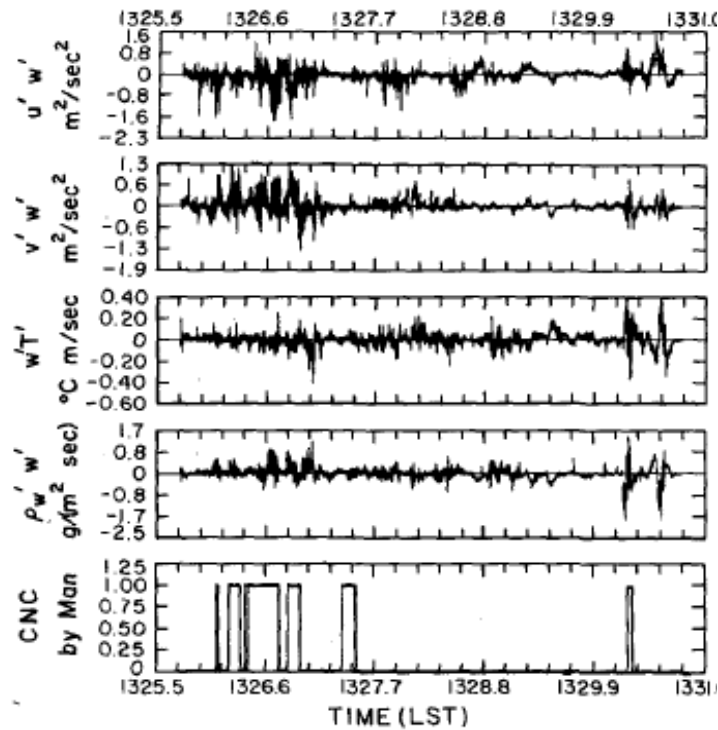
Cas II: 15 dec 1972- 12h48



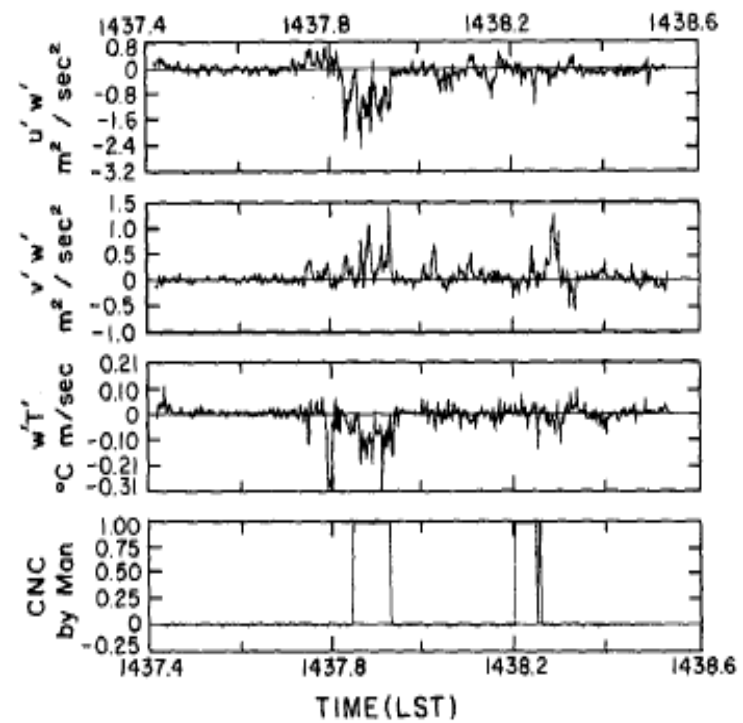
Cas III: 15 dec 1972 - 14h18



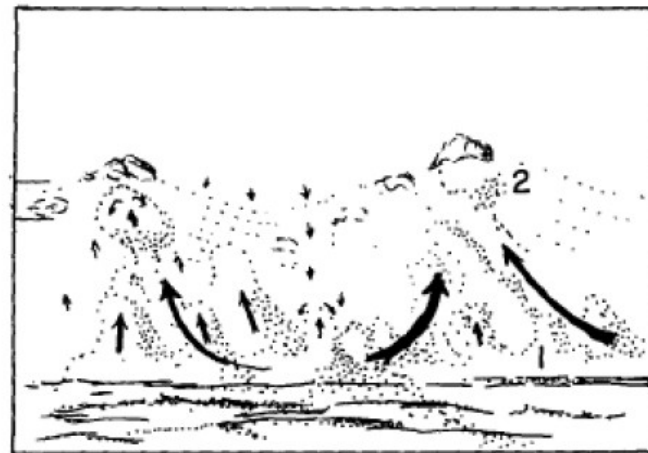
CASE II  
SUPPRESSED AREA - 15 DECEMBER 1972  
610 m CROSSWIND



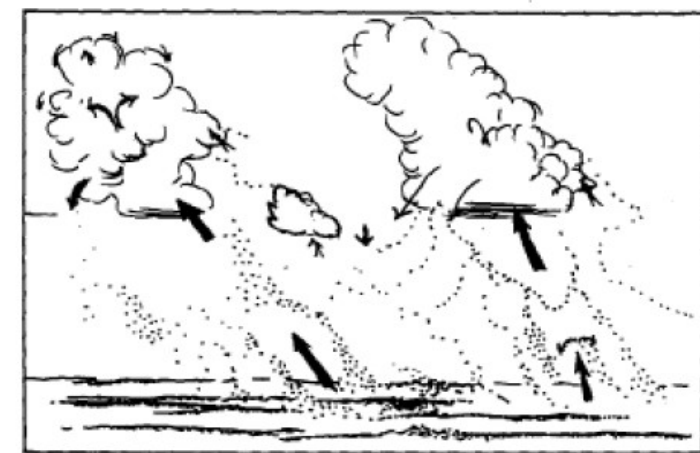
CASE III  
TRADE WIND CUMULUS AREA - 15 DECEMBER 1972  
531 m CROSSWIND



Les cumulus sont la partie saturée de thermiques initiés en surface

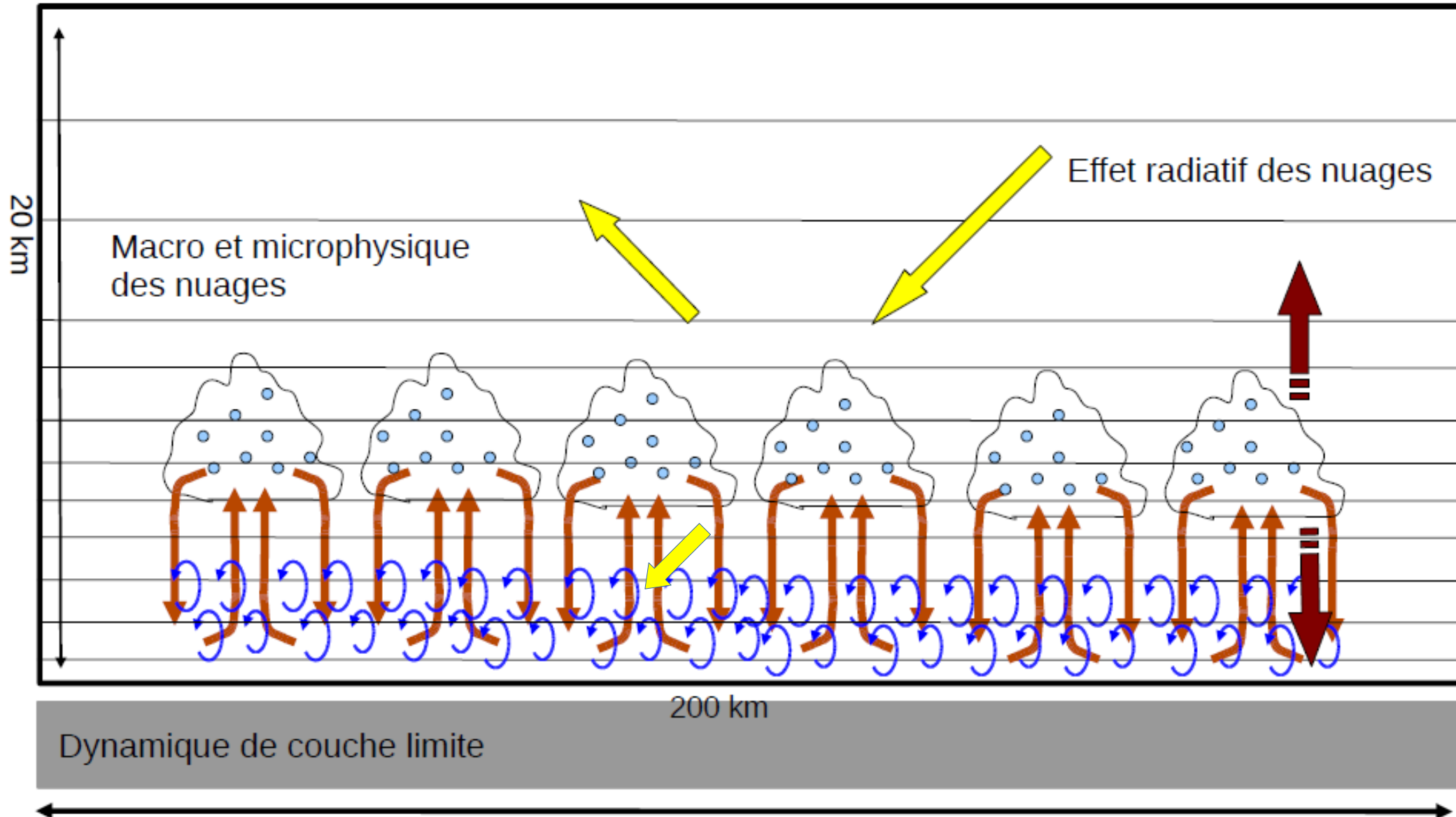


(a)



(b)

# Les processus sous-maille associés aux nuages de couche limite



# Objectifs du WP4:

## Analyser les résultats des méthodes de tuning automatique mises en oeuvre dans les WP1 et WP2

Réflexion sur les valeurs acceptables des paramètres

Identification de processus manquants ou mal représentés

## Proposition de nouveaux développements

Revisite des hypothèses des schémas de diffusion

Thèse Quentin Rodier

Revisite des paramètres des schémas en flux de masse et ajout de nouvelles composantes du transport

Postdoc

Variabilité sous-maille des propriétés des nuages

Thèse Jean Jouhaud

Dépendance de l'effet radiatif des nuages à l'angle solaire incident

## Evaluation des nouveaux développements sur les cas 1D et dans le modèle 3D

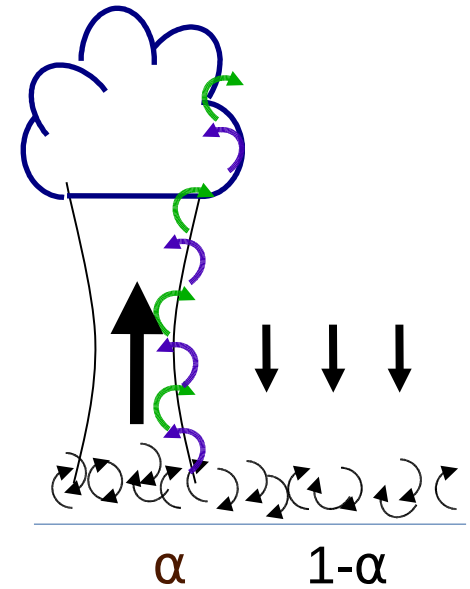
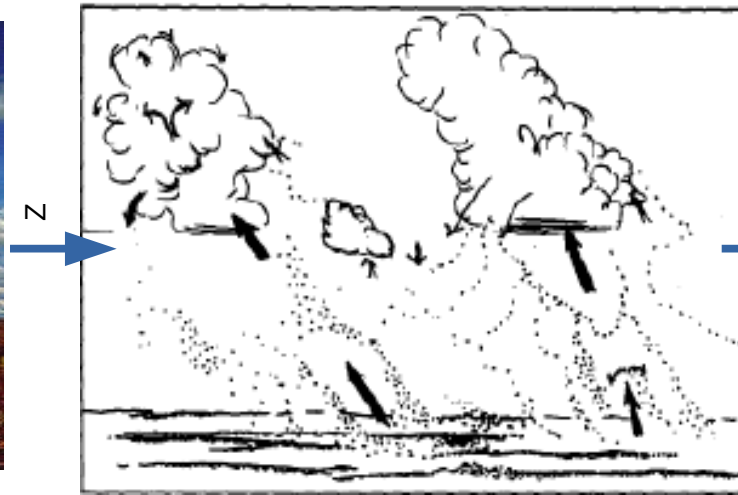
Outil de comparaisons simulations 1D/ LES / observations

Evaluation à partir des données satellite à l'aide du simulateur COSP

Evaluation sur sites (SIRTA, AMMA-Catch)

# Tâche 4.1 : Paramétrisation de la dynamique de couche limite

LeMone and Pennell, MWR, 1976



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

Transport local  
Schéma de diffusion turbulente

Transport non local  
Schéma en flux de masse

# Paramétrisation de la dynamique de couche limite : Les schémas de diffusion turbulente

Construits par analogie avec la diffusion moléculaire

$$\overline{w'c'} = -K_z \frac{\partial c}{\partial z} \quad \longrightarrow \quad \frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial c}{\partial z} \right)$$

Calcul du coefficient de diffusion:

Fonction de l'énergie cinétique turbulente (Mellor & Yamada, 1973)

$$K_\phi = l\sqrt{2e}S_\phi(Ri) \quad \text{avec} \quad e = \frac{1}{2} \left[ \overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2} \right]$$

$$\frac{\partial e}{\partial t} = -\overline{w'u'} \frac{\partial u}{\partial z} - \overline{w'v'} \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{g}{\theta} \overline{w'\theta'} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \overline{w'p'}}{\partial z} - \frac{\partial \overline{w'e}}{\partial z} - \epsilon$$

Production mécanique  
de turbulence

Effet de la stratification

terme de  
pression

Transport vertical  
turbulent de e

dissipation

## Développements dans le cadre du projet

- Le nombre de Lewis

Prise en compte d'un coefficient d'échange différent pour la chaleur et l'humidité

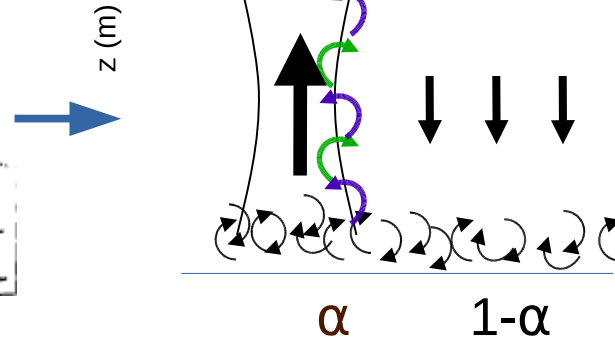
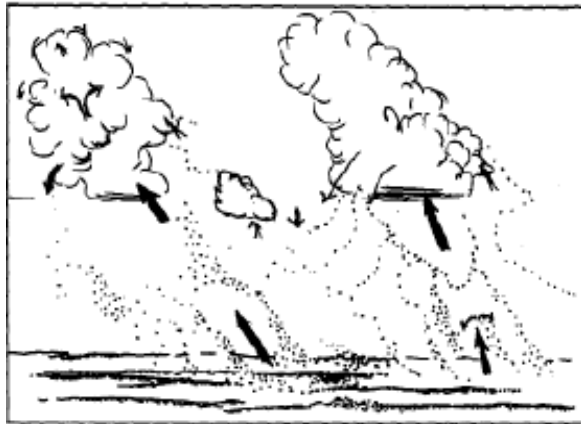
- Equation pour l'énergie totale turbulente (TTE):

somme de l'énergie cinétique turbulente et de l'énergie potentielle turbulente

# Paramétrisation de la dynamique de couche limite : Les schémas en flux de masse

Equations et variables internes

*LeMone and Pennell, MWR, 1976*



*Les variables internes*

- $w$ : vitesse verticale moyenne des thermiques
- $\alpha$ : fraction couverte par les thermiques
- $e$ : taux d'entrainement d'air dans les thermiques
- $d$ : taux de détrainement d'air des thermiques dans l'environnement
- $q_a$ : concentration de  $q$  dans les thermiques

*Les équations*

Conservation de la masse:

$$\frac{\partial f}{\partial z} = e - d$$

Transport de  $\theta_l$ ,  $q_t$ ,  $u$ ,  $v$

$$\frac{\partial f \psi_u}{\partial z} = e \psi - d \psi_u$$

Conservation du moment:

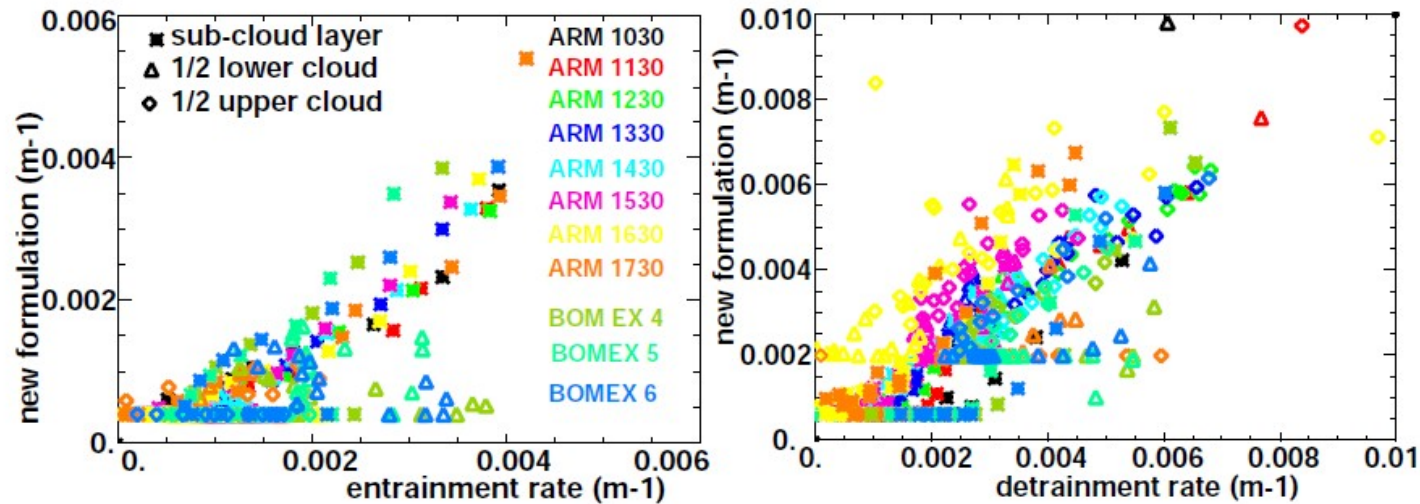
$$\frac{\partial w_u^2}{\partial z} = a_1 g \frac{\theta_{vu} - \theta_{ve}}{\theta_{ve}} - a_2 \epsilon w_u^2$$

- + Spécification des taux d'entrainement et de détrainement
- + calcul du flux de masse à la base des panaches (fermeture)

# Paramétrisation de la dynamique de couche limite : Les schémas en flux de masse

## Dans le cadre du projet

- Revisite de la spécification des paramètres utilisés dans la spécification des taux de mélange et dans l'équation de la vitesse verticale



Les méthodes de tuning automatique permettent-elles de trouver une gamme acceptable pour les paramètres ou faut-il repenser les formulations?

Est-il souhaitable de tuner les variables internes des paramétrisations ou plutôt les champs résultant?

Quid de l'importance de la méthode d'échantillonnage des thermiques sur les résultats?

- Développement d'un schéma en flux de masse pour représenter les intrusions d'air sec en sommet de couche limite (panaches descendants)

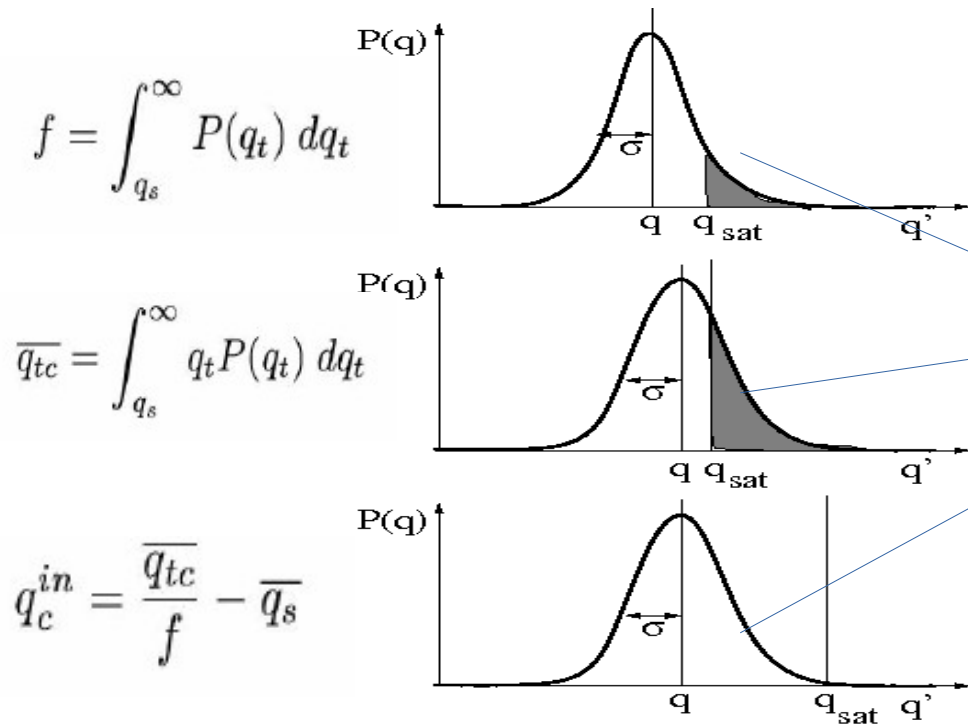


# **Paramétrisation de la dynamique de couche limite : Couplage explicite entre transport diffusif et en flux de masse**

## **Dans le cadre du projet**

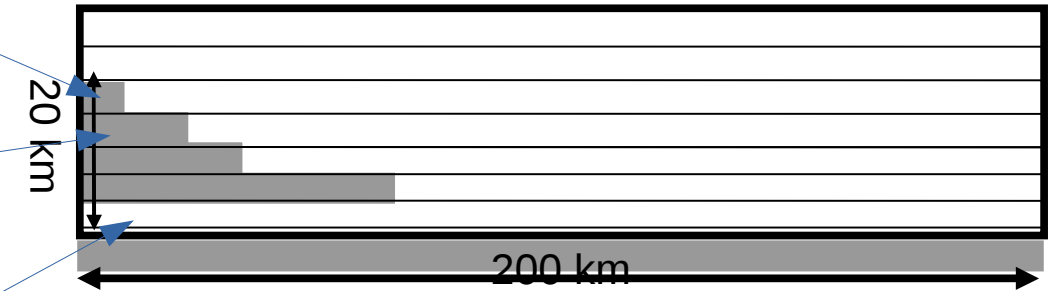
- Transport de l'énergie turbulente par l'approche en flux de masse
- Rôle de la diffusion turbulente dans le mélange entre les ascendances et leur environnement

# Tâche 4.2: Paramétrisation de la macrophysique et de la microphysique des nuages



**Modèle « statistique » :**

On suppose une distribution statistique de  $q'$  dans la maille autour de  $q$



Paramétrisation simple : gaussienne  $\sigma / q = 20\%$

Un schéma de nuages se définit par:

- Choix de la variable considérée
- Forme de la distribution
- Calcul des variances

# Paramétrisation de la macrophysique et de la microphysique des nuages

Dans LMDZ

$$s = a_l (q_t - q_{sat}(T_l))$$

- Un mode associé aux thermiques  $s_{th}, \sigma_{th}$
- Un mode associé à leur environnement:  $s_{env}, \sigma_{env}$

On connaît:  
 État moyen:  $s_{env}$   
 Thermiques:  $s_{th}, \alpha$

Paramétrisation de  $\sigma_{env}$  et  $\sigma_{th}$ ?

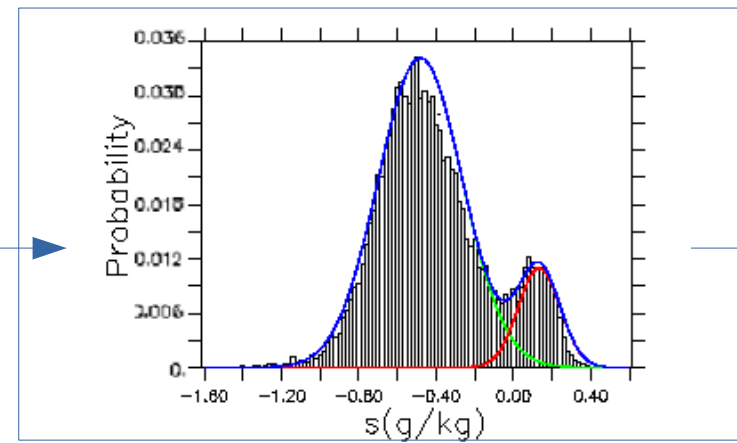
Paramétrisation des variances:

$$\sigma_{s,env} = c_{env} \times \left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right)^{\frac{1}{2}} \times (\bar{s}_{th} - \bar{s}_{env}) + b \times \bar{q}_{t_{env}} \quad (a)$$

$$\sigma_{s,th} = c_{th} \times \left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right)^{-\frac{1}{2}} \times (\bar{s}_{th} - \bar{s}_{env}) + b \times \bar{q}_{t_{th}}$$

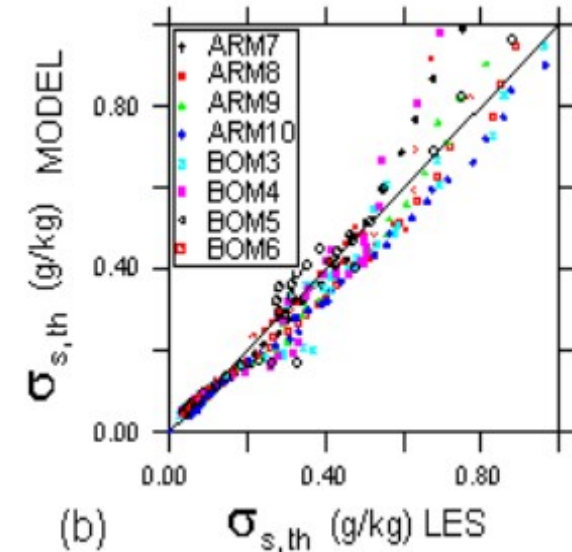
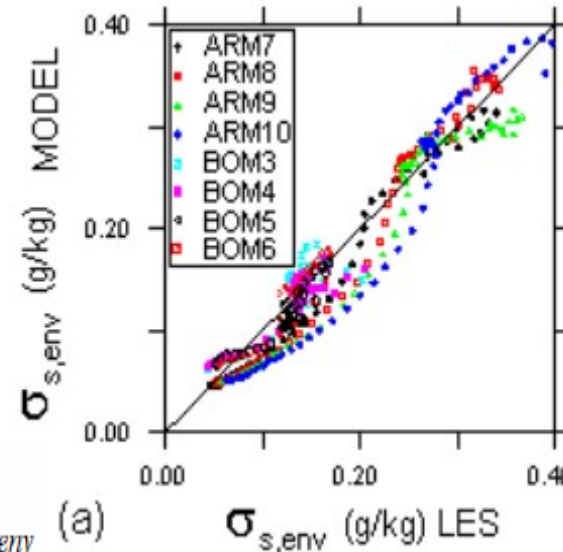
Shallow convection

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



$q_c, c_f$

*Jam & al., BLM, 2012*



—> Nouveaux paramètres à contraindre

# Paramétrisation de la macrophysique et de la microphysique des nuages

- eau condensée: partition liquide/glace (fonction de la température) ———> rayonnement
- une fraction de l'eau condensée tombe sous forme de pluie (paramètres contrôlant le contenu maximal en eau des nuages et le taux d'auto-conversion )
- la pluie est en partie ré-évaporée dans la maille inférieure (paramètre contrôlant le taux d'évaporation)

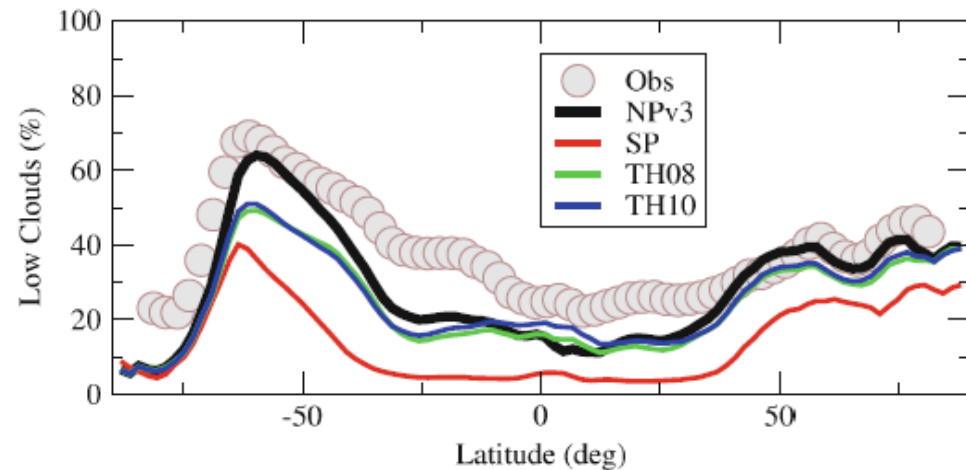
CLDLC: seuil sur le contenu en eau max des nuages

CLDTAU: constante de temps d'élimination de l'eau des nuages

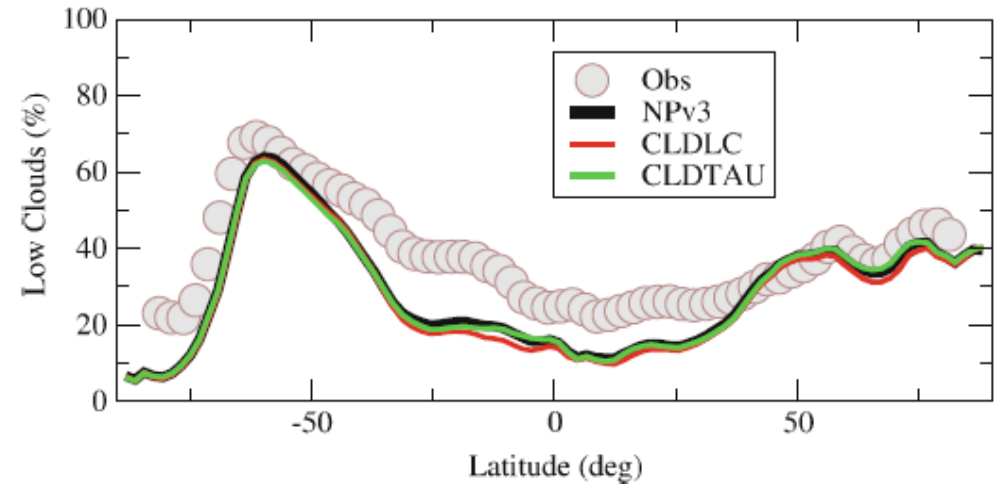
COEF\_EVA: paramètre contrôlant l'évaporation des précipitations

Sensibilité de la couverture nuageuse basse à

Un changement de paramétrisations



Un changement de paramètres



——> Besoin de contraintes observationnelles directes ou indirectes pour estimer la gamme de valeurs acceptables des paramètres

# Paramétrisation de la macrophysique et de la microphysique des nuages

## Dans le cadre du projet

- Contraintes indirectes pour les paramètres incertains et plage de valeurs raisonnable
- Représentation de la variabilité sous-maille verticale des nuages
- Représentation de la variabilité sous-maille de la pluie
- Méthode Monte-Carlo pour la microphysique?

# Tâche 4.3 : Paramétrisation de l'effet radiatif des nuages

## Dans le cadre du projet

- Prise en compte d'une distribution sous-maille de l'eau liquide nuageuse et des paramètres nuageux pour le calcul de leur impact radiatif
- Dépendance de l'effet radiatif des nuages à l'angle solaire incident
- Echantillonnage de scènes nuageuses par tirage aléatoire de sous-colonnes
- Revisite des hypothèses de recouvrement et prise en compte de l'effet du cisaillement de vent

# Tâche 4.4 : Evaluation des nouveaux développements

- Développement d'un outil de comparaisons simulations 1D/ LES / observations

Fonctionnalités de l'outil à discuter

A Baser sur l'outil d'évaluation 3D Climaf?

- Evaluation à partir des données satellite à l'aide du simulateur COSP

Mieux utiliser les résultats des simulateurs dans le processus de développement des paramétrisations

- Evaluation sur sites (SIRTA, AMMA-Catch)

Périodes? Cas d'étude? Données nuageuses disponibles?

# Discussions sur les activités du WP3

- Annonce postdoc
- Calendrier de la réalisation des simulations LES avec traceurs
- Implication des différents schémas en flux de masse:  
Modèle du thermique, EDKF, PCMT
- Implication des schémas de nuages:  
Jam et al., Perraud et al.
- Partie microphysique et rayonnement: qui? comment?
- Choix des paramètres à tuner et des métriques cibles
- Importance de la cohérence entre les hypothèses faites pour le calcul de la couverture nuageuse et celles utilisées pour le calcul des propriétés radiatives
- Evaluation: comment on l'organise?  
Quelles versions? Quelle synchronisation? Partage d'outils d'évaluation automatique?