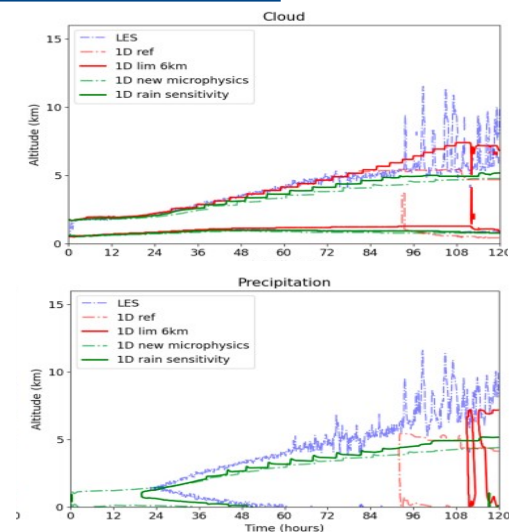
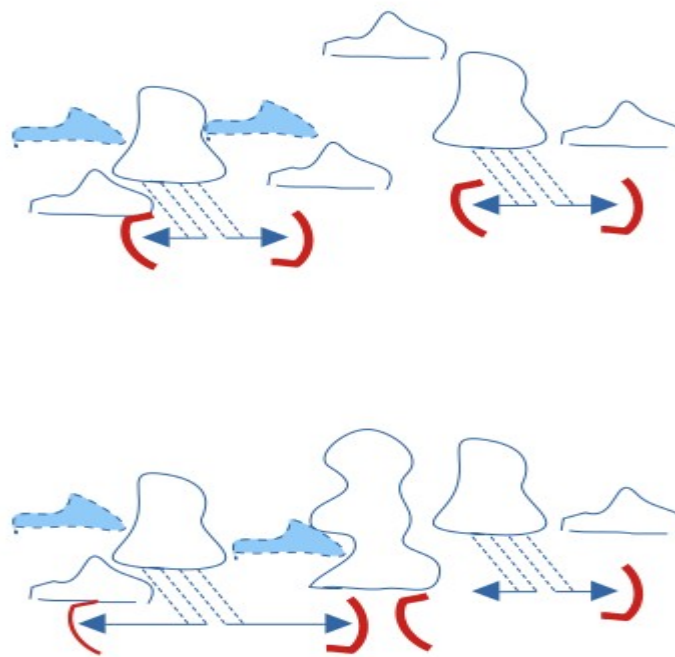
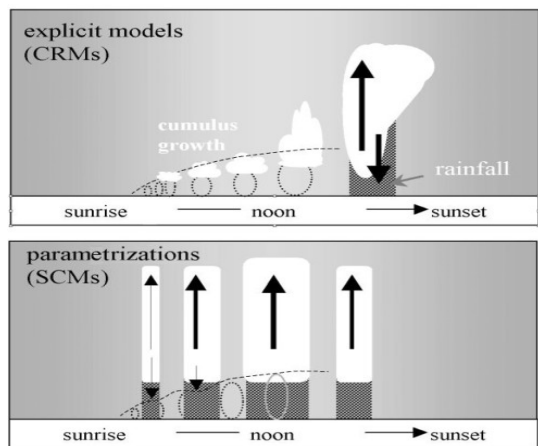


Cadre d'évaluation de la transition de la convection peu profonde à profonde : quatre cas contrastés

F Couvreur, C Rio, R Roehrig, A Jardot, A Champouillon, N Philippot, N Villefranque, B Vié



Guichard et al 2004

Champouillon et al 2023

Pas de configuration 1D ou CRM permettant de représenter correctement l'évolution nuageuse et la pluie

Inspired from Vraciu et al 2025

Challenge pour les modèles (NWP, Climat) de représenter cette transition

- humidification par les nuages précédents

- poches froides

Transition complexe à représenter pour les modèles que la convection profonde soit paramétrée ou résolue

Objectif :

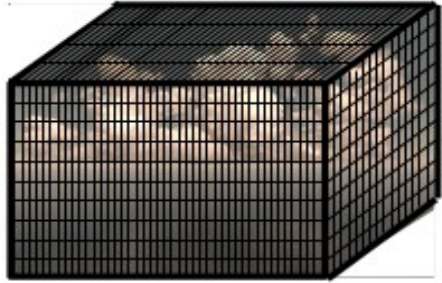
1/ Proposer un cadre d'évaluation de cette transition à la communauté de développement des modèles :

Format commun DEPHY de définition du cas - faciliter le partage de ces cas

Fournir des simulations de référence

2/ Identifier les mécanismes dans cette transition (humidification, poches froides,...) → non montré

3/ Evaluer les nouvelles versions des modèles de climat français : métriques pertinentes



Large-Eddy Simulation

$\Delta x = 100$ m

$L_x = 100$ km

Parameterizations:

Turbulence [DEAR, 3D]

Radiation-EcRad (EUROCS)

Microphysique (LIMA-1mom)

Représente correctement la transition si domaine suffisamment grand et résolution suffisamment fine

* Sensibilité à la résolution [$D_x = 50$ m, $L_x = 50$ km ; $D_x = 200$ m, $L_x = 200$ km]

* Sensibilité à la microphysique [ICE3=1 moment, LIMA=1 moment, LIMA=2 moment)

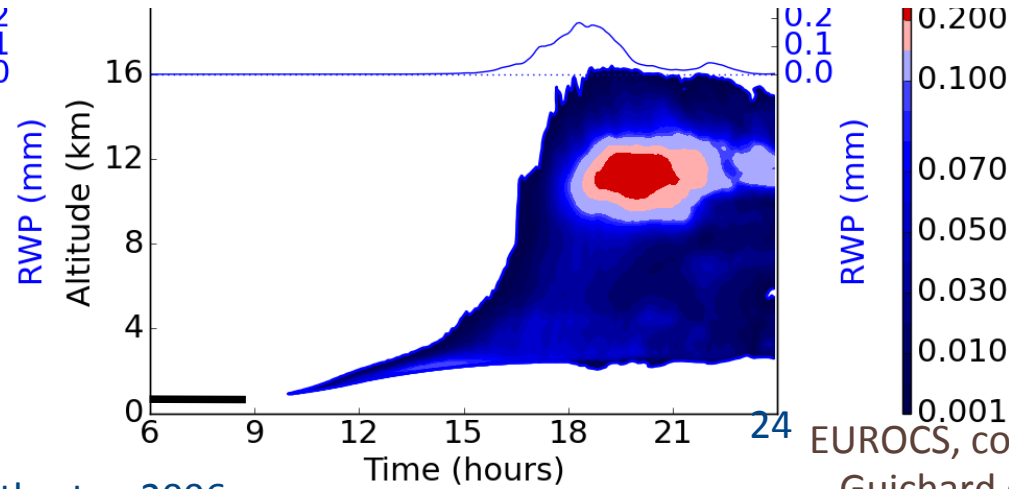
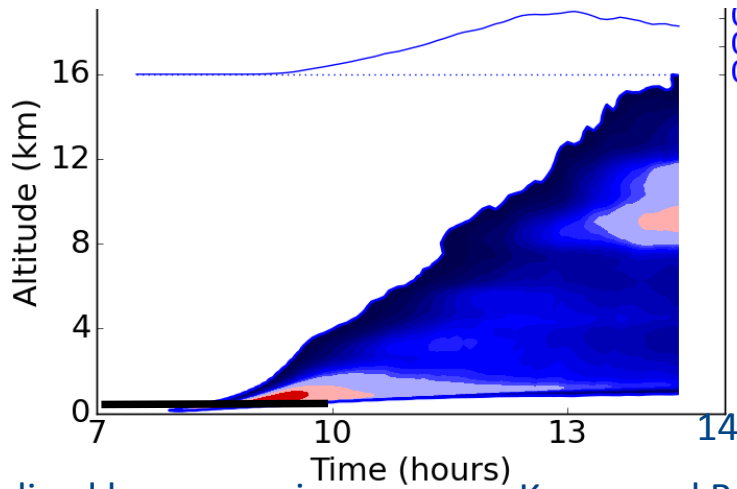
Tous les cas = Flux de surface prescrits, sans rayonnement interactif sauf EUROCS

Quatre cas contrastés : évolution nuageuse



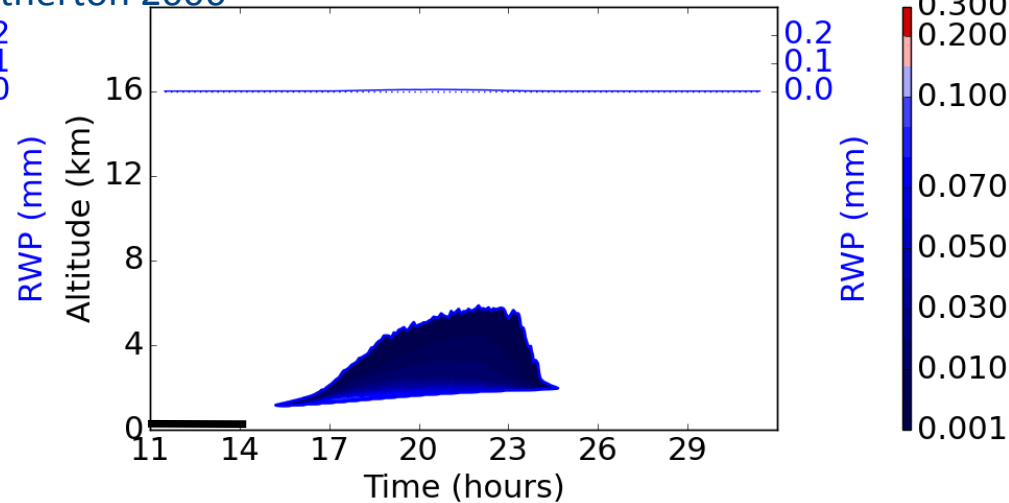
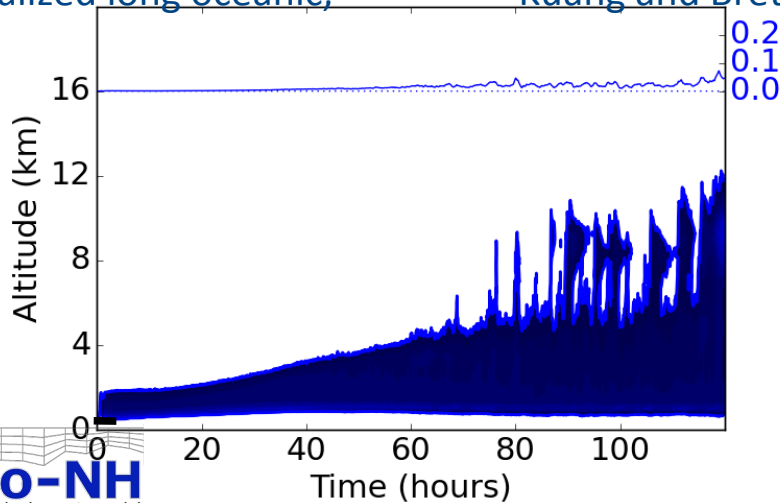
LBA, moist continental, Khairoutdinov et al 2006

AMMA, semi-arid continental, Couvreur et al 2012



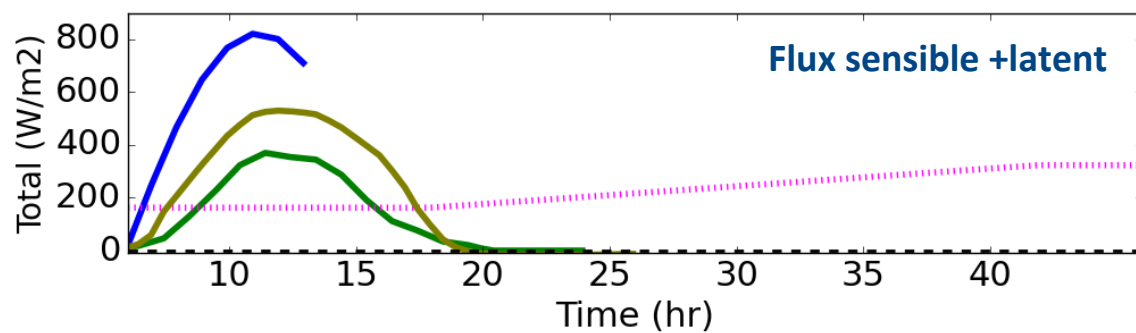
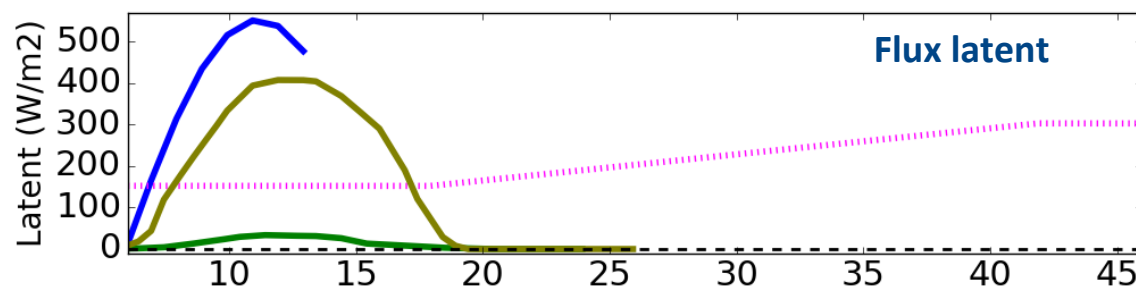
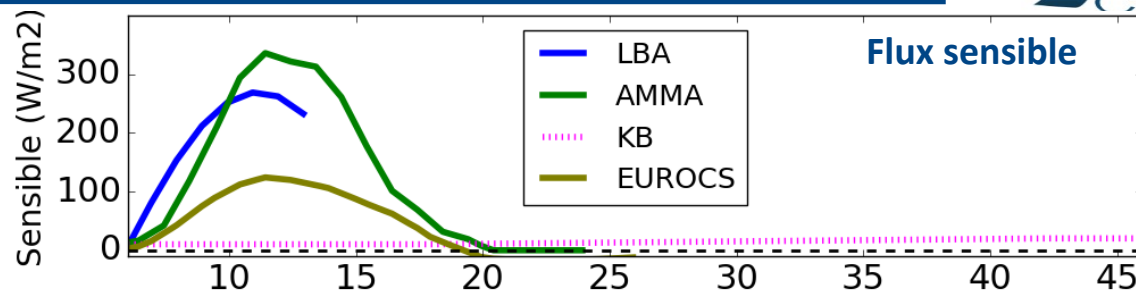
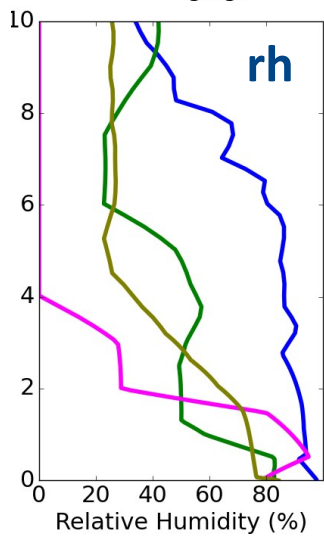
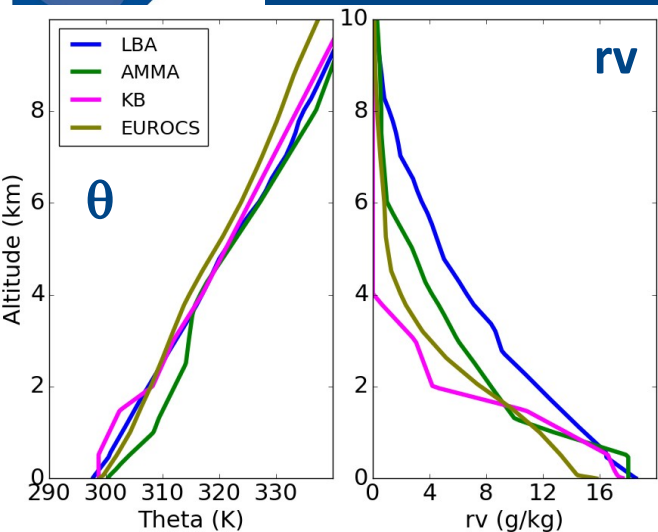
KB, idealized long oceanic,

Kuang and Bretherton 2006



EUROCS, continental,
Guichard et al 2004

Quatre cas contrastés : profils thermodynamiques

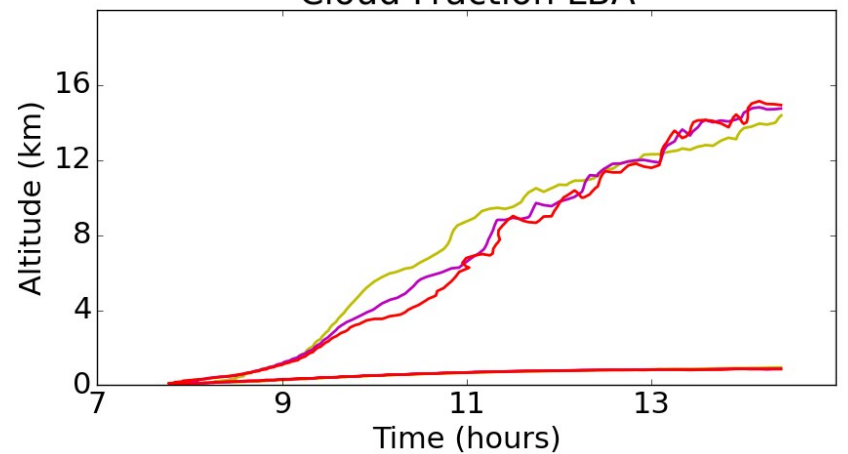


Régimes variés du semi-aride au tropical humide, océan et continental

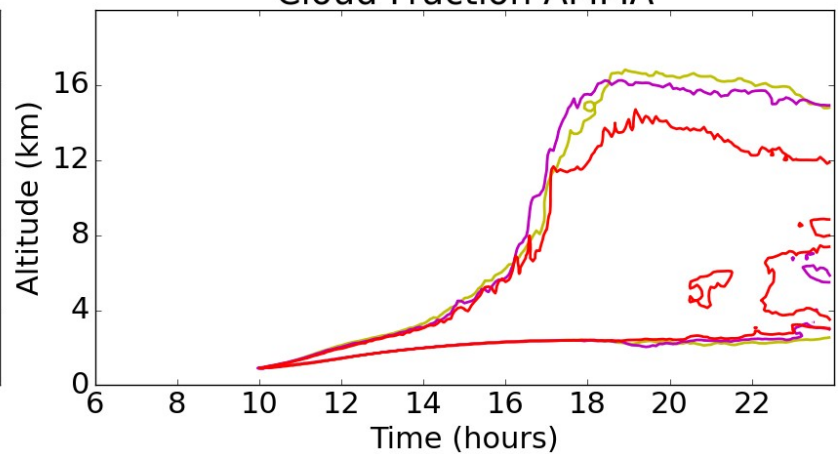
Sensibilité à la résolution [! domaine variable]



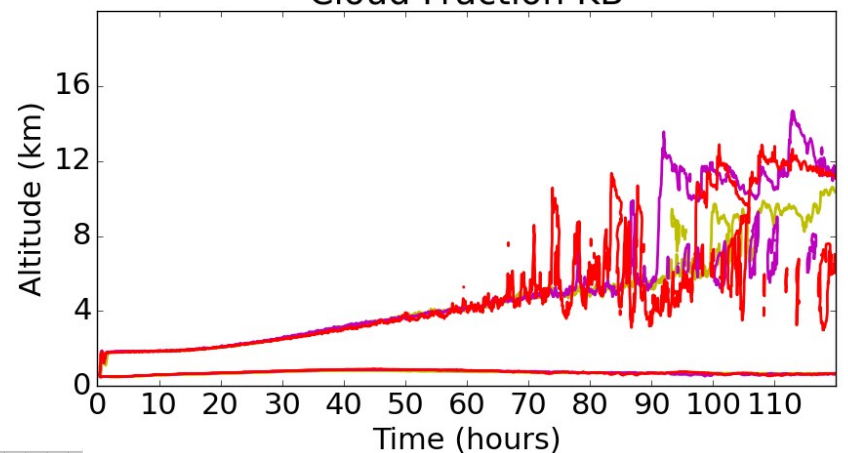
Cloud Fraction LBA



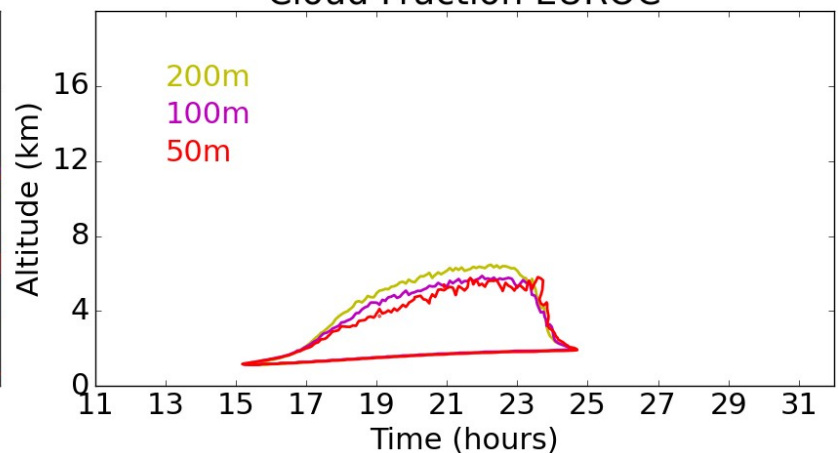
Cloud Fraction AMMA



Cloud Fraction KB



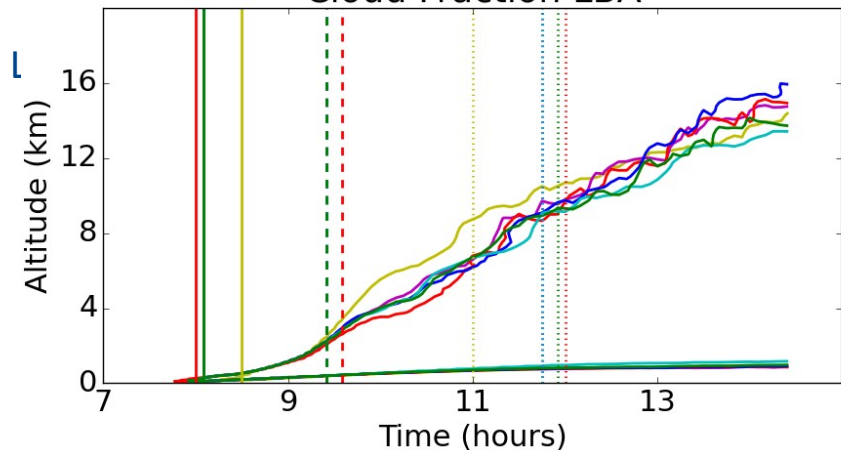
Cloud Fraction EUROC



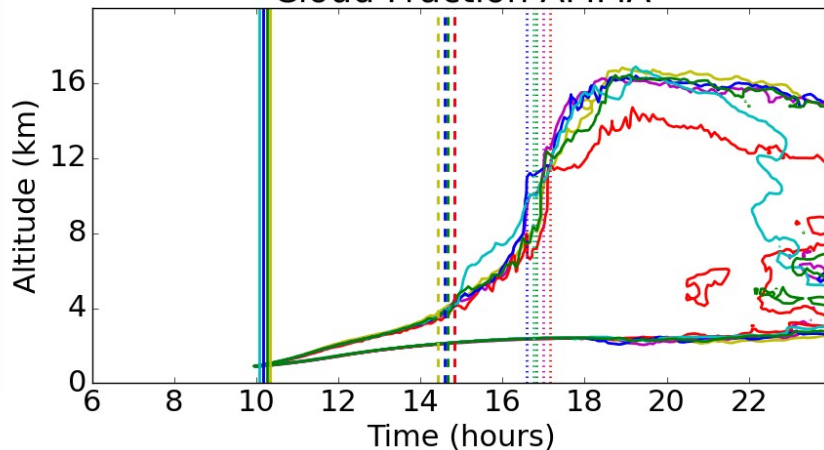
Transition trop rapide à 200m pour LBA, Sommet sous-estimé à 50m pour AMMA, déclenchement plus précoce sur KB à 50m => compromis taille/résolution

Sensibilité à la microphysique

Cloud Fraction LBA

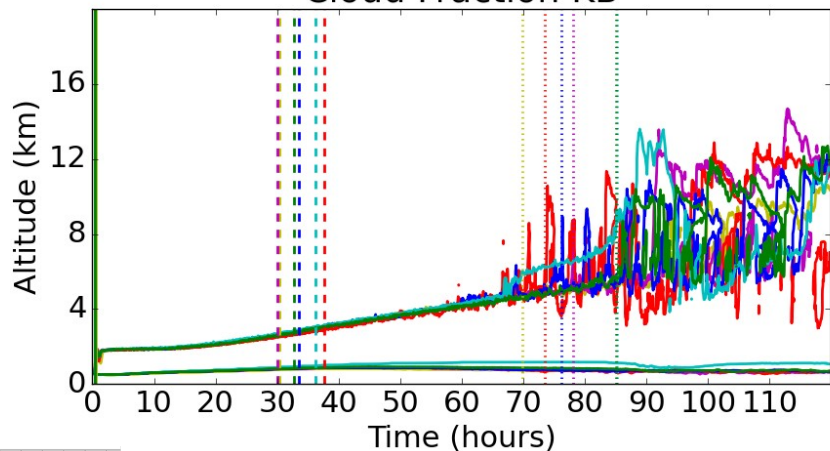


Cloud Fraction AMMA

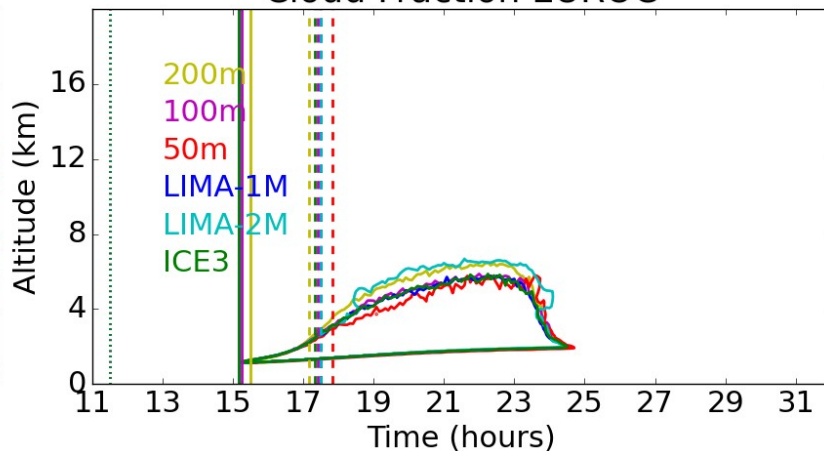


KI

Cloud Fraction KB



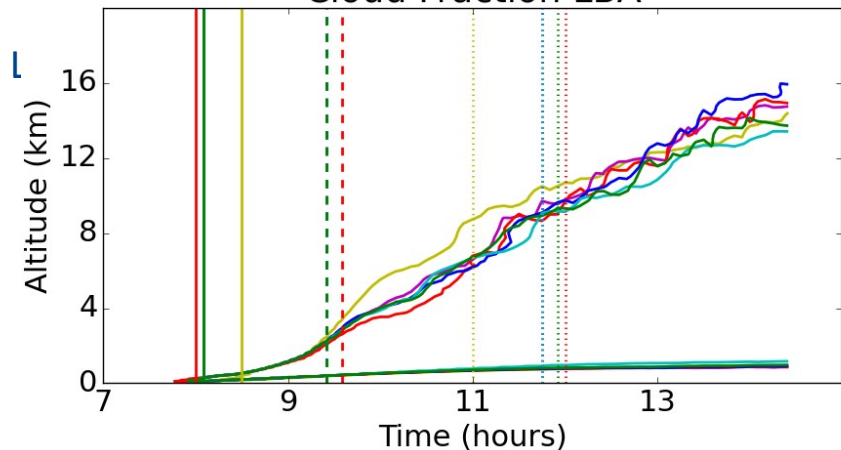
Cloud Fraction EURO-C



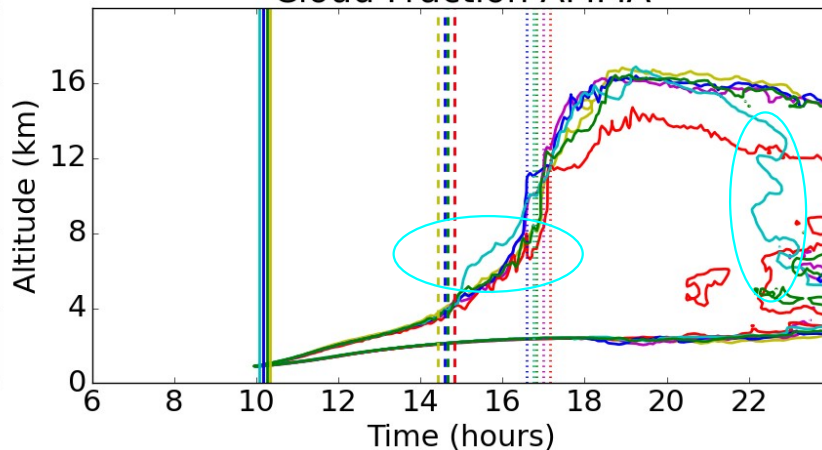
Sensibilité à la microphysique



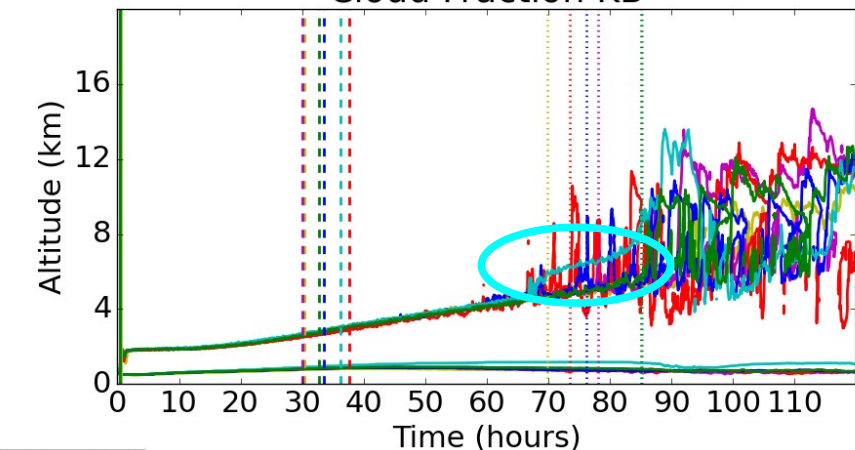
Cloud Fraction LBA



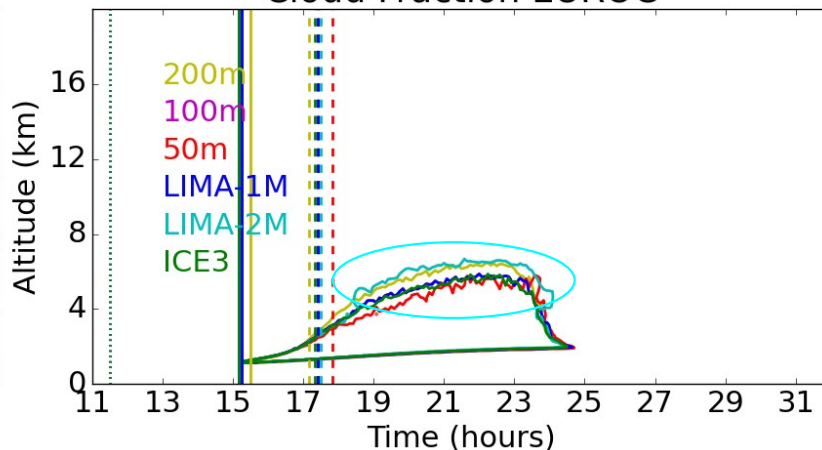
Cloud Fraction AMMA



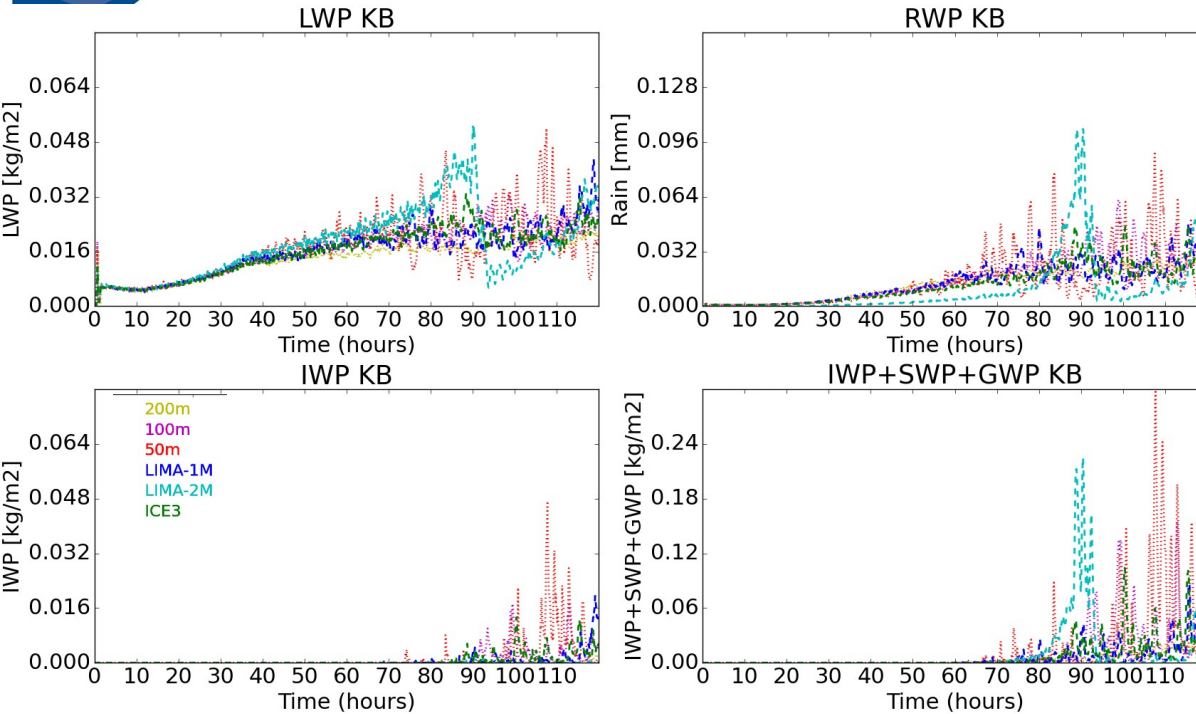
Cloud Fraction KB



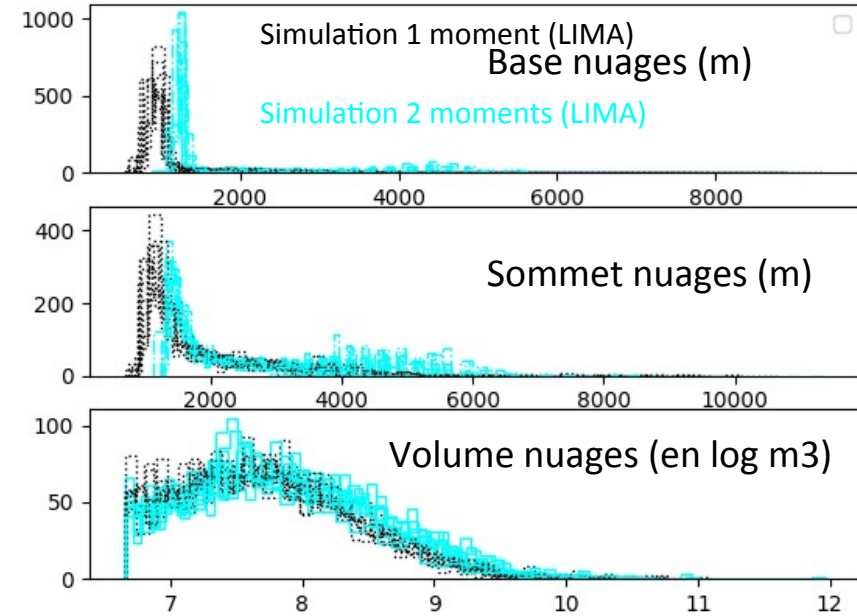
Cloud Fraction EUROC



Sensibilité à la résolution et microphysique : contenu en hydrométéores



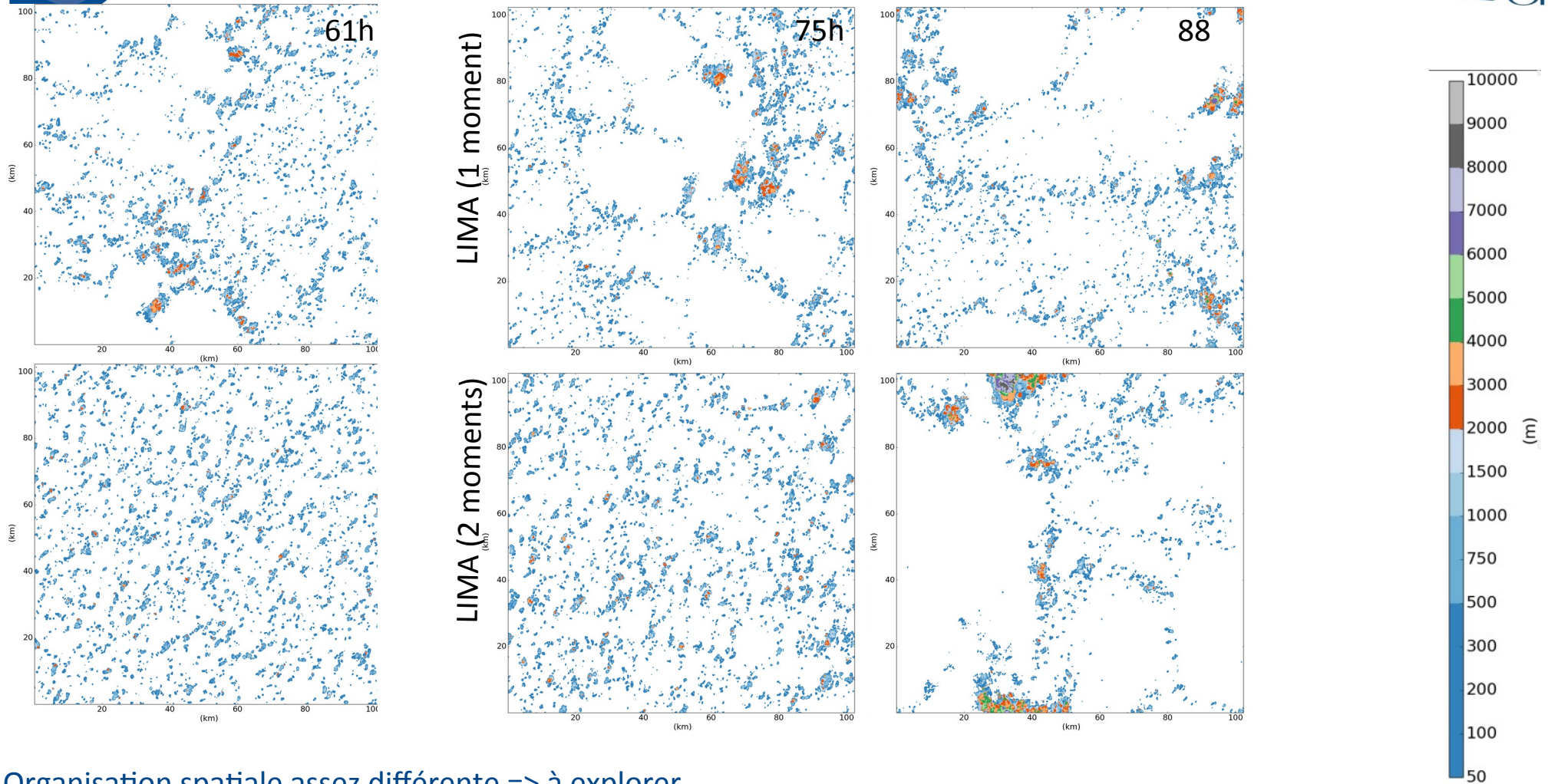
Distribution caractéristiques nuages entre 60h & 90h
Outil Objects (DEPHY)



Moins de précipitation (tendance générale entre les 4 cas) et plus de LWP

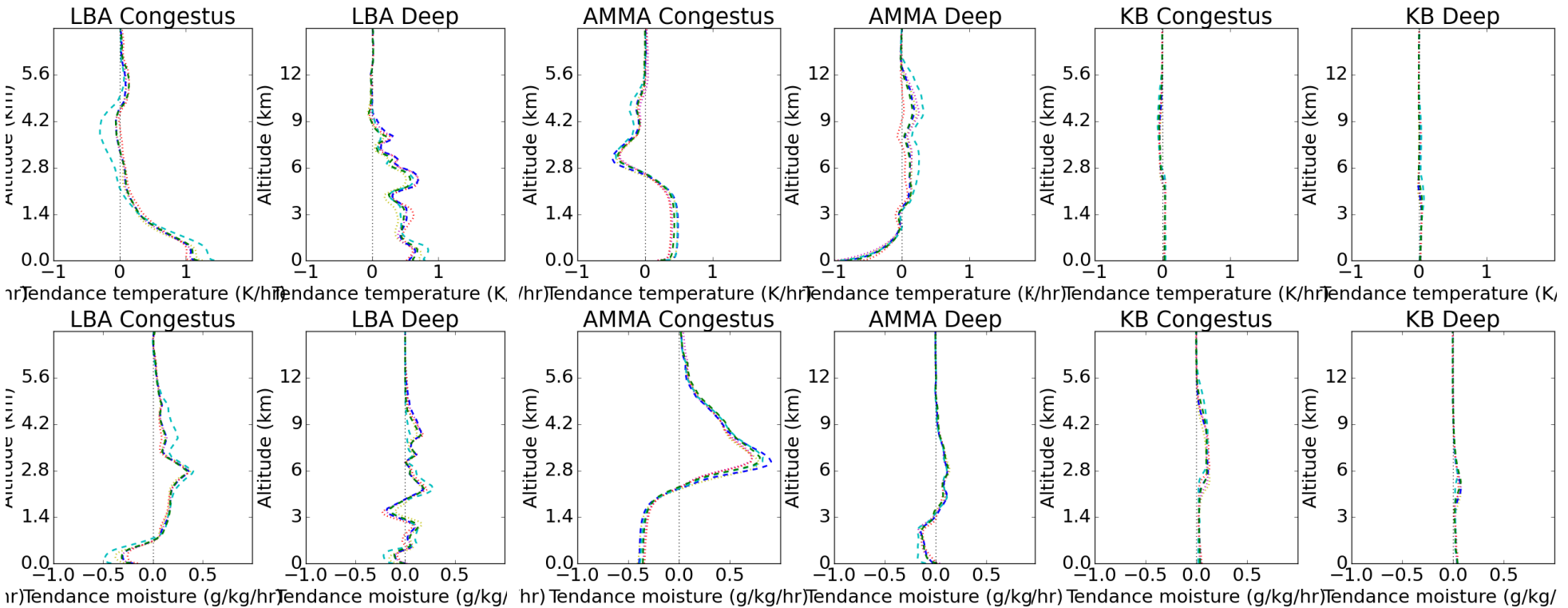
Bases & sommet plus haut

Sensibilité à la résolution et microphysique : contenu en hydrométéores



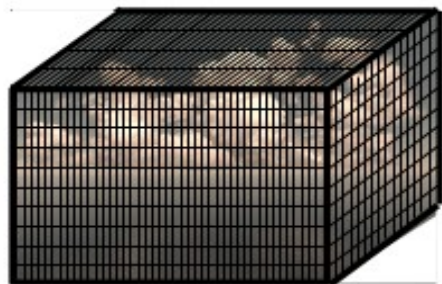
Organisation spatiale assez différente => à explorer

Sensibilité à la résolution et microphysique : tendances température & humidité sur les phases



Tendances de température ou humidité (not shown) pas trop sensible à la représentation de la microphysique

Cadre de comparaison LES/1D

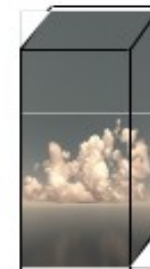


Large-Eddy Simulation
 $\Delta x = 100$ m
 $L_x = 100$ km

Exactement les mêmes conditions initiales et de forçages

Pas de couplage avec la dynamique, focus sur les paramétrisations, simulation peu chère

Importance du multi-cas (multiples régimes) pour éviter le sur-ajustement et valider les paramétrisations dans différents environnements



Single-Column Model
 $\Delta x = 100$ km
 $L_x = 100$ km

Simulations ARPEGE-Climat

ARP642 : tke (cuxart)+PCMT (shallow +deep)- Dt=300s

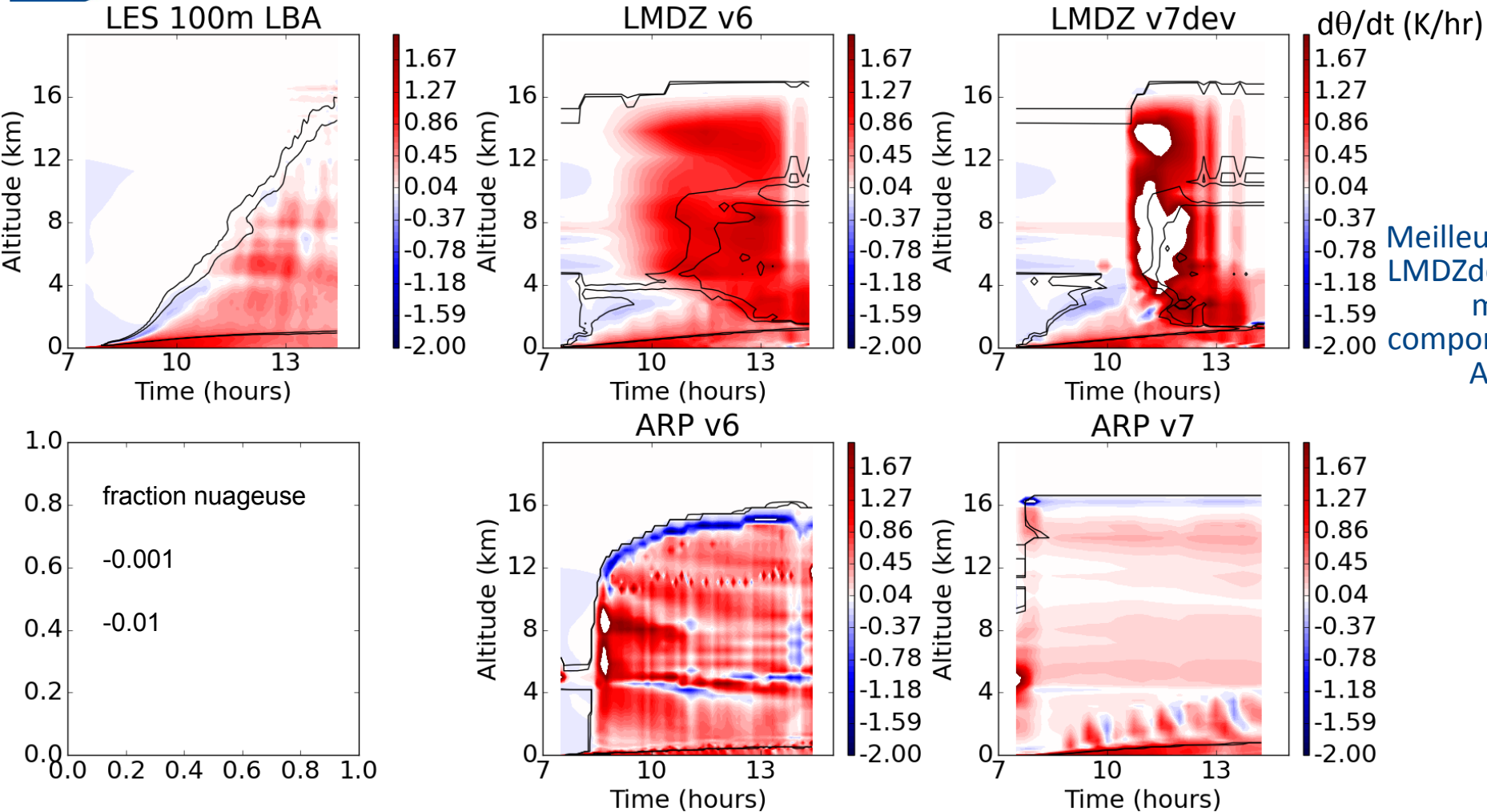
ARP7dev : tke (cuxart)+KFB (pas de thermiques secs)+Tiedtke-Bechtold - Dt=900s

Simulations LMDZ

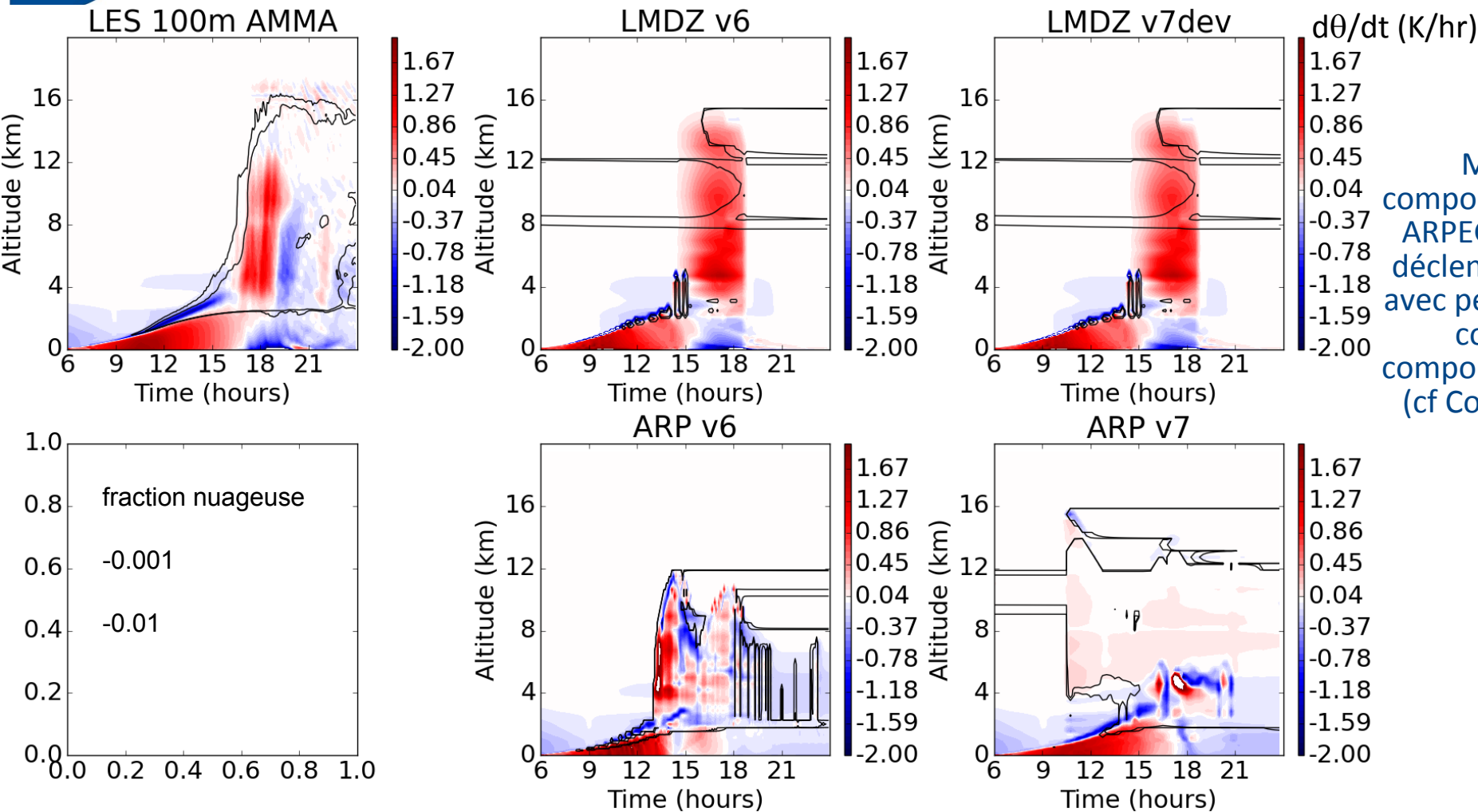
LMDZv6 : tke (MY) + Emmanuel+ALE/ALP - Dt=600s

LMDZv7dev : meme chose mais modification du seuil de déclenchement de la convection profonde pour qu'il dépende de la hauteur de la couche limite (important surtout sur océan) - Dt=600s

Comportement des modèles de climat : tendance température & fraction nuageuse LBA

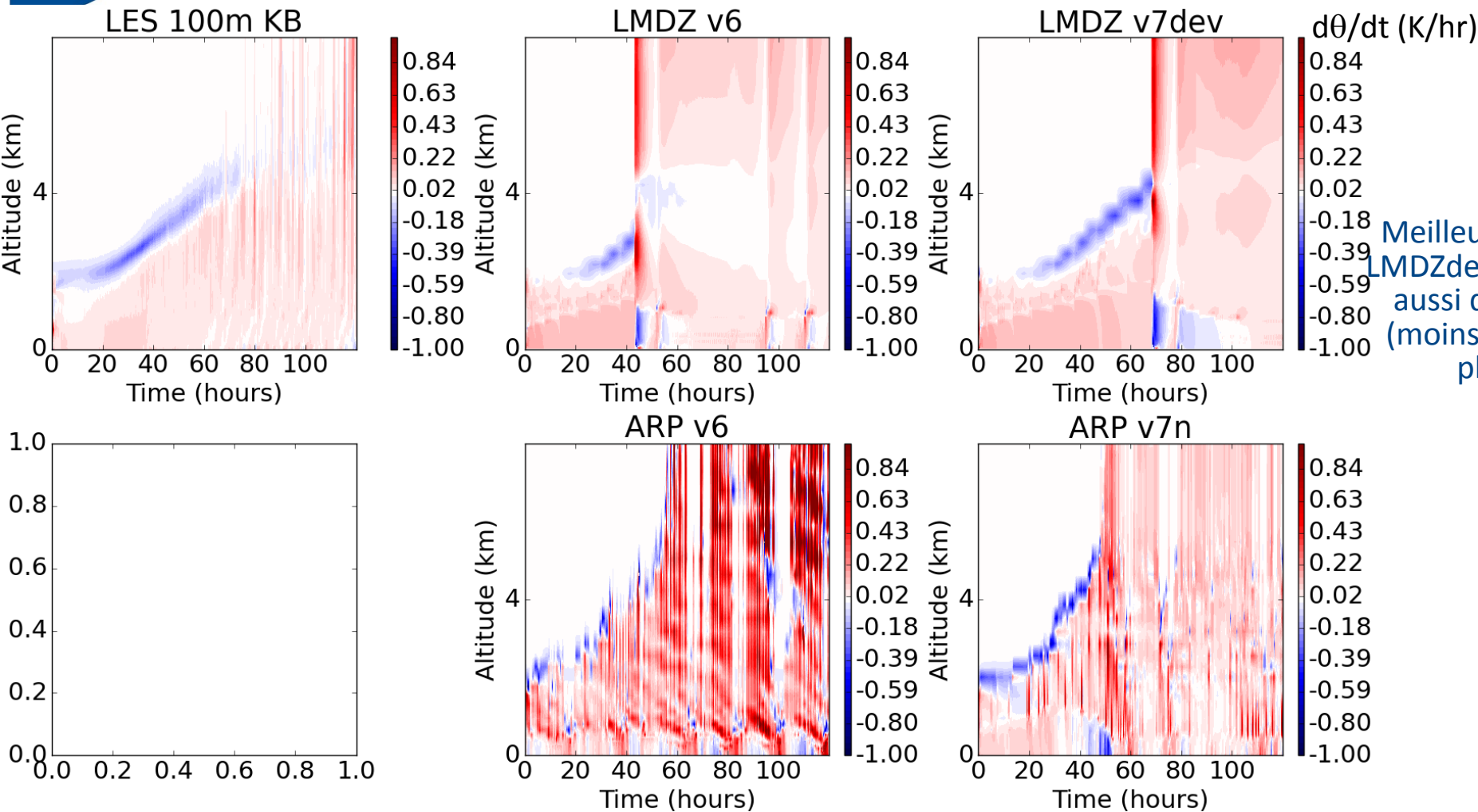


Comportement des modèles de climat : tendance température AMMA



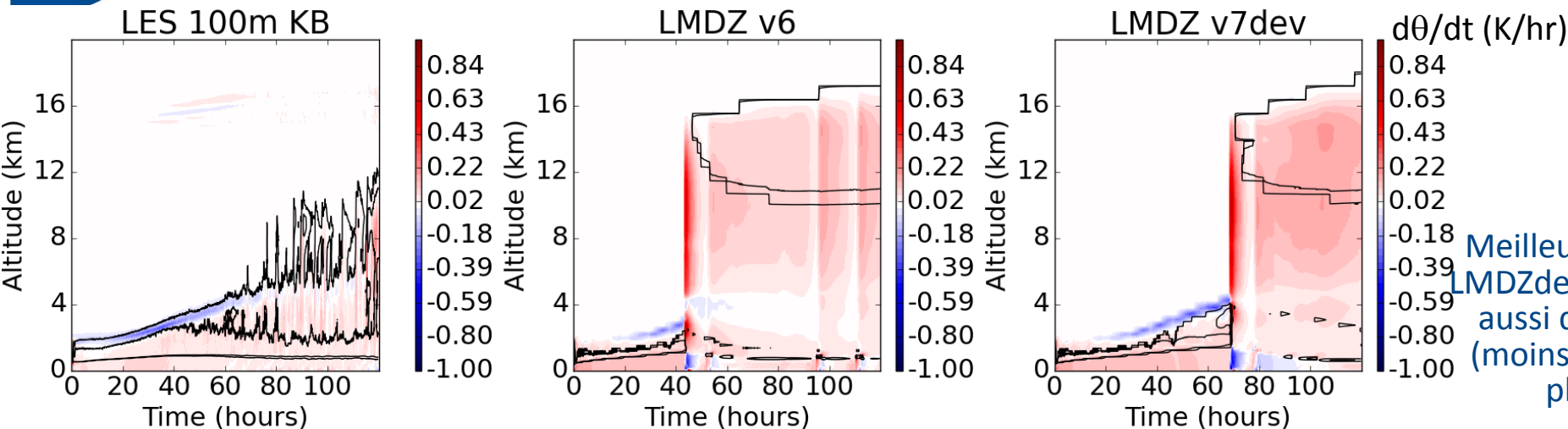
Meilleur comportement dans ARPEGE même si déclenchement tôt avec peu d'intensité comme le comportement d'IFS (cf Couvreur et al 2016)

Comportement des modèles de climat : tendance température KB

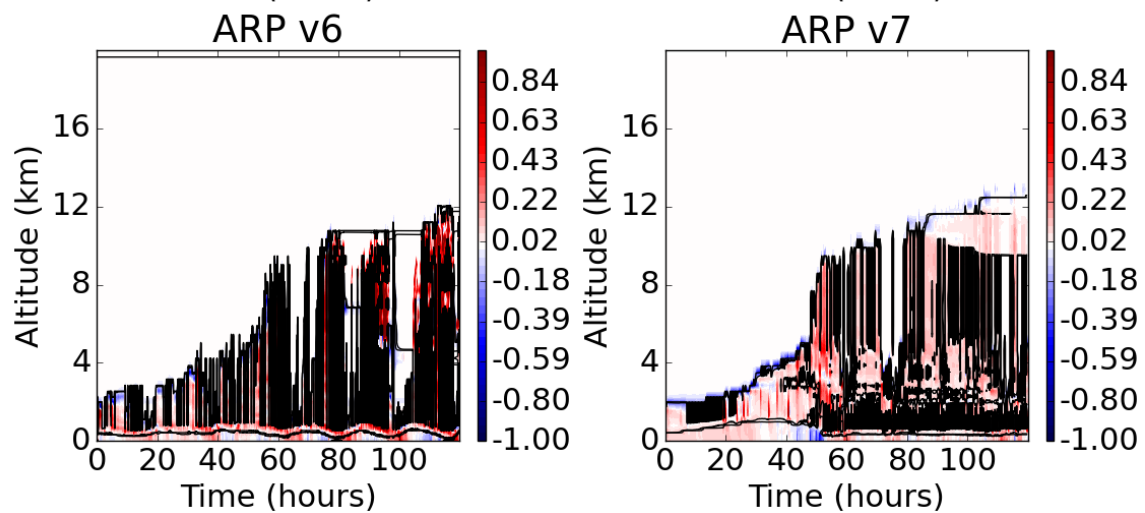
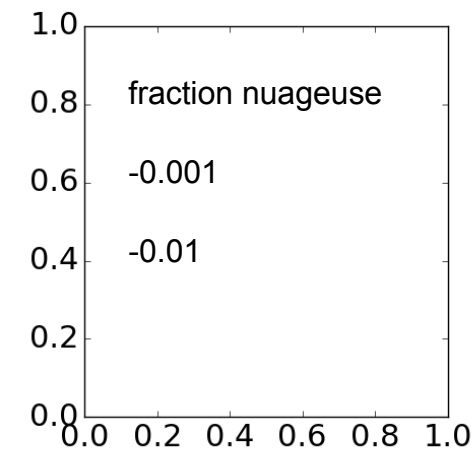


Meilleur timing pour LMDZdev amélioration aussi dans ARPEGE (moins instabilité et plus tard)

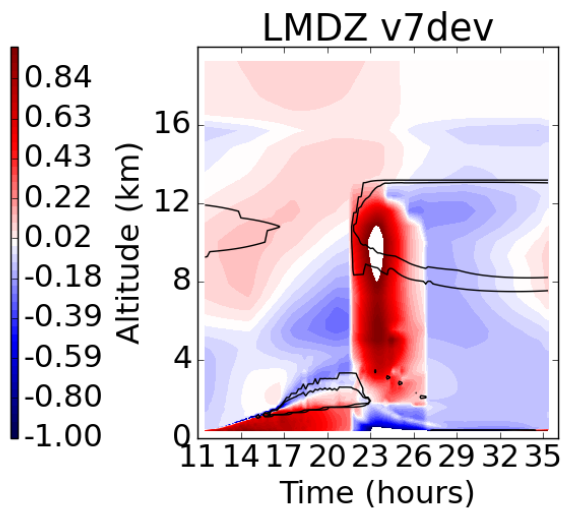
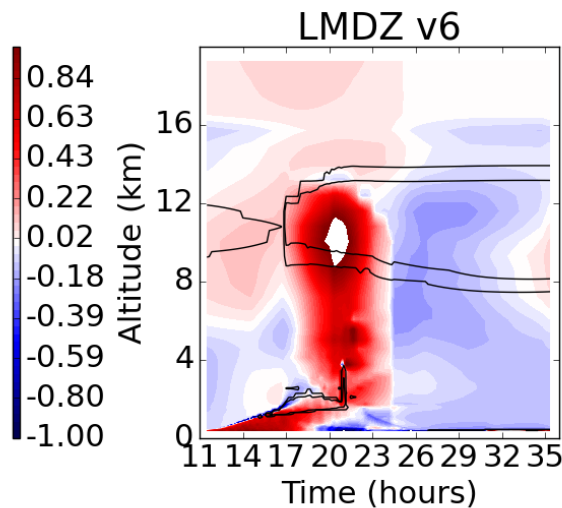
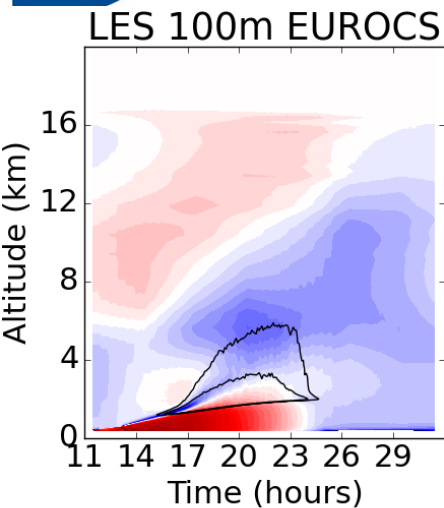
Comportement des modèles de climat : tendance température KB



Meilleur timing pour LMDZdev amélioration aussi dans ARPEGE (moins instabilité et plus tard)

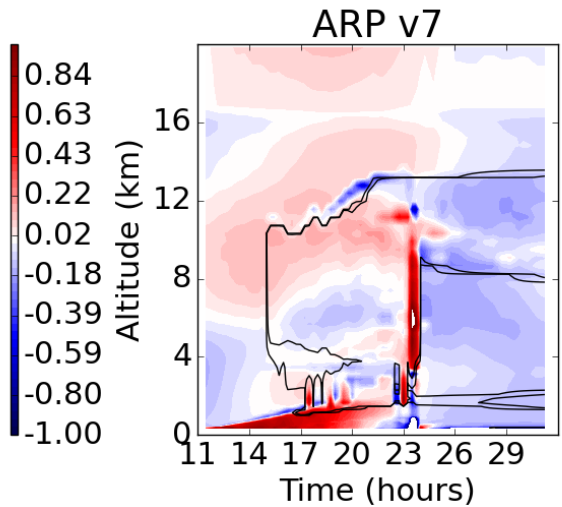
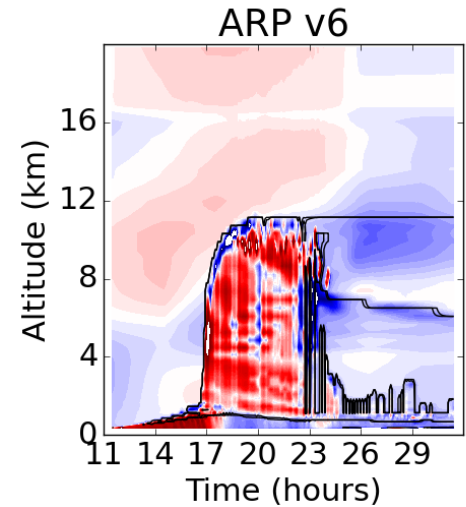
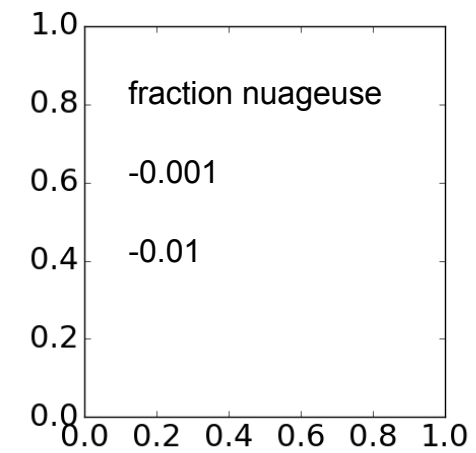


Comportement des modèles de climat : tendance température EUROCS



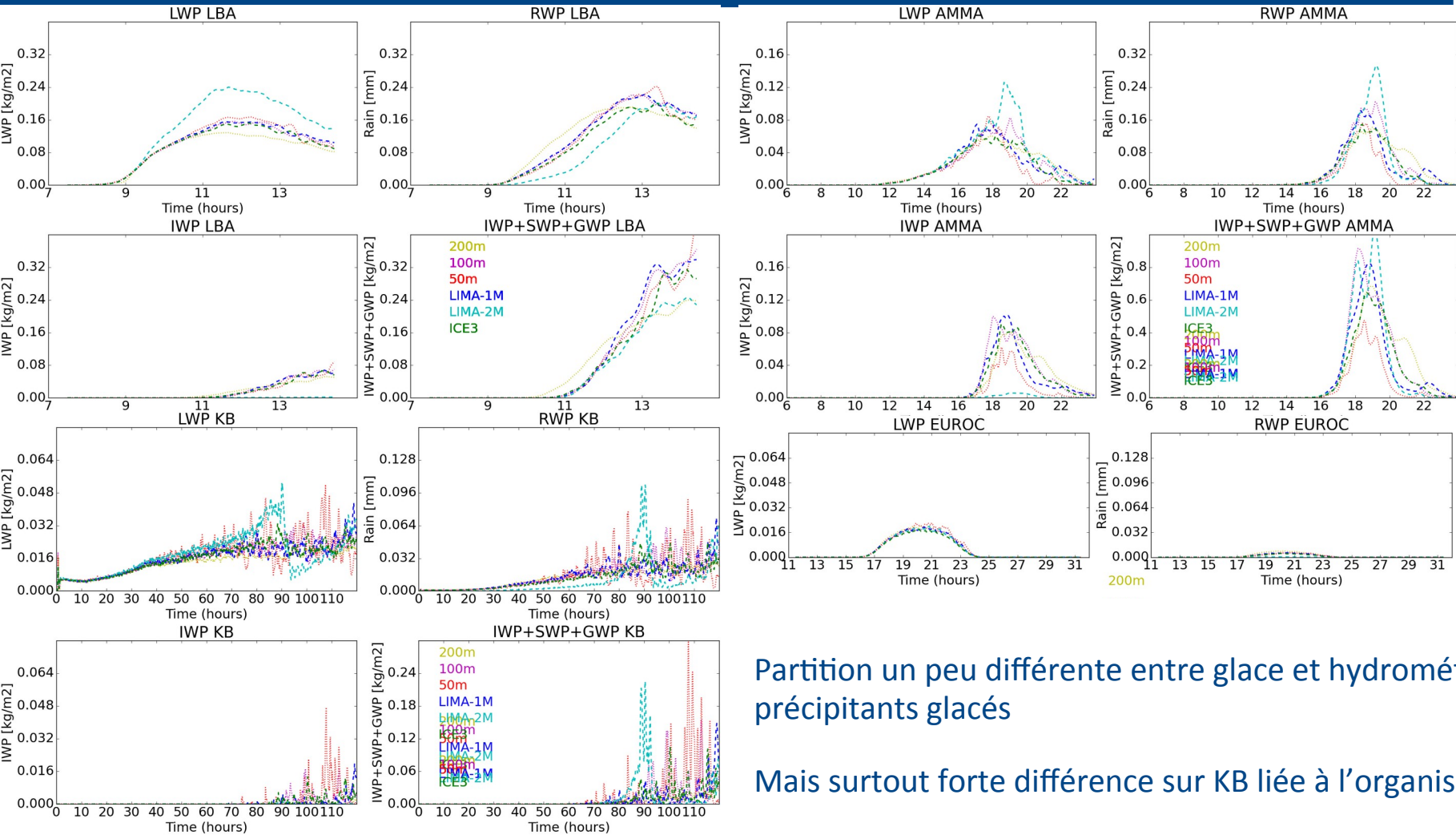
$d\theta/dt$ (K/hr)

Tous les modèles déclenchent (alors que ne devraient pas) quand même mieux pour les versions dev



- Benchmark d'évaluation de la transition de la convection peu profonde à profonde combinant 4 cas contrastés (continental/océanique, humide/sec) disponible au format commun DEPHY et simulations de référence avec incertitudes associées obtenues via des tests de sensibilité à la résolution et à la microphysique
- Permet de tester les nouvelles versions des modèles de climat pour CMIP7 : importance du multi-cas
- Cette transition reste un problème même pour les modèles à convection profonde résolue (la transition vers la convection profonde est trop tardive au moins sur continent) – non montré ici

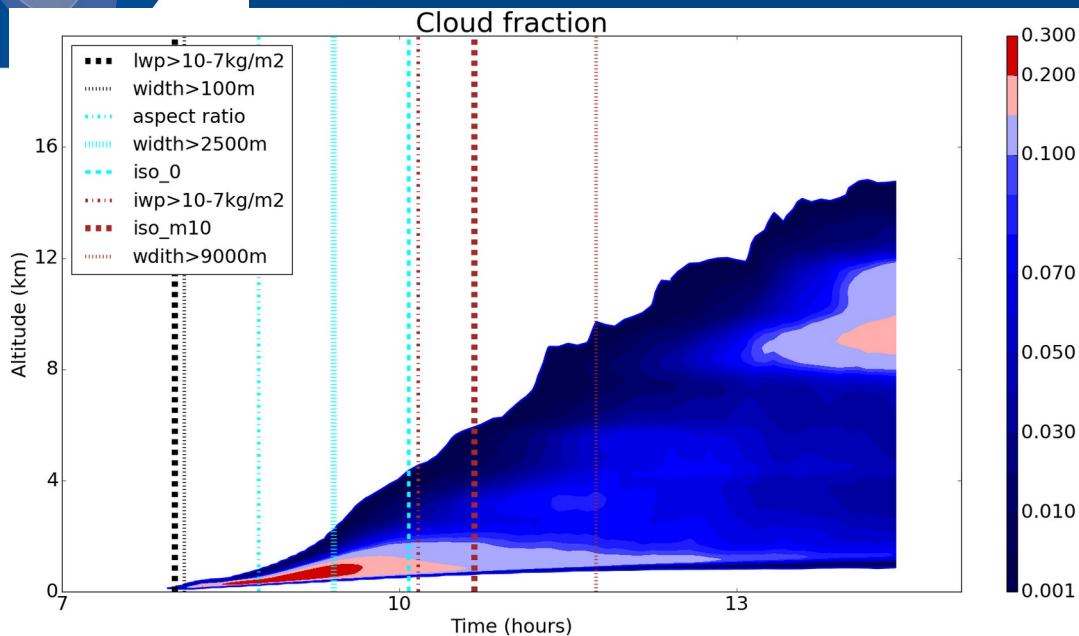
Sensibilité à la résolution et microphysique : contenu en hydrométéores



Partition un peu différente entre glace et hydrométéores précipitants glacés

Mais surtout forte différence sur KB liée à l'organisation

Définition des différentes phases



LBA, moist continental

Convection sèche → peu profonde :

Apparition d'eau liquide (LWP > 10⁻⁷ kg/m²)

Epaisseur du nuage (z_t-z_b > 100m)

Convection peu profonde → Congestus :

hauteur/largeur > 1

Z_{top}-Z_b > 2.5km

Z_{top} > iso_0°C

Congestus → Convection profonde

IWP > 10⁻⁷ kg/m²

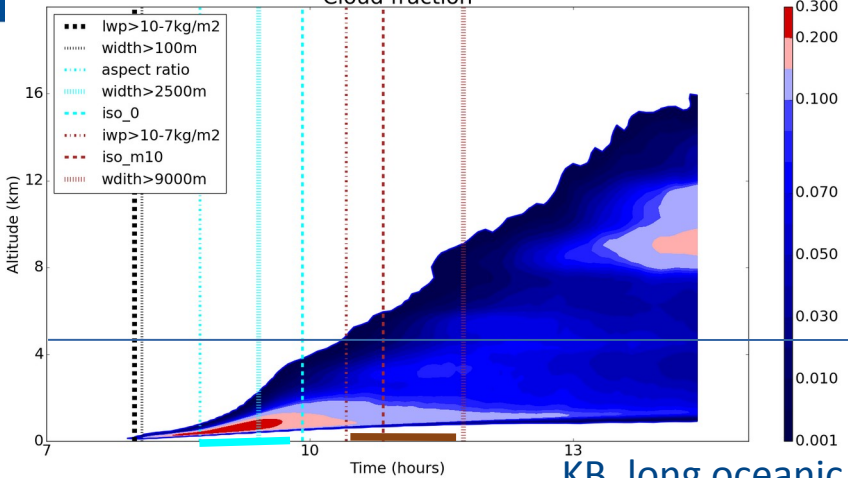
Z_{top} > iso_-10°C

Z_{top-7h} > 9km

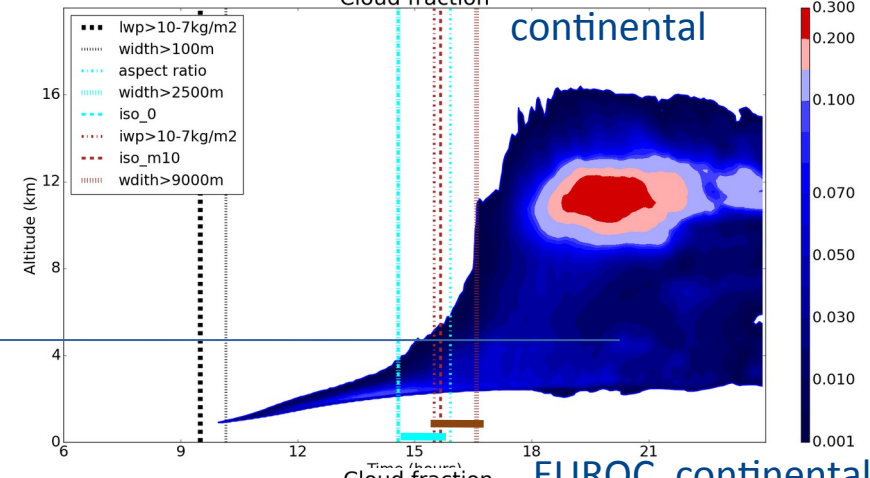
Définition des différentes phases



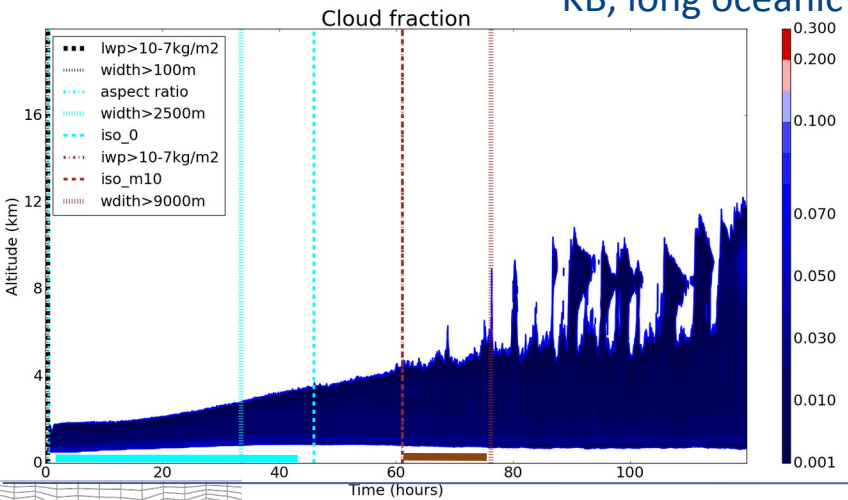
Cloud fraction LBA, moist continental



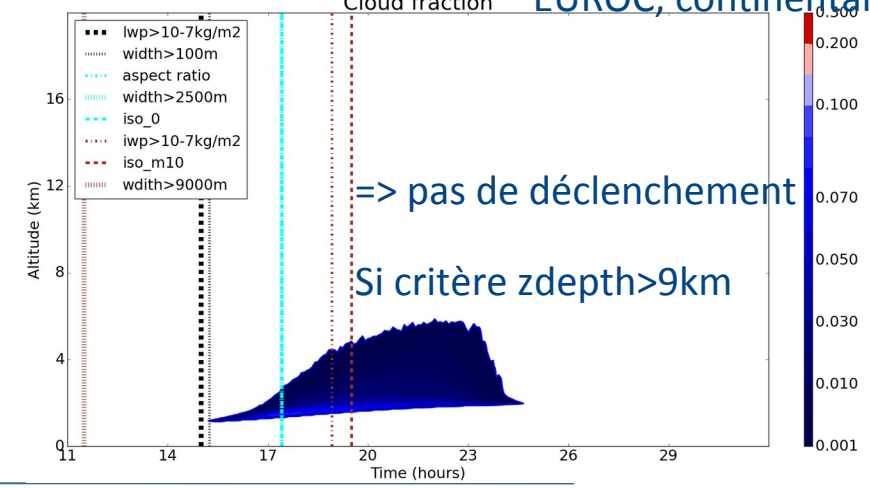
Cloud fraction AMMA, semi-arid continental



KB, long oceanic



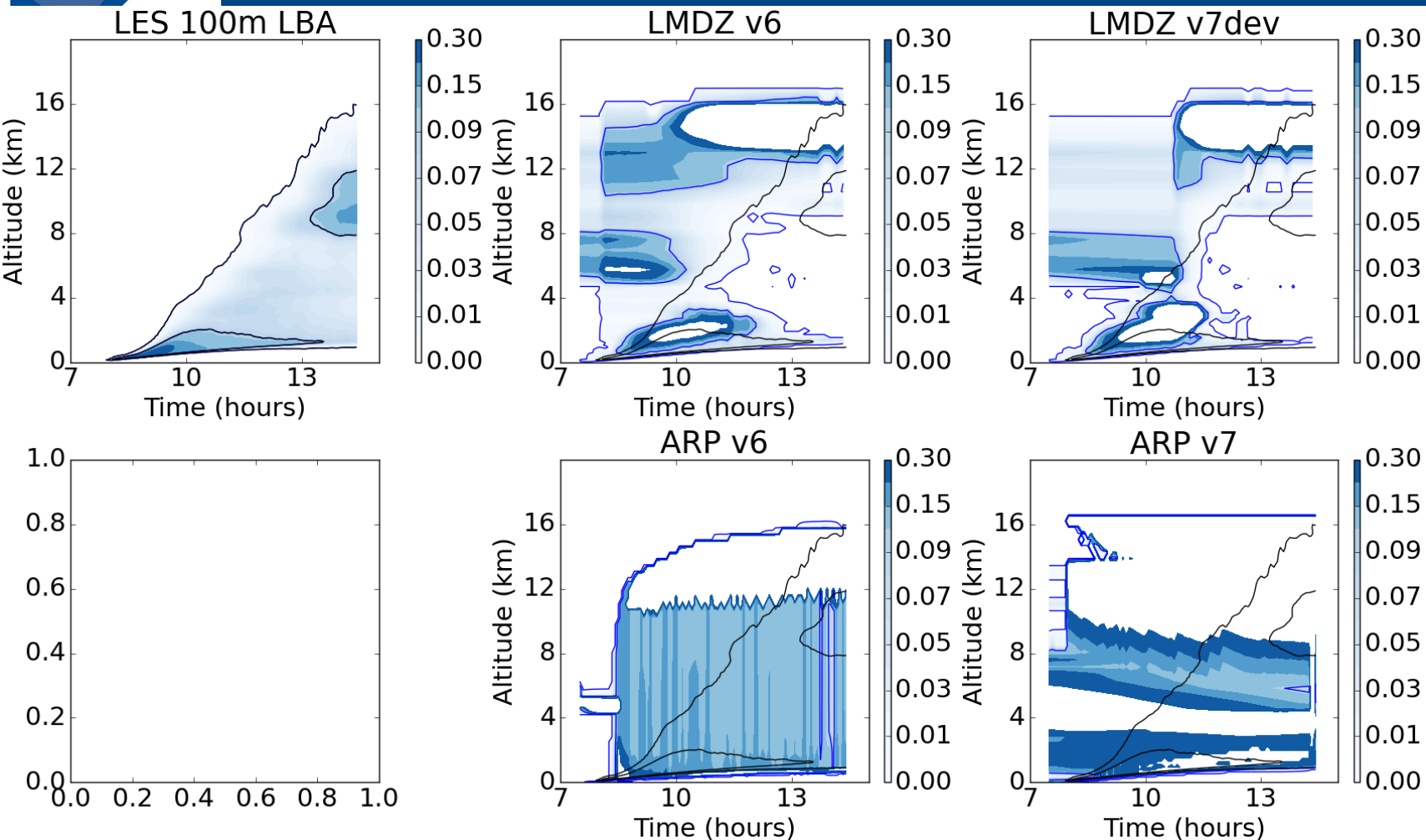
Cloud fraction EUROC, continental



=> pas de déclenchement

Si critère zdepth > 9km

Comportement des modèles de climat : nuages LBA

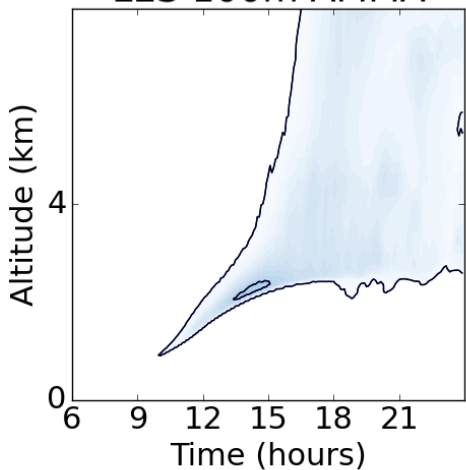


Pollution par le schéma de grande échelle => intérêt de travailler sur les tendances de température (& humidité, non montré)

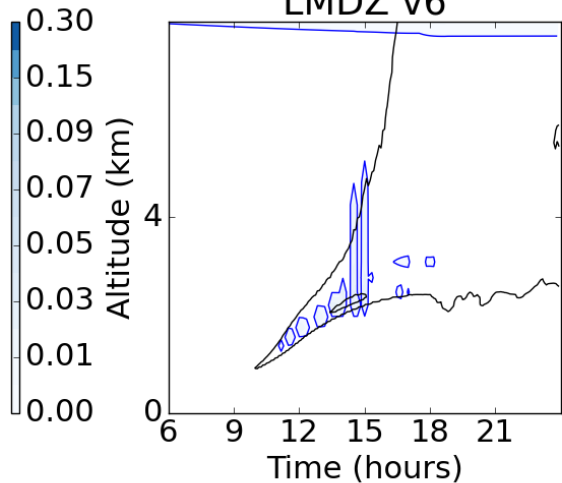
Comportement des modèles de climat : nuages AMMA



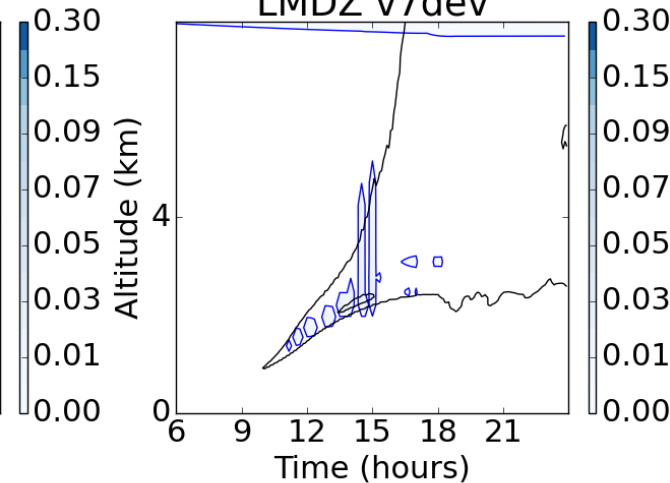
LES 100m AMMA



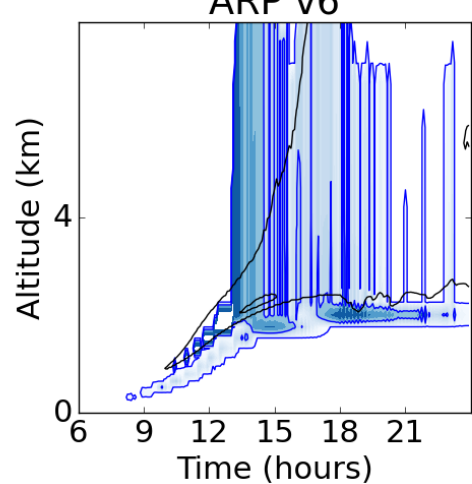
LMDZ v6



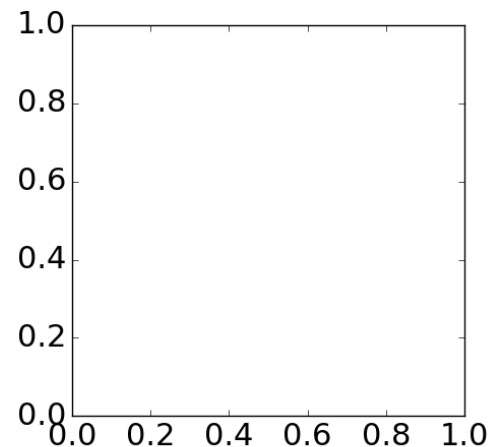
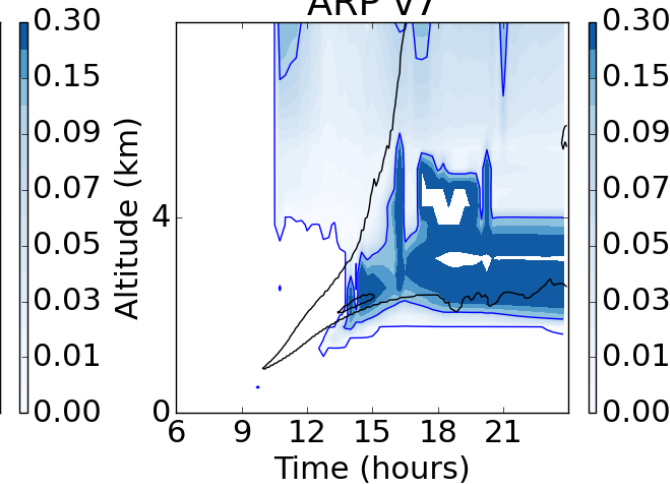
LMDZ v7dev



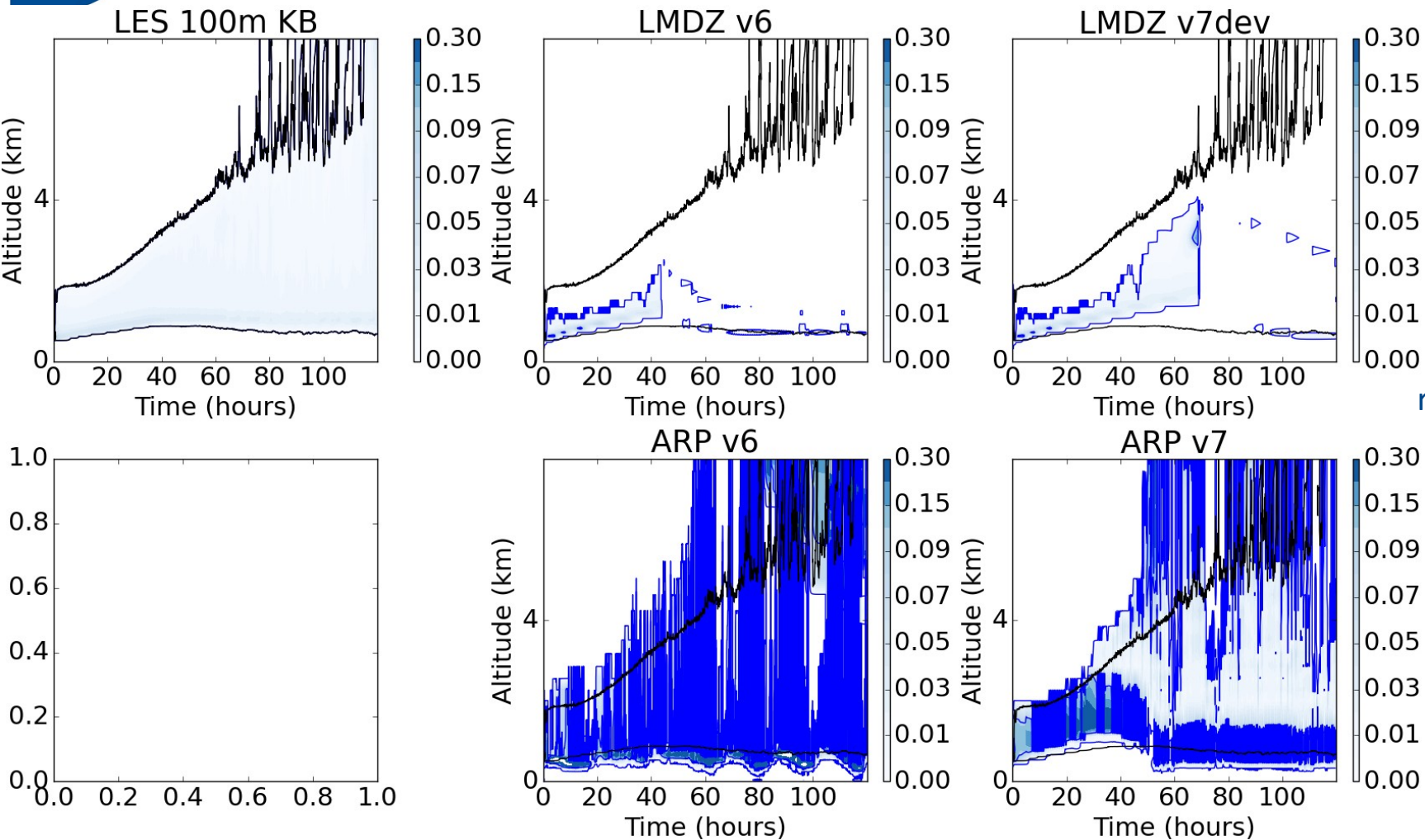
ARP v6



ARP v7

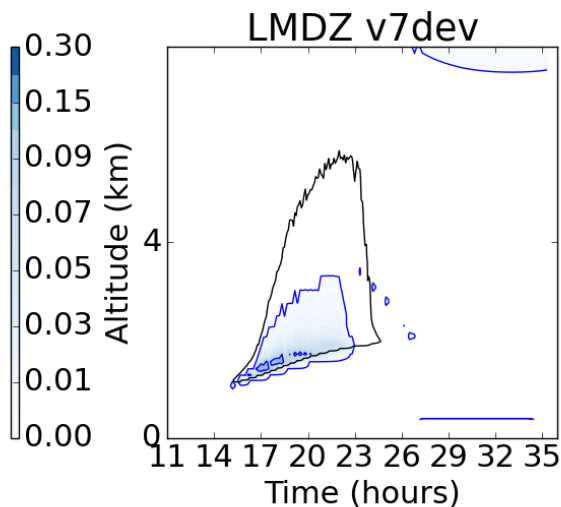
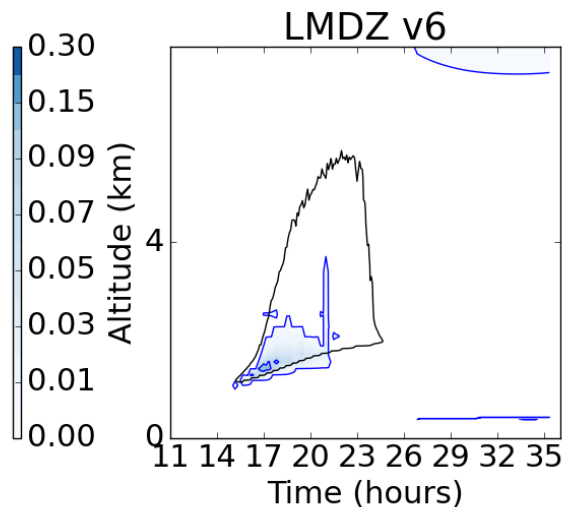
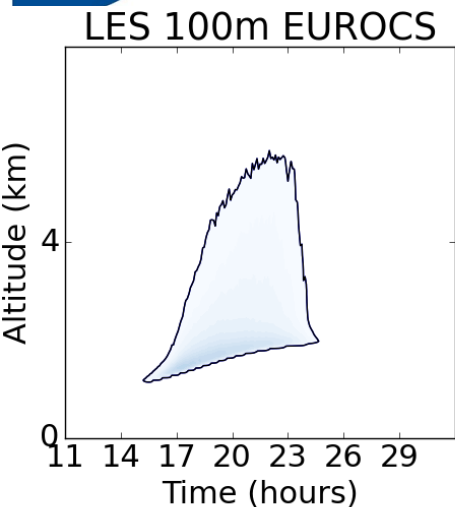


Comportement des modèles de climat : nuages KB

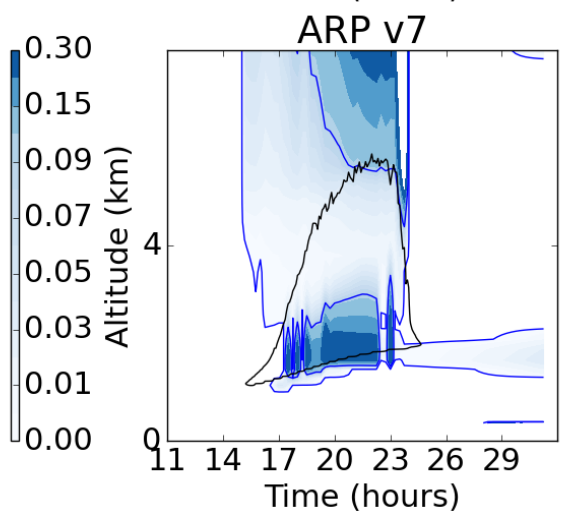
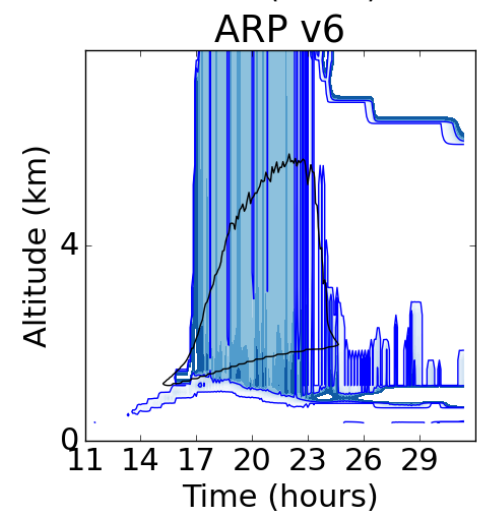
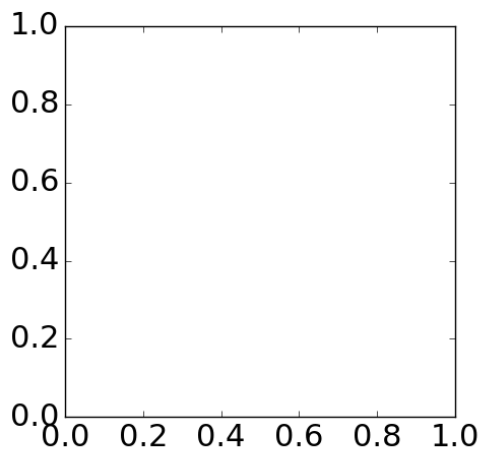


Forte instabilité sur ARPEGE (intérêt de regarder les sorties au pas de temps et simu longue)

Comportement des modèles de climat : nuages EUROCS



Déclenchement dans ARPEGE (aussi LMDZ même si non vu sur fraction nuageuse)

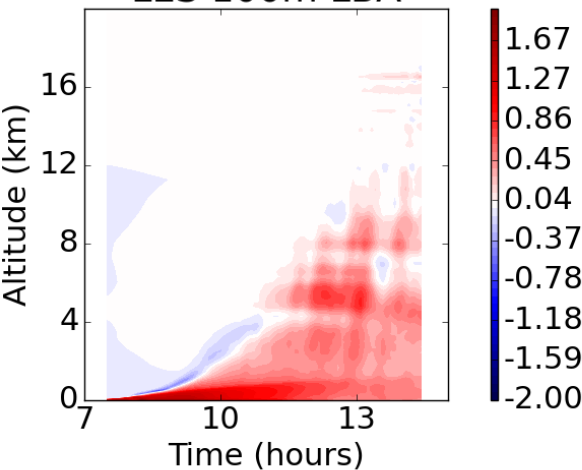


Comportement des modèles de climat : tendance température LBA & fraction nuageuse

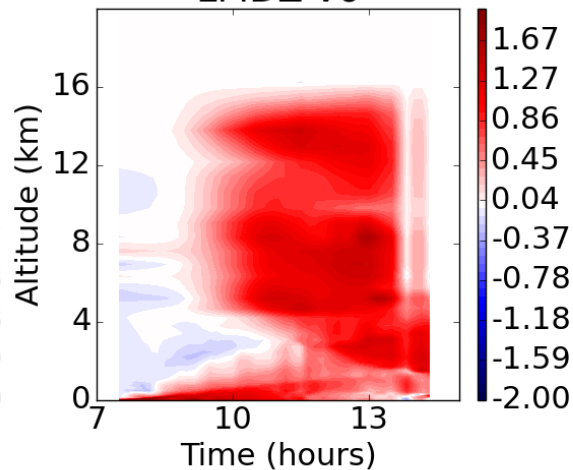


$d\theta/dt$ (K/hr)

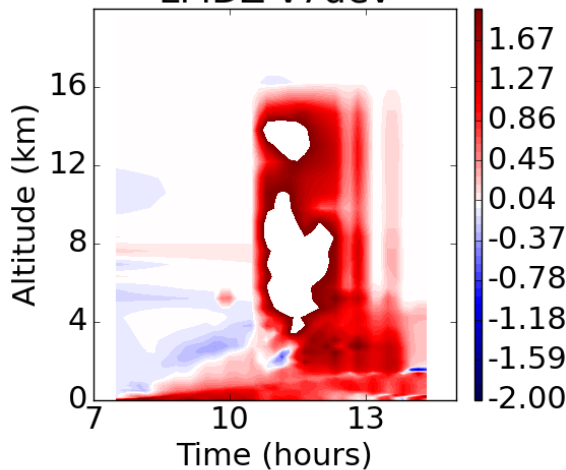
LES 100m LBA



LMDZ v6

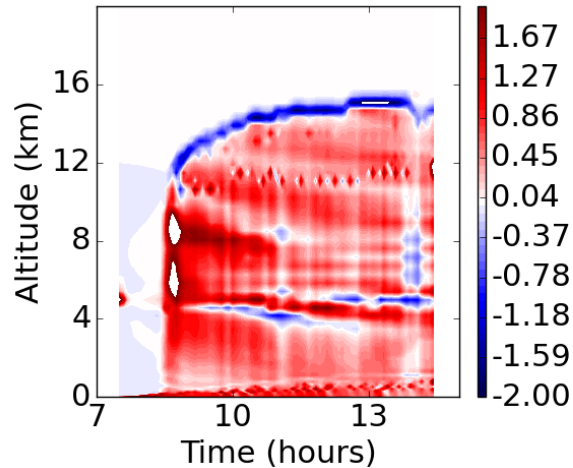


LMDZ v7dev

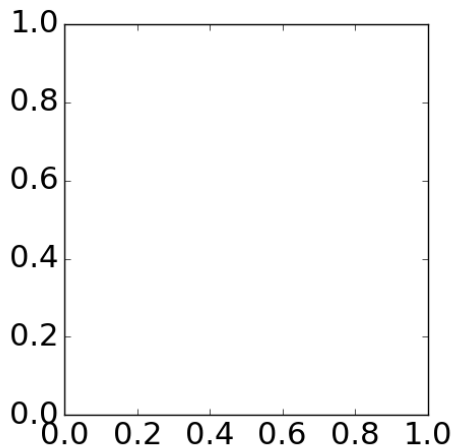
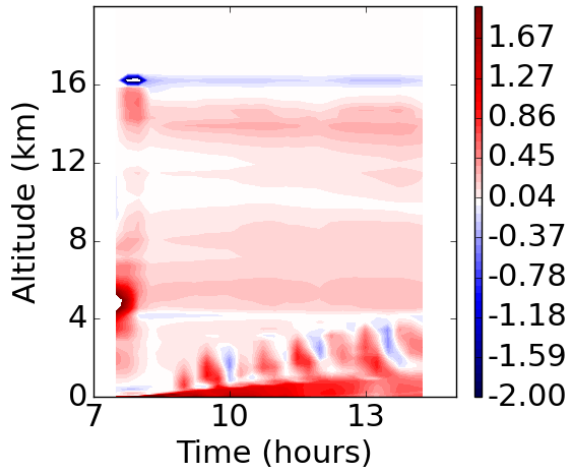


Meilleur timing pour
LMDZdev par contre
mauvais
comportement dans
ARPEGE

ARP v6



ARP v7n



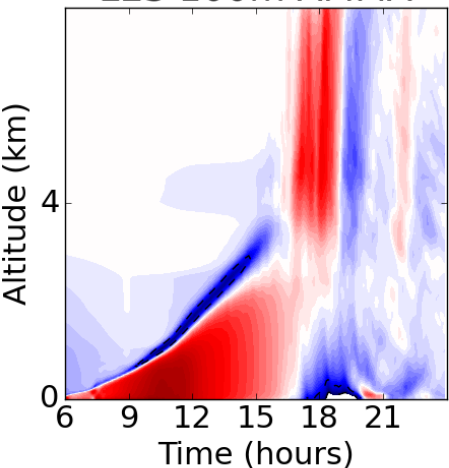
Comportement des modèles de climat : tendance température

AMMA

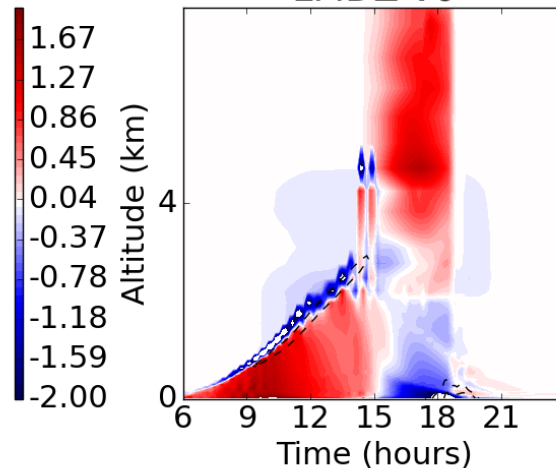


$d\theta/dt$ (K/hr)

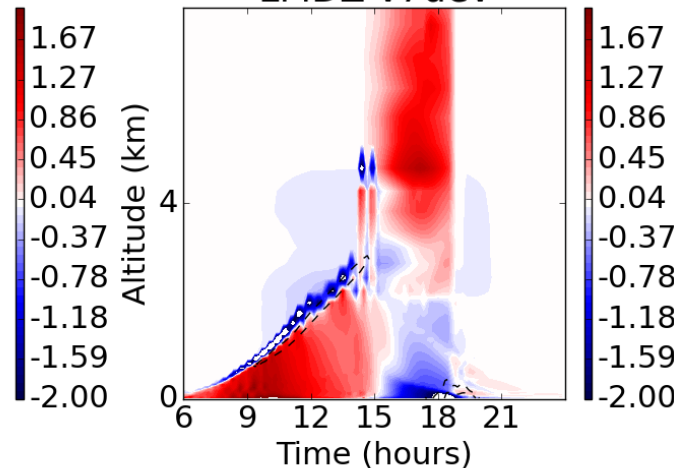
LES 100m AMMA



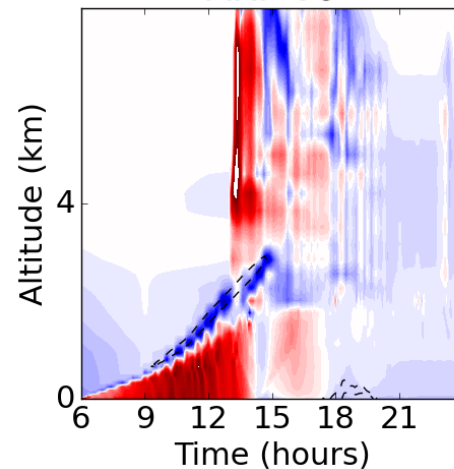
LMDZ v6



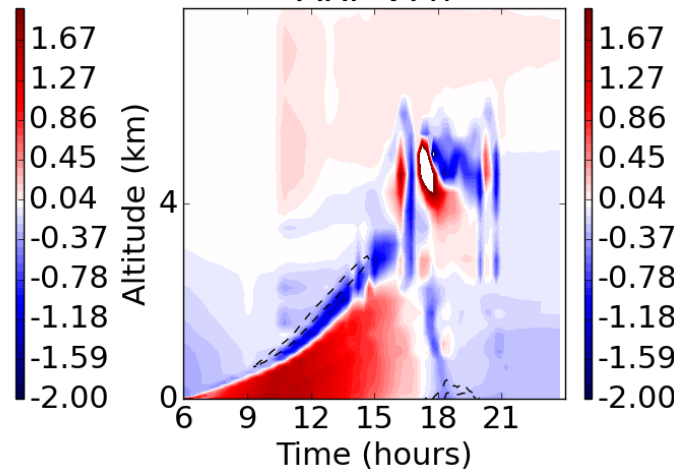
LMDZ v7dev



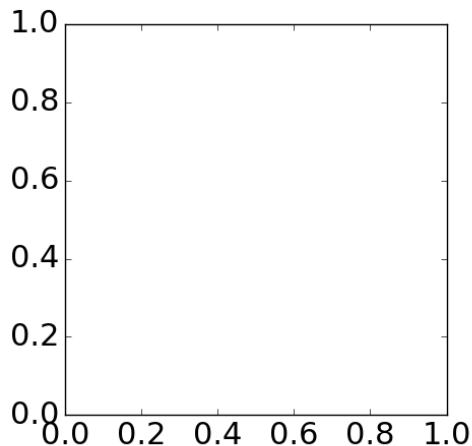
ARP v6



ARP v7n



Meilleur comportement dans ARPEGE même si déclenchement tôt avec peu d'intensité comme le comportement d'IFS (cf Couvreur et al 2016)

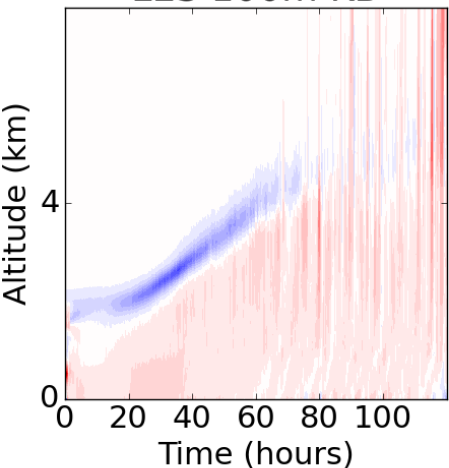


Comportement des modèles de climat : tendance température KB

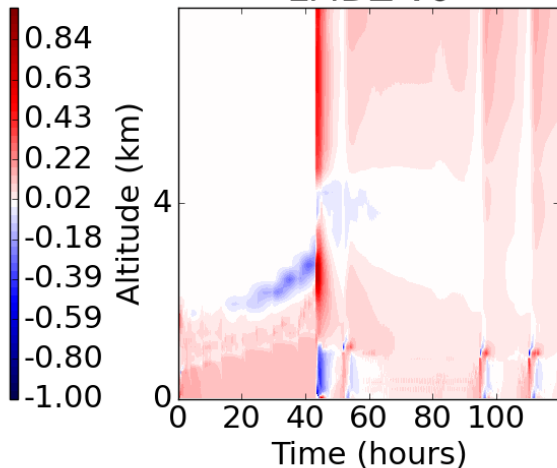
$d\theta/dt$ (K/hr)



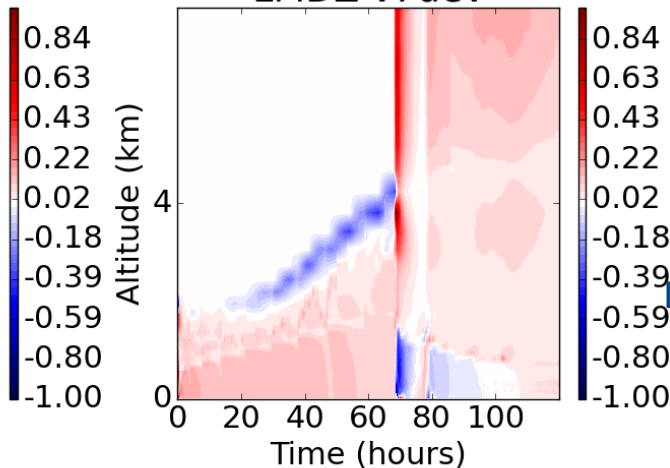
LES 100m KB



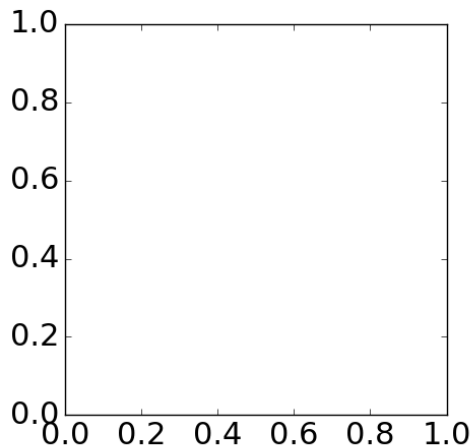
LMDZ v6



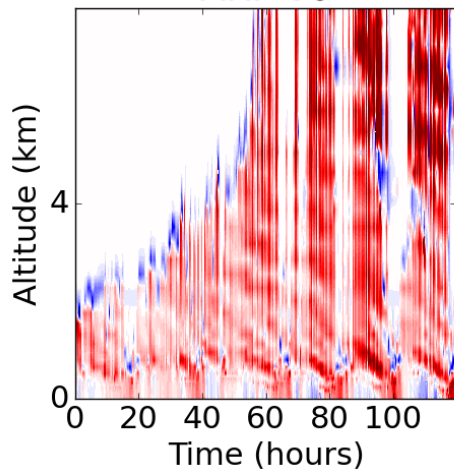
LMDZ v7dev



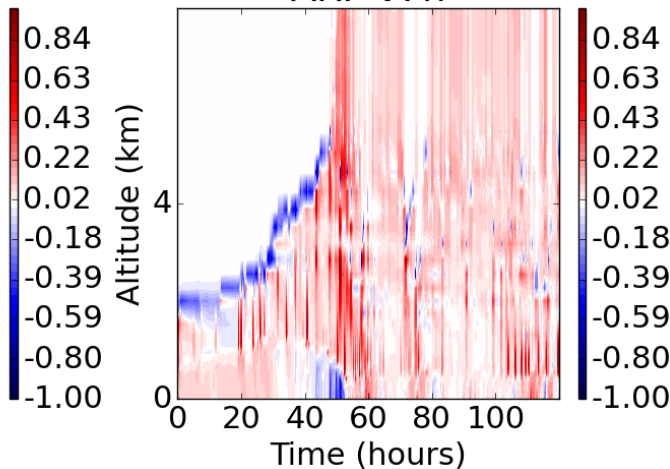
Meilleur timing pour LMDZdev amélioration aussi dans ARPEGE (moins instabilité et plus tard)



ARP v6



ARP v7n

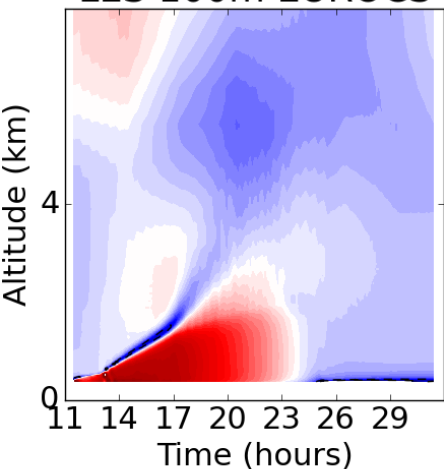


Comportement des modèles de climat : tendance température EUROCS

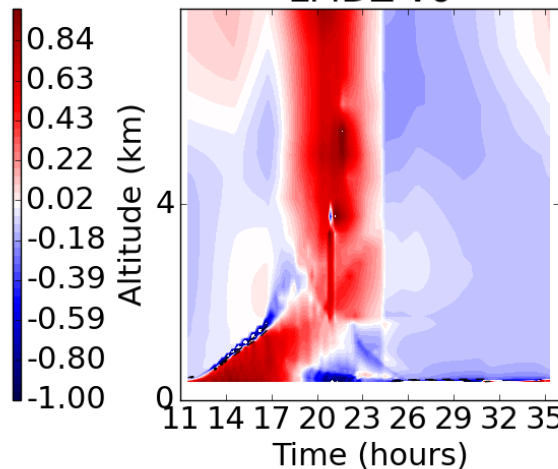


$d\theta/dt$ (K/hr)

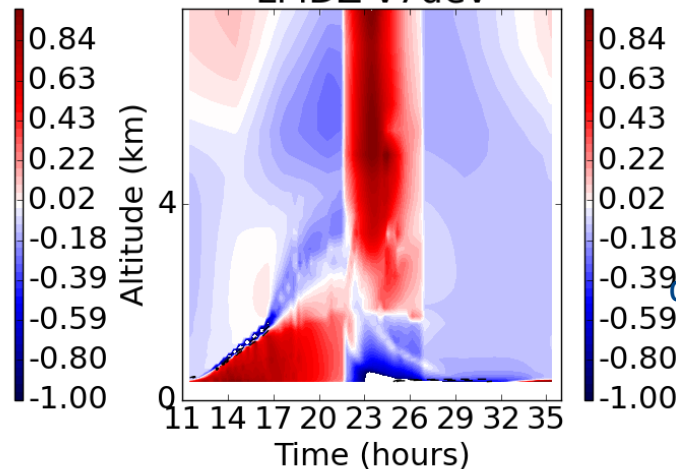
LES 100m EUROCS



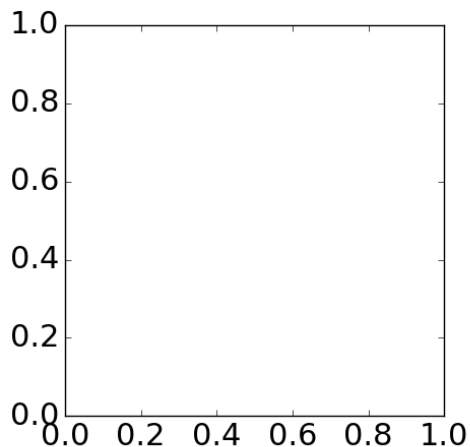
LMDZ v6



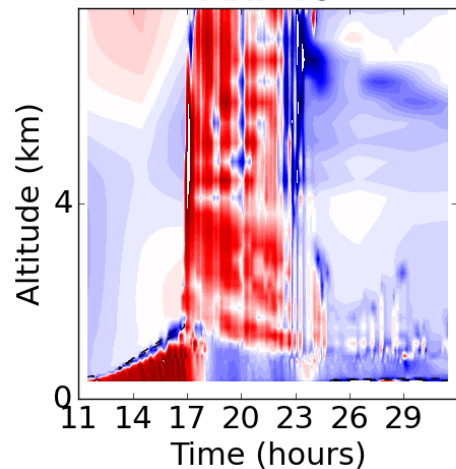
LMDZ v7dev



Tous les modèles déclenchent (alors que ne devraient pas) quand même mieux pour les versions dev



ARP v6



ARP v7n

