

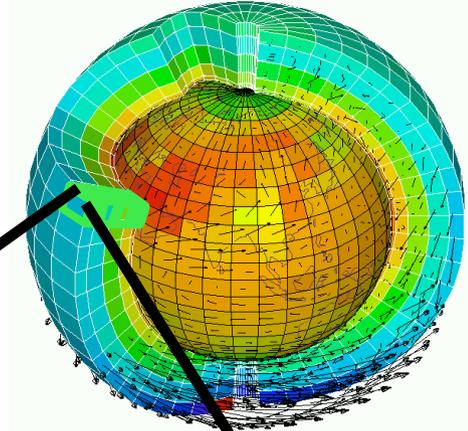
Comment améliorer le contenu physique des modèles grande-échelle par le biais des simulations haute résolution?

Fleur Couvreur, Catherine Rio, Frédéric Hourdin

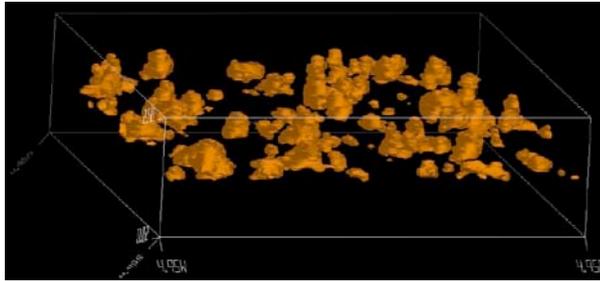
Centre National de Recherches Météorologiques

Laboratoire de Météorologie Dynamique

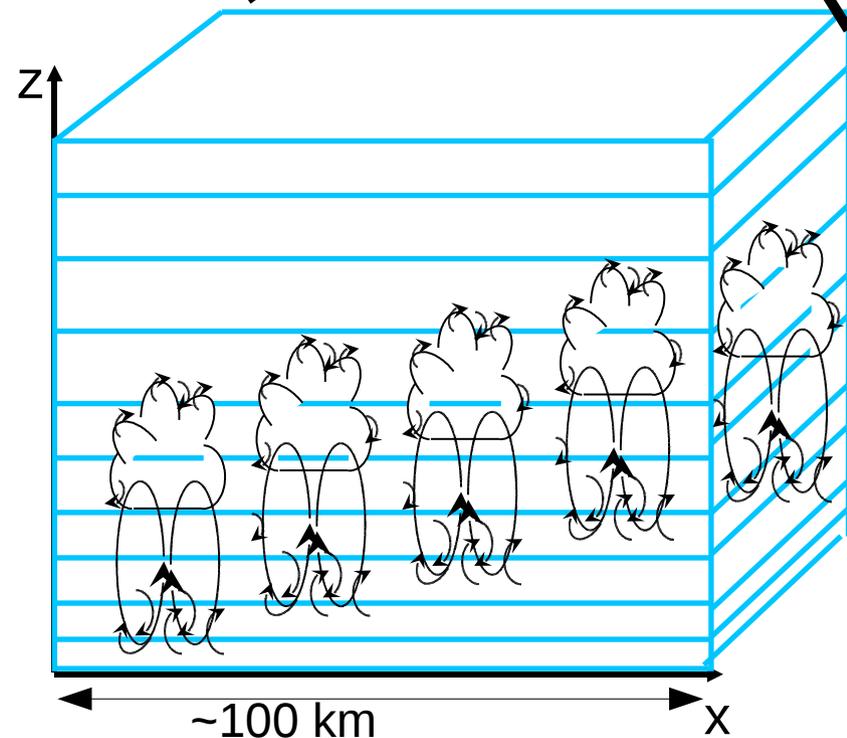
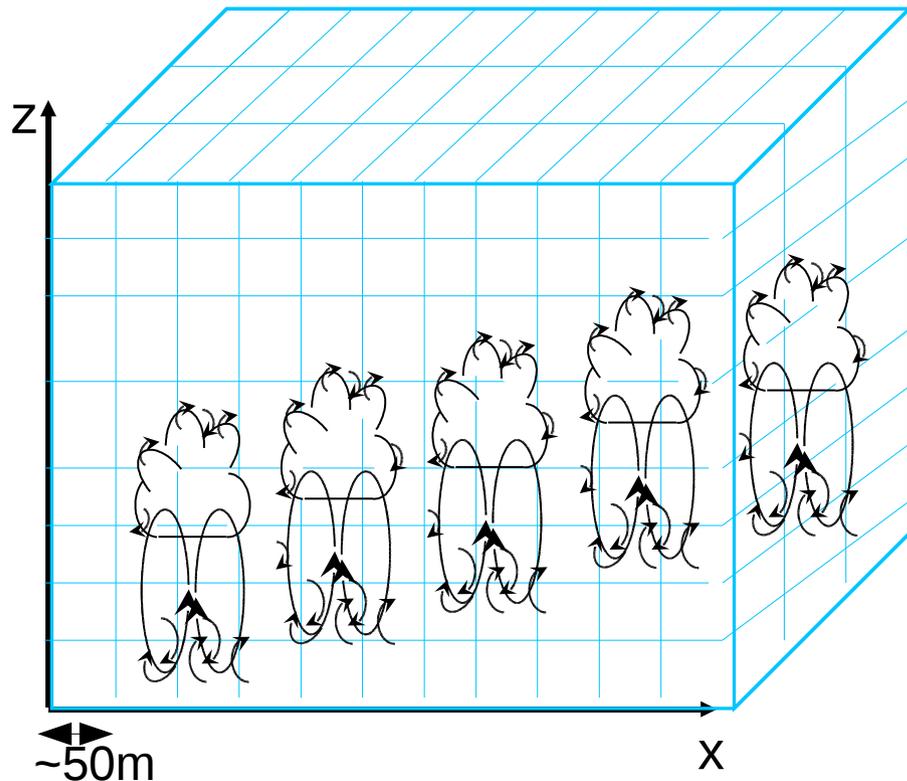
Couvreur & al., Rio & al., soumis à BLM



Des processus
résolus...

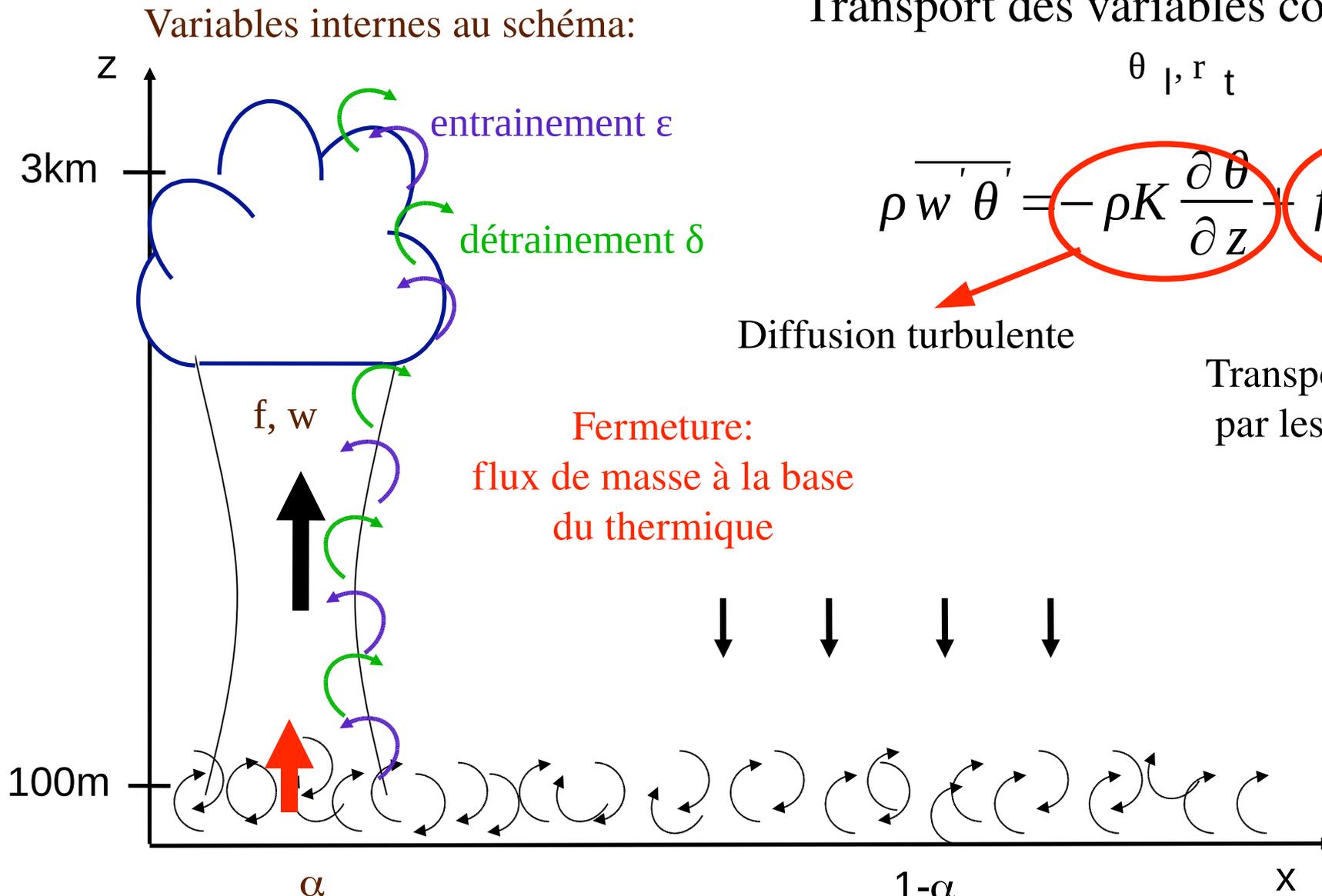


à leur paramétrisation



Le modèle du thermique nuageux

Rio & Hourdin, JAS, 2008



Transport des variables conservatives:

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

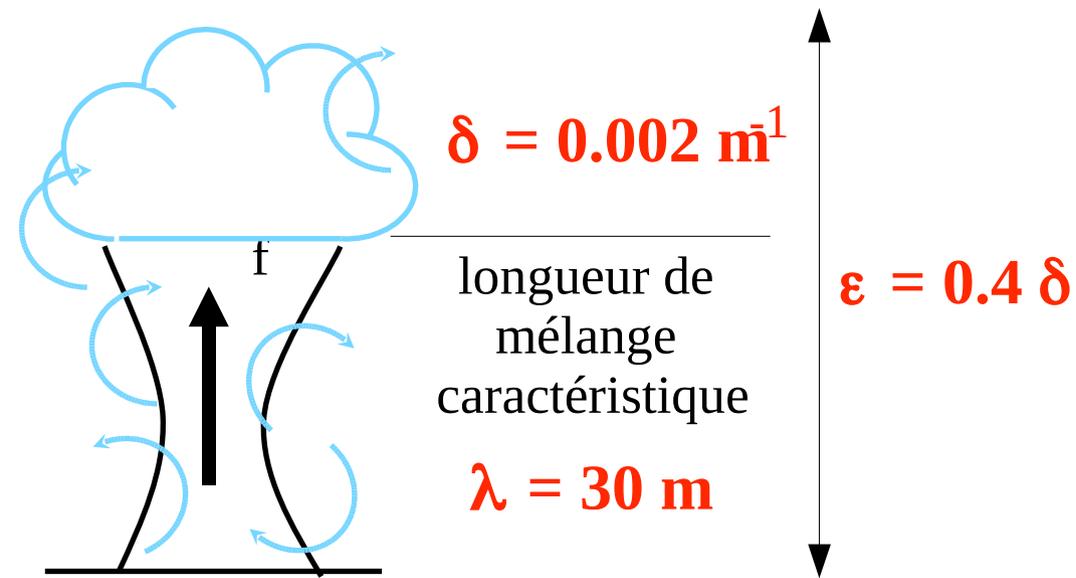
Diffusion turbulente

Transport non local
par les thermiques

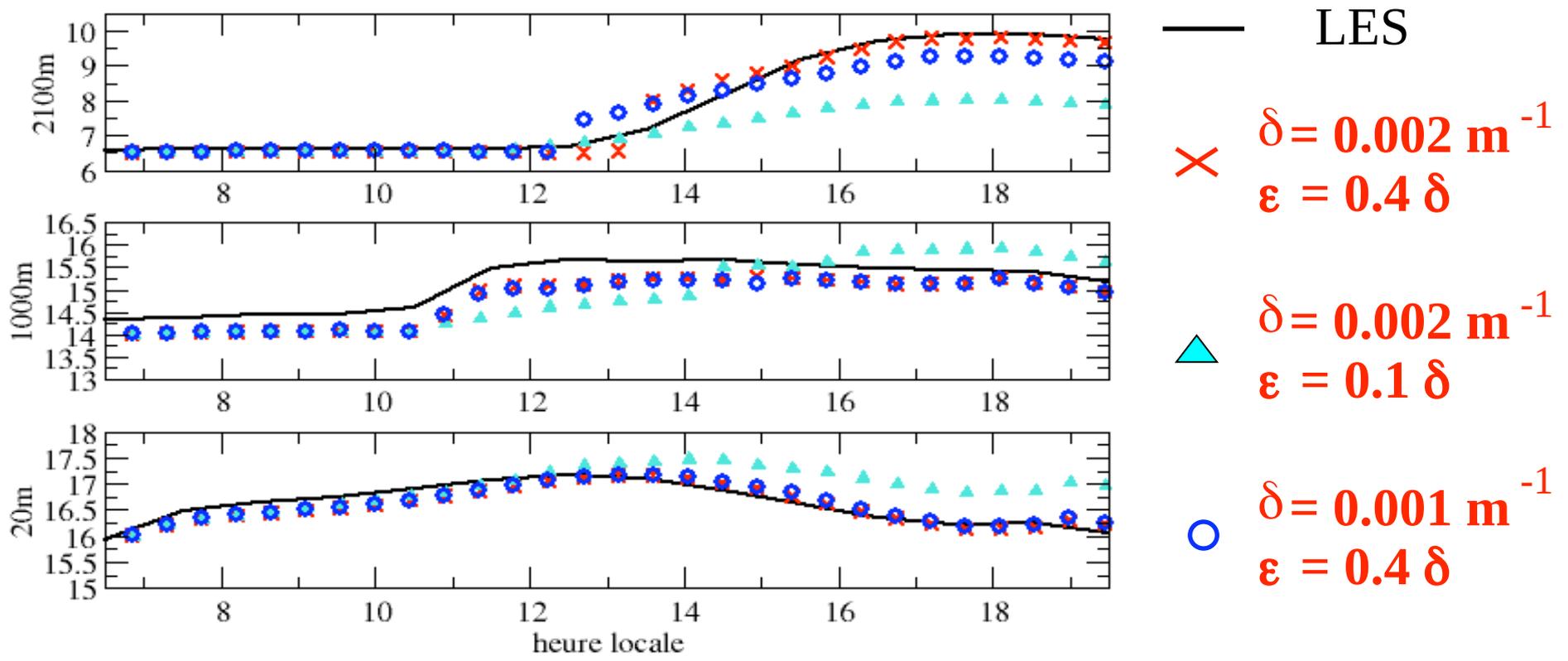
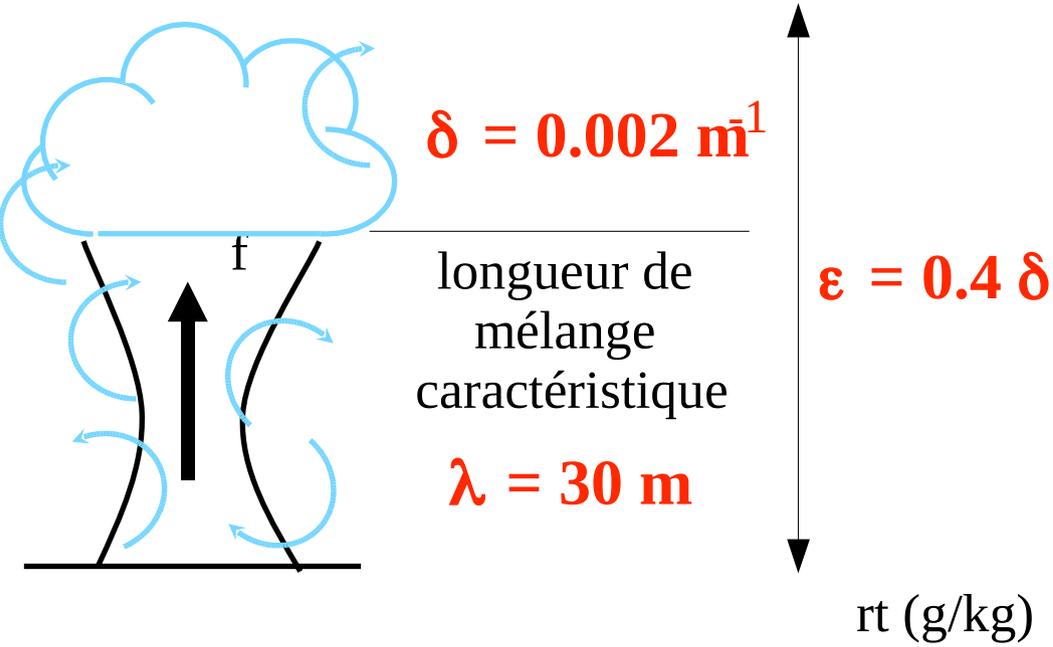
Fermeture:
flux de masse à la base
du thermique

Combinaison des approches diffusives et en flux de masse: Chatfield, JGR (1987), Hourdin & al., JAS (2002), Soares & al., QJRMS (2004), Siebesma & al., JAS (2007), Neggers & al., JAS (2009), Pergaud & al., BLM (2009)

La prescription des taux de mélange



La prescription des taux de mélange



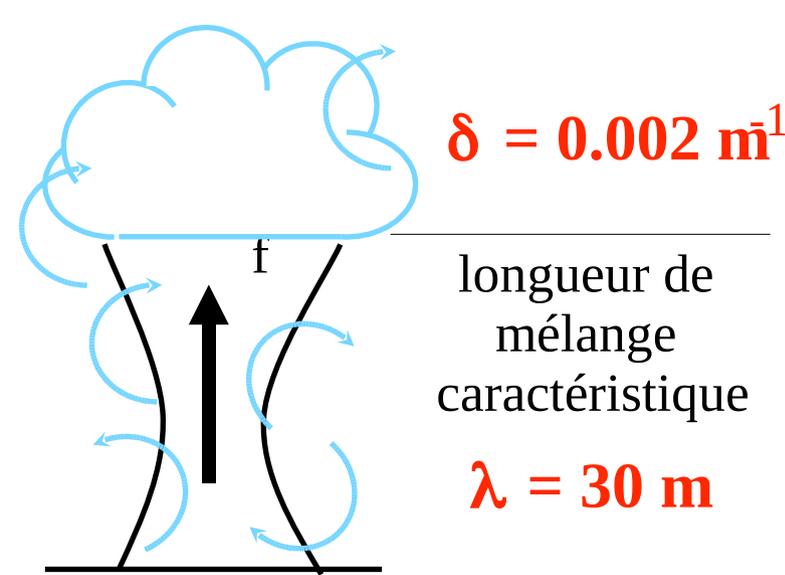
La prescription des taux de mélange

Considérations géométriques



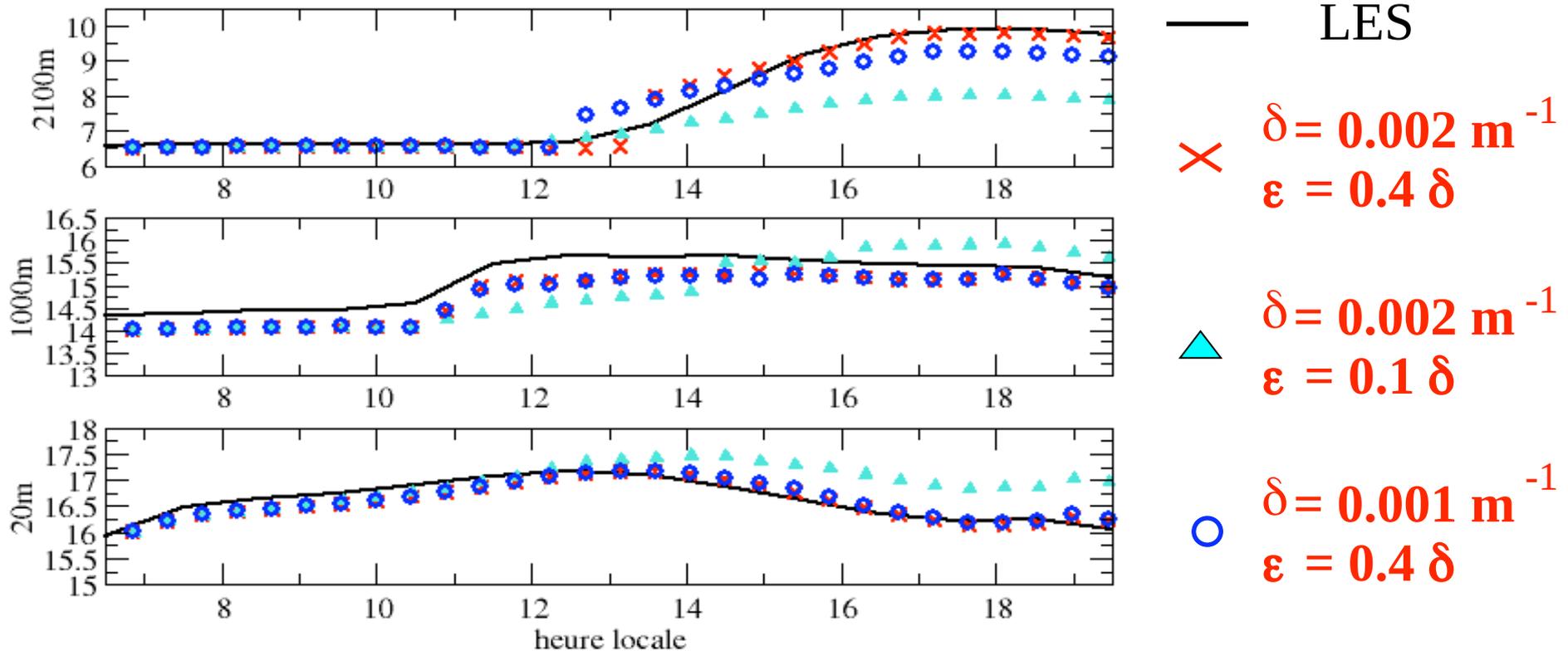
Formulation physique

Comment évaluer les variables internes à la paramétrisation?



$$\varepsilon = 0.4 \delta$$

rt (g/kg)



Une formulation continue des taux de mélange

$$\varepsilon = \max\left(0, \frac{\beta_1}{1 + \beta_1} \left(\frac{B}{W_u^2} - b\right)\right) + c_1$$

$$\delta = \max\left(0, -\beta_2 \left(\frac{B}{W_u^2} - b\right)\right) + c_2$$

Equation de la vitesse verticale

$$\frac{1}{2} \frac{\partial W_u^2}{\partial z} = \frac{B - bW_u^2}{1 + \beta_1}$$

Une formulation continue des taux de mélange

Effet de l'accélération
dans le panache

$$\varepsilon = \max\left(0, \frac{\beta_1}{1 + \beta_1} \left(\frac{B}{w_u^2} - b\right)\right) + c_1$$

$$\delta = \max\left(0, -\beta_2 \left(\frac{B}{w_u^2} - b\right)\right) + c_2$$

Effet de la décélération dans le panache

Equation de la vitesse verticale

$$\frac{1}{2} \frac{\partial w_u^2}{\partial z} = \frac{B - bw_u^2}{1 + \beta_1}$$

Prise en compte indirecte
des forces de pression

Une formulation continue des taux de mélange

Effet de l'accélération
dans le panache

Effet du frottement

$$\varepsilon = \max\left(0, \frac{\beta_1}{1 + \beta_1} \left(\frac{B}{w_u^2} - b\right)\right) + c_1$$

$$\delta = \max\left(0, -\beta_2 \left(\frac{B}{w_u^2} - b\right)\right) + c_2$$

Effet de la décélération dans le panache

Equation de la vitesse verticale

$$\frac{1}{2} \frac{\partial w_u^2}{\partial z} = \frac{B - b w_u^2}{1 + \beta_1}$$

Frottements

Prise en compte indirecte
des forces de pression

Une formulation continue des taux de mélange

Effet de l'accélération
dans le panache

Effet du frottement

$$\varepsilon = \max\left(0, \frac{\beta_1}{1 + \beta_1} \left(\frac{B}{w_u^2} - b\right)\right) + c_1$$

$$\delta = \max\left(0, -\beta_2 \left(\frac{B}{w_u^2} - b\right)\right) + c_2$$

Effet des structures
petite échelle

Effet de la décélération dans le panache

Equation de la vitesse verticale

$$\frac{1}{2} \frac{\partial w_u^2}{\partial z} = \frac{B - b w_u^2}{1 + \beta_1}$$

Frottements

Prise en compte indirecte
des forces de pression

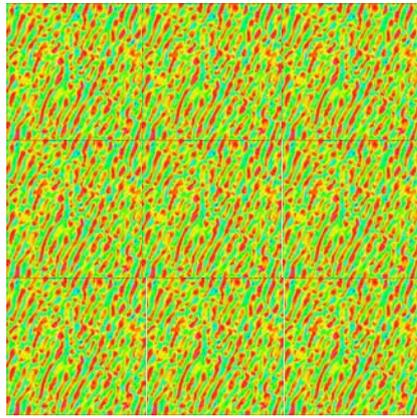
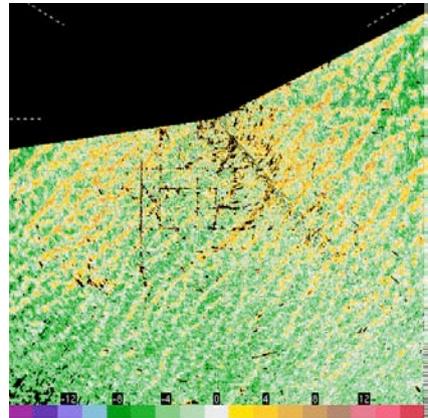
Résolution explicite des structures par LES

IHOP case : Couvreux et al. (2005)

CBL continentale en ciel clair

Radar observations

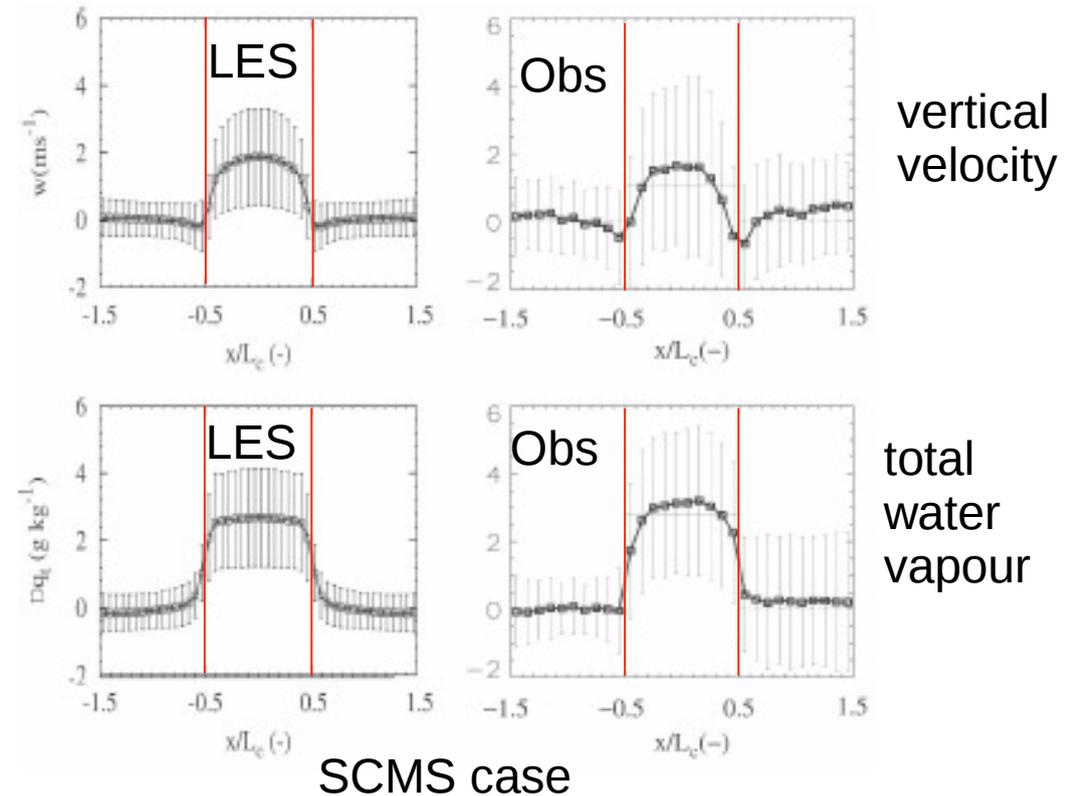
LES



30 km

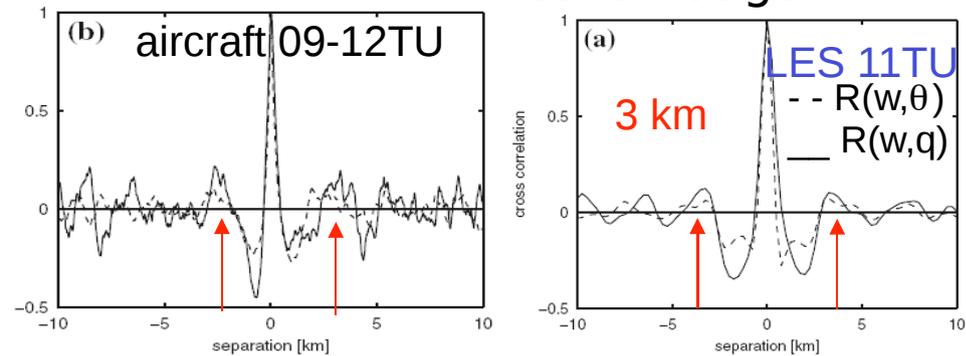
30 km

Horizontal distribution at the cloud-edge
(Heus et al 2008)



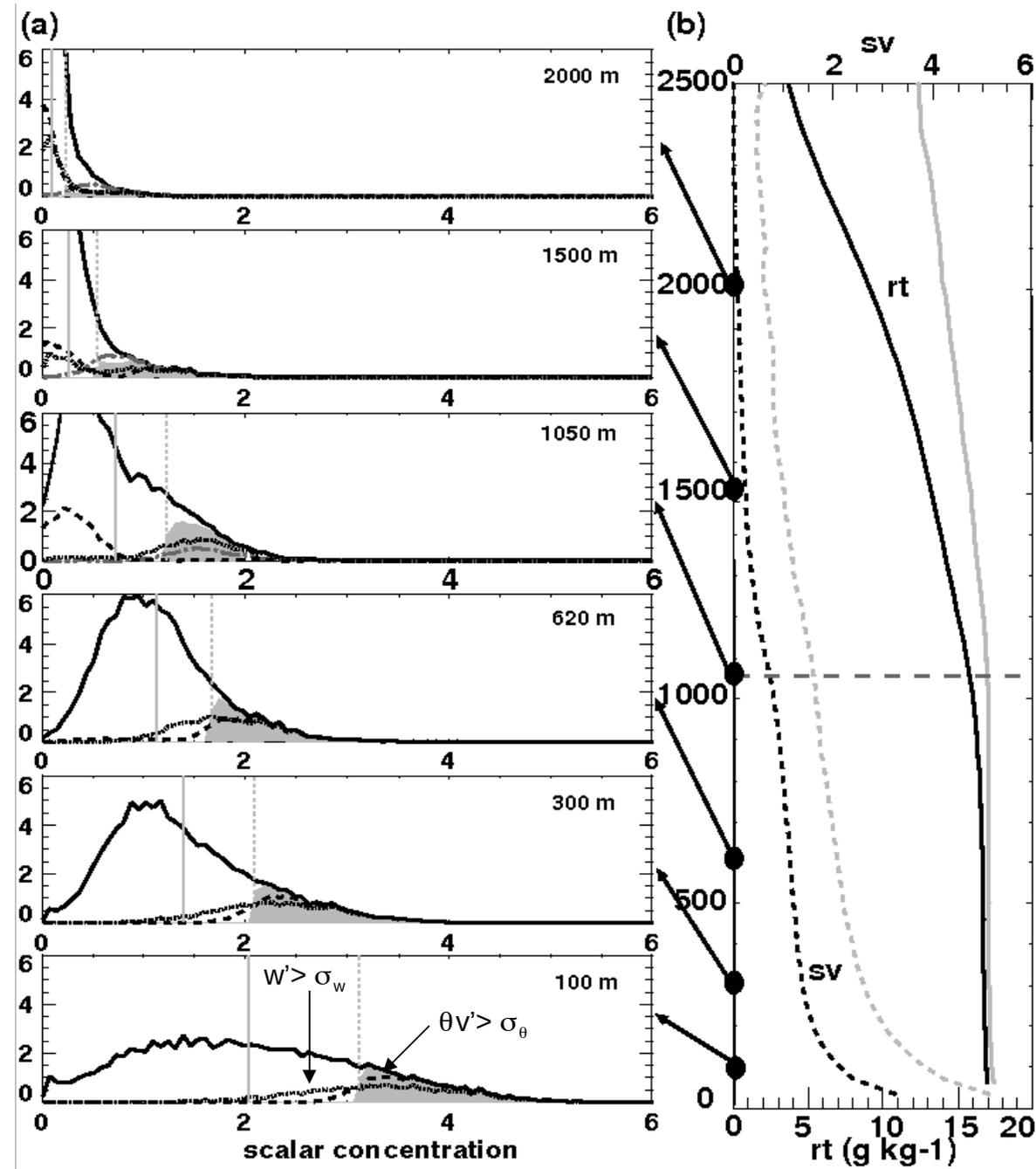
HAPEX Sahel: Lothon et al. (2007)

CL africaine sans nuage



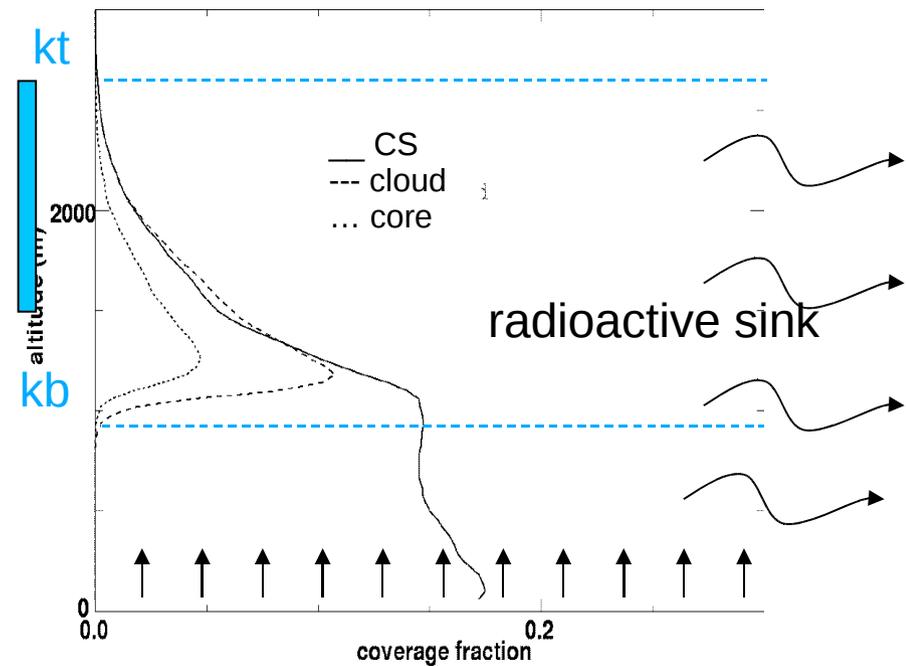
- LES outil adapté pour l'étude des structures cohérentes (nuages, thermiques)
- Fournit champs 4D, faible sensibilité aux paramétrisations

Un échantillonnage conditionnel pour caractériser les thermiques de la surface au sommet des nuages

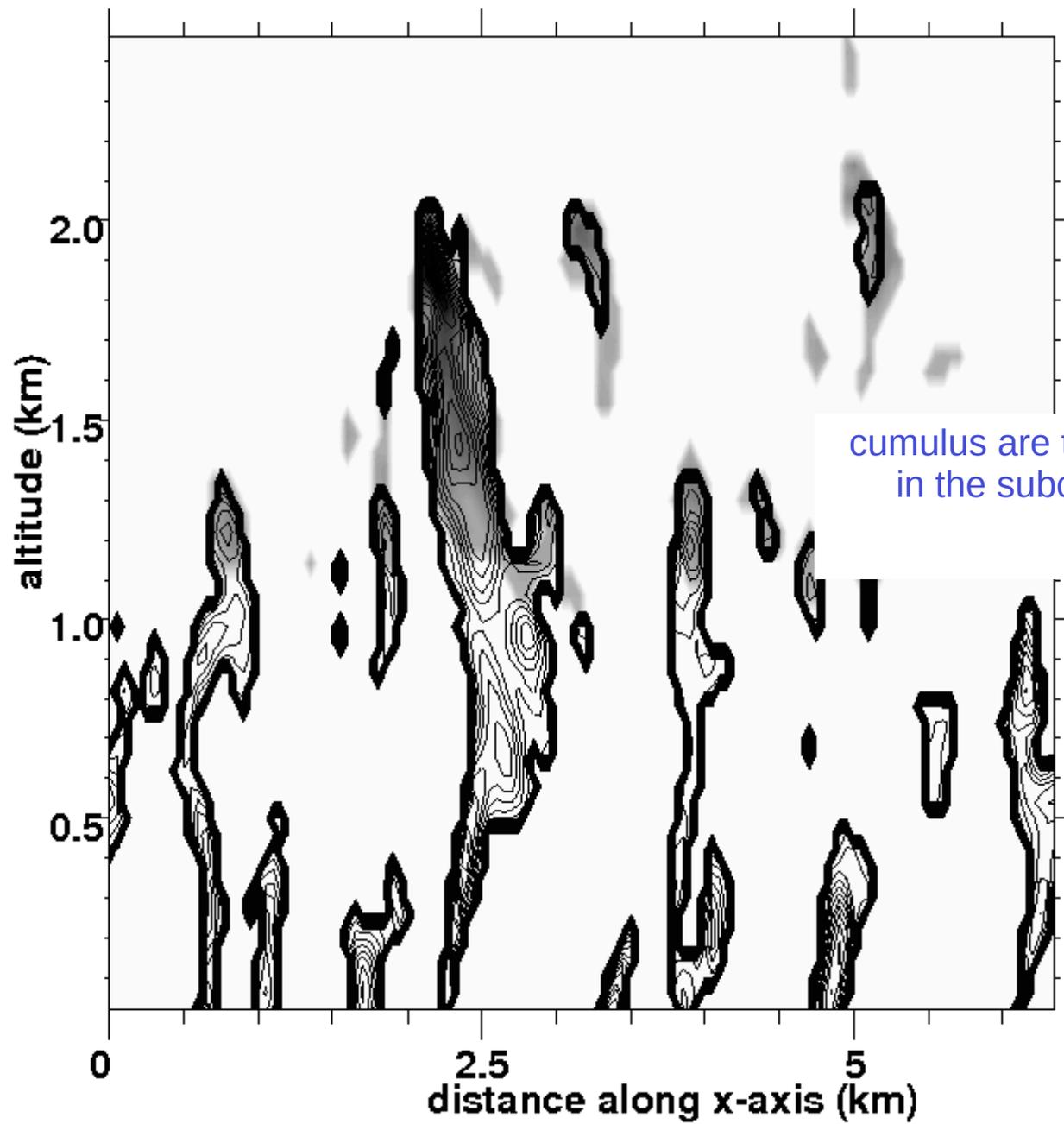


$$s' > \sigma_s + w > 0$$

$$+ rc > 0 \quad (kb + 1/4hc \rightarrow kt)$$

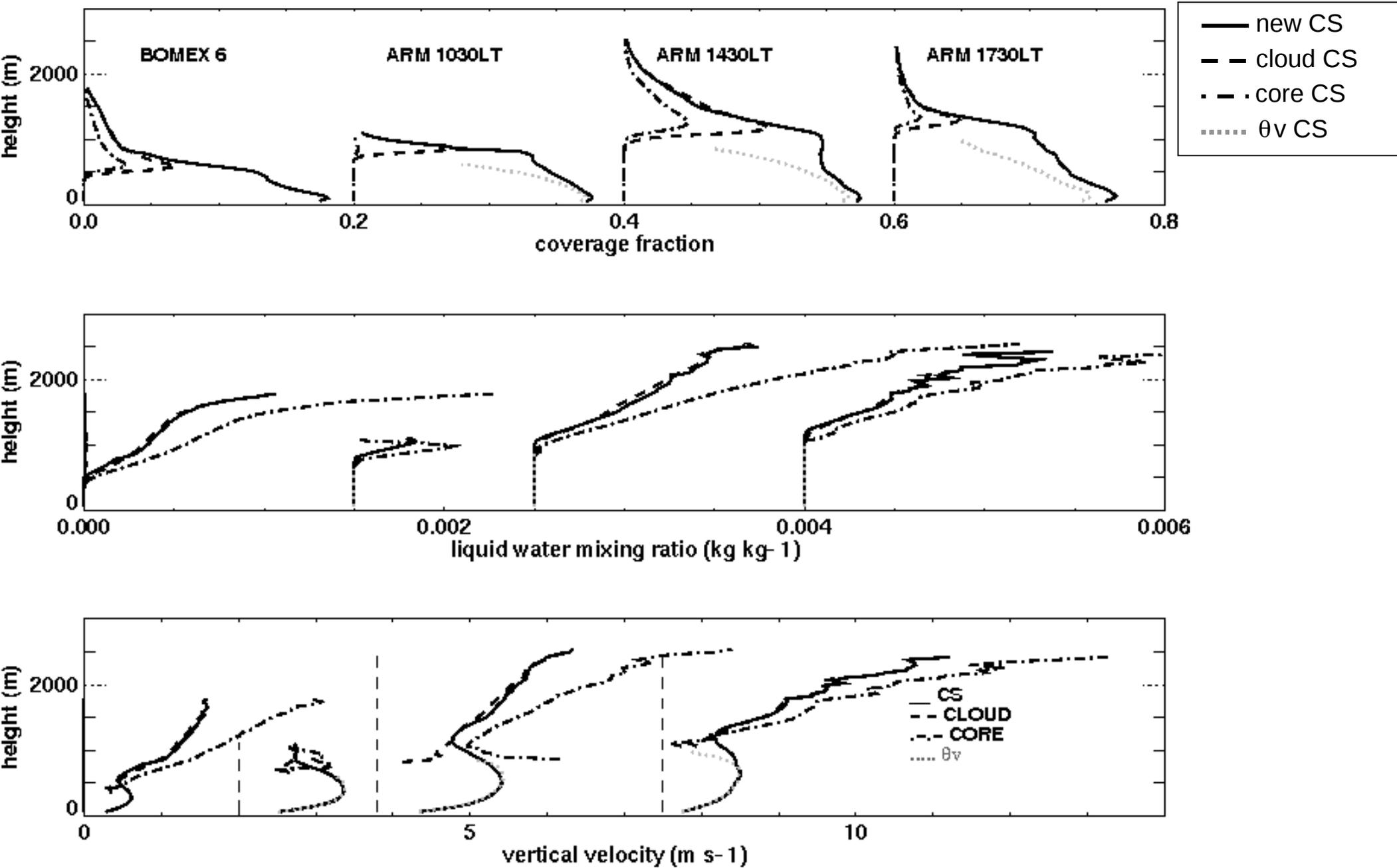


Exemple de sélection par le CS



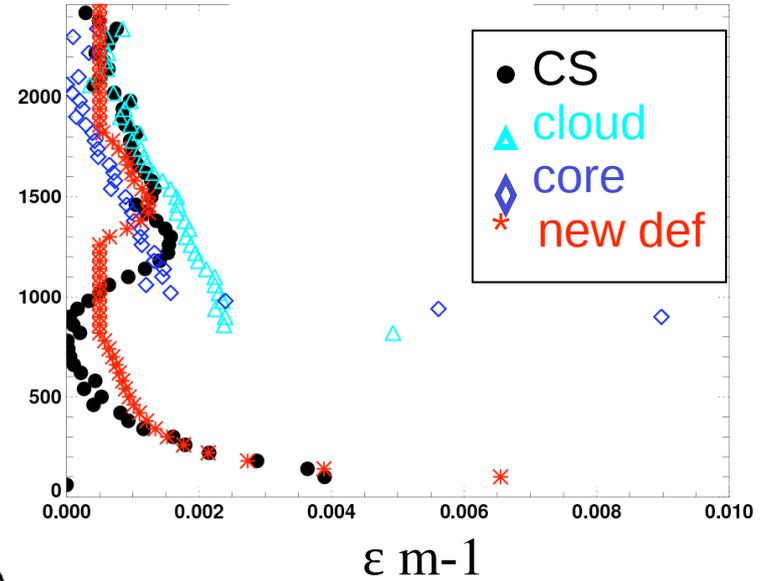
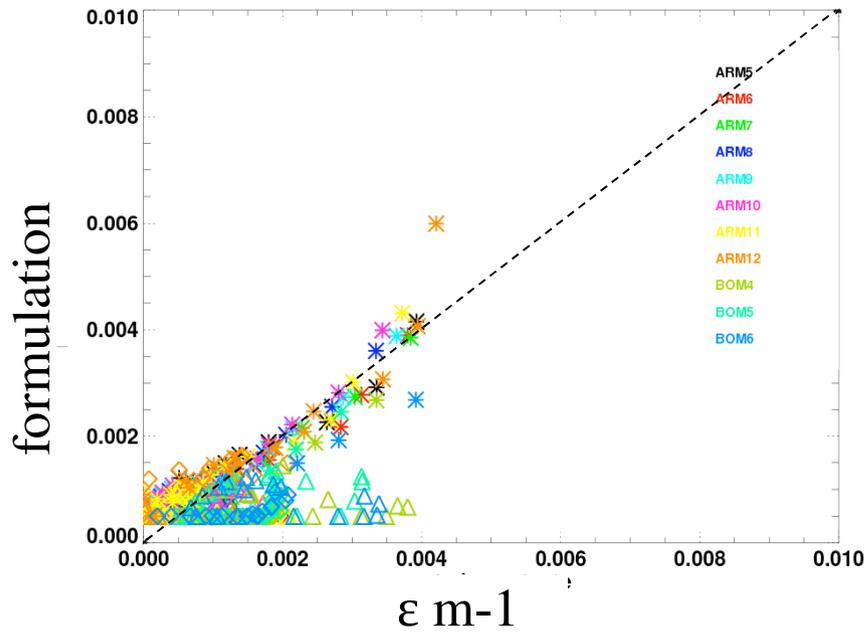
cumulus are the saturated, visible part of updrafts rooted in the subcloud layer...LeMone and Pennell (1976)

Evaluation de l'échantillonnage pour CL avec cumulus

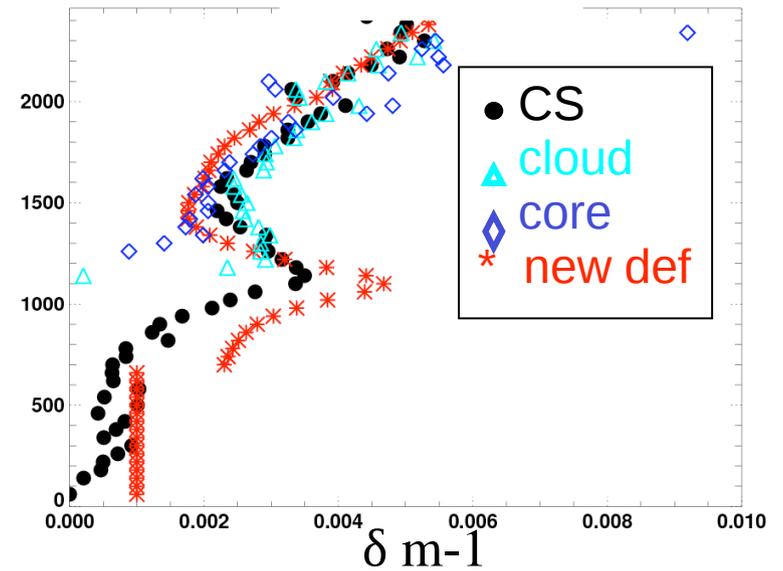
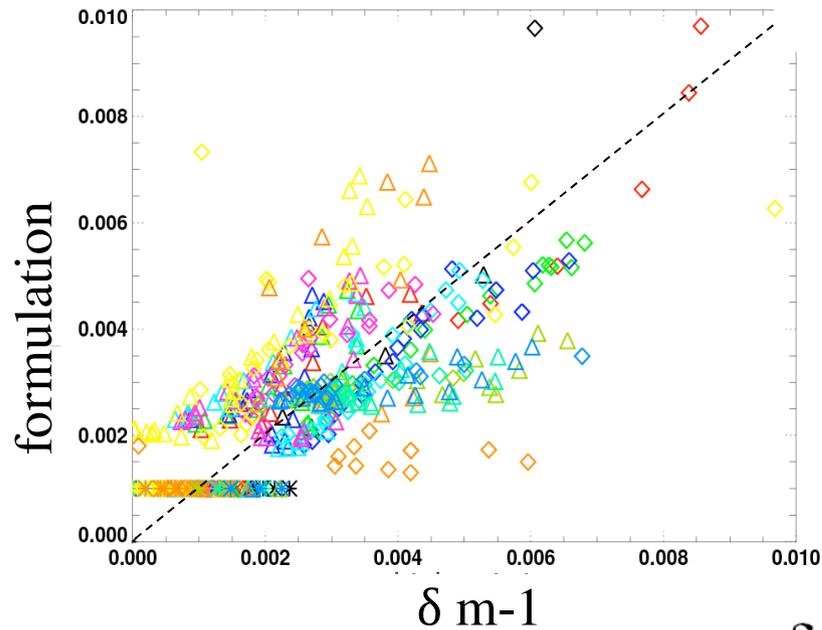


Validation de la formulation dans la LES

ARM 14:30LT

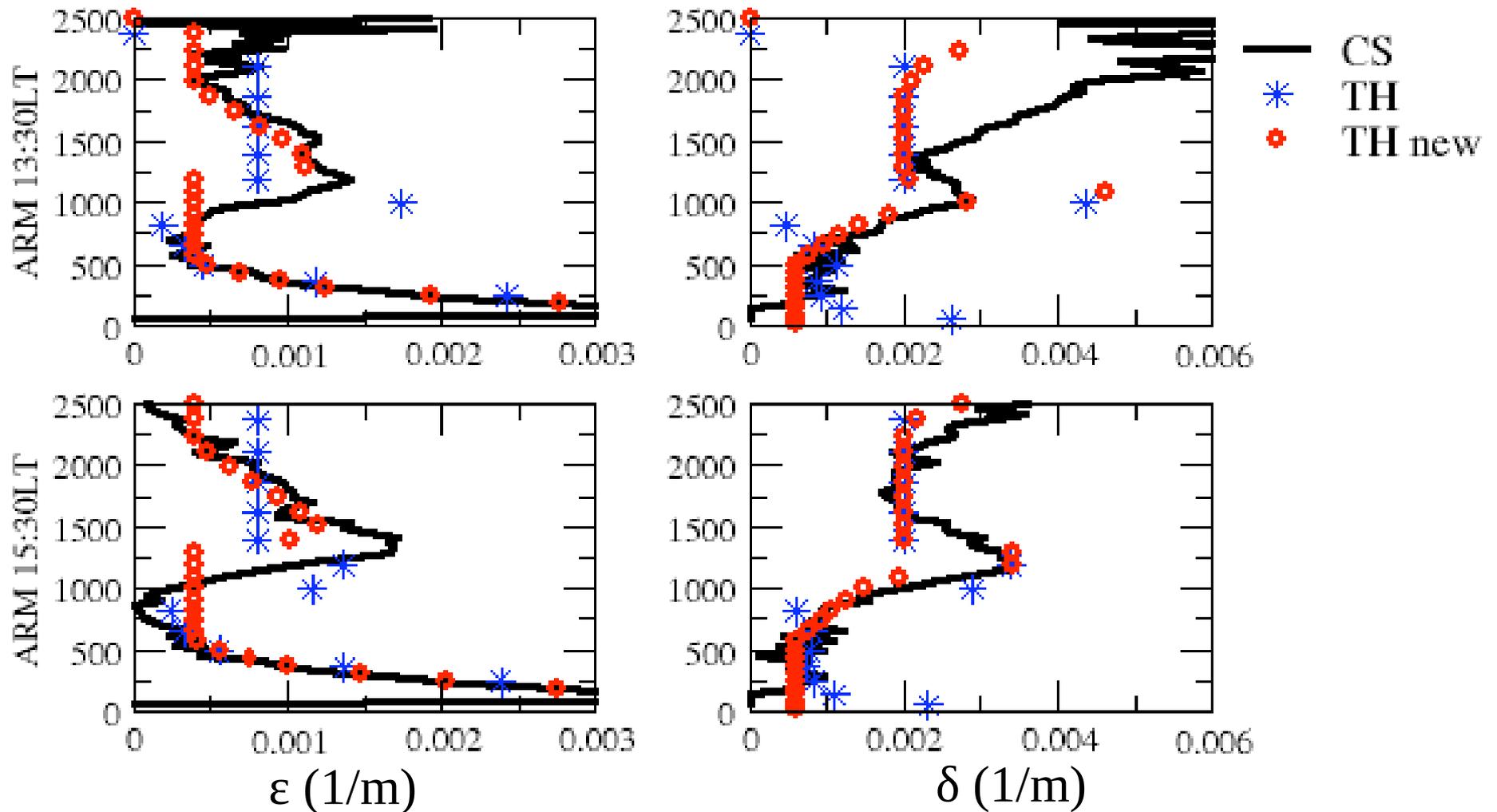


$$\epsilon = \frac{1}{\psi - \psi_u} \frac{\partial \psi_u}{\partial z}$$



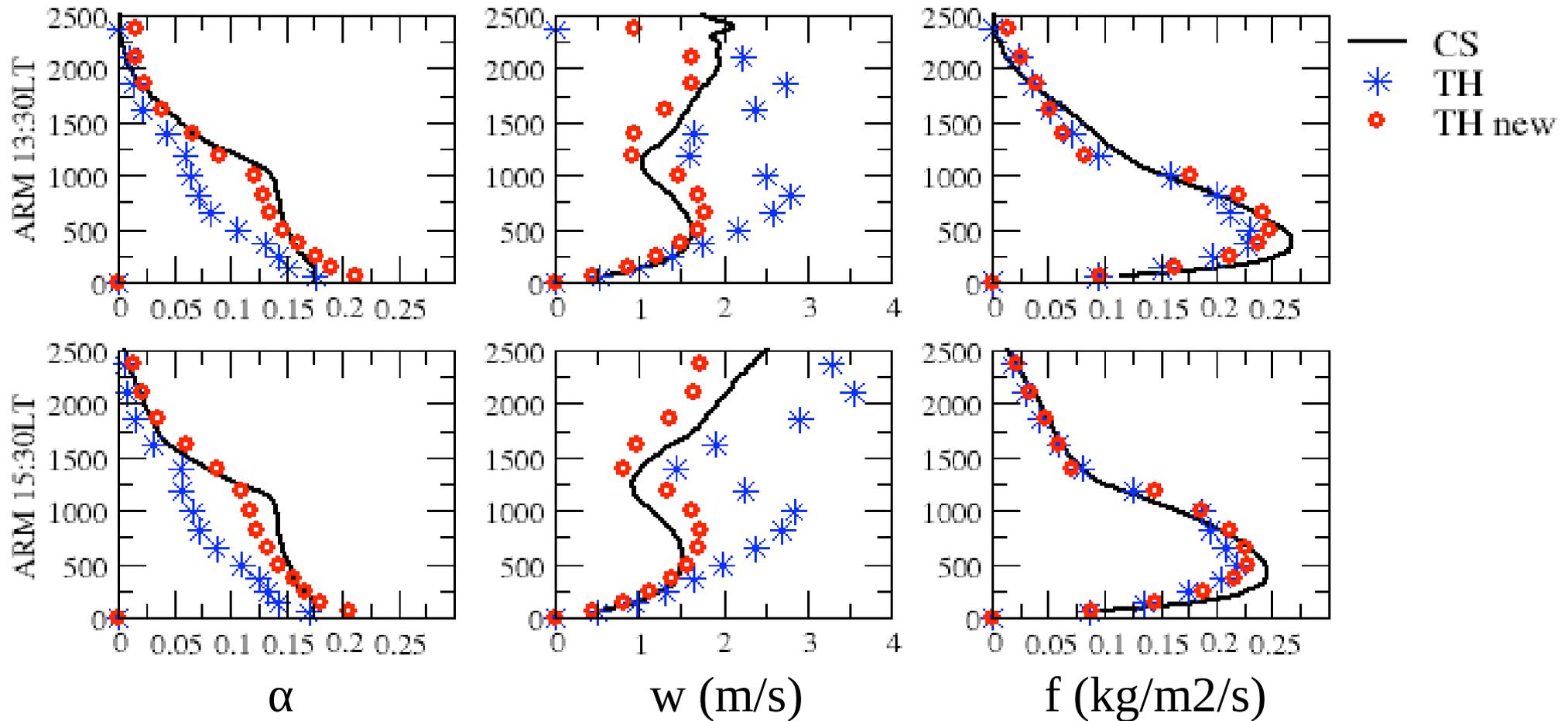
$$\delta = \frac{-1}{f} \frac{\delta f}{\delta z} + \epsilon$$

Introduction de la formulation dans le modèle du thermique



- Décroissance du taux d'entrainement près de la surface et de la base au sommet des nuages
 - Augmentation du taux de détrainement sous la base et le sommet des nuages

Caractéristiques des thermiques



- Meilleure représentation de la vitesse verticale et de la fraction couverte par les thermiques

Conclusions

- Analyse conditionnelle permettant de sélectionner les thermiques de la surface au sommet des nuages dans les LES: un nouvel outil prometteur pour l'évaluation et l'amélioration des paramétrisations des thermiques de couche limite.
- Formulation continue des taux de mélange entre thermiques et environnement qui permet une meilleure représentation des variables internes au modèle du thermique.
- Même méthodologie pour d'autres processus physiques à paramétrer ?
dry tongues, impact des structures petite échelle sur le mélange...