

LMDZ : Configuration CMIP6

Frédéric Hourdin pour l'équipe LMDZ

Réunion utilisateurs Juin 2018

- 1. Spécificité et ajustements**
- 2. Quelques caractéristiques**

LMDZ : un modèle pour les événements extrêmes



Evolution du contenu physique par rapport à NPv3.1

Déjà dans les sources (2014) :

- | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | |
|------|------|------|------|--|
| V | V | V | V | - schémas numériques stabilisés pour la couche limite |
| V | V | V | V | - déclenchement stochastique |
| C | V | V | V | - Thermodynamique de la glace |
| C | C | V | V | - RRTM (Marie-Pierre/Olivier/Jean-Louis) : bascule septembre/octobre |
| C | C | V | V | - startocu (Arnaud/Frédéric) |
| C | C | C | C | - splitting de la couche limite poche/extérieur (Jean-Yves) |
| X | V | V | V | - pdf bigaussiennes pour la convection profonde (Arnaud/Catherine, Jean-Yves) |
| X | C | C | V | - « pdf verticales » (Jean-Louis & Arnaud → Jean + Jean-Louis + Jean-Baptiste) |
| X | V | V | V | - Paramétrisations pour la QBO (F. Lott) |
| X | V | V | V | - Extension de la phase mixte liquide / glace des nuages. |
| C | C | C | V | - Evolution de la fermeture stoch. (orages points de grille, convection trop faible) |
| C | V | V | V | - Albedo océan f(vents) (Sunghye) |
| C | V | V | V | - Orchidee 11 couches (utilisé en standard) |
| X | C | V | V | - nouvelle thermo du sol (Frédérique, Fuxing, Sonia, Jean-Louis) |
| X | C | C | V | - Revisite des flux O/A, prise en compte des rafales |
| | | | C | - Conservation de l'énergie. Sèche (2016), puis nuages (2017) |
| | | | V | - Modification du schéma de Mellor et Yamada |
| | | | V | - Terme source de TKE provenant de l'orographie sous maille |
| | | | V | - freinage par les bosquets |

V : Validé

C : en cours

X : non engagé

En réserve

- Convection sur le relief
- microphysique nuages de glace
- Calcul de TKE basé sur la conservation.
- SRTM ?

2012 : CMIP5B « nouvelle physique »
Thermiques + poches + fermeture

Été 2015, 1eres simulations longues :
- Stabilisation num couche lim.
- Déclench. Stochast. Convect.
- Strato-cus avec thermiques.
- Microphysique glace
- Ondes non orog. → QBO
- L39 → L79

Nuages-convection
iflag_mix=1
iflag_coud_vert=1

RRTM
+fisrt+
lmix

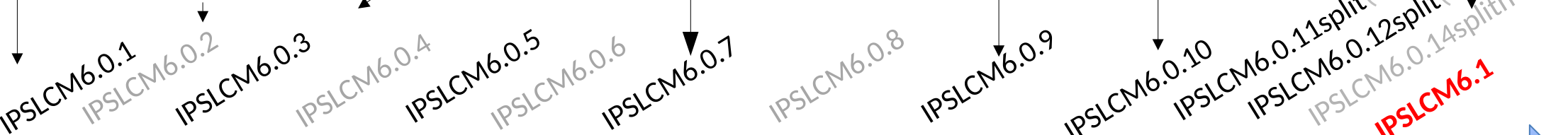
Nouveaux z0
Sur océans
Conserv E.1

Orographie
Tuning param
+ Accélération x2

Convection
-Conditionnée
par point de
congélation
- densité de
poches diff.
O/A
- réglage w
base
convection
- rafales →
z0 océaniques
Conserv. E.2

Thermiques à
l'extérieur
des poches.
Effet des
arbres et des
colines

Reréglage des
nuages bas :
Nb noyaux
réévaporation



New Tmix

Calving

Température de la neige (SST->Tice)
Température de la pluie pondérée

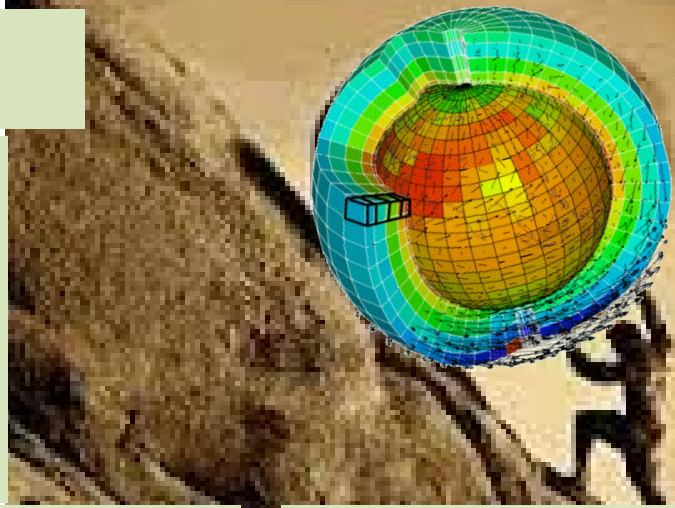
Améliorations de code
Tests de paramètres
Corrections de bugs

paramètres liés à la glace de mer
Conductivité de la neige
lmixmin
amaxn
amaxs
hstar

paramètres liés à la glace de mer
albedo
amaxn
amaxs
pstar

2012 : CMIP5B « nouvelle physique »
Thermiques + poches + fermeture

Été 2015, 1eres simulations longues :
 - Stabilisation num couche lim.
 - Déclench. Stochast. Convect.
 - Strato-cus avec thermiques.
 - Microphysique glace
 - Ondes non orog. → QBO
 - L39 → L79



Convection
 - Conditionnée par point de congélation
 - densité de poches diff. O/A
 - réglage w base convection
 - rafales → z0 océaniques
 Conserv. E.2

Thermiques à l'extérieur des poches.
 Effet des arbres et des colines

Reréglage des nuages bas :
 Nb noyaux réévaporation

Nuages-convection
 iflag_mix=1
 iflag_coud_vert=1

RRTM
 +fisrt+
 lmix

Nouveaux z0
 Sur océans
 Conserv E.1

Orographie
 Tuning param
 + Accélération x2



New Tmix

Calving

Température de la neige (SST->Tice)
 Température de la pluie pondérée

Améliorations de code
 Tests de paramètres
 Corrections de bugs

paramètres liés à la glace de mer
 Conductivité de la neige
 lmixmin
 amaxn
 amaxs
 hstar

paramètres liés à la glace de mer
 albedo
 amaxn
 amaxs
 pstar

« modèle »

=

contenu physique + configuration (grille, forçage) + ajustement des paramètres

Utilisé pour la sélection des versions ou l'ajustement de certains paramètres :

- Bilan énergétique global TOA
- Forçages nuageux corrects : moyennes zonales, en régimes dans les tropiques
- Biais de de flux pour biais de SSTs, en particulier chauds (bords Est et circum Antartique)
- Variabilité tropicale : répartition convectif/grande échelle, orages points de grille, nb jours sans pluie
- Pluies sahéliennes
- Températures continentales : Imixmin. Mesures sur sites.
- Haute atmosphère : QBO
- Comportement des nuages en 1D/LES : cumulus/transition stratocu – cumulus
- En particulier ré-évaporation des pluies sur Rico et eddz sur transition
- 1D/LES : RCE pour régler l'intensité des pochaes sur océan
- Impact du relief sur les perturbations stationnaires
- Externe à la physique : Albédo, forçages aérosols, conditions de surface en général
- Une circulation thermohaline nord atlantique pas trop faible

Cibles couplage océan-atmosphère

- De la convection en mer du Labrador et proche de l'Antarctique
- La température océanique à 1000m
- Banquise nord perrsistant en été
- Un Enso avec une amplitude pas trop forte et si possible des rétroaction acceptables.
- Des températures estivales pas trop chaudes l'été sur la Sibérie et les US.
- Si possible un semblant de MJO
- Effet direct et indirect des aérosols sur le Xxeme siècle

Regardé mais pas (encore) utilisé pour la sélection des versions :

- Variabilité couplée
- Double ITCZ
- Coupes méridiennes T/U/RH
- Contrastes inter hémisphériques et continents/océans

Quand et comment re-tuner le modèle pour le couplé ?

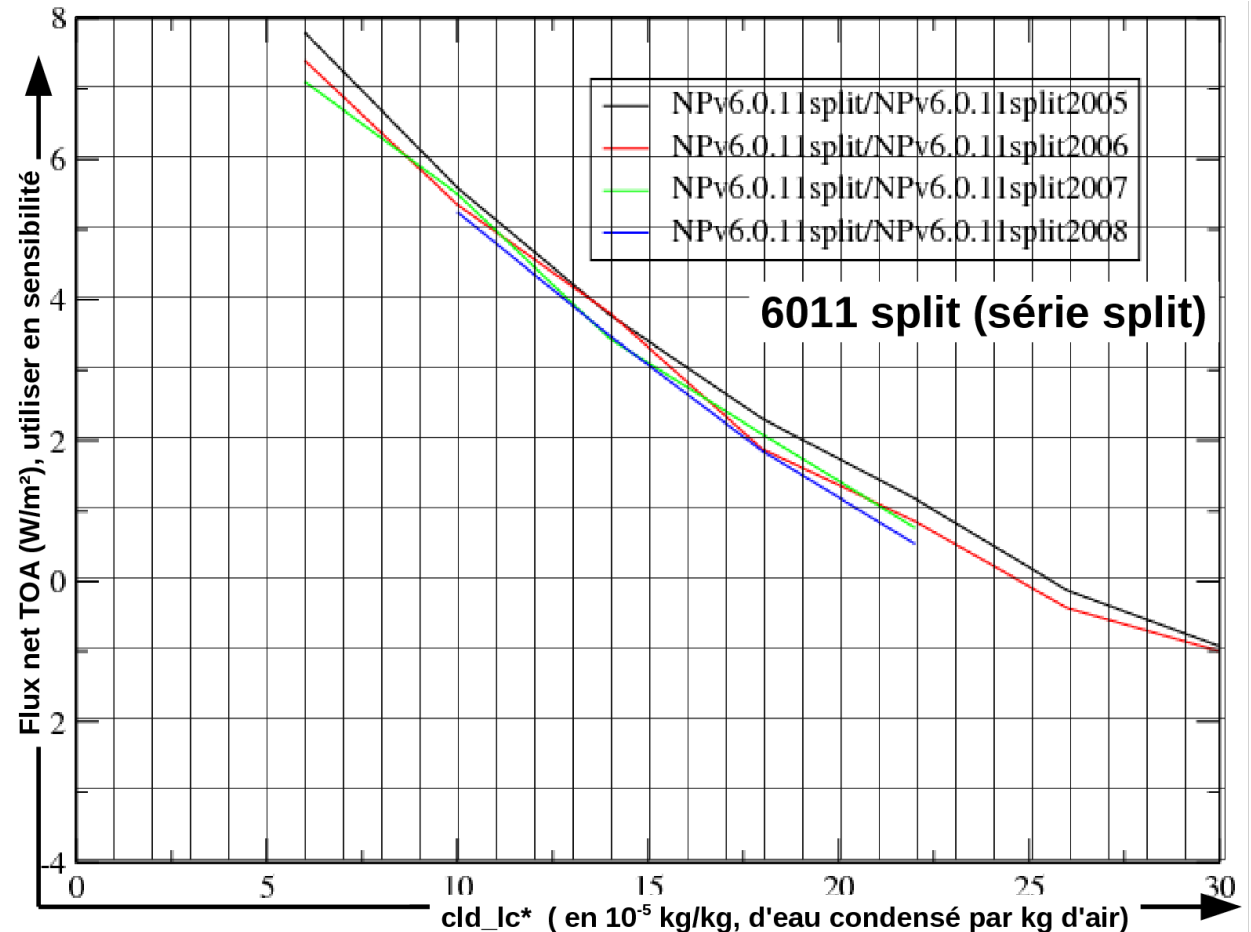
1/ Quand ? Dès qu'un changement dans la configuration (dans l'une quelconque des composantes, ou les changements de forçage, corrections de bug) induit un changement de flux global de l'ordre de qq 10ème de W/m^2 . Avec en tête l'idée que ce changement modifiera la température moyenne globale à raison de $1K/(W/m^2)$

Notamment en cas de changement de paramétrisation des nuages ou de grille verticale

2/ Comment faire ? Réaliser des simulations atmosphériques forcées par des SSTs climatiques sur quelques années (5 à 10 disons). Calculer le changement de flux global au sommet tops-topl ou swdntoa-swuptoa-lwuptoa ou rsdt-rsut-rlut.

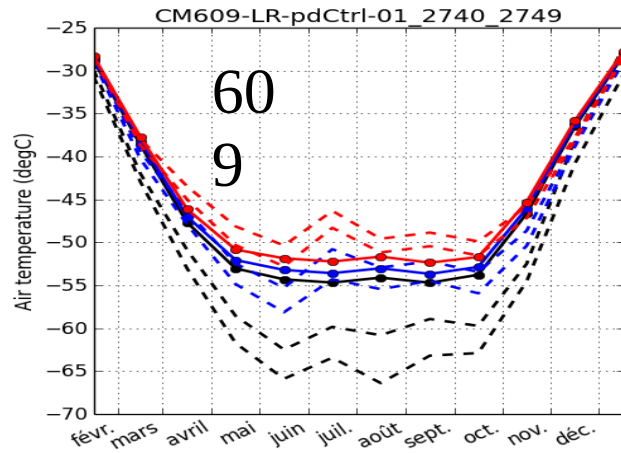
Appliquer un changement au modèle couplé qui compense l'excès ou le déficit de flux.

Ce changement peut s'effectuer au fil de l'eau pour réajuster un couplé un peu chaud ou froid suivant la méthode expliquée dans la diapo suivante.



Couches limites stables

Grosse amélioration par rapport à la 609

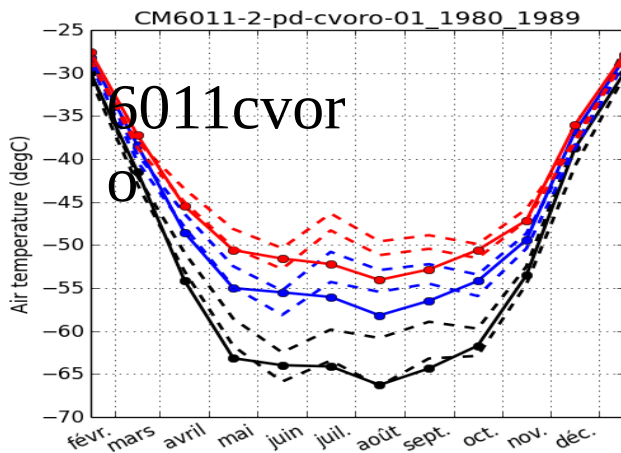


- LMDz (z=6.2m)
- - OBS 3.5m (2010)
- - OBS 10.9m (2010)
- LMDz (z=20.1m)
- - OBS 18.3m (2010)
- - OBS 25.6m (2010)
- LMDz (z=35.7m)
- - OBS 33.0m (2010)
- - OBS 42.2m (2010)

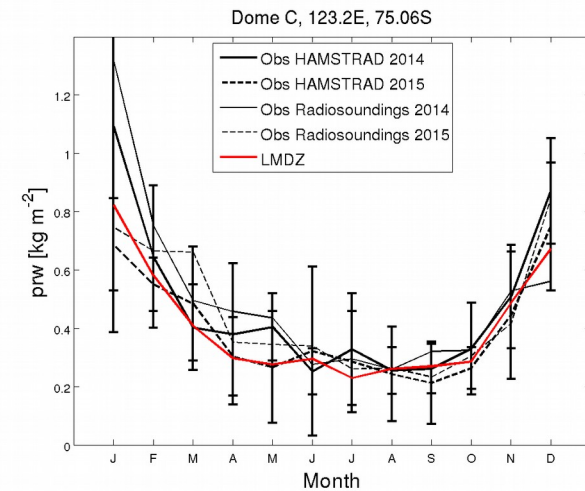
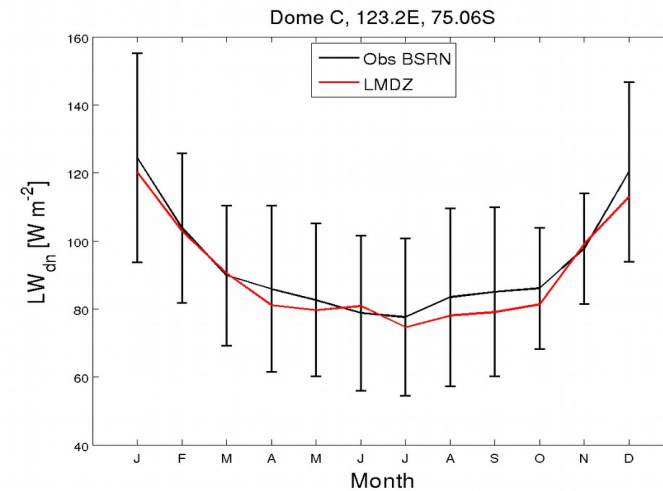
Pour rappel :

Une couche limite calée et valider sur les mesures DomeC sur le plateau Antartique

Identique dans tous les derniers réglages



- LMDz (z=6.1m)
- - OBS 3.5m (2010)
- - OBS 10.9m (2010)
- LMDz (z=19.7m)
- - OBS 18.3m (2010)
- - OBS 25.6m (2010)
- LMDz (z=35.2m)
- - OBS 33.0m (2010)
- - OBS 42.2m (2010)



Une énergie mieux conservée aussi dans les dernières versions.

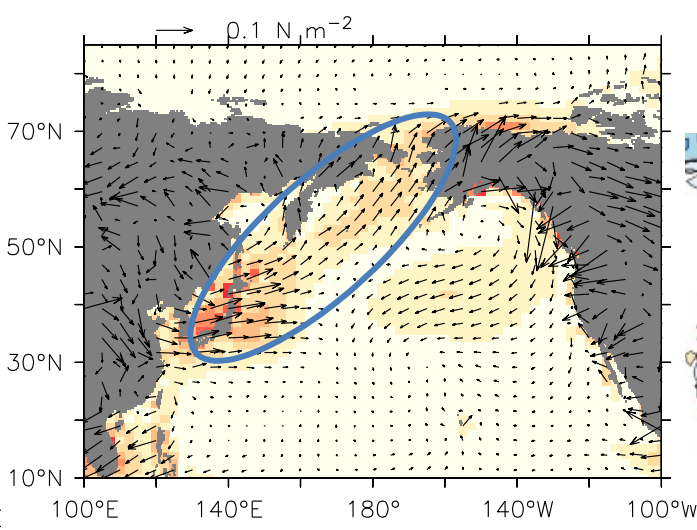
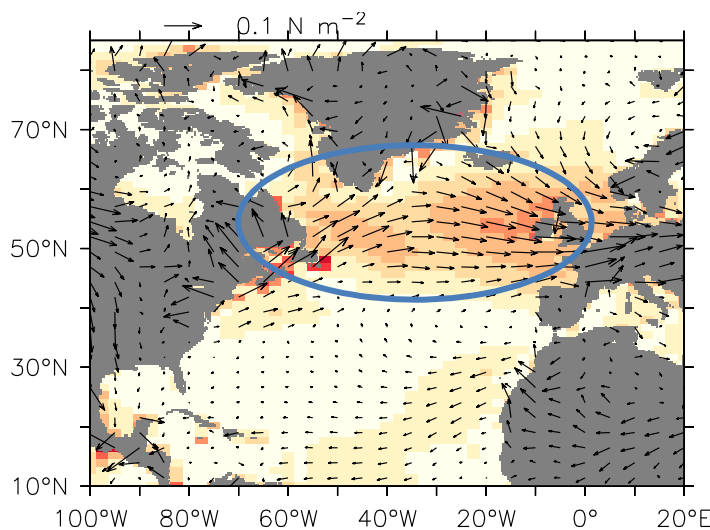
Réglage des paramétrisations de freinage par orographie sous-maille

(augmentation du freinage + diminution effet de déviation)

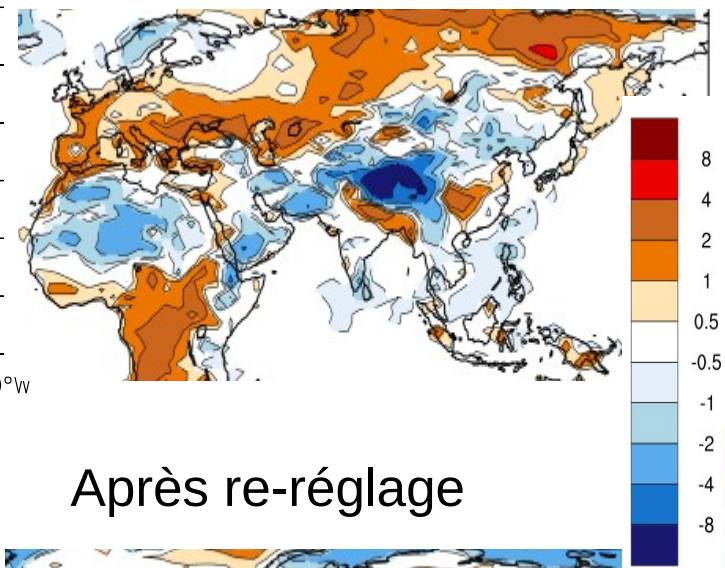
- Réduction de biais de tension de vent Atlantique et Pacifique Nord
- Pas de détérioration des tensions de vent ailleurs
- Diminution (amélioration) de l'advection d'air chaud et humide Pacifique → Banquise
- Diminution d'un biais chaud sibérien

Guillaume Gastineau

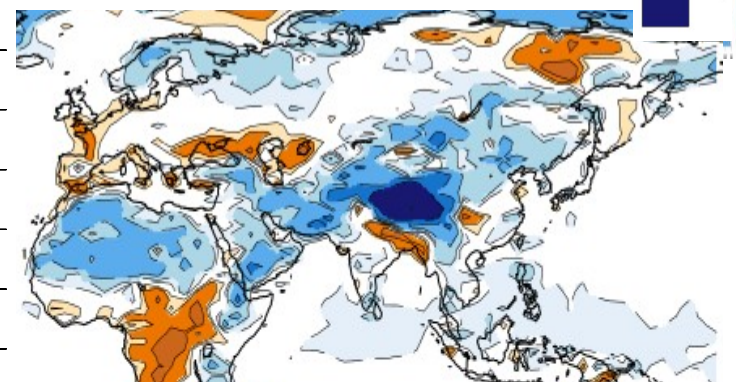
Diff LMDZ607ion-ERAint



Avant re-réglage



Après re-réglage

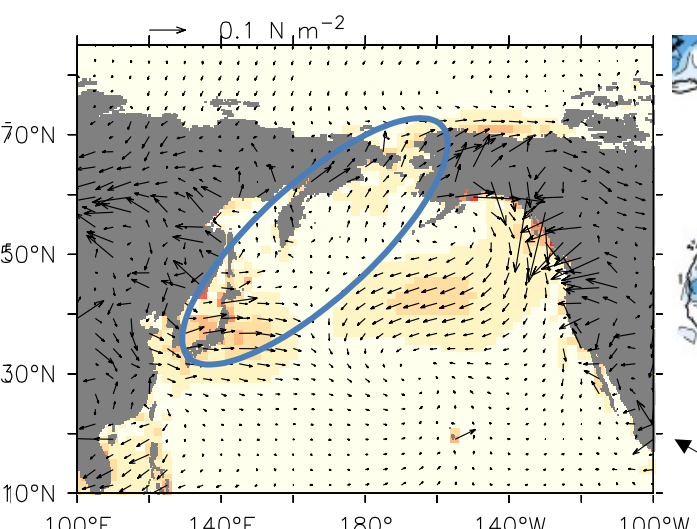
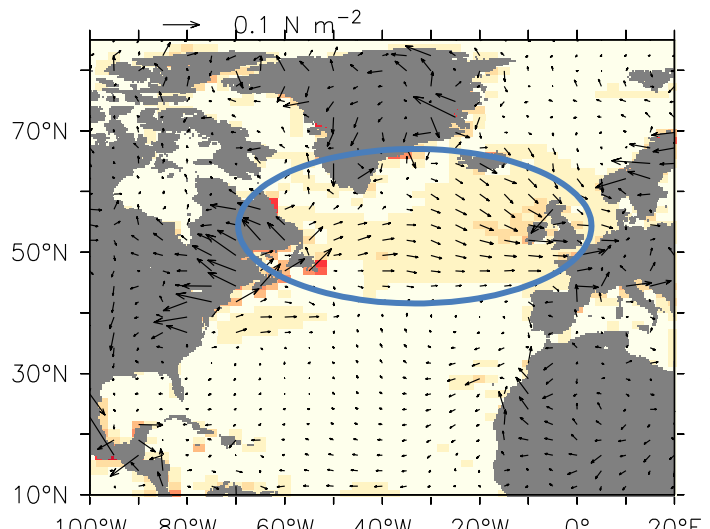


Biais T2m, Annuel

Biais tension de vent, Annuel

Diff LMDZ607OrogAll-ERAint

Diff LMDZ607OrogAll-ERAint



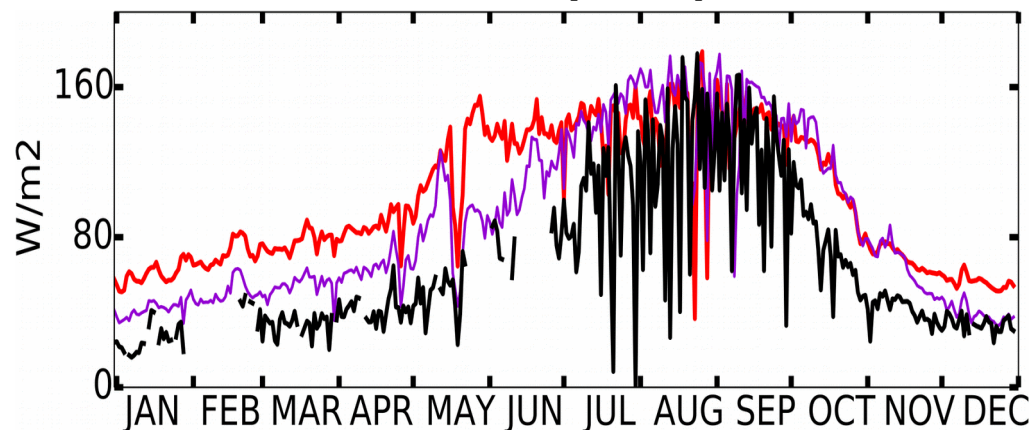
Diff LMDZ607OrogAll-ERAint

Diff LMDZ607OrogAll-ERAint

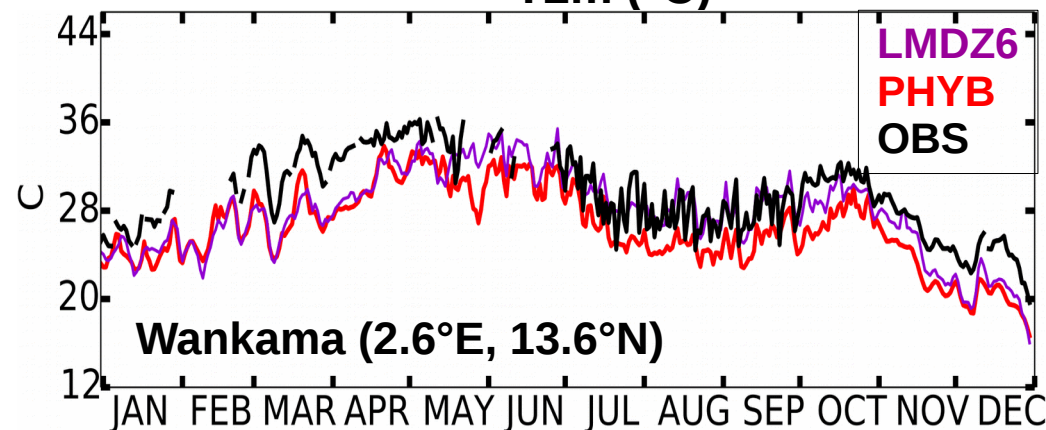
Bilan énergétique et température

- Le cycle saisonnier de l'albédo de surface est amélioré
- Les biais de surestimation sur le Swin sont légèrement réduits sauf en zone soudanienne

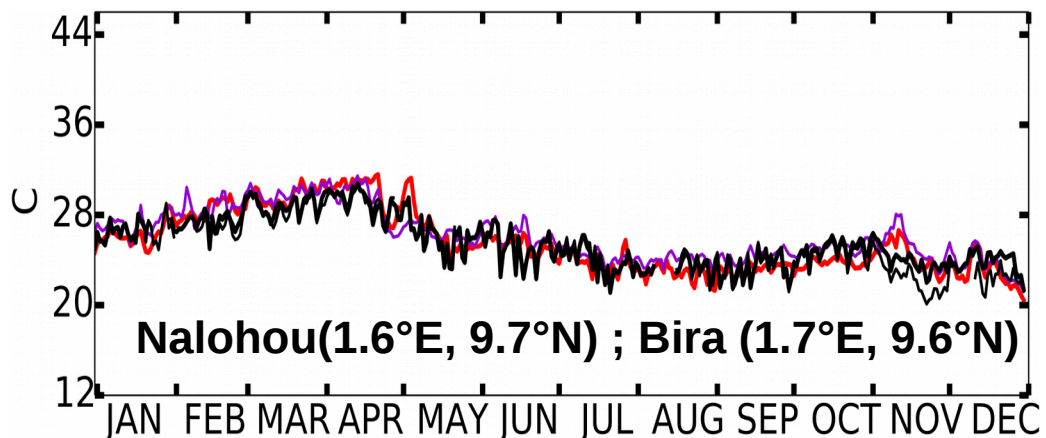
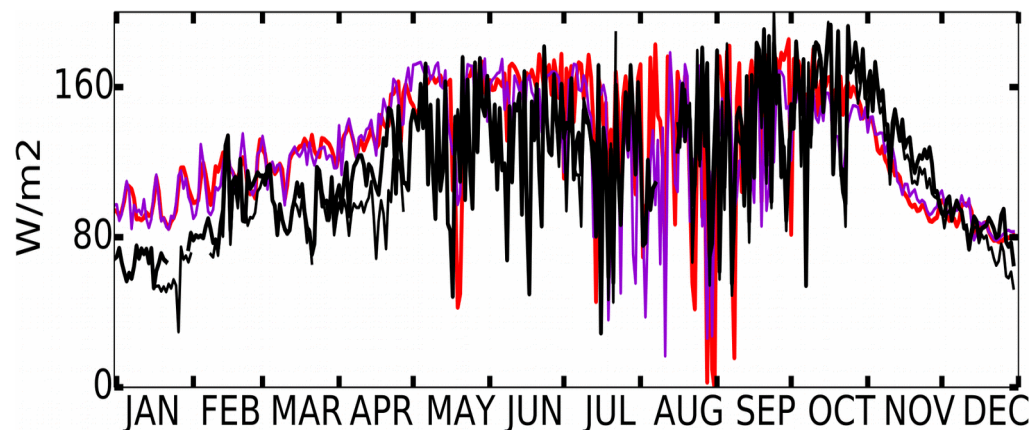
Rnet (W/m²)



T2m (°C)



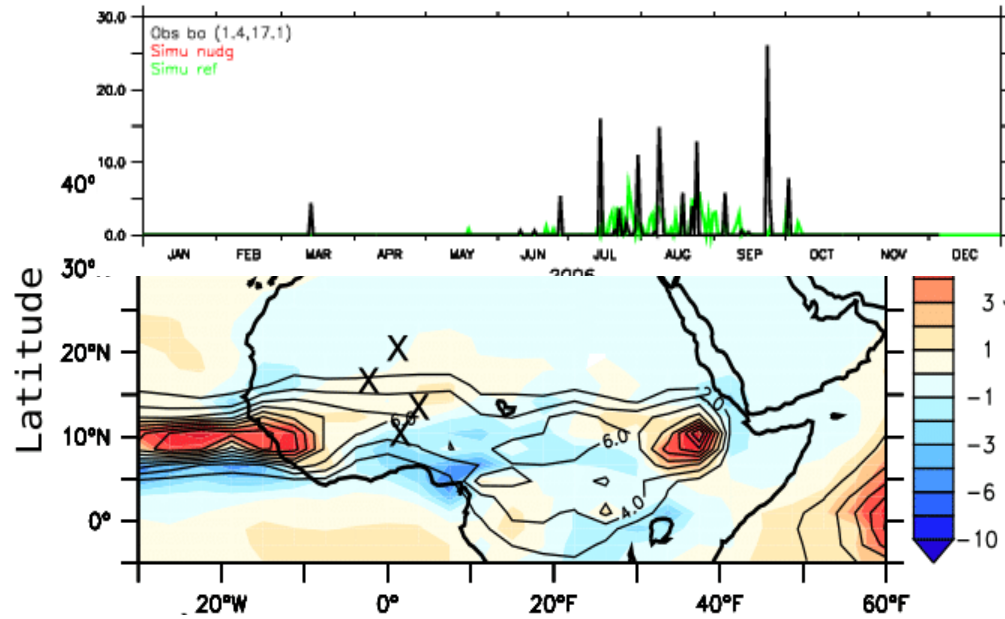
Wankama (2.6°E, 13.6°N)



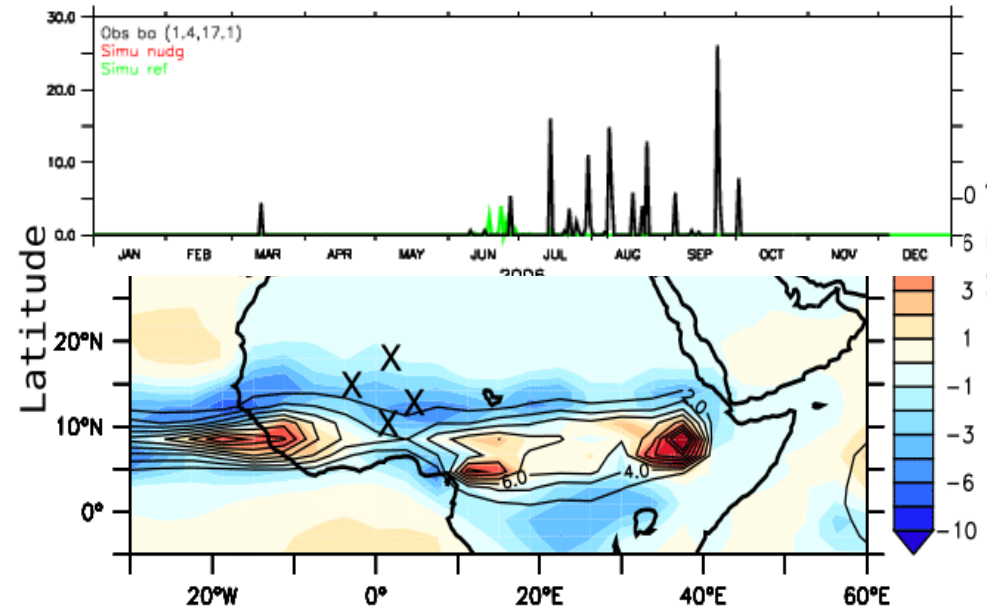
Nalohou(1.6°E, 9.7°N) ; Bira (1.7°E, 9.6°N)

- Réduisent les biais sur le Rnet qu'en zone Sahélienne
- Biais froid en saison sèche en zone Sahélienne

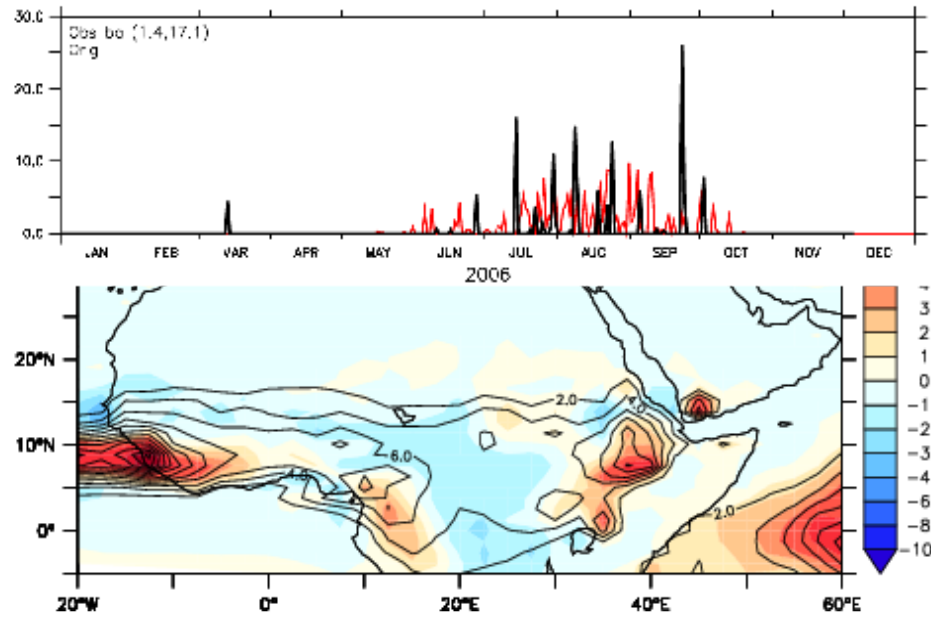
a) SIMU LMDZ5 GUIDÉE



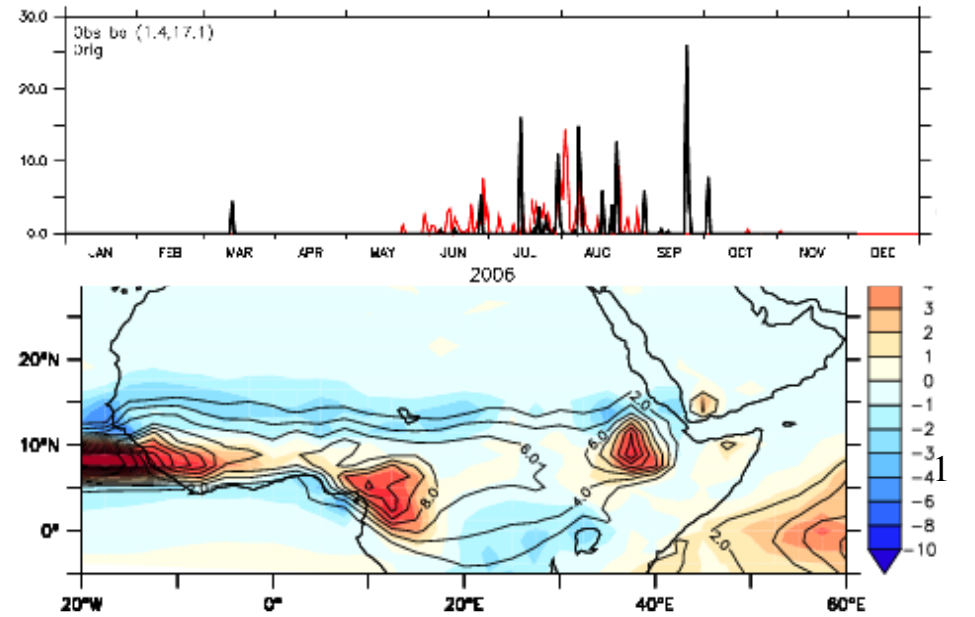
b) SIMU LMDZ5 LIBRE



2006
c) SIMU LMDZ6 GUIDÉE

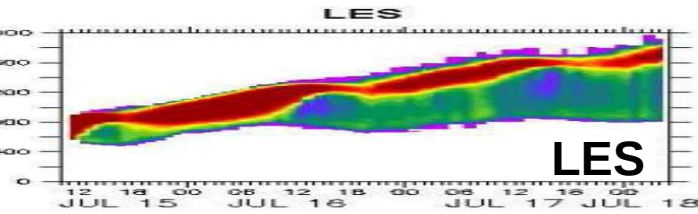


2006
d) SIMU LMDZ6 LIBRE

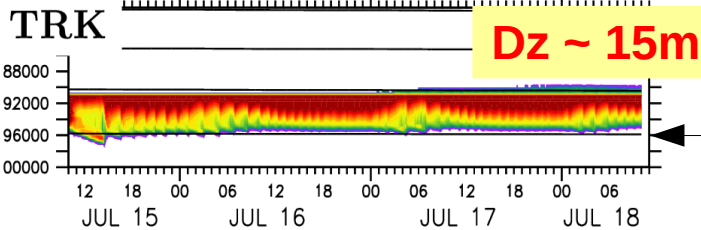


II. From 1D to 3D : tuning of model reference configurations

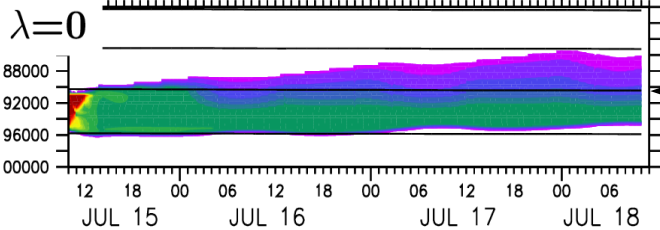
Irina Sandu "transition case"



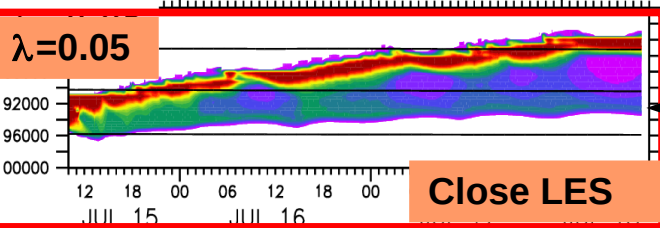
L130 Sandu (fast, L130) SCM



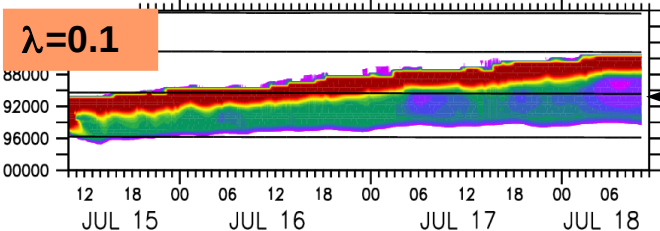
IPSL-CM5
Thermals
deactivated if
strong inversion
Stratocumulus
clouds to low



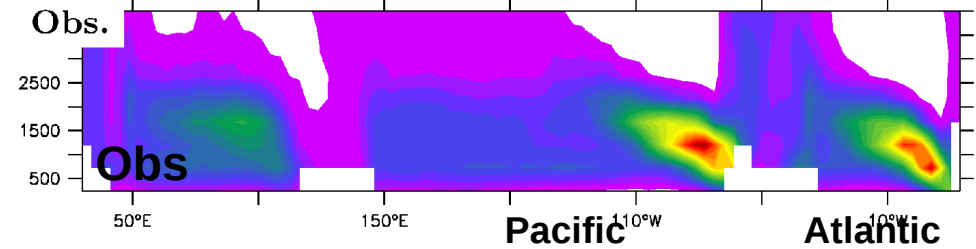
nothing ($\lambda=0$) :
Activation of
thermals.
Dispartitin of
strato-cumulus



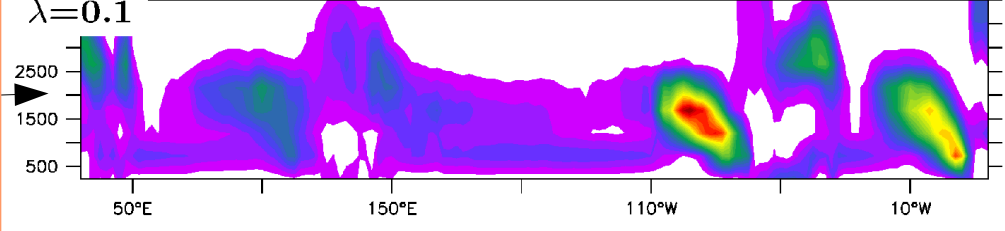
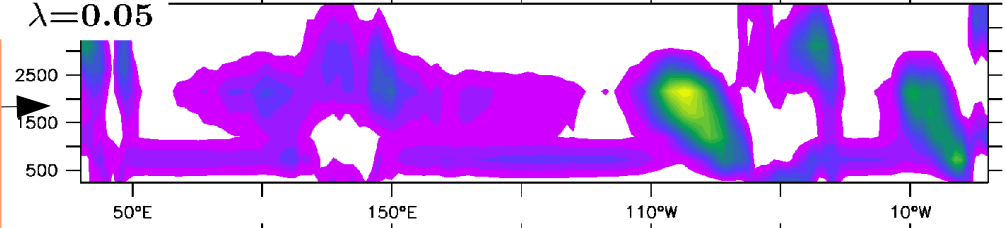
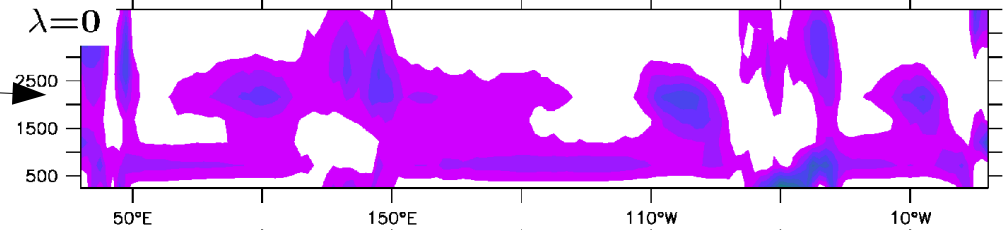
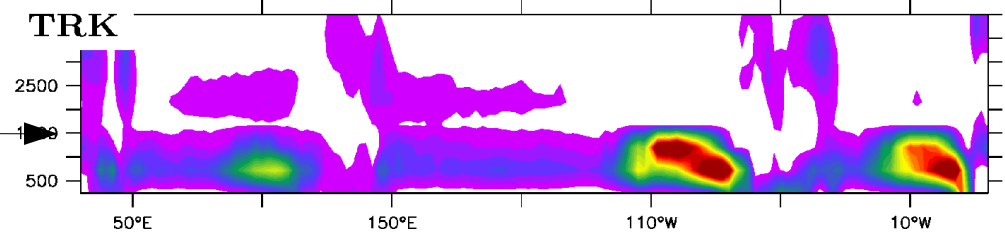
Modified A. Jam :
Tuning
parameter $\lambda=dz/z$
where dz is the
distance above at
which env. air is
taken for
buoyancy
computation





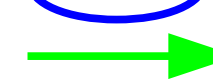
Calipso, vertical cross section, 20S, Jan



SCM



Results from atmospheric simulations forced by climatic sea surface temperature (amip)

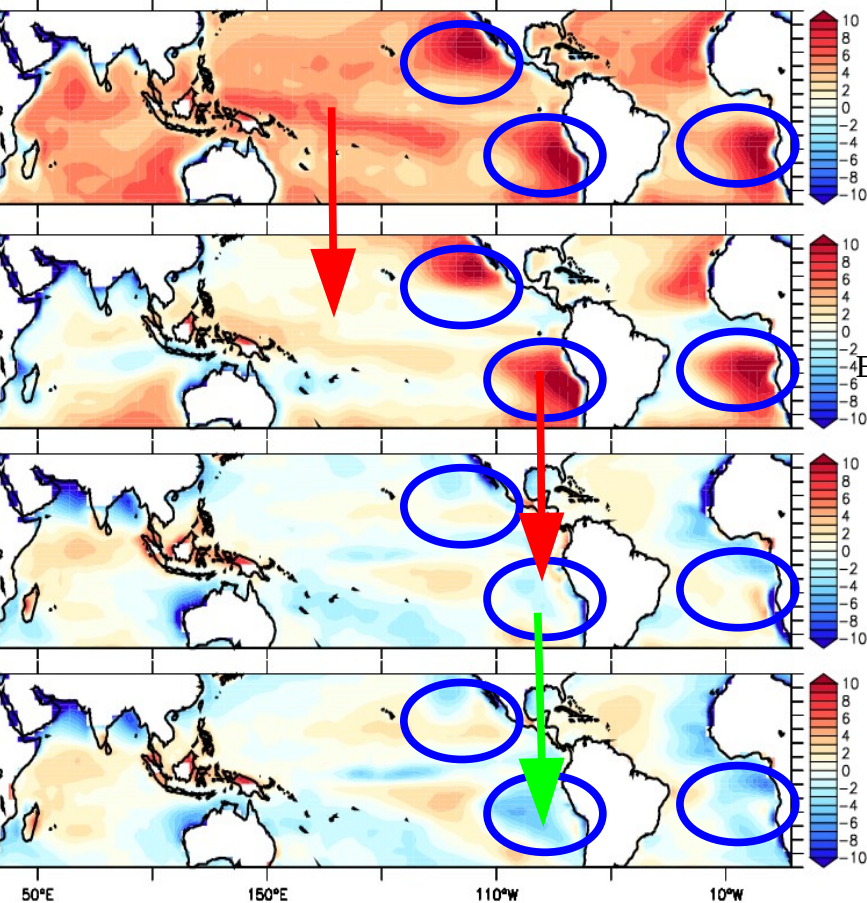
-  : activating thermal plumes
-  : ETO region
-  : Detrainement modifié

Observations

Calipso GOCCP

Da Silva

Relative humidity bias (%)



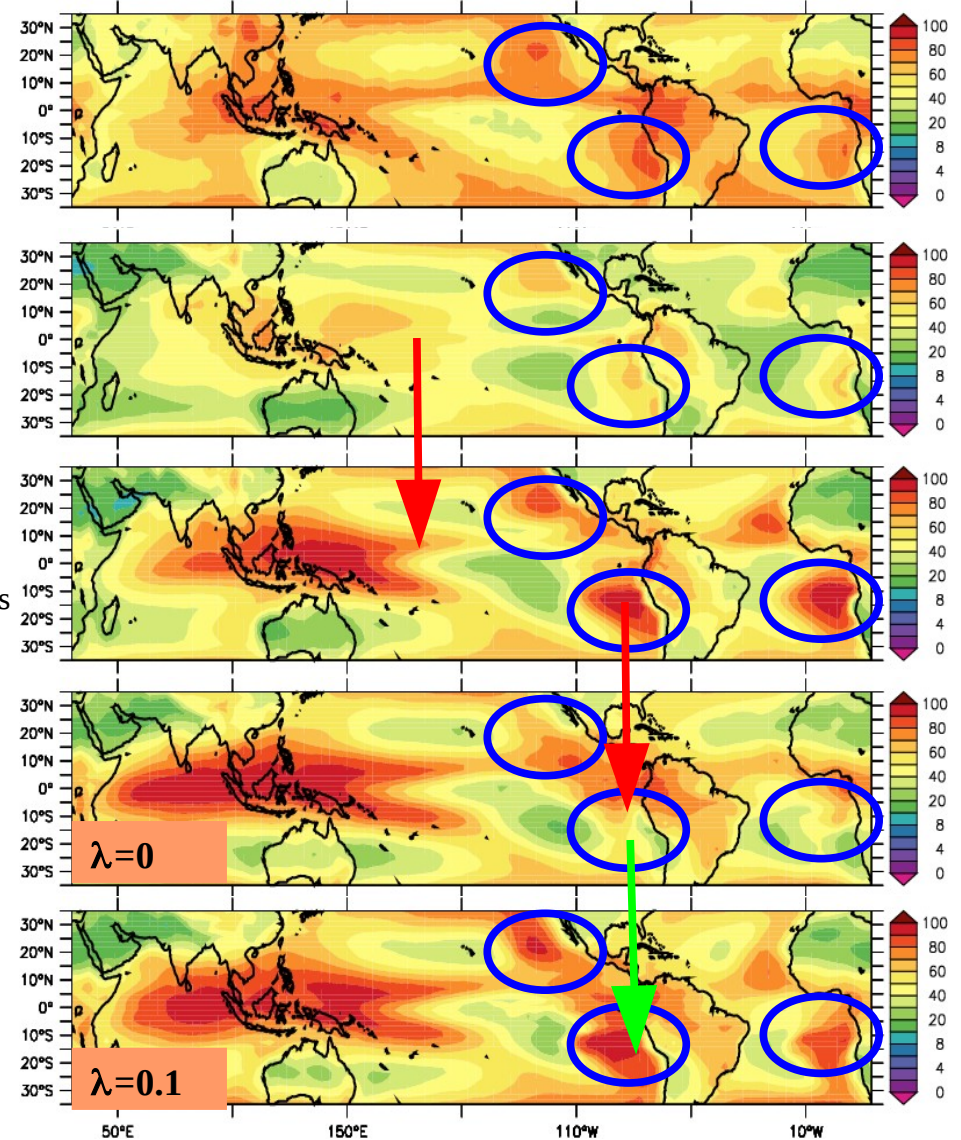
LMDZ5A
(or IPSL-CM5A)
No thermals

LMDZ5B
Thermals activation
Except for strato-cumulus

LMDZ6.0
Thermals activation
everywhere

LMDZ6.1
Thermals activation
Everywhere + special
Treatment for strato
Cumulus clouds

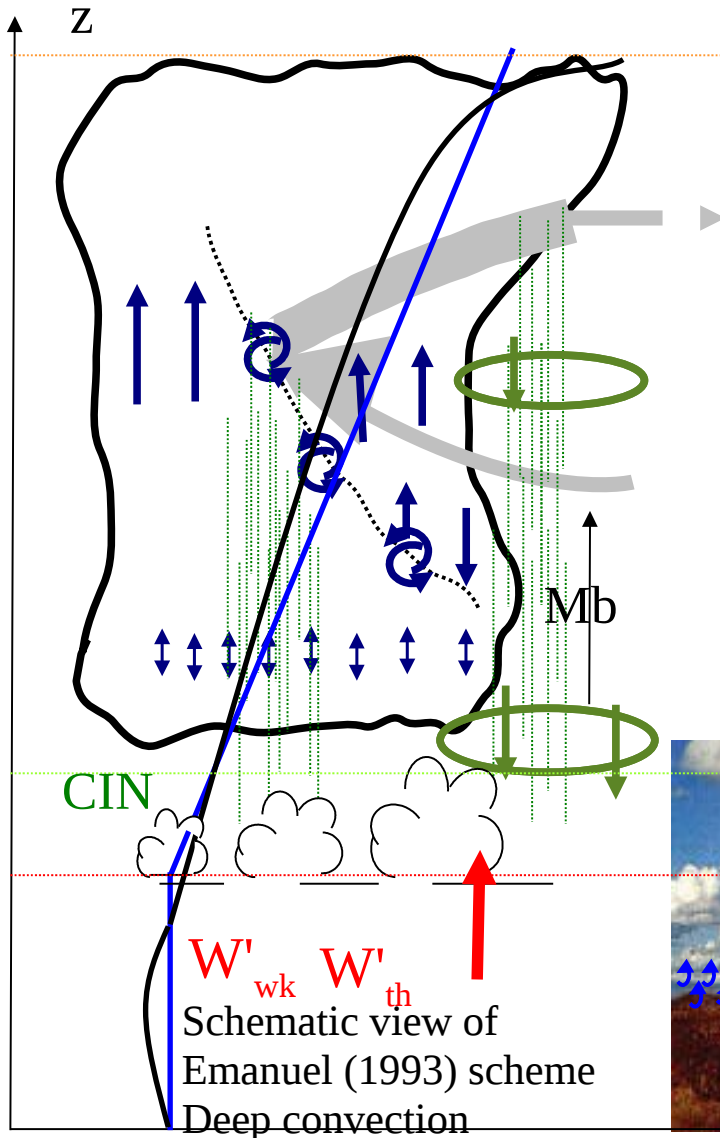
Total cloud cover (%)



III. Des fronts de rafales qui assurent sous les grains

« Nouvelle physique » =

- « Modèle du thermique » (Hourdin, Rio et al, 2002-2013)
- Paramétrisations des oches froides (Grandpeix et Lafore 2010)
- Contrôle de la convection par les processus sous-nuageux



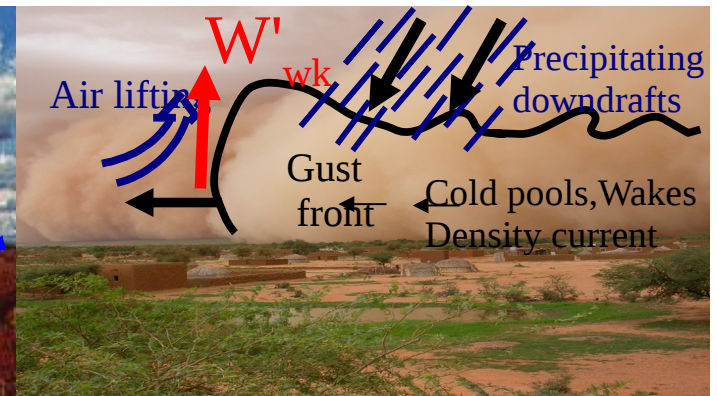
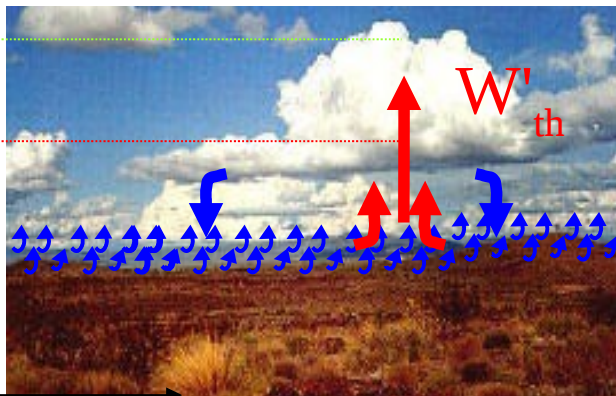
→ Fermeture basée sur les processus sous-nuageux
 Dans LMDZ : on se base sur la vitesse verticale W' estimée par les paramétrisations des thermiques et des poches froides.
 (thèse Catherine Rio)

K: Energie de soulèvement disponible
ALE en J/kg, proportionnel à w'^2 .

→ **Déclenchement : $\max(ALE_{th}, ALE_{wk}) > |CIN|$**

P: Puissance de soulèvement disponible
ALP en W/m², proportionnel à w'^3 .

→ **Fermeture : $MB = f(ALP_{th} + ALP_{wk})$**

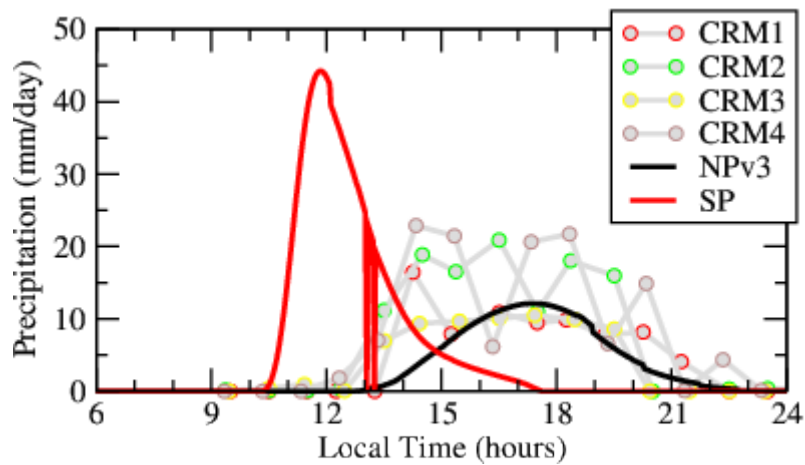


θ_v

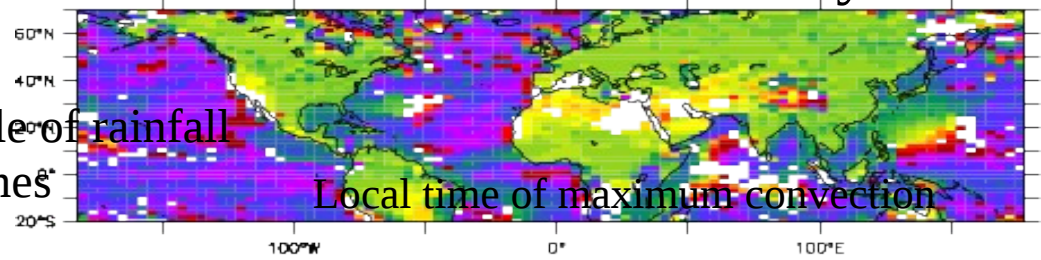
3. La convection profonde

Improvement of the simulation of the diurnal cycle of rainfall
 Directly linked to the change in convection schemes

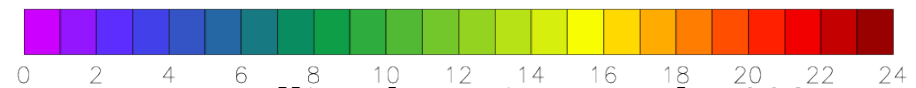
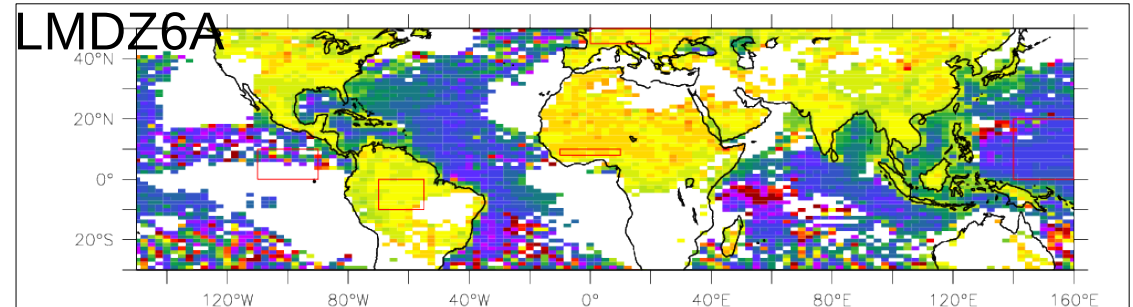
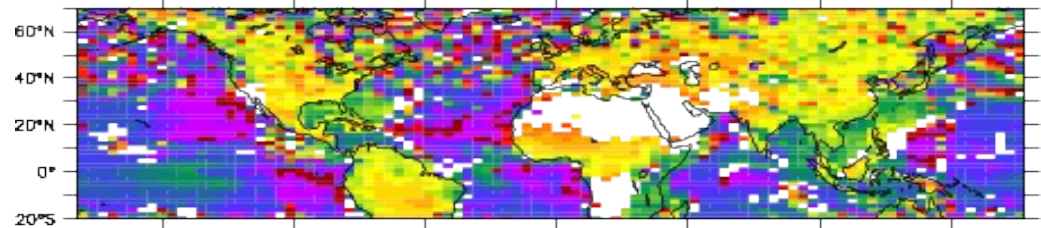
1D tests compared with
 Cloud resolving models (mesh of ~1km)
 Continental convection in Oklahoma



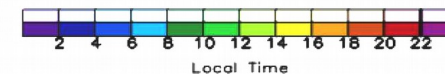
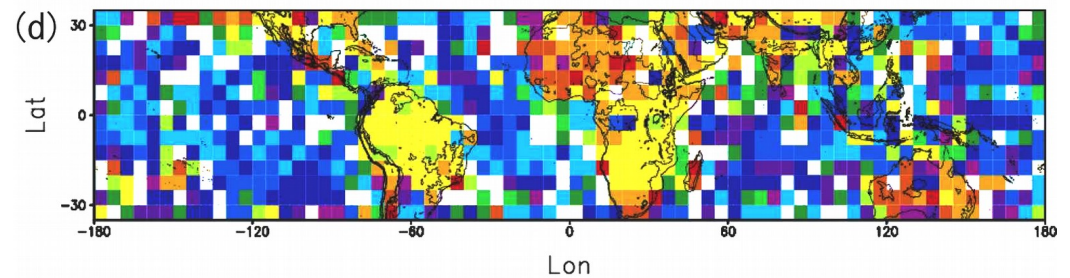
LMDZ5A (SP) July



LMDZ5B (NPv3)

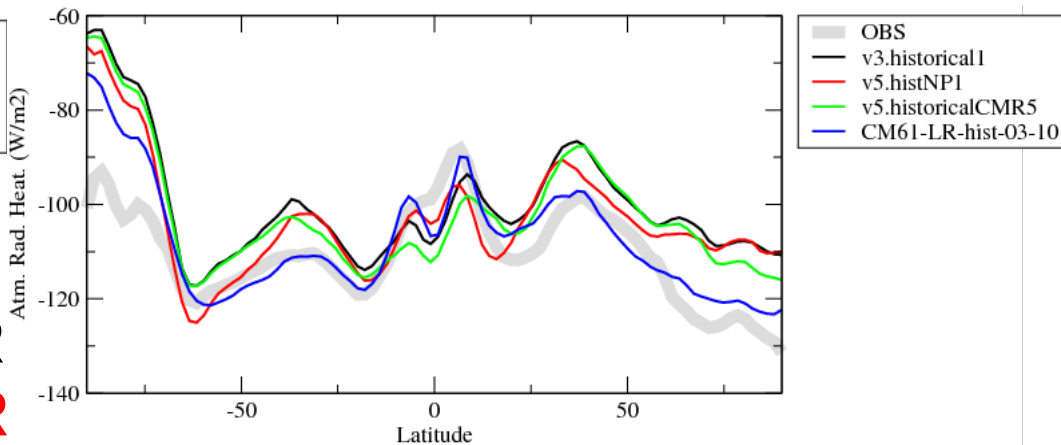
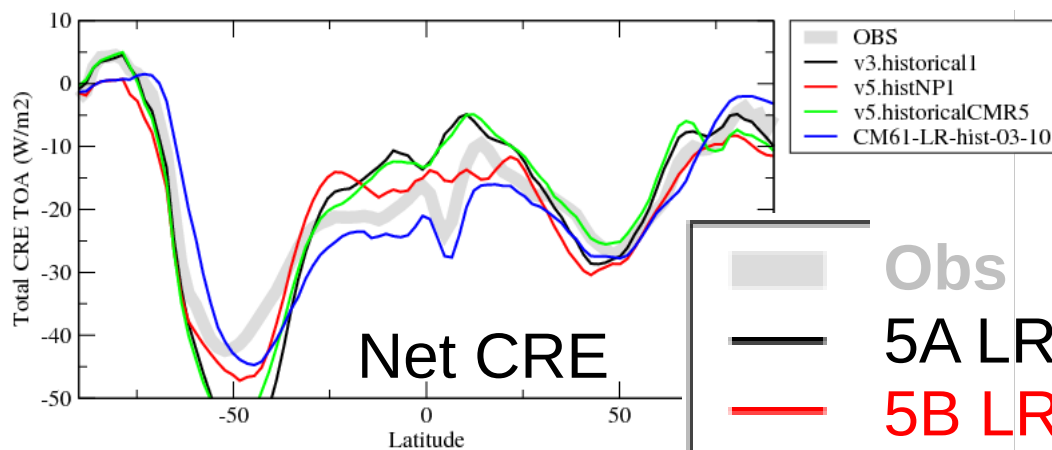
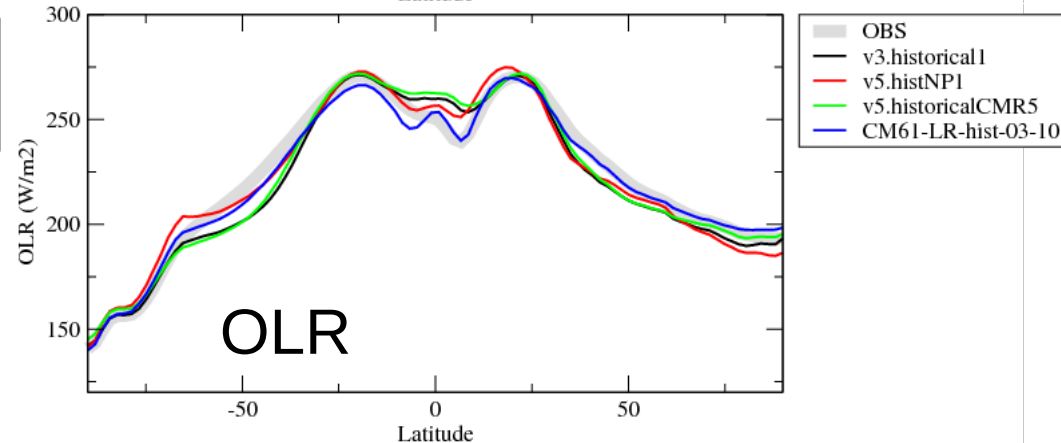
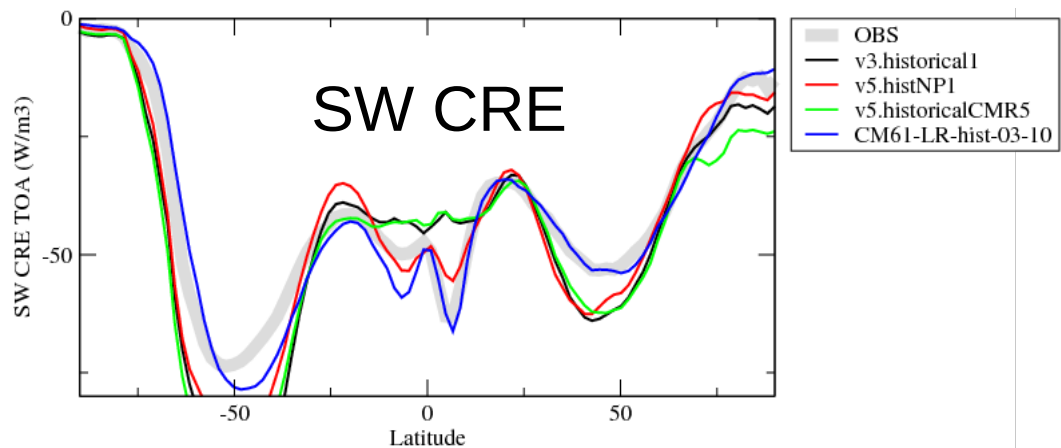
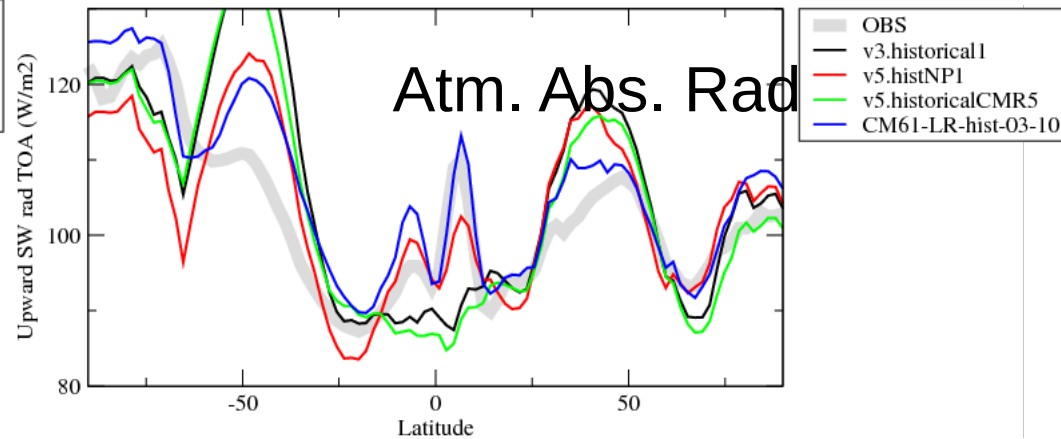
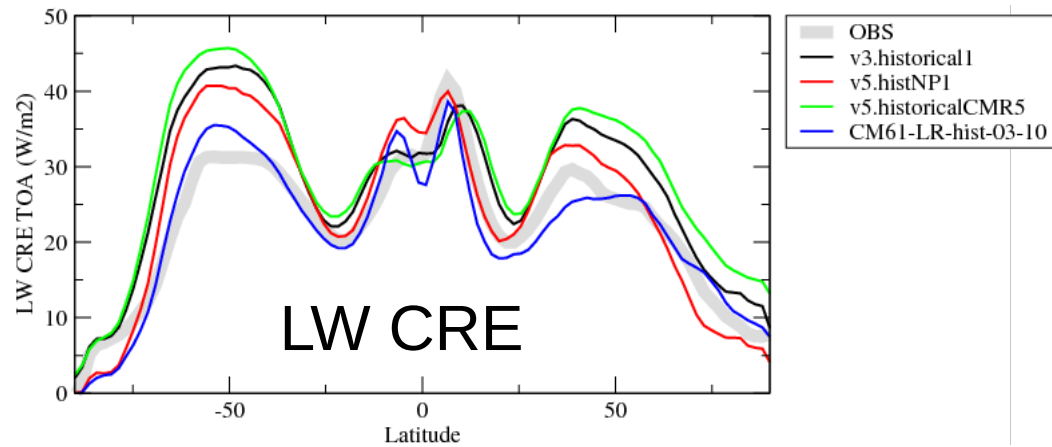


TRMM satellite obs., Hirose et al. 2008, annual



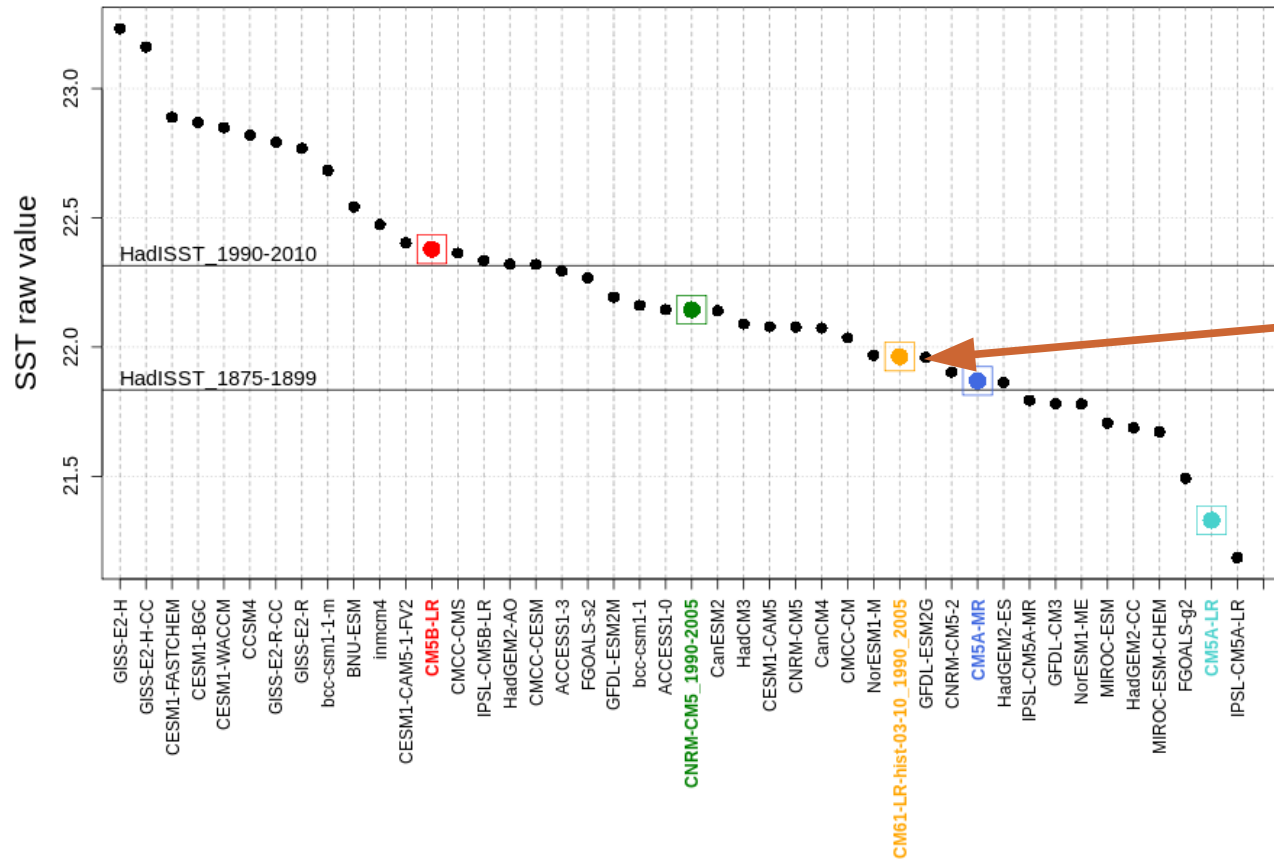
Local time of maximum convection

Rio et al., 2009



50S 50N - space average

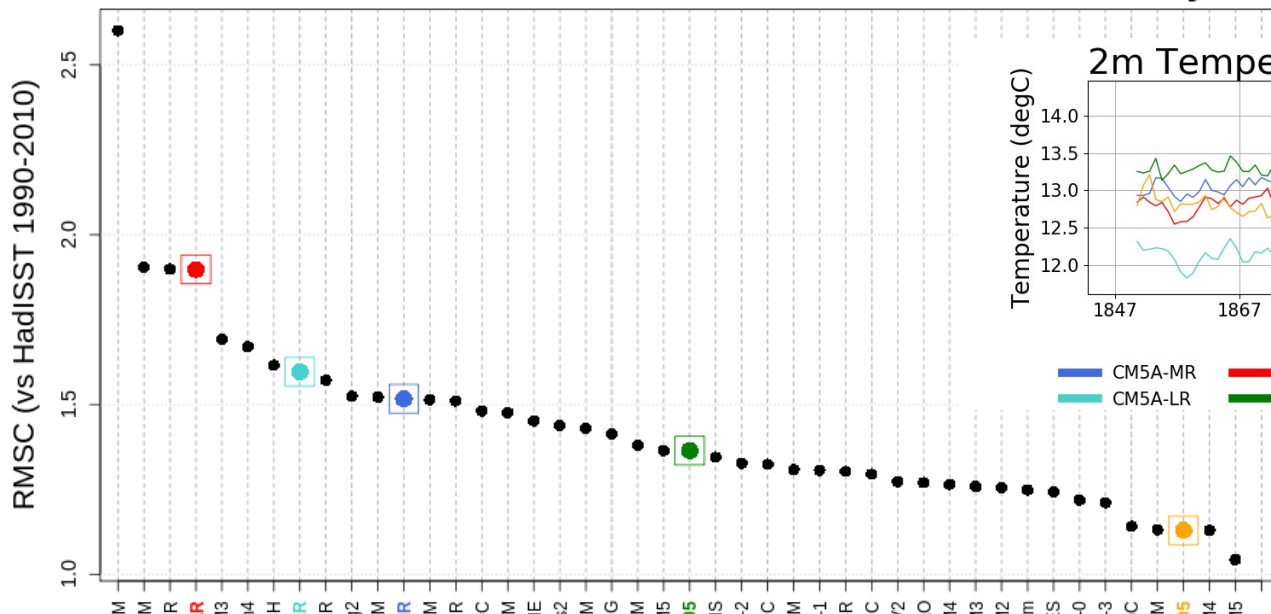
annual mean



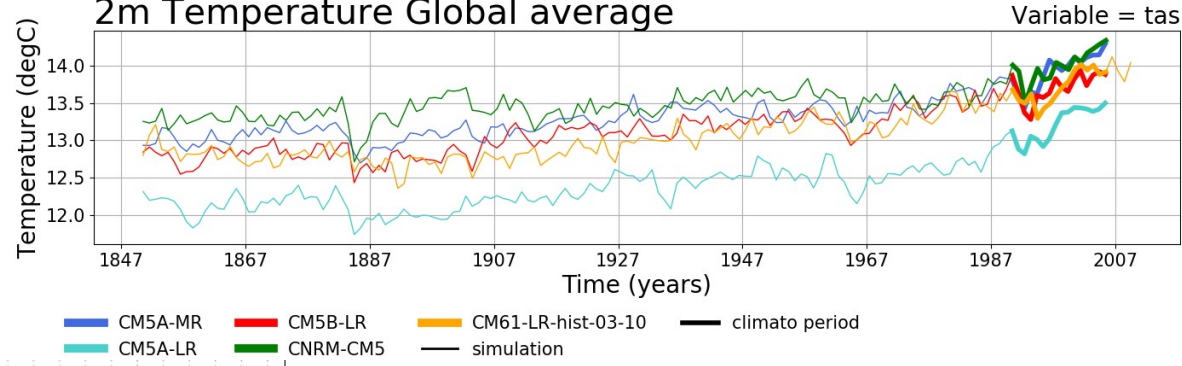
Modèle réglé un peu froid dans les tropiques volontairement. A cause de biais chauds dans les hautes latitudes et d'un manque de banquise.

50S 50N - RMSC

annual cycle

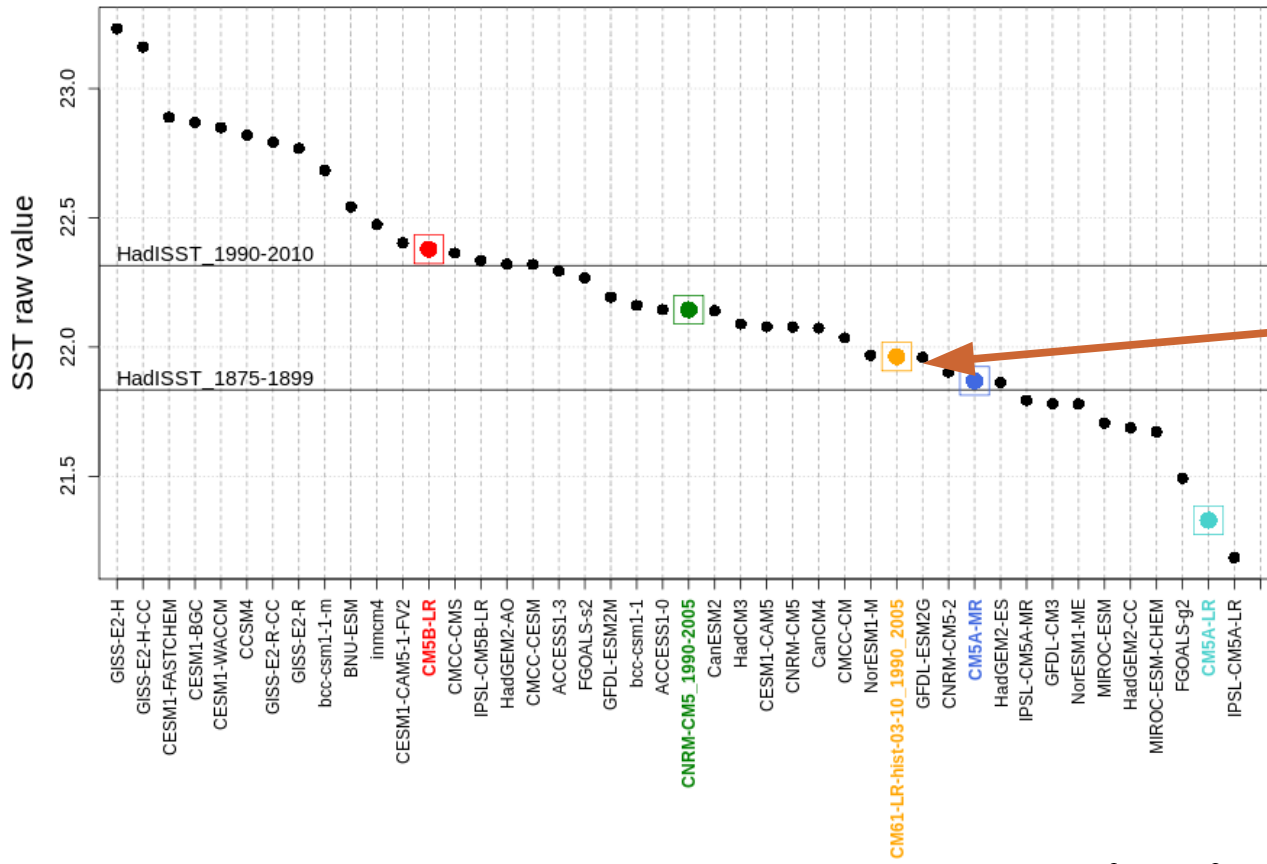


2m Temperature Global average



50S 50N - space average

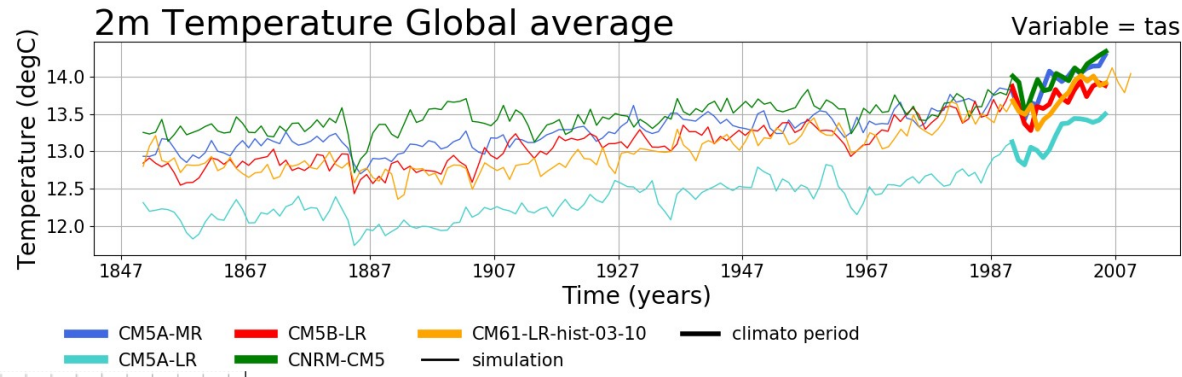
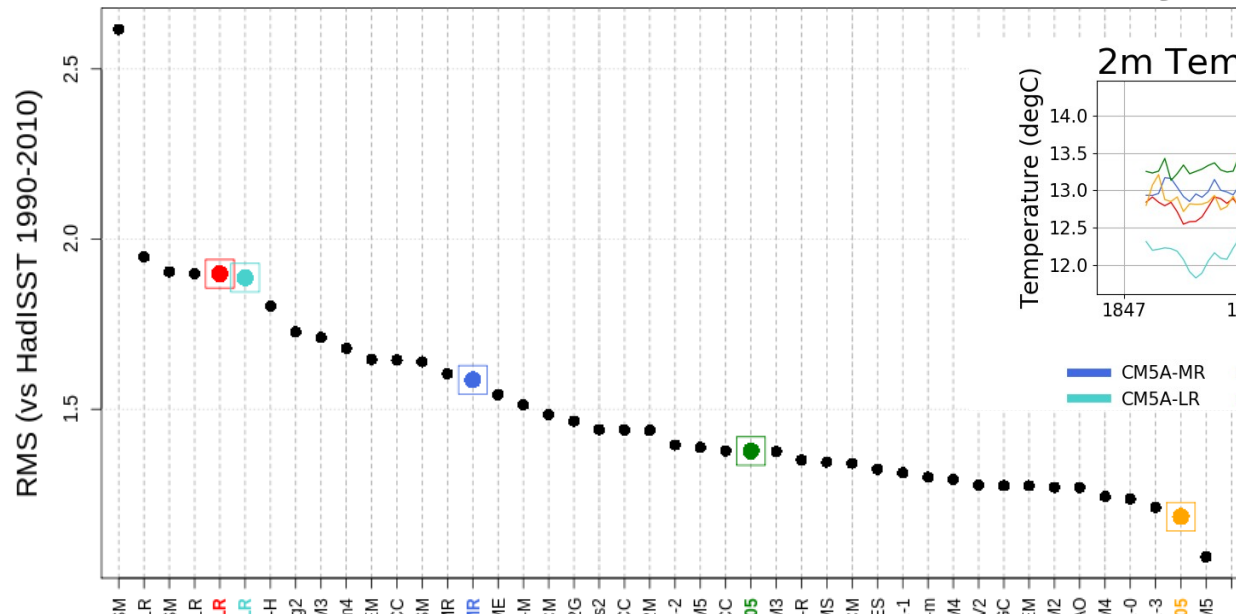
annual mean

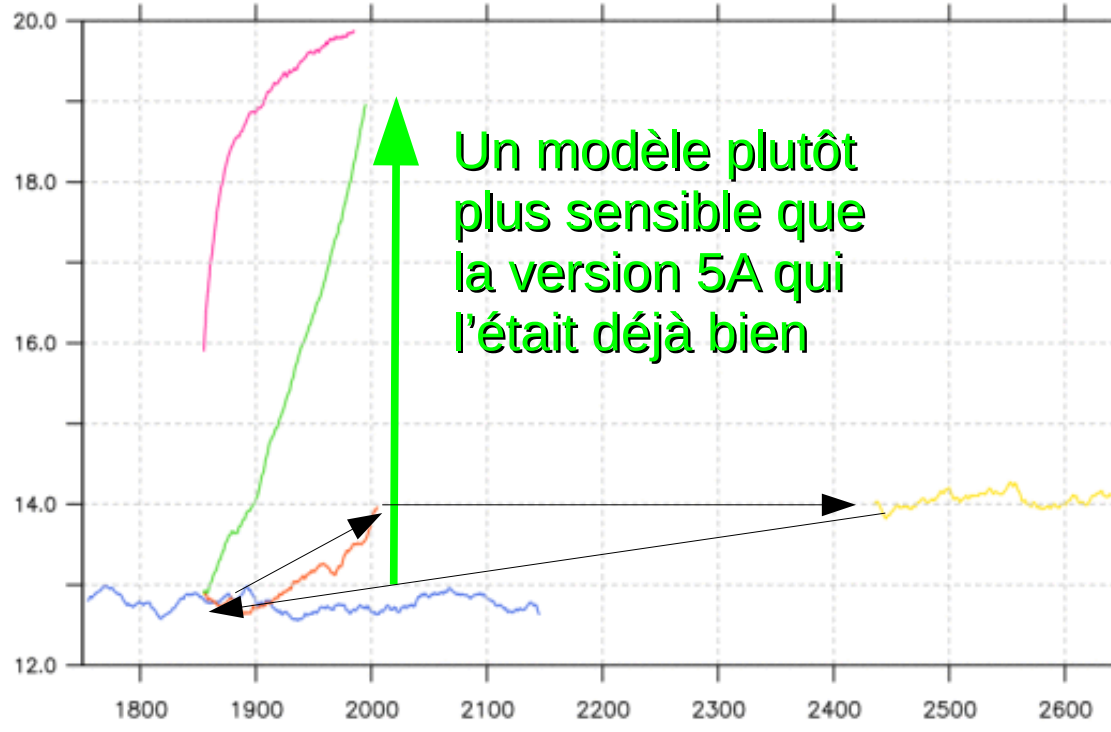
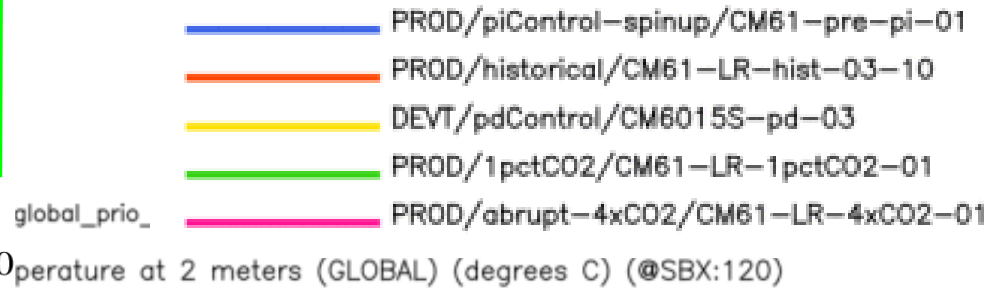
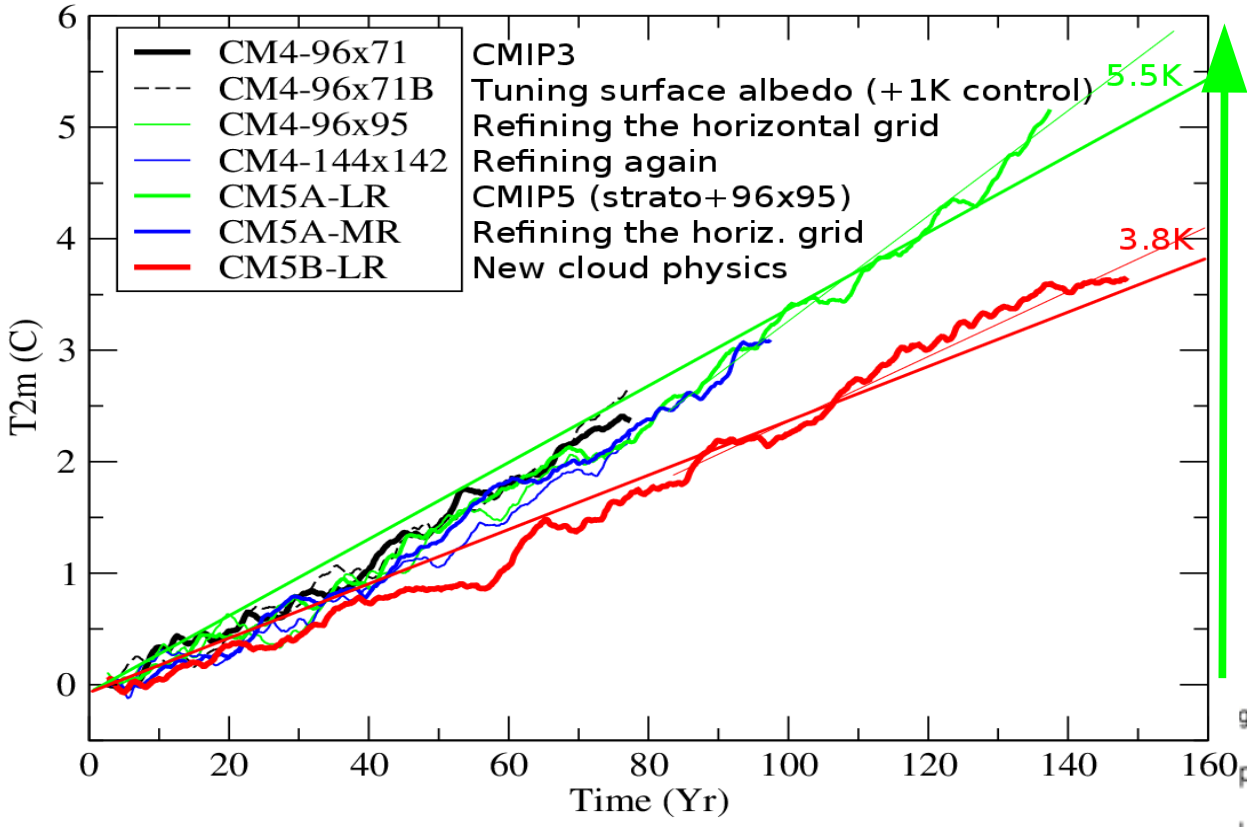


Modèle réglé un peu froid dans les tropiques volontairement. A cause de biais chauds dans les hautes latitudes et d'un manque de banquise.

50S 50N - RMS

annual cycle

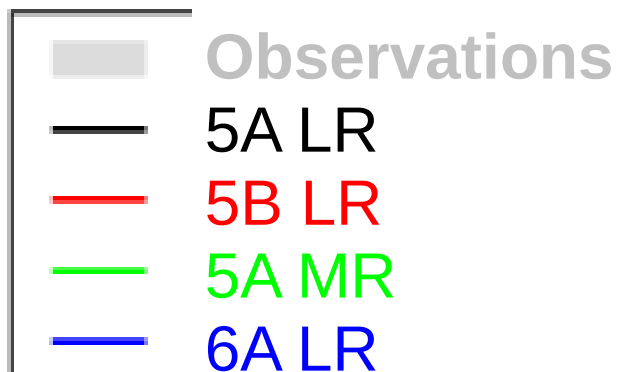
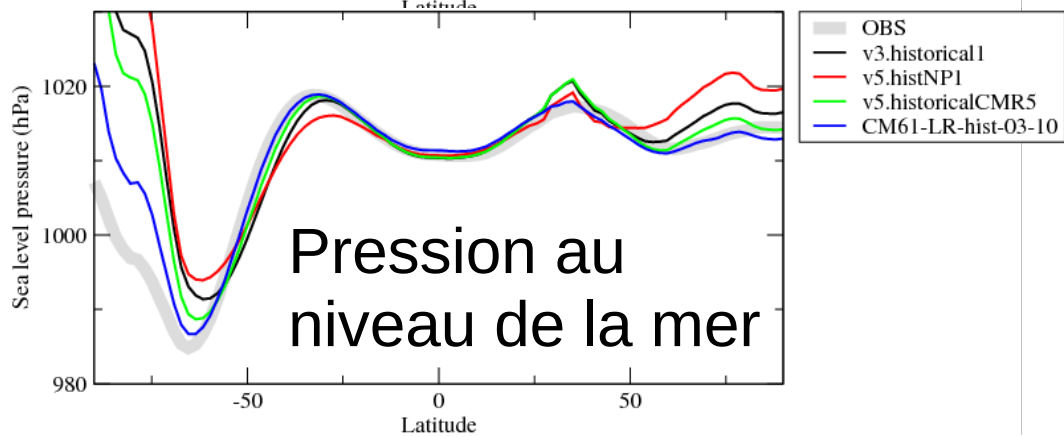
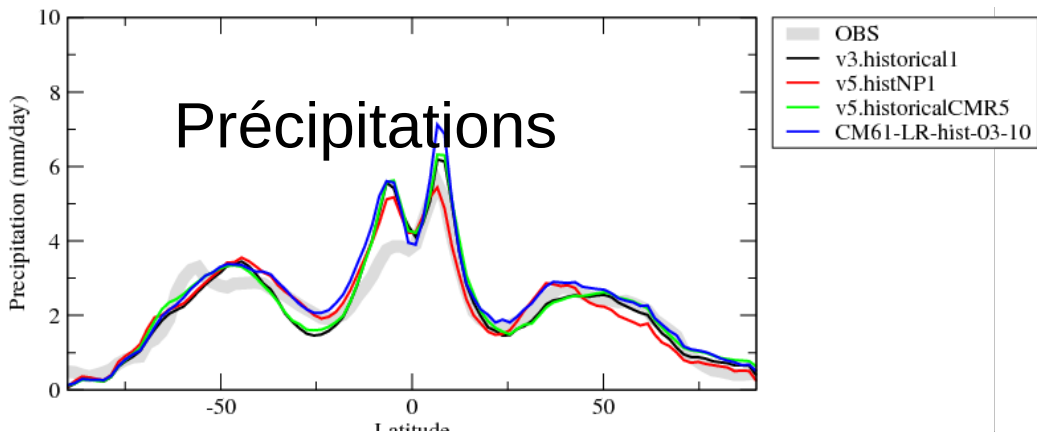




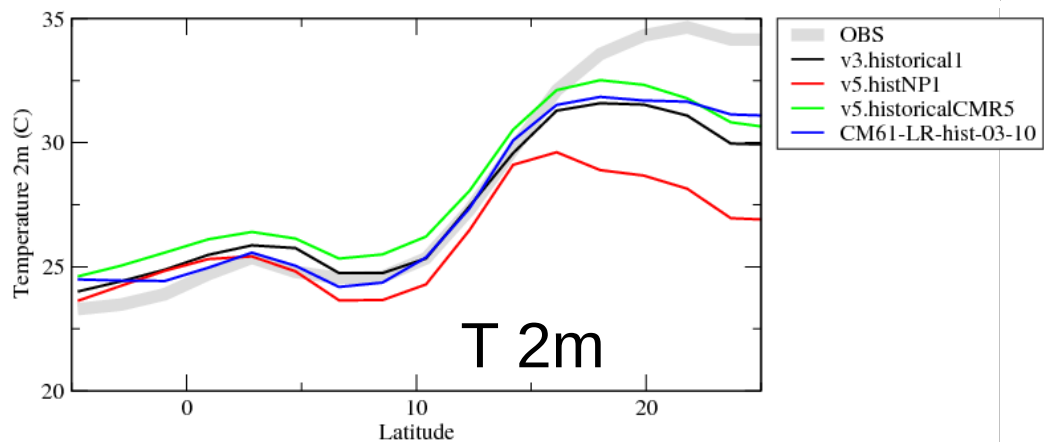
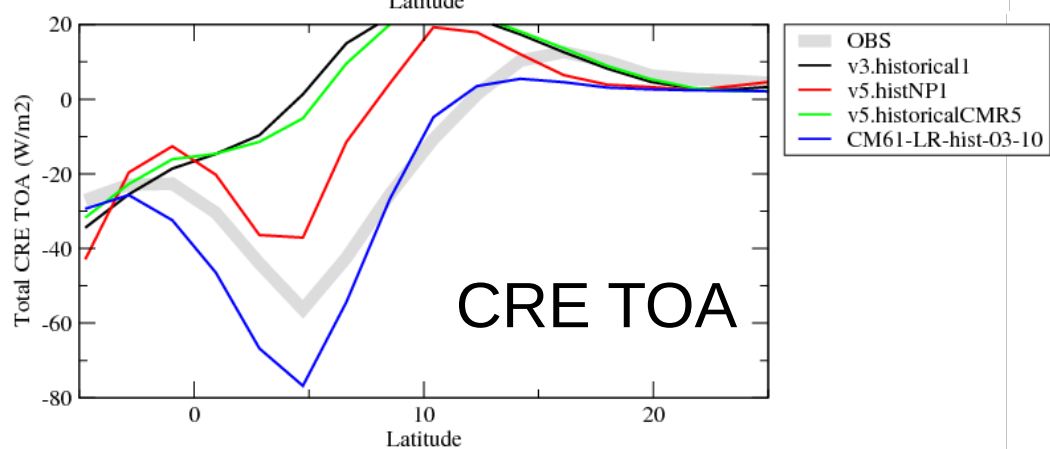
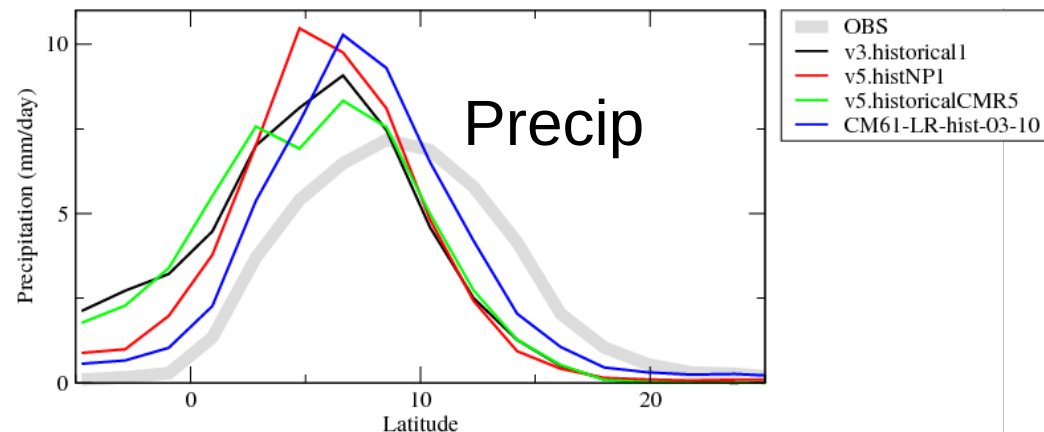
Une stratégie d'ajustement du couplé pi à partir du pd qui fonctionne

Un modèle plutôt plus sensible que la version 5A qui l'était déjà bien

Moyennes annuelles zonales

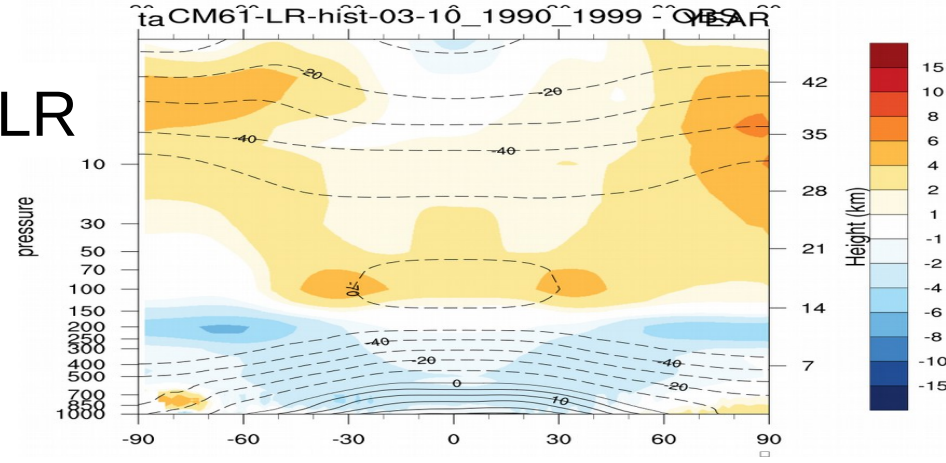
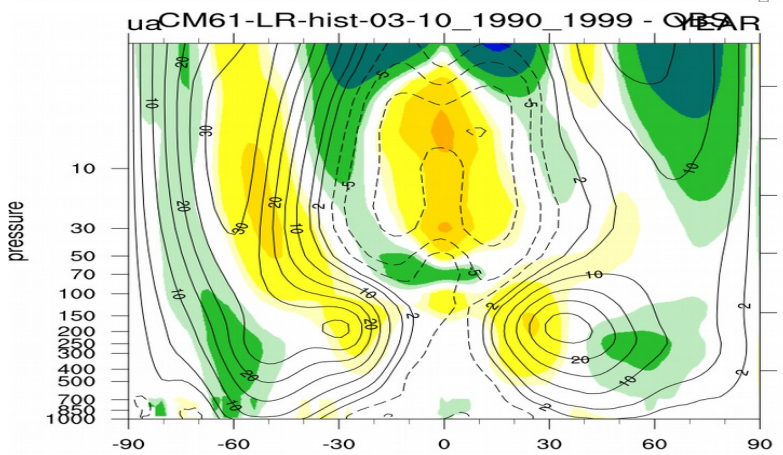
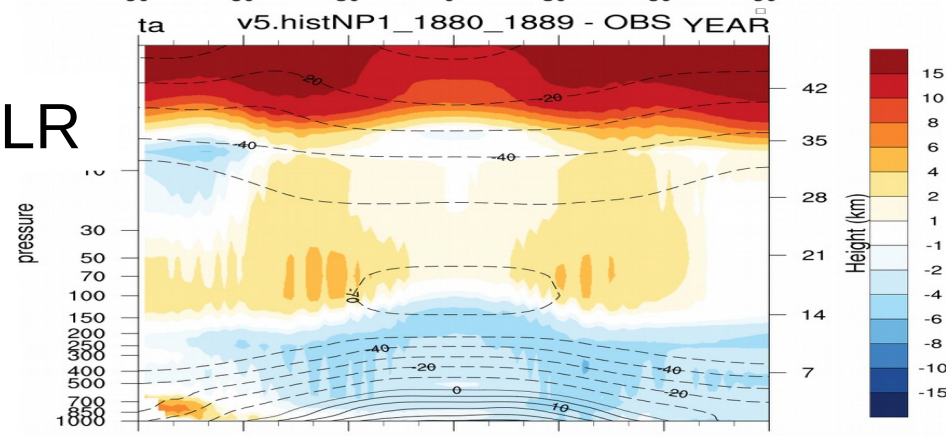
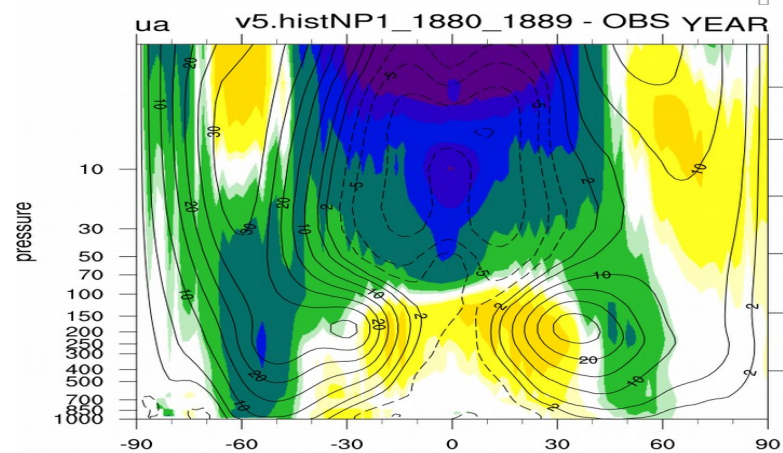
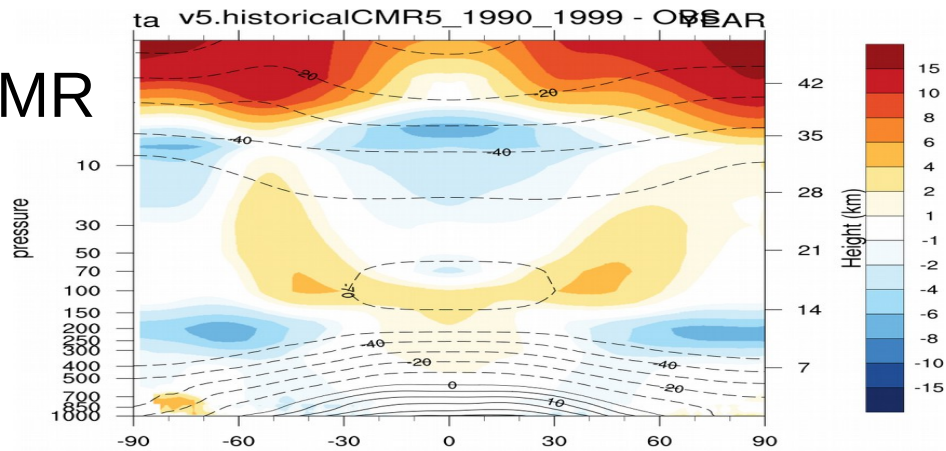
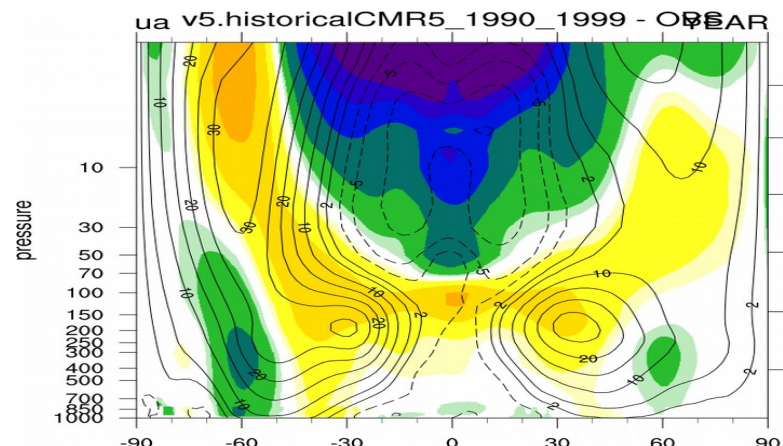


Mousson ouest africaine (JJA, 10W:10E)



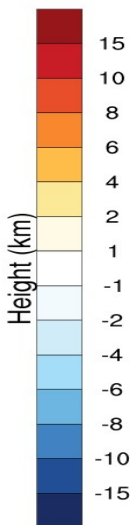
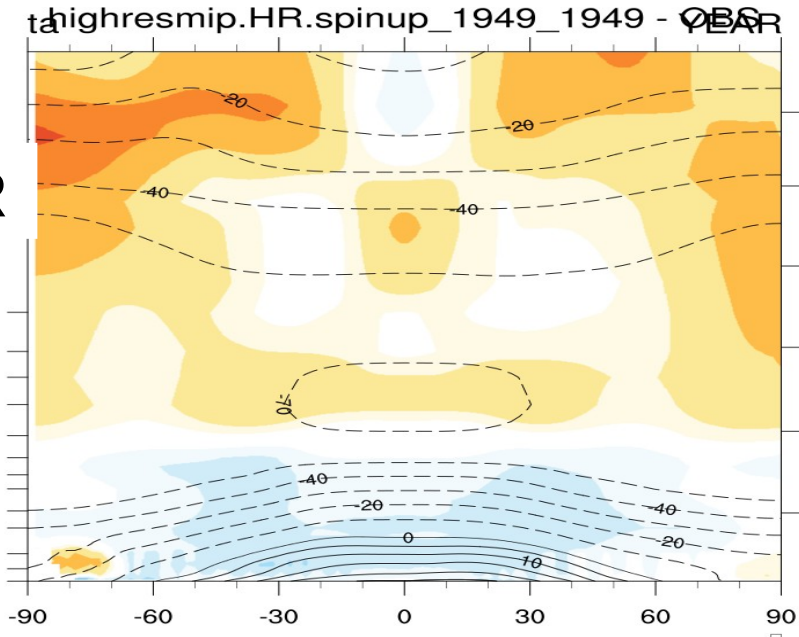
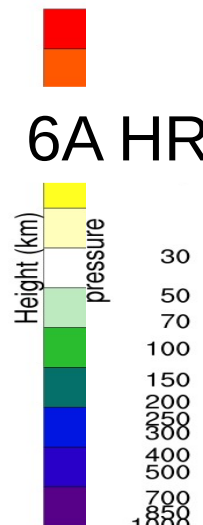
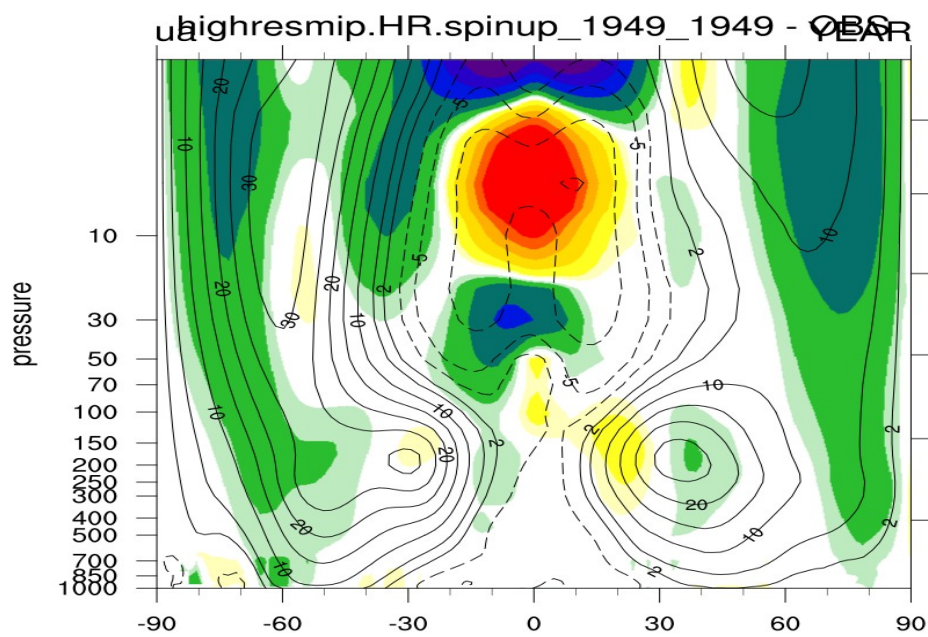
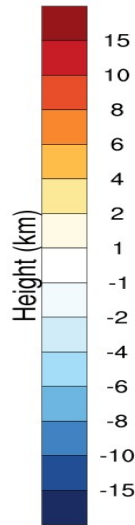
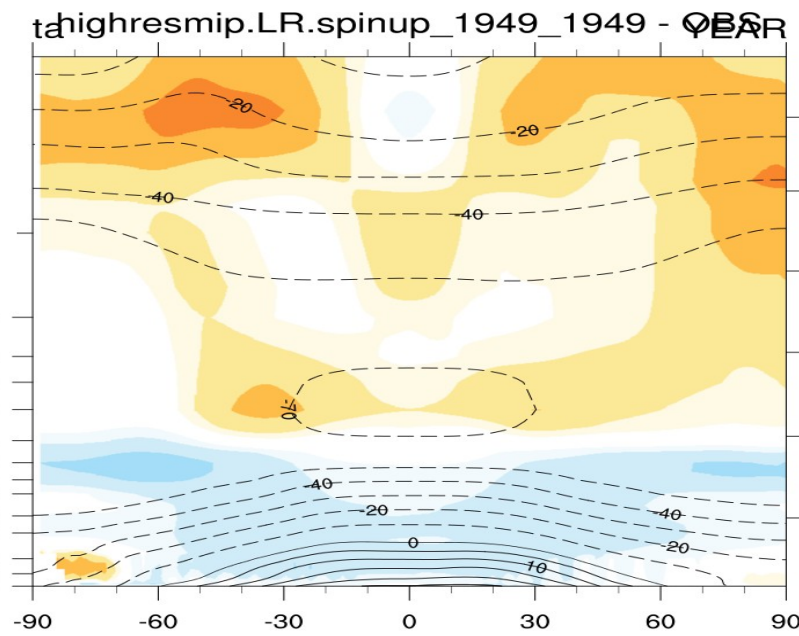
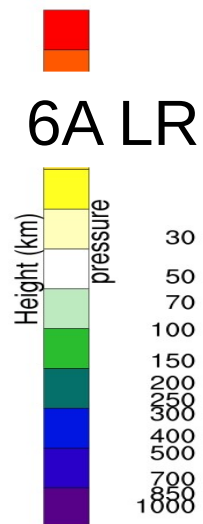
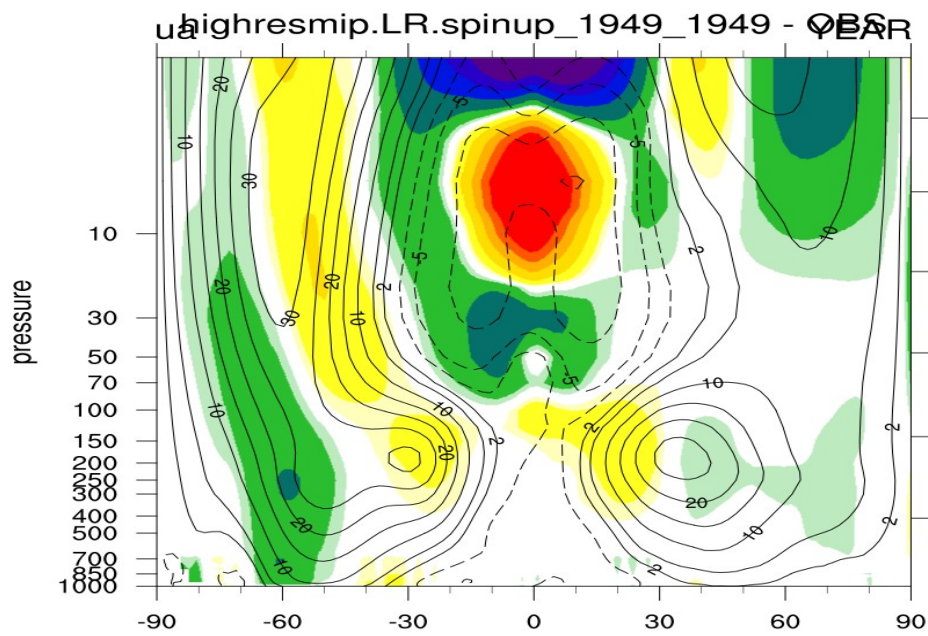
Biais vent zonal (m/s) Moyenne annuelle

Biais température (K) Moyenne annuelle



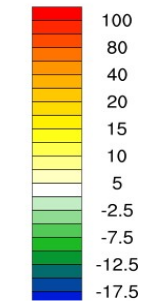
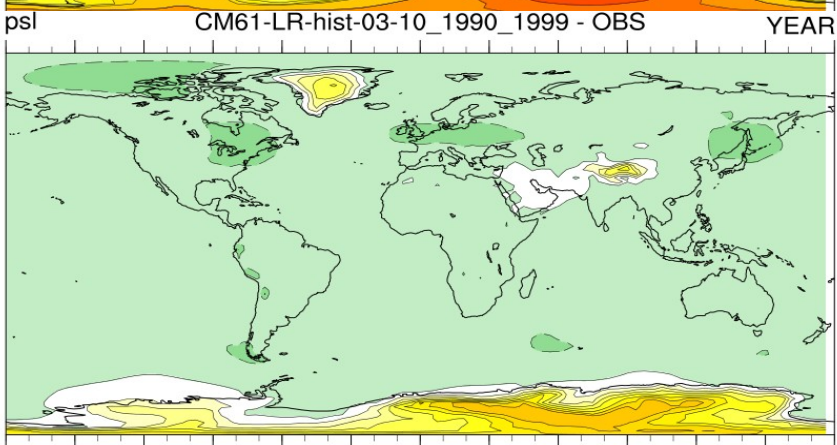
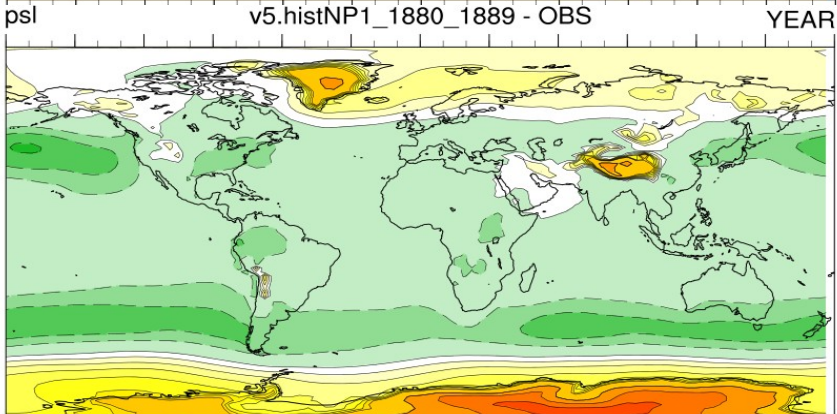
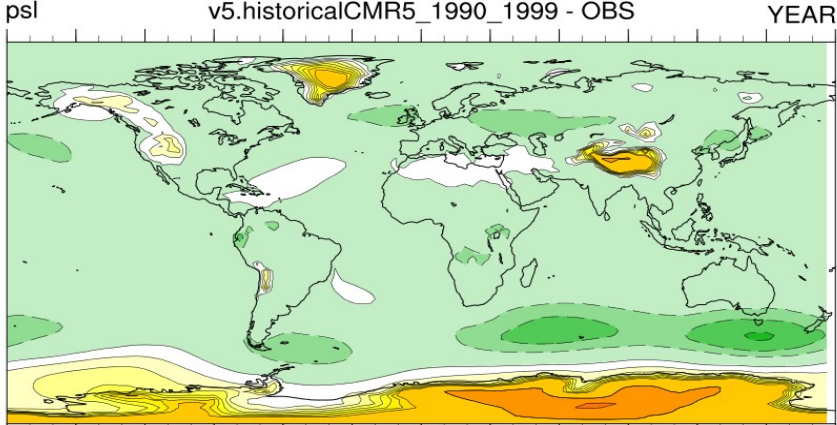
Biais vent zonal (m/s) Moyenne annuelle

Biais température (K) Moyenne annuelle

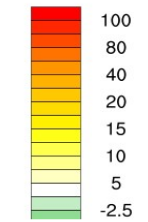


Biais pression niveau de la mer (hPa) Moyenne annuelle

Précipitation moyenne (K) Moyenne annuelle



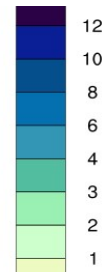
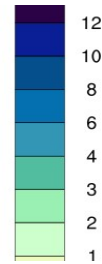
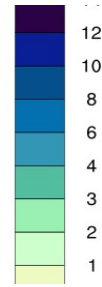
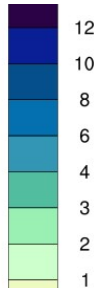
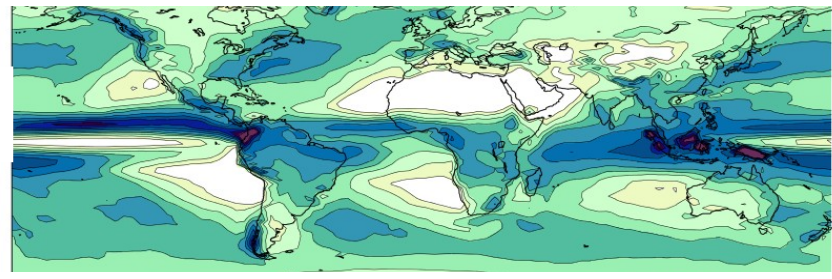
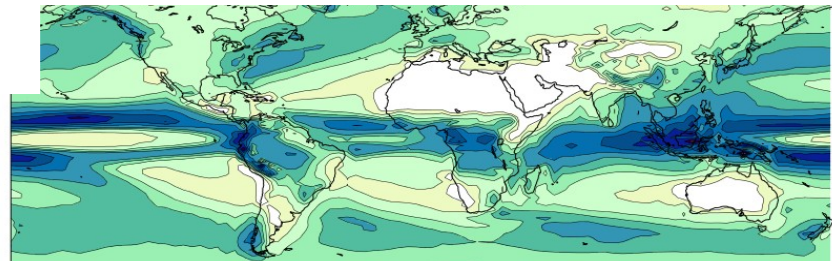
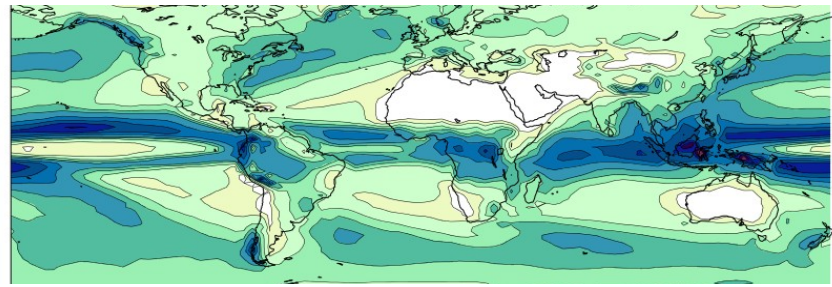
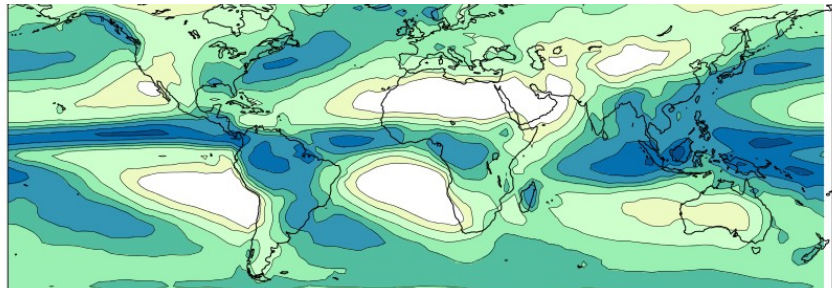
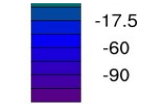
5A MR



5B LR

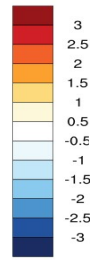
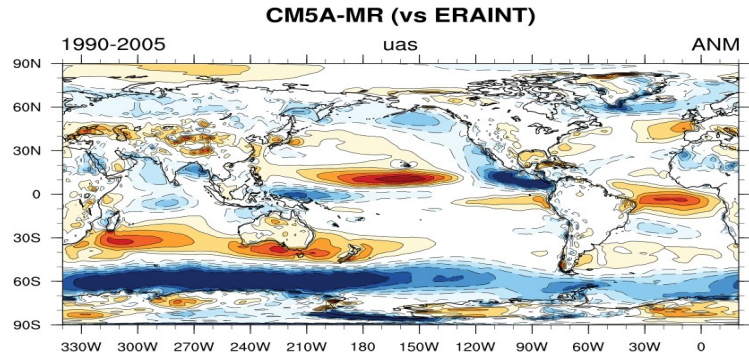


6A LR

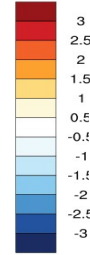
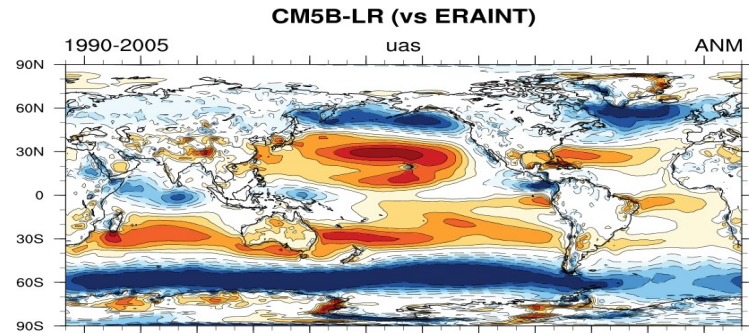


180 150W 120W 90W 60W 30W 0 30E 60E 90E 120E 150E 180

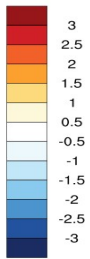
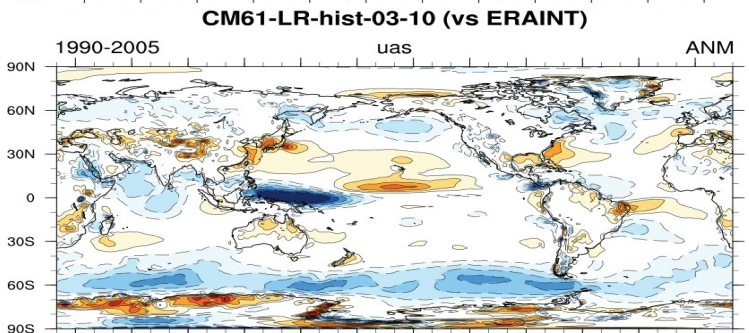
Biais vent zonal 10m (m/s) Moyenne annuelle



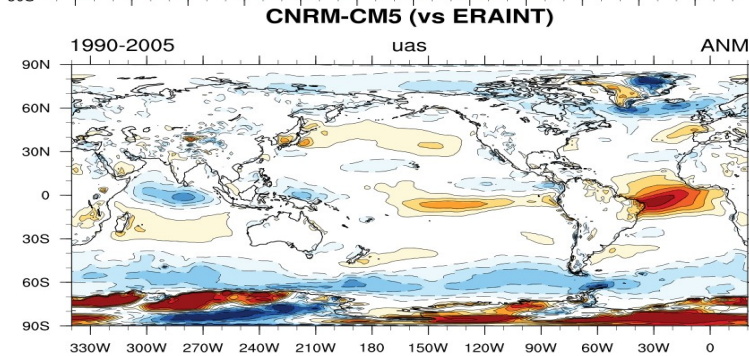
5A MR



5B MR

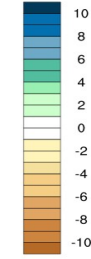
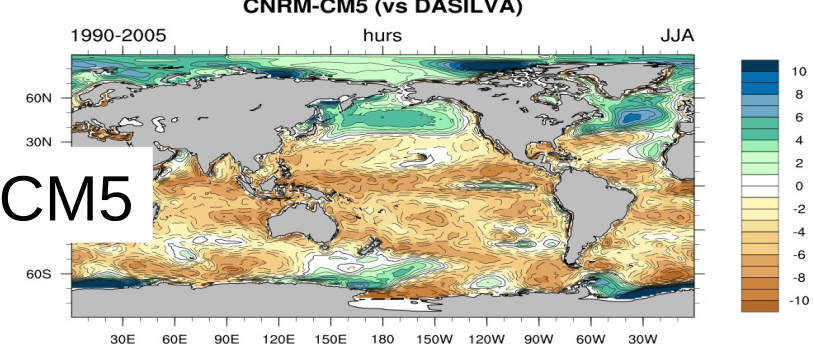
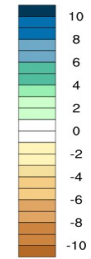
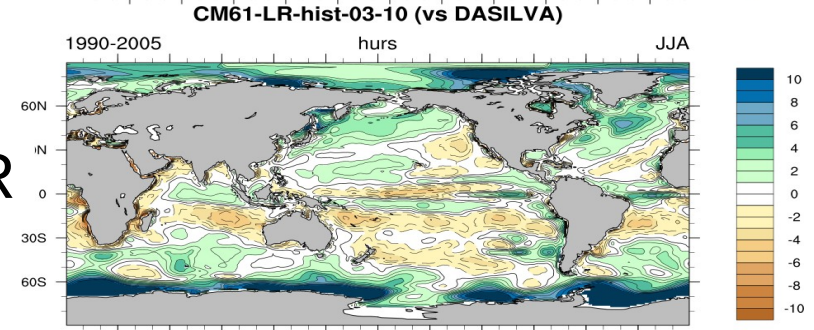
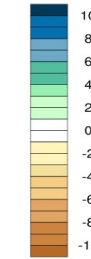
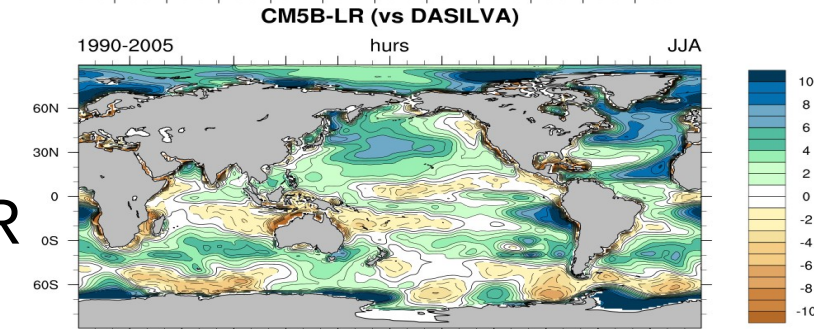
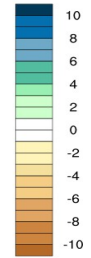
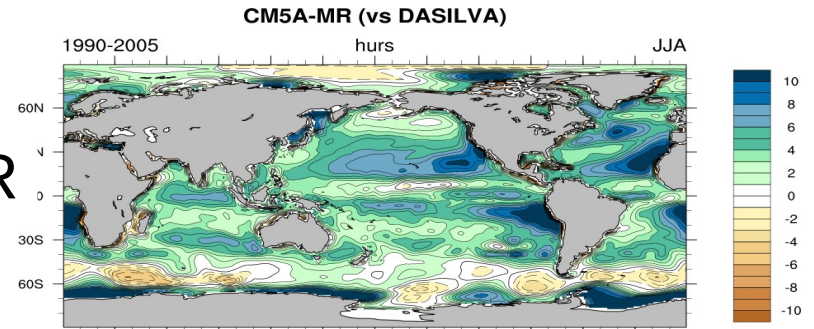


6A LR



CNRM CM5

Biais température (K) Moyenne annuelle



Biais température 2m (K)

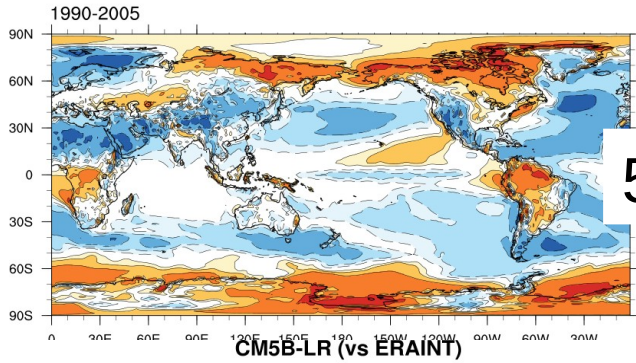
Moyenne annuelle

JJA

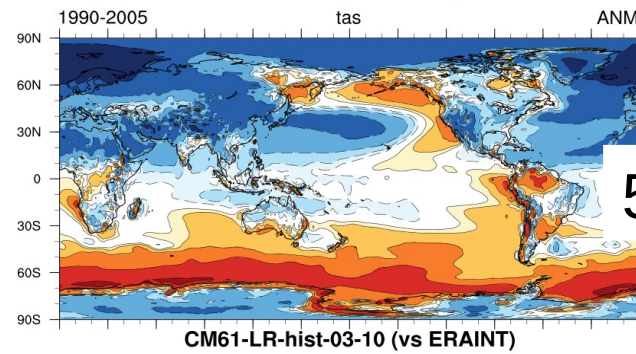
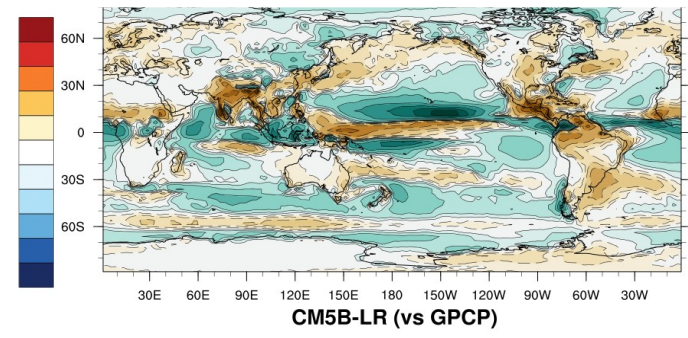
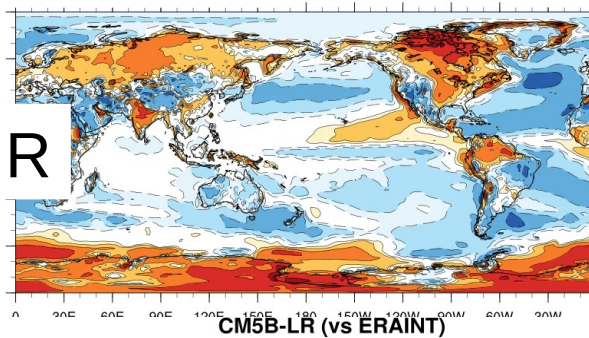
vs ERAINT)

Biais précipitation (mm/jour)

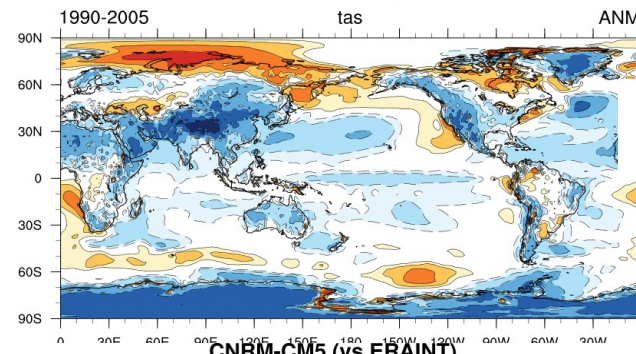
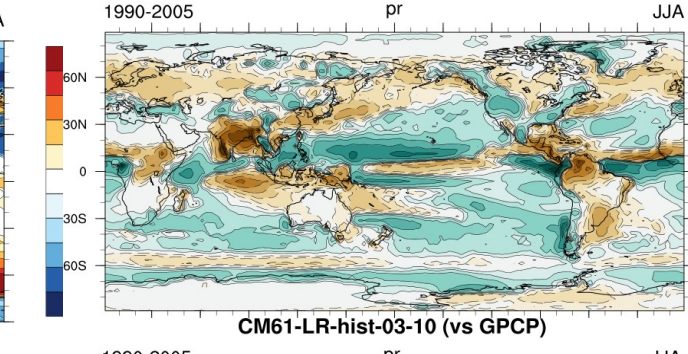
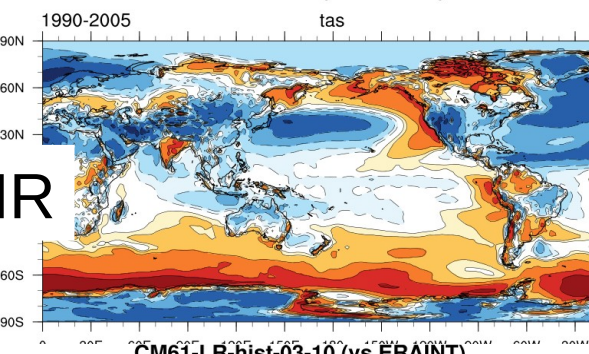
JJA



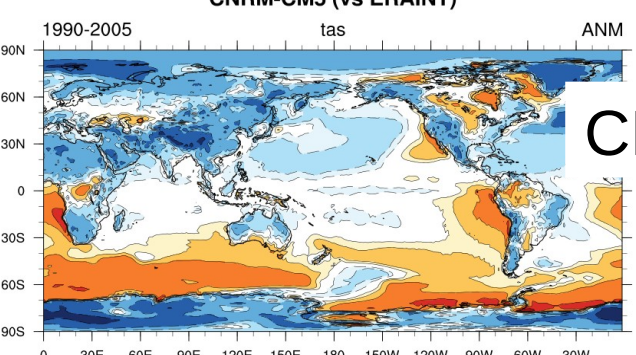
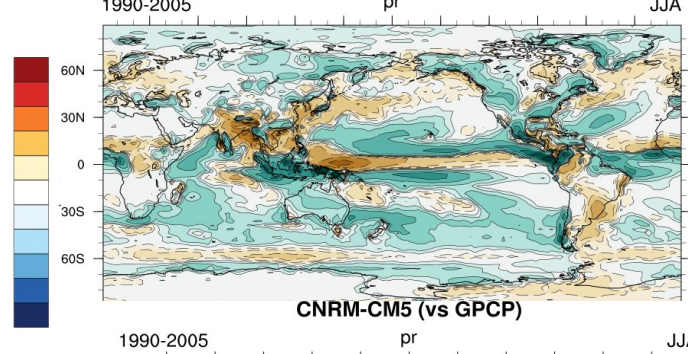
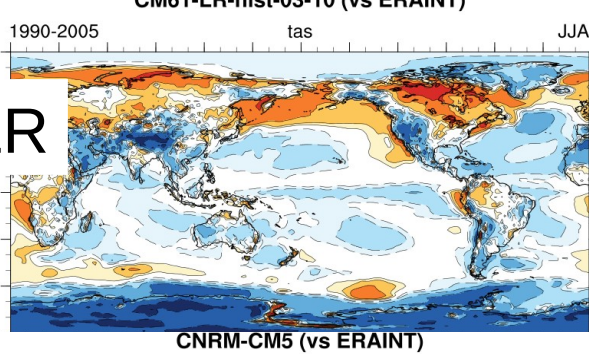
5A MR



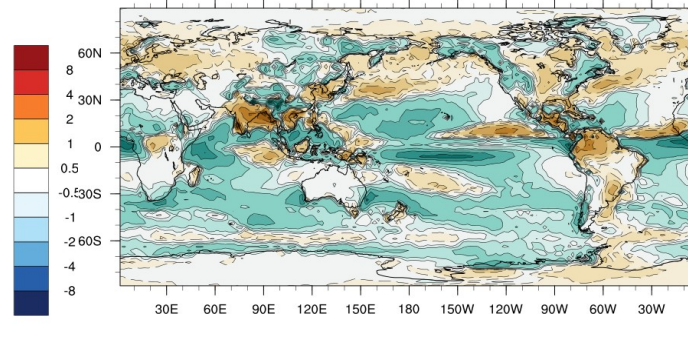
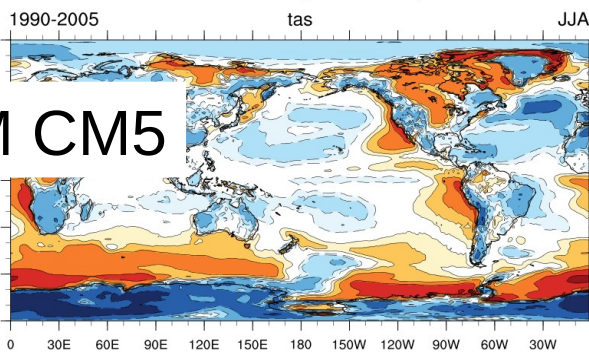
5B MR



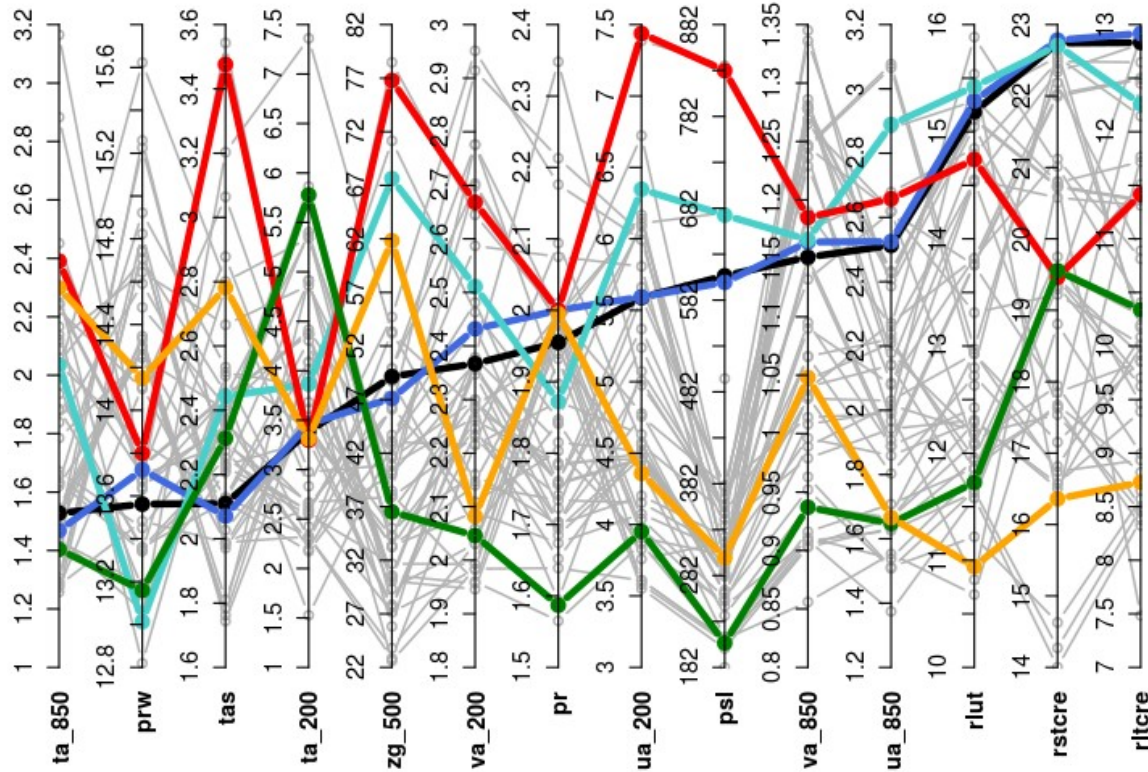
6A LR



CNRM CM5



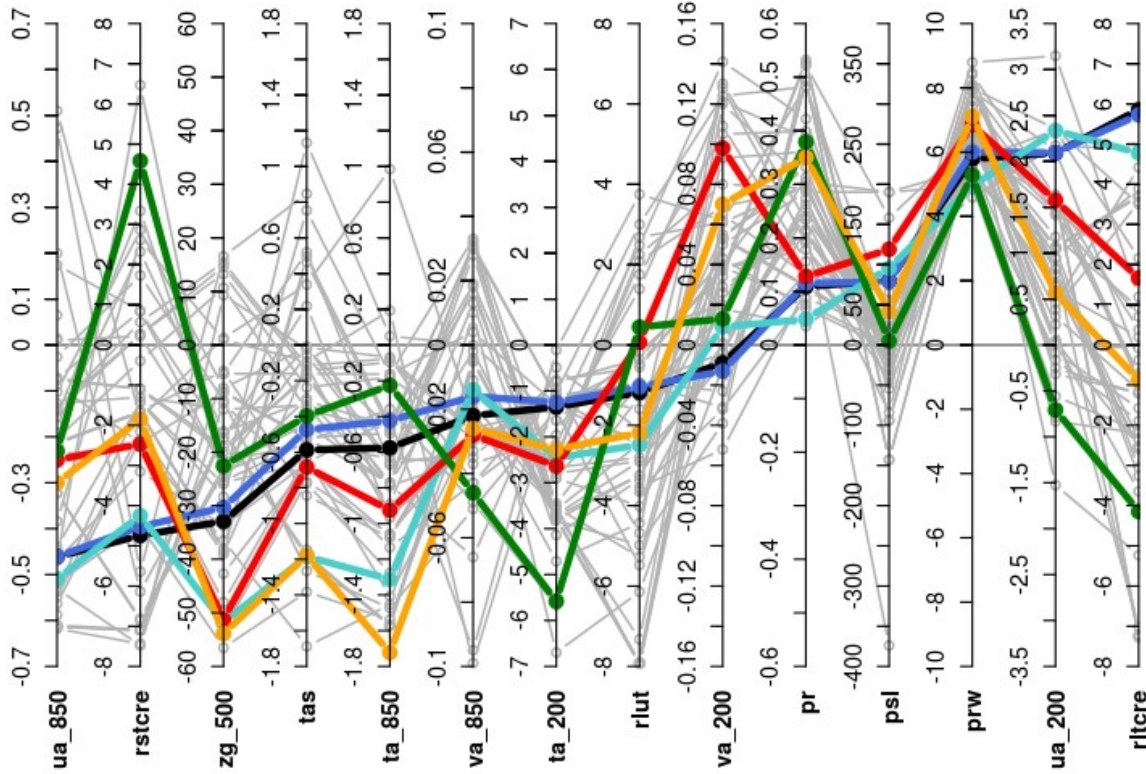
Parallel coordinates - rms_xyt ann global



- CM61-LR-hist-03-10_1990_2005
- CNRM-CM5_1990_2005
- CM5B-LR_1990_2005
- CM5A-LR_1990_2005
- CM5A-MR_1990_2005
- IPSL-CM5A-MR
- ACCESS1-0
- ACCESS1-3
- bcc-csm1-1
- bcc-csm1-1-m
- BNU-ESM
- CanCM4
- CanESM2
- CCSM4
- CFM1-BGC
- CFM1-CAM5
- CFM1-CAM5-1-FV2
- CFM1-FASTCHEM
- CFM1-WACCM
- CMCC-CESM
- CMCC-CM
- CMCC-CMS
- CNRM-CM5
- CSIRO-Mk3-6-0
- EC-EARTH
- FGOALS-g2
- FIO-ESM
- GFDL-CM2p1
- GFDL-CM3
- GFDL-ESM2G
- GFDL-ESM2M
- GISS-E2-H
- GISS-E2-H-CC
- GISS-E2-R
- GISS-E2-R-CC
- HadCM3
- HadGEM2-AO
- HadGEM2-CC
- HadGEM2-ES
- inmcm4
- IPSL-CM5A-LR
- IPSL-CM5B-LR
- MIROC-ESM
- MIROC-ESM-CHEM
- MIROC4h
- MIROC5
- MPI-ESM-LR
- MPI-ESM-MR
- MPI-ESM-P
- MRI-CGCM3
- NorESM1-M
- NorESM1-ME

missing variables = hus_850, huss, rlutcs, rsut, rsutcs, rnetcre, tauu, tauv, uas, vas

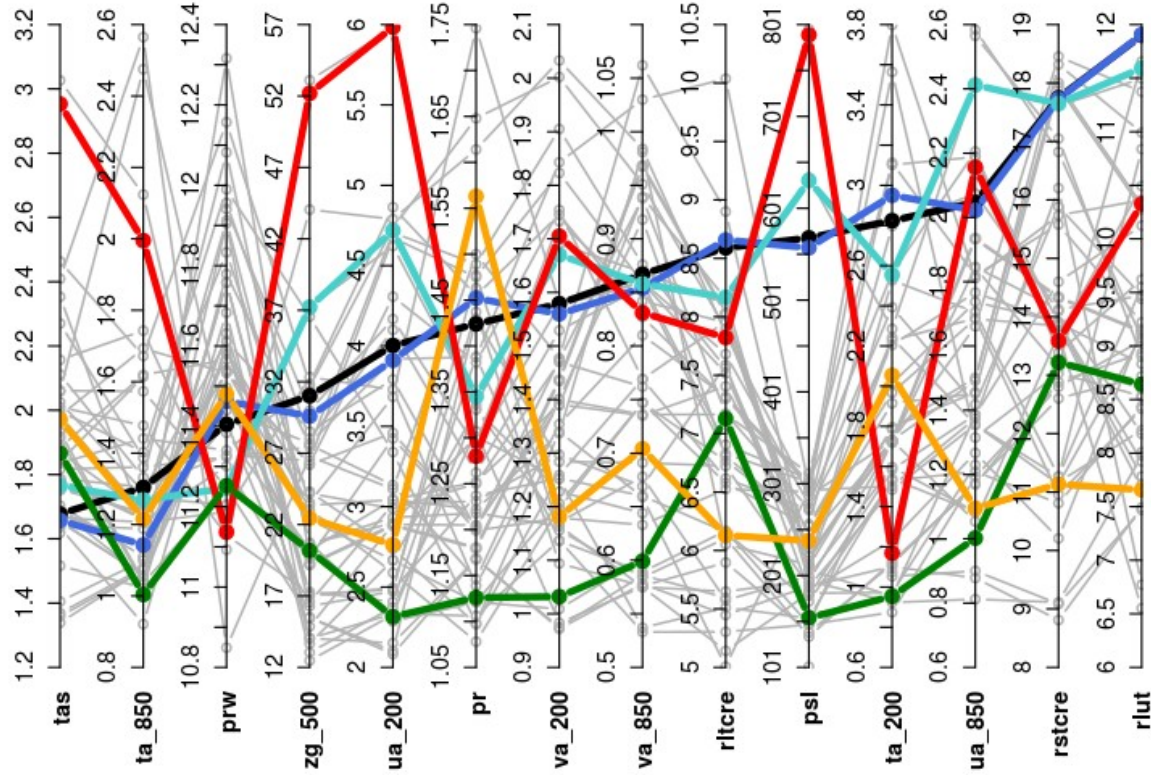
Parallel coordinates - bias_xy ann global



- CM61-LR-hist-03-10_1990_2005
- CNRM-CM5_1990_2005
- CM5B-LR_1990_2005
- CM5A-LR_1990_2005
- CM5A-MR_1990_2005
- IPSL-CM5A-MR
- ACCESS1-0
- ACCESS1-3
- bcc-csm1-1
- bcc-csm1-1-m
- BNU-ESM
- CanCM4
- CanESM2
- CCSM4
- CFESM1-BGC
- CFESM1-CAM5
- CFESM1-CAM5-1-FV2
- CFESM1-FASTCHEM
- CFESM1-WACCM
- CMCC-CESM
- CMCC-CM
- CMCC-CMS
- CNRM-CM5
- CSIRO-Mk3-6-0
- EC-EARTH
- FGOALS-g2
- FIO-ESM
- GFDL-CM2p1
- GFDL-CM3
- GFDL-ESM2G
- GFDL-ESM2M
- GISS-E2-H
- GISS-E2-H-CC
- GISS-E2-R
- GISS-E2-R-CC
- HadCM3
- HadGEM2-AO
- HadGEM2-CC
- HadGEM2-ES
- inmcm4
- IPSL-CM5A-LR
- IPSL-CM5B-LR
- MIROC-ESM
- MIROC-ESM-CHEM
- MIROC4h
- MIROC5
- MPI-ESM-LR
- MPI-ESM-MR
- MPI-ESM-P
- MRI-CGCM3
- NorESM1-M
- NorESM1-ME

missing variables = hus_850, huss, rlutcs, rsut, rsutcs, rlnetcre, tauu, tauv, uas, vas

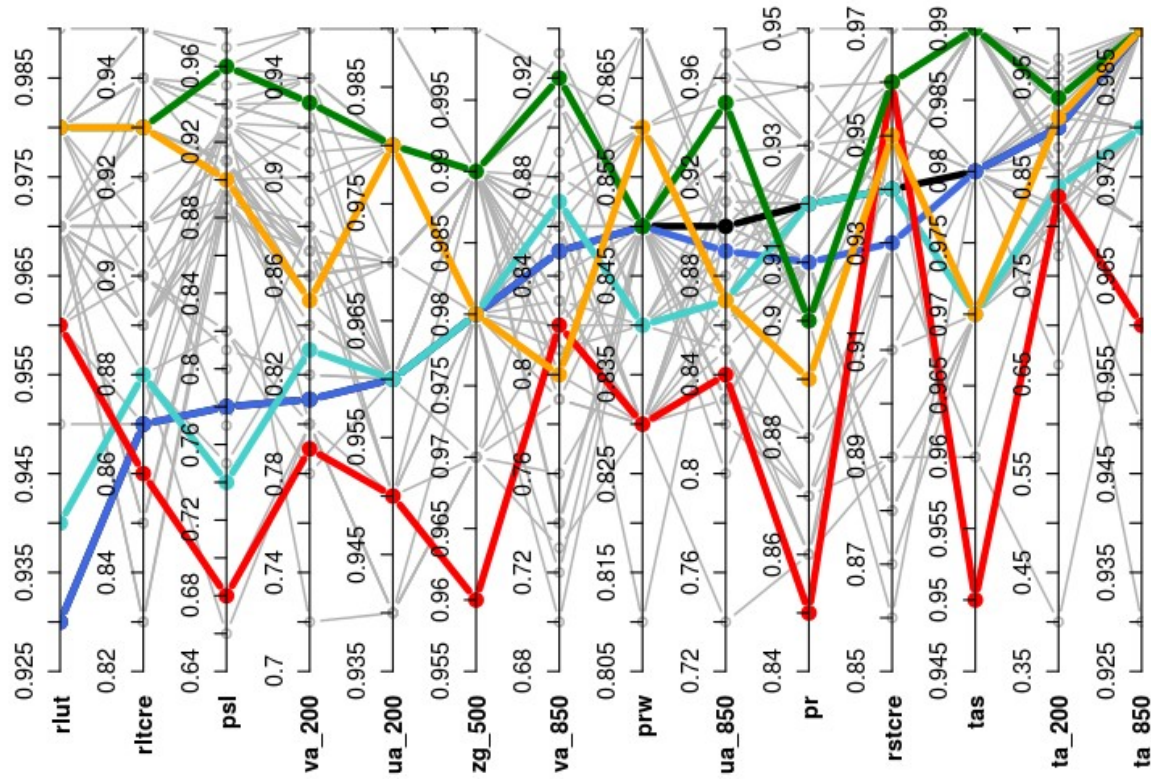
Parallel coordinates - rmsc_xy ann global



- CM61-LR-hist-03-10_1990_2005
- CNRM-CM5_1990_2005
- CM5B-LR_1990_2005
- CM5A-LR_1990_2005
- CM5A-MR_1990_2005
- IPSL-CM5A-MR
- ACCESS1-0
- ACCESS1-3
- bcc-csm1-1
- bcc-csm1-1-m
- BNU-ESM
- CanCM4
- CanESM2
- CCSM4
- CESM1-BGC
- CESM1-CAM5
- CESM1-CAM5-1-FV2
- CESM1-FASTCHEM
- CESM1-WACCM
- CMCC-CESM
- CMCC-CM
- CMCC-CMS
- CNRM-CM5
- CSIRO-Mk3-6-0
- EC-EARTH
- FGOALS-g2
- FIO-ESM
- GFDL-CM2p1
- GFDL-CM3
- GFDL-ESM2G
- GFDL-ESM2M
- GISS-E2-H
- GISS-E2-H-CC
- GISS-E2-R
- GISS-E2-R-CC
- HadCM3
- HadGEM2-AO
- HadGEM2-CC
- HadGEM2-ES
- Inmcm4
- IPSL-CM5A-LR
- IPSL-CM5B-LR
- MIROC-ESM
- MIROC-ESM-CHEM
- MIROC4h
- MIROC5
- MPI-ESM-LR
- MPI-ESM-MR
- MPI-ESM-P
- MRI-CGCM3
- NorESM1-M
- NorESM1-ME

missing variables = hus_850, huss, rltcs, rsut, rsutcs, rnetcre, tauu, tauv, uas, vas

Parallel coordinates - cor_xy djf NHEX



- CM61-LR-hist-03-10_1990_2005
- CNRM-CM5_1990_2005
- CM5B-LR_1990_2005
- CM5A-LR_1990_2005
- CM5A-MR_1990_2005
- IPSL-CM5A-MR
- ACCESS1-0
- ACCESS1-3
- bcc-csm1-1
- bcc-csm1-1-m
- BNU-ESM
- CanCM4
- CanESM2
- CCSM4
- CFESM1-BGC
- CFESM1-CAM5
- CFESM1-CAM5-1-FV2
- CFESM1-FASTCHEM
- CESM1-WACCM
- CMCC-CESM
- CMCC-CM
- CMCC-CMS
- CNRM-CM5
- CSIRO-Mk3-6-0
- EC-EARTH
- FGOALS-g2
- FIO-ESM
- GFDL-CM2p1
- GFDL-CM3
- GFDL-ESM2G
- GFDL-ESM2M
- GISS-E2-H
- GISS-E2-H-CC
- GISS-E2-R
- GISS-E2-R-CC
- HadCM3
- HadGEM2-AO
- HadGEM2-CC
- HadGEM2-ES
- inmcm4
- IPSL-CM5A-LR
- IPSL-CM5B-LR
- MIROC-ESM
- MIROC-ESM-CHEM
- MIROC4h
- MIROC5
- MPI-ESM-LR
- MPI-ESM-MR
- MPI-ESM-P
- MRI-CGCM3
- NorESM1-M
- NorESM1-ME

missing variables = hus_850, huss, rlutcs, rsut, rsutcs, rnetcre, tauu, tauv, uas, vas

Conclusions

Arrivée à maturité d'une version de la nouvelle physique

Amélioration (forte) du contenu physique
+
amélioration des performances climatiques

Améliorations :

Forcages nuageux, nuages bas, climat continental, polaire

A améliorer :

Variabilité tropicale

Tuning mieux maîtrisé et formalisé

Démonstration de la pertinence de la méthodologie de développement

Perspectives

En cours sur le contenu physique

- Prise en compte de l'organisation de la convection, Convection moyenne (congestus, enclumes)
- Propagation des poches froides de maille en maille
- Indépendance des paramétrisations de la convection vis-à-vis de la résolution horizontale.
- Nuages sous maille sur la verticale
- Prise en compte des recouvrements nuageux sur base de calculs multi colonnes
- Micro-physique nuageuse
- Revisite de la diffusion turbulente : questions numériques, couches limites stables, ...
- Propriétés numériques des schémas utilisés
- Irruption du stochastique dans un monde jusque là déterministe : déclenchement de la convection mais également ondes de gravité non orographique (Lott et al.)

Nouveaux coeurs dynamique

- Revisite de l'interface physique/dynamique
- Mélange verticale du moment sur la grille décalée ?
- Conservation de l'énergie grande échelle + turbulente ?
- Passage aux atmosphères profondes.
- Vers une version physique pour dynamique non hydrostatique
 - Couplages à la surface océan et continents, multi-sous-surfaces...

Tuning automatique / quantification des incertitudes

- Formalisation des métriques et tolérances associées
- Mise en place d'outils automatiques diagnostiques
- Mise en place de code d'optimisation automatique sous R

Perspectives

En cours sur le contenu physique

- Prise en compte de l'organisation de la convection, Convection moyenne (congestus, enclumes)
- Propagation des poches froides de maille en maille
- Indépendance des paramétrisations de la convection vis-à-vis de la résolution horizontale
- Nuages sous maille sur la verticale
- Prise en compte des recouvrements nuageux sur base de calculs multi colonnes
- Micro-physique nuageuse
- Revisite de la diffusion turbulente : questions numériques, couches limites stables, ...
- Propriétés numériques des schémas utilisés
- Irruption du stochastique dans un monde jusque la déterministe : déclenchement de la convection mais également ondes de gravité non orographique (Lott et al.)

Nouveaux coeurs dynamique

- Revisite de l'interface physique/dynamique
- Mélange verticale du moment sur la grille décalée ?
- Conservation de l'énergie grande échelle + turbulente ?
- Passage aux atmosphères profondes.
- Vers une version physique pour dynamique non hydrostatique
- Couplages à la surface océan et continents, multi-sous-surfaces...

Tuning automatique / quantification des incertitudes

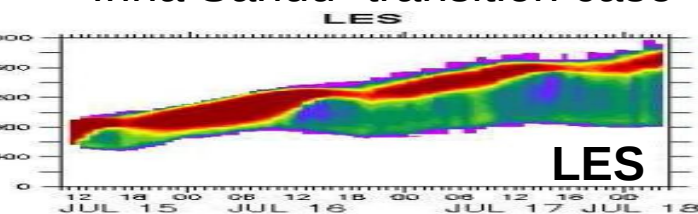
- Formalisation des métriques et tolérances associées
- Mise en place d'outils automatiques diagnostiques
- Mise en place de code d'optimisation automatique sous R



**Promote more objective
and « agile » methods
Collective work**

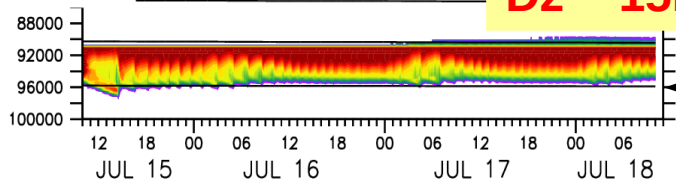
II. From 1D to 3D : tuning of model reference configurations

Irina Sandu "transition case"

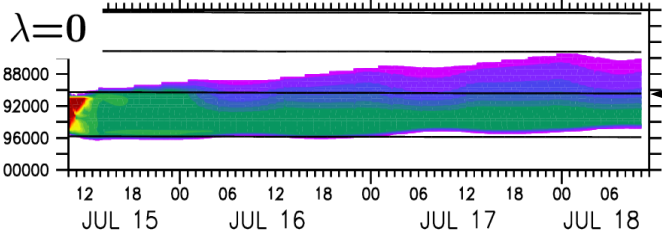


L130 Sandu (fast, L130) SCM

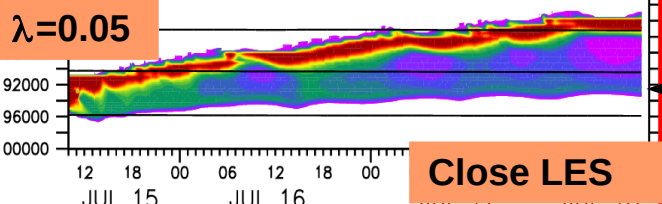
TRK **Dz ~ 15m**



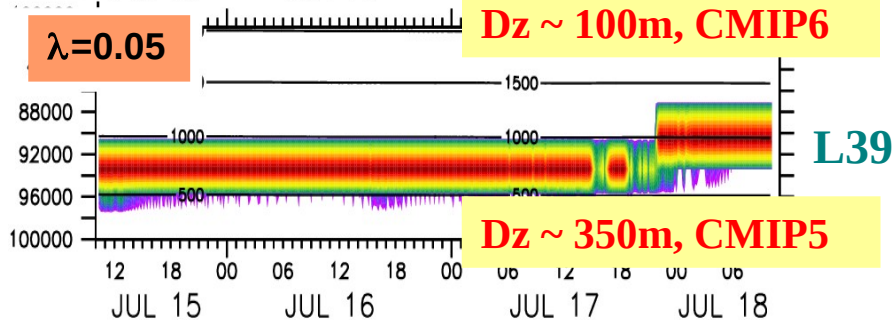
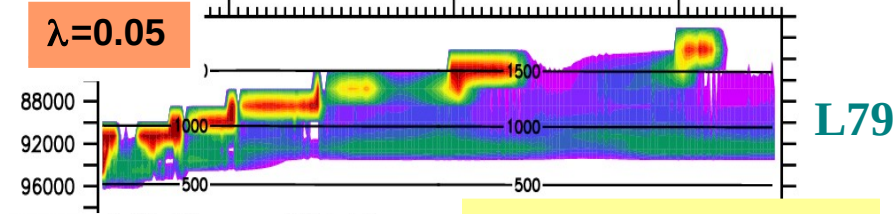
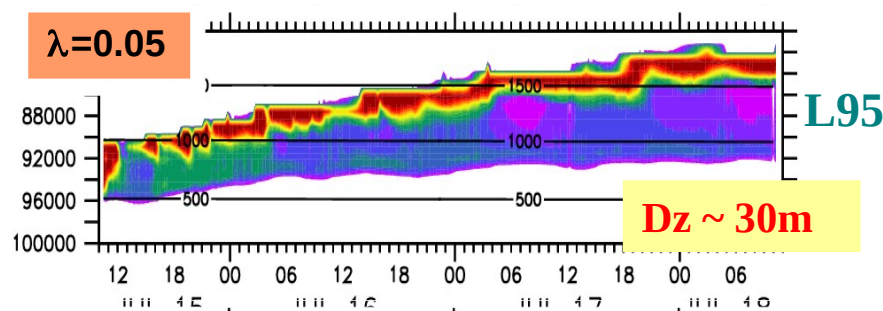
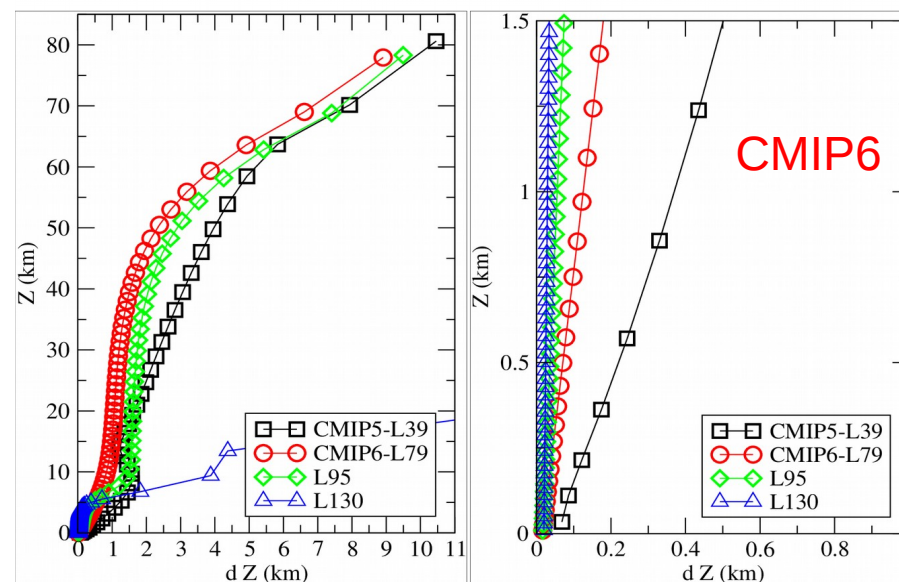
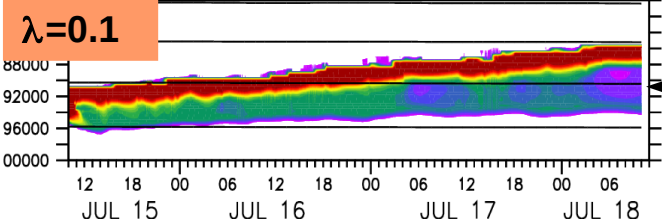
IPSL-CM5
Thermals
desactivated if
strong inversion
Stratocumulus
clouds to low



nothing ($\lambda=0$) :
Activation of
thermals.
Dispartitin of
strato-cumulus

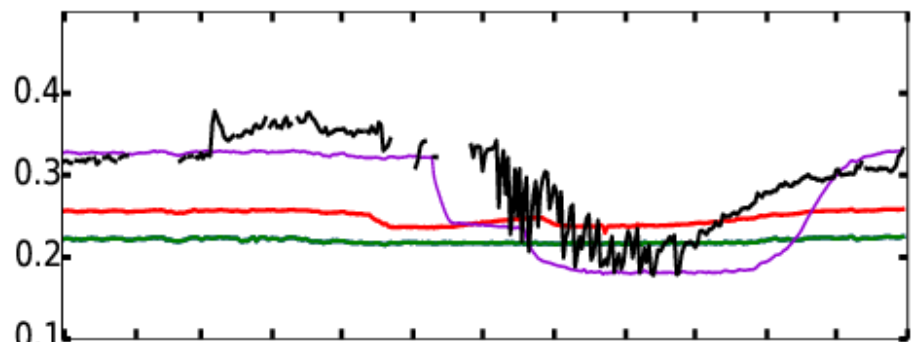
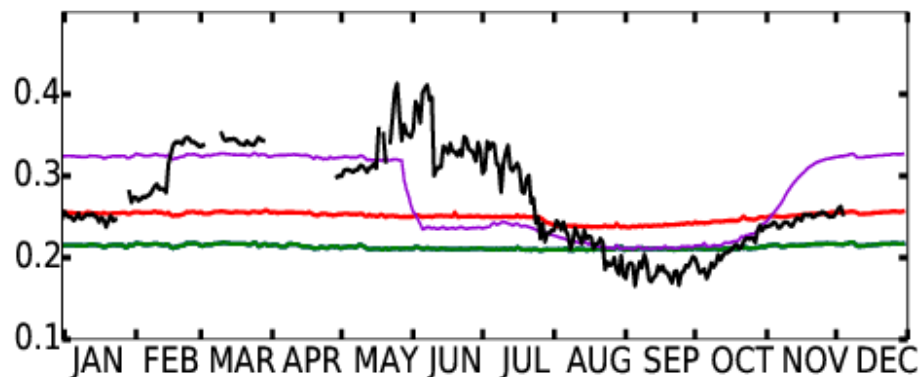
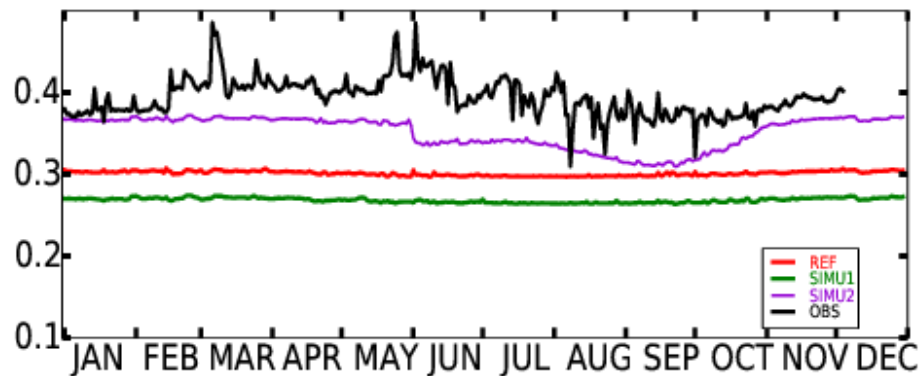


Modified A. Jam :
Tuning
parameter $\lambda=dz/z$
where dz is the
distance above at
which env. air is
taken for
buoyancy
computation

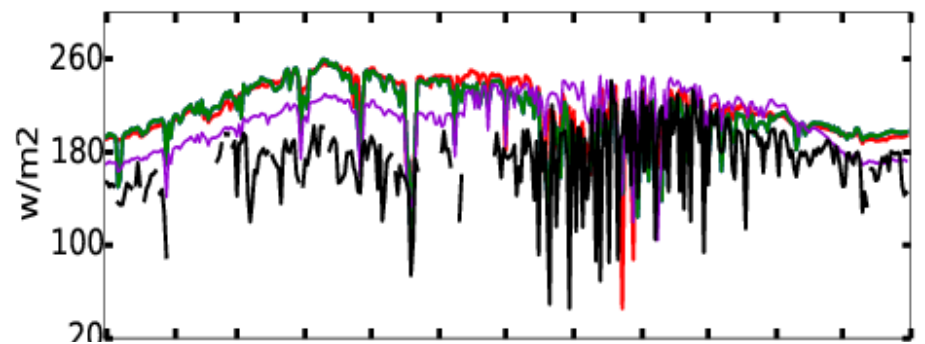
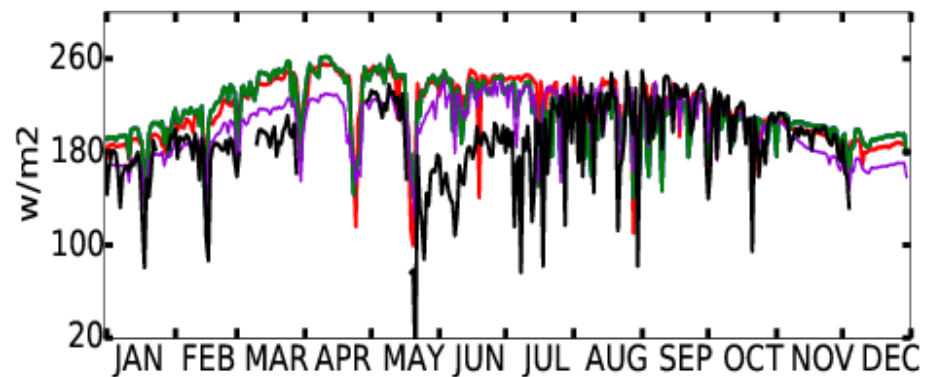
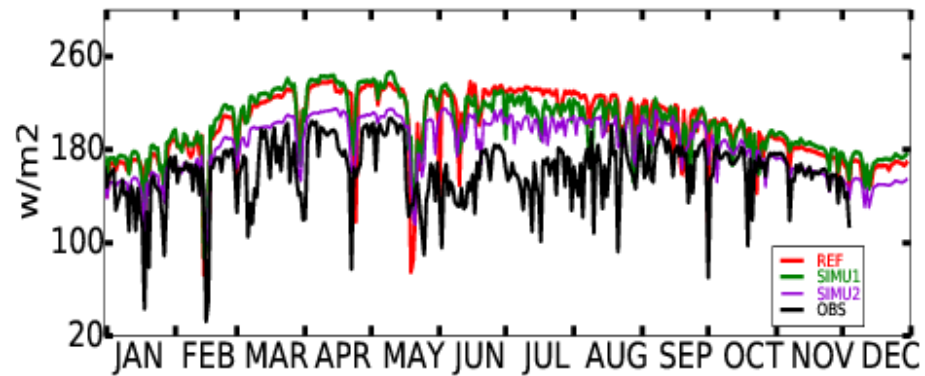


Simulation avec les configurations récentes du modèles
300 km de résolution guidées en vent par Era-Interim
Comparaison aux observations AMMA-catch. Maille du modèle contenant le point.

a) albédo de surface
albedo



b) flux solaire absorbé
swnet

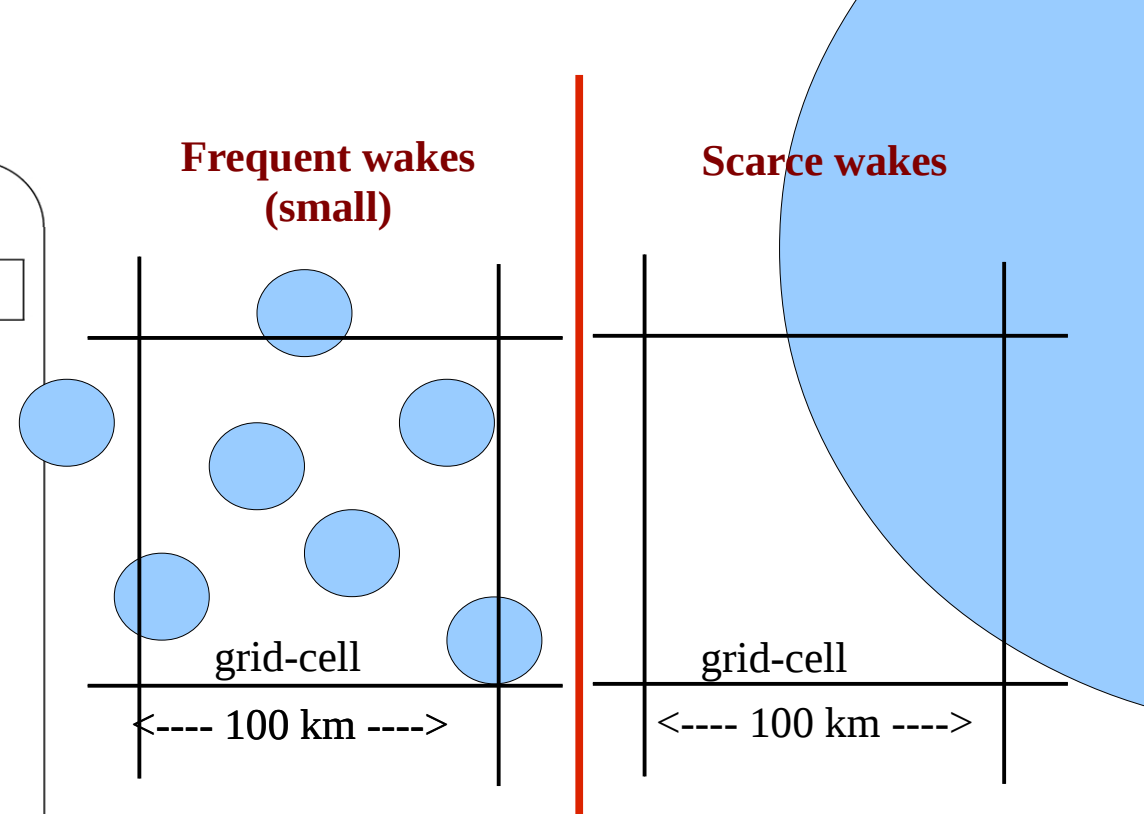


3. La convection profonde

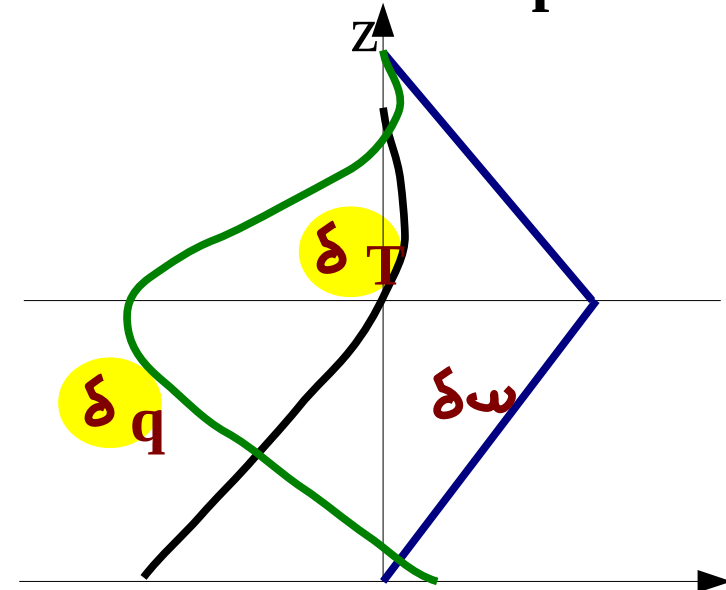
The density current (wake) parametrization

(Grandpeix and Lafore, JAS, 2010; Grandpeix et al., JAS 2010)

- Representation of a part of an infinite plane where identical cold pools (radius r , height h) are scattered with an homogeneous density D_{wk} .
- State variables : (i) surface fraction covered by the wakes $\sigma_w = \frac{S_w}{S_t}$ ($\sigma_w = \pi r^2 D_{\text{wk}}$), (ii) temperature and humidity differences (resp. $\delta\theta(p)$ and $\delta q(p)$) between wake and off-wake regions.
- Spreading speed : C_* such that $C_*^2 \simeq \text{WAPE}$ (WAKE Potential Energy); $\text{WAPE} = \int_{p_{\text{top}}}^{p_{\text{surf}}} R_d \delta T_v \frac{dp}{p}$
- Evolutions of $\delta\theta$ and δq profiles are given by conservation equations of mass, energy and water taking into account vertical advection, turbulence and phase changes.
- Turbulence and phase change terms are assumed to be given by the deep convection scheme.
- $\delta\omega$ profile is linear between the surface and the wake top (no mass exchange through the wake boundary); it goes back to 0 linearly between the wake top and an arbitrary altitude (about 4000 m).

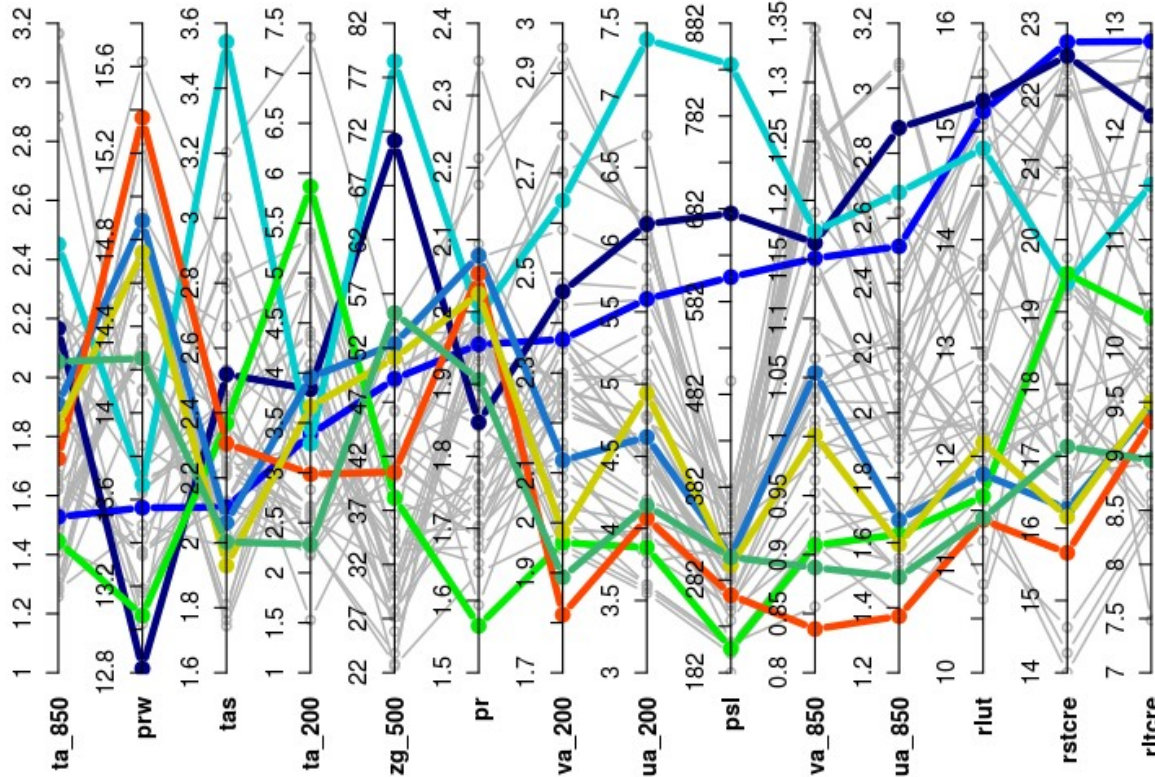


Wake differential profiles



Métriques Jérôme

Parallel coordinates - rms_xyт ann global

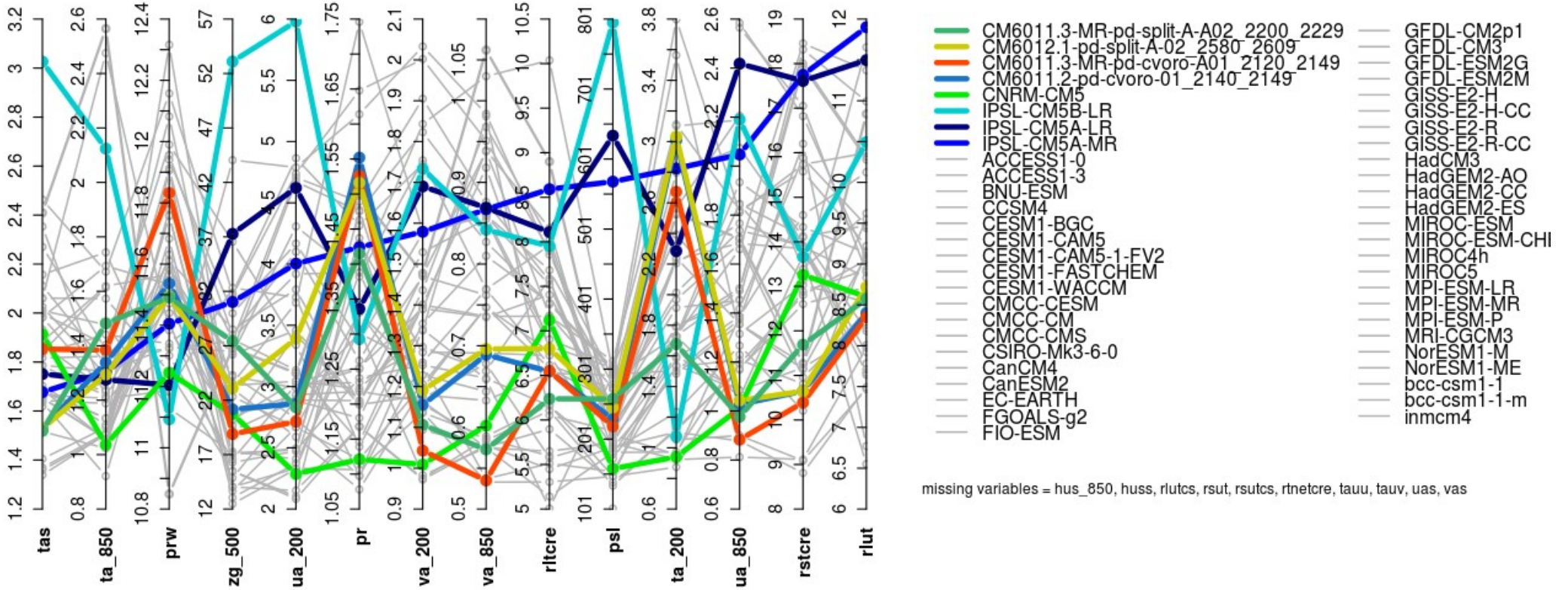


- CM6011.3-MR-pd-split-A-A02_2200_2229
- CM6012.1-pd-split-A-02_2580_2609
- CM6011.3-MR-pd-cvoro-A01_2120_2149
- CM6011.2-pd-cvoro-01_2140_2149
- CNRM-CM5
- IPSL-CM5B-LR
- IPSL-CM5A-LR
- IPSL-CM5A-MR
- ACCESS1-0
- ACCESS1-3
- BNU-ESM
- CCSM4
- CFM1-BGC
- CFM1-CAM5
- CFM1-CAM5-1-FV2
- CFM1-FASTCHEM
- CFM1-WACCM
- CMCC-CESM
- CMCC-CM
- CMCC-CMS
- CSIRO-Mk3-6-0
- CanCM4
- CanESM2
- EC-EARTH
- FGOALS-g2
- FIO-ESM
- GFDL-CM2p1
- GFDL-CM3
- GFDL-ESM2G
- GFDL-ESM2M
- GISS-E2-H
- GISS-E2-H-CC
- GISS-E2-R
- GISS-E2-R-CC
- HadCM3
- HadGEM2-AO
- HadGEM2-CC
- HadGEM2-ES
- MIROC-ESM
- MIROC-ESM-CM
- MIROC4h
- MIROC5
- MPI-ESM-LR
- MPI-ESM-MR
- MPI-ESM-P
- MRI-CGCM3
- NorESM1-M
- NorESM1-ME
- bcc-csm1-1
- bcc-csm1-1-m
- inmcm4

missing variables = hus_850, huss, rlutcs, rsut, rsutcs, rnetcre, tauu, tauv, uas, vas

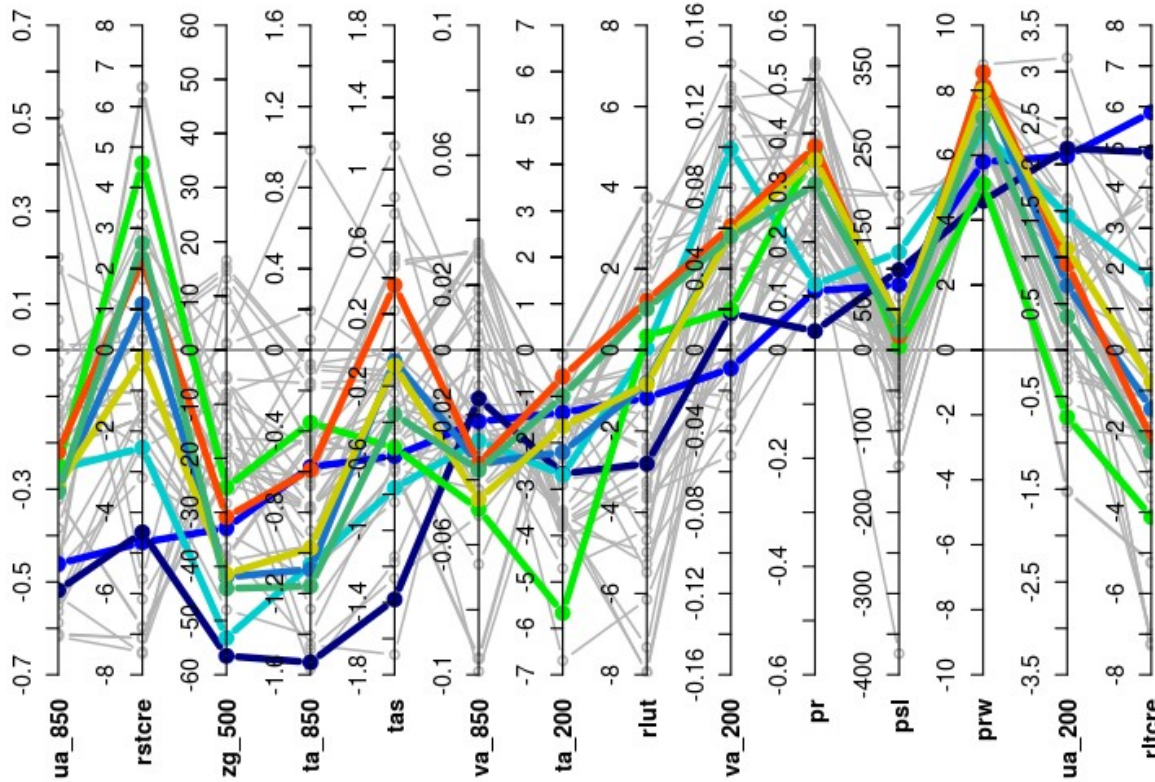
Métriques Jérôme

Parallel coordinates - rMSC_xy ann global



Métriques Jérôme

Parallel coordinates - bias_xy ann global

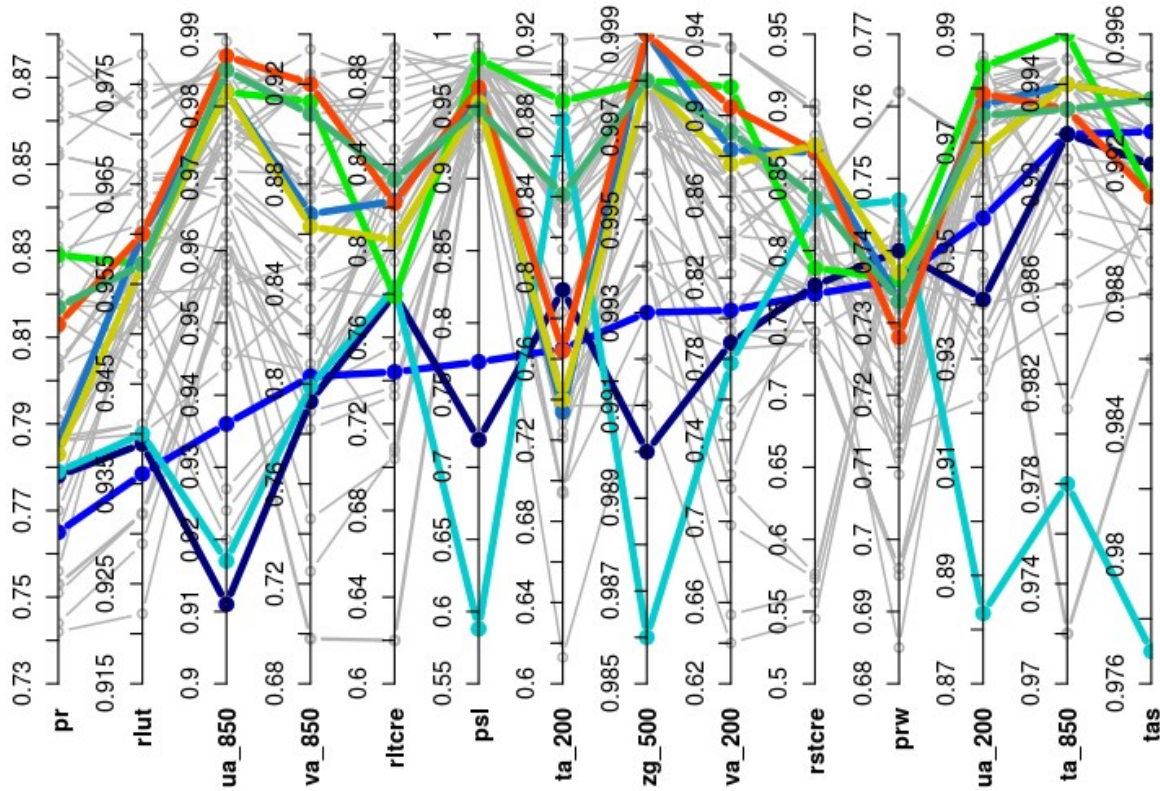


- CM6011.3-MR-pd-split-A-A02_2200_2229
- CM6012.1-pd-split-A-02_2580_2609
- CM6011.3-MR-pd-cvoro-A01_2120_2149
- CM6011.2-pd-cvoro-01_2140_2149
- CNRM-CM5
- IPSL-CM5B-LR
- IPSL-CM5A-LR
- IPSL-CM5A-MR
- ACCESS1-0
- ACCESS1-3
- BNU-ESM
- CCSM4
- CEFSM1-BGC
- CEFSM1-CAM5
- CEFSM1-CAM5-1-FV2
- CEFSM1-FASTCHEM
- CEFSM1-WACCM
- CMCC-CESM
- CMCC-CM
- CMCC-CMS
- CSIRO-Mk3-6-0
- CanCM4
- CanESM2
- EC-EARTH
- FGOALS-g2
- FIO-ESM
- GFDL-CM2p1
- GFDL-CM3
- GFDL-ESM2G
- GFDL-ESM2M
- GISS-E2-H
- GISS-E2-H-CC
- GISS-E2-R
- GISS-E2-R-CC
- HadCM3
- HadGEM2-AO
- HadGEM2-CC
- HadGEM2-ES
- MIROC-ESM
- MIROC-ESM-CHE
- MIROC4h
- MIROC5
- MPI-ESM-LR
- MPI-ESM-MR
- MPI-ESM-P
- MRI-CGCM3
- NorESM1-M
- NorESM1-ME
- bcc-csm1-1
- bcc-csm1-1-m
- inmcm4

missing variables = hus_850, huss, rlutcs, rsut, rsutcs, rlnetcre, tauu, tauv, uas, vas

Métriques Jérôme

Parallel coordinates - cor_xy ann global



- CM6011.3-MR-pd-split-A-A02_2200_2229
- CM6012.1-pd-split-A-02_2580_2609
- CM6011.3-MR-pd-cvoro-A01_2120_2149
- CM6011.2-pd-cvoro-01_2140_2149
- CNRM-CM5
- IPSL-CM5B-LR
- IPSL-CM5A-LR
- IPSL-CM5A-MR
- ACCESS1-0
- ACCESS1-3
- BNU-ESM
- CCSM4
- CFRSM1-BGC
- CFRSM1-CAM5
- CFRSM1-CAM5-1-FV2
- CFRSM1-FASTCHEM
- CFRSM1-WACCM
- CMCC-CESM
- CMCC-CM
- CMCC-CMS
- CSIRO-Mk3-6-0
- CanCM4
- CanESM2
- EC-EARTH
- FGOALS-g2
- FIO-ESM
- GFDL-CM2p1
- GFDL-CM3
- GFDL-ESM2G
- GFDL-ESM2M
- GISS-E2-H
- GISS-E2-H-CC
- GISS-E2-R
- GISS-E2-R-CC
- HadCM3
- HadGEM2-AO
- HadGEM2-CC
- HadGEM2-ES
- MIROC-ESM
- MIROC-ESM-CM
- MIROC4h
- MIROC5
- MPI-ESM-LR
- MPI-ESM-MR
- MPI-ESM-P
- MRI-CGCM3
- NorESM1-M
- NorESM1-ME
- bcc-csm1-1
- bcc-csm1-1-m
- inmcm4

missing variables = hus_850, huss, rlutcs, rsut, rsutcs, rlnetcre, tauu, tauv, uas, vas

Résumé de la stratégie définie au fil des réunions pirates pour les derniers ajustements

1/ Le principe générale est d'ajuster au fil de l'été quelques « couples » pd/pi.

- L'idée est que l'ajustement se fait sur des cibles de SST en actuel.
- Si on change les .def et namelist de la simulation pd, on fait le même changement sur la pi.
- Les ajustements au file de l'eau concernent la SST globale (cibles plus bas, en agissant sur cld_lc_lsc/con) et la banquise nord (en agissant sur l'albédo).

2/ Du fait de la très forte variabilité de ce modèle couplé, sur des échelles centennales, et du fait des incertitudes qui persistent encore sur le forçage en aérosols, **on privilégie dans un premier temps de faire tourner des pd en ne gardant en machine qu'un seul pi**, dont la fin servira de point de départ aux simulations pi qui seront mises en route en août en fonction des résultats des pdctrl (cf. page suivante).

3/ Les cibles privilégiées pour choisir les différentes versions du couplé

Une THC au dessus de la 609 (pré bug run-off)

De la convection en mer du Labrador et proche de l'Antarctique

La température océanique à 1000m

Une banquise ajustée (mais le tuning de l'albédo devrait le permettre sur la plupart des versions)

Un Enso avec une amplitude pas trop forte et si possible des rétroaction acceptables.

Des températures estivales pas trop chaudes l'été sur la Sibérie et les US.

Si possible un semblant de MJO

4/ Cibles en tempéraure :

18.3°C en SST globale pour la période 1980-2009. 18.35 pour 1990-2009

Le préindustriel est contrôlé par les changements de forçage par rapport à l'actuel et renforcement de pmagic=0.01 de l'albédo océanique, sensé compenser le flux de stockage océanique de 0.5W/m² en actuel (chiffres à confirmer sur la base d'une simulation lancée par Abderrahmane). Dans un monde parfait on devrait tomber sur une SST pré-industrielle à 17.9

Ajustement après l'arrivée des nouveaux forçages

Sauf pour un test spécifique des nouveaux forçages individuels, je propose qu'on garde le forçage de la 6011 tant que l'ensemble des nouveaux forçages (ozone + nouveaux aérosols CMIP6) n'est pas prêt et validé. Ca permettra d'avoir un peu de recul sur les différents réglages possibles.

Je pense inutile également de lancer plusieurs picontrol avant d'avoir ces nouveaux forçages.

A la bascule sur les nouveaux forcages :

1/ Lancer 10 ans de forcé sur SST climatiques avec les anciens et les nouveaux forçages

2/ calculer sur ces forcés la moyenne globale et en temps du bilan TOA : tops-topl

3/ utiliser les abaques pour calculer le recalage nécessaire sur chacune des configurations de LMDZ.

5/ relancer les pd couplés sur quelques dizaines d'années le temps de voir si les recalages sont corrects.

6/ lancer les couplés pd/pi à partir de là

ATTENTION : pmagic et conservation de l'énergie

- En rebasculant sur la version 6011, on a repris la seule configuration n'ayant pas le meilleur flag pour la conservation de l'énergie (iflag_ener_conserv=1 alors qu'on veut 10). D'après la comparaison réalisée par Abderrahmane, le fait de conserver sur la 6011 (comparer 6011H et 6011Enerconserv sur :

<https://vesg.ipsl.upmc.fr/thredds/fileServer/IPSLFS/fabric/lmdz/MultiSimu/LMDZOR6011H/BIASGLOBDJF.html>) ajoute 1.2 W/m² à bils et 0.6 au NetTOA. Il faut sans doute compenser 1.2 W/m² avec cld_lc* .

- D'autre part l'écart de température un peu fort entre pi et pd

http://webservices2017.ipsl.fr/interMonitoring/tmp/interMonitoring_plot01_flZJxV_prod/images/OCE_sosstsst_global_ave.gif

et une question de Marie-Alice m'ont poussé à demander à Abderrahmane une simulation pour évaluer l'impact de pmagic en forcé. Sur le même atlas, on voit qu'un pmagic=0.01 change le bilan (sol ou TOA) de 0.9W/m². Jean-Louis se charge de vérifier si c'est bien ce terme qu'on veut avoir égal au heat uptake auquel cas il est trop fort (sans doute 0.006/7 serait mieux).

Une possibilité pour sortir de ce double problème, et Jean-Louis va prendre le relais sur cette question avec Olivier, est :

1/ d'abandonner momentanément la cohérence du réglage pi/pd pour cibler un pi vers une cible de SST de 17.9 (plus proche de certains pd actuels ...)

2/ Vérifier sur une 60 aine d'année avec une 6011 qu'on peut compenser le passage à iflag_ener_conserv=10 par un retuning (d'après les abaques cld_lc* : 0.00007 → 0.00009).

3/ Considérer la nouvelle valeur de pmagic dans pd comme un forçage à prendre en compte au passage à la 6012, en même temps que les aérosols et l'ozone, et retuner l'ensemble.

Ca peut se faire sur la base d'une simulation sur SST climatique de 10 ans avec d'un côté pmagic=0.01 et les anciens forçages, de l'autre pmagic=0.006/7 et les nouveaux forçages.

Et compenser par un tuning sur la base des abaques.

4/ Seulement à partir de là lancer des couples pd/pi partageant exactement le même physiq.def (mais avec pmagic=0 en pi et 0.00X en pd), à partir d'un pi qui aura été ajusté en température.

Les configurations disponibles pour LMDZ

6011 : la base. Utilisé en contrôle de la 6011.2 et .3. Ce serait bien d'inclure dedans le flag de conservation de l'énergie (1->10) avec retuning compensatoire. Elle inclut les modifications pour les couches limites stables et l'utilisation de `t_top_max` pour interdire la convection d'Emanuel si elle n'est pas assez profonde. A permis d'obtenir un Enso acceptable.

6011gust : Comme son nom l'indique, elle inclut l'activation des gusts (mais aussi, `iflag_evap_prec=2`). Toutes les suivantes incluent également les gusts.

6011ttop : C'est la suite de la précédente. Le nom est celui du choix fait sur la convection (utilisation de `t_top_max`, comme les deux précédentes). Retuning profitant de corrections dans le schéma de réévaporation de la pluie et un `wbmax` plus faible pour favoriser la pluie au Sahel.

6011cvoro : le oro fait allusion au fait qu'on active l'option OrotkeC. Le cv (convection) pour le fait qu'on utilise le « splitting » en n'activant les thermiques qu'en dehors des poches froides.

6011cvoroH : une version un peu re-réglée de la précédente

Les configurations disponibles pour LMDZ

Au bout du compte, on a trois familles de réglages qui diffèrent par le choix sur la compétition entre convection profonde et peu profonde. Elles pourraient conduire à trois versions du modèle à tester en parallèle (voir à exploiter scientifiquement).

Idéalement, ça pourrait définir 3 versions des .def de la 6012 quand on aura mis les nouveaux forçages (il a été décidé en réunion pirate qu'on attendait les nouveaux forçages pour définir la 6012).

6012ttop : à choisir parmi **6011**, **6011gust** et **6011ttop**. utilisation de `t_top_max` pour le contrôle de la convection. Privilégier plutôt 6011ttop si pas d'argument flagrant pour les autres.

6012split : à choisir parmi **6011cvoro** et **6011cvoroH 6011split**. utilisation de du splitting des thermiques pour les favoriser par rapport à la convection. Privilégier plutôt la 6011split.

6012trig : à choisir parmi **6011trig** et **6011trigB**. Utilisant la surface critique des cumuls pour le déclenchement. Privilégier plutôt 6011trigB.

Autres réglages possibles

Configuration océanique.

Il est clairement établi qu'il faut tourner avec neetau=0.

En revanche, les deux options activées dans la 6.0.11.3 par rapport à la 6.0.11.2 peuvent sans doute être encore remises en cause sur la base des simulations longues en machine.

(à confirmer/infirmier/compléter)

OrotkeC :

L'activation de l'option de transformation de l'énergie pompée par les ondes orographiques en TKE est active dans les versions cvoro, cvoroH, split, trig et trigB mais pas dans la 6011 de base, gust ni ttop. Il s'agit des paramètres.

addtkeoro=2 (au lieu de 0)

alphatkeoro=1.

smallscales_tkeoro=y (au lieu de n)

Un test est en cours sur la 6011.2 chez Guillaume (p86ggas). En fonction des résultats (notamment suivant que la THC repart à la hausse ou pas comme le contrôle), on pourrait décider de la désactiver ou pas. Aucun retuning n'est nécessaire (impact radiatif $\sim 0.1 \text{ W/m}^2$). En cas de résultats neutres, privilégier d'avoir OrotkeC.

Conclusion 2a : Quantification des incertitudes

Pour aider à l'ajustement d'une configuration particulière pour CMIP ou autre

A/ Systématiser l'utilisation de simulations d'ensemble et d'émulateurs.

B/ Application à une hiérarchie de configuration

Hierarchy
Of configurations

« Iterative refocusing » to restrict the range
of param values (D. Williamson et al., 2013)

SCM/LES
~20 test cases
a few minutes CPU

Determine the range of acceptable free parameters
needed for the 3D tuning.

« high-tune » ANR project, led by F. Couvreur

**3D simulations nudged
by ERAI winds**
A few years

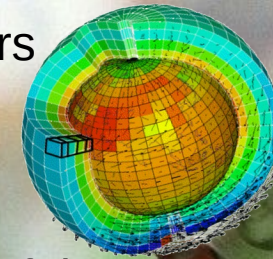
Tuning of free parameters for the representation of the
coupling within the atmospheric column and at surface

3D Atm. Imposed SST
A few years

Tuning of the climate with imposed SST accounting
targeting reduction of biases that come from coupling of
the atmospheric column and 3D large scale dynamics

3D coupled Atm./Ocean
Hundreds years

Final tuning



Promote more objective
and « agile » methods
Collective work

THC/banquise

On pense avoir maintenant les boutons pour maintenir une banquise l'été (plusieurs corrections sur le modèle de glace et une sensibilité suffisante à l'albédo).

Parce qu'il y a eu beaucoup de changements depuis, on ne sait pas quelle est la part dans les maintien de la banquise estivale de la limitation de fallv à des valeurs pas trop faible.

Inquiétude quand même car on travaille avec un modèle un peu froid.

La THC reste non nulle mais faible avec on manque de convection en mer du Labrador.

En jouant sur la paramétrisation de l'impact de l'orographie sous-maille on peut améliorer la circulation dans les hautes latitudes Nord. Il faut pour cela augmenter l'effet de freinage additionnel de l'orographie sous-maille et diminuer (ou annuler) l'effet de lift (effet additionnel de stretching lié à l'orographie sous-maille).

En forcé on peut pousser encore l'effet et améliorer les tensions de vent sur l'Atlantique et le Pacifique. Mais en couplé les choses sont moins claires. Le premier réglage, celui de la 609, est pas mal.

Augmenter le drag fait systématiquement plus de glace.

A faire :

1/ Vérifier que les résultats sont robustes à l'activation du nouveau Mellor et Yamada et à des réglages atmosphériques différents (notamment de fallv).

2/ Aller regarder la glace dans les simulations les plus chaudes (celles de Laurent notamment).

Températures continentales des moyennes et hautes latitudes Réunion pole 2017 03 30

Les réglages de l'orographie sous-maille sus-mentionnés permettent aussi d'éliminer le gros biais chaud sibérien d'hiver.

En revanche, ces réglages ne changent rien aux biais froids sur l'Himalaya et sur les rocheuses. Ces biais froids ont été augmentés avec des changements de neige dans Orchidee.

Etienne a identifié que l'activation d'une longueur de mélange limite dans Mellor et Yamada nuisait à la représentation du climat polaire (en limitant les découplage, ce qui était le but). D'autre part il a identifié que les découplages extrêmes étaient dus en parti à un problème numérique, résolu par l'activation du schéma d'intégration temporelle de MAR, ou une version un peu modifiée. On dispose donc d'une nouvelle version de Mellor et Yamada permettant de tourner tout en autorisant des découplages très forts quand il le faut. Les premiers tests effectués avec cette version montrent qu'on retombe dans un monde froid l'hiver dans les hautes latitudes et pourrait justifier qu'on active le mélange induit par les ondes orographiques.

La réintroduction de la résistance à l'évaporation du sol nu non bugguée devrait amplifier un biais chaud estival dans les moyennes latitudes.

A faire :

1/ Mettre le nouveau MY dans la version de référence.

2/ Régler l'orographie sous-maille en cherchant un bon compromis entre amélioration de la dynamique et réduction des biais de température.

3/ Tester différentes idées sur les biais froids Himalaya/Rocheuses (réduction de l'albédo en fonction de l'orographie sous-maille ; comprendre la différence avec des versions plus anciennes de la neige).

4/ Ajuster définitivement les paramètres de Mellor et Yamda pour les pôles et ajouter éventuellement le mélange induit par les ondes de reliefs pour limiter les découplages continentaux.

Confirmation que les changements récents (augmentation de la densité des poches et conditionnement du déclenchement par le fait d'atteindre le point de congélation) permettent d'éteindre la convection dans les régions de cumulus d'alizés.

Nous disposons enfin des pistes pour modifier la distribution des pluies.

Le contrôle de w_{beff} à la base de la colonne convective permet de diminuer les pluies océanique et la double ITCZ. On a $w_{\text{beff}} = w_{b0} + w_{\text{bmax}} / (1 + 500 / (p_s - p_{\text{lfc}}))$, avec, en pratique $w_{b0} = \text{flag_wb} / 100$.

$w_{b0} = 0.5$, $w_{\text{bmax}} = 3$ permet d'avoir des précipitations tropicales pacifique et atlantiques moins biaisées. Diminuer w_{bmax} permet d'augmenter la précipitation continentale.

L'amélioration des précipitations océaniques se fait au prix d'une augmentation de la fraction de pluies grande échelle. Ce n'est pas forcément un mal si on ne va pas trop loin et qu'on ne retombe pas sur des orages point de grille. Une partie du contrôle peut s'effectuer en activant les fermetures basée sur la grande échelle. Et effectivement, la fermeture « tube dentifrice » permet de diminuer les pluies grande échelle.

Le nouvel épiluchage a été laissé un peu de côté en attendant de bien contrôler w_{beff} , mais on peut y revenir par la suite.

Le modèle reste cependant trop sec (pas assez de pluie ni de prw) sur les forêts tropicales.

Les gusts changent un peu les températures à 2m sur océan. Evaluation en cours avec les données de bouées. Il semblerait que le le modèle soit soit trop humide soit trop froid à 2m. A confirmer et utiliser pour le réglage ?

On a également un biais chaud persistant sur les forêts tropicales. Il peut être dû au manque de pluie. Mais il est absent avec le même manque de pluie quand on utilise de vieilles versions d'orchidee.

A faire :

1/ Faire des choix/compromis en fonction de la double ITCZ, de la fraction de pluies grande échelle et de la variabilité.

2/ Analyser la variabilité des différentes simulations : MJO, ENSO, double ITCZ

3/ Vérifier sur les cas 1D

4/ Comprendre pourquoi on n'a pas les biais chauds des forêts tropicales dans les configurations de Frédéric.

5/ Jean-Yves continue à consolider le comportement de la convection et des poches.

6/ Finaliser les évaluations sur bouées et le réglage des rafales.

Structure globale

Plusieurs évolutions ont affecté la structure globale.

- 1/ L'atmosphère est globalement trop humide (prw) sur océans, notamment dans les zones de subsidence, et trop sèche sur les continents tropicaux.
- 2/ Les tests à l'orographie sous-maille de Guillaume améliorent beaucoup l'onde planétaire stationnaire nord, avec un impact positif sur tout un tas de choses.
- 3/ Les jets sont mieux placés (plus près des pôles) que dans les versions CM5, même avec une même grille horizontale, sans qu'on sache bien pourquoi. Effet de la grille verticale ? Changement de physique ? On a cependant des contrastes trop marqués en latitude de la pression de surface dans les moyennes latitudes, notamment l'hiver, et des jets un peu forts (à confirmer).
- 4/ La tropopause polaire reste froide (biais ultra classique).

A faire :

- 1/ finaliser les évaluations aux stations pour lez z0/gusts et réglages des rafales.**
- 2/ Vérifier les métriques dynamiques sur des simulations avec les nouveaux réglages.**
- 3/ Vérifier que la QBO et la haute atmosphère en général sont correctes. Sortir un hovmoller du vent zonal TS_MO.**

- 1/ Les derniers réglages manquent de nuages hauts. Ionela s'est attaquée à la question. Essayer de trouver des boutons de réglage spécifiques (ratqshaut est pas mal).
- 2/ Tuning en cours sur la 6086 (proche 6083).

A faire :

- 1/ Régler la 6010 à partir de la 6086 en s'ajustant par rapport au couplé de Laurent.**
- 2/ Re-régler les nuages hauts sur les dernières simulations avec convection modifiée.**
- 3/ Re-régler la version 6010 avec :**

- **nouveaux paramètres orographiques**
- **wbmax=3, flag_wb=50**
- **rafales**

Cibles prioritaires :

- **équilibre globalement**
- **biais des hautes latitudes**
- **biais de bords Est**
- **humidité troposphérique ?**

- 4/ Ne pas oublier : le réglage des tailles de gouttes via les tailles d'aérosols ; exploitation des simulateurs AIRS, COSP ... ; ajouter la comparaison des cldl du modèle avec cldlcalipso.**

Optimisation/consolidation.

- 1/ L'accélération $iperiod=7$, $nbapp_cv=48$ fonctionne bien.
- 2/ $fisrtlp$ conserve l'énergie, avec quelques corrections de bug au passage.
- 3/ les plantages semblent avoir disparu depuis les corrections sur $fisrtlp$. Les simulations 256×256 on fait 15 ans sans planter ce qui est nouveau.
- 4/ On n'est pas loin d'avoir $1+1=2$ dans le couplé (Laurent, Marie-Alice)
- 5/ Les ondes de relief ne conservent pas l'énergie (plusieurs W/m^2 quand on booste les paramètres).

A faire :

- 1/ La chasse au plantages si réapparition.**
- 2/ bousculer le modèle : simulations longues dont 4CO2. Version accélérée par défaut**
- 3/ Faire aboutir l'optimisation fortran du couplé**
- 4/ Obtenir $1+1=2$ dans le couplé.**
- 5/ Aller aussi loin que possible dans la conservation de l'énergie.**
- 6/ Vérifier $1+1=2$ en forcé avec tout, y compris les gusts.**

Réunion IPSL-ICMC 8 septembre 2016

NPv5.3 = IPSL-CM6.0.1 (été 2015)

Premiers runs longs couplés avec la nouvelle-nouvelle physique

Variabilité des pluies catastrophique (ENSO, MJO, ecarttype)

NPv5.4 → IPSL-CM6.0.2 (février 2016)

→ Plantages élucidés (problèmes dynamiques)

→ « Nouveau » mélange convection/environnement (iflag_mix=1)

→ **On retrouve une variabilité des pluies acceptable**

Continents ultra froids

NPv5.5 → IPSL-CM6.0.3 (Avril 2016)

→ **RRTM !!!!!** + Bergeron + nouvelle version d'orchidee + fermeture bilan d'eau + COSP

→ longueur de mélange minimum TKE

→ **Réduction des biais froids continentaux**

Encore des plantages centennaux non élucidés sur l'Himalaya ?

Biais chauds très marqués sur l'océan circum Antartique et les bords Est

NPv5.6 → IPSL-CM6.0.4 (Juin 2016)

Meilleur tuning énergétique : bords Est, contrastes latitudinaux ...

Bonne couverture de banquises mais disparition de la THC et el Nino fort et pas jojo

NPv5.70 → IPSL-CM6.0.5 (Juillet 2016)

Nouvelle PDF pour la distribution sous maille verticale des nuages

Cibles : tuning proche de CM6.0.4 Températures continentales et polaires : Su ? Longueur de mélange TKE ?

Tuning des SSTs au moins aussi bon que CM6.0.4

+ Sensibilité pour la THC : THC1 avec tuning proche de NPv5.5

Réunion IPSL-ICMC 30 mars 2017

NPv6.0.7 = IPSL-CM6.0.7 (automne 2016)

Nouveaux réglages

Crise de la banquise nord (avec en plus THC faiblarde)

Pluies océaniques trop forte et convection toujours actives sur les zones d'alizés

Biais de température continentales : chaud continents tropicaux et Sibérie

Biais froid Himalaya (biais d'albédo associé) et Rocheuses (sans biais d'albédo)

Variabilité des pluie insuffisante et convection active partout

Continents chauds

Double ITCZ

NPv6.0.9 = IPSL-CM6.0.9 (début 2017)

- Corrections et ajustement dans Nemo-LIM. On contrôle la banquise par l'albédo.

- Identification d'un jeu de paramètres pour l'orographie sous-maille corrigeant des biais de tension de vent dans le Pacifique et l'Atlantique Nord + correction biais chaud sibérien.

- Accélération : dt phys = 15 min, convection = 30 min , une bande latitude / processeur

Meilleures tensions de vent en Atlantique et Pacifique Nord, meilleure dynamique

Plus de glace.

Disparition du biais chaud hivernal sibérien

Enso catastrophique (amplitude très forte)

La THC s'effondre suite à la correction d'un bug sur la répartition de l'eau fluviale dans les océans.

Réunion IPSL-ICMC 30 mars 2017

NPv6.0.10 = IPSL-CM6.0.10 (printemps 2017)

- Activation de la convection conditionnée par l'atteinte du point de congélation, densité des poches différenciée O/A
- Conservation de l'énergie + corrections bugs nuages (20 ans en 256x256x79, 6.5 ans/j)

**On retrouve un nettement meilleur ENSO grâce au conditionnement de la convection profonde
THC encore plus inexistant que dans la 6.0.9 avec correction du bug de runoff.
Des biais chauds continentaux, notamment dans les tropiques
Plantages récurrents dans le hautes latitudes dans l'océan, liés à des débacles.**

4 déclinaisons de la 6.0.10 sont définies mais seule la première a été vraiment regardée.

NPv6.0.10blcv= IPSL-CM6.0.10 (printemps 2017)

- Se différencie avant tout par une nouvelle version de Mellor et Yamada (travail Etienne Vignon)
- retuning des nuages hauts

**Favorable à la THC (sans savoir pourquoi) qui devient raisonnablement forte, suite à des changements concomitants dans l'océans.
Nouvelle répartition du runoff permettant d'éviter les plantages « debacle »
Des biais de SST perfectivles
Une variabilité des précipitations dans le forcé perfectivles.**

Les configurations disponibles pour LMDZ

Au bout du compte, on a trois familles de réglages qui diffèrent par le choix sur la compétition entre convection profonde et peu profonde. Elles pourraient conduire à trois versions du modèle à tester en parallèle (voir à exploiter scientifiquement).

Idéalement, ça pourrait définir 3 versions des .def de la 6012 quand on aura mis les nouveaux forçages (il a été décidé en réunion pirate qu'on attendait les nouveaux forçages pour définir la 6012).

6012ttop : à choisir parmi **6011**, **6011gust** et **6011ttop**. utilisation de `t_top_max` pour le contrôle de la convection. Privilégier plutôt 6011ttop si pas d'argument flagrant pour les autres.

6012split : à choisir parmi **6011cvoro** et **6011cvoroH 6011split**. utilisation de du splitting des thermiques pour les favoriser par rapport à la convection. Privilégier plutôt la 6011split.

6012trig : à choisir parmi **6011trig** et **6011trigB**. Utilisant la surface critique des cumuls pour le déclenchement. Privilégier plutôt 6011trigB.

Les configurations disponibles pour LMDZ NPv6.0.11* = IPSL-CM6.0.11 (été 2017)

6011 : l'utilisation de t_top_max pour interdire la convection d'Emanuel si elle n'est pas assez profonde a permis d'obtenir un Enso acceptable.

6011gust : Comme son nom l'indique, elle inclut l'activation des gusts (mais aussi, iflag_evap_prec=2). Toutes les suivantes incluent également les gusts.

6011ttop : C'est la suite de la précédente. Le nom est celui du choix fait sur la convection (utilisation de t_top_max, comme les deux précédentes). Retuning profitant de corrections dans le schéma de réévaporation de la pluie et un wbmax plus faible pour favoriser la pluie au Sahel.

6011cvoro : le oro fait allusion au fait qu'on active l'option Orotkc. Le cv (convection) pour le fait qu'on utilise le « splitting » en n'activant les thermiques qu'en dehors des poches froides.

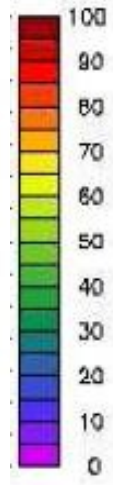
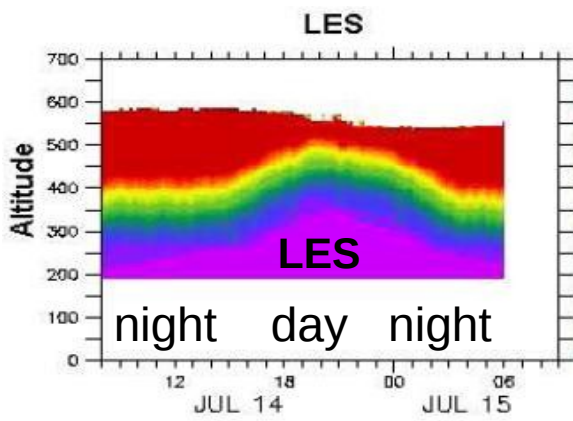
6011cvoroH : une version un peu re-réglée de la précédente

6011split : Une suite de cvoro profitant de iflag_evap_precip=3 et ... Le nom est changé pour mettre davantage en avant le choix sur la convection

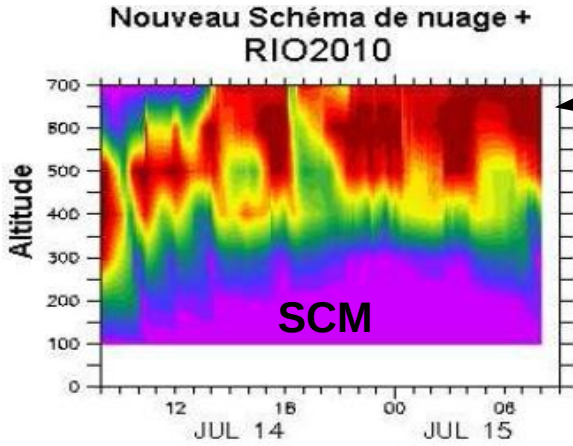
6011trig : Augmentation de la surface critiques (strig) des cumulus à partir de laquelle ils dégénèrent en cumulonimbus (triggering de la convection). A nouveau pour inhiber un peu la convection et laisser de la place aux thermiques. La trig inclut le splitting.

6011trigB : Une version re-réglée profitant de iflag_evap_precip=3

The original thermal plume model not simulating strato-cumulus clouds

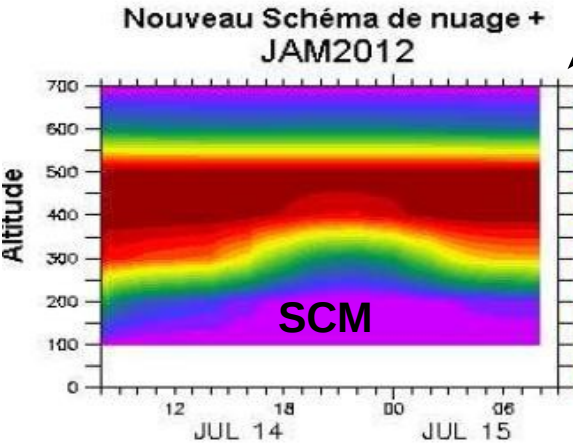


LES of fire case
 diurnal cycle of strato-cumulus
 Cloud fraction in %



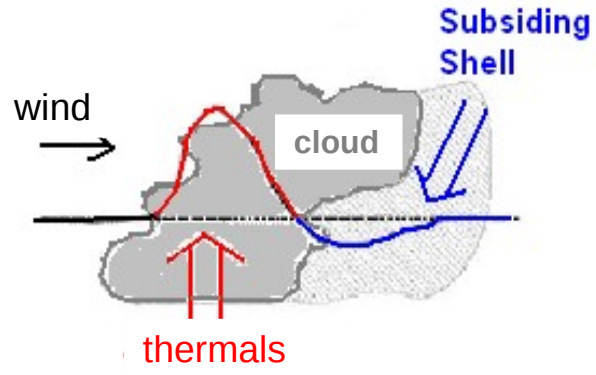
The original version of the thermal plumes created instabilities

In CMIP5, it was deactivated in the presence of strong inversion



Modification of the thermal plume model for CMIP6.
 For detrainment, the plume buoyancy is computed using environmental properties coming from an altitude $dz = \lambda z$ above

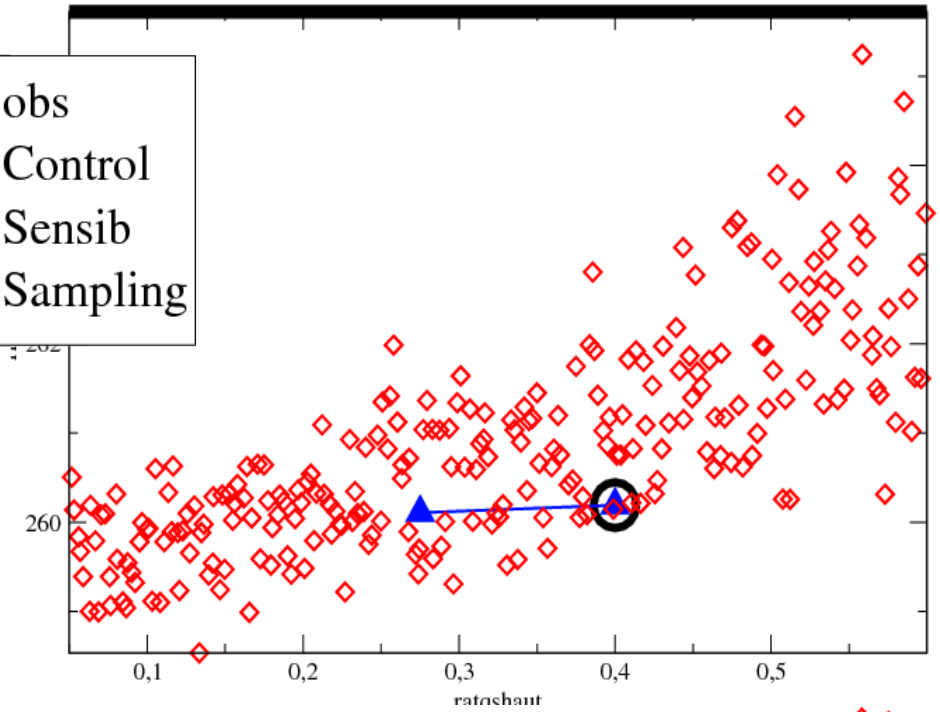
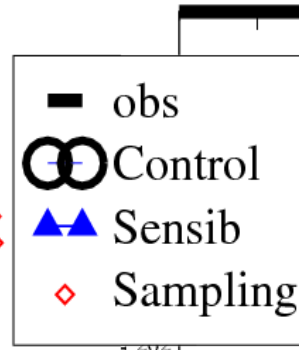
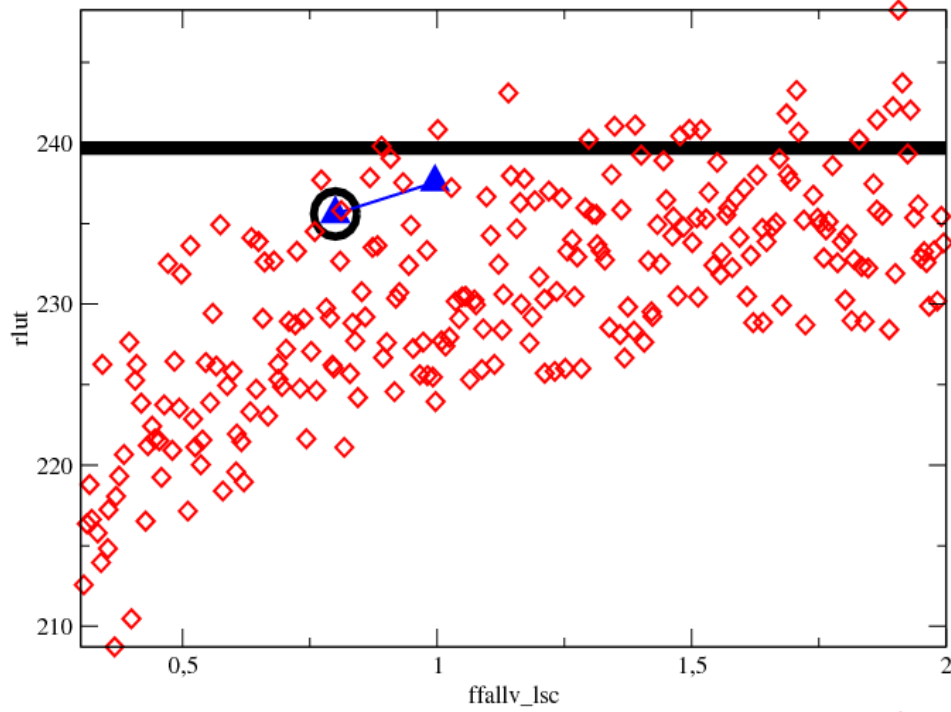
$$d = f \max\left(0, -\frac{a_1 \beta_1}{1 + \beta_1} \frac{B}{w^2} + c \left(\frac{q_a - q}{q_a}\right)^d\right)$$



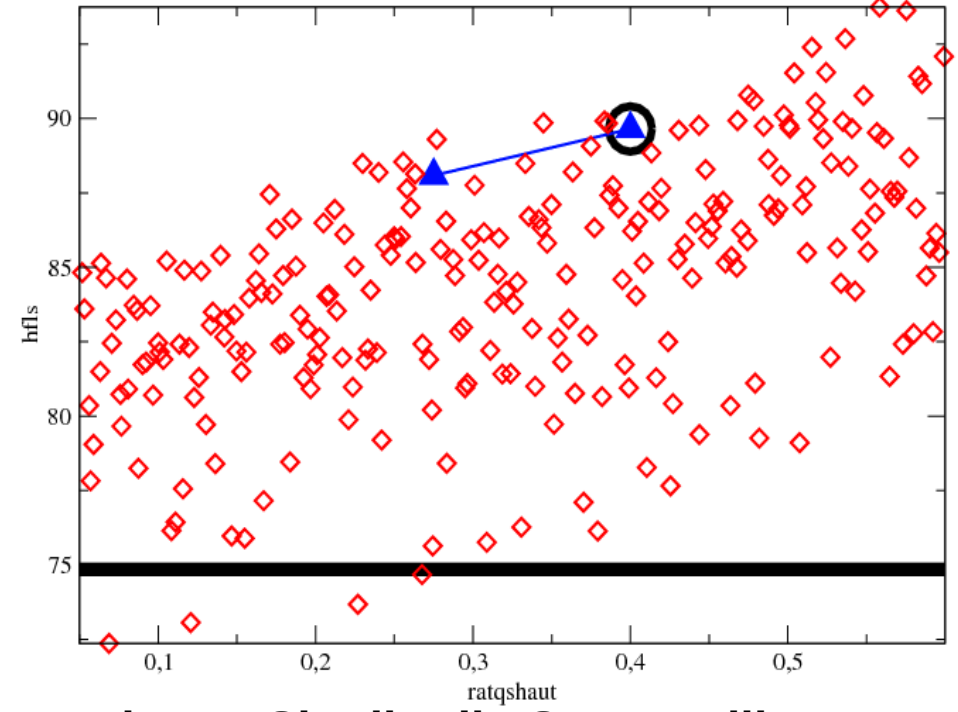
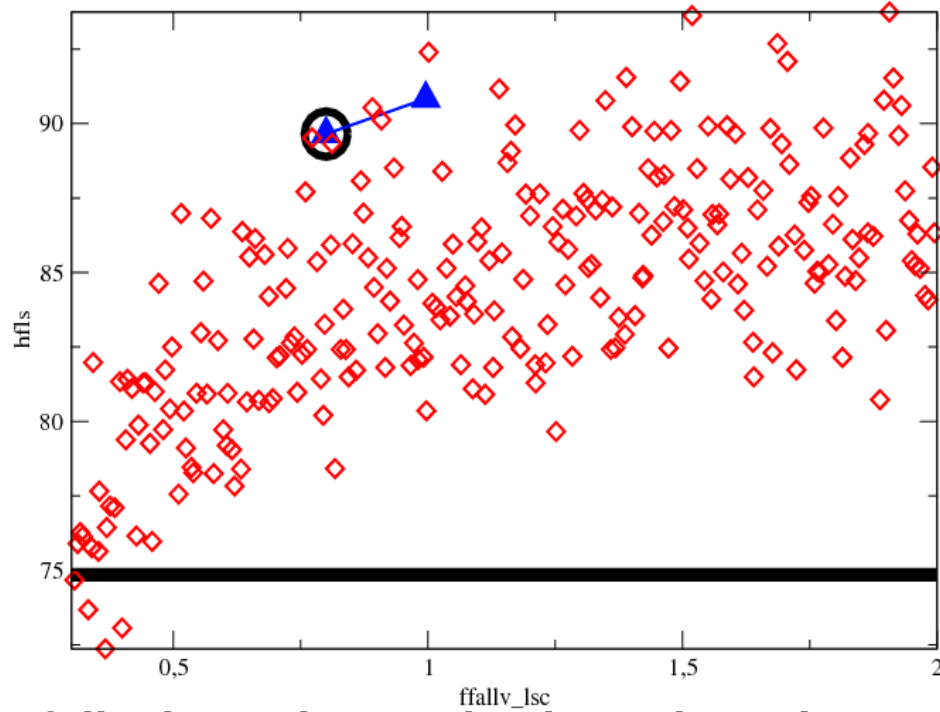
$$B = \frac{\theta_{v,th}(z) - \theta_{v,env}(z+dz)}{\theta_{v,env}(z+dz)}, dz = \lambda z$$

Grandeurs globales, LMDZ-Orchidee 144x142x79, 250 simulations de 2 ans

OLR (W/m^2)



Latent Heat Flux (W/m^2)



fallv_lsc : vitesse de chute des cristaux

Ratqshaut : Sig distrib. Sous maille eau

II. From 1D to 3D : tuning of model reference configurations

Tuning of free parameter : a fundamental aspect of climate modeling

Feeling that this question was not discussed enough, we organized a one-week workshop on model tuning with Torsten Mauritsen in October 2014 in Garmisch-Partenkirchen.

The Art and Science of Climate Model Tuning, Hourdin et al., **BAMS**, march 2017

**One particularly important aspect shared by most groups:
tuning of cloud parameters to obtain a reasonable representation of radiative forcing**

Example of tuning of a scale factor on the fall velocity of ice particles shared by several models

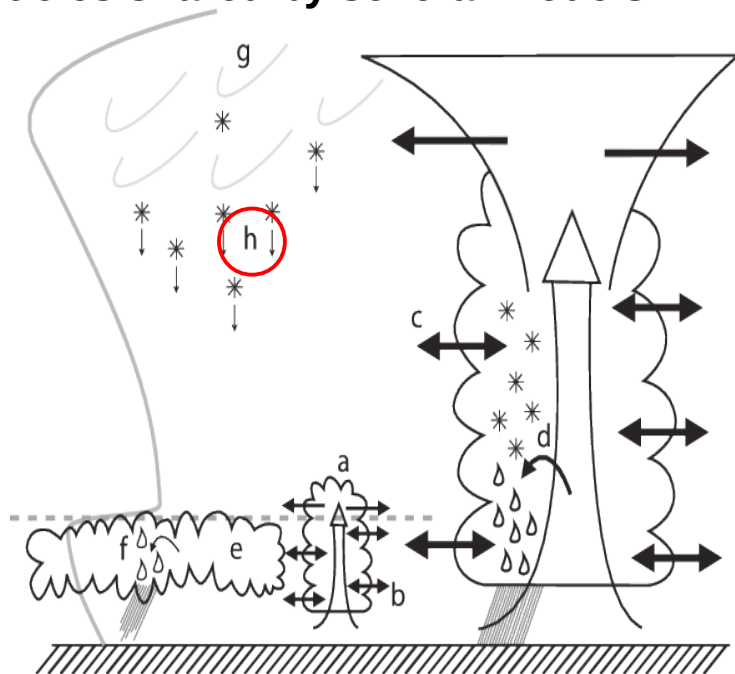
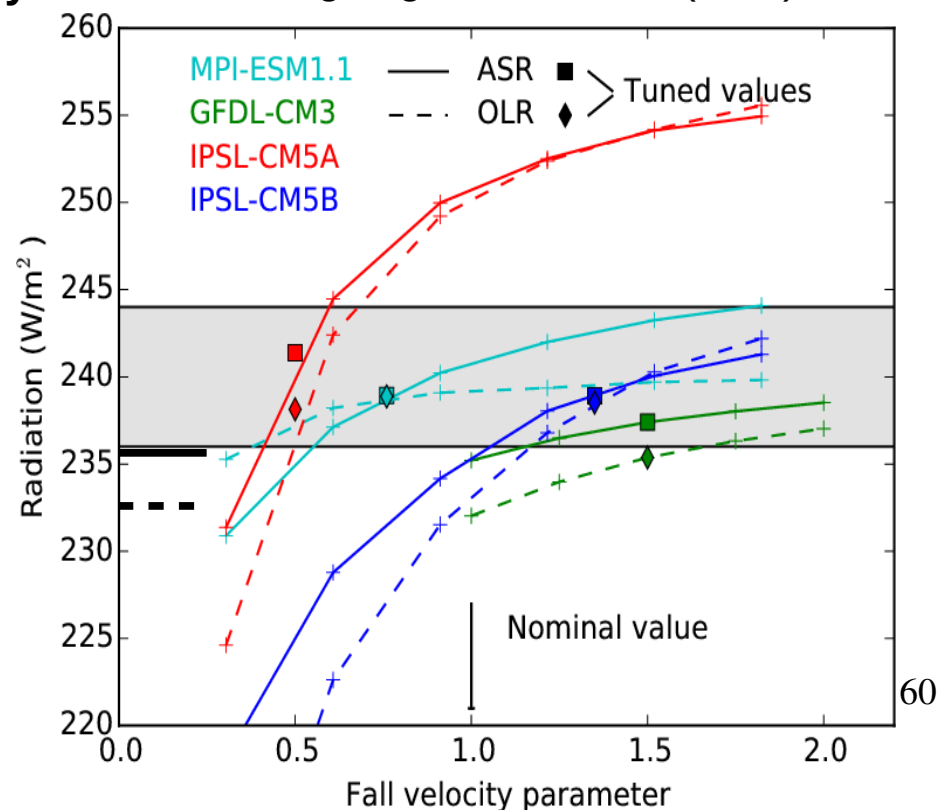


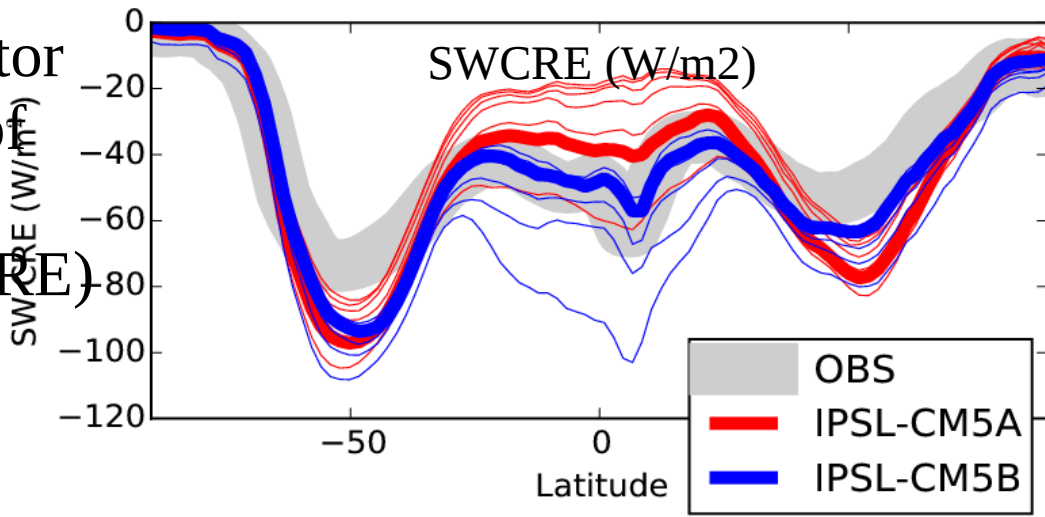
Figure from Mauritsen et al, 2013 (MPI model)

Impact on the global Top-Of-Atmosph. fluxes
Absorbed SW radiation (ASR)
Outgoing LW radiation (OLR)

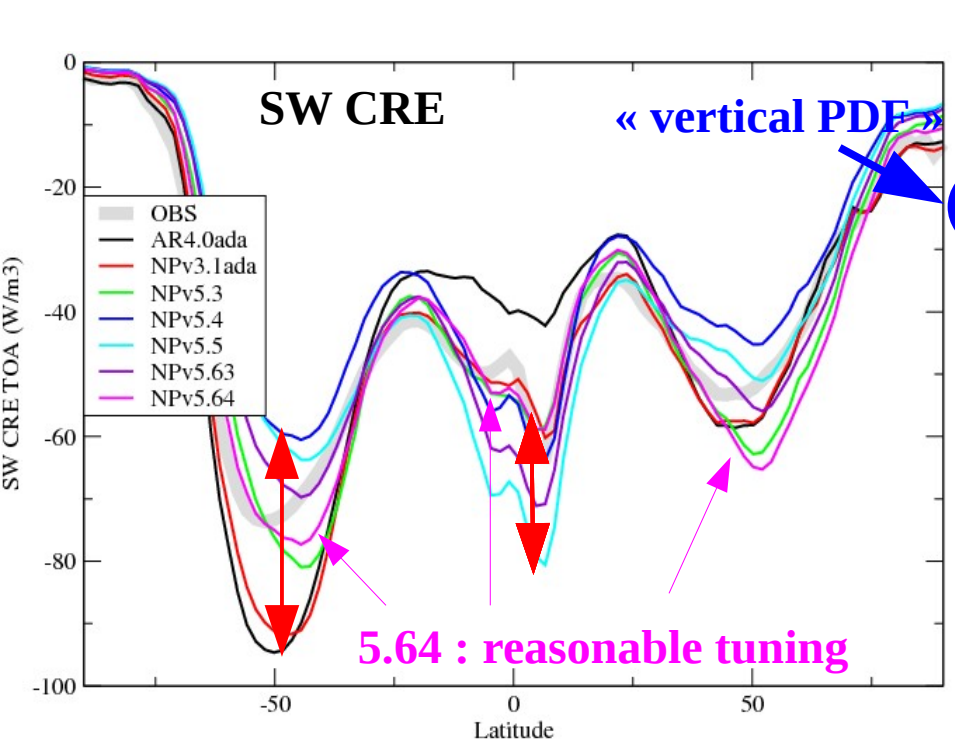


Global tuning affects the latitudinal distribution of cloud radiation that drives the circulation.

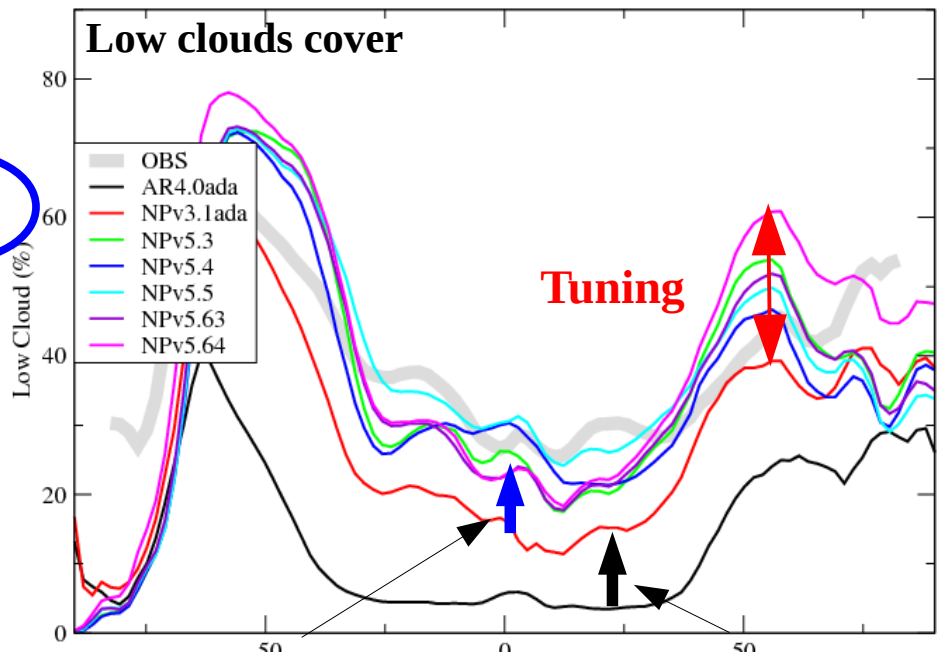
Impact of the same scaling factor on the latitudinal distribution of the SW Cloud Radiative Effect (CRE)



Latitudinal variations of Cloud Radiative effects, target of the tuning procedure for LM



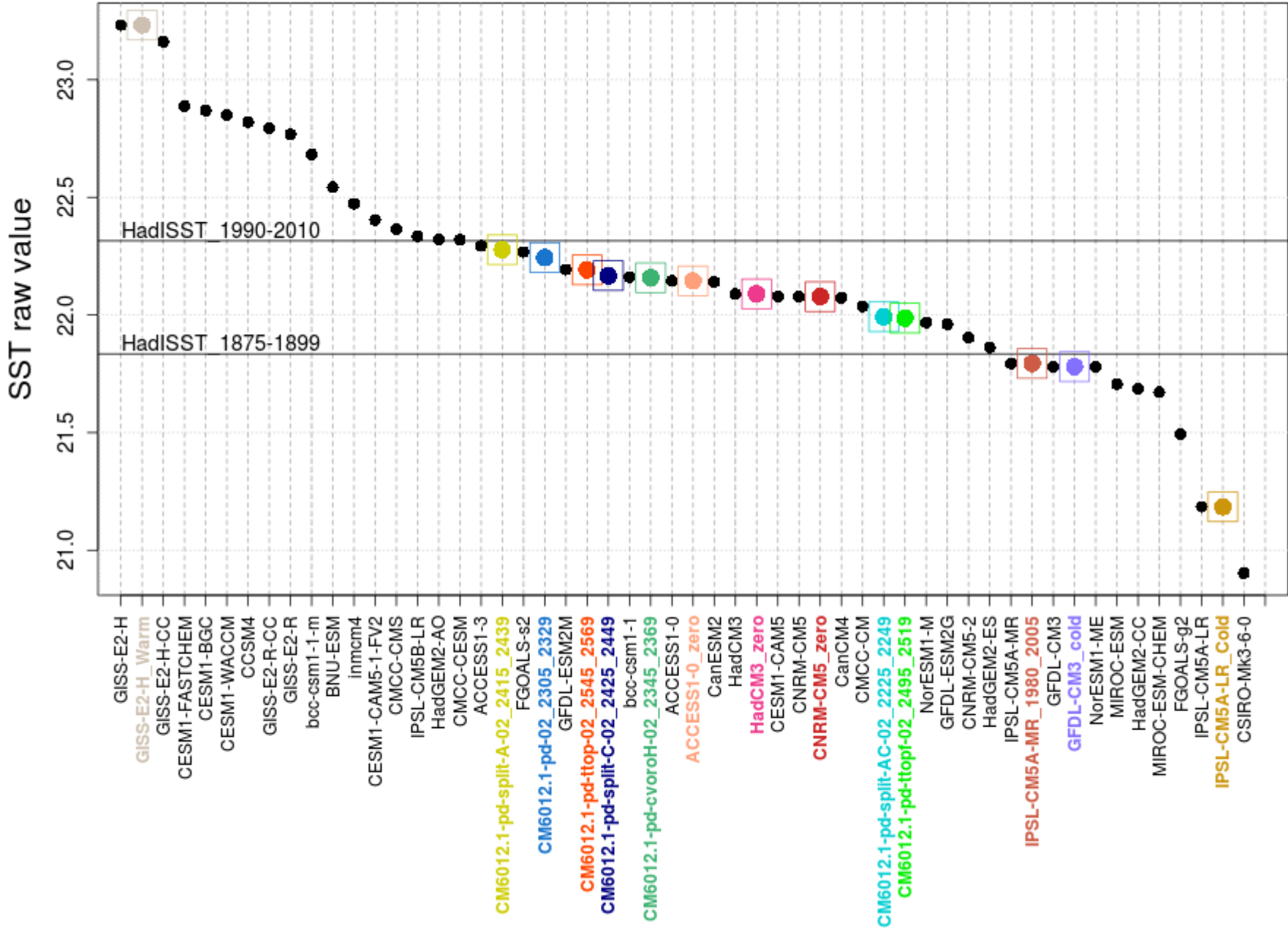
- 5A
- 5B
- 6.0.1
- 6.0.2
- 6.0.3
- 6.0.4
- 6.0.5



Accounting for vertical inhomogeneities Robust improvement Thermal plume model

50S 50N - space average

annual mean

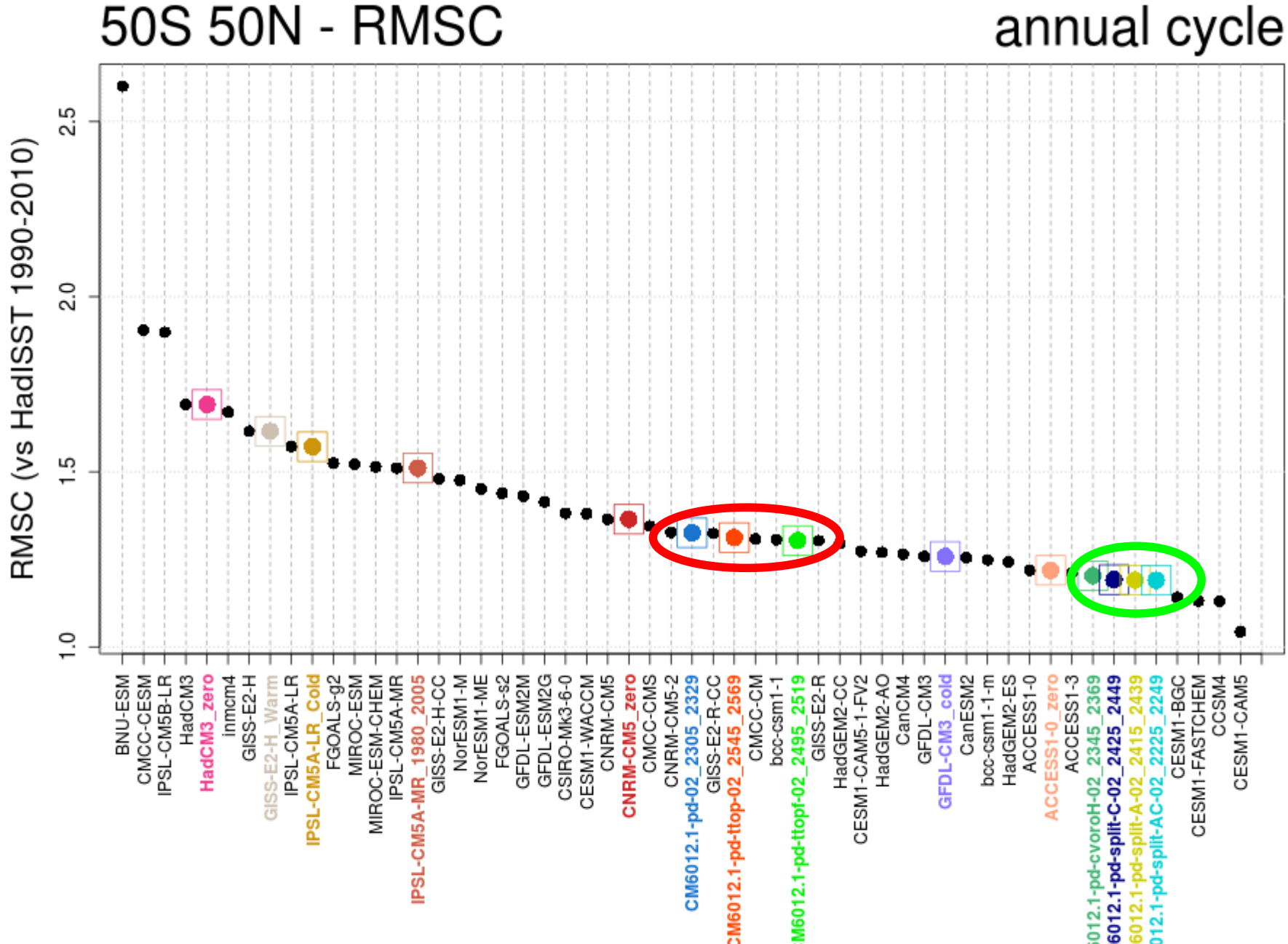


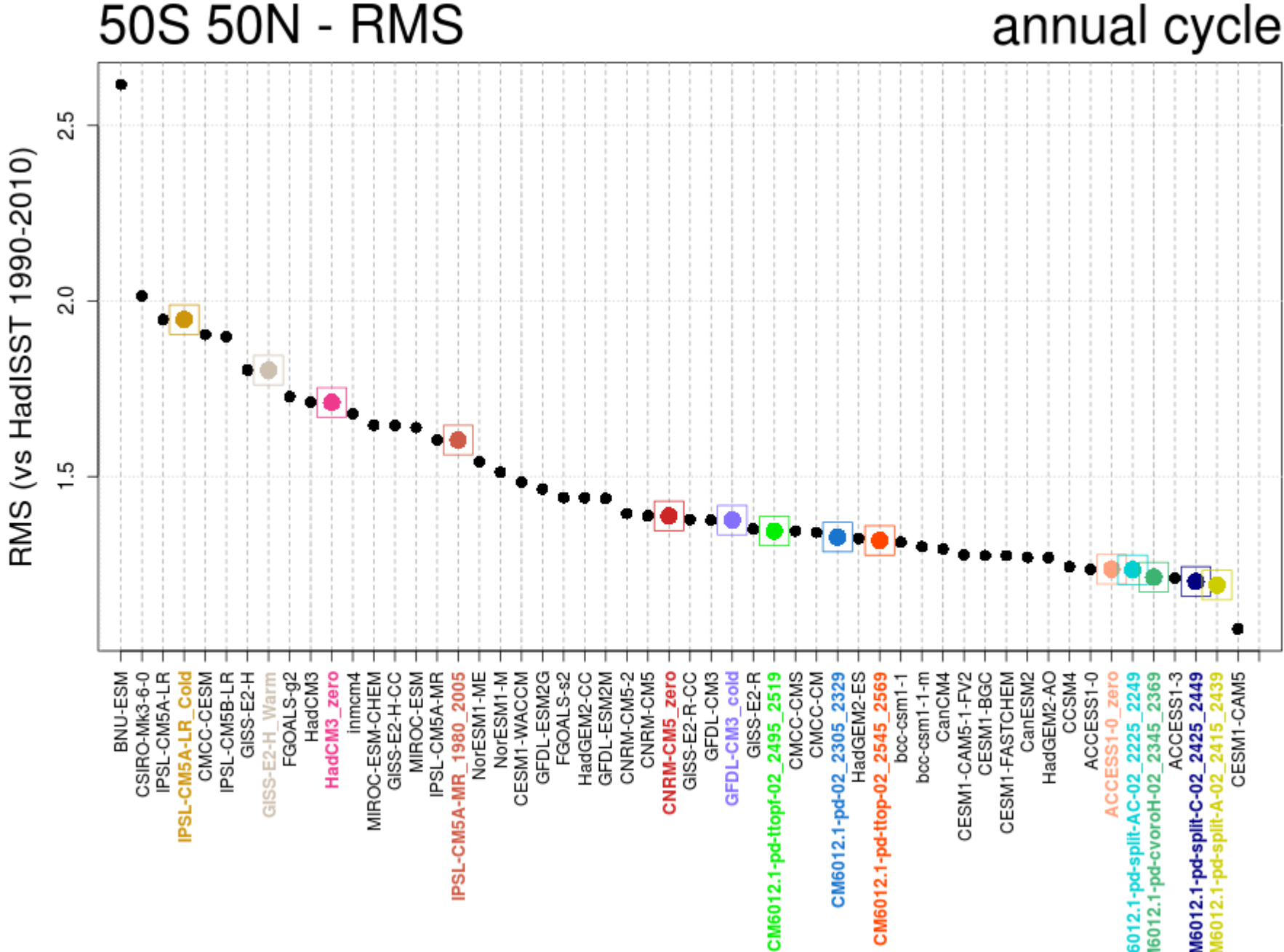
Comparaison des deux séries de simulations :

Top : ~~ctrl~~, ~~ttop~~, ~~ttopf~~

Split : ~~cvero~~, ~~cveroH~~, ~~split~~, split-A (albedo renforcé), split-C (conductivité renforcée), ~~split-B~~, AC

Trig : ~~trig~~, ~~trigN~~





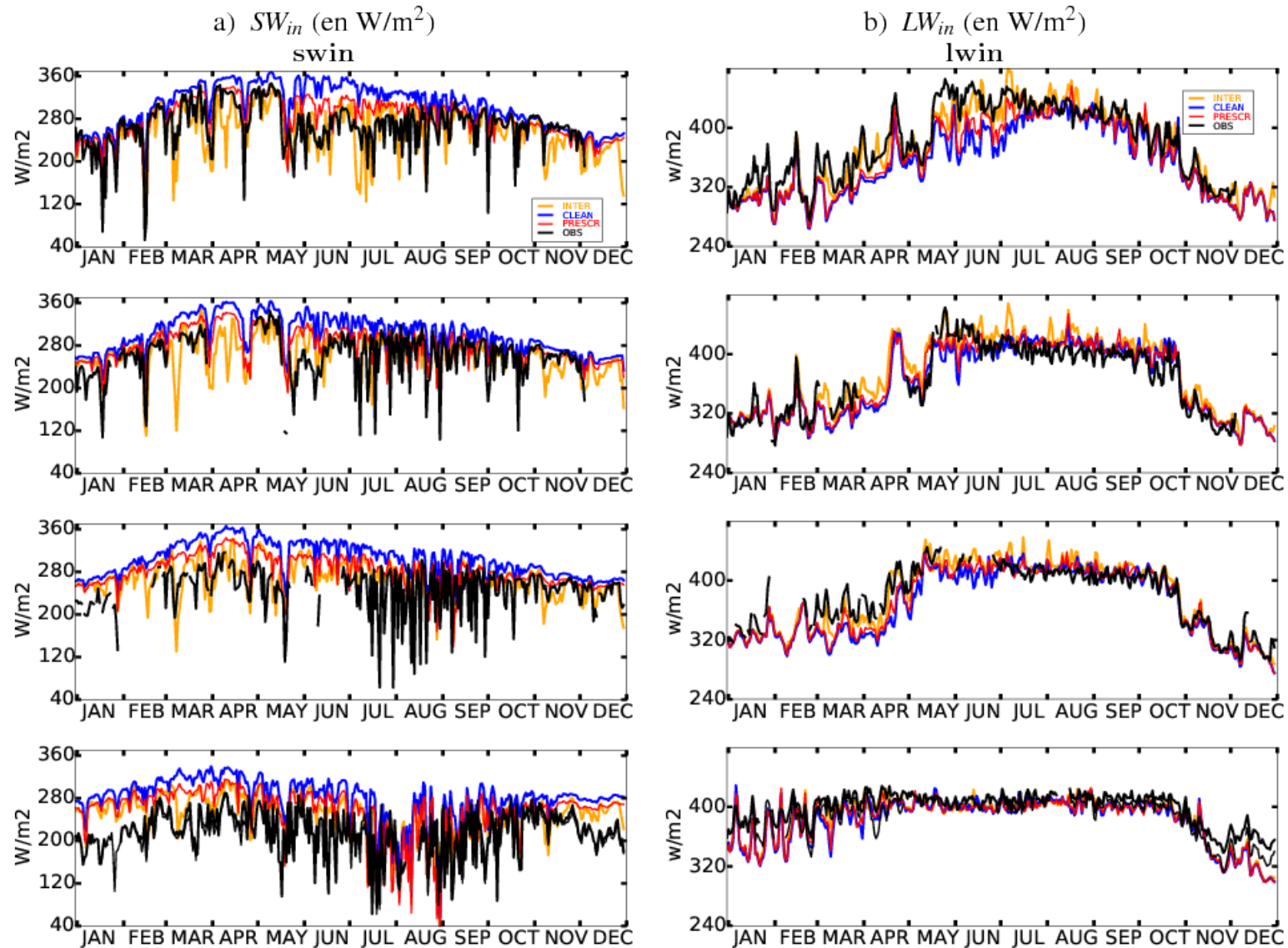


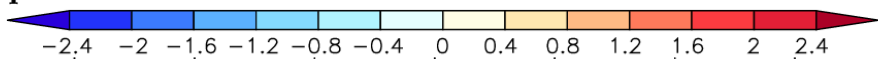
FIGURE 4.12 – Évolution journalière des flux (en W/m^2) solaire (SW_{in} , gauche) et infra-rouge (LW_{in} , droite) descendant de l'année 2006 aux stations de Bamba, Agoufou, Wankama, Nalohou et Bira (respectivement de haut en bas). Les données d'observations in-situ (noir) sont comparées aux sorties des simulations PRESCR (rouge), INTER (orange) et CLEAN (bleu).

III. Toward systematic biases reduction : the case of Eastern tropical ocean warm bias

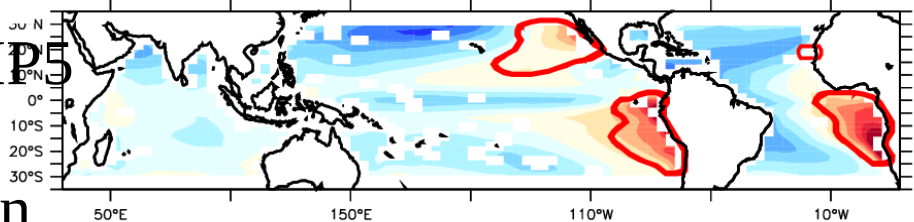
Hourdin et al., 2016, GRL, Gainusa-Bogdan et al, 2017 + Abdoul Khadre Traore poster



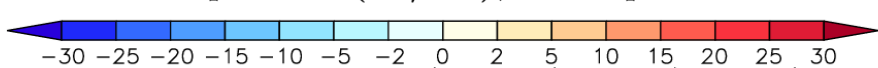
a) Surface temperature bias pattern (K), coupled simulations:



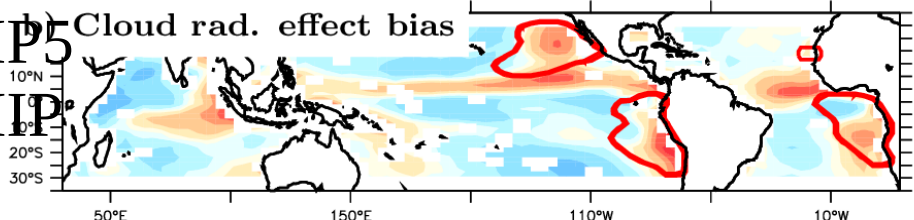
CMIP5
Ens.
Mean



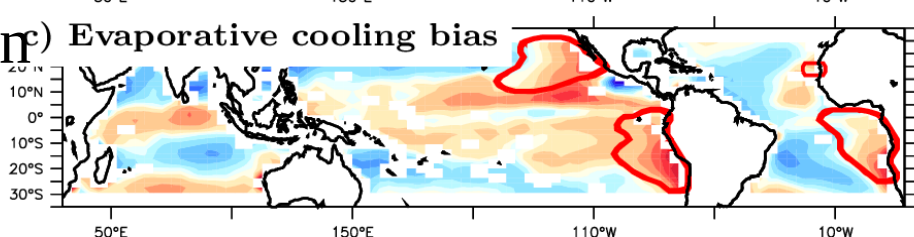
b) Heat flux bias pattern (W/m^2), atmosphere-alone:



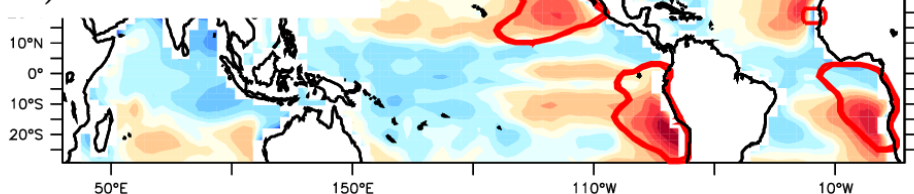
CMIP5
/AMIP
Ens.



Mean

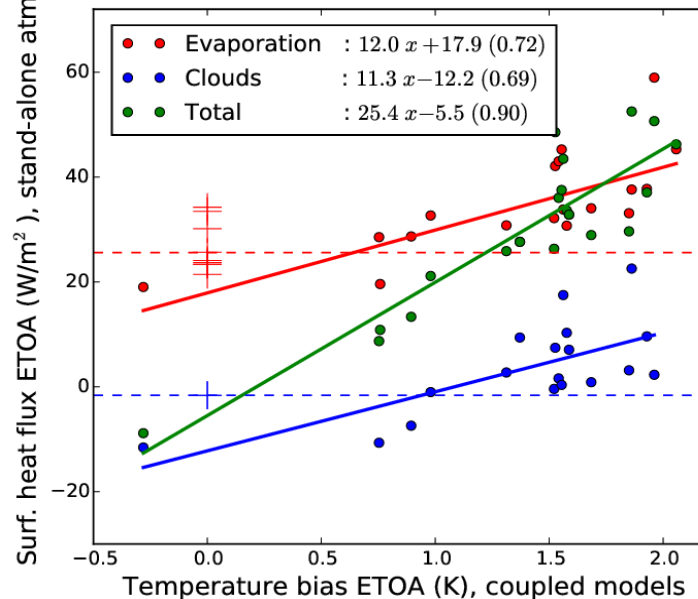


d) RH induced bias

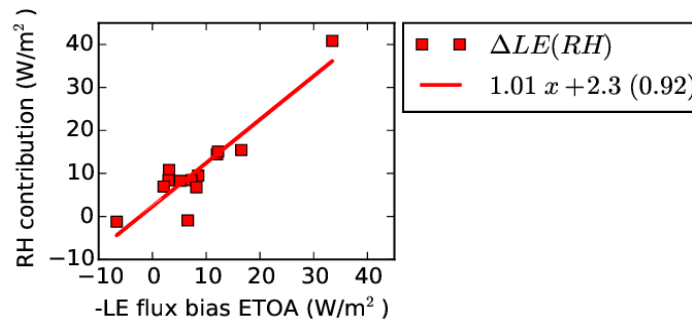


e) Heat flux/temperature ETOA relationship

ETOA = Eastern Tropical Ocean Anomaly



f) $-LE$ ETOA bias explained by RH



- Warmest models on Eastern Tropical Ocean are those with largest downward radiation or smallest evaporative cooling in imposed-SST atmospheric simulations and considering anomalies.

- The models with underestimated evaporative cooling are those with overestimated humidity

Is the Eastern Tropical biases issue solved ?

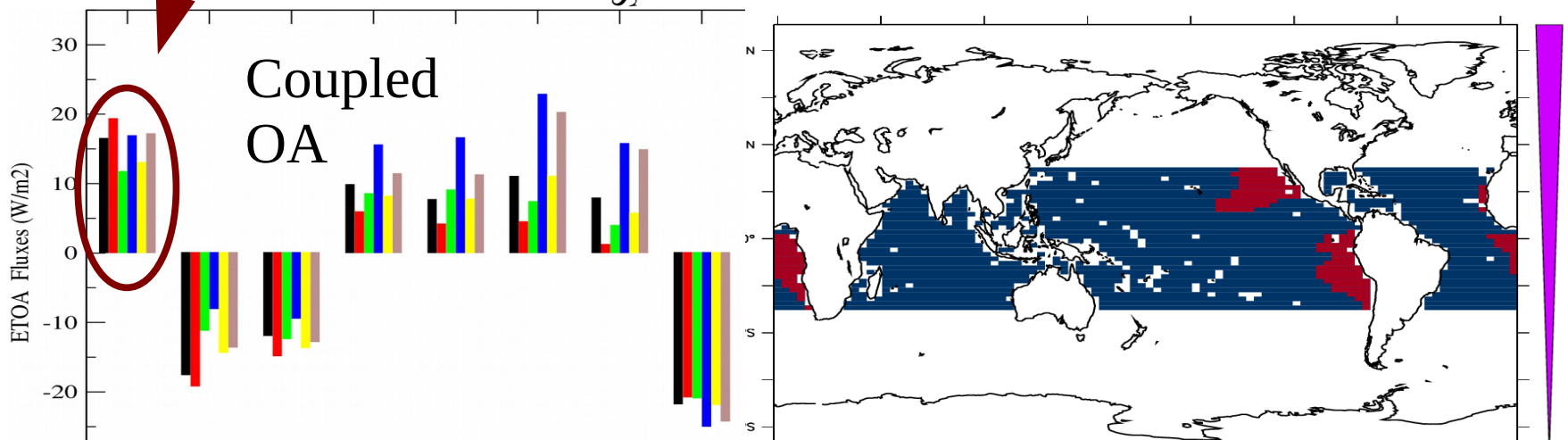
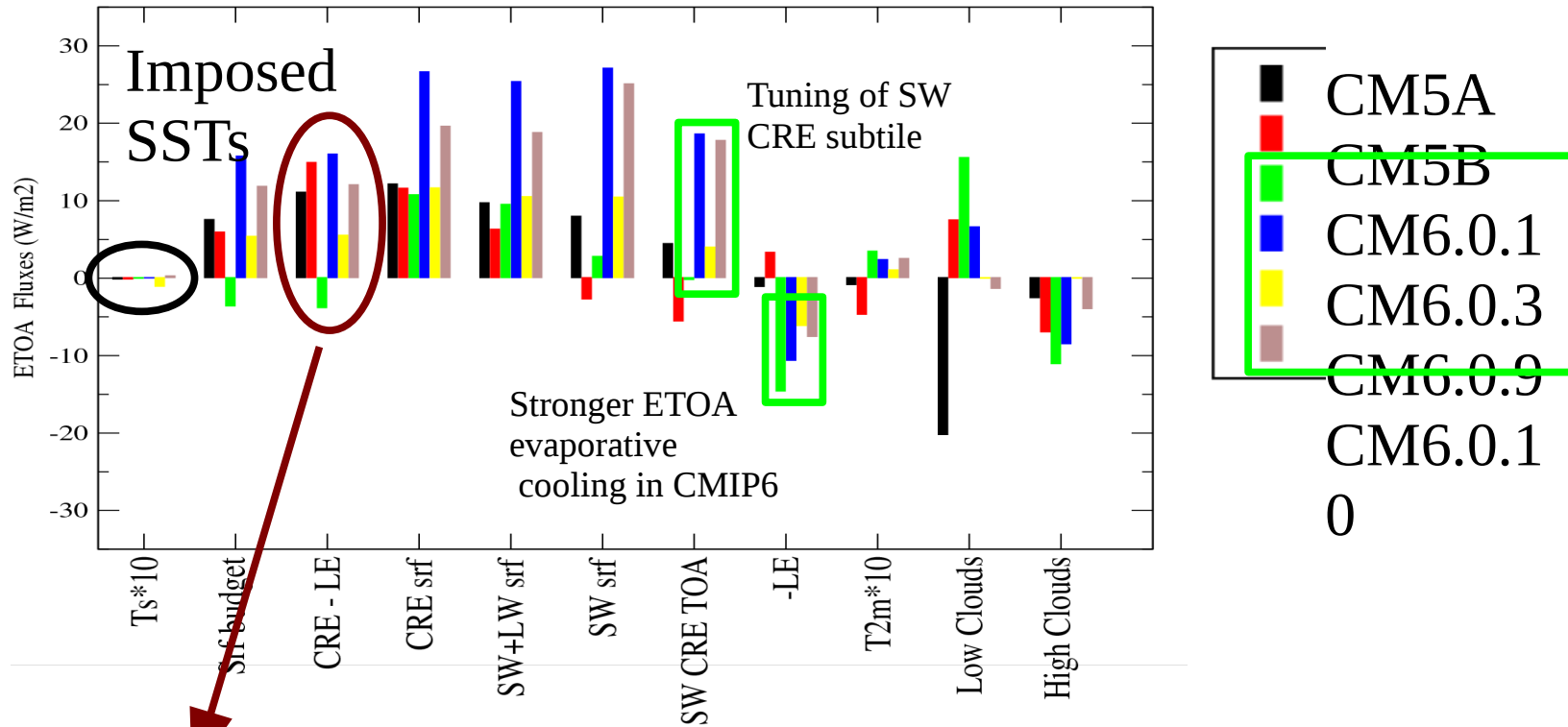
No but questions and metrics identified

ETOA flux metrics used systematically for tuning of IPSL CM6

The link between atm. alone flux biases and coupled SST biases is confirmed

A first encouraging version but strongly dependent on tuning of clouds

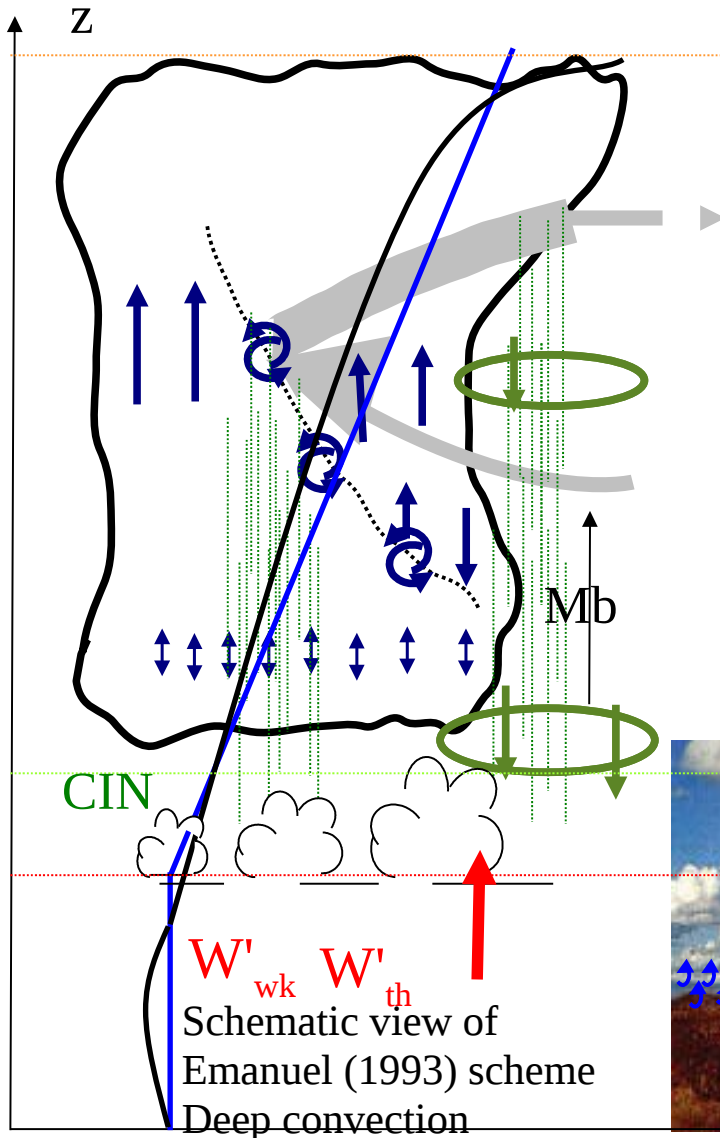
Other sources contribute (wind stress and oceanic origine, see Aurore Voldoire poster)



III. Des fronts de rafales qui assurent sous les grains

« Nouvelle physique » =

- « Modèle du thermique » (Hourdin, Rio et al, 2002-2013)
- Paramétrisations des oches froides (Grandpeix et Lafore 2010)
- Contrôle de la convection par les processus sous-nuageux



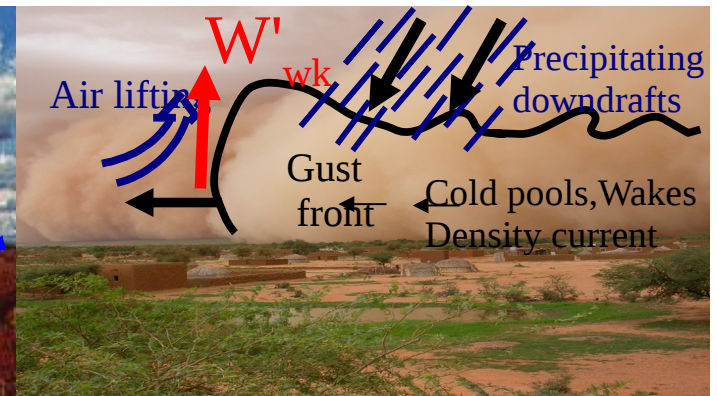
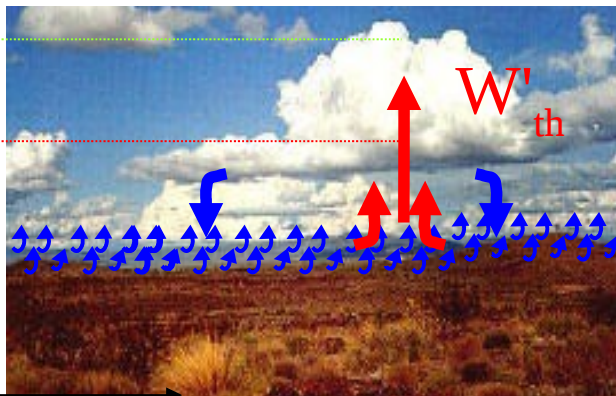
→ Fermeture basée sur les processus sous-nuageux
Dans LMDZ : on se base sur la vitesse verticale W' estimée par les paramétrisations des thermiques et des poches froides.
(thèse Catherine Rio)

K: Energie de soulèvement disponible
ALE en J/kg, proportionnel à w'^2 .

→ **Déclenchement : $\max(ALE_{th}, ALE_{wk}) > |CIN|$**

P: Puissance de soulèvement disponible
ALP en W/m², proportionnel à w'^3 .

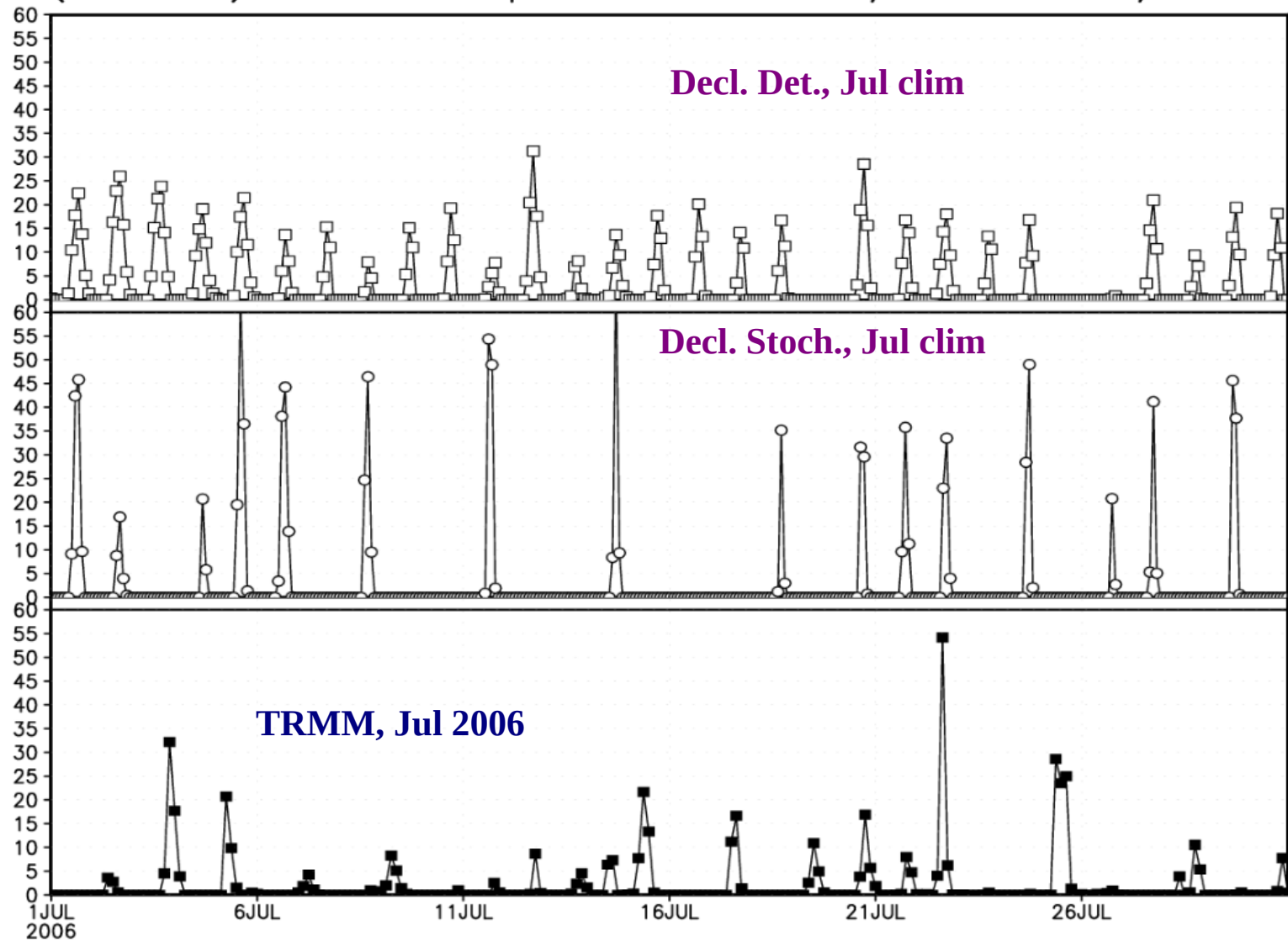
→ **Fermeture : $MB = f(ALP_{th} + ALP_{wk})$**



θ_v

3. La convection profonde

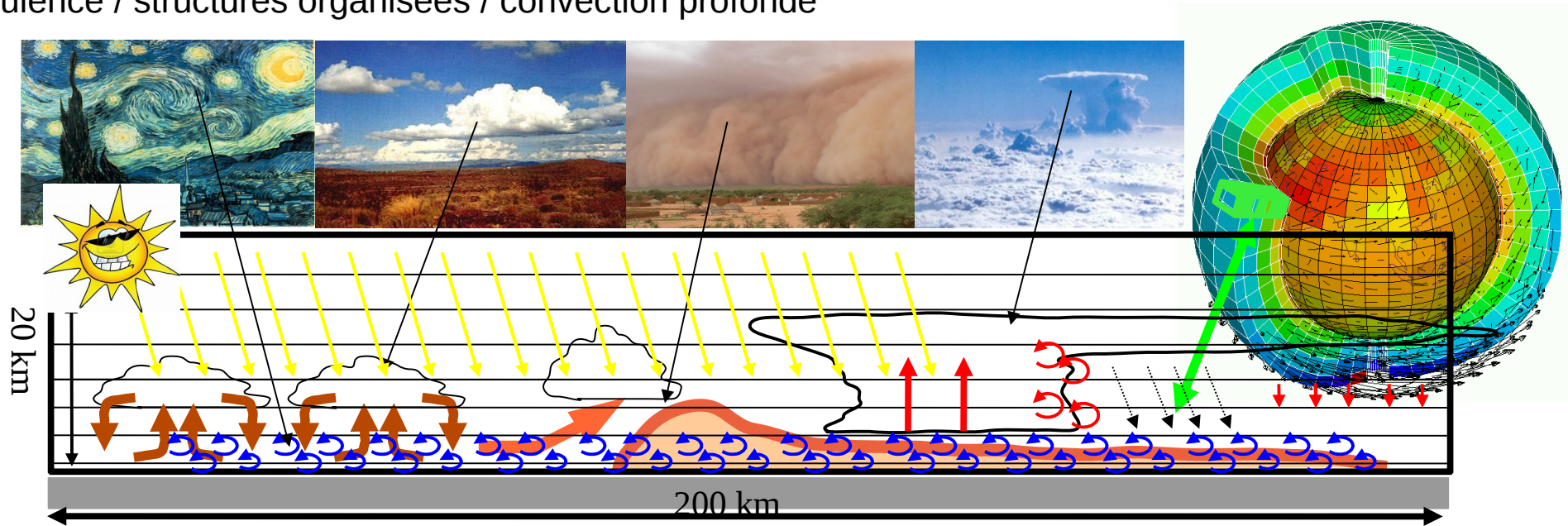
(0E,12N), Jul, Precip, Deterministic/Stochastic/TRMM



4. Conclusions et pistes de travail

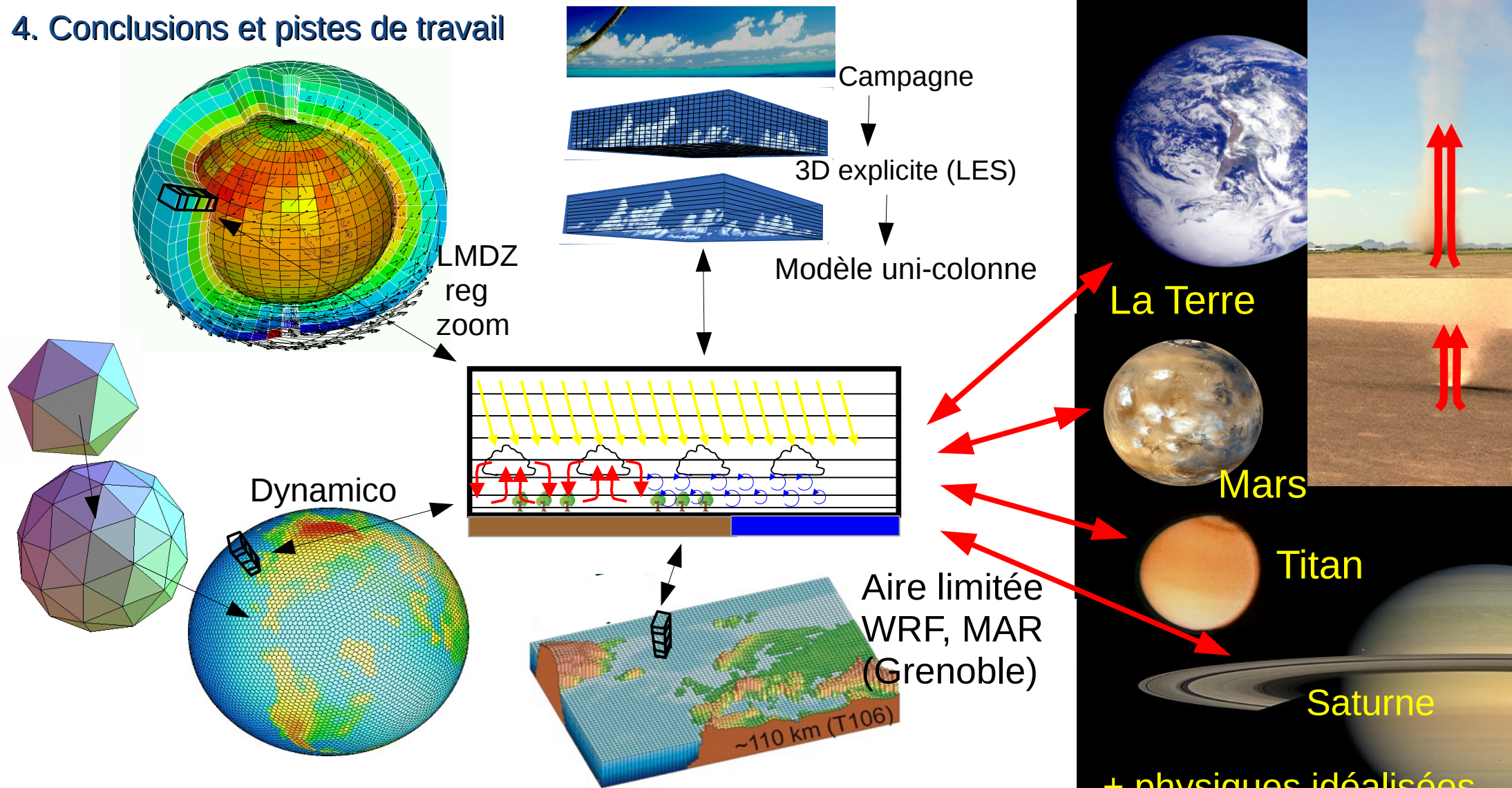
Un nouveau cadre de travail et développement des paramétrisations

Choix de séparer trois échelles pour le transport vertical :
turbulence / structures organisées / convection profonde



- Couvreur, F., F. Hourdin, and C. Rio, **2010**, Resolved Versus Parametrized Boundary-Layer Plumes. Part I: A Parametrization-Oriented Conditional Sampling in Large-Eddy Simulations, *Boundary-layer Meteorol.*, 134, 441–458, 2010.
- Grandpeix, J., and J. Lafore, **2010**, A Density Current Parameterization Coupled with Emanuel's Convection Scheme. Part I: The Models, *Journal of Atmospheric Sciences*, 67, 881–897, 2010.
- Grandpeix, J. Y., V. Phillips, and R. Tailleux, 2004, Improved mixing representation in Emanuel's convection scheme, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 130, 3207–3222, **2004**.
- Grandpeix, J., J. Lafore 2010, A Density Current Parameterization Coupled with Emanuel's Convection Scheme. Part I *Journal of Atmospheric Sciences*, 67, 898–922, **2010**.
- Grandpeix, J., J. Lafore, and F. Cheruy, 2010, A Density Current Parameterization Coupled with Emanuel's Convection Scheme. Part II: 1D Simulations, *Journal of Atmospheric Sciences*, 67, 898–922, **2010**.
- Hourdin, F., F. Couvreur, and L. Menut, **2002**, Parameterisation of the dry convective boundary layer based on a mass flux representation of thermals, *J. Atmos. Sci.*, 59, 1105–1123, 2002.
- Hourdin, F., I. Musat, S. Bony, P. Braconnot, F. Codron, J.-L. Dufresne, L. Fairhead, M.-A. Filiberti, P. Friedlingstein, J.-Y. Grandpeix, G. Krinner, P. Levan, Z.-X. Li, and F. Lott, **2006**, The LMDZ4 general circulation model: climate performance and sensitivity to parametrized physics with emphasis on tropical convection, *Climate Dynamics*, 27, 787–813, 2006.
- Hourdin, F., J.-Y. Grandpeix, C. Rio, S. Bony, A. Jam, F. Cheruy, N. Rochetin, L. Fairhead, A. Idelkadi, I. Musat, J.-L. Dufresne, A. Lahellec, M.-P. Lefebvre, and R. Roehrig, April 2012, LMDZ5B: the atmospheric component of the IPSL climate model with revisited parameterizations for clouds and convection, *Clim. Dyn.*, 79, April **2012**.
- Jam, A., F. Hourdin, C. Rio, and F. Couvreur, Resolved versus parametrized boundary-layer plumes. part iii: A diagnostic boundary-layer cloud parameterization derived from large eddy simulations, accepted in *BLM*, **2013**.
- Rio, C., and F. Hourdin, 2008, A thermal plume model for the convective boundary layer : Representation of cumulus clouds, *J. Atmos. Sci.*, 65, 407–425, **2008**.
- Rio, C., F. Hourdin, J. Grandpeix, and J. Lafore, 2009, Shifting the diurnal cycle of parameterized deep convection over land, *Geophys. Res. Lett.*, 36, 7809–+, **2009**.
- Rio, C., F. Hourdin, F. Couvreur, and A. Jam, **2010**, Resolved Versus Parametrized Boundary-Layer Plumes. Part II: Continuous Formulations of Mixing Rates for Mass-Flux Schemes, *Boundary-layer Meteorol.*, 135, 469–483, 2010.
- Rio et al., **2012** : closure revisited

4. Conclusions et pistes de travail



Interface physique/dynamique

- Physique essentiellement verticale
- Couplage de plusieurs « physiques » avec plusieurs « dynamiques »

+ physiques idéalisées
+ physiques
« génériques »
+ Physique MAR

3. La convection profonde

Du déterministe au probabiliste au stochastique

L'exemple du critère de déclenchement du schéma de convection

Thèse de Nicolas Rochetin

LMDZ5A: $B(\text{LCL} + 40\text{hPa}) > |\text{CIN}|$

LMDZ5B: $\text{ALE} > |\text{CIN}|$

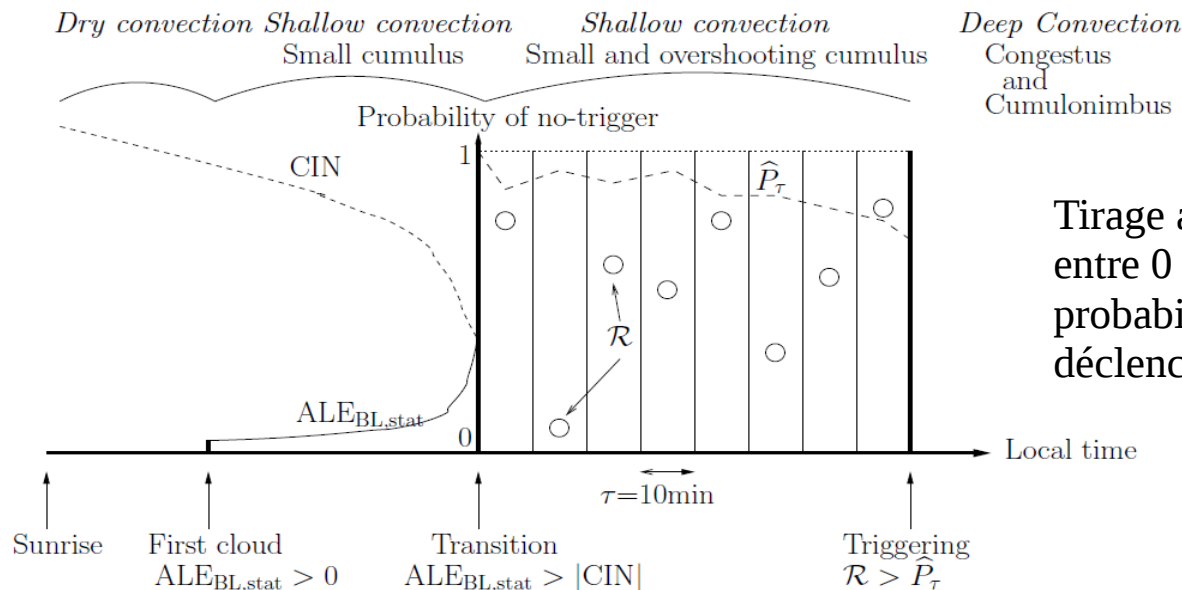
Approches déterministes

Calcul de ALE en considérant un spectre de thermiques:

- distribution exponentielle de la surface des thermiques au LCL
- distribution gaussienne des vitesses des ascendances élémentaires constituant les thermiques au LCL

Approches probabilistes

Calcul de la probabilité que la maille contienne un nuage suffisant grand pour déclencher la convection



Tirage aléatoire d'un nombre entre 0 et 1 comparé à la probabilité de non déclenchement

Approche stochastique

Rochetin et al.

3. La convection profonde

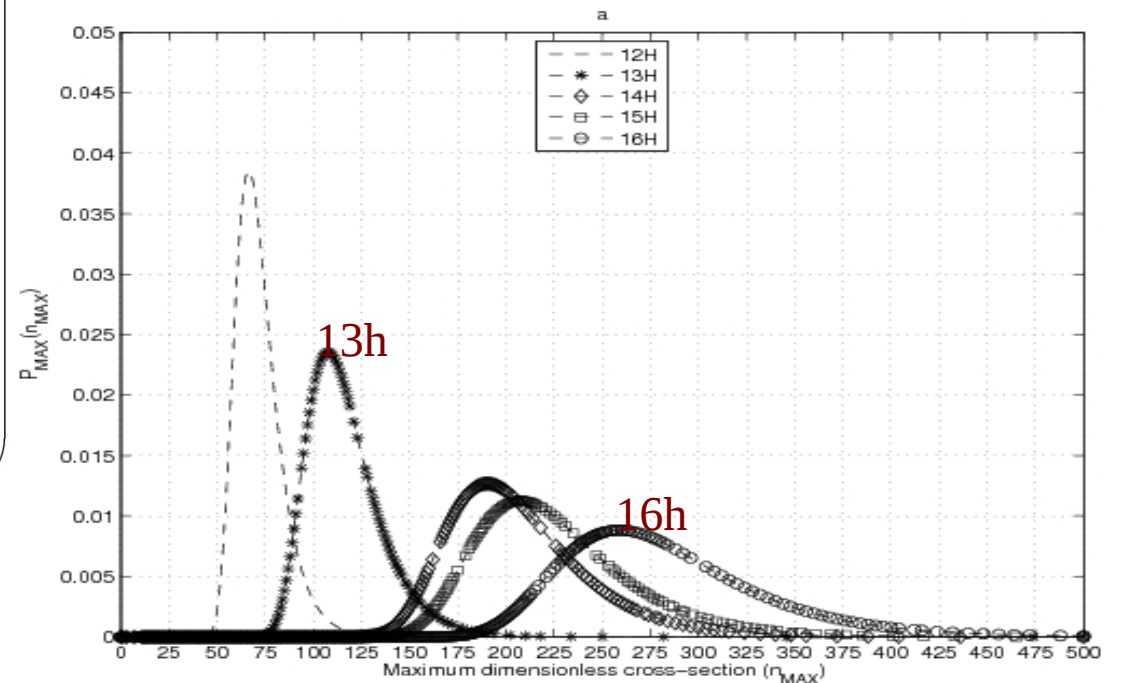
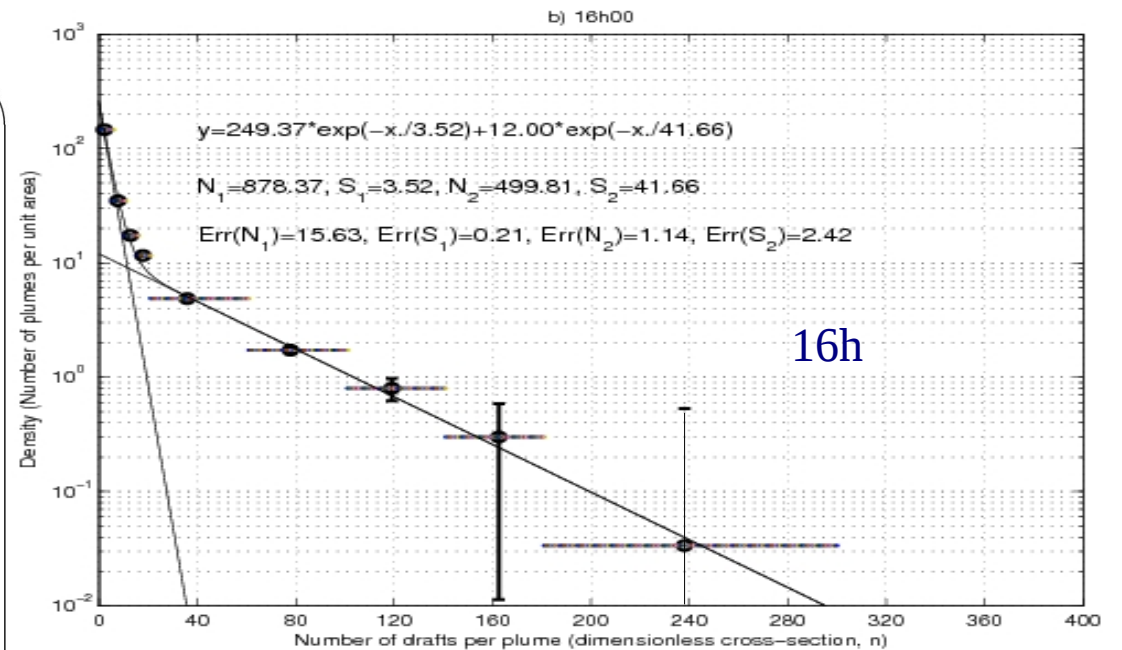
Propriétés statistiques des panaches

-I- sections

- Deux populations de panaches avec pdf exponentielle de la section s à la base du nuage :

$$\mathcal{N}(s) = \frac{N_1}{s_1} \exp\left(\frac{-s}{s_1}\right) + \frac{N_2}{s_2} \exp\left(\frac{-s}{s_2}\right) \quad (3)$$

- Seule la population 2 intéresse le déclenchement
- La section moyenne de la population 2 croît au cours du temps.
- **La PDF du maximum de s se décale vers les grands s au cours du temps.**



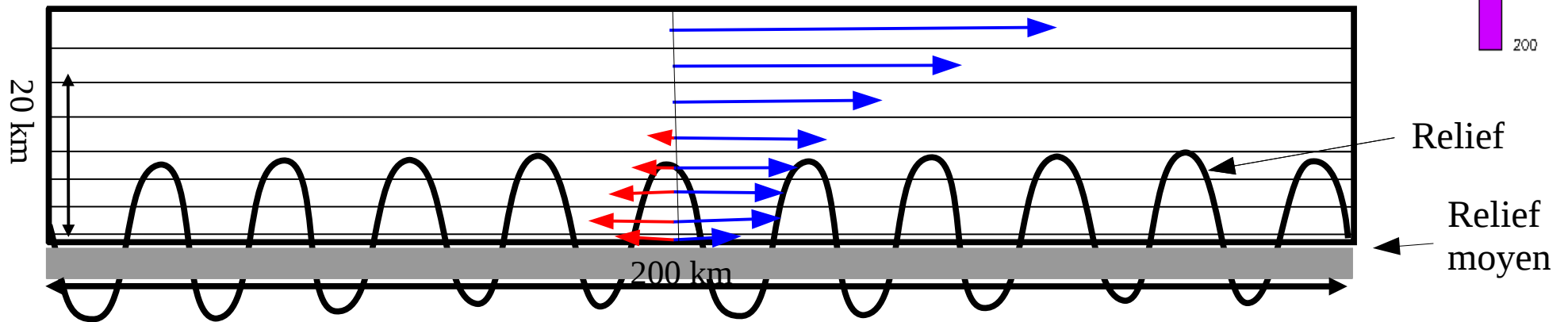
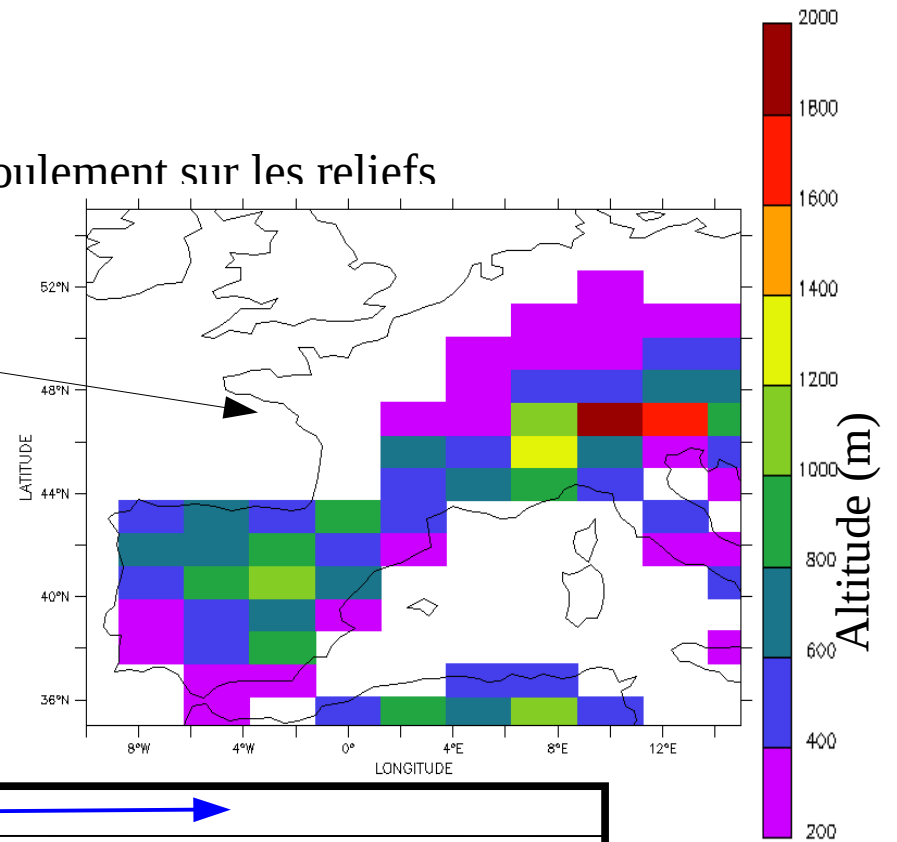
1. Introduction et principes des paramétrisations

Un exemple de processus sous-maille : l'écoulement sur les reliefs

- Le **relief moyen de la surface** intervient dans le noyau dynamique comme une condition à la limite inférieure
- Ce relief moyen ne rend pas compte de la barrière que représentent les montagnes les plus hautes pour l'écoulement
- Exemple simple de paramétrisation possible : introduction d'un terme de freinage dans les basses couches de l'atmosphère.

$$DU/Dt + (1/\rho) \text{grad}p - g + 2 \underline{\Omega} \wedge \underline{U} = \underline{F}$$

$$\underline{F} = -a(z) \underline{U}$$

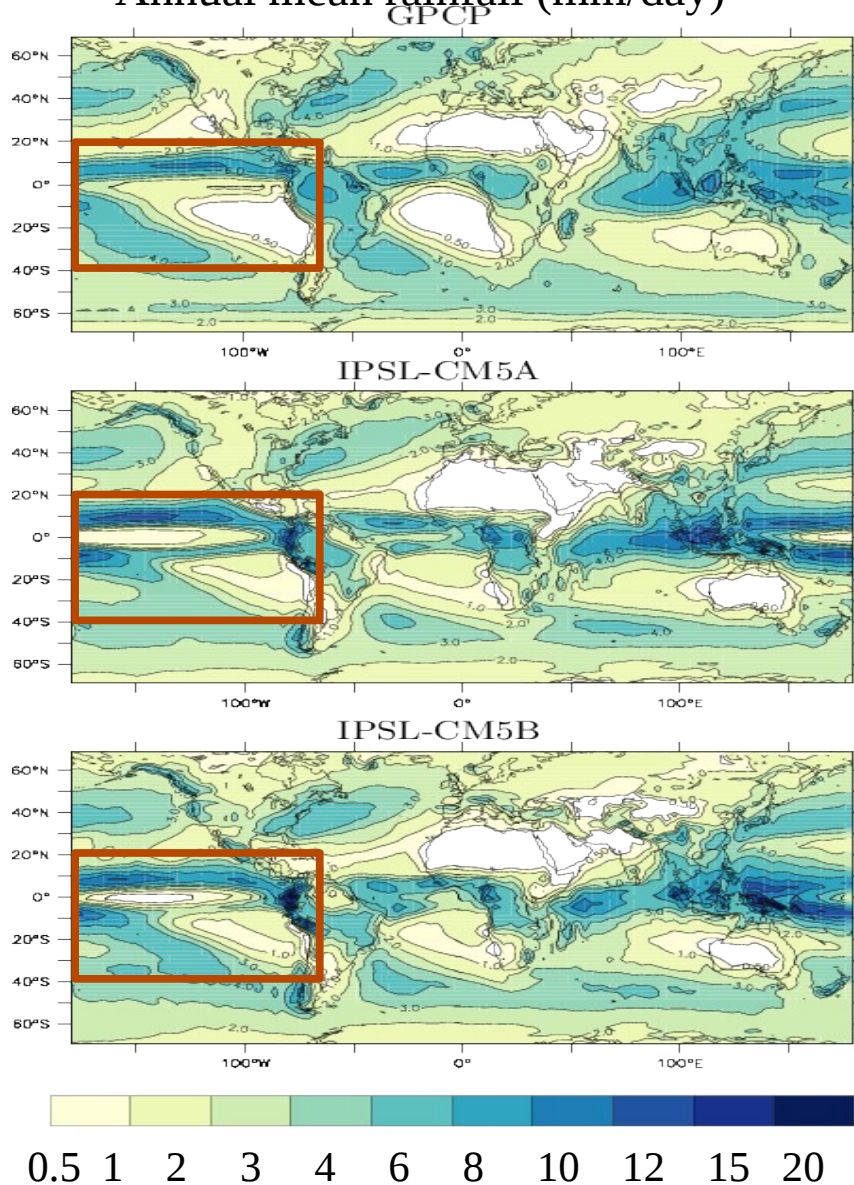


Dans les modèles actuels, on rend compte en plus de :

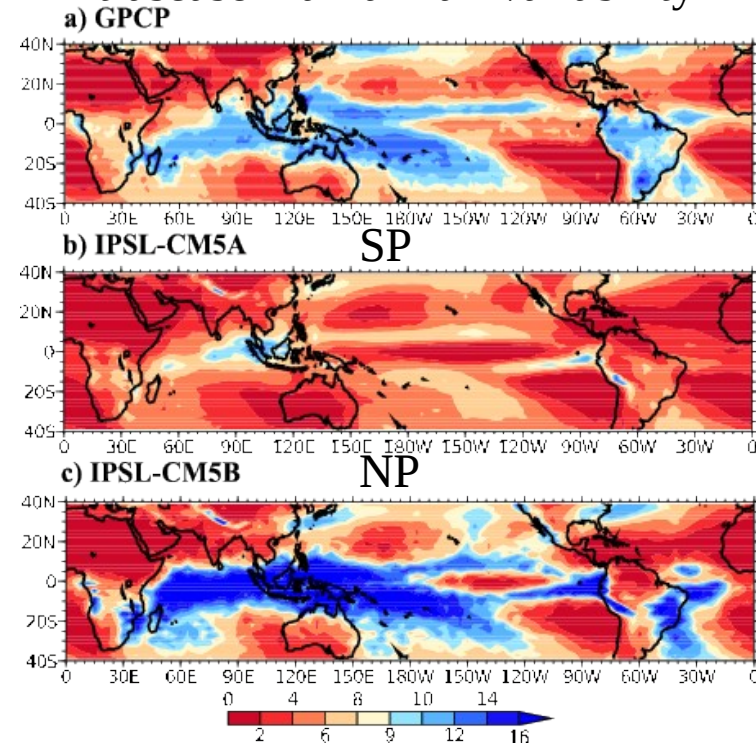
- l'injection d'ondes (de gravité) dans l'atmosphère
- l'effet de détournement (portance) du relief
- l'effet de la stabilité de l'atmosphère (franchissement plus facile dans une atmosphère moins stratifiée)

3. La convection profonde

Slight bias reduction for
Annual mean rainfall (mm/day)



Large positive impact on the
Intraseasonal rainfall variability



Standard deviation of daily rainfall anomalies (mm/day) of the a) GPCP dataset (1996-2009), b) IPSL-CM5A and c) IPSL-CM5B preindustrial simulations, for the winter season (November to April - NDJFMA)

3. La convection profonde

Coupling convection with sub-cloud processes: ALE & ALP; 2

More generally, the convection parametrization is coupled to sub-cloud processes through the two variables: *ALE* (for the trigger) and *ALP* (for the closure).

$$\mathbf{ALE = \sup(ALE_{PBL}, ALE_{ORO}, ALE_{WK})}$$

ALE (Available Lifting Energy) (*J/kg*)

ALE = order of magnitude of the kinetic energy of the strongest updraughts (scale $\simeq km$).

- Boundary layer: $ALE \simeq (\frac{1}{2}w^2)_{max}, \simeq (\frac{1}{2}w^2)_{Thermals}$.
- Orography thermal effect: ALE estimated from the potential energy of the surface layer.
- Density currents: $ALE = \frac{1}{2}C^{*2}$, (C^* = gust front velocity).

ALP (Available Lifting Power) (*W/m²*)

- PBL:

$$ALP = \frac{1}{2}\overline{\rho w^3} \quad (\simeq \text{qq } 0.01 \text{ W/m}^2)$$

- Density currents:

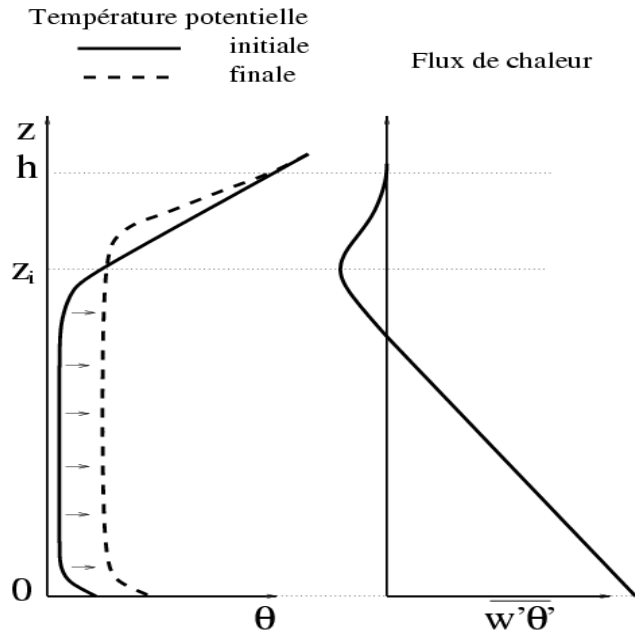
$$ALP = h_w \Gamma_w \frac{1}{2} \rho c^{*3} \quad (\Gamma_w = \text{gust frt lgth / unit area}) \\ (\simeq \text{qq } 0.1 \text{ W/m}^2)$$

- Orography:

$$ALP = - \int_{top}^{base} \vec{D} \cdot \vec{V} dp \quad (\simeq \text{qq } 0.1 \text{ W/m}^2)$$

$$\mathbf{ALP = ALP_{PBL} + ALP_{ORO} + ALP_{WK}}$$

2. La couche limite convective nuageuse



Mise en défaut des paramétrisations en diffusion turbulente dans les couches limites convective.
 Transport en remontant le gradient

$$\overline{\rho w' \phi'} = -\rho K_\phi \frac{\partial \phi}{\partial z}$$

Diffusion turbulente :

Kz(Ri) ex: Louis 1979, et schéma LMD (Laval et al., 1981)

Mellor et Yamada (MY) $Kz = l \sqrt{\epsilon}$ de/dt = ..., TKE

Schémas non locaux

-> **Contregradient** (Deardorf, 1966). **LMD** : contregradient imposé similarité étendue à la couche limite convective (Troen & Mart, 1986, Holtzlag & Boville, 1993= **HB**)

-> Longueurs de mélange non locales (Bougeault)

-> **Flux de masses**

* Modèles de couche mélangée (Betts, Albrecht, Wang, Suarez et al....)

* au sens des paramétrisations de la convection profonde (Chatfield & Brost, 1987,

TH : Hourdin et. al., JAS, 59:1105-1123)

-> Matrices de transilience (Stull, 1984, Pleim & Chang, 1992)

-> Schémas d'ordre plus élevé (Abdella & Mc Farlane, 1997, Randall et al., 1992, Lapen & Ransall, 2002)

$$\overline{\rho w' \phi'} = -\rho K_\phi \left(\frac{\partial \phi}{\partial z} - \Gamma_\phi \right) + \hat{f} (\phi_a - \phi)$$

2. La couche limite convective nuageuse

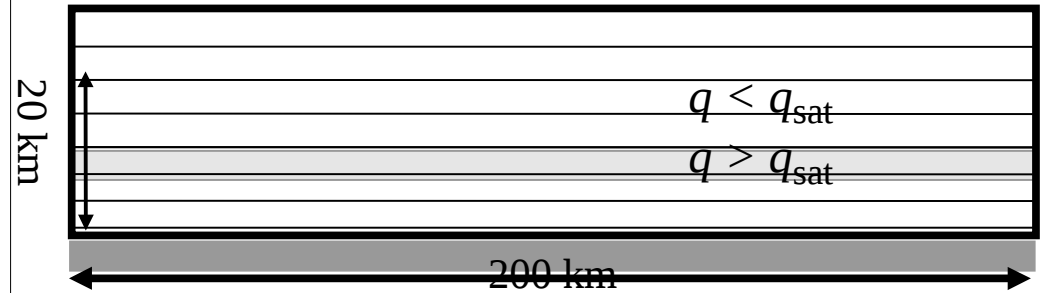
Représentation des nuages

q : concentration en vapeur d'eau
 q_{sat} : concentration maximum à saturation
 Si $q > q_{sat}$:
 → la vapeur d'eau condense = nuage

On connaît q et q_{sat} à l'échelle de la maille
 → Fraction de la maille couverte de nuages ?

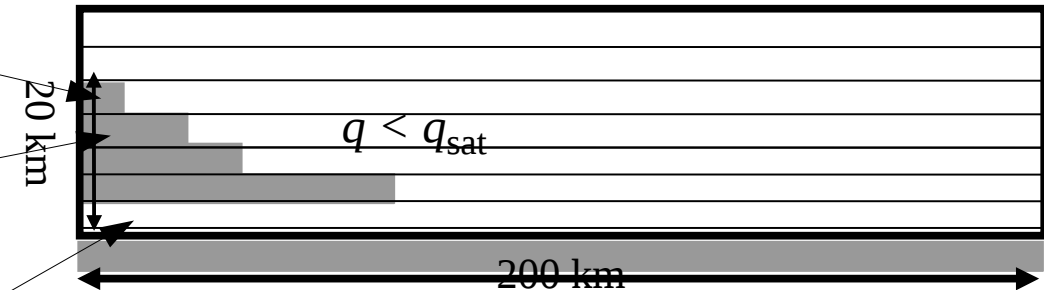
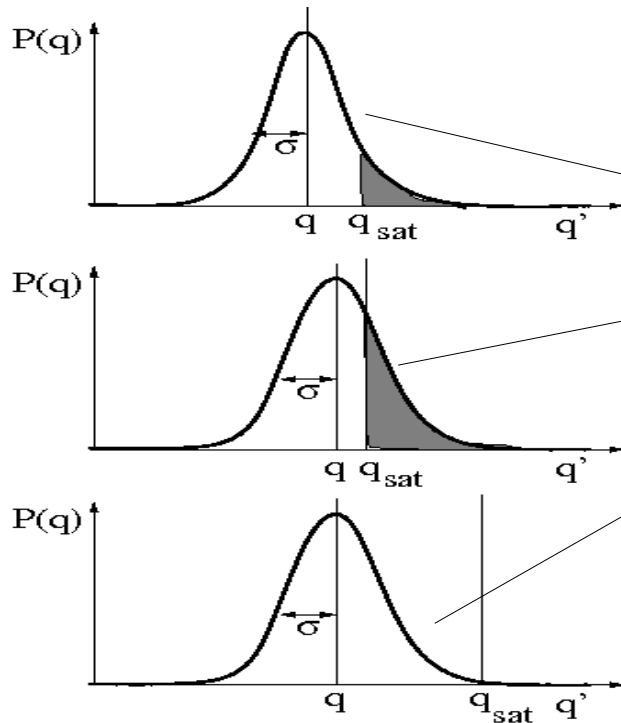
Modèle « tout ou rien » :

Si $q > q_{sat}$ maille nuageuse, sinon ciel clair.



Modèle « statistique » :

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



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

2. La couche limite convective nuageuse

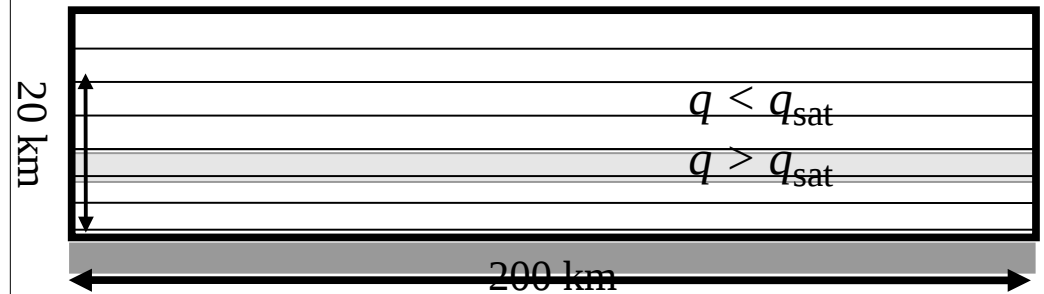
Représentation des nuages

q : concentration en vapeur d'eau
 q_{sat} : concentration maximum à saturation
 Si $q > q_{sat}$:
 → la vapeur d'eau condense = nuage

On connaît q et q_{sat} à l'échelle de la maille
 → Fraction de la maille couverte de nuages ?

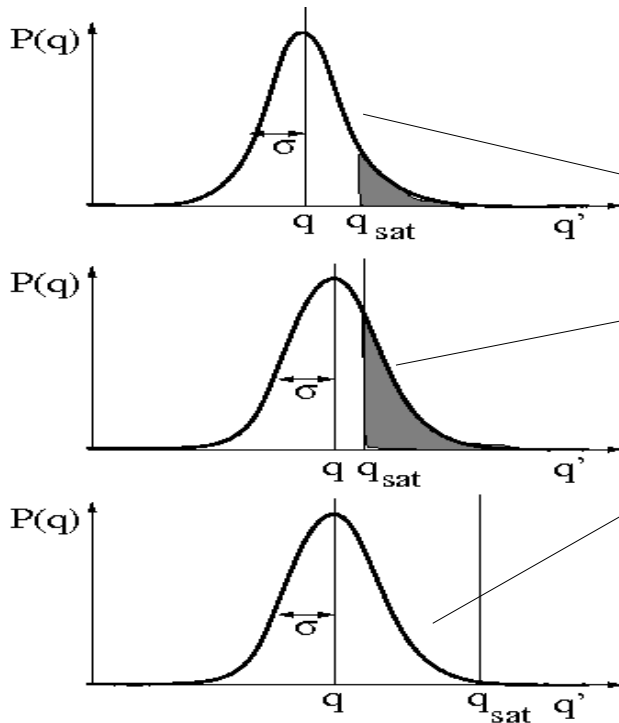
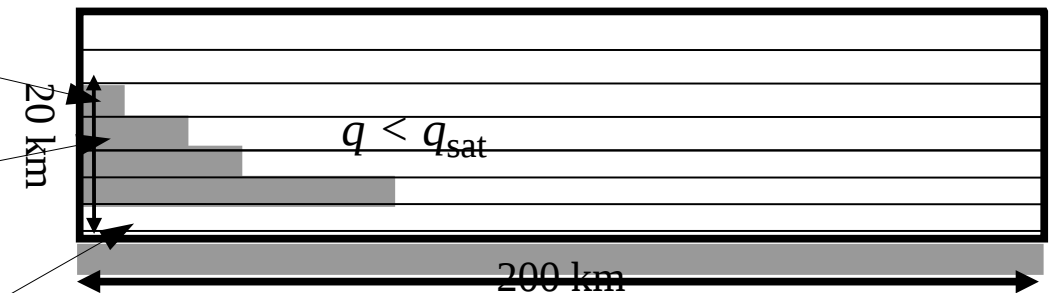
Modèle « tout ou rien » :

Si $q > q_{sat}$ maille nuageuse, sinon ciel clair.



Modèle « statistique » :

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



Intervient dans Q

→ condensation

→ prise en compte des nuages dans le code radiatifs

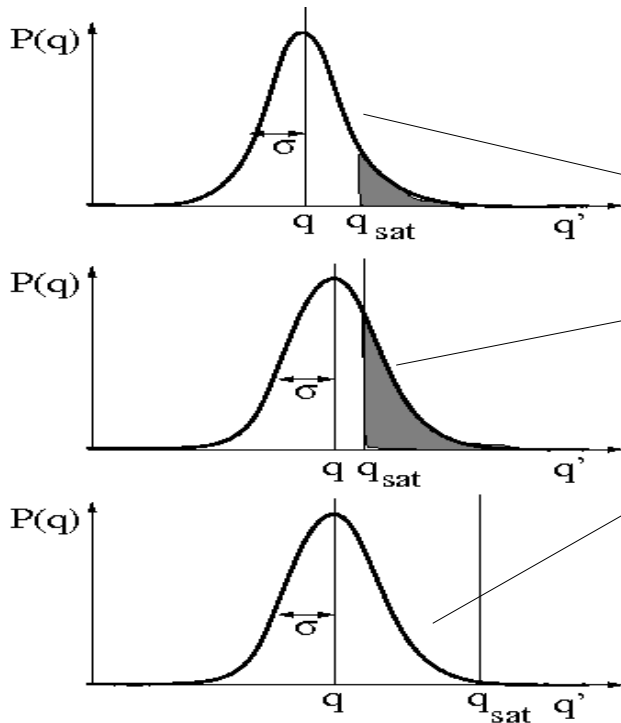
Paramétrisation simple : gaussienne $\sigma / q = 20\%$

2. La couche limite convective nuageuse

Représentation des nuages

q : concentration en vapeur d'eau
 q_{sat} : concentration maximum à saturation
 Si $q > q_{sat}$:
 → la vapeur d'eau condense = nuage

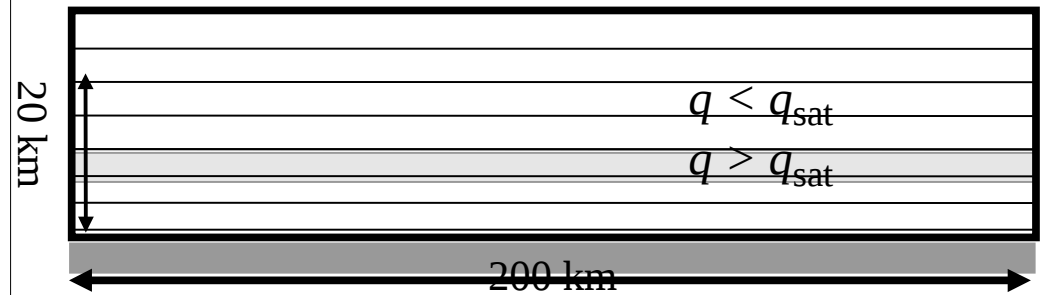
On connaît q et q_{sat} à l'échelle de la maille
 → Fraction de la maille couverte de nuages ?



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

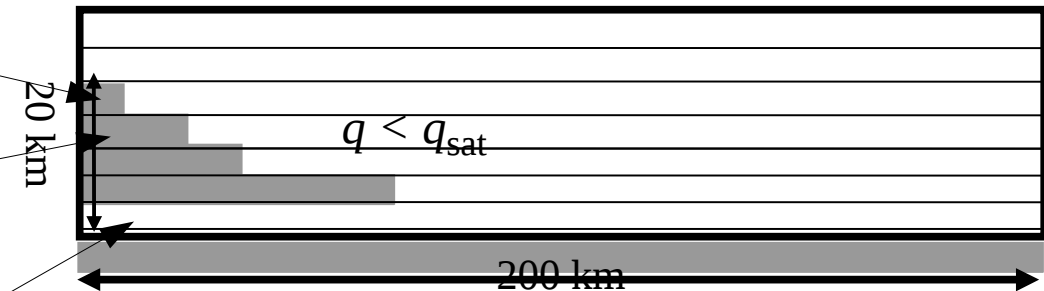
Modèle « tout ou rien » :

Si $q > q_{sat}$ maille nuageuse, sinon ciel clair.



Modèle « statistique » :

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



ou

