

La convection diurne au Sahel et sa modélisation: une étude de cas en conditions semi-arides

Françoise Guichard

Catherine Rio, Fleur Couvreur, Dominique Bouniol, Amanda Gounou
Marie Lothon, Bernard Campistron & Michel Chong

CNRM & Laboratoire d'Aérodologie



CONTEXTE

- la modélisation de la convection est problématique
- un certain “cadrage” de la convection par / aux échelles synoptiques
e.g. ondes d'est, mais interactions ondes-convection, intermittence
les différences de précipitations importantes entre NWP ne s'expliquent probablement pas simplement en termes d'ondes d'est... (trop/pas du tout)
- au dessus des continents, elle s'accompagne généralement de biais importants dans le timing diurne (*Yang et Slingo 2001, Betts & Jakob 2002*)
faisant intervenir des couplages avec la surface & la couche limite
jusqu'à des échelles fines
ingrédients + difficiles à observer que le cycle de vie d'une ligne de grains
- des études dans les tropiques humides (e.g. Amazonie)
- les zones tropicales semi-arides peu documentées, peu étudiées

convection diurne en milieu tropical semi-aride

séquence diurne

couche limite et nuages

transport vapeur d'eau

outflow convectif

une situation bien documentée (AMMA SOP)

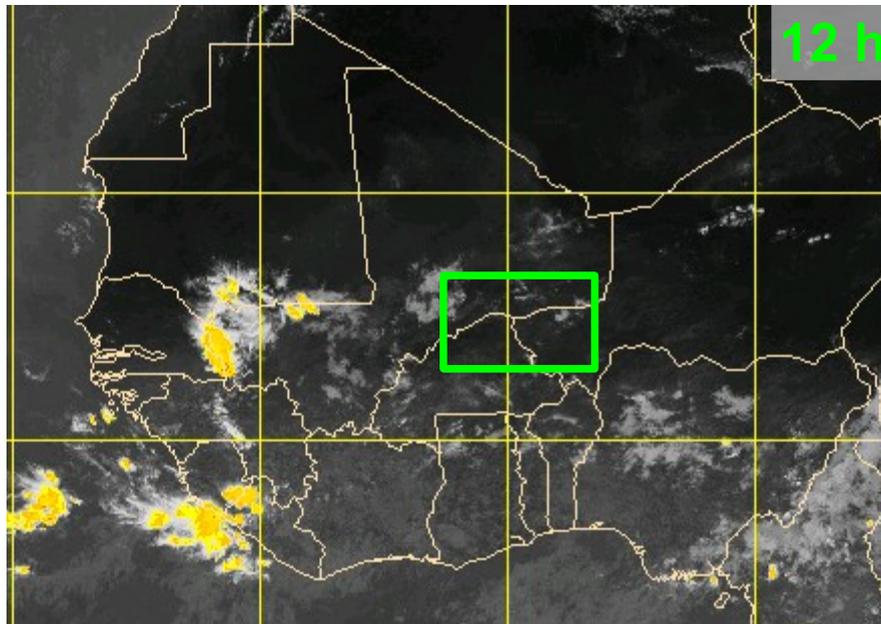
pas une ligne de grains, peu de forçage synoptique

cadre de modélisation simple de ce cas

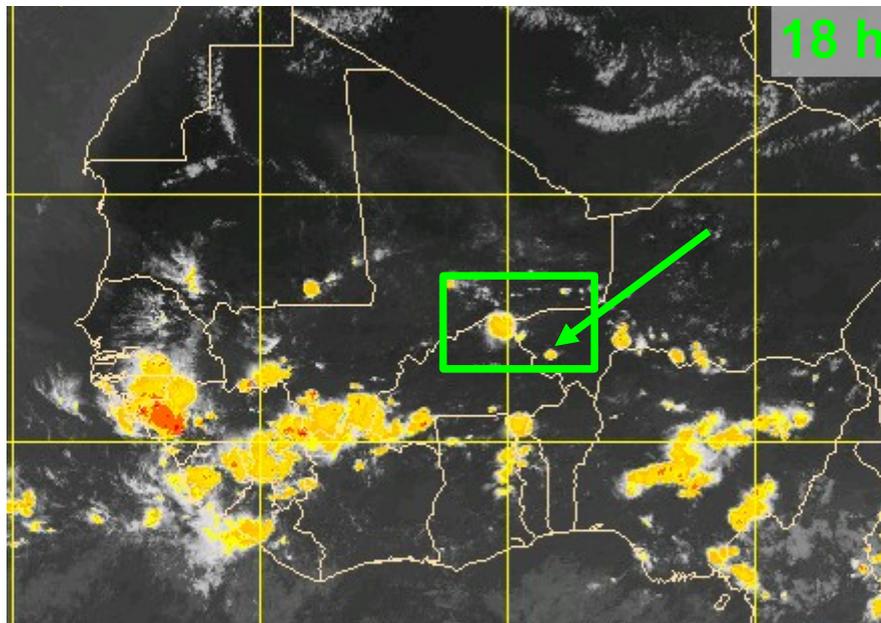
simulation explicite (LES, CRM)

paramétrisations (modèle colonne 1D)

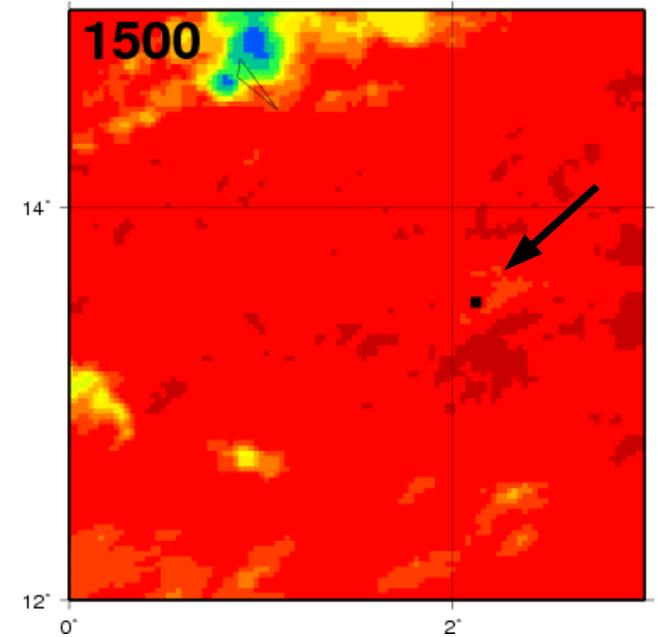
10 juillet 2006



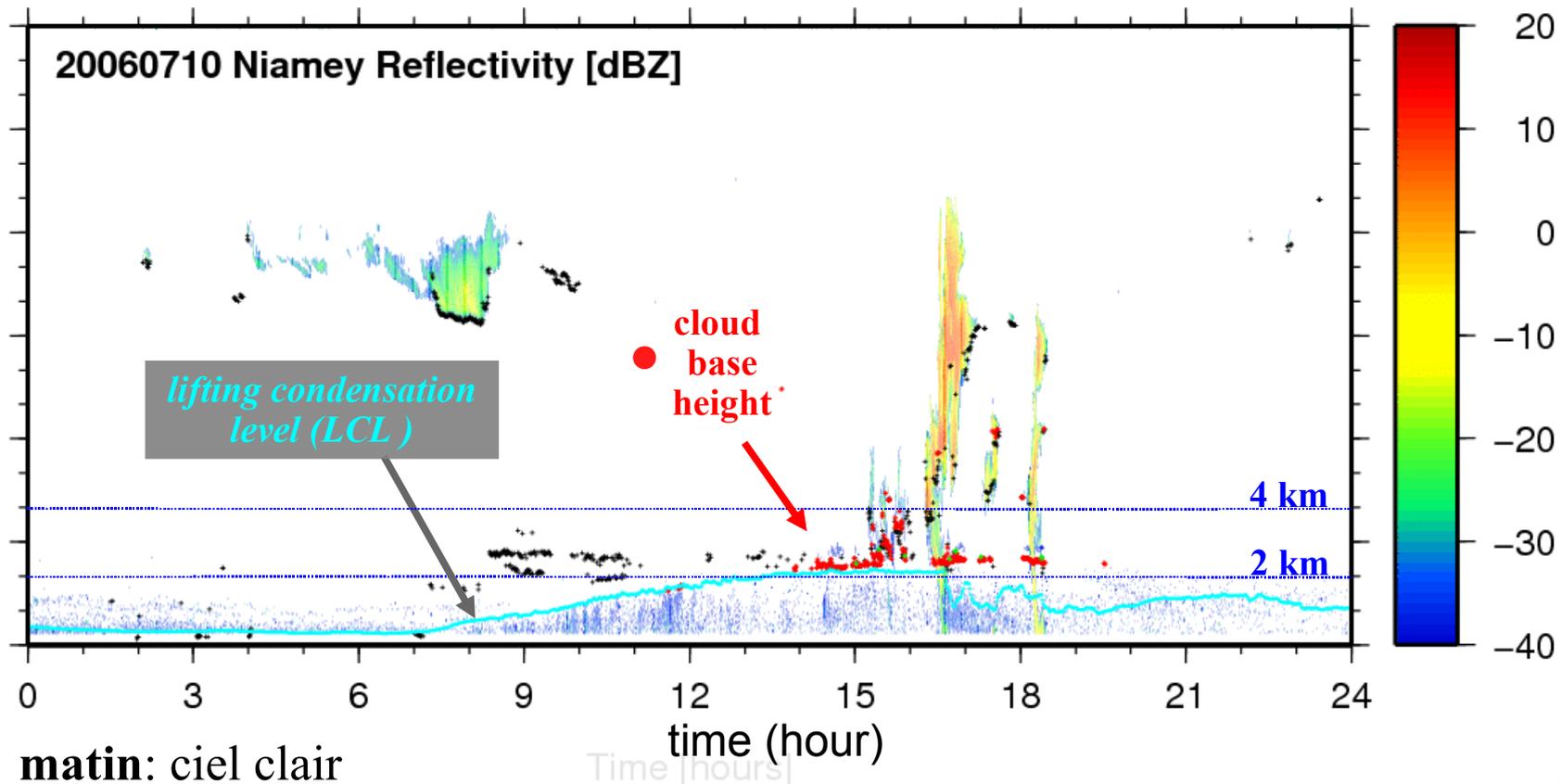
absence de convection profonde à midi sur une vaste zone



développement de convection dans l'après-midi



10 juillet 2006 : observations à Niamey (AMF)



matin: ciel clair

début d'après midi : petits cumulus

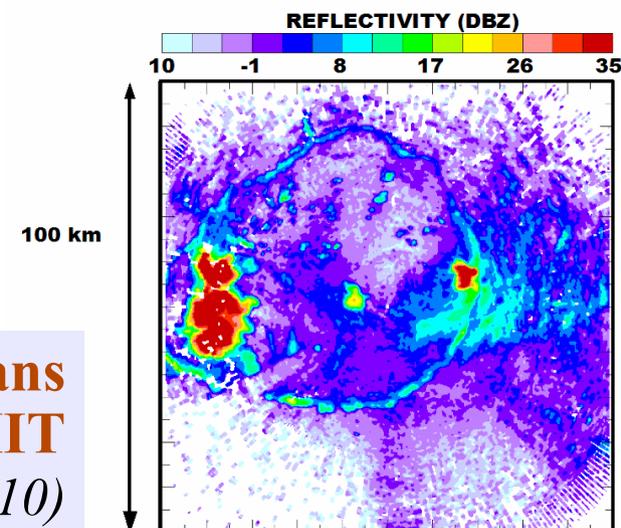
fin d'après -midi : quelques cellules de convection profonde

niveau de condensation (LCL) élevé (~ basses couches sèches)

vent de couche limite très faible dans l'après midi (UHF, RS)

une convection qui se développe dans le champ de vue du radar du MIT

Lothon et al. (2010)

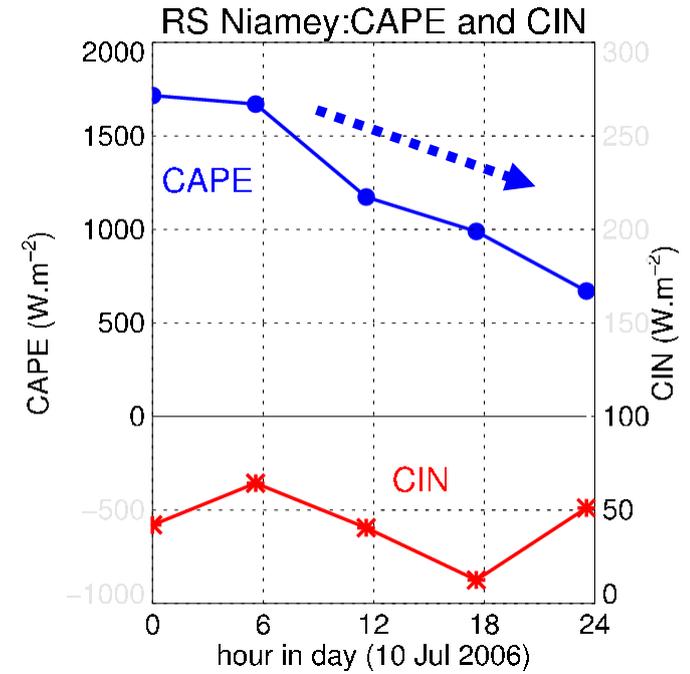
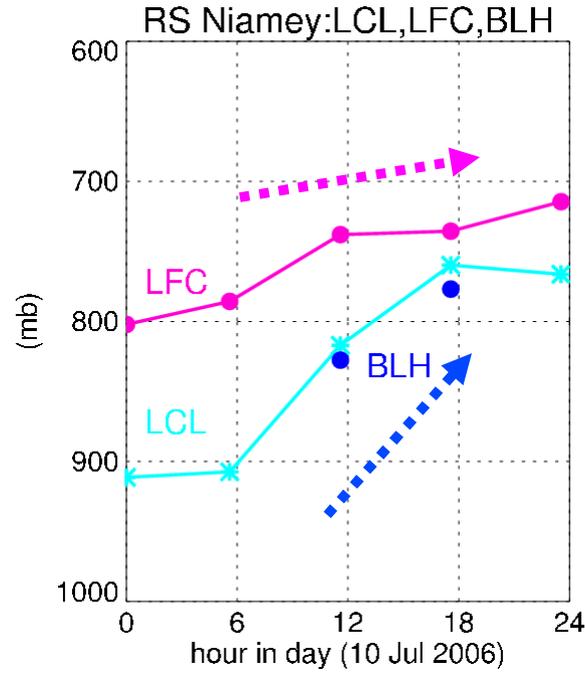


structure verticale de l'atmosphère dans cet environnement semi-aride

sondages, UHF

flux latent $LE \sim 0$
max flux sensible $H \sim 300 \text{ W/m}^2$

CAPE \searrow LFC \nearrow



structure verticale de l'atmosphère dans cet environnement semi-aride

sondages, UHF

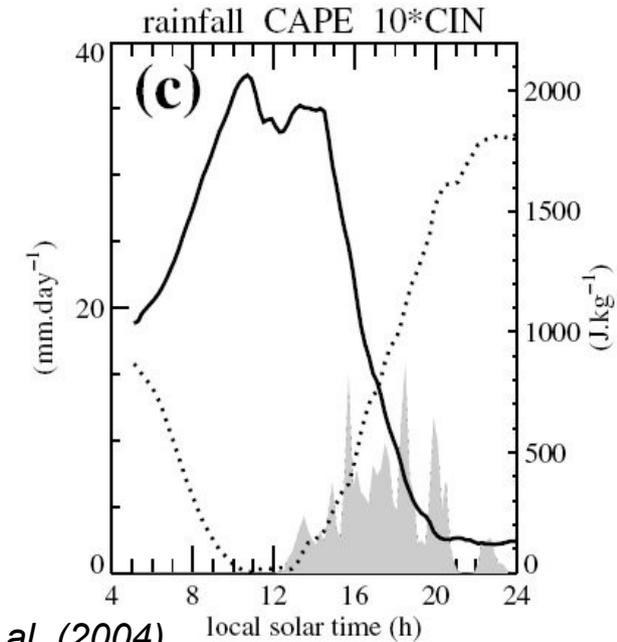
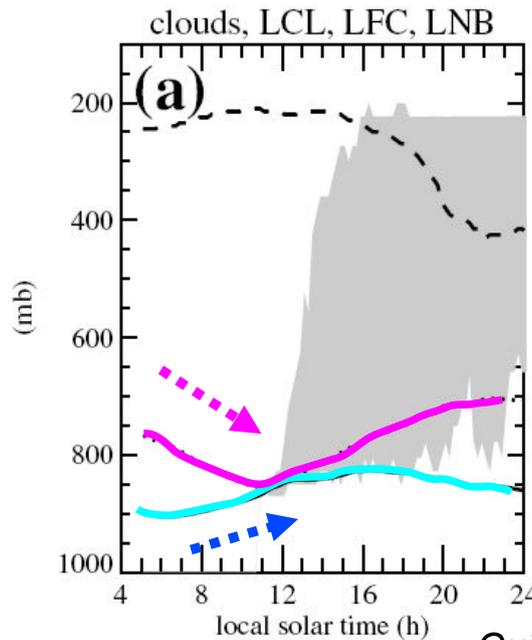
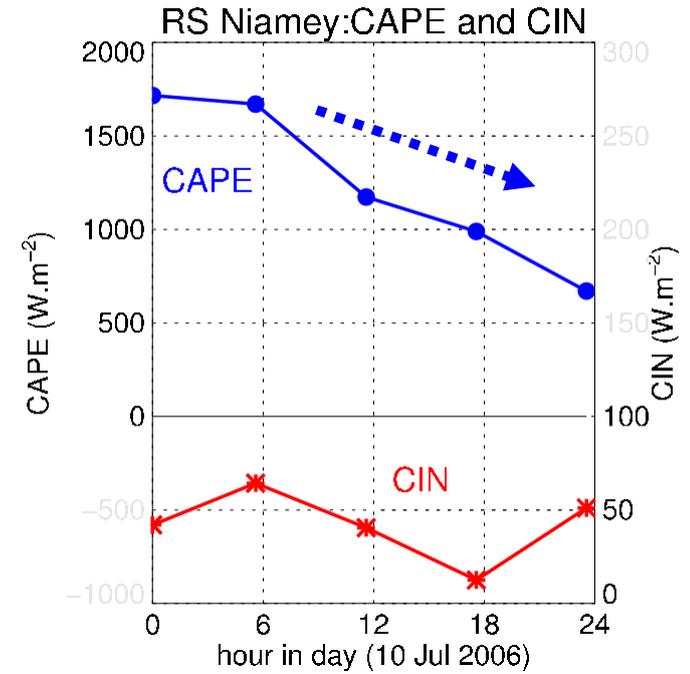
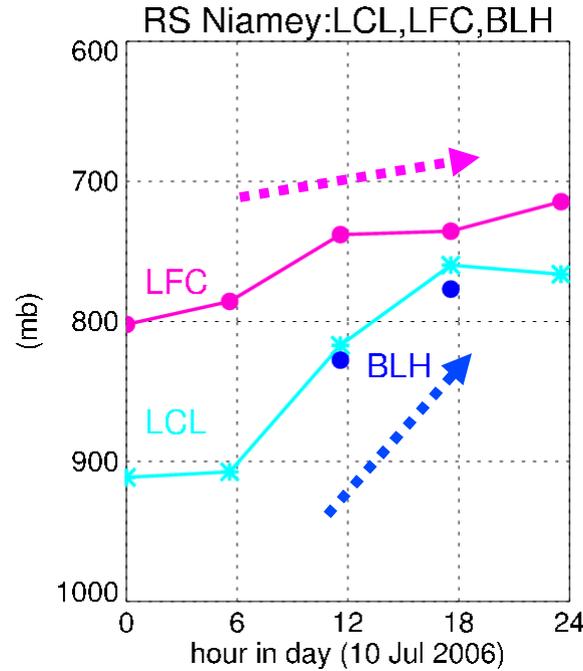
flux latent $LE \sim 0$
 max flux sensible $H \sim 300 \text{ W/m}^2$

CAPE \searrow LFC \nearrow

pour comparaison
 environnement plus humide

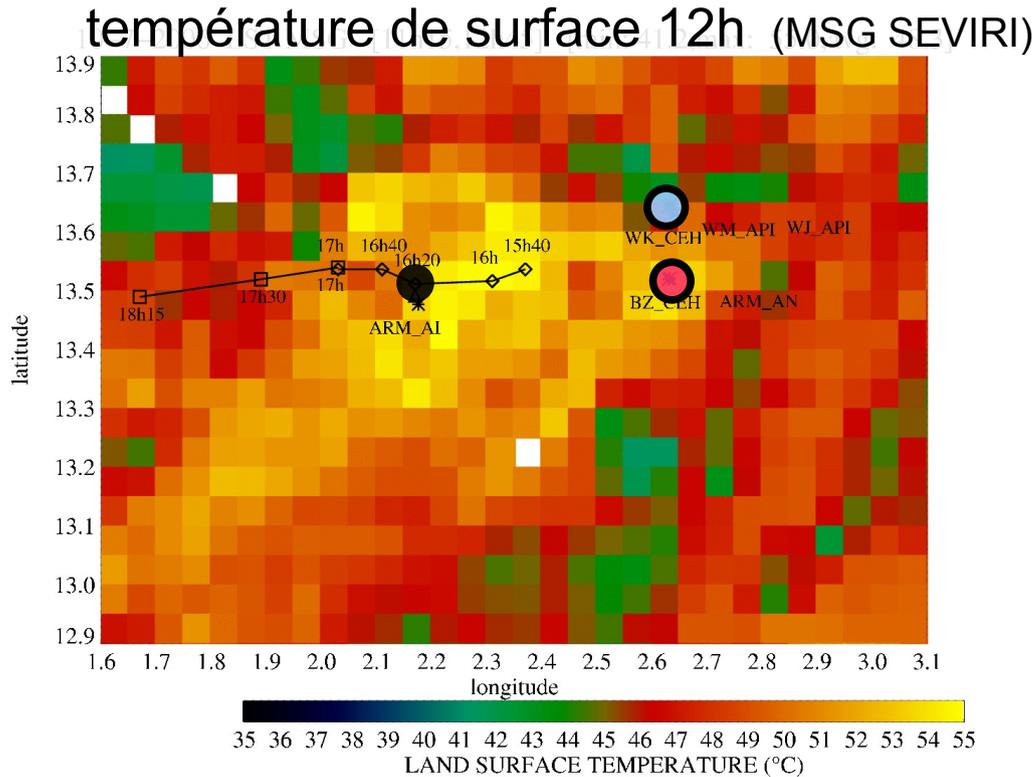
evap fraction $LE/(H+LE) \sim 70-80\%$
 max $H \sim 100 \text{ W.m}^{-2}$

CAPE \nearrow LFC \searrow



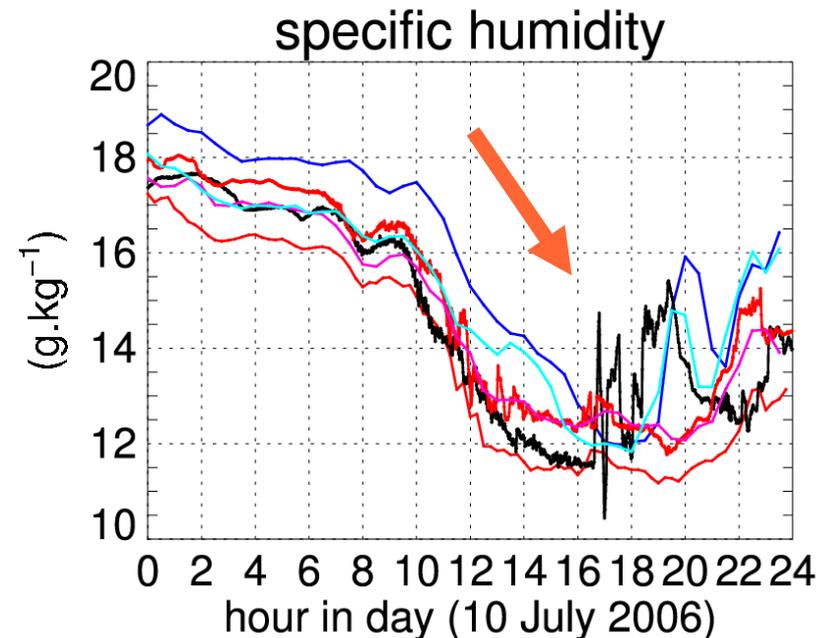
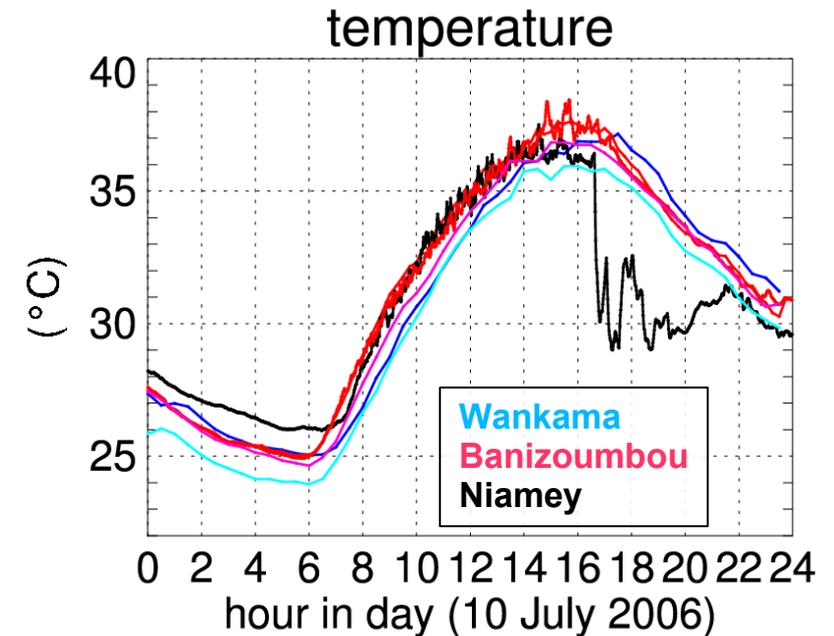
documentation à mésoéchelle : stations de flux & météo, produits satellite

AMMA-CATCH, AMMA-EU CEH, ARM



hétérogénéités de surface à mésoéchelle
générées par les pluies des jours précédents
convection initiée sur la surface la plus chaude
cohérence Taylor et al. (2010), Gounou et al. (2010)

décroissance forte de q_v pendant la journée
valable aussi pour la couche limite



MODELISATION

Les GCMs (NWP) ne reproduisent pas les structures observées

échelles méso et aussi synoptiques

(ECMWF-IFS & AMMA reanalysis, ARPEGE, AROME)

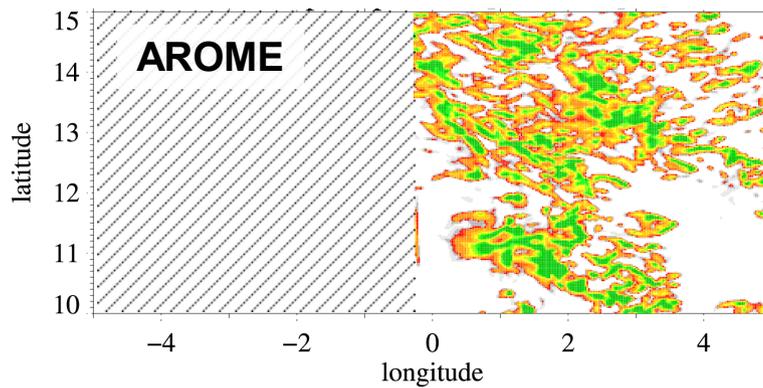
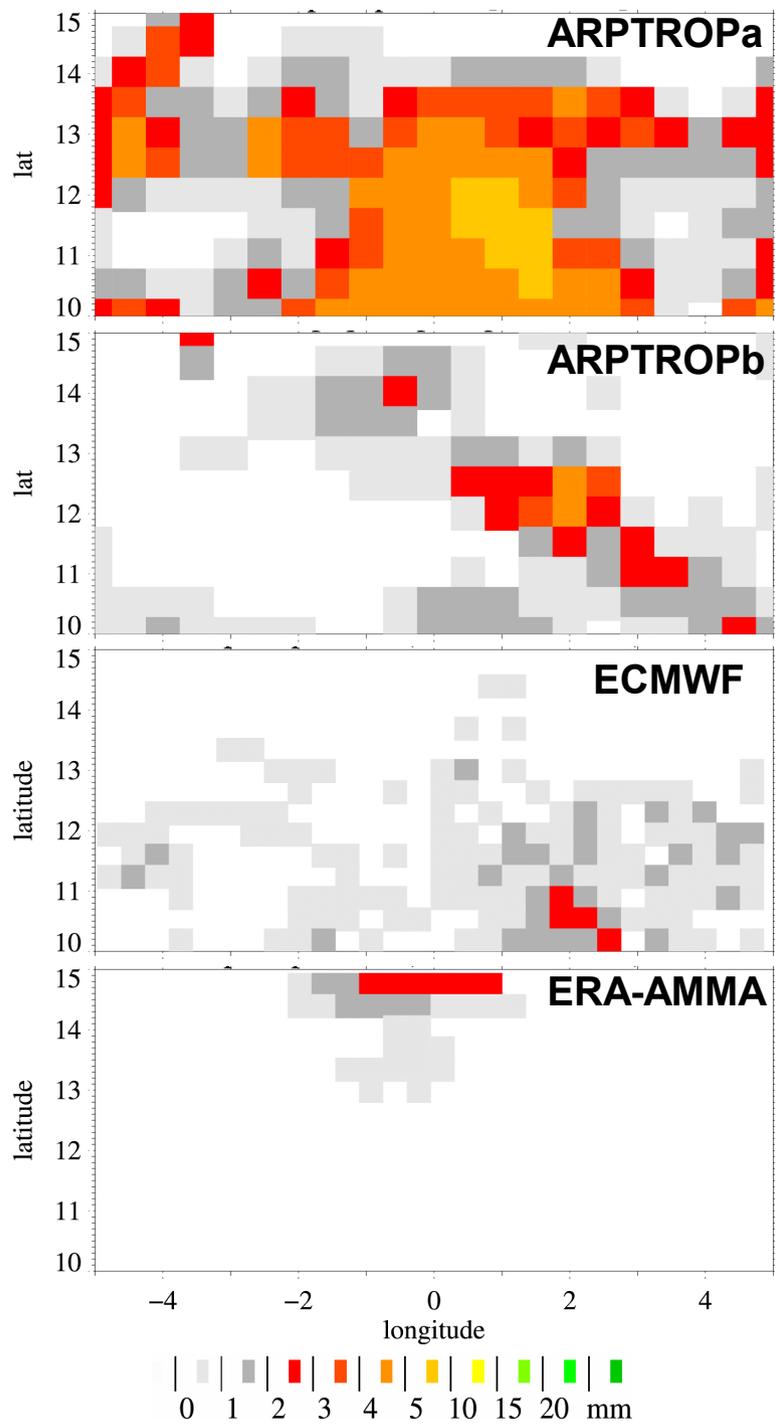
trop de convection & de pluie pour certains, pas assez pour d'autres

très difficile de simuler correctement la localisation & le timing de la convection

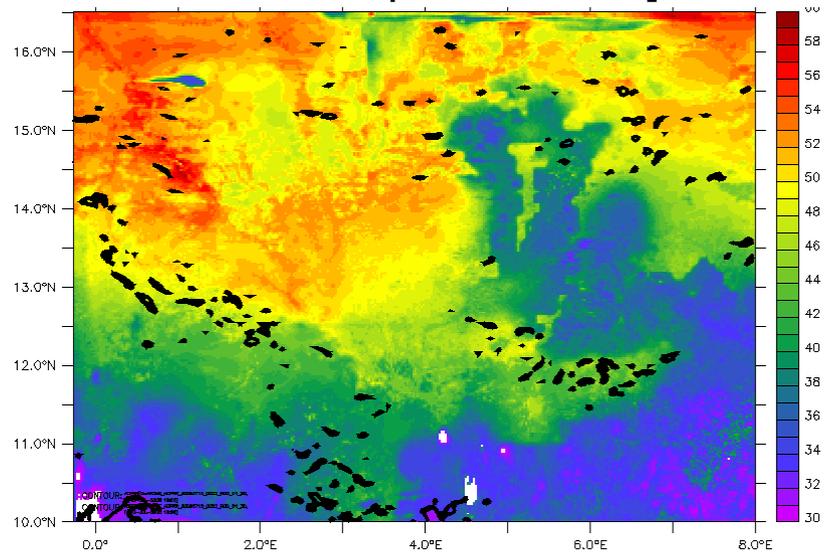
différences importantes des flux de surface simulés: structures & moyennes

engendrent \neq évolutions diurnes de la couche limite, CIN, LCL, CAPE etc

cumul pluie 12h-24h



Tsurface 11h et pluie cumul [12h,18h]



MODELISATION

Les GCMs (NWP) ne reproduisent pas les structures observées

échelles méso et aussi synoptiques

(ECMWF-IFS & AMMA reanalysis, ARPEGE, AROME)

trop de convection & de pluie pour certains, pas assez pour d'autres

très difficile de simuler correctement la localisation & le timing de la convection

différences importantes des flux de surface simulés: structures & moyennes

engendrent \neq évolutions diurnes de la couche limite, CIN, LCL, CAPE etc

simulations mésoéchelle utilisant les analyses pour conditions limites ?

mieux adapté pour les situations de fort cadrage synoptique, les simulations de MCSs

(Diongue et al. 2002, Barthe et al. 2010, Guichard et al. 2010)

cas/questions nécessitent très certainement un traitement plus approprié de la surface

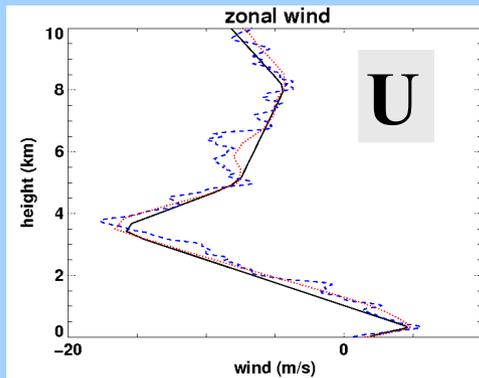
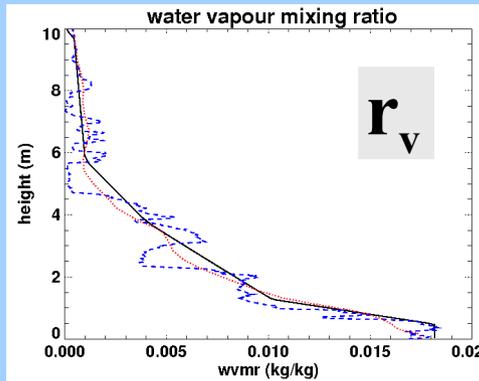
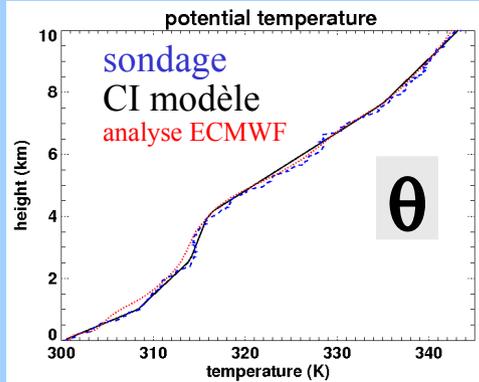
un cadre de modélisation plus simple basé sur les observations

bien adapté pour tester des paramétrisations

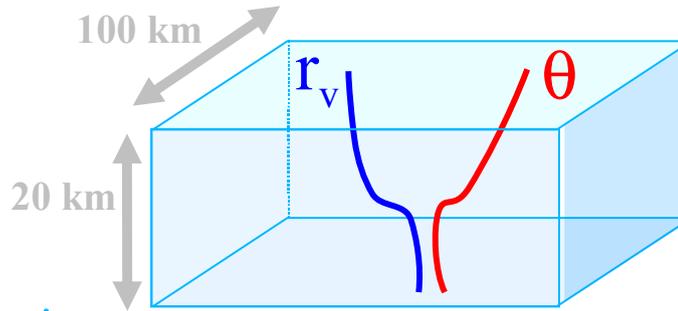
MODELISATION DU CAS : SET-UP

identique pour simulations explicites (CRM, LES) & paramétrées (1D, SCM)

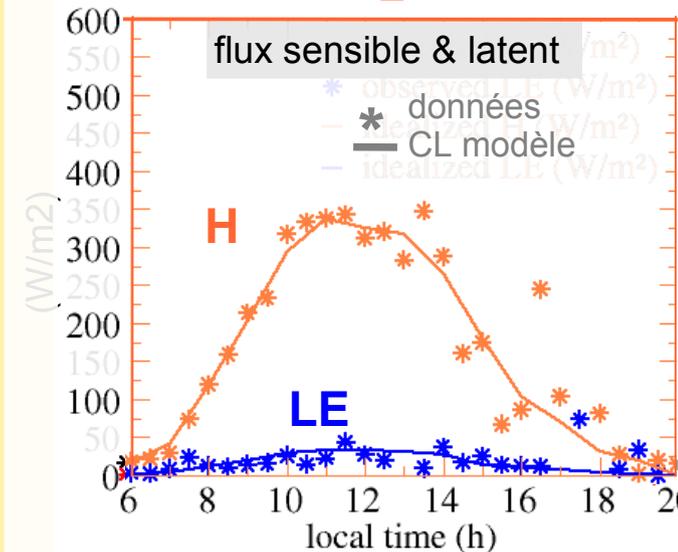
profils verticaux à 6h



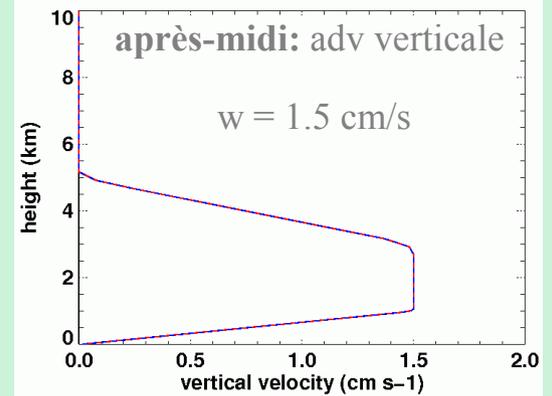
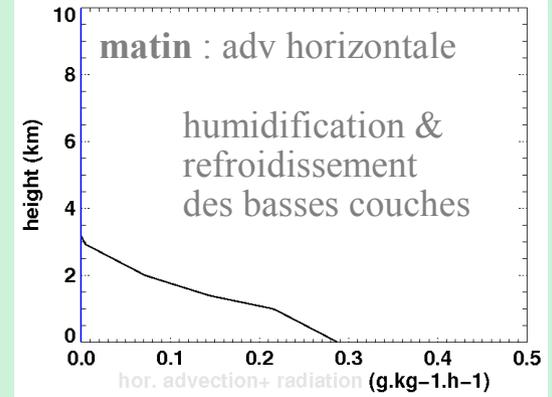
initialisation
atmosphère



surface conditions
limites



advection



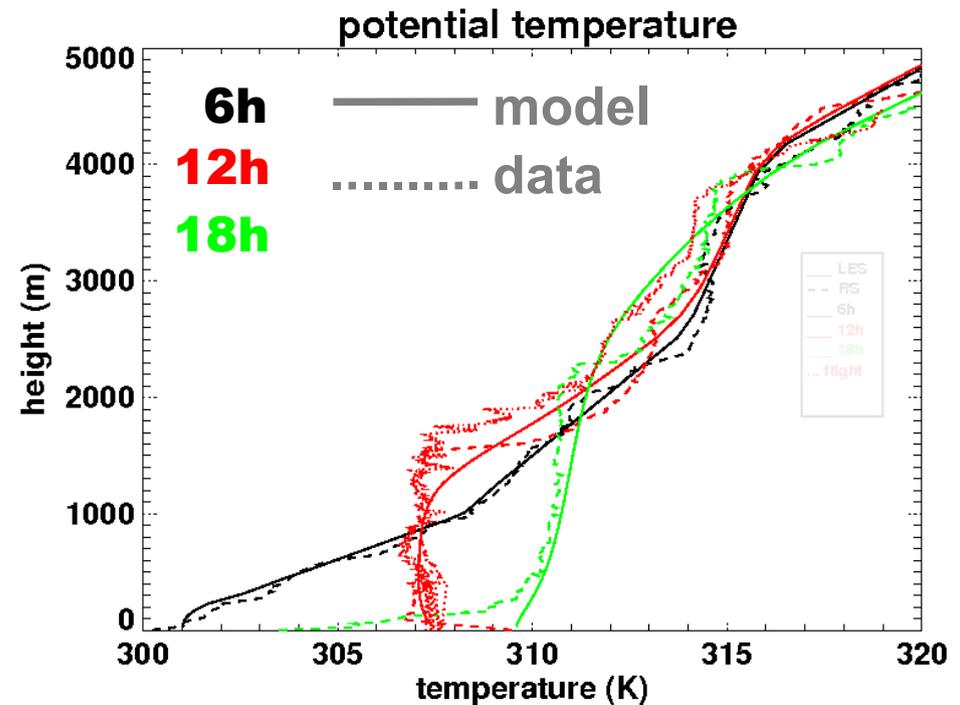
LA SIMULATION

configuration

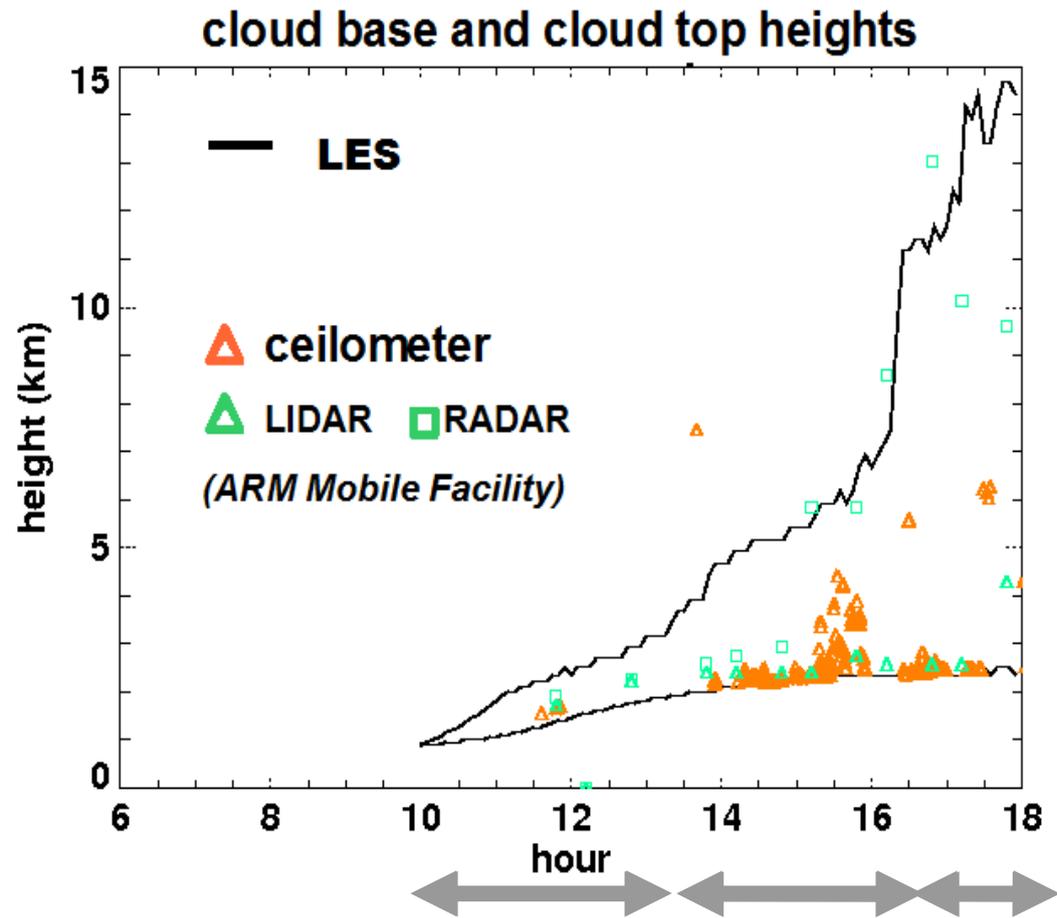
- ✓ model MesoNH
- ✓ domaine : (100 x100) km² [x,y] x 18 km [z]
- ✓ $\Delta x = 200$ m ou 500 m, $\Delta z \sim 30$ to 300 m
- ✓ T = matin (6h) au soir (18h)
- ✓ conditions limites latérales cycliques

parameterizations

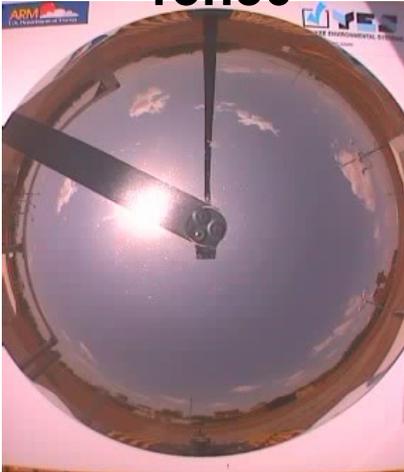
- ✓ turbulence 3D & microphysique
- ✓ processus radiatifs & de surface non considérés explicitement



comparaison modèle-observations



13h30



14h30



15h30



16h30

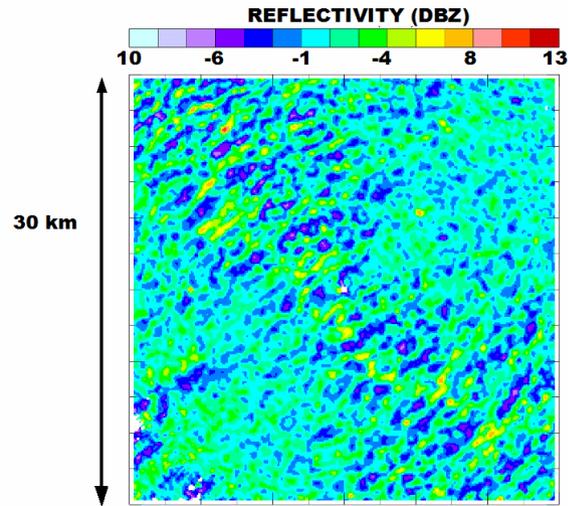


comparaison modèle-observations

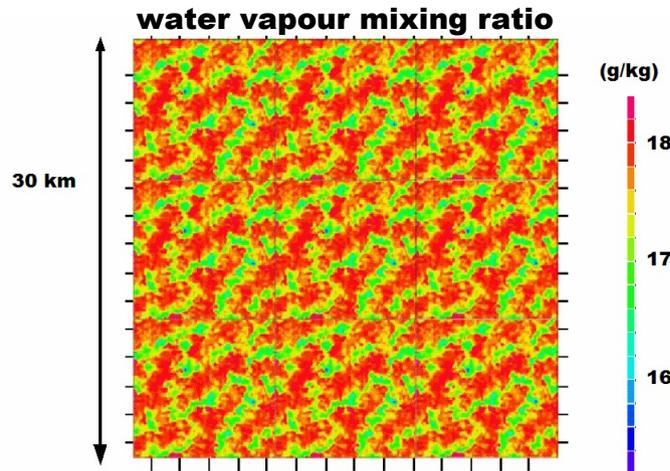
*coupes
horizontales
z = 600 m*

MORNING (11h)
boundary layer rolls

RADAR



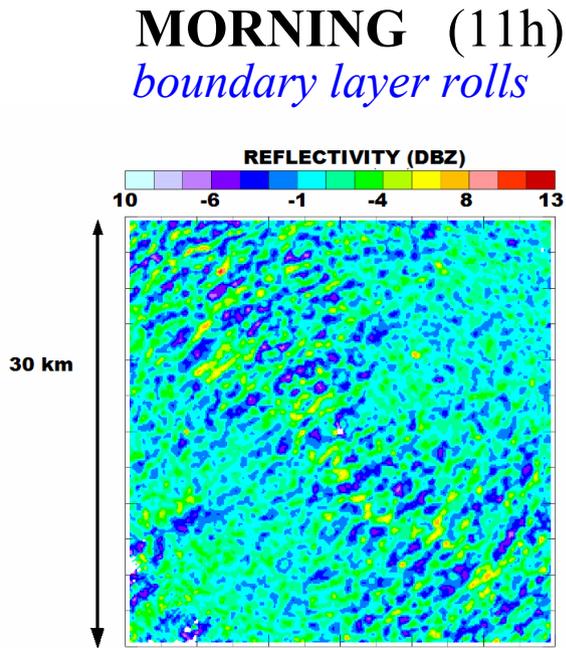
SIMULATION



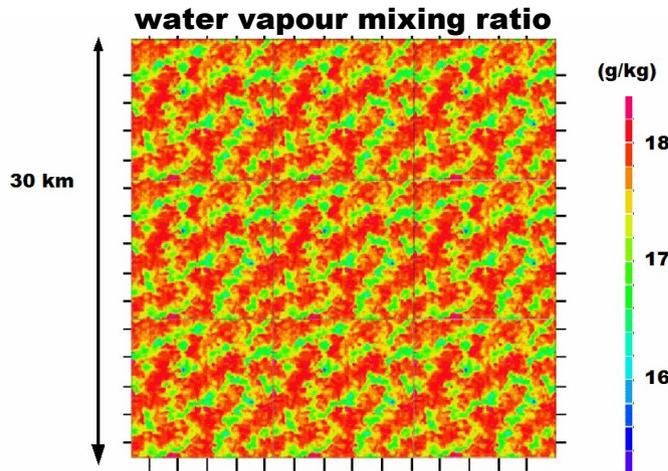
comparaison modèle-observations

*coupes
horizontales
z = 600 m*

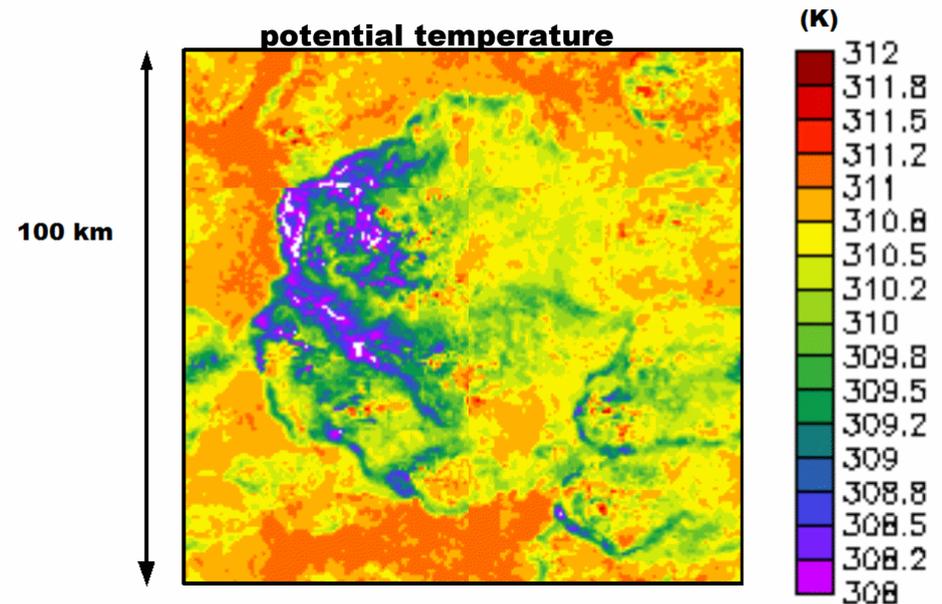
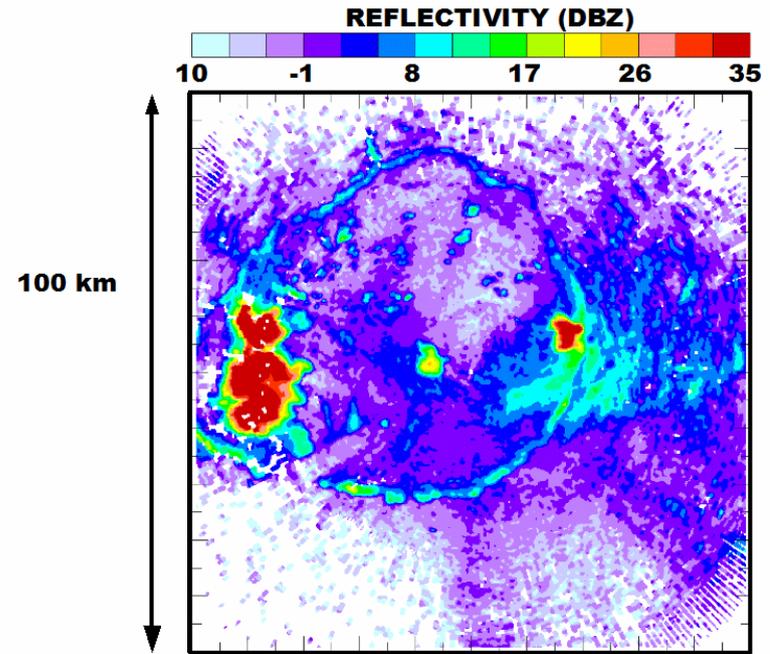
RADAR



SIMULATION



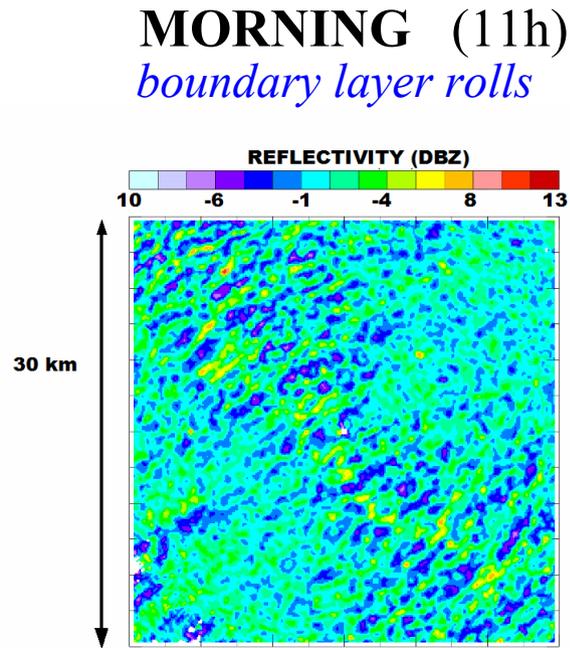
EVENING (18h)
convective outflow



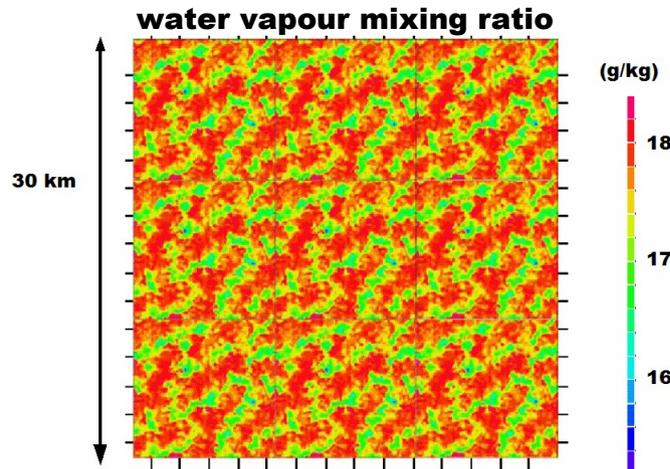
comparaison modèle-observations

*coupes
horizontales
z = 600 m*

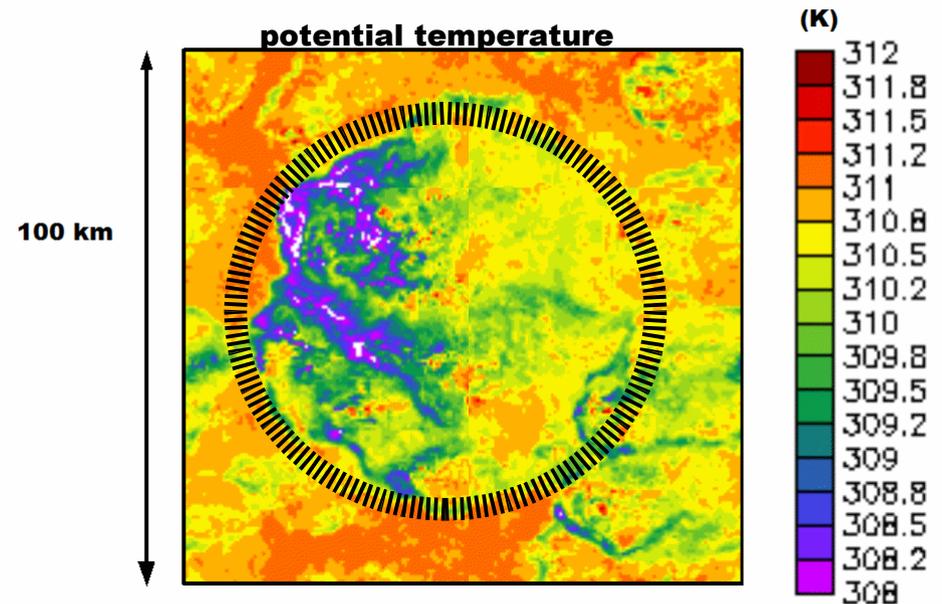
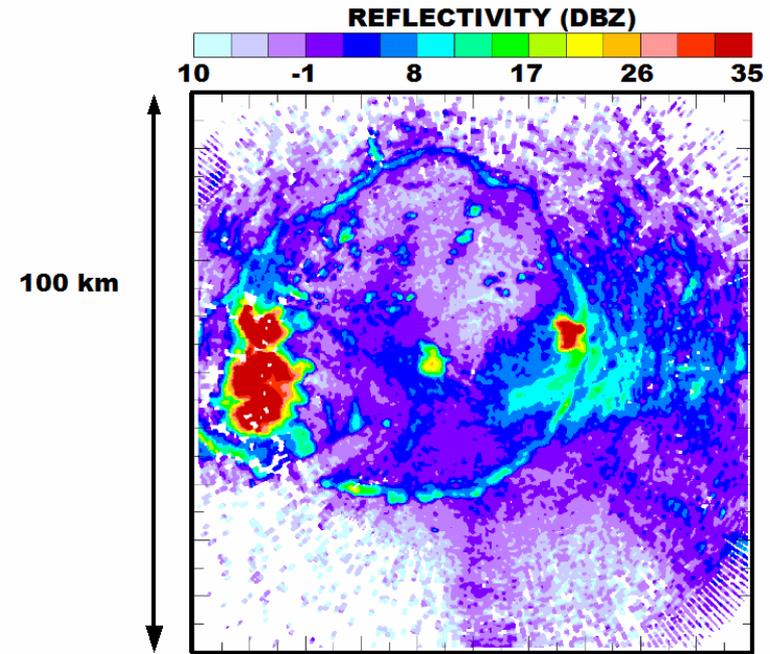
RADAR



SIMULATION



EVENING (18h)
convective outflow



intercomparaison modèles

LES explicite versus 1D paramétrés

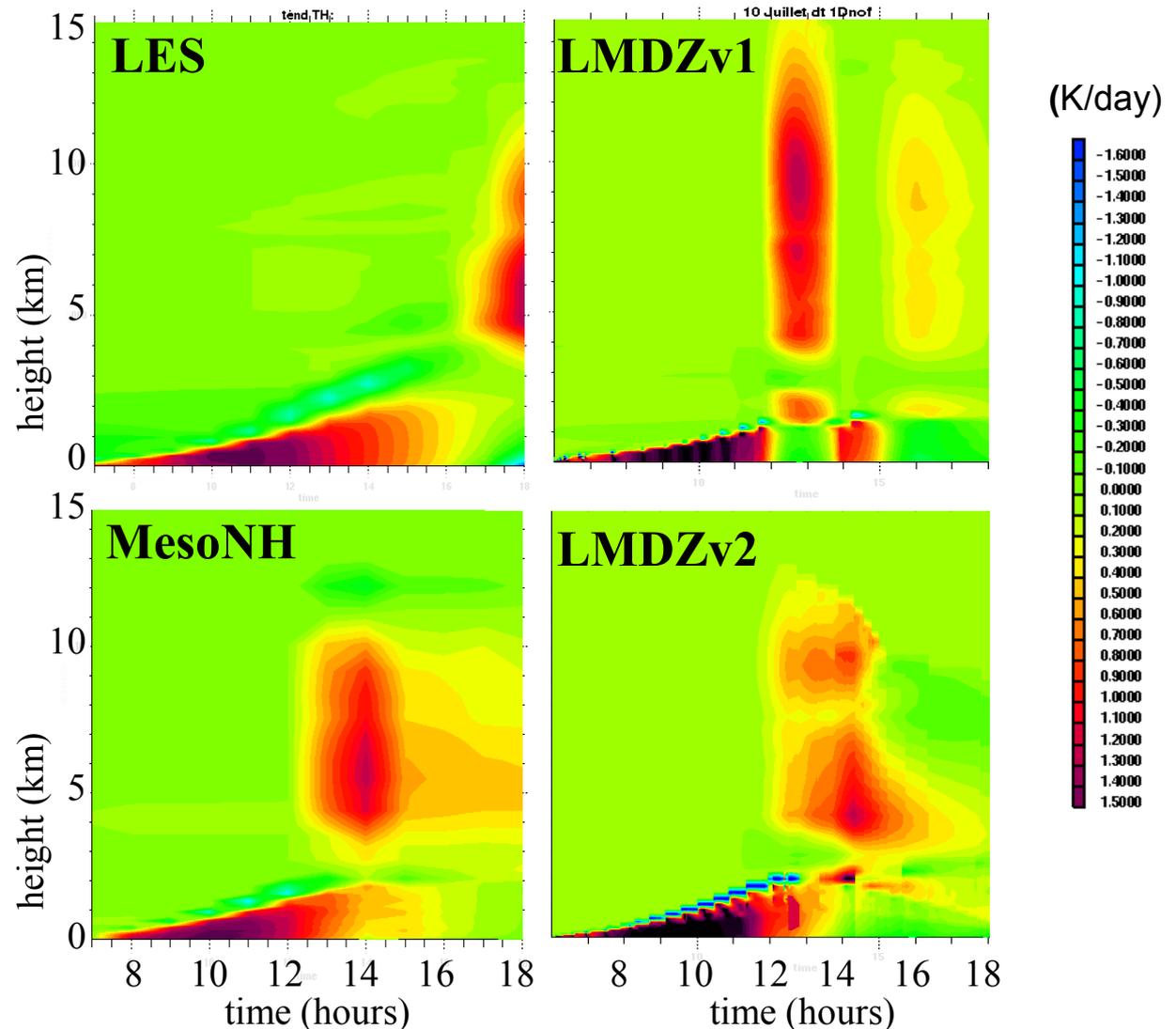
3 modèles 1D différents

MesoNH = LES & 1D
LMDZv1= old physics
LMDZv2 = new physics

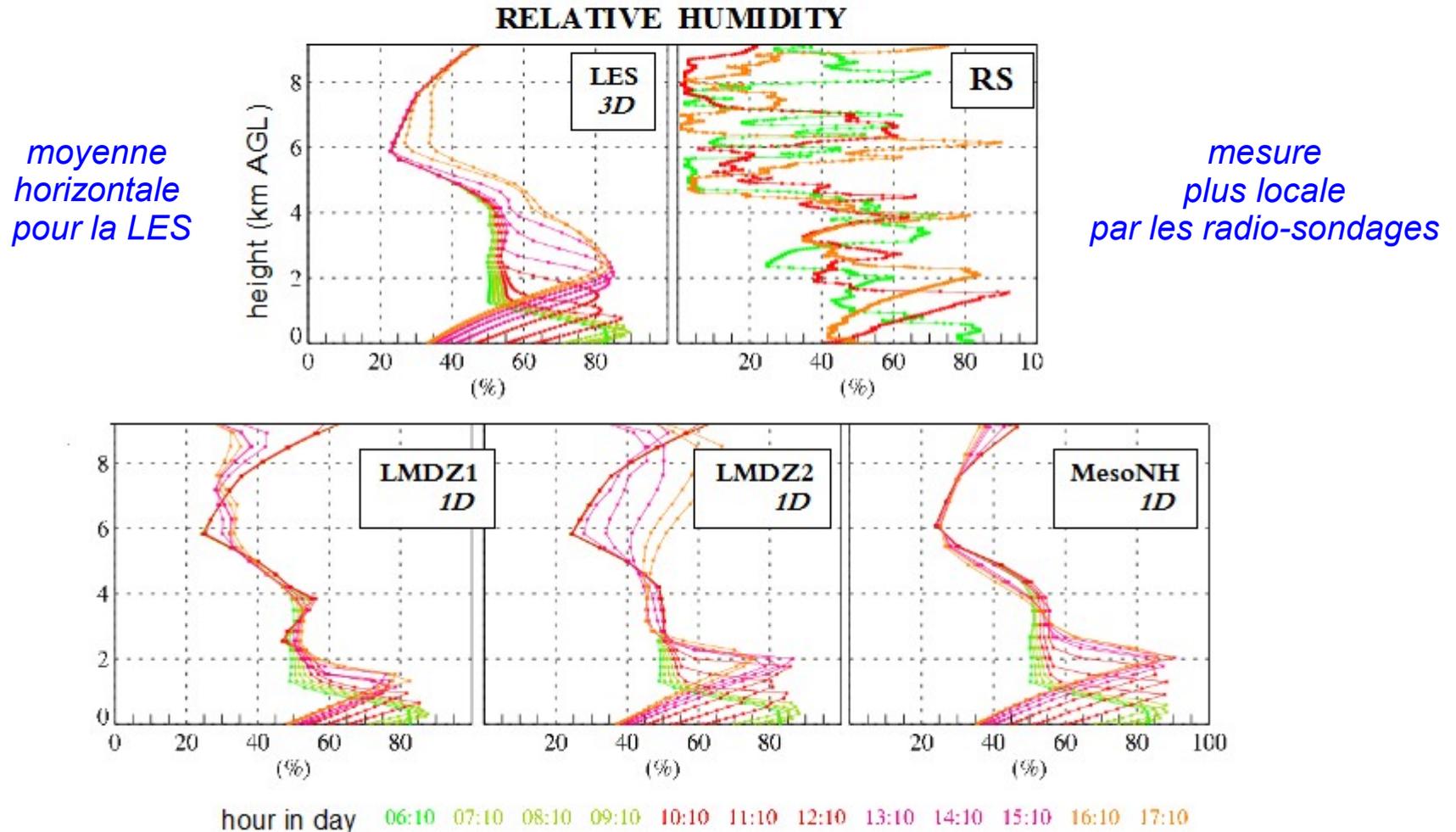
MesoNH & LMDZv2 :
formulation conv. de couche
limite en flux de masse

convection plus tôt que dans la LES
*petit bémol: important de
poursuivre l'analyse (modèles un
peu trop humides)*

adiabatic heating rate (turbulent + convective)



intercomparaison modèles LES explicite versus 1D paramétrés



*humidification progressive moistening au dessus de la couche limite dans la LES,
absente dans les modèles 1D
des max locaux dans les sondages (échelles de temps) – quelle distribution dans la LES?*

Conclusions et Perspectives

documentation d'une situation de convection diurne en conditions semi-arides

- ✓ forte croissance diurne de la couche limite convective
- ✓ $LE \sim 0$, H fort, impact radiatif des nuages limité mais transfert verticaux vapeur d'eau
décroissance de la CAPE pdt la journée *même défauts des paramétrisations ?*
- ✓ développement d'un outflow convectif 'text book' *Lothon et al. (2010)*

les modèles de prévision ne simulent pas correctement ce type de séquence diurne

structures spatiales & temporelles très variables & différentes des observations

cadre de modélisation alternatif, plus simple, contraint par les observations

- ✓ input: sondages, flux de surface & advection de plus grande échelle (*cadrage simple*)
- ✓ simulations explicites (LES, CRM): séquence diurne ok (CL limite, nuages, onset conv)
tests de sensibilité: timing de l'onset de la convection à l'ascendance prescrite
- ✓ différences marquées LES/ modèles 1D: humidité au dessus de la couche mélangée
importance des nuages de conv. peu profonde sur continent
quel rôle dans l'humidification de la couche saharienne? (GCMS: grde variabilité)

mécanismes pilotant la séquence diurne & ses transitions

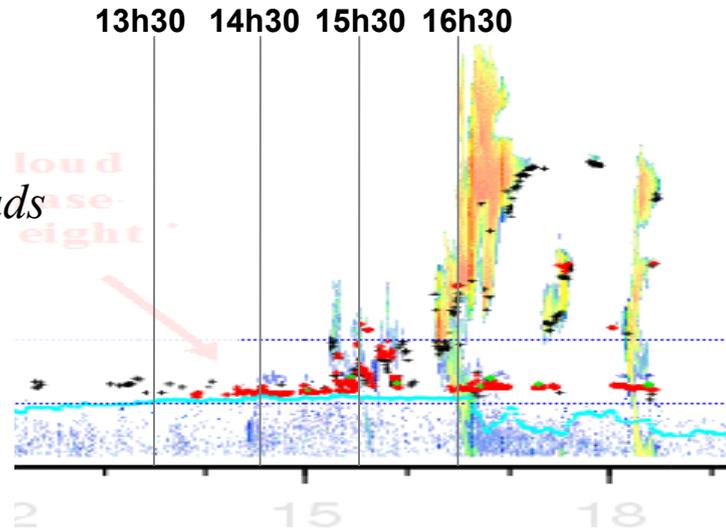
processus de surface & couche limite versus de tropo libre

sensibilité aux forçages

couplage avec la surface (hétérogénéités)

Clouds in pictures with AMF fisheye

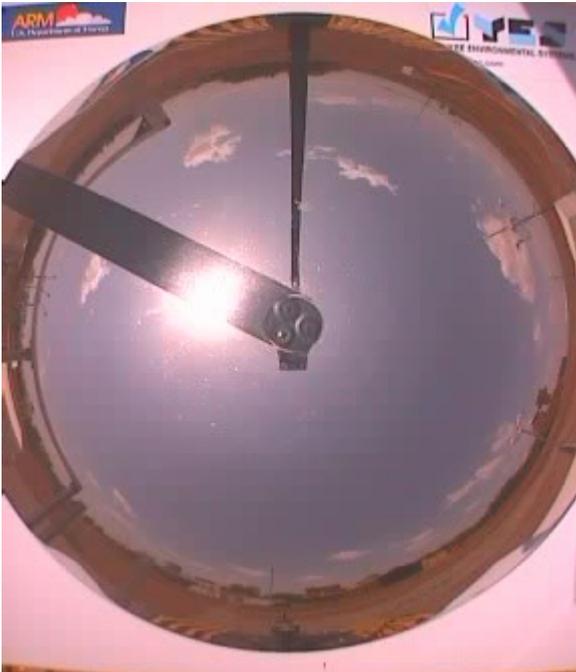
*clear sky to
shallow cumulus clouds
followed by deeper
convective cells*



16h30



13h30



14h30



15h30

