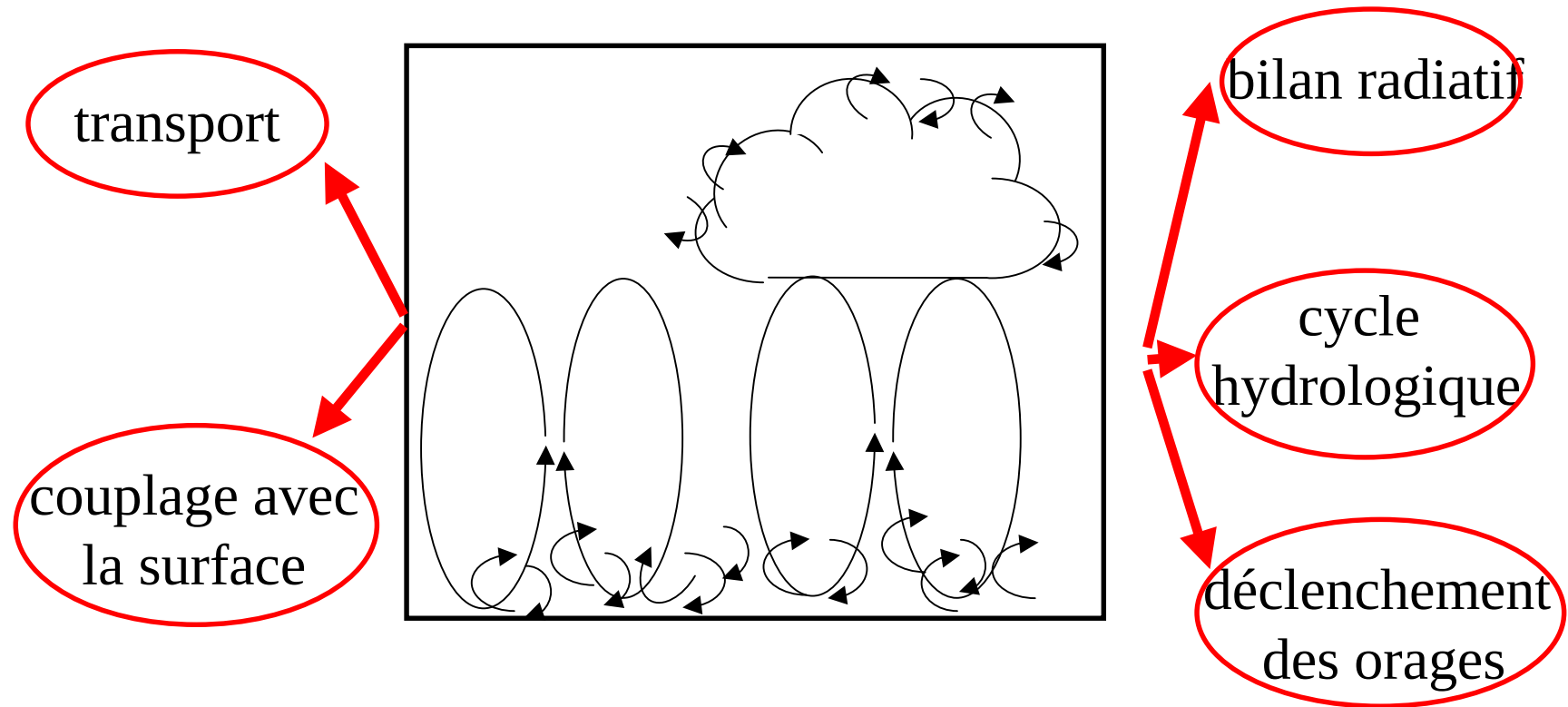


Les paramétrisations en flux de masse de la couche limite convective au CNRM et au LMD: Comparaison du modèle EDKF et des thermiques sur un cas 1D de petits cumulus

MP Lefebvre (LMD/CNRM), I.Beau (CNRM), Y.Bouteloup (CNRM), E.Bazile (CNRM),
F.Couvreux (CNRM), JY.Grandpeix (LMD), F.Hourdin (LMD),
A.Jam (LMD), C.Rio (LMD)

La couche limite atmosphérique

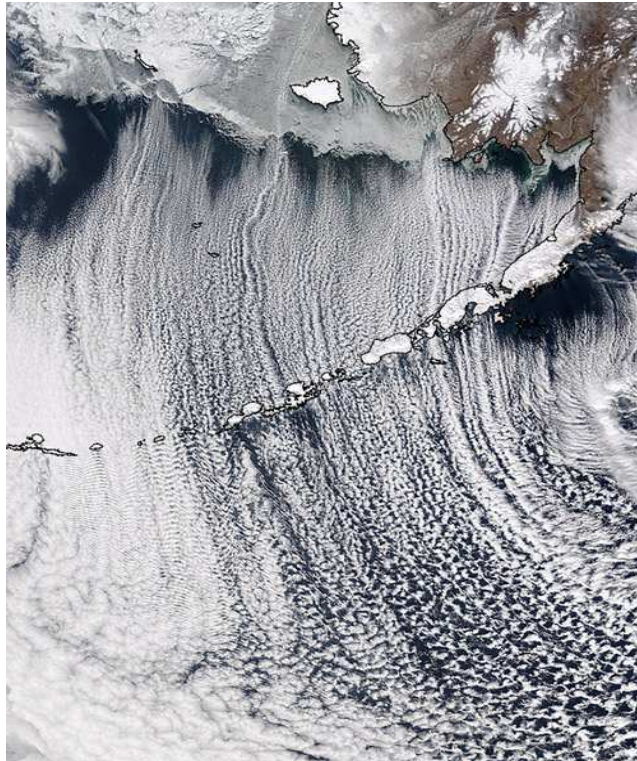
La couche limite atmosphérique joue un rôle central dans le système climatique:



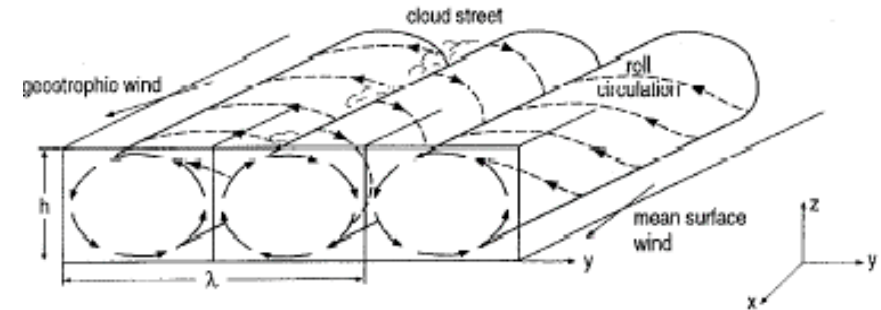
Mais l'approche diffusive, construite par analogie avec la diffusion moléculaire, est mise en défaut dans les couches limites convectives.

Approche mise en défaut dans les couches limites convectives

Importance des structures organisées visualisées ici par des rues de nuages

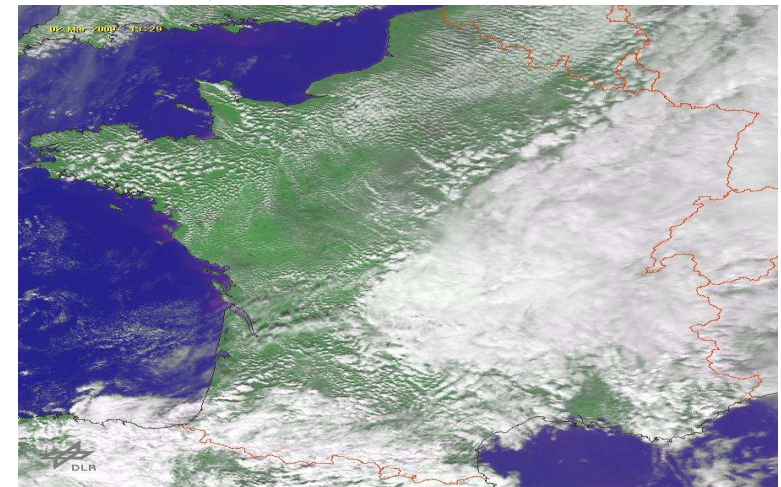


Nouvelle paramétrisation de la couche limite convective basée sur une représentation en flux de masse des panaches ou rouleaux



Exemple classique de rues de nuages générées au sommet de rouleaux convectifs:

- Air polaire froid arrivant au-dessus d'un océan plus chaud.
- Air maritime doux arrivant sur un continent plus chaud.



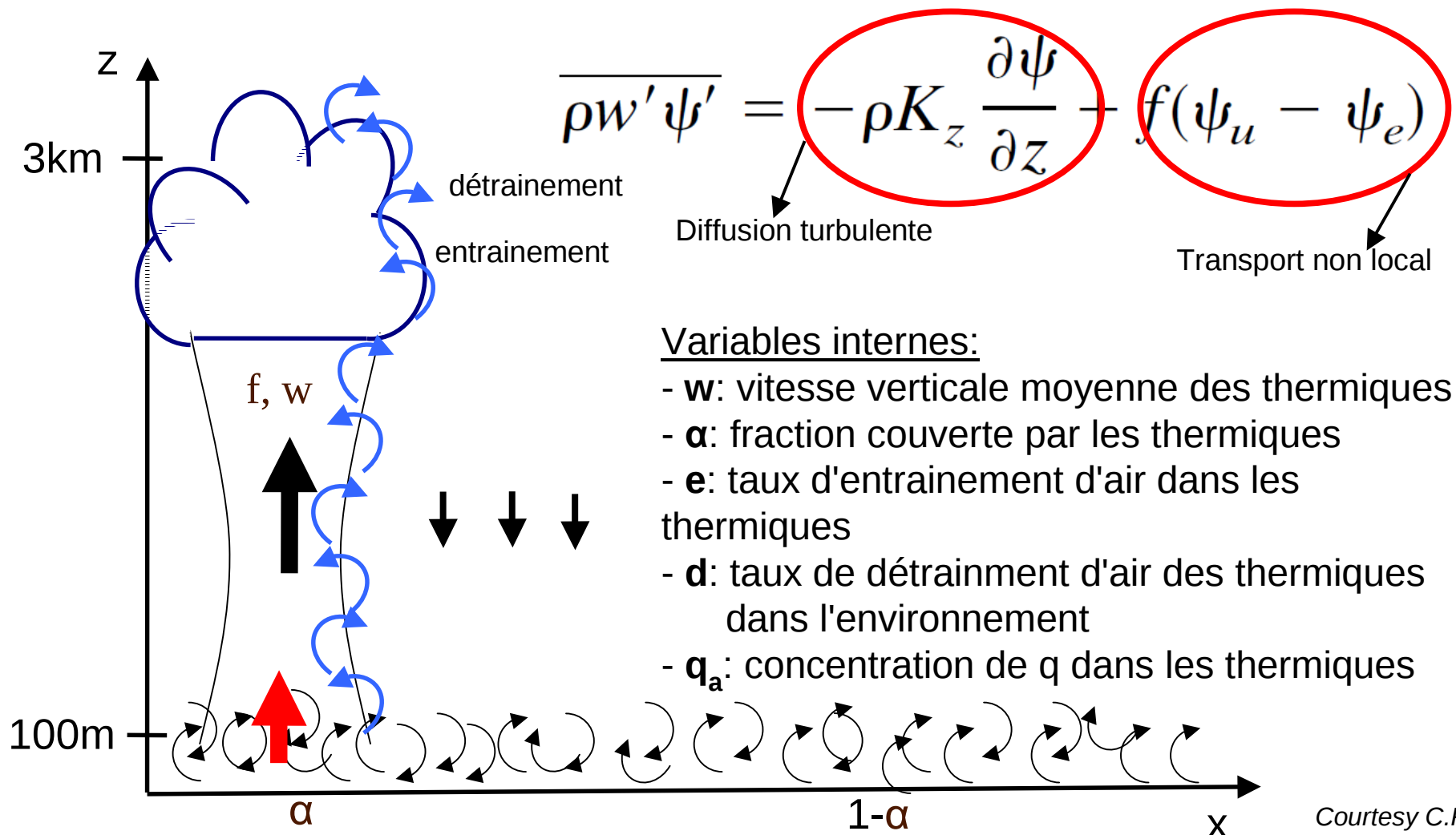
Courtesy C.Rio

Plan

- Schéma de principe et similitudes
- Différences entre les deux schémas: thermiques et EDKF
- Comparaison sur le cas de petits cumulus terrestres « Arm_Cu »
- Conclusion et perspectives

Schéma de principe

- Modèle en flux de masse: ascendance dans le panache, compensée dans l'environnement par une subsidence plus lente
- Mélange turbulent ou diffusion turbulente. Transport par petits mouvements aléatoires



Courtesy C.Rio

Différences entre les deux schémas

	EDKF	Thermiques
Couplage avec schéma de diffusion	TKE-Cuxart&al (2000): Terme de création de TKE fourni par le modèle F.masse EDKF	Mellor & Yamada (1974): Pas de couplage explicite
Fermeture	Calcul du flux de masse en surface par relation de similitude	Calcul du flux de masse en sommet de couche de surface en supposant la vitesse de convergence horizontale dans le thermique égale à V_{max} dans le panache (config. type rouleaux)
Couplage avec schéma de nuages	Proportionnel à la fraction couverte par les panaches ascendants	Bigaussienne du déficit à saturation dont les variances sont calculées à partir des caractéristiques des thermiques
Entrainement/detrainement	Sous le nuage: formule en B/w^2 Dans le nuage: approche Kain-Fritsch, tri en flottabilité	Panache entrainant avec formule continue sur toute la hauteur: $e=f(B/w^2)$ et $d=f(B/w^2, \Delta q_t/q_t)$

Entrainement/Détrainement

Thermiques:

$$\varepsilon = \max \left(0, \frac{\beta_1}{1 + \beta_1} \left(a_1 \frac{B}{w_u^2} - b \right) \right) \quad \delta = \max \left(0, -\frac{a_1 \beta_1}{1 + \beta_1} \frac{B}{w_u^2} + c \left(\frac{\Delta r_t / r_t}{w_u^2} \right)^d \right)$$

$a_1 \beta_1 / (1 + \beta_1) = 0.315$ (Impact acc./décélération)
 $a_1 \beta_1 / (1 + \beta_1) = 0.315$
 $c = 0.012, d = 0.5$ (Détrainement favorisé dans env.sec)

EDKF sous le nuage:

$$\varepsilon_{dry} = \text{Max} \left[0, C_\varepsilon \frac{B_u}{w_u^2} \right] \quad (C_\varepsilon = 0.55)$$

$$\delta_{dry} = \text{Max} \left[\frac{1}{L_{up} - z}, C_\delta \frac{B_u}{w_u^2} \right] \quad (C_\delta = -10)$$

EDKF dans le nuage: Approche Kain-Fritsch (1990) du "Buoyancy sorting"

$$\varepsilon_{cloud} = \delta M_t \int_0^{x_c} x f(x) dx$$

$$\delta_{cloud} = \delta M_t \int_{x_c}^1 (1 - x) f(x) dx$$

$f(x)$ = fonction densité proba suivie par mélange dans chaque parcelle

X = fraction air environnemental

R = rayon de l'updraft M = flux de masse

Vitesse verticale dans le panache

Thermiques:

$$w_u \frac{\partial w_u}{\partial z} = a_{\text{imd}} B_u - \epsilon w_u^2 - b_{\text{imd}} w_u^2$$

$a_{\text{imd}} = 2/3$ $b_{\text{imd}} = 0.002$

EDKF:

$$w_u \frac{\partial w_u}{\partial z} = a B_u - b \epsilon w_u^2$$

Terme de
Perturbation
de pression

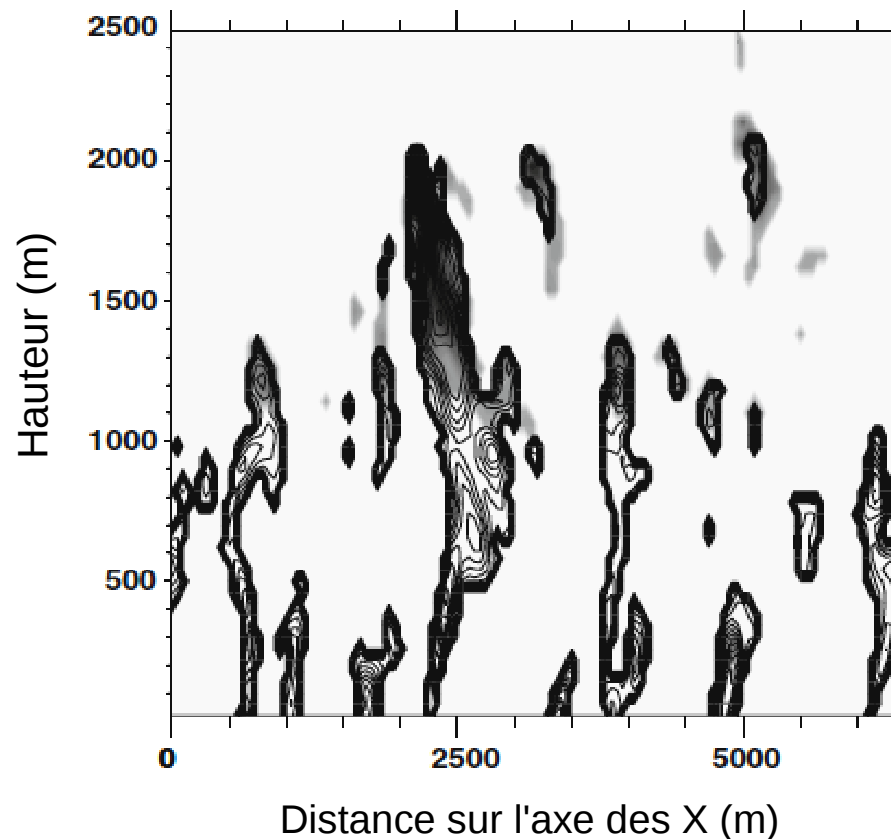
Terme de turbulence
diminue impact de B

Cas ARM_Cu

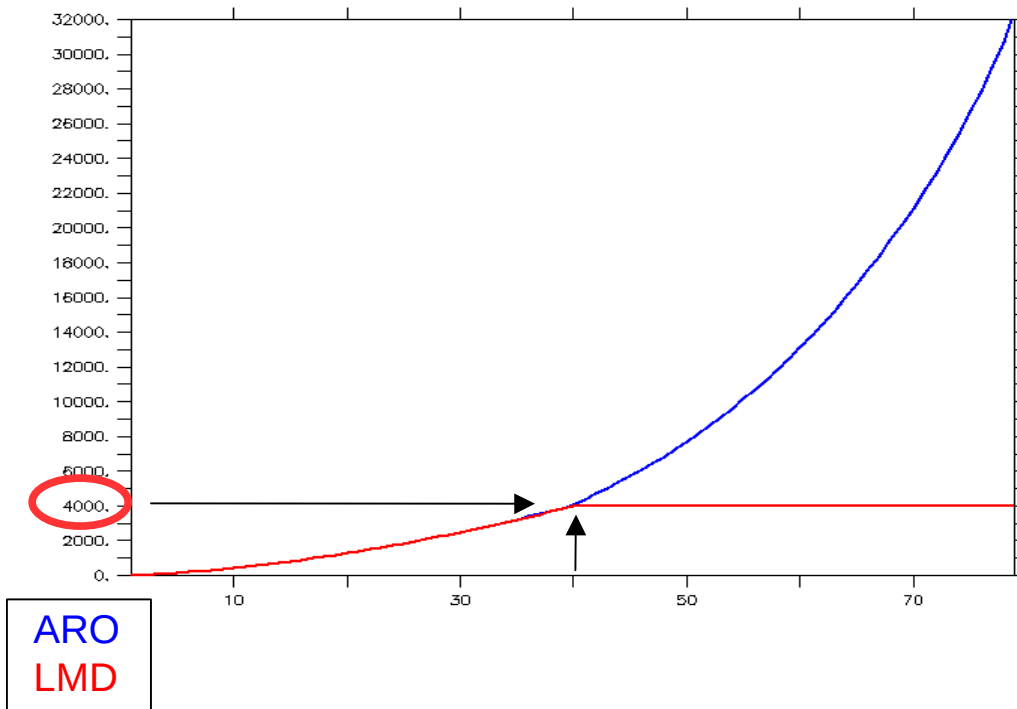
- ✓ Cas du 21 juin 1997 : étude du cycle diurne de petits cumulus sur terre, sur le site ARM. Développement d'une couche limite convective sèche puis d'une couche nuageuse au sommet de la couche mélangée, qui s'épaissit au cours de l'après-midi
- ✓ Début 11h30LT et sur 15h
- ✓ Forçage de grande échelle sont négligeables par rapport aux forçages de surface
- ✓ Flux de surface imposés
- ✓ Rayonnement désactivé

Méthode du conditional sampling

- Simulation LES réalisée avec Méso-NH
- Permet d'évaluer les profils moyens
- Conditional sampling permet, grâce à un traceur, d'identifier les thermiques et de déduire leurs propriétés (Couvreur & al, 2010)
- Puis de comparer ces résultats de façon directe à ceux du SCM



Cas Arm_Cu 14h30LT
Contour= concentration du traceur
Shade= nuages ($q_i > 0$)



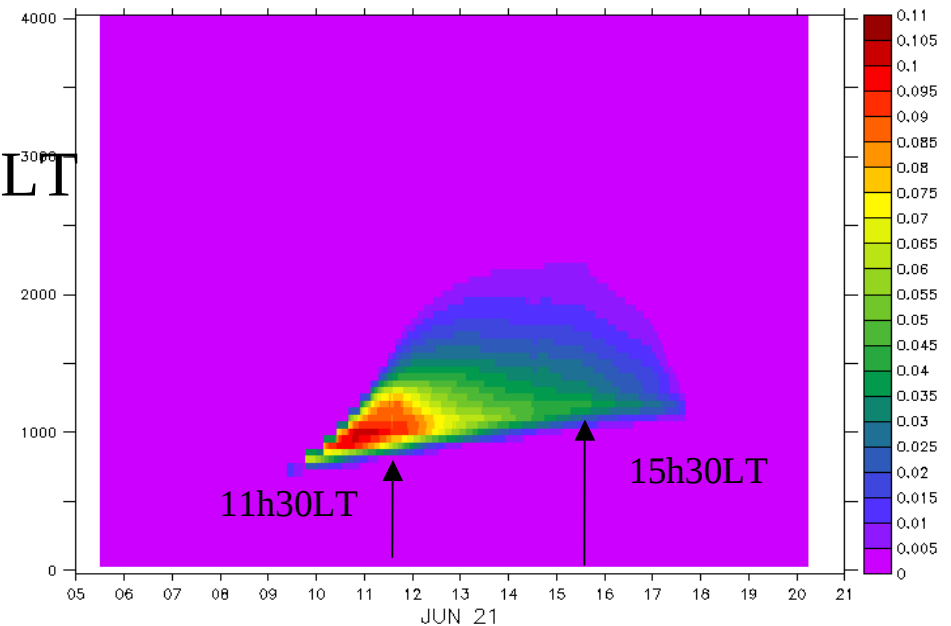
Discrétisation verticale des deux modèles:

Arome: 79 niveaux jusqu'à 32000m (**ARO**)

LMDz : 40 niveaux jusqu'à 4000m (**LMD**)

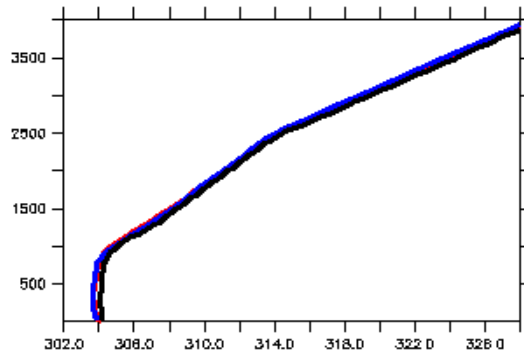
Profils à 11h30 et 15h30 LT

AMA - 23-



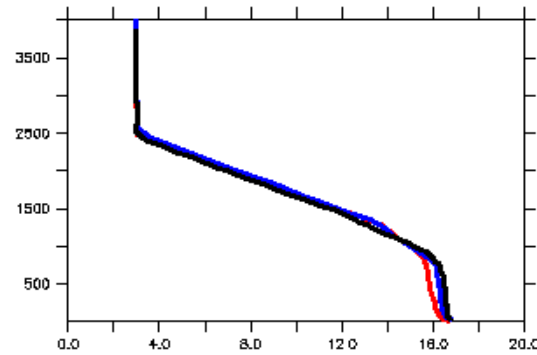
Profils des champs moyens

Thetal
(K)



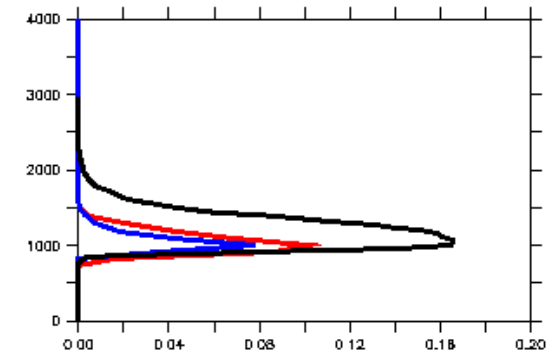
11h30LT

Qt
(g/kg)



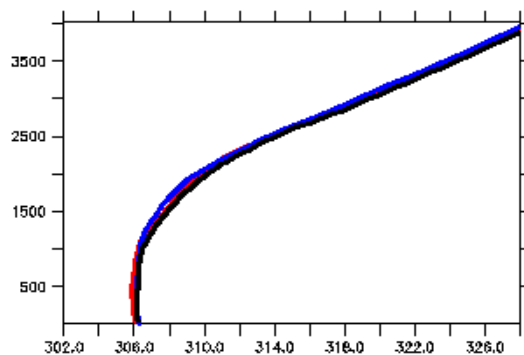
11h30LT

Cloud fraction
(%)



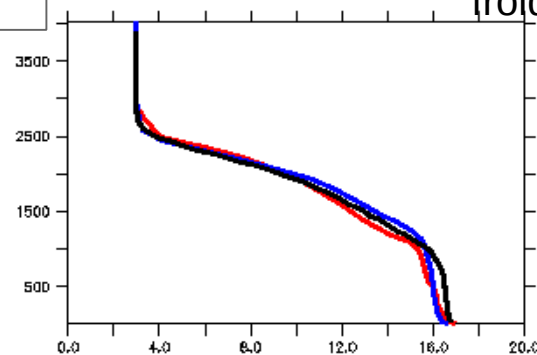
11h30LT

Les environnements des deux modèles sont un peu plus froids et plus secs que la LES

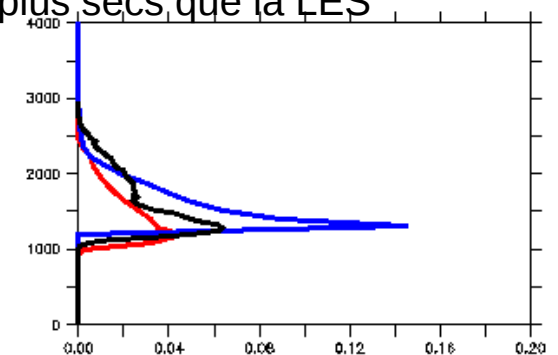


15h30LT

ARO
LMD
LES



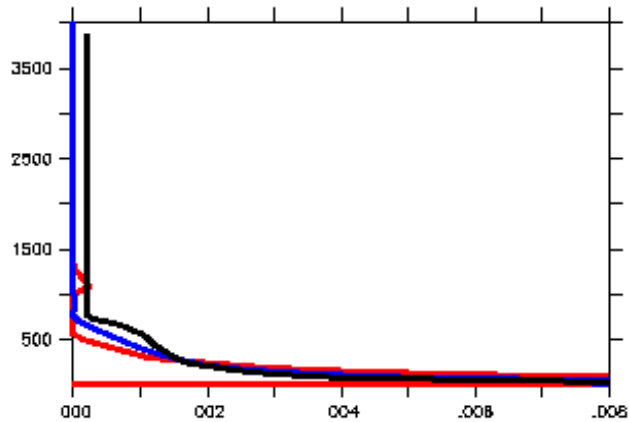
15h30LT



15h30LT

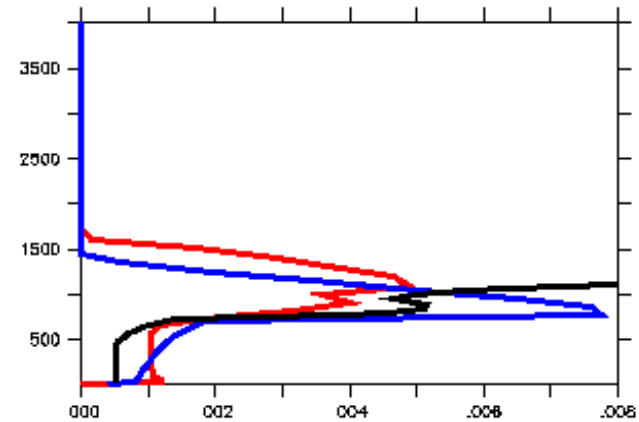
Profils des variables internes

Fractional entrainment (m-1)



11h30LT

Fractional detrainment (m-1)

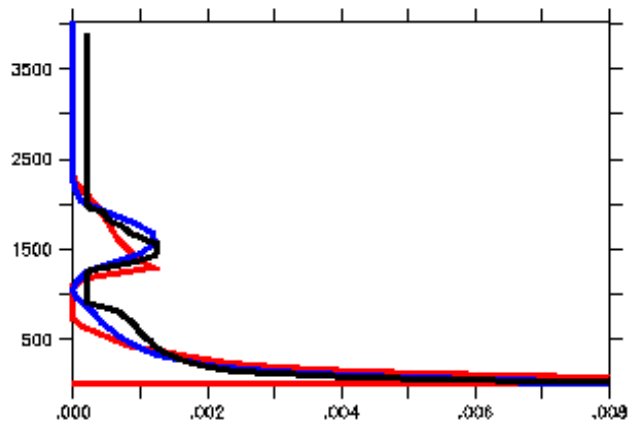


11h30LT

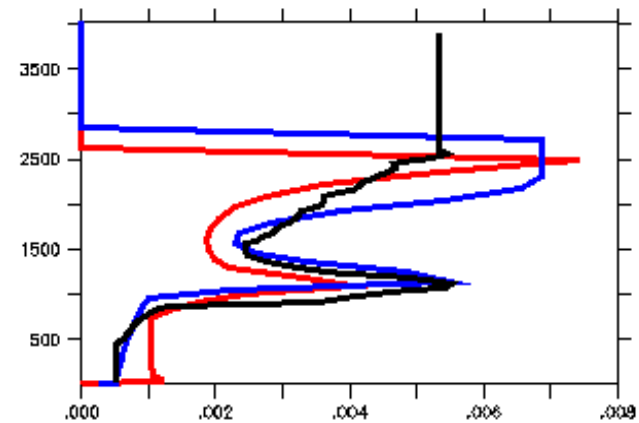
Les 2 schémas sous-estiment ε sous la base

ARO
LMD
LES

LMD surestime δ sous
la base (lien avec cf)



15h30LT

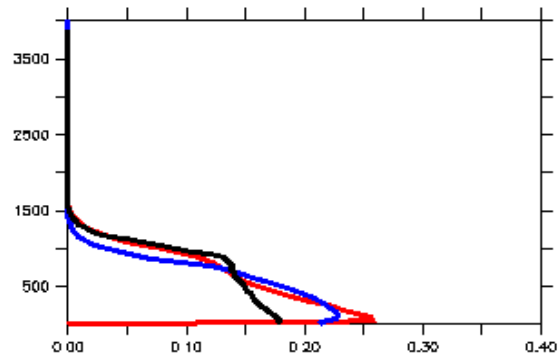


15h30LT

Profils des variables internes

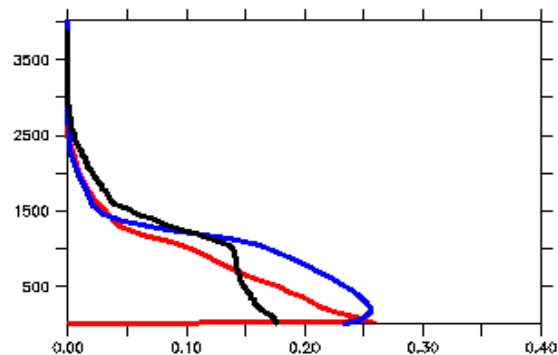
Fraction du panache (%)

a_{th}



11h30LT

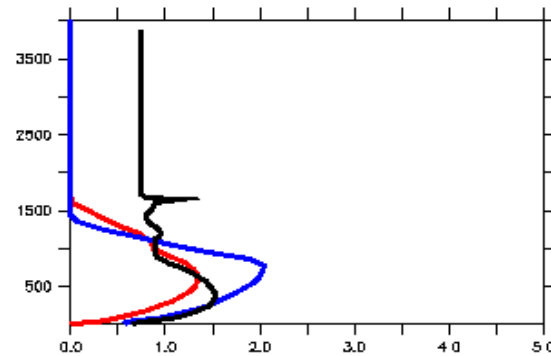
LMD sous-estime a_{th}



15h30LT

Vitesse verticale
ds le panache (m/s)

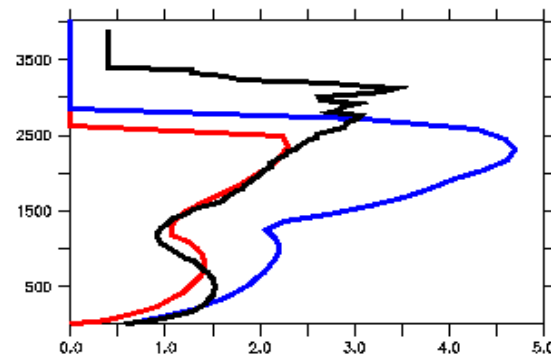
w_u



11h30LT

ARO
LMD
LES

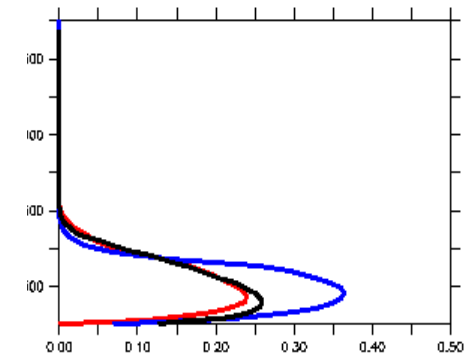
EDKF surestime w_{th} et f



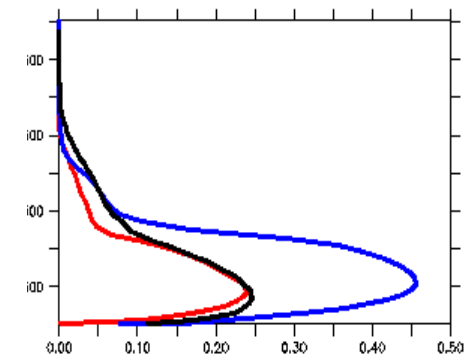
15h30LT

Flux de masse
(Kg/m2/s)

$f = \rho \cdot a_{th} \cdot w_u$



11h30LT

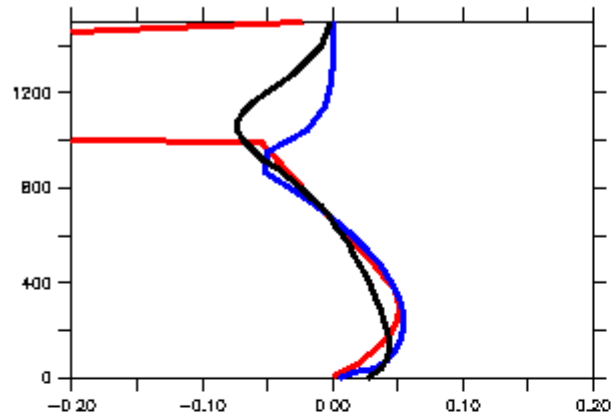


15h30LT

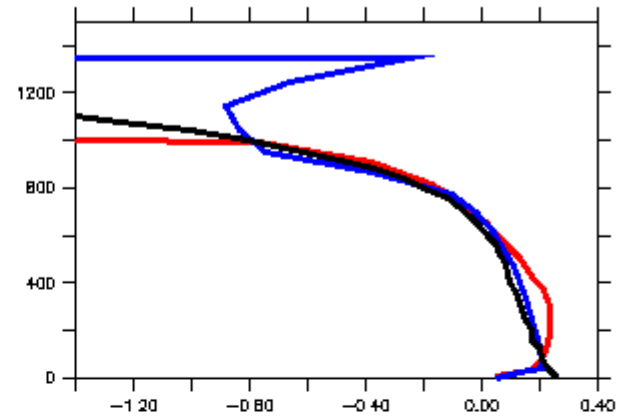
Profils des variables internes

Flux thetal
dans le panache
 $a_{th} \cdot w_u \cdot (\theta_{up} - \theta_{env})$

$\theta_{up} - \theta_{env}$

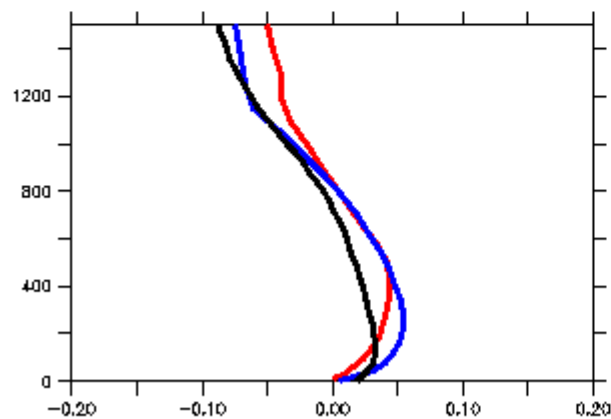


11h30LT

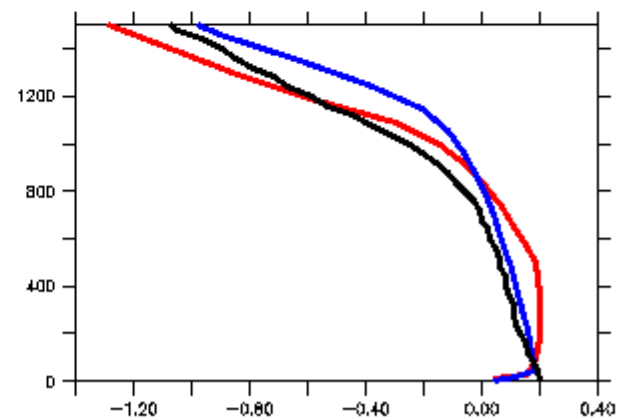


11h30LT

ARO
LMD
LES



15h30LT



15h30LT

Conclusion

- Apport du conditional sampling pour identifier les panaches
- On distingue l'environnement du panache
 - L'environnement des deux schémas est trop sec et trop froid
 - Bien que calculés différemment, l'entraînement et le déentraînement sont cohérents
 - Panache d'Arome: choix dans les calculs qui surestime W_{th} et f_{th}
 - Panache des thermiques: f_{th} correct mais panache trop chaud et trop humide (pas montré)

Perspectives

- Tester les formulations d'entrainement et de detrainement des thermiques dans EDKF
- Comparer les deux schémas de nuages bi-gaussiens développés par A.Jam et E.Perraud
- Comparer les schémas diffusifs seuls sur un cas stable (Gabl)

Merci !

AMA - 23-26 janvier 2012

Gregory (2001):

$$\Gamma = B - \frac{1}{\alpha\rho} \frac{\partial \alpha \rho \overline{w_u'^2}}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \overline{p'}}{\partial z} - g \frac{\overline{p'}}{p},$$