

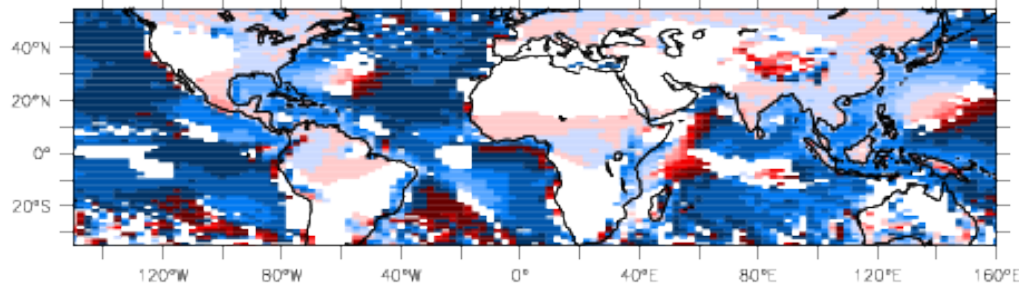
# **Distribution des précipitations tropicales et variabilité dans IPSL-CM6A**

Frédéric Hourdin et l'équipe LMDZ

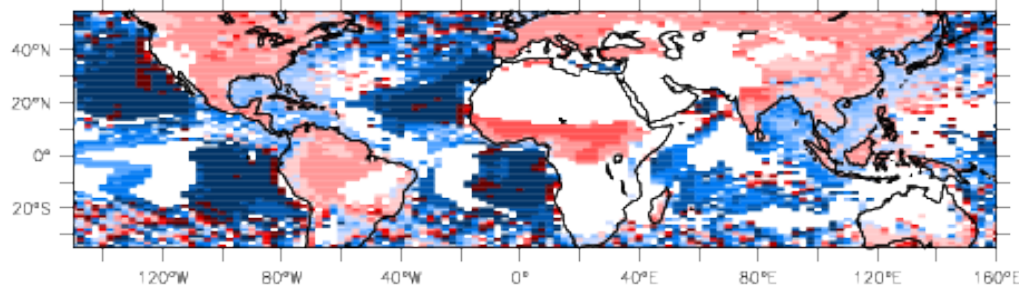
- I. Amélioration de la représentation des précipitations dans LMDZ**
- II. La mise au point de la configuration LMDZ6A pour IPSL-CM6A**
- III Perspectives du tuning par l'apprentissage machine**

# Heure locale du maximum du cycle diurne (1ere harmonique) des précipitations

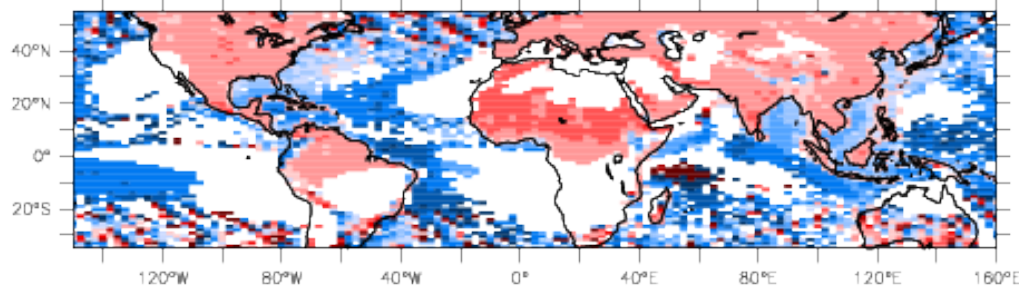
5ALR



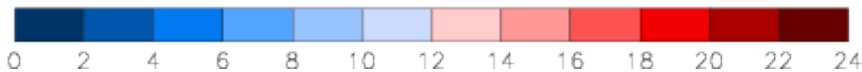
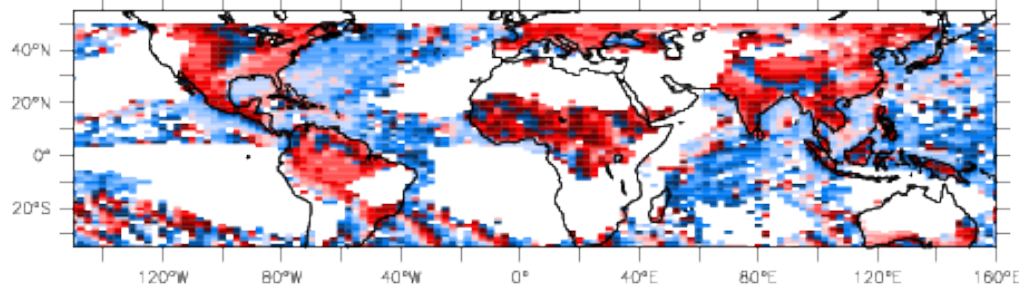
5BLR



6ALR

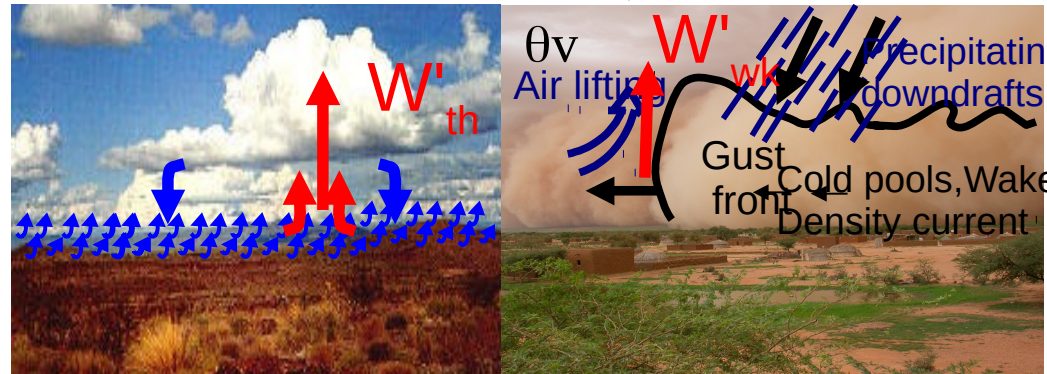
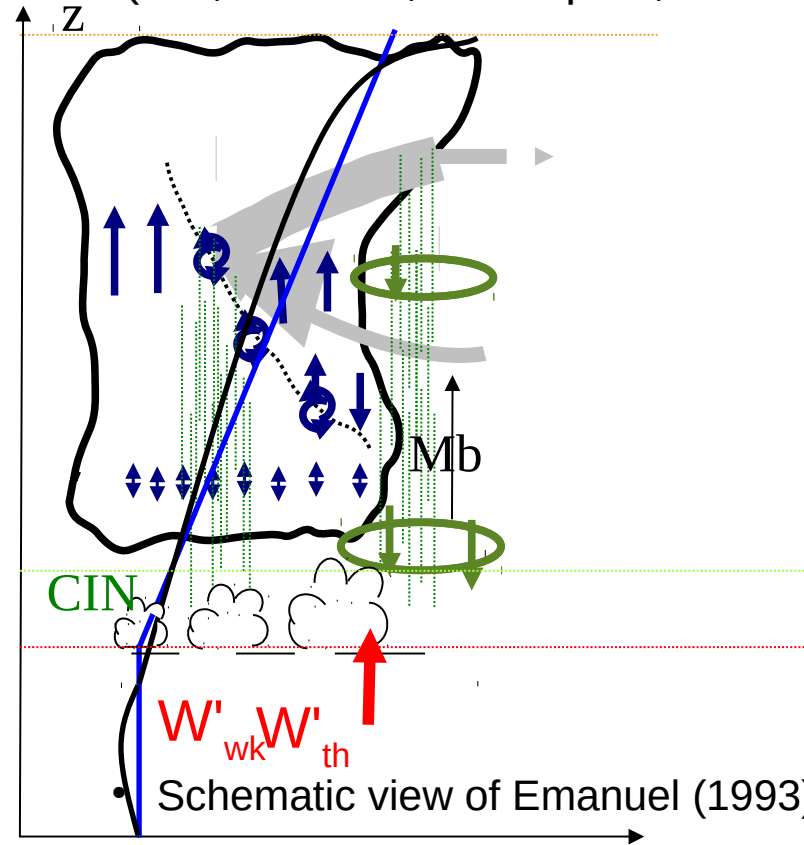


TRMM

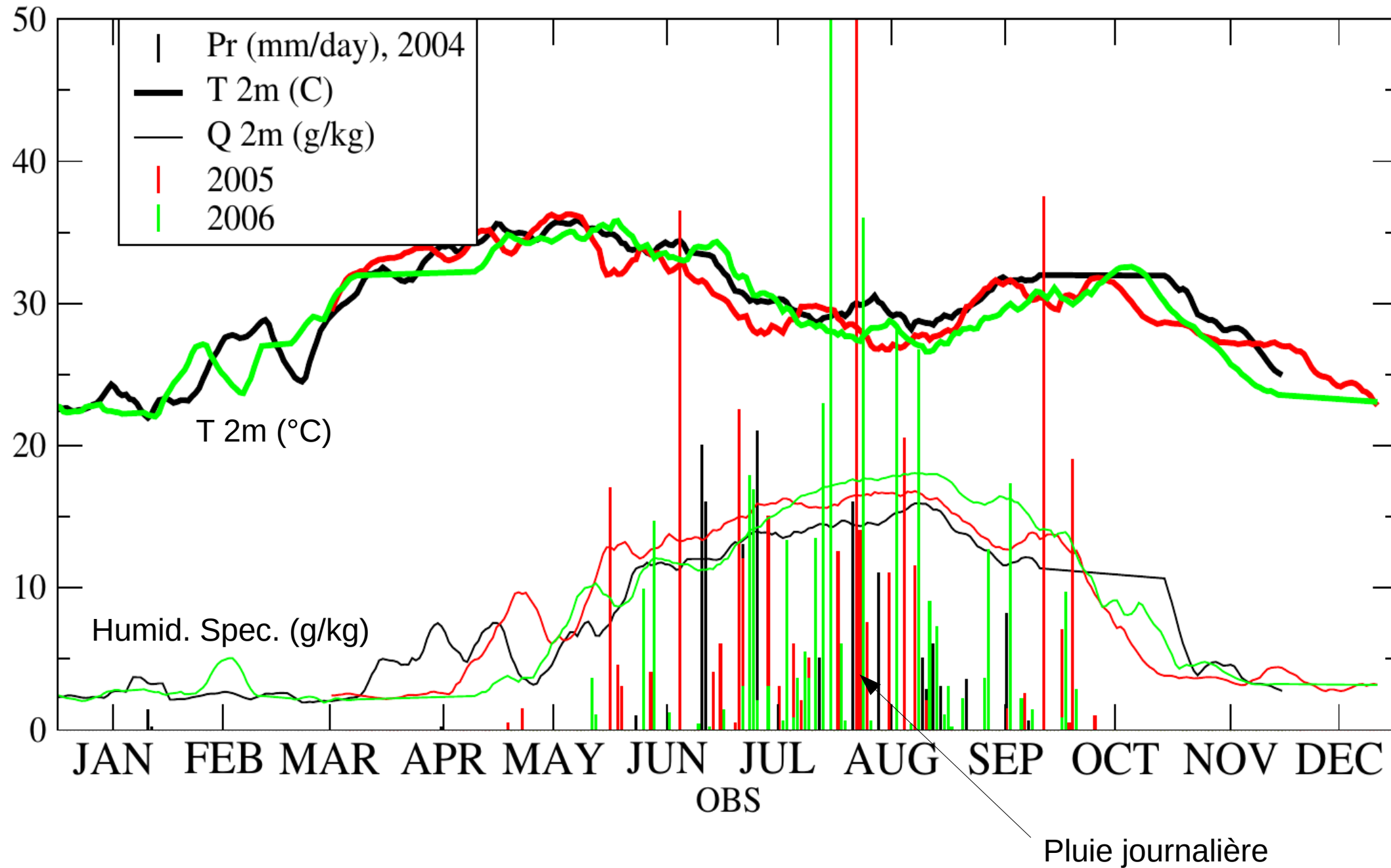


Introduction des thermiques, des poches + contrôle du déclenchement et de la fermeture de la convection

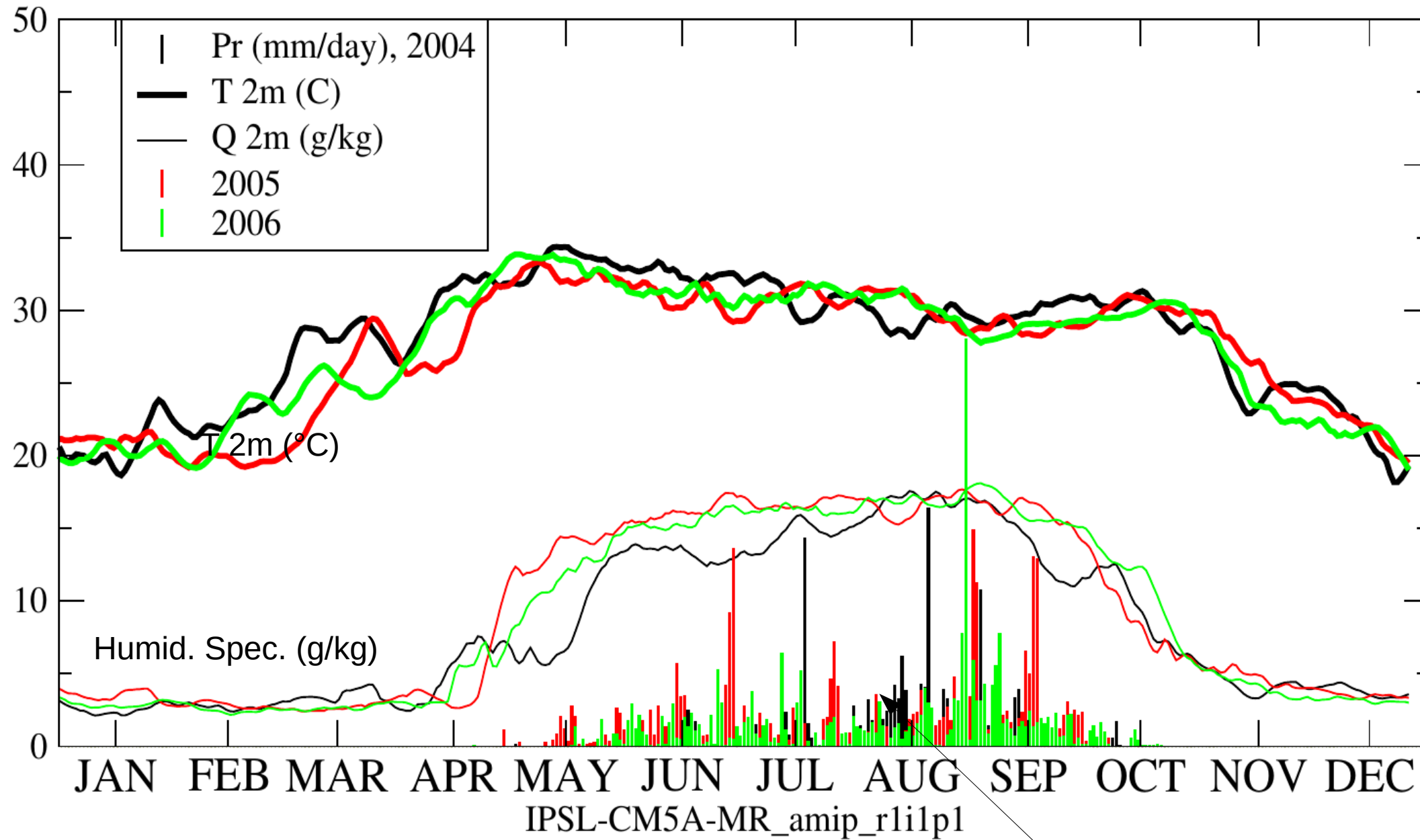
→ Meilleur phasage du cycle diurne (Rio, Hourdin, Grandpeix, Lafore, 2009).



# Observations Agoufou, Mali, 2004, 2005, 2006

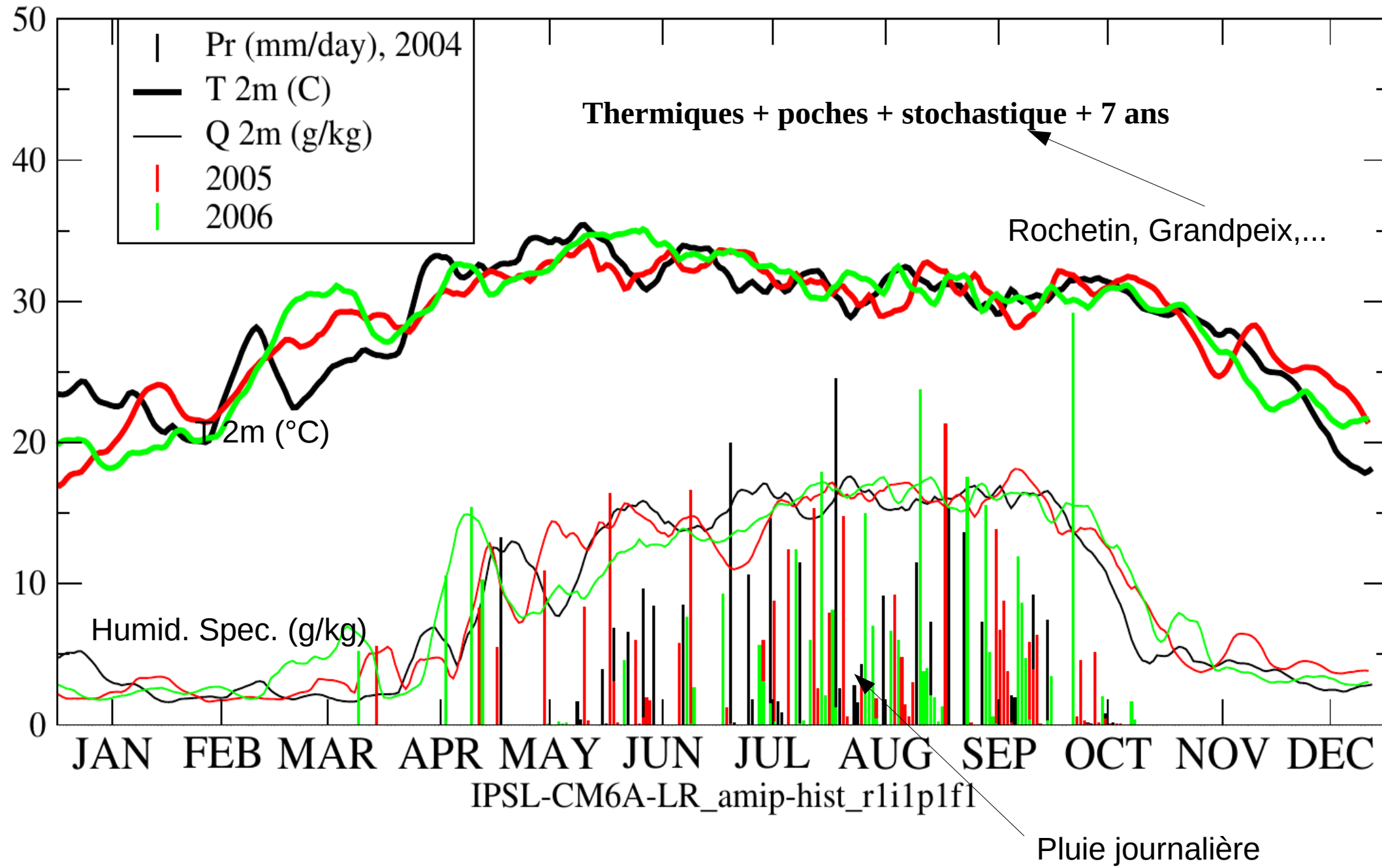


# Simulations amip, IPSL-CM5A Agoufou, Mali, 2004, 2005, 2006



Pluie journalière

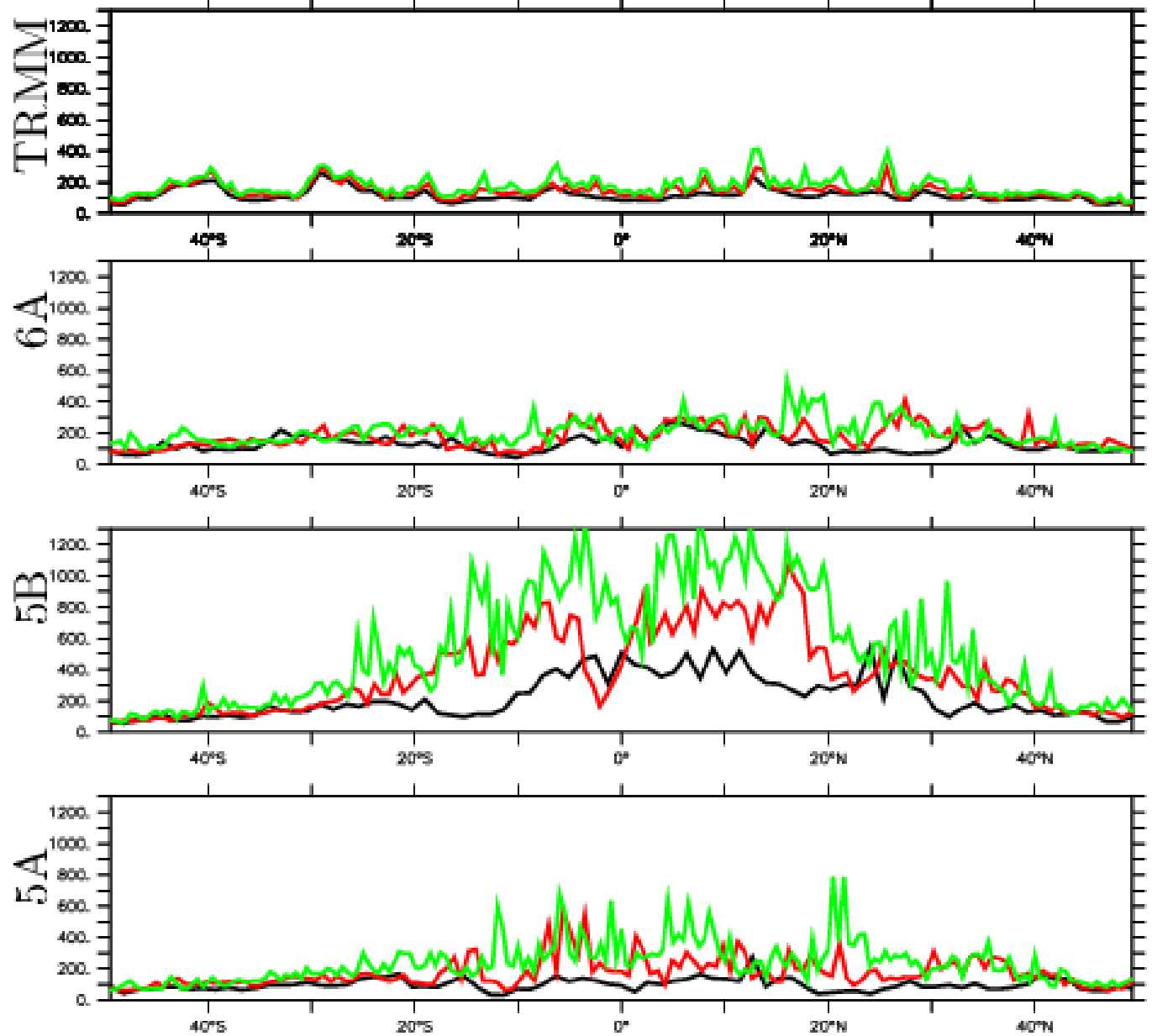
# Simulations amip, IPSL-CM6A Agoufou, Mali, 2004, 2005, 2006



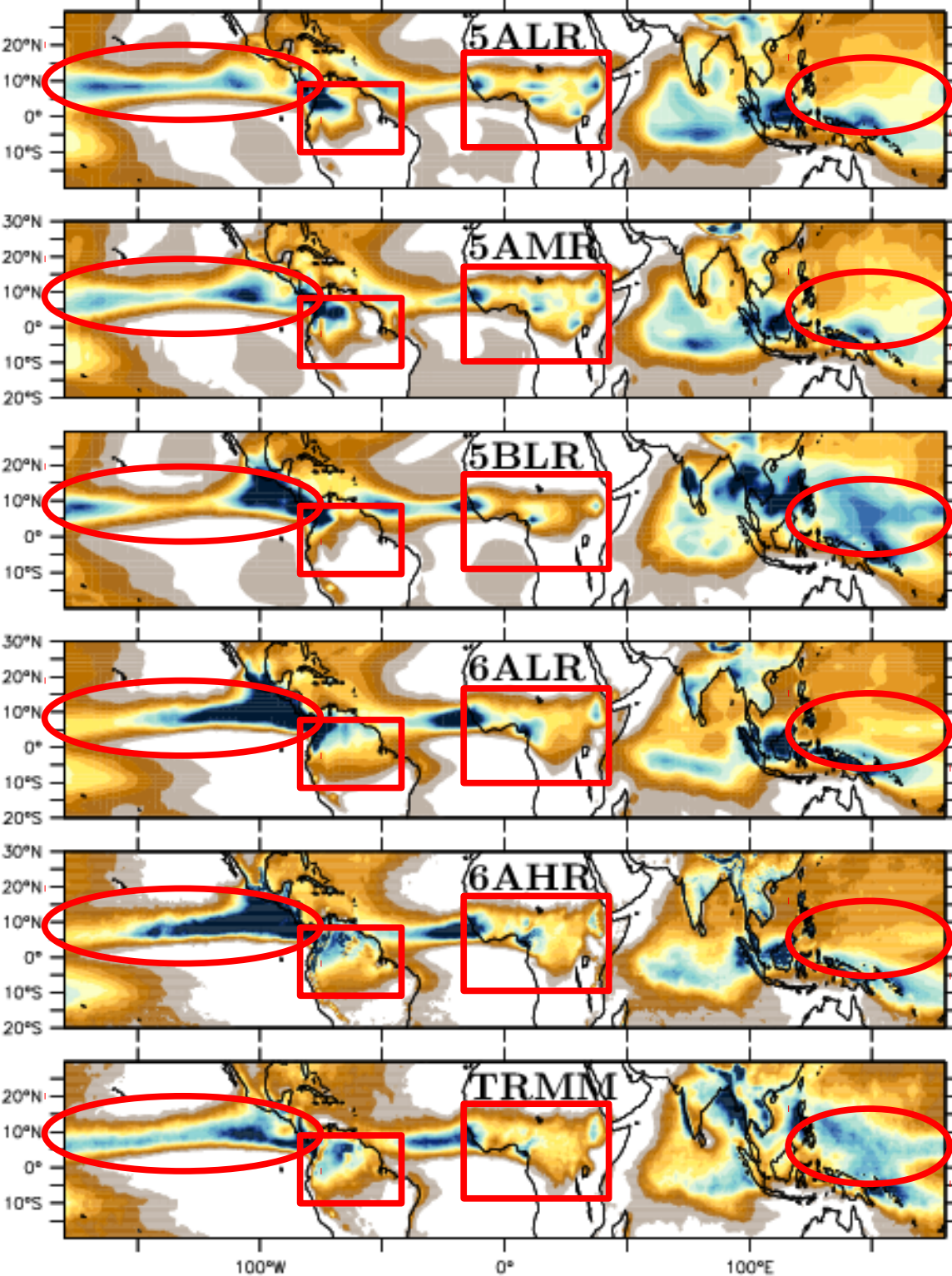
Caractère « averti de la résolution spatiale » (scale aware) de la convection

Pluie journalière max par latitude sur un mois

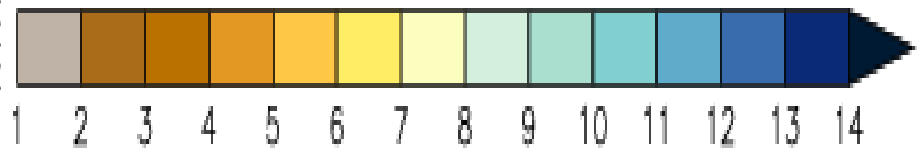
Grids : — LR<sup>6</sup>, — MR, — HR<sup>6</sup>



## Distribution moyenne des précipitations Juin-Juillet-Août

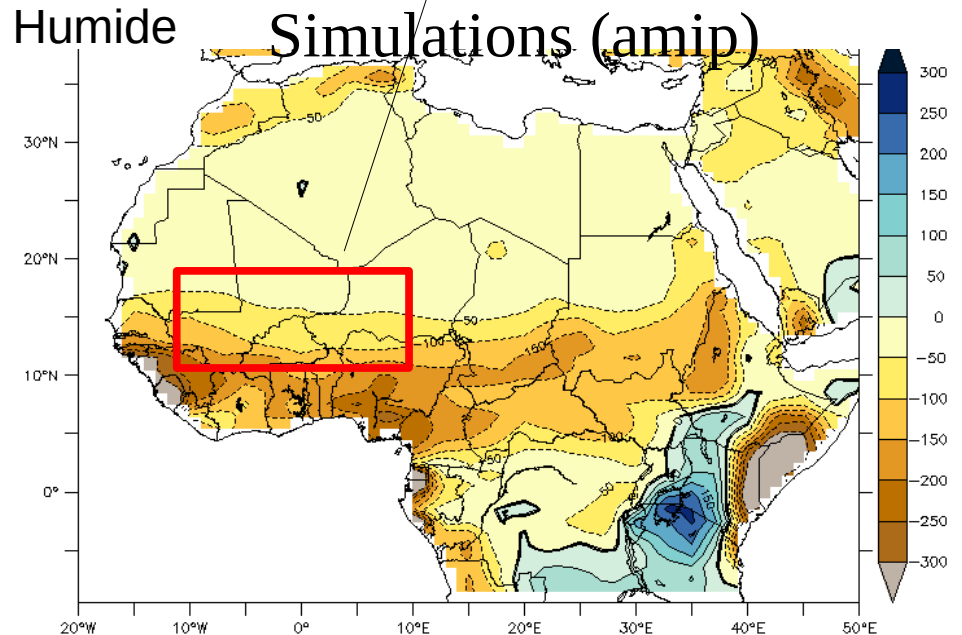
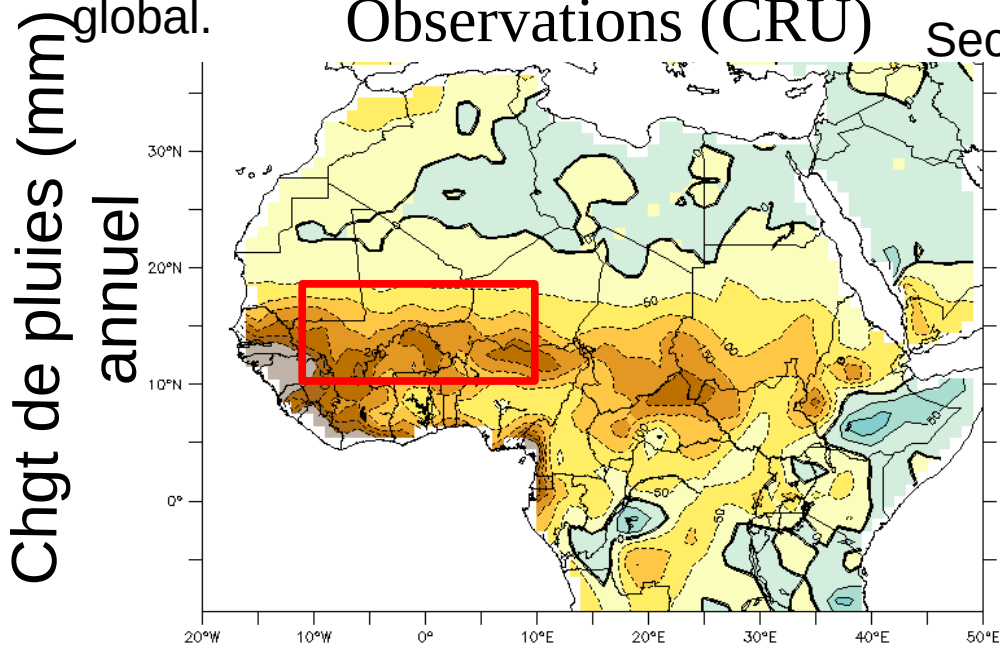
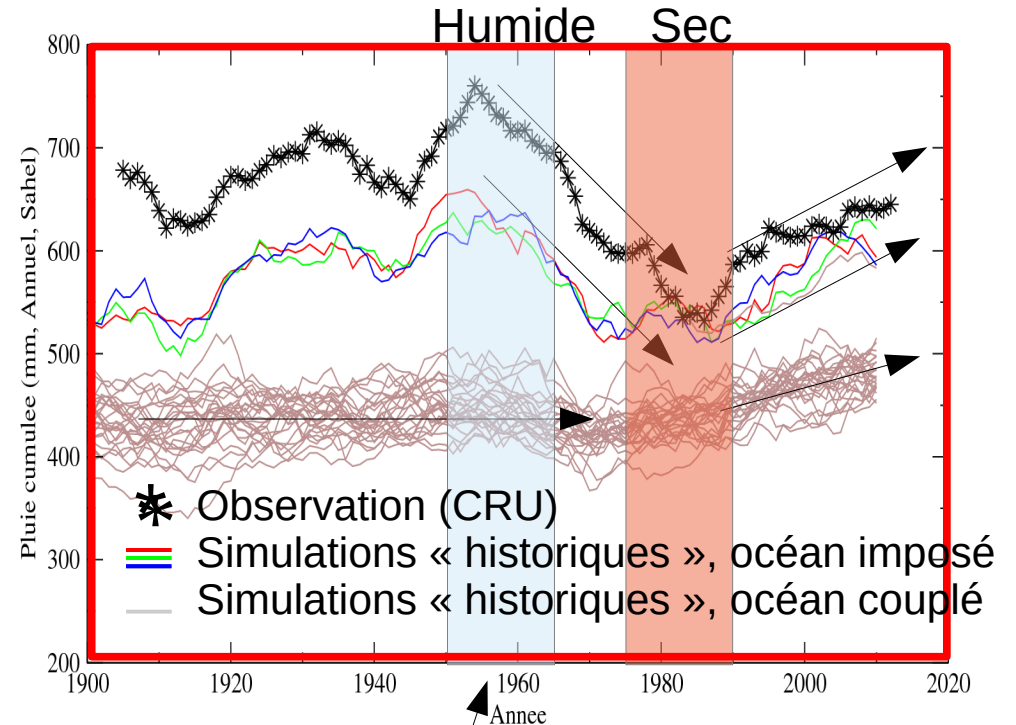


- ITCZ Pacifique et Atlantique très marquée
- Pluies manquantes sur la warm pool
- Moussons et Amazonie bien améliorées
- Pluies trop fortes sur les terres du continent maritime



# La grande sécheresse sahélienne (1975-1990)

- La sécheresse des années 70-90 est en grande partie reproduite si on impose les variations observées de températures de l'océan au modèle atmosphérique.
- Elle n'est pas observée dans les simulations où on calcule les températures de surface avec un modèle d'océan.
- Sans doute un événement particulier de variabilité.
- Le retour des pluies récent est peut être en partie expliqué par le réchauffement global.





# Variabilité des pluies Juin-Juillet-Août-Septembre

Ecart-type de la pluie journalière (mm/jour)

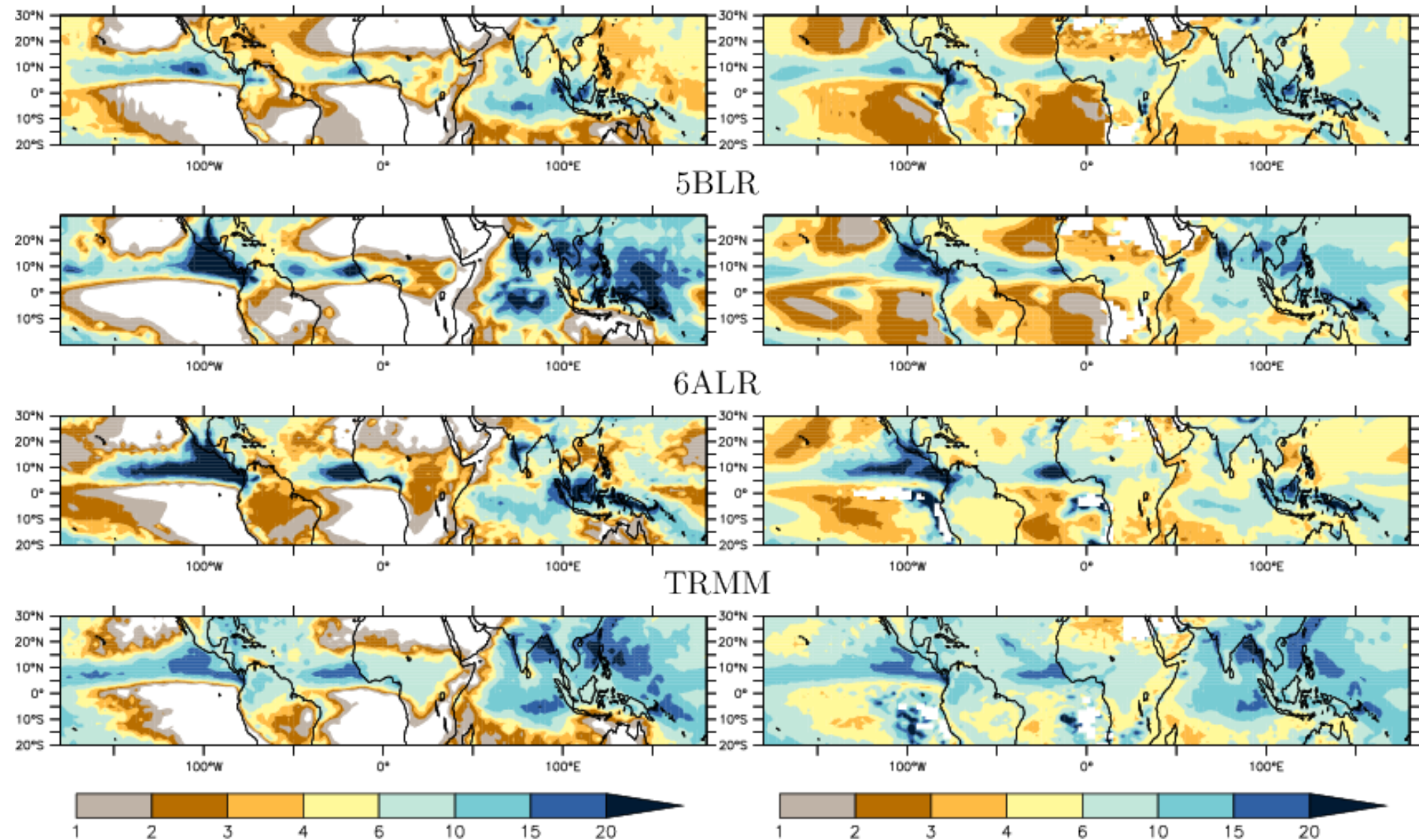
Pluie moyenne journalière (mm) si > 1 mm

5AMR

5BLR

6ALR

TRMM

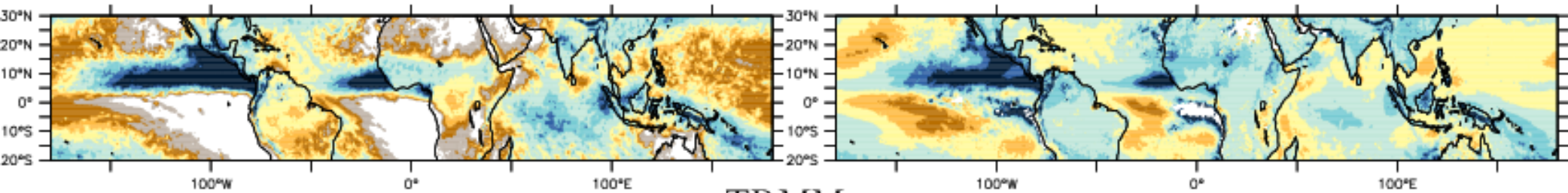


# Variabilité des pluies Juin-Juillet-Août-Septembre

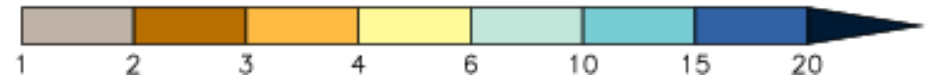
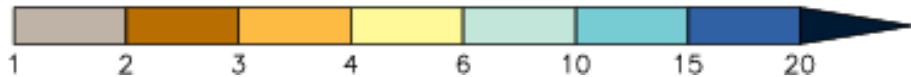
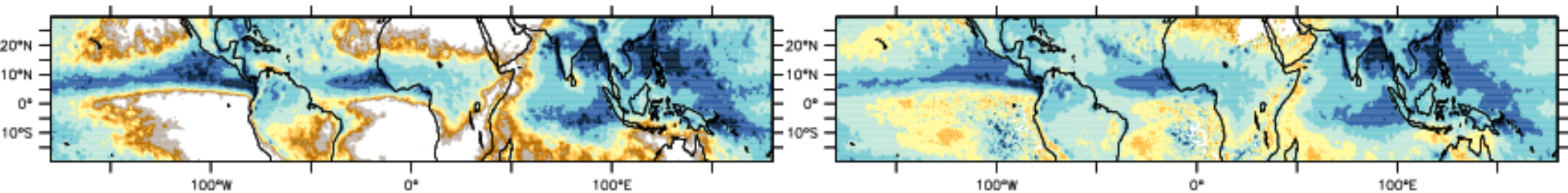
Ecart-type de la pluie journalière (mm/jour)

Pluie moyenne journalière (mm) si > 1 mm

6AHR



TRMM



Des intensités d'événements de pluie très « intéressantes »

Des biais de variabilité qui suivent ceux de la pluie moyenne

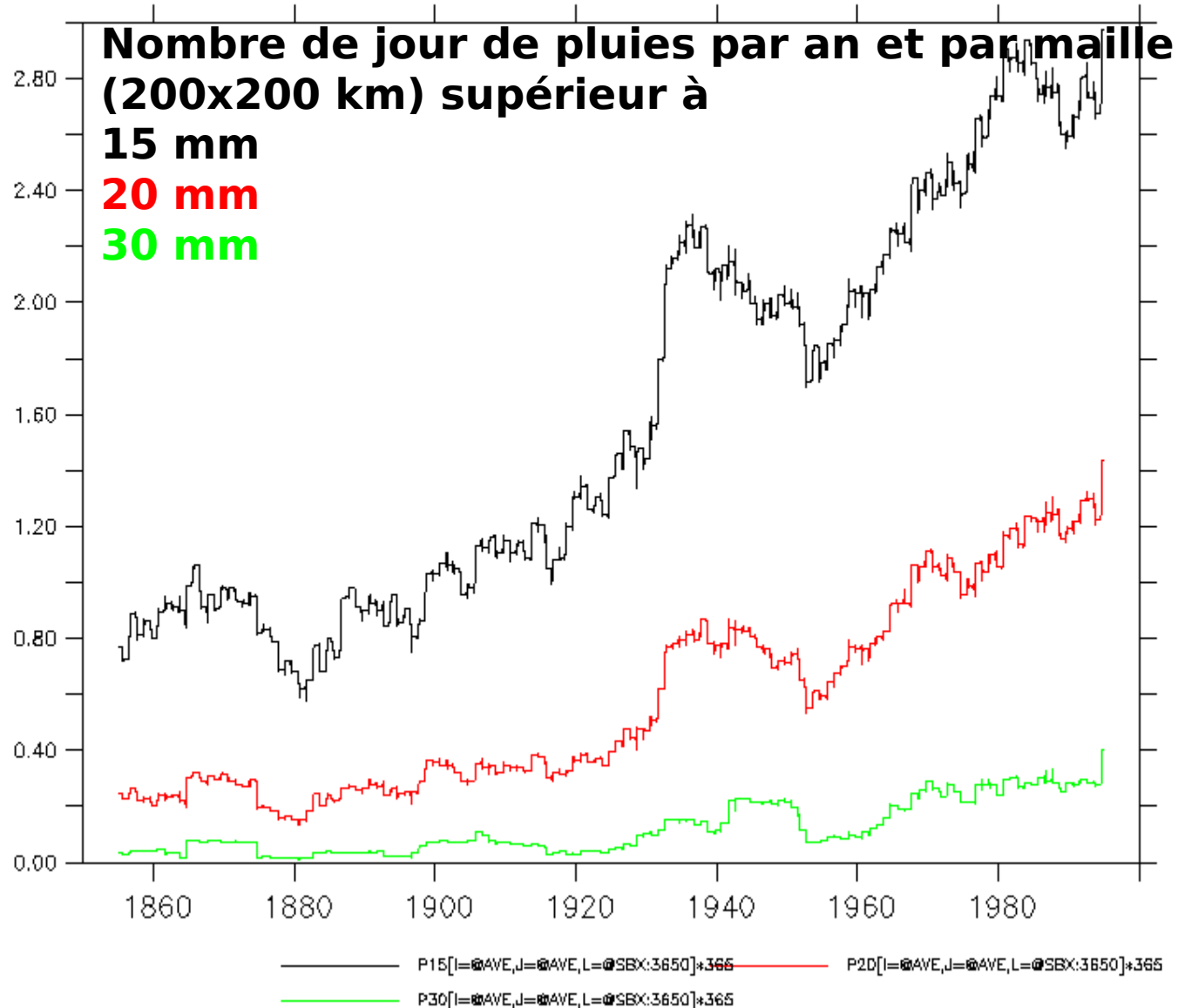
Grosse sous estimation sur la Warm pool (plus marquée encore que celle de la pluie).

Seule la 5B avait une variabilité suffisante mais probablement pour des mauvaises raisons (orages « point de grille »)

LONGITUDE : 8W(-8) to 10E  
LATITUDE : 13N to 18N

DATA SET: pr\_day\_IPSL-CM6A-LR\_1pctCO2\_r1i1p1f1\_gr\_18500101-19991231

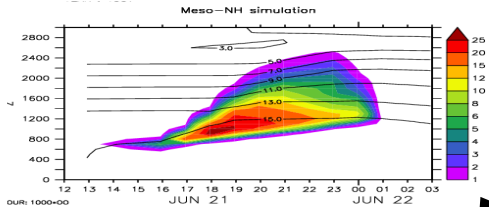
IPSL-CM6A-LR model output prepared for CMIP6 / CMIP 1pctCO2



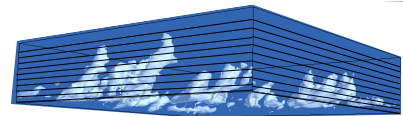
II . Mise au point de LMDZ6A pour IPSLCM6A

# 1/ Développement de nouvelles paramétrisations

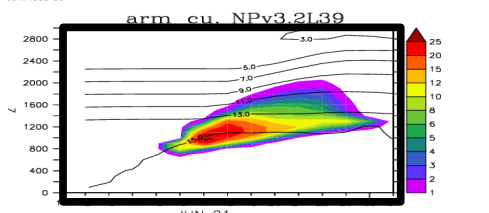
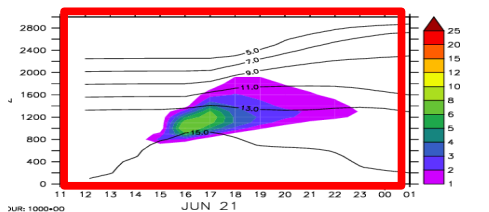
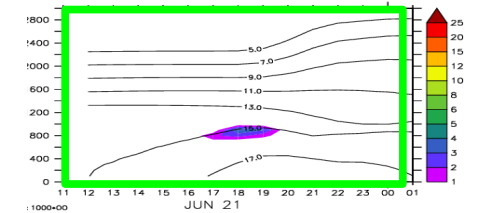
Une colonne du modèle  
Comparée à des simulations  
explicites de nuages (LES)



Explicit simulations, dx ~20-100 m

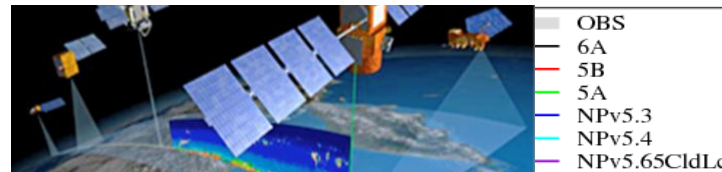


Climate model, parameterizations  
« single-column » mode

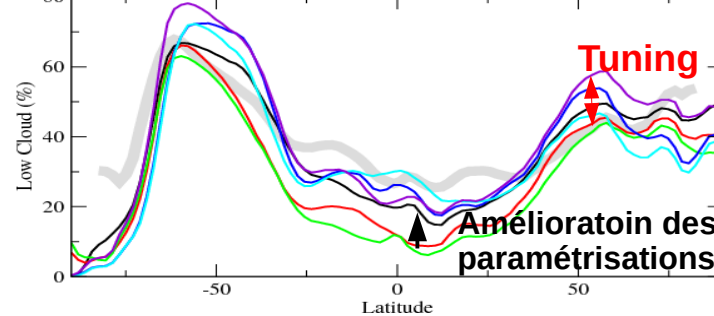


## 2/ Tuning énergétique du modèle 3D (températures océaniques prescrites)

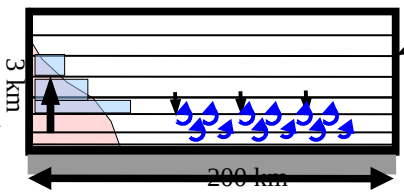
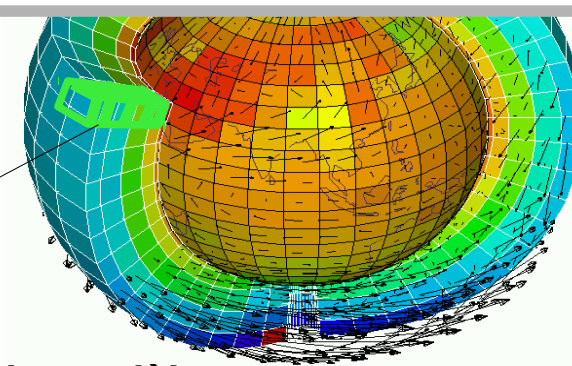
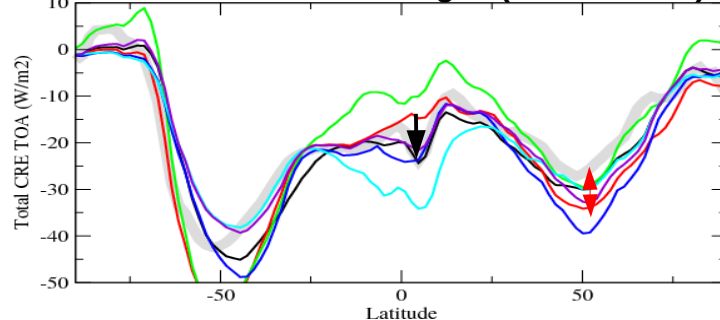
Equilibre énergétique global  
Decomposition ciel clair/nuages  
Distribution latitudinale  
Contrastes Est-Oues sur les océans



### Couverture nuages bas (simulateur calipso)

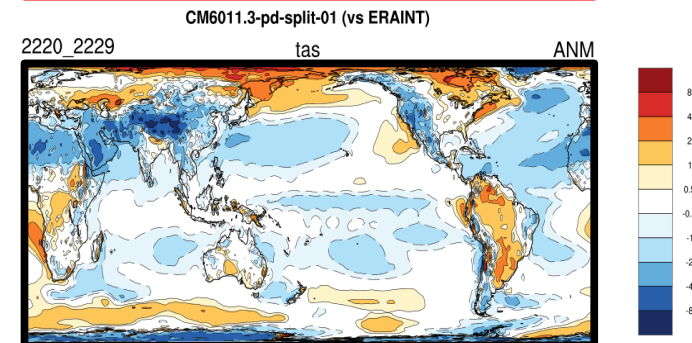
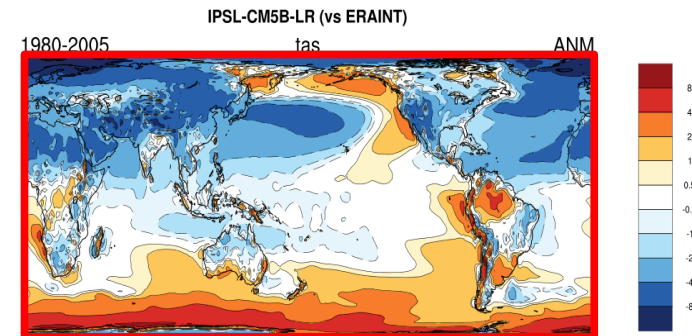
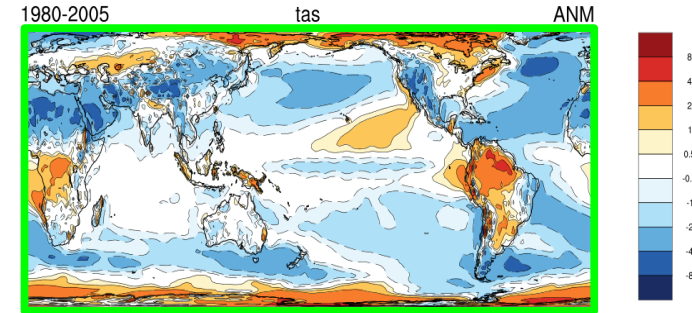


### Effet radiatif des nuages (Ceres EBAF)

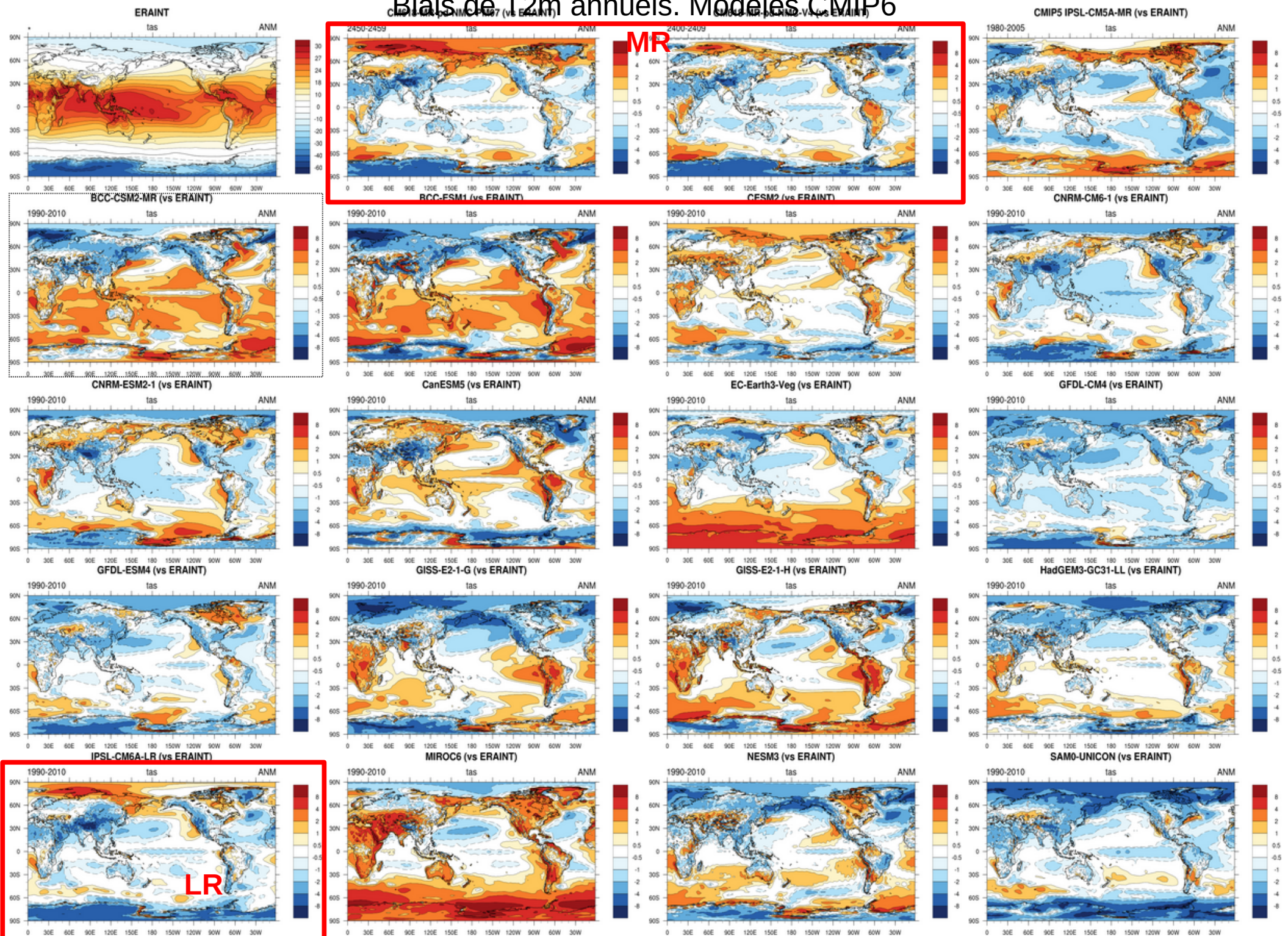


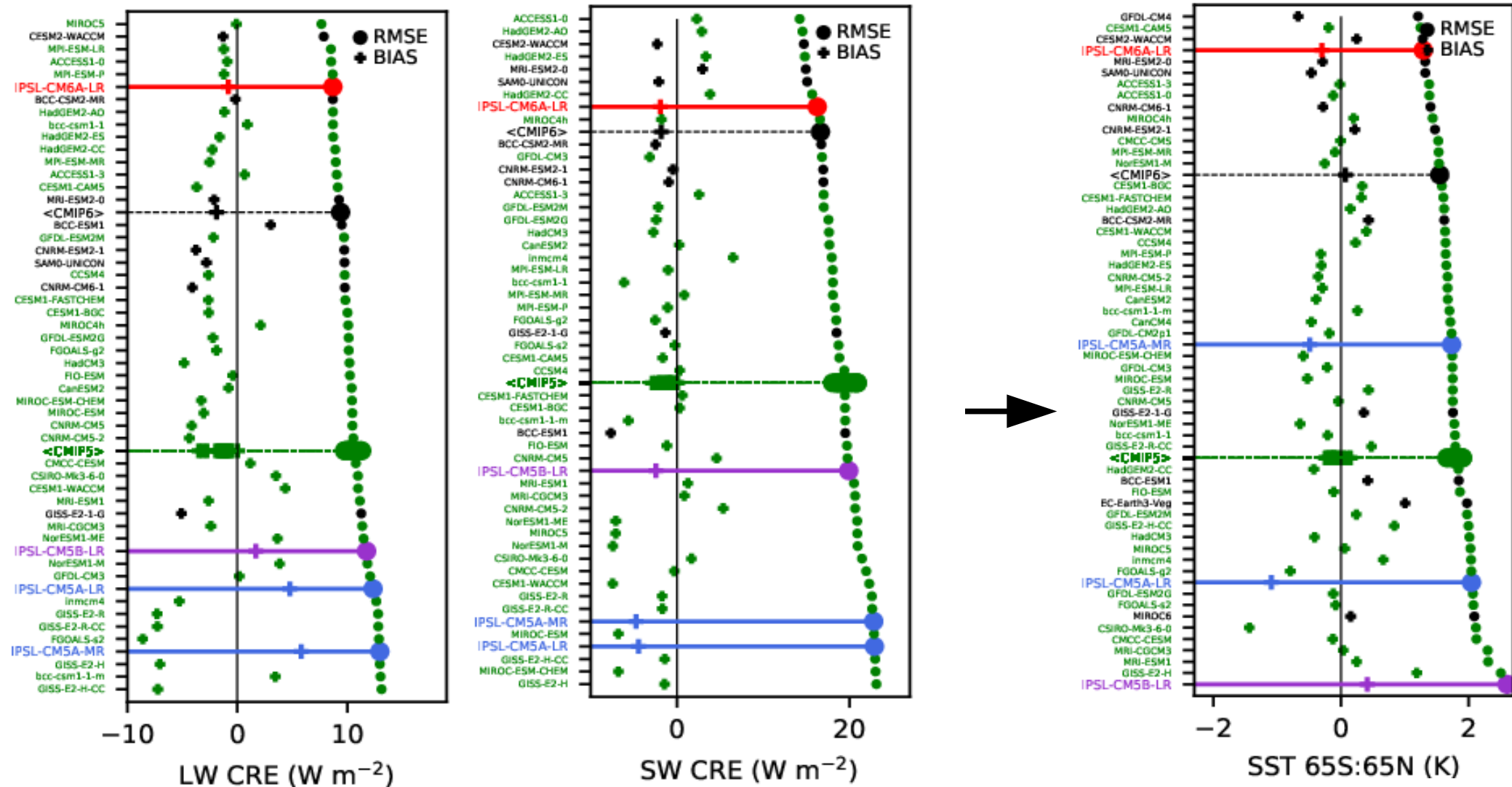
## 3/ Vérification des améliorations modèle couplé océan/atmosphère

Erreur moyenne sur la température  
de surface



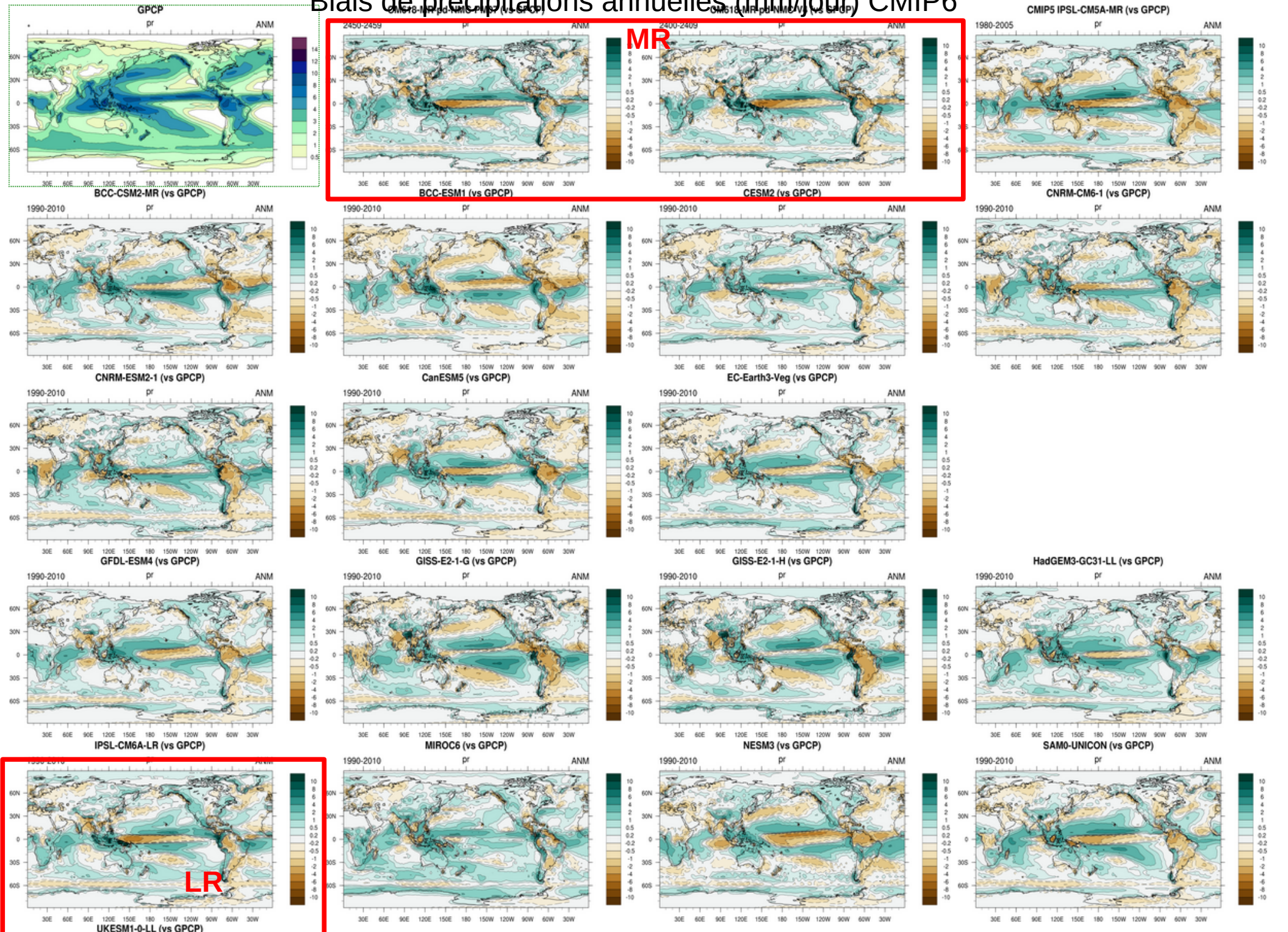
# Biais de T2m annuels. Modèles CMIP6



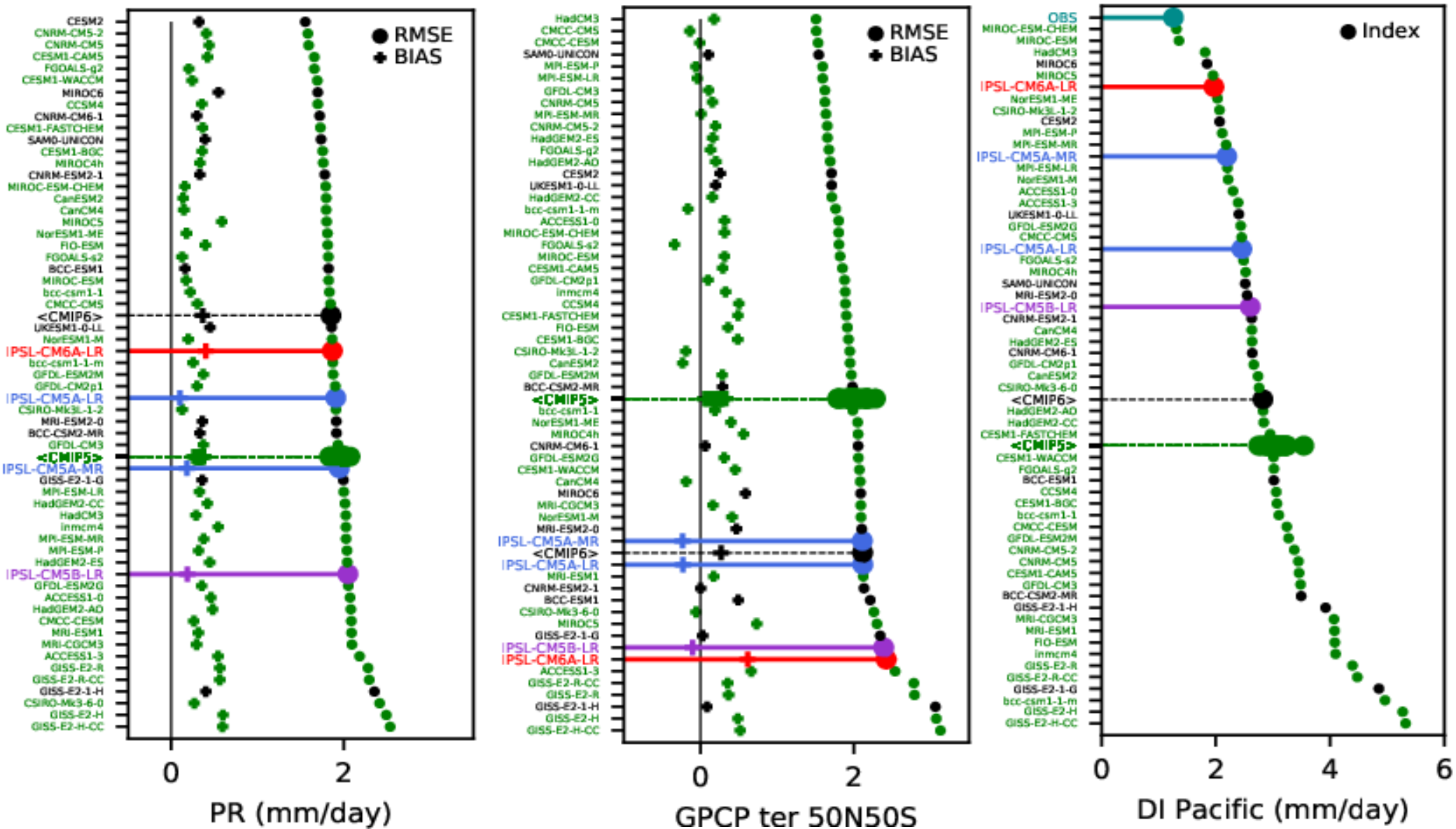


Une amélioration des paramétrisations et un ajustement fin des flux radiatifs (tuning)  
 → meilleure représentation des SST

# Biais de précipitations annuelles (mm/jour) CMIP6







Pas d'amélioration systématique des pluies.

Les cibles MJO, Enso ... ont été intentionnellement « sorties » des cibles de tuning

### III. Perspectives de l'utilisation de l'apprentissage machine : Méta modèle et refocalisation itérative

- On explore systématiquement l'espace à P dimensions  
P~20 : nombre de paramètres à ajuster. Si on veut tester même 3 valeurs de chaque, on doit faire  $3^{20} \sim 3\,486\,784\,401$
- On fait quelques N~200 d'intégrations du modèle pour N vecteurs de paramètres.
- On calcule M~20 métriques scalaires  $\mathcal{M}$   
(ex : bilan net global au sommet, pluies moyennes au Sahel)
- On crée un modèle de remplacement (surrogate) ou méta modèle qui calcule une métrique en n'importe quel point de l'espace des paramètres en une très petite fraction de seconde.  
Utilisation de processus Gaussien (Krigage)
- On restreint l'espace des vecteurs de paramètres acceptables  
ie tq  $\|\mathcal{M}_{\text{mod}} - \mathcal{M}_{\text{obs}}\| < \text{erreur obs} + \text{erreur structurelle}$   
La restriction est appliquée de façon itérative en ajoutant des contraintes supplémentaires et en tirant à nouveau quelques N vecteurs dans l'espace restreint.  
(iterative refocussing ou history matching)
- Surtout pas la recherche d'un optimum par minimisation d'une fonction coût.

(HighTune et Daniel Williamson)

## Questions :

- Is it possible to obtain at least as good a tuning with an automatic procedure ?
- Is it possible to obtain a similar tuning of radiation with a different model behaviour ?
- In particular, is it possible to improve the representation of rainfall variability without degrading the mean climatology ?

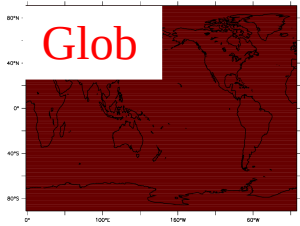
wdens_ref_o	1.e-11	1.e-8	1.e-9	log	Wakes
alp_bl_k	0.2	0.8	0.5	linear	Convective closure
alpk 0.01	0.5	0.25	linear	-	-
cld_lc_lsc	0.0001	0.001	0.00065	linear	Conversion cloud → rain
ffallv_lsc	0.3	2.	0.8	linear	Ice crystals fall velocity
ratqsp0 30000	60000	45000	linear		Width of subgrid water distribution
ratqsdp 5000	30000	10000	linear		-
ratqshaut	0.05	0.6	0.4	linear	-
bl95_b0 0.5	2.	1.3	linear		Aerosol indirect effect
unmepmax	0.0001	0.1	0.001	log	Convective precipitation max efficiency
sigdz 0.001	0.02	0.003	linear		Width of convective downdrafts
flag_wb 5	200	50	linear		Vertical velocity at cloud base (deep)
fact_cldcon	0.5	10	1.	log	Factor on convective clouds
wbmax 1.5	6	2.8	linear		Vertical velocity at cloud base (deep)
elcrit 0.0001	0.002	0.0003	linear		Conversion of convective water to rain
tlcrit -65	-35	-55	linear		-
fact_rei	0.5	1.3	1	linear	Ice crystals effective radius
fact_thermals_ed_dz		0.05	0.15	0.07	A parameter (straocumulus)

~ Deep convection and wakes (9)

~ Boundary layer convection and clouds (2)

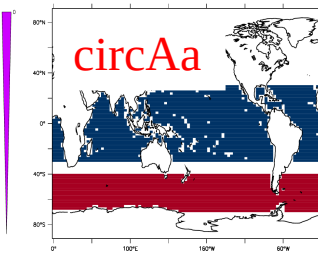
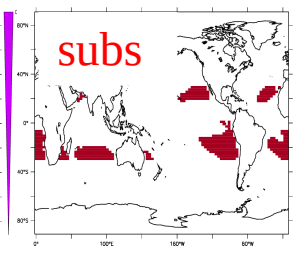
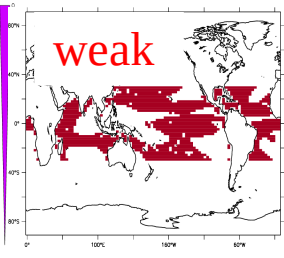
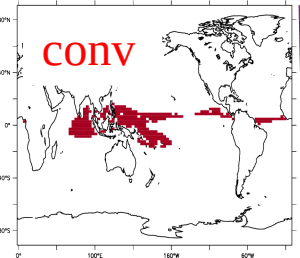
~ High clouds (6)

# Metrics

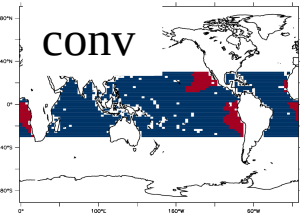


NET radiation TOA (**rt**)  
Outgoing LW radiation (**rlut**)

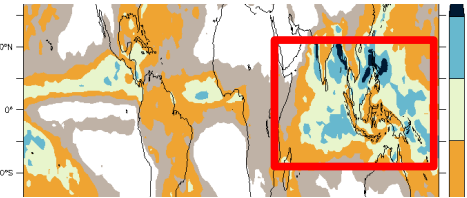
Convective, intermediate, subsiding



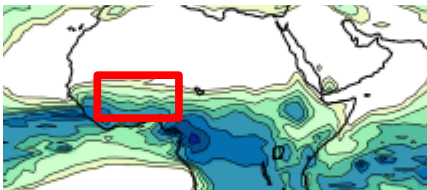
Circum Antact.  
anomaly



Surface Latent heat (**hfls**), CRE SW TOA (**crest**)



« MJO » : rainfall variab. Between 20 and 120 day



« AMMA » : Mean rainfall over Sahel

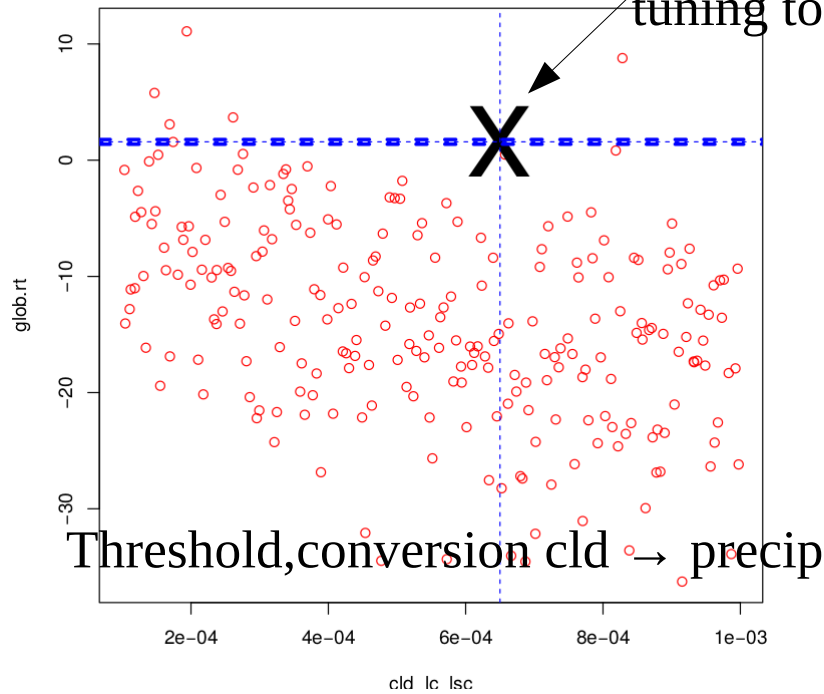
P>50 : Occurrence of daily rainfall > 50mm

- 15 metrics
- glob.rt
- glob.rlut
- circAa.rsut
- circAa.rlut
- subs.rsut
- weak.rsut
- weak.rlut
- conv.rsut
- subs.rlut
- weak.rlut
- conv.rlut
- etoa.crest
- etoa.hfls
- MJO
- Pday>50
- AMMA

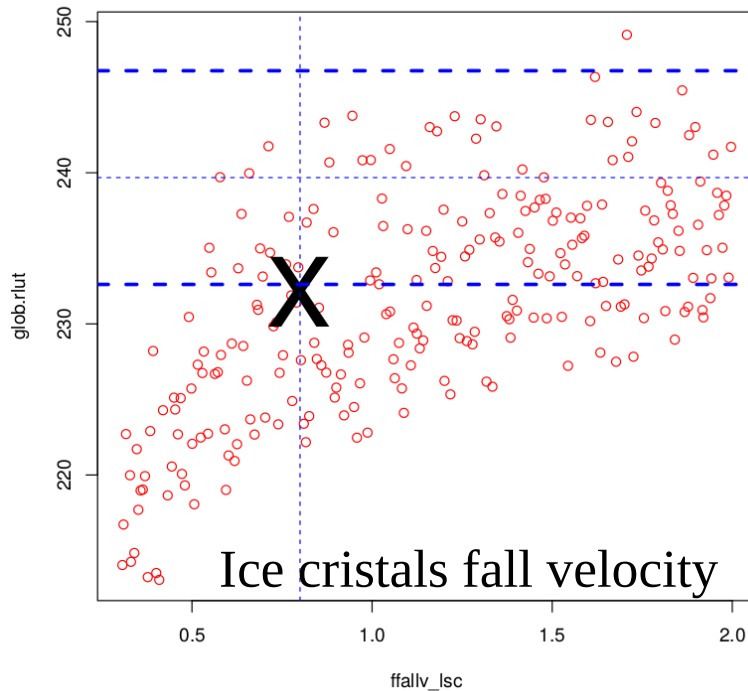
Wave 1 : 250 (7 crashed) simulations of 2 years each. Metrics computed on year 2

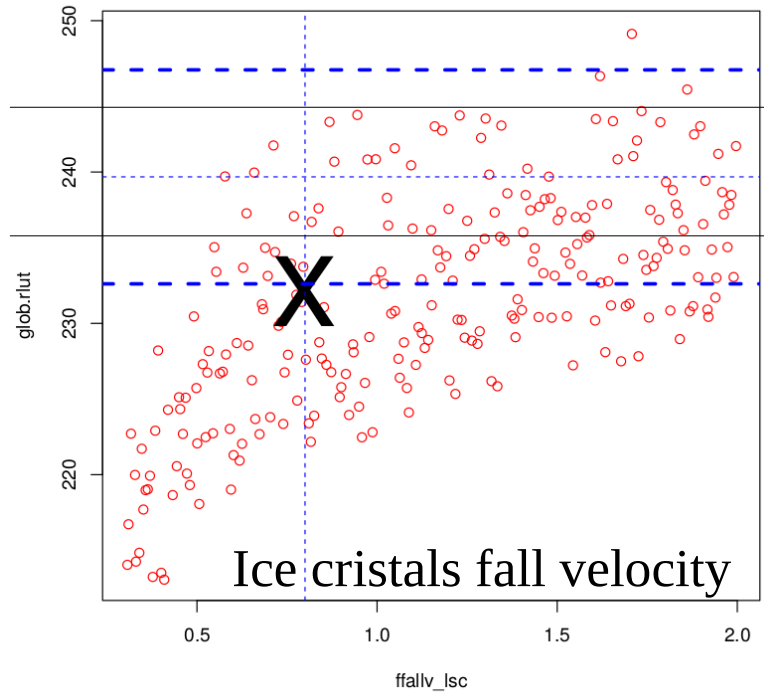
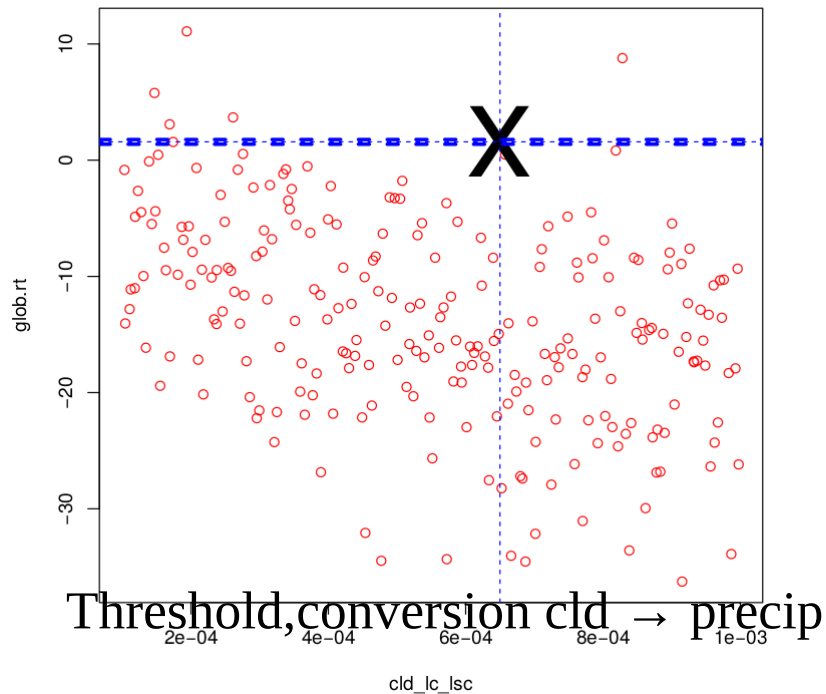
LMDZ6A : artificially used as observation with very small error bar, because we know that this tuning to get our target SST in coupled model

Global net radiation at TOA (glob.rt, W/m<sup>2</sup>)



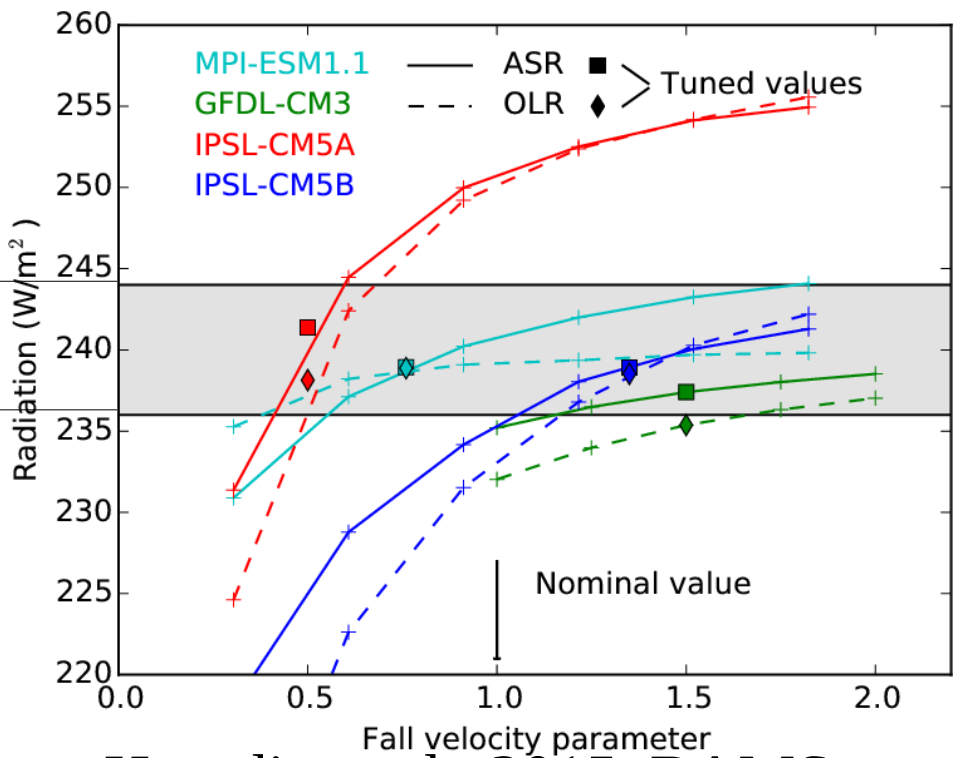
Global Outgoing LW radiation (glob.rlut, W/m<sup>2</sup>)





Impact sur les flux globaux au sommet

- Rayonnement SW absorbé
- - - Rayonnement LW sortant



Hourdin et al., 2015, BAMS

flag\_wb :

Minimum vertical velocity at cloud base in cm/s

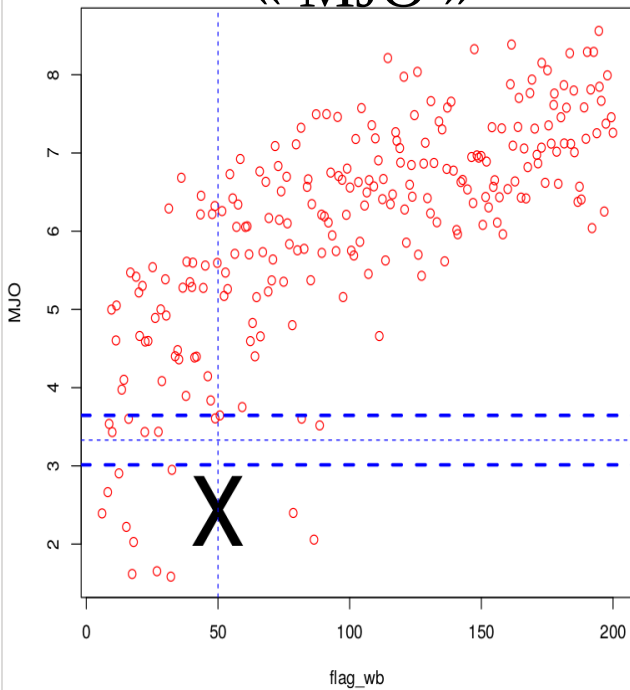
Increasing the value makes it more difficult to trigger deep convection

A parameter that I tried several time to change during the tuning of LMDZ6A

Increasing wbmax is fine for increasing the variability in the MJO domain

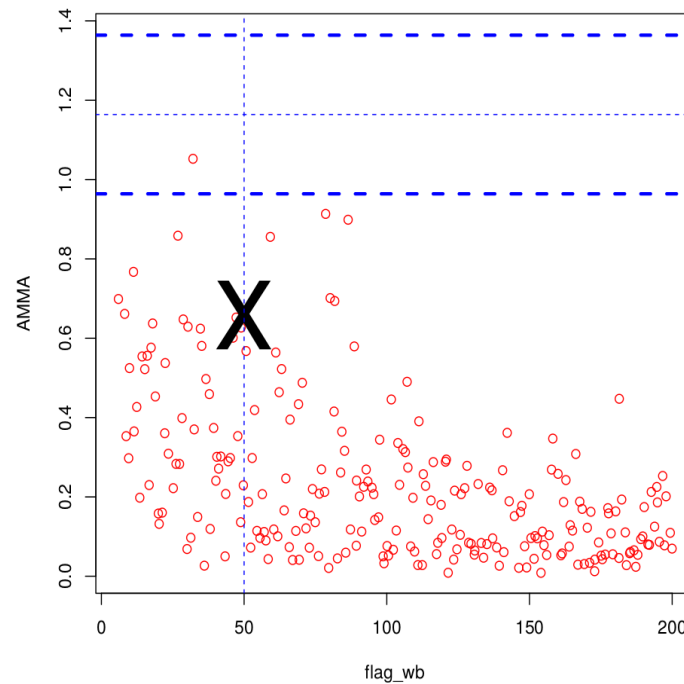
But at the expense of a decrease in african mosoon and increase of « grid point storms »

« MJO »



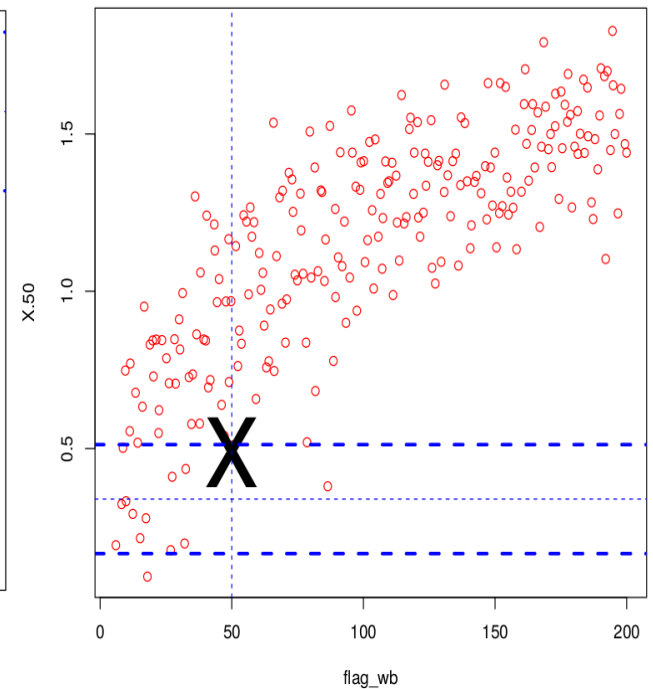
Overestimated extreme rainfall

P>50



Underestimated variability  
In the MJO region

« AMMA »



Underestimated african monsoon

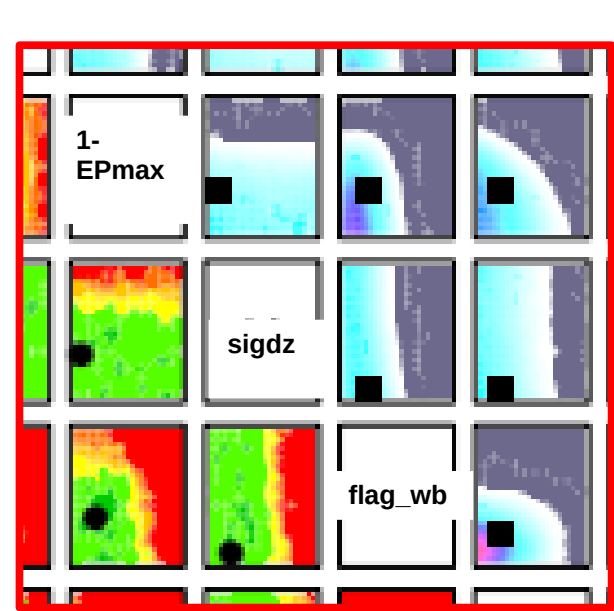
$\text{lm}(\text{formula} = \text{glob.rt} \sim \text{fact\_cldcon} + \text{cld\_lc\_lsc} + \text{I}(\text{cld\_lc\_lsc}^2) +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{glob.rlut} \sim \text{ffallv\_lsc} + \text{I}(\text{ffallv\_lsc}^2) + \text{ratqshaut} +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{circAa.rsut} \sim \text{fact\_cldcon} + \text{elcrit} + \text{unmepmax} +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{circAa.rlut} \sim \text{ratqshaut} + \text{unmepmax} + \text{flag\_wb} + \text{elcrit} +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{subs.rsut} \sim \text{cld\_lc\_lsc} + \text{I}(\text{cld\_lc\_lsc}^2) + \text{fact\_thermals\_ed\_dz} +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{weak.rsut} \sim \text{fact\_cldcon} + \text{cld\_lc\_lsc} + \text{I}(\text{cld\_lc\_lsc}^2) +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{weak.rsut} \sim \text{fact\_cldcon} + \text{cld\_lc\_lsc} + \text{elcrit} +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{conv.rsut} \sim \text{fact\_cldcon} + \text{elcrit} + \text{I}(\text{elcrit}^2) +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{subs.rlut} \sim \text{ffallv\_lsc} + \text{I}(\text{ffallv\_lsc}^2) + \text{ratqshaut} +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{weak.rlut} \sim \text{ffallv\_lsc} + \text{I}(\text{ffallv\_lsc}^2) + \text{I}(\text{ffallv\_lsc}^3) +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{conv.rlut} \sim \text{ratqshaut} + \text{ffallv\_lsc} + \text{unmepmax} +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{etoa.crest} \sim \text{fact\_cldcon} + \text{elcrit} + \text{I}(\text{elcrit}^2) +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{etoa.hfls} \sim \text{flag\_wb} + \text{elcrit} + \text{alp\_bl\_k} + \text{fact\_thermals\_ed\_dz} +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{MJO} \sim \text{flag\_wb} + \text{I}(\text{flag\_wb}^2) + \text{alp\_bl\_k} + \text{elcrit} +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{X.50} \sim \text{flag\_wb} + \text{I}(\text{flag\_wb}^2) + \text{alp\_bl\_k} + \text{ffallv\_lsc} +$   
 $\text{lm}(\text{formula} = \text{AMMA} \sim \text{flag\_wb} + \text{wbmax} + \text{elcrit} + \text{alp\_k} + \text{sigdz} +$

2 Waves (Wave2 with 200 simulations minus 2 crashes) :

[1] "Remaining space after wave1: 0.005435"

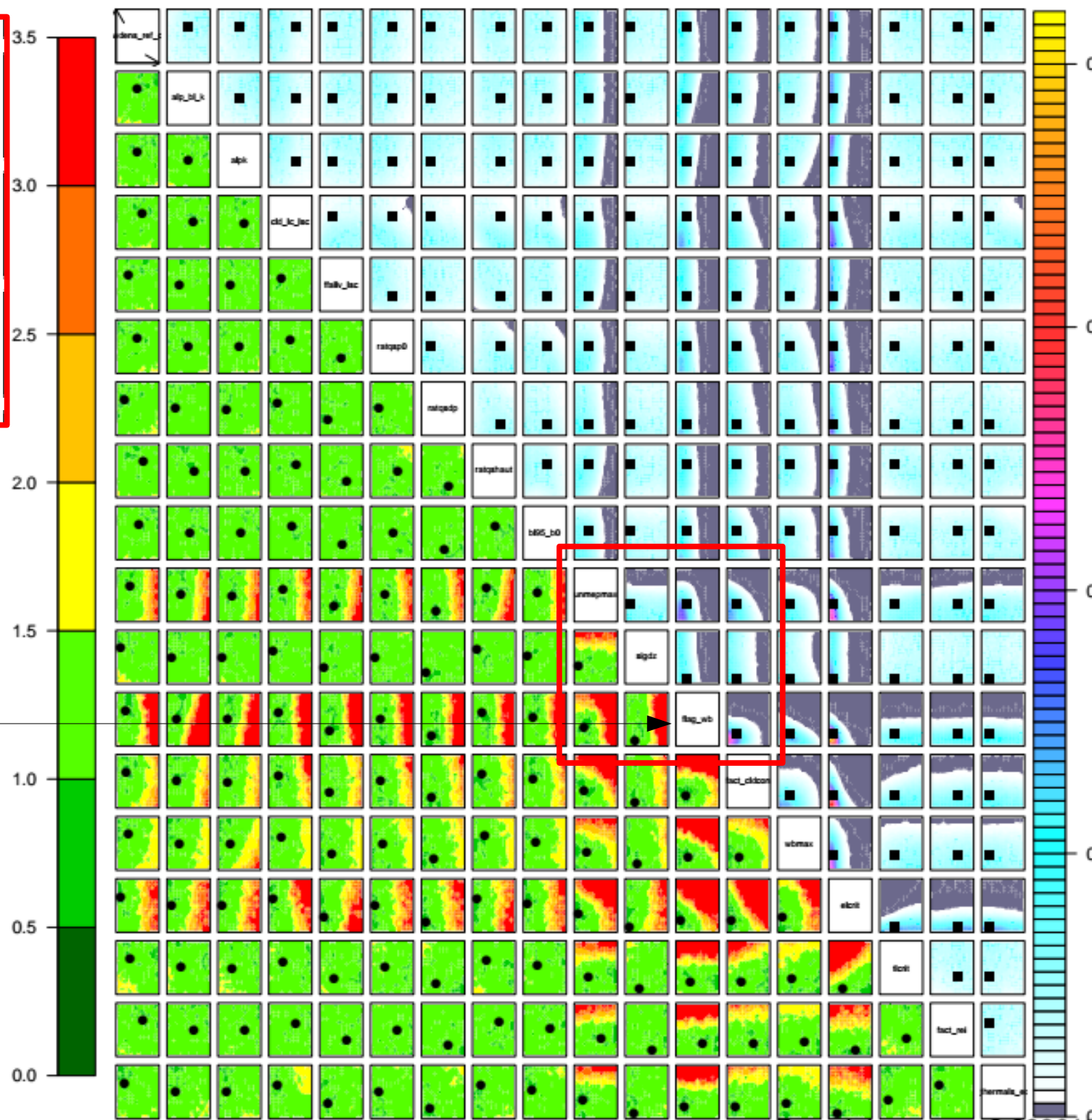
[1] "Remaining space after wave2: 0.003077"





WAVEN=2  
 tau=0  
 cutoff=3  
 sample\_size=20x10<sup>6</sup>

flag\_wb

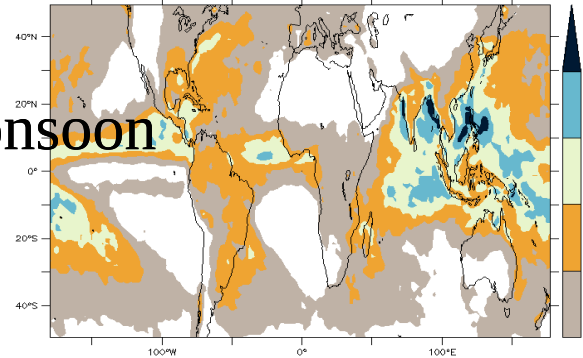


# SIM-073

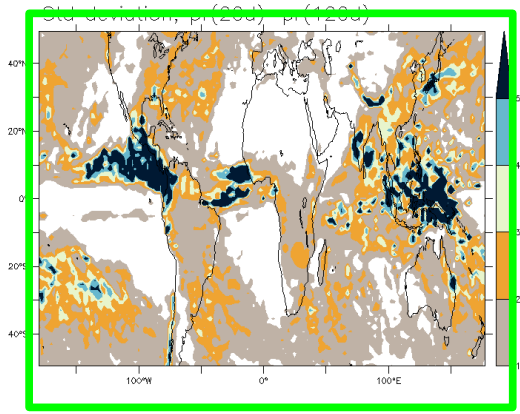
Improved MJO and African monsoon

Reasonable P>50

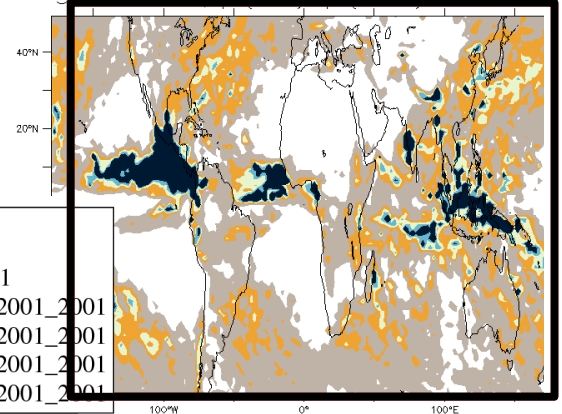
## TRMM OBS



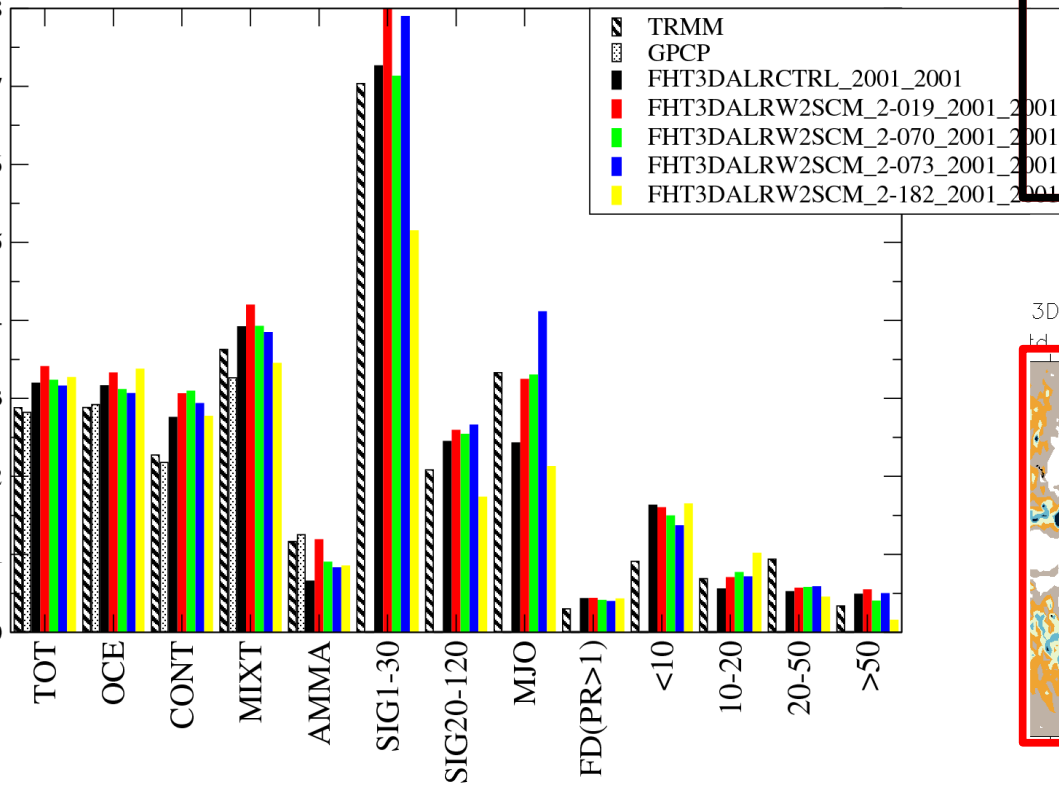
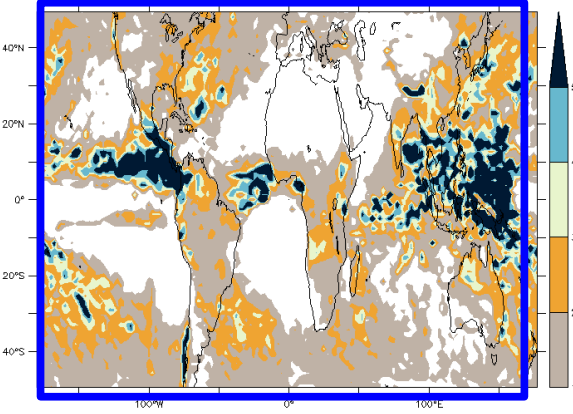
## FHT3DALRW2SCM 2-070 2001 2001



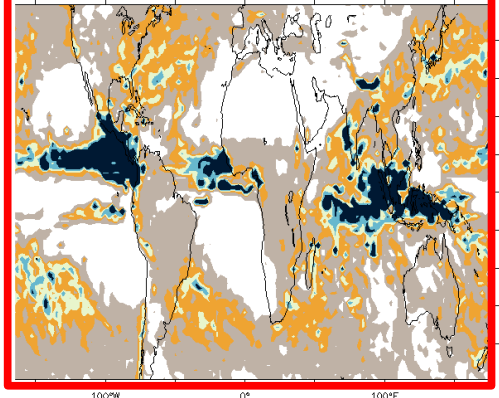
## LMDZ6A (Control)



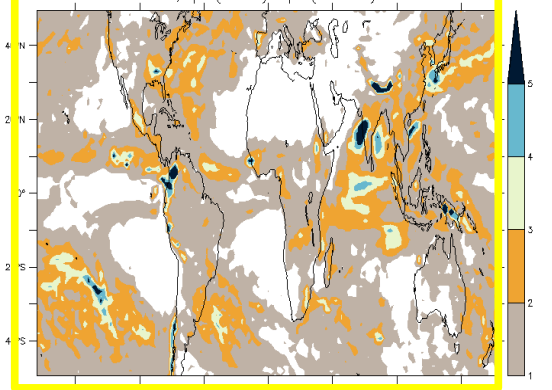
## FHT3DALRW2SCM 2-073 2001 2001

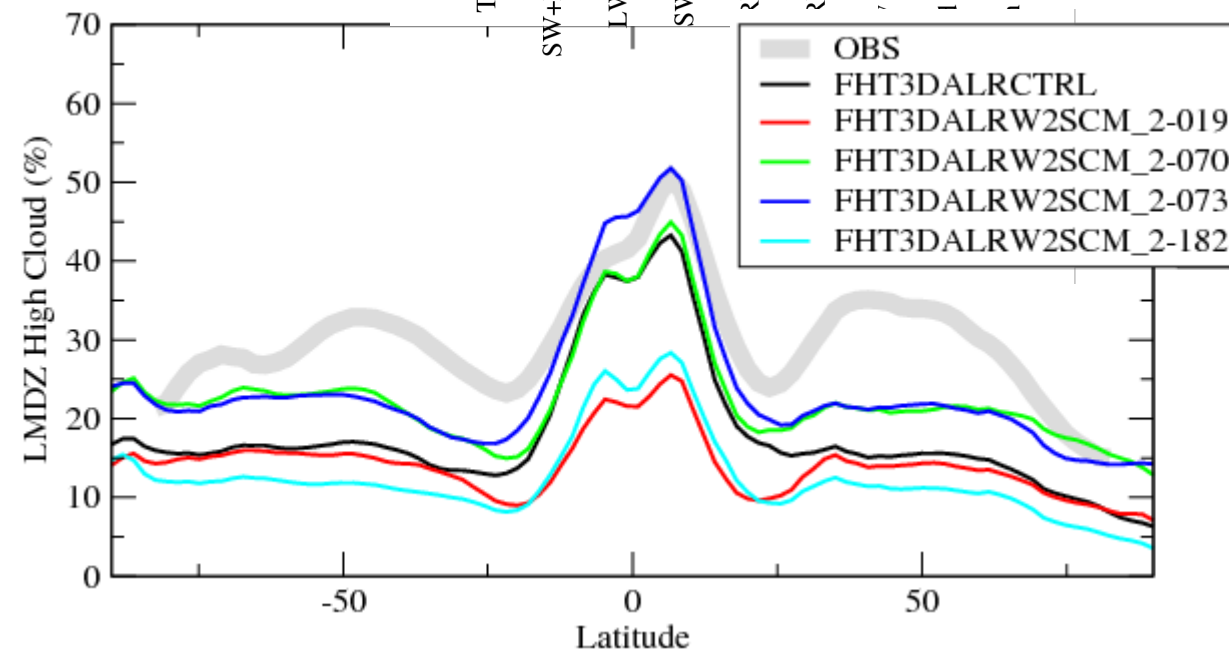
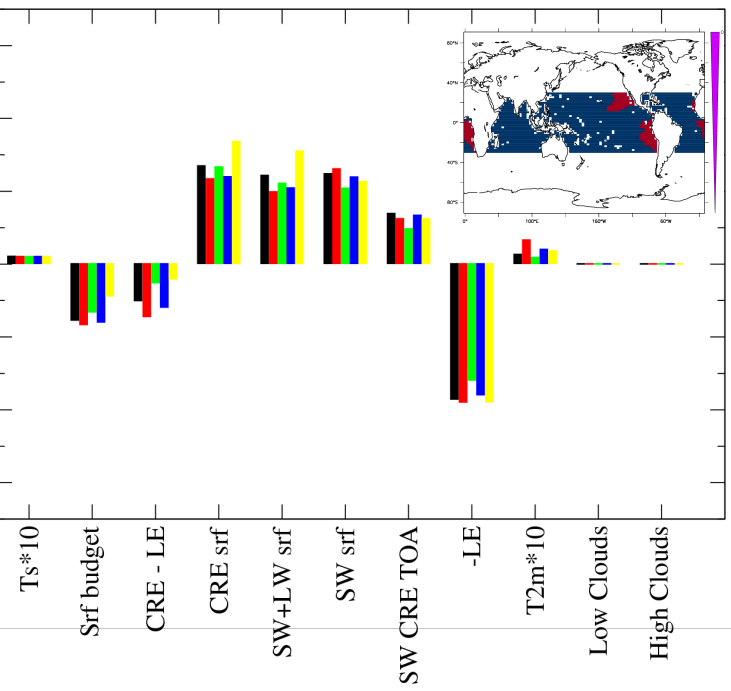
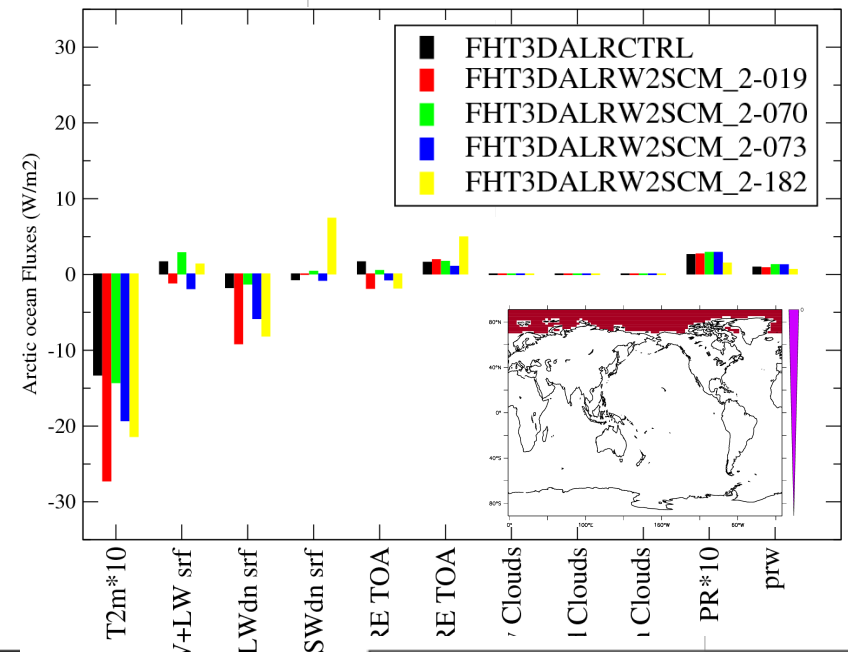
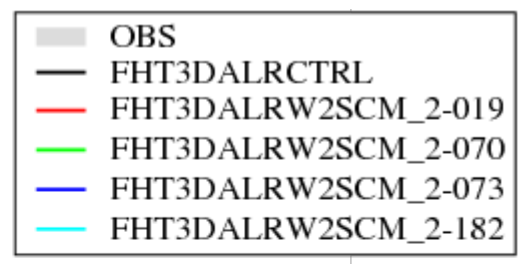
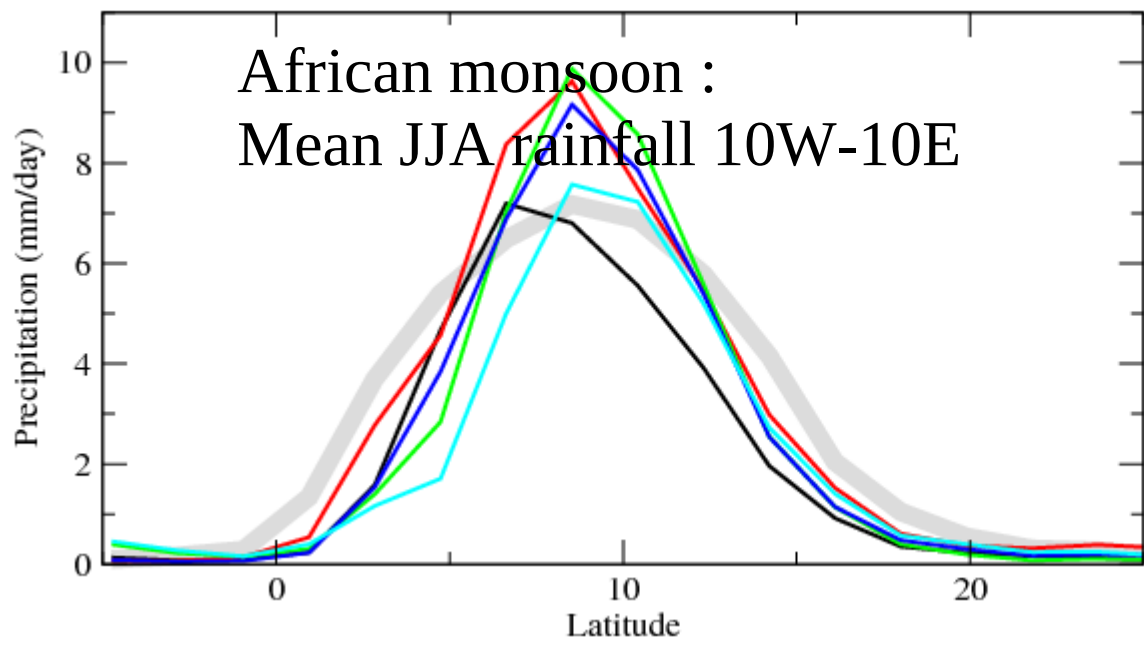


## FHT3DALRW2SCM 2-019 2001 2001

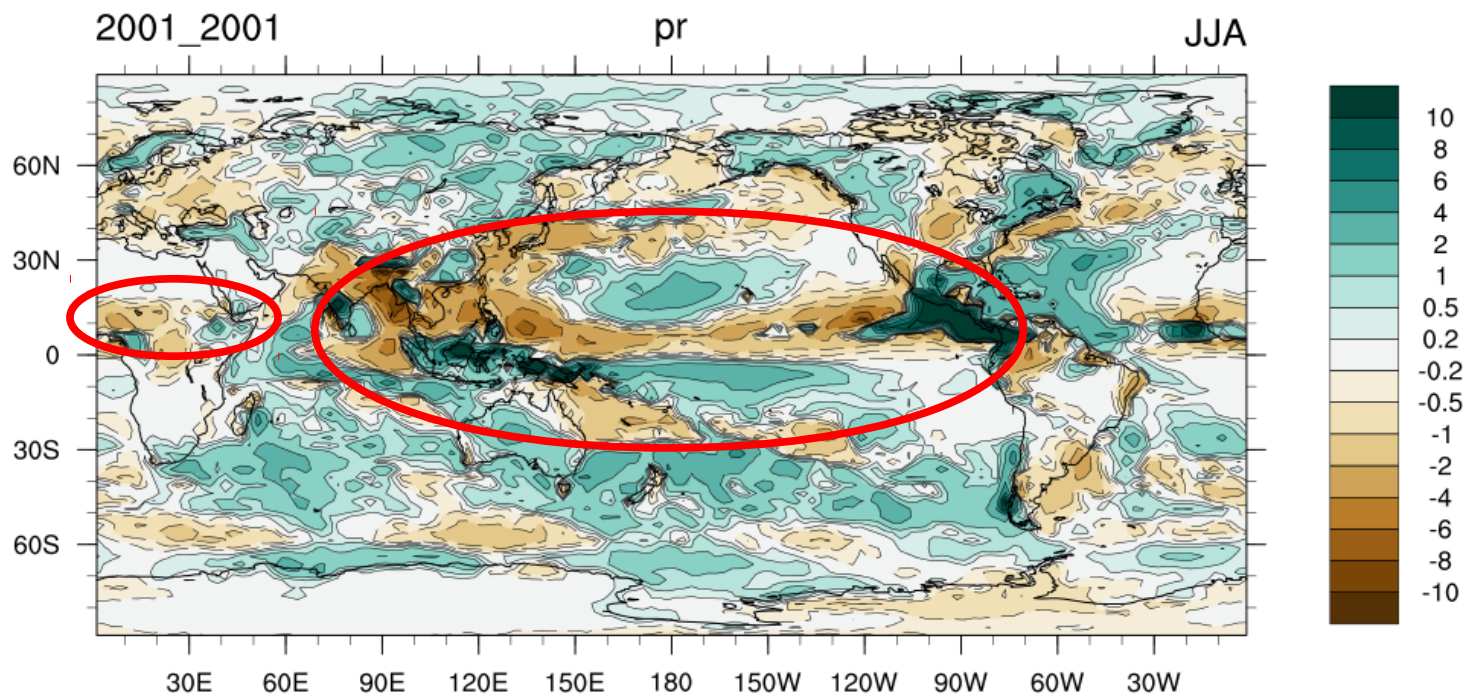


## FHT3DALRW2SCM 2-182 2001 2001



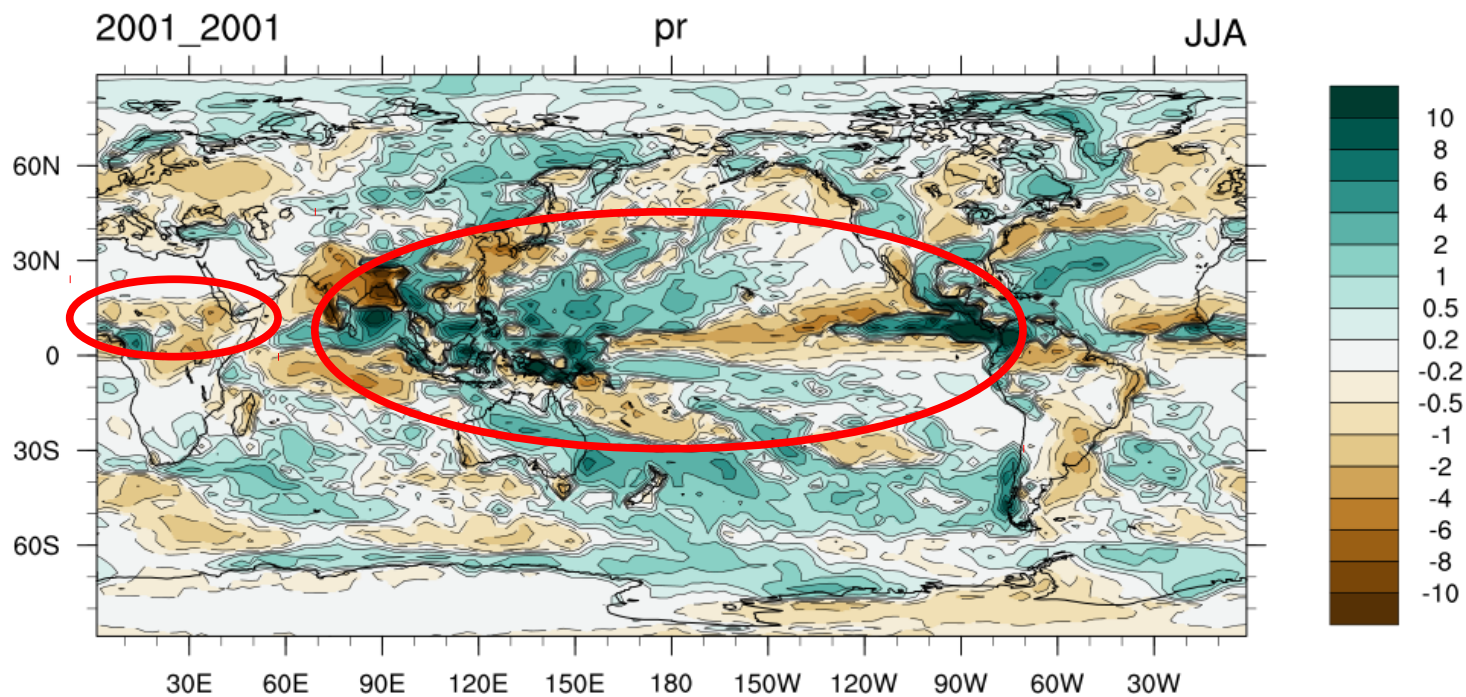


# CTRL (vs GPCP)



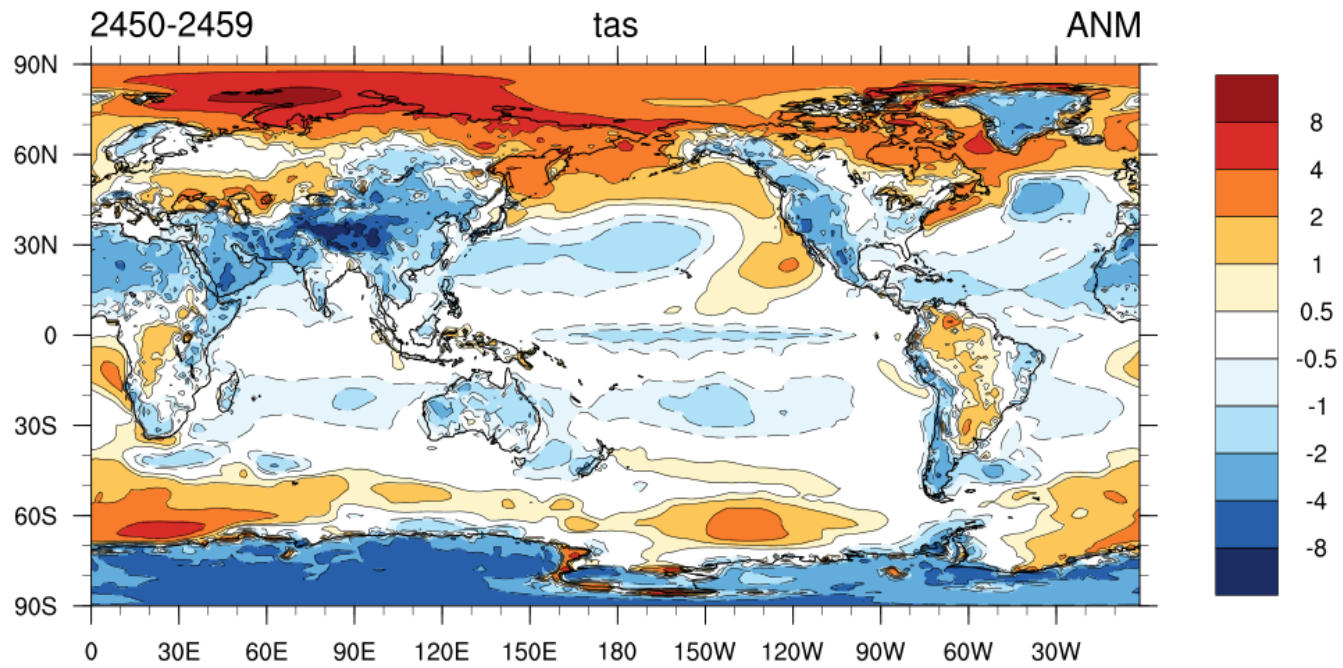
Version standard  
LMDZ6A

# SIM 2-073 (vs GPCP)

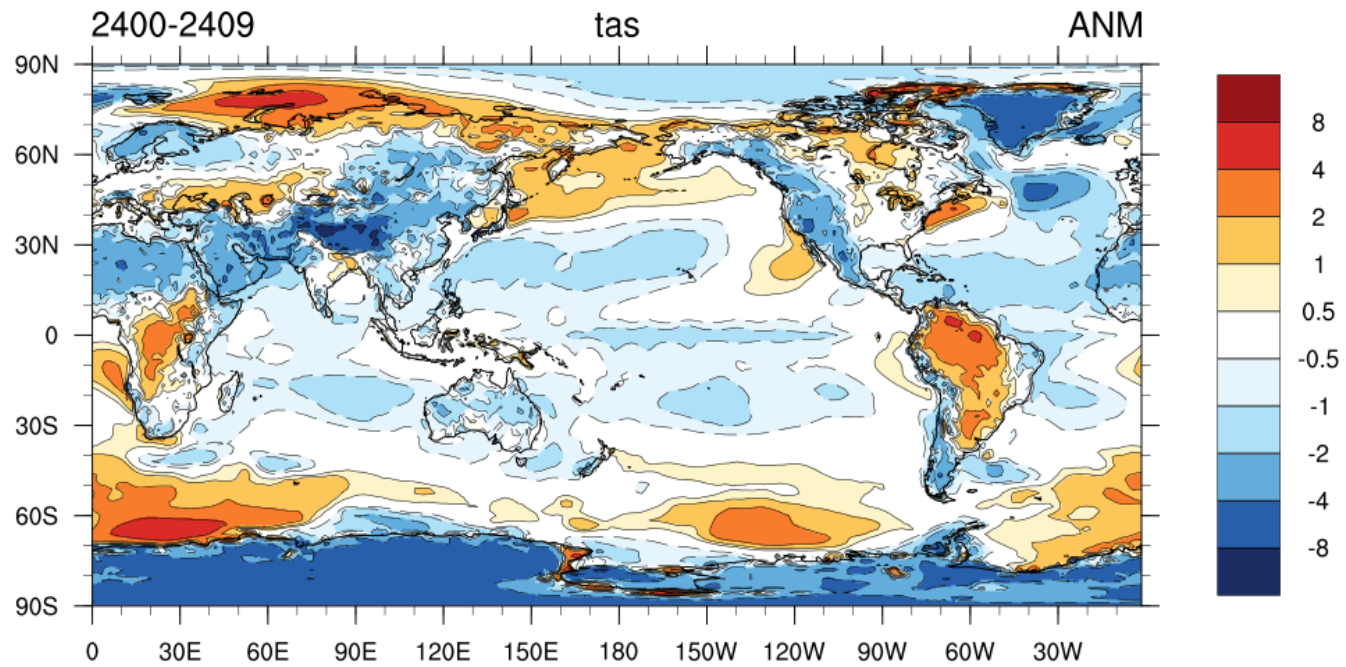


Une des 10 « meilleures »  
Simulations issues du  
« history matching »

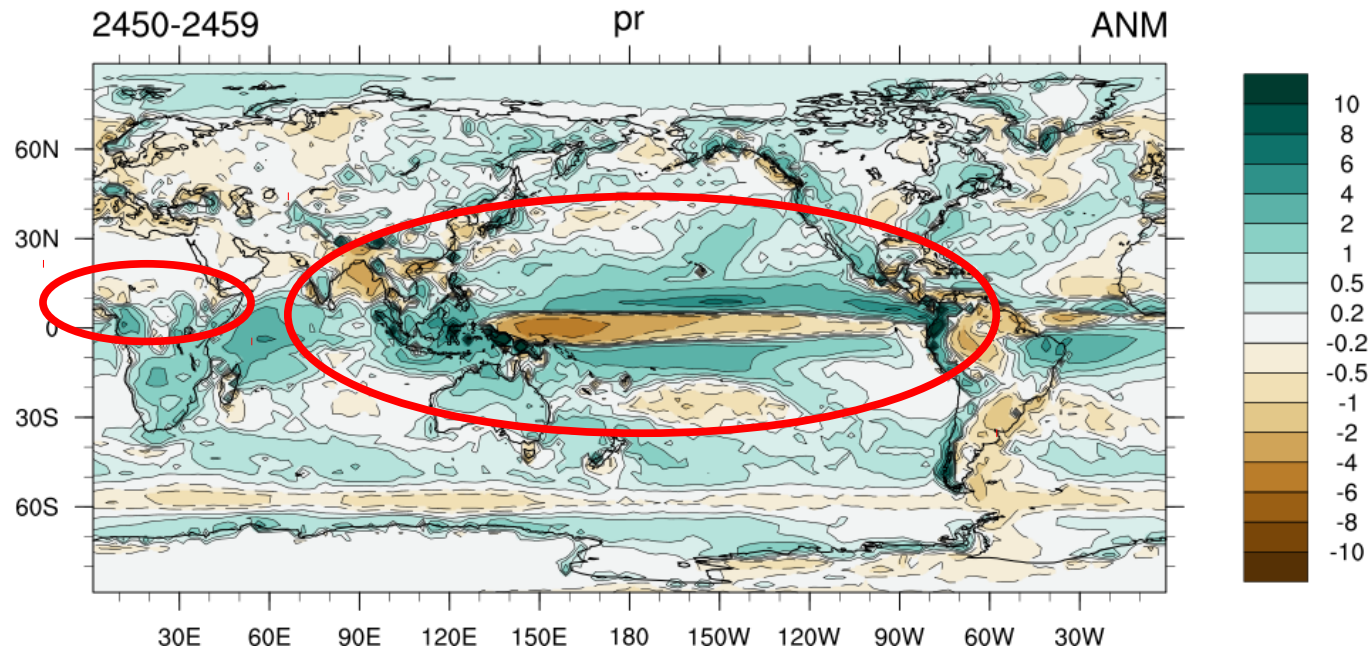
### CM618-MR-pd-NMC-PM07 (vs ERAINT)



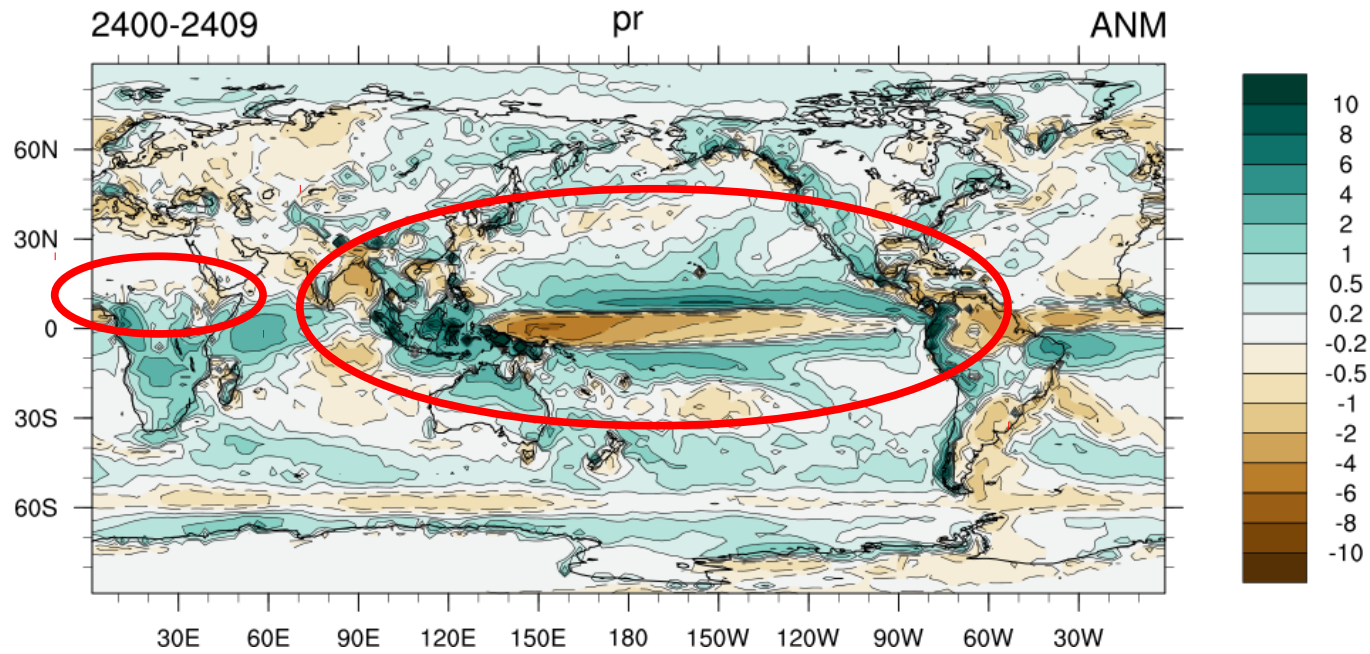
### CM618-MR-pd-NMC-V4 (vs ERAINT)



### CM618-MR-pd-NMC-PM07 (vs GPCP)



### CM618-MR-pd-NMC-V4 (vs GPCP)



## Conclusions :

Améliorations robustes liées à l'investissement sur les paramétrisations de la convection

- 1/ Cycle diurne (couplage convection profonde, peu profonde et poches)
- 2/ Intermittence et indépendance à la grille (déclenchement stochastiques)
- 3/ Moins de pluies sur l'Est des océans.
- 4/ Meilleures pluies continentales

Problèmes identifiés :

Pluies beaucoup trop fortes sur les terres du continent maritime  
Pluies et variabilité trop faibles sur la warm pool

En couplé :

Enso pas top

Double ITCZ (même si pas si mal par rapport aux autres modèles).

Les problèmes sur la warm pool sont difficiles à identifier en forcé.

→ Besoin de travailler avec des expériences couplées courtes ?

Réglages MJO, ITCZ, Enso plus ou moins abandonnés pour privilégier l'ajustement des SSTs

Les méthodes UQ ouvrent une nouvelle fenêtre !

→ Besoin de définir les métriques pertinentes

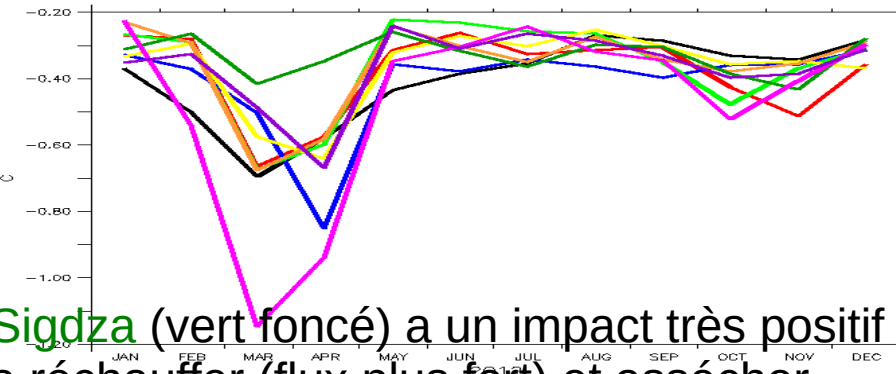
Meta-modèles/history matching

Beaucoup plus qu'un outil pour ajuster une configuration.

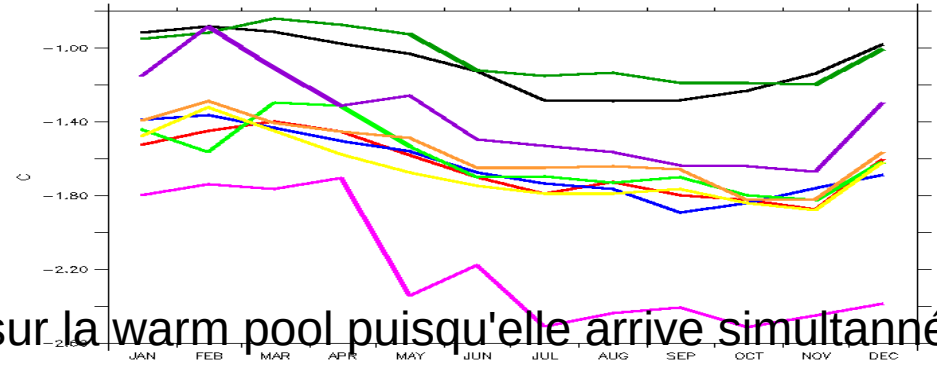
Expériences de sensibilité généralisées → Revisite de beaucoup de questions !

# Evaluation sur deux ensemble de bouées pirata sur le Pacifique Ouest (nord de Warm pool) et le Pacifique Ouest au sud de l'eq.

T2m-SST pacifique<sub>sud</sub>



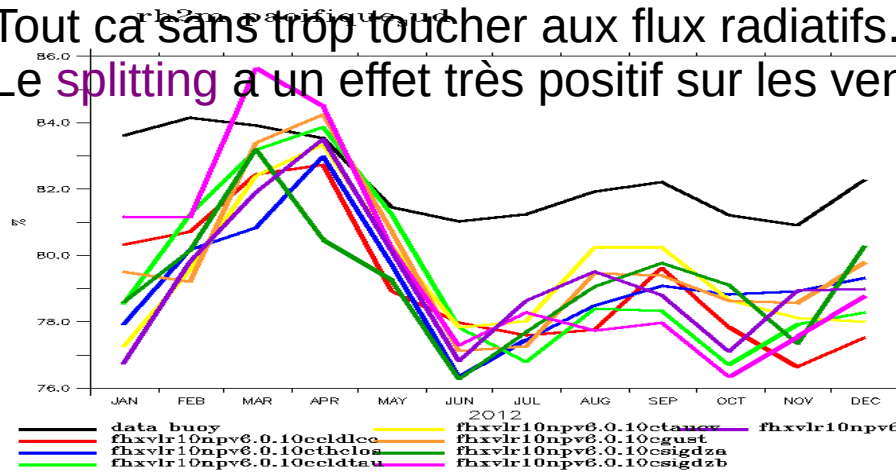
T2m-SST warmpool



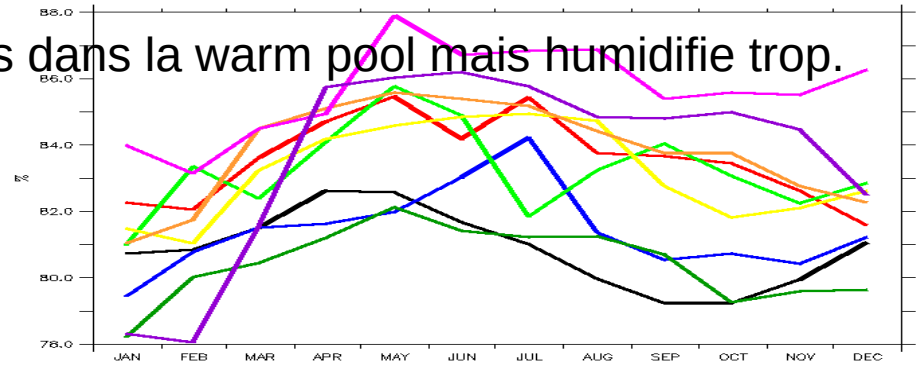
**Sigdza** (vert foncé) a un impact très positif sur la warm pool puisqu'elle arrive simultanément a réchauffer (flux plus fort) et assécher.

Tout ça sans trop toucher aux flux radiatifs.

Le **splitting** a un effet très positif sur les vents dans la warm pool mais humidifie trop.

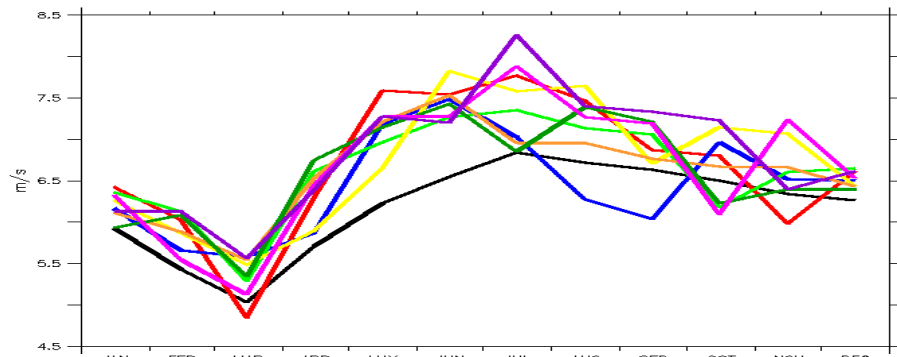


rh2m warmpool

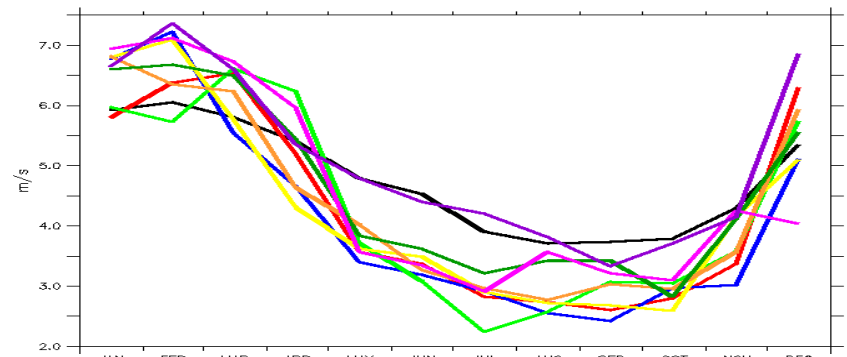


- |                           |                           |                           |                            |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| — data buoy               | — fhxv1r10npv6.0.10cldlcc | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10csp1    |
| — fhxv1r10npv6.0.10cldlcc | — fhxv1r10npv6.0.10cgust  | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10csigzba |
| — fhxv1r10npv6.0.10cldlcc | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10csigzbb |

wind10m pacifique<sub>sud</sub>



wind10m warmpool

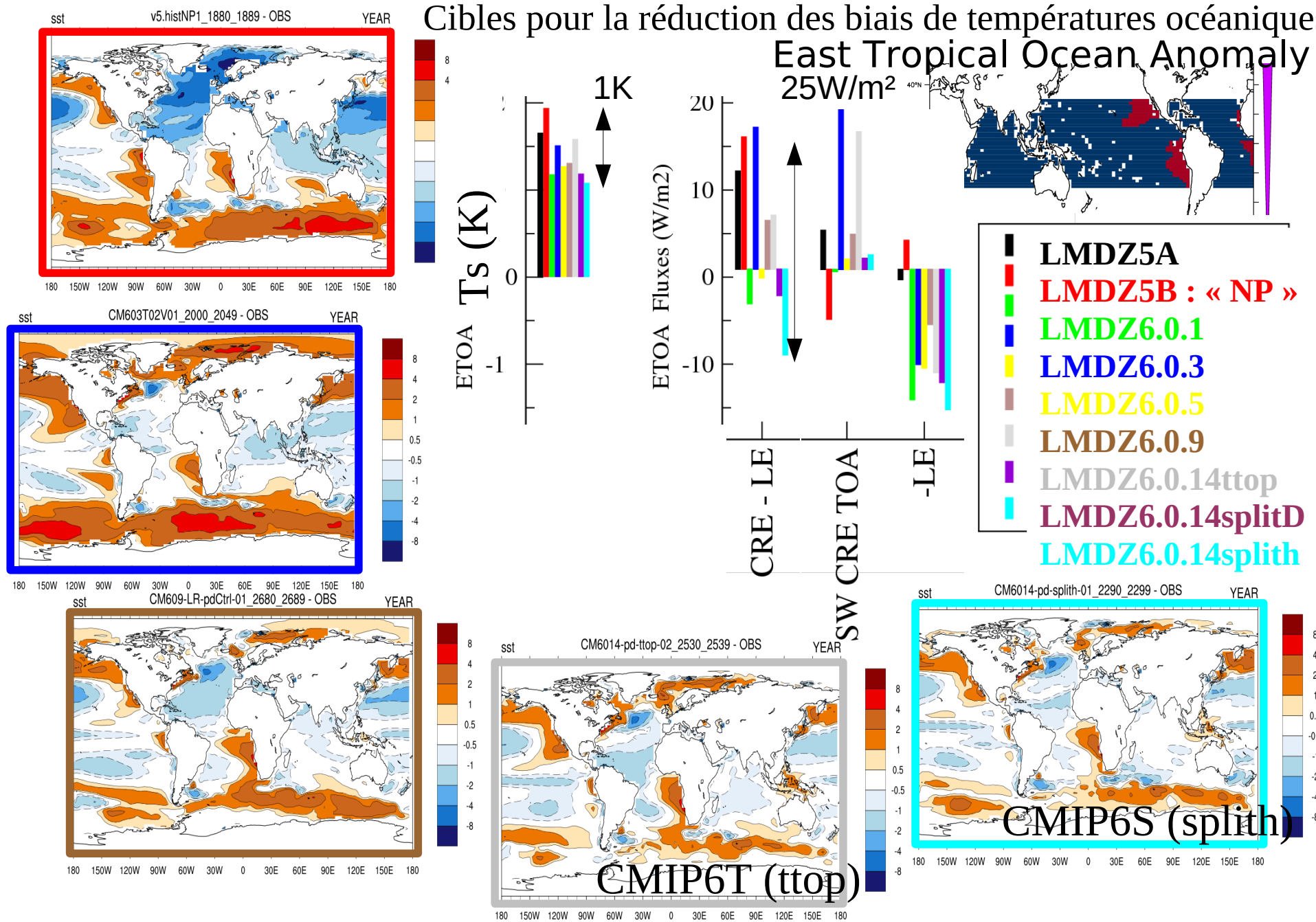


- |                           |                           |                           |                            |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| — data buoy               | — fhxv1r10npv6.0.10cldlcc | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10csp1    |
| — fhxv1r10npv6.0.10cldlcc | — fhxv1r10npv6.0.10cgust  | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10csigzba |
| — fhxv1r10npv6.0.10cldlcc | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10csigzbb |

- |                           |                           |                           |                            |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| — data buoy               | — fhxv1r10npv6.0.10cldlcc | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10csp1    |
| — fhxv1r10npv6.0.10cldlcc | — fhxv1r10npv6.0.10cgust  | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10csigzba |
| — fhxv1r10npv6.0.10cldlcc | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10cldtau | — fhxv1r10npv6.0.10csigzbb |



# Cibles pour la réduction des biais de températures océaniques East Tropical Ocean Anomaly

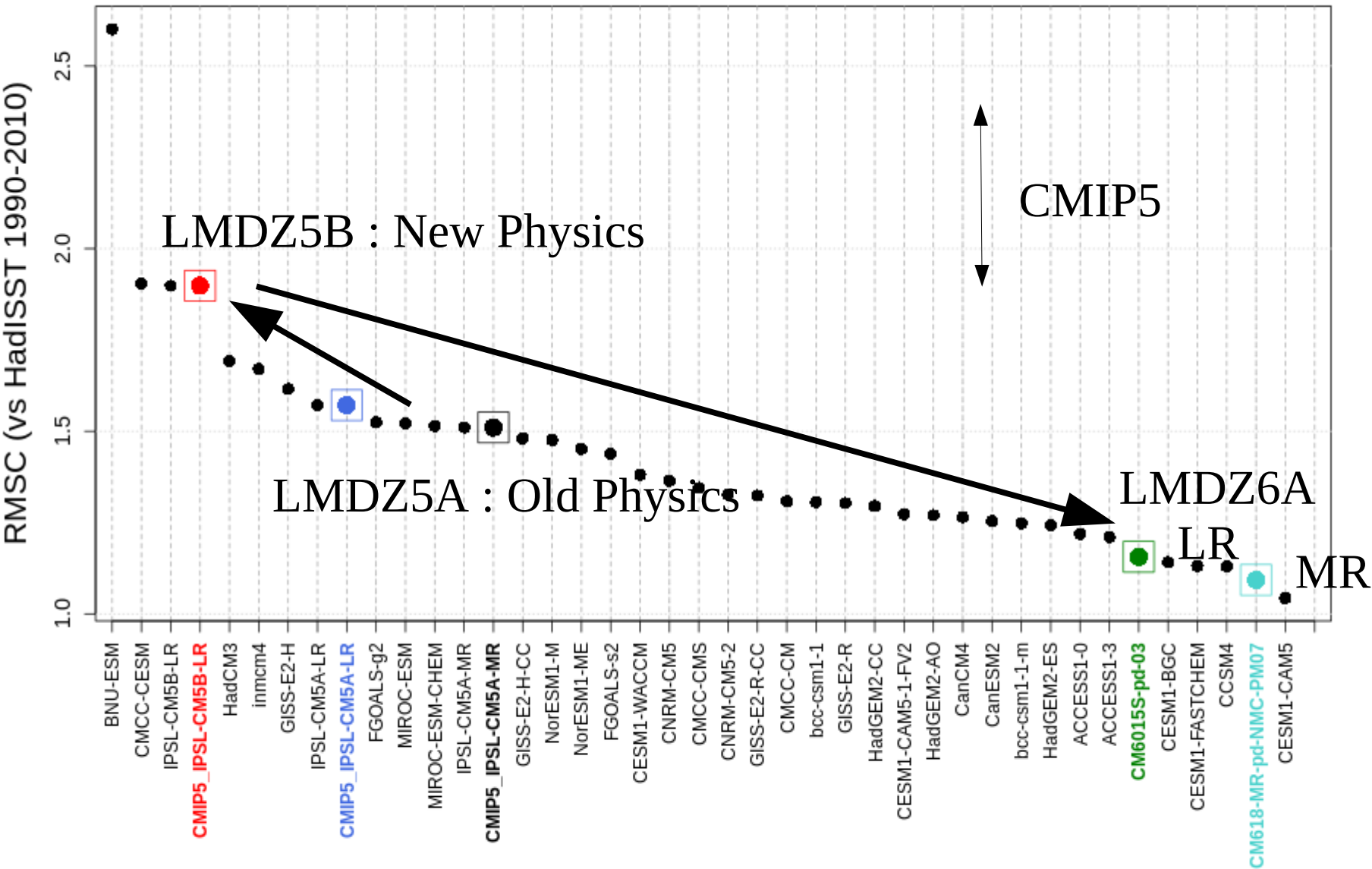


Identification de métriques en modèle forcé par les températures de surface de l'océan  
 En 3 ans, 15 versions du modèle couplé. A chaque fois retuning (10 à 30 simulations)  
 → Plus jamais ça.

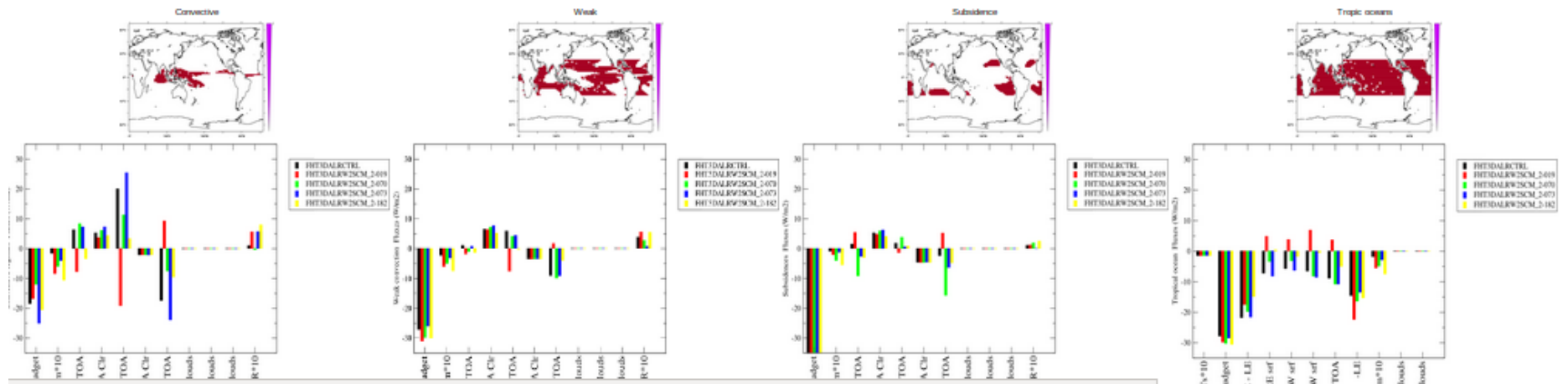
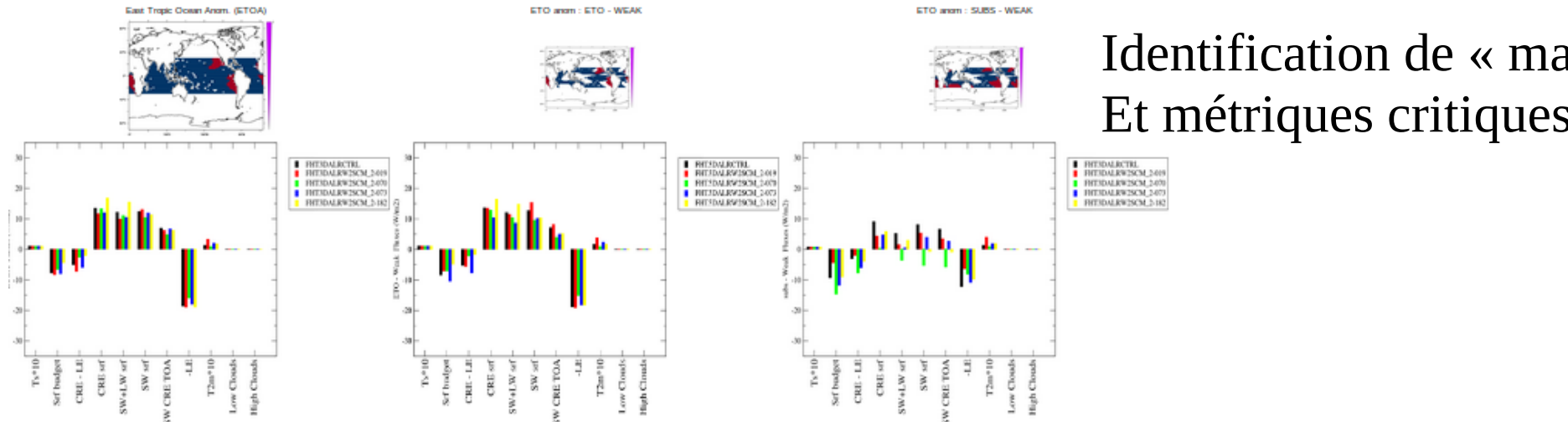
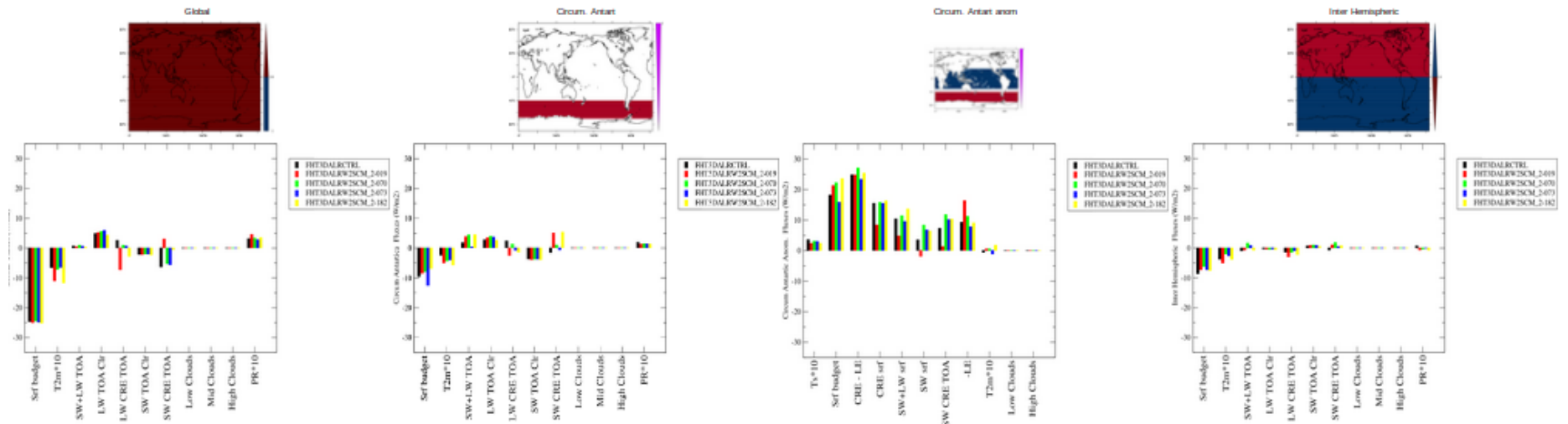
# Erreur quadratique moyenne sur le cycle saisonnier des SSTs (débiaisées)

## 50S 50N - RMSC

## annual cycle

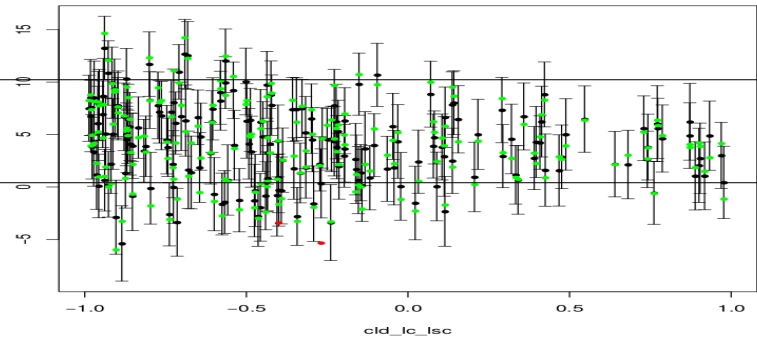
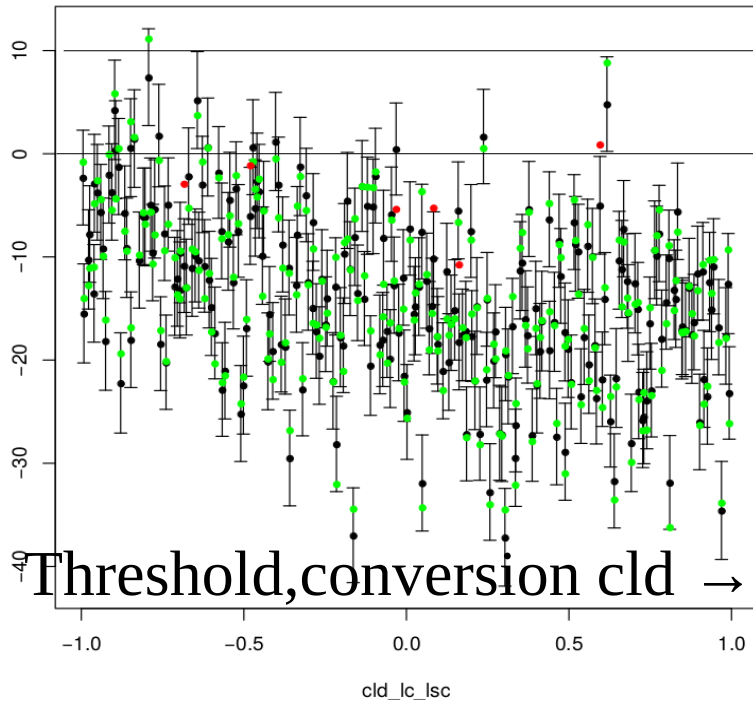


Toyennes annuelles - Annual mean



Identification de « masques Et métriques critiques.

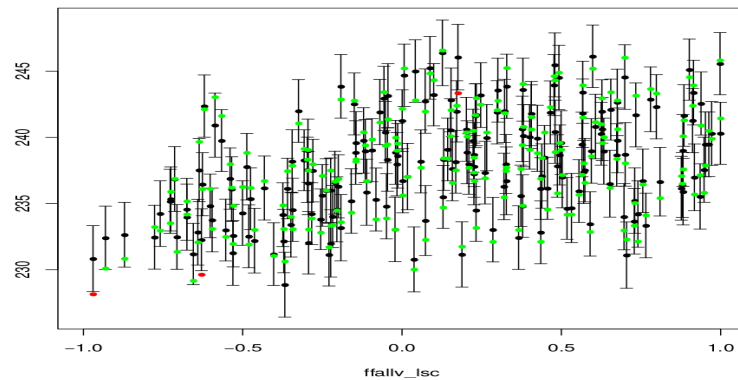
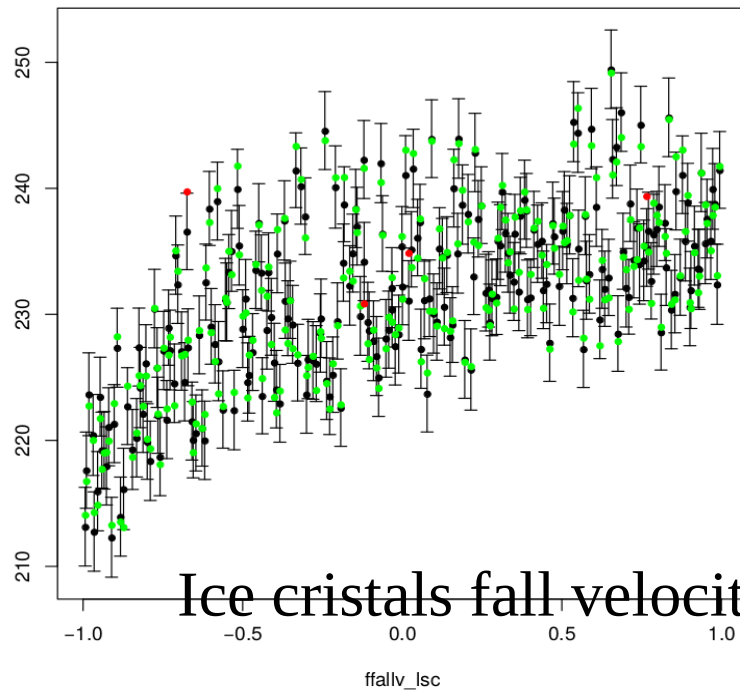
# With leave one out error bars



$$\sigma = 1.6 \text{ W/m}^2$$

$$\sigma = 2.5 \text{ W/m}^2$$

Threshold, conversion  $cld \rightarrow$  precip



Ice crystals fall velocity

## Les versions successives de LMDZ pour CMIP

**CMIP3 (2005)** : Tiedtke → Emanuel pour la convection. 96x71xL19

### CMIP5 (2012) :

- Extension à la stratosphère : L39
- Low Resol. (LR) : 96x95, MR, 144x143
- Deux Physiques :
  - LMDZ5A** : dite standard = CMIP3
  - LMDZ5B** : « Nouvelle physique » = thermiques + poches + ALE/ALP (thermiques désactivés stratocu)

### CMIP6 :

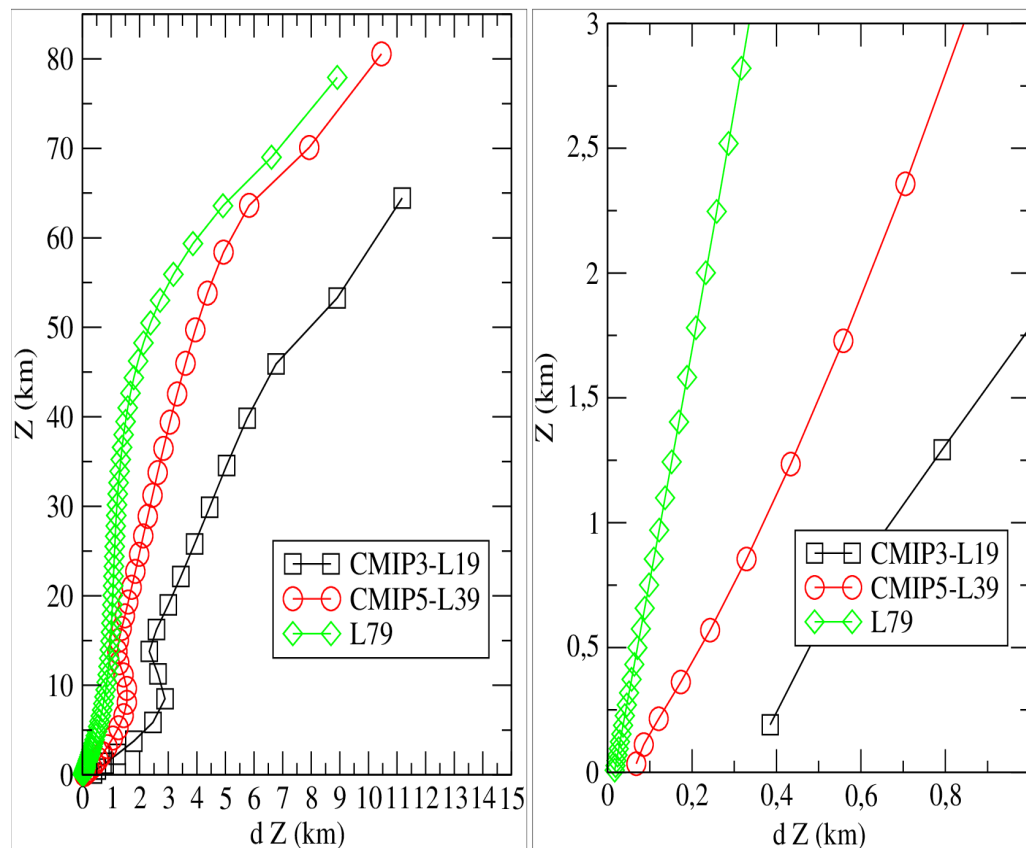
- LR : 144x142, MR, 280x280 ?
- Raffinement de la grille verticale L79  
Pour QBO et nuages bas

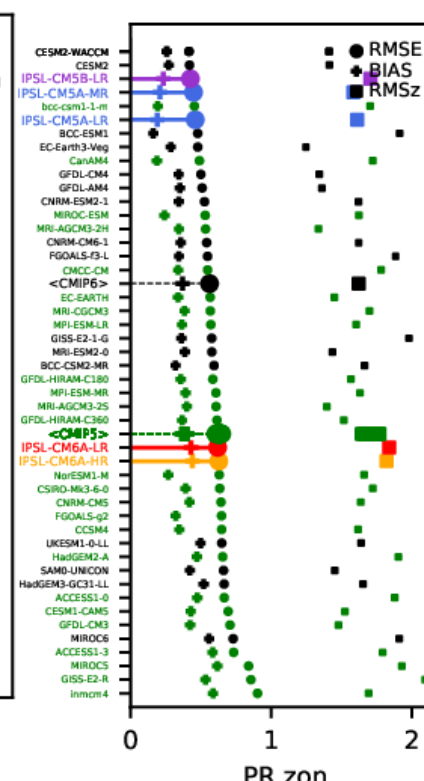
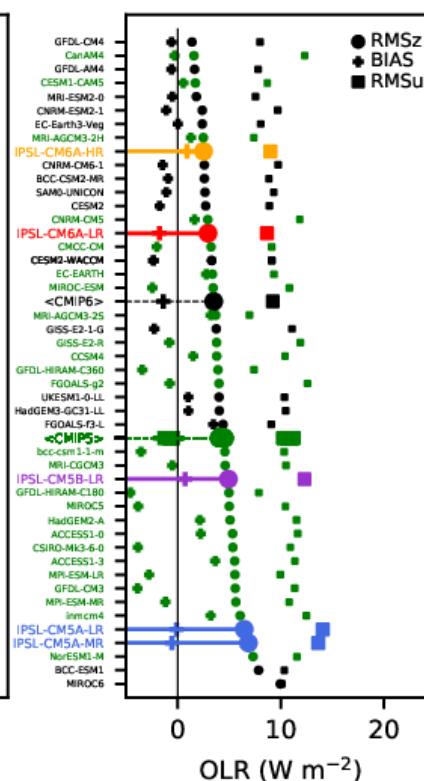
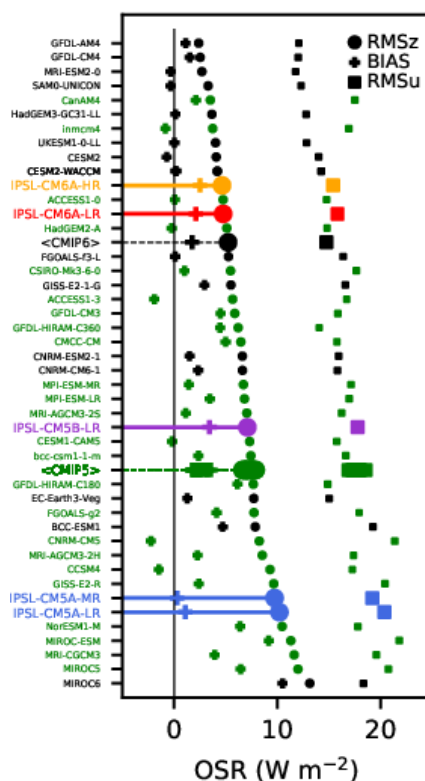
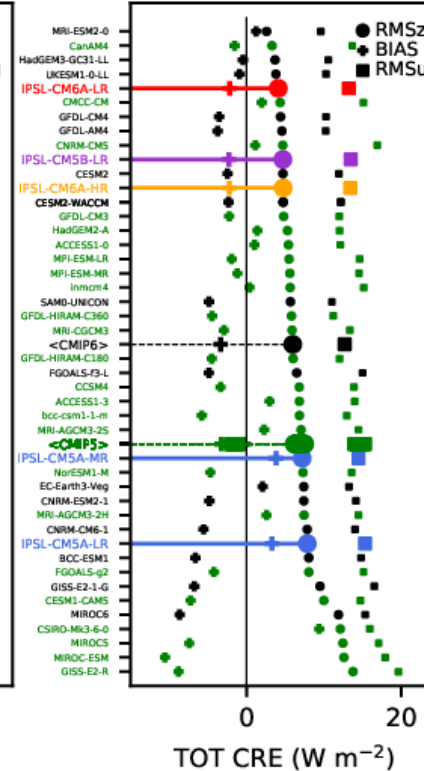
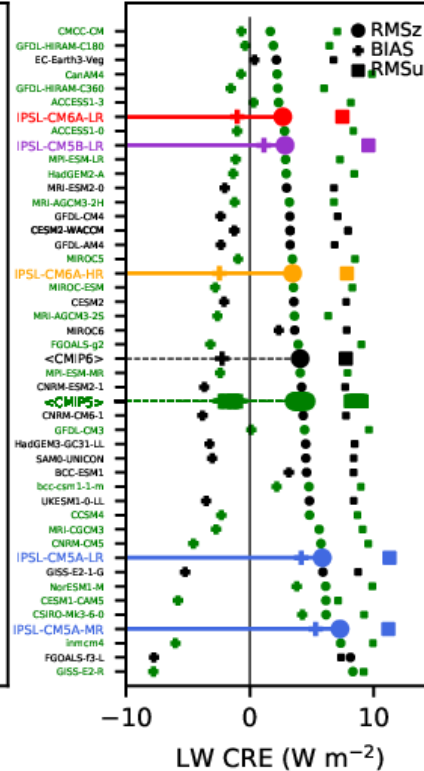
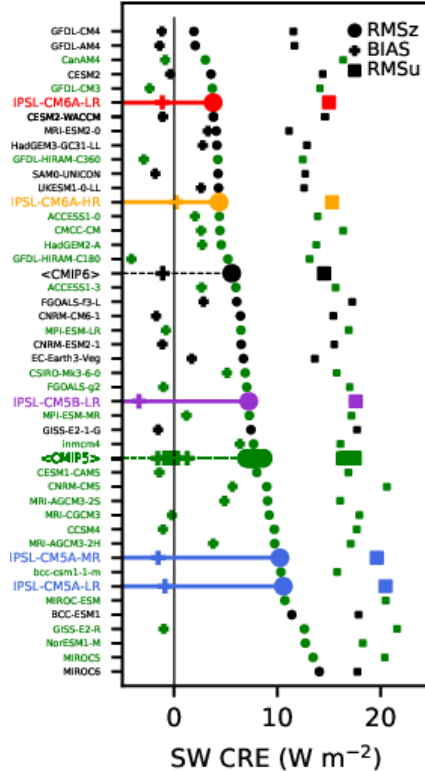
### NPv4.12(L59) → NPv5.17c (Print. 2015)

- Déclenchement convectif stochastique
- Stratocumulus avec thermiques actifs
- paramétrisation ondes non orographiques → QBO
- thermodynamique de la glace

### NPv5.17h = NPv5.3 (Simulation couplée océan atmosphère > 400 ans, été 2015)

- Stratocumulus renforcés (en jouant sur le schéma d'Arnaud)
- Flux radiatifs accordés (tuning), avec focus bords Est océans tropicaux



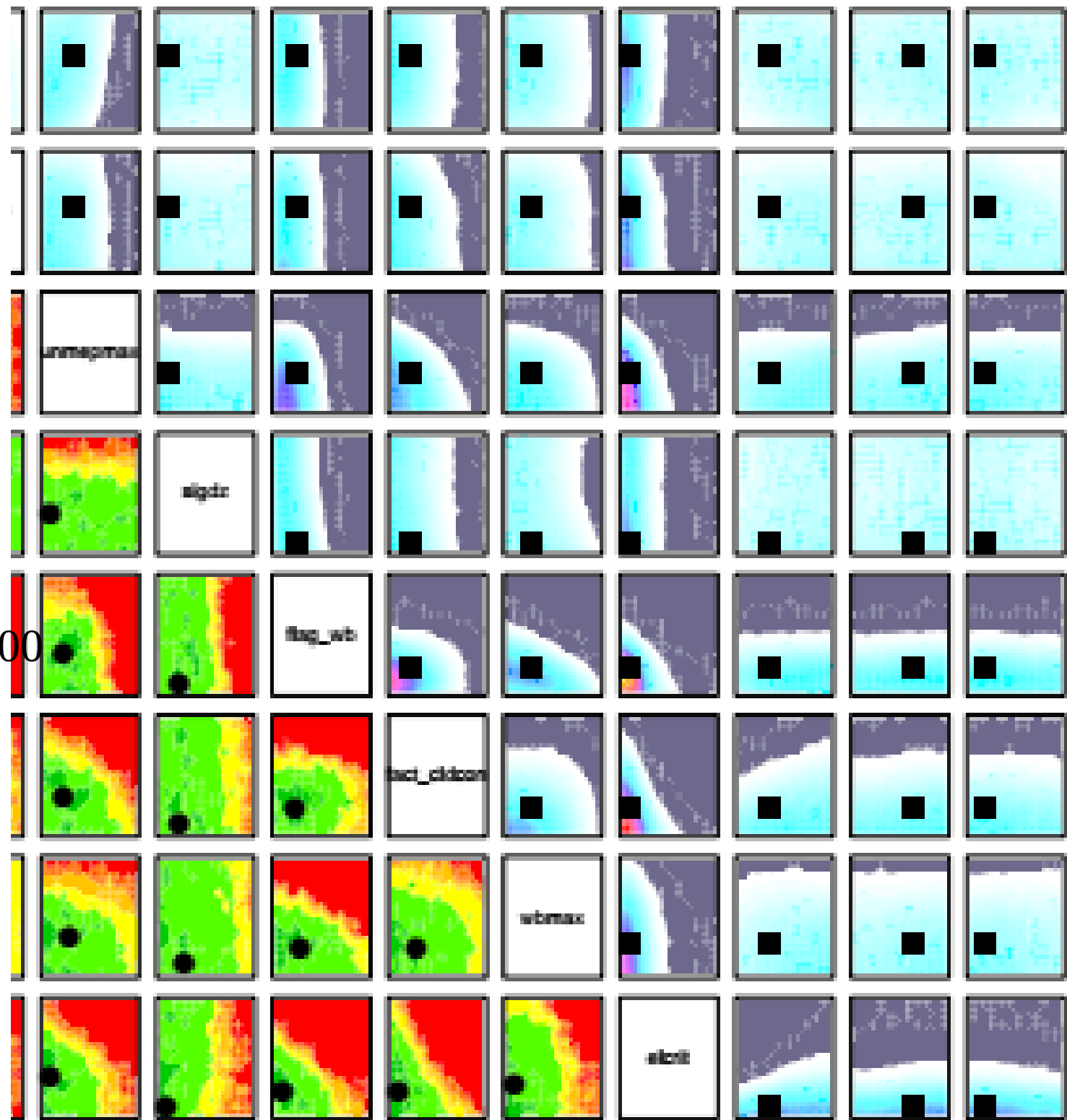


WAVEN=2

tau=0

cutoff=3

sample\_size=20000000



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

Eté 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. 0/A  
- réglage w base  
convection  
- rafales → z0  
océaniques  
Conserv. E.2

IPSLCM6.0.1

IPSLCM6.0.2

IPSLCM6.0.3

IPSLCM6.0.4

IPSLCM6.0.5

IPSLCM6.0.6

IPSLCM6.0.7

IPSLCM6.0.8

IPSLCM6.0.9

IPSLCM6.0.10

Ete 2015

Ete 2016

Printemps 2017

New Tmix

Améliorations de code

Tests de paramètres

Corrections de bugs

Calving

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

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

paramètres liés à la glace de  
mer  
albedo  
amaxn  
amaxs  
pstar



# Si on fait une analyse rétrospective de quelques configuration en matière de biais de bord Est

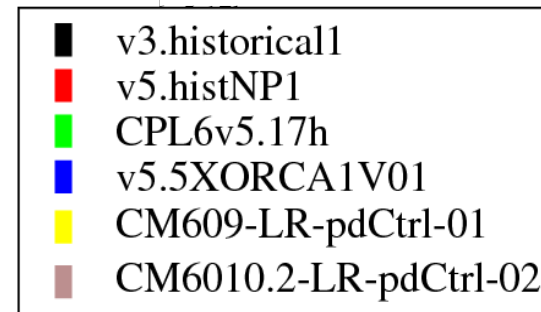
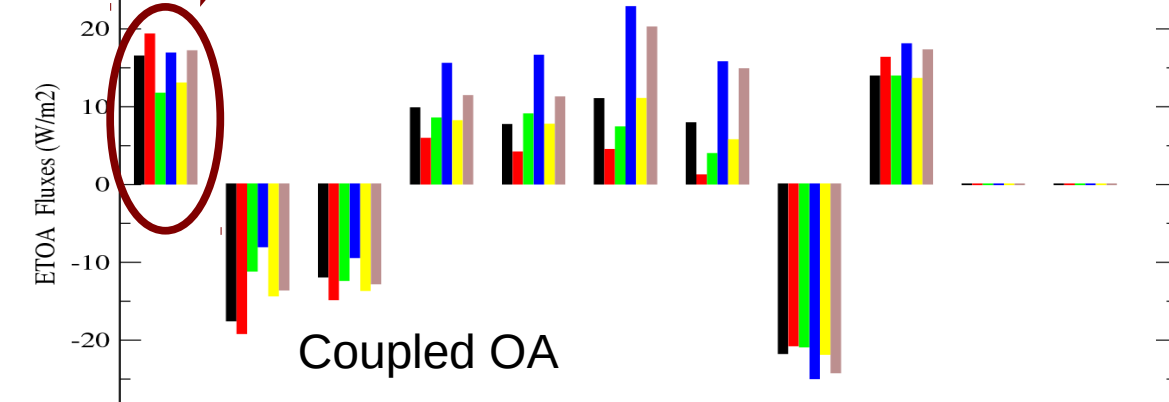
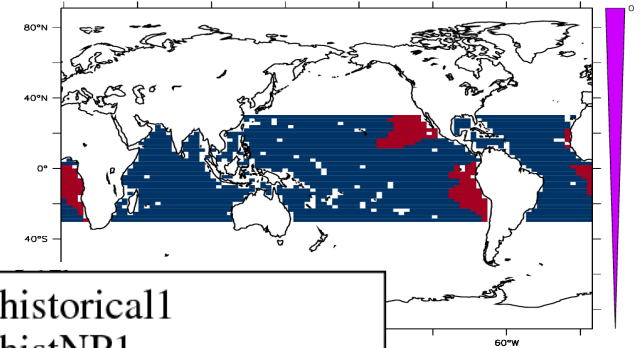
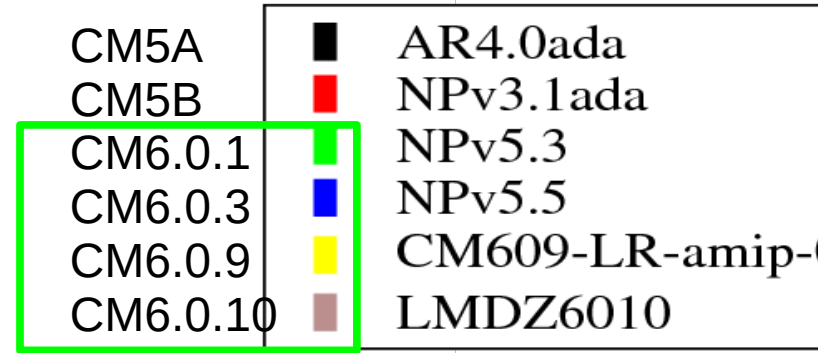
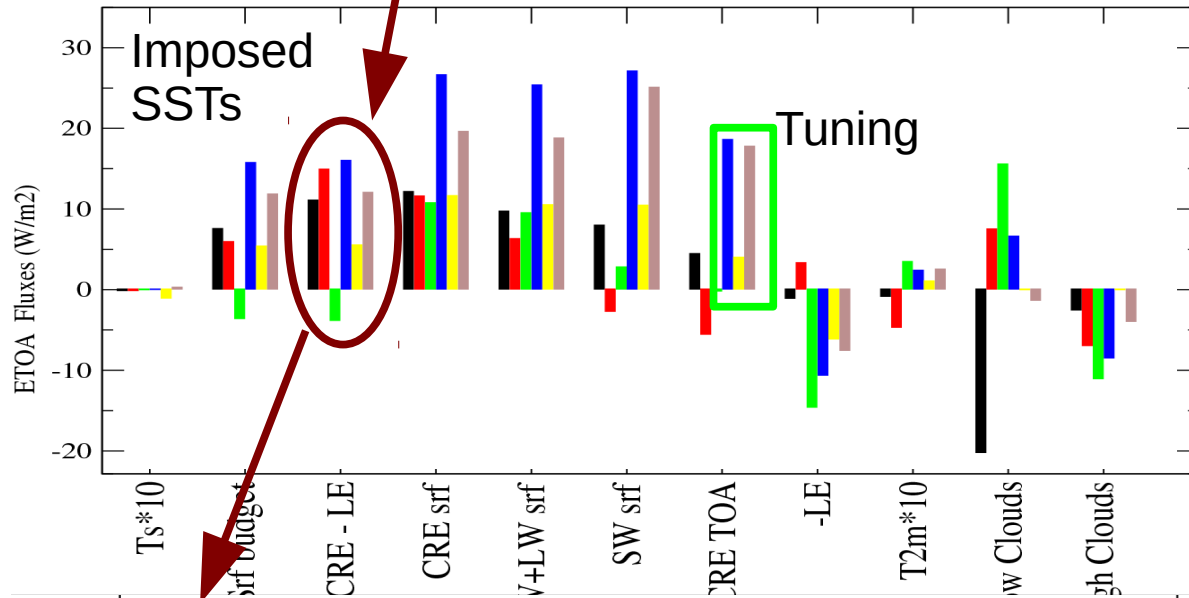
- On constate que la **méthodo** marche pas mal : les simulations qui ont le CRE-LE le moins positif en forcé sont aussi celles qui ont le plus fort biais de Ts en couplé. C'est pas parfait mais en gros ça marche.

- On voit qu'entre CM5A et B, on avait détérioré les choses parce que l'amélioration du SW en forcé était surcompensée par le LW (cmp SW srf et SW+LW srf) et le Latent (-LE).

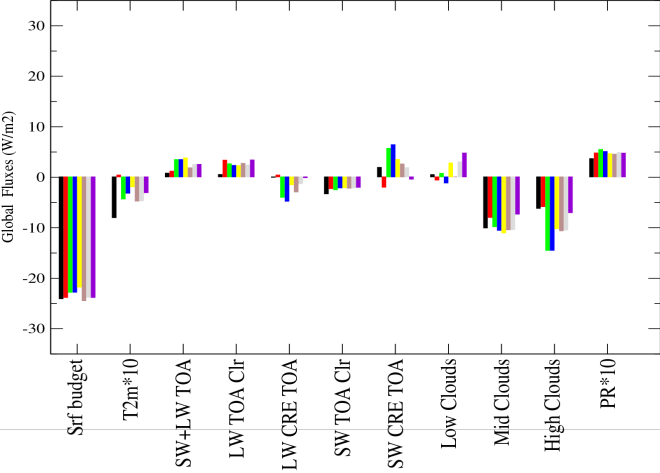
- On voit que la 6.0.1 d'il y a 2 ans avait le plus faible biais de Bords Est.

- la 6.0.9 était pas mal mais on a beaucoup détérioré les choses avec la 6.0.10

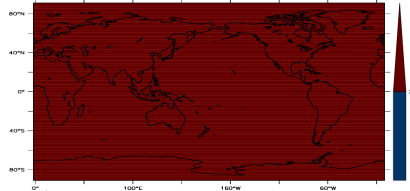
- Malheureusement, cette dégradation correspond au conditionnement du déclenchement d'Emanuel par la température au sommet, qui avait du bien à la variabilité tropicale et à Enso.



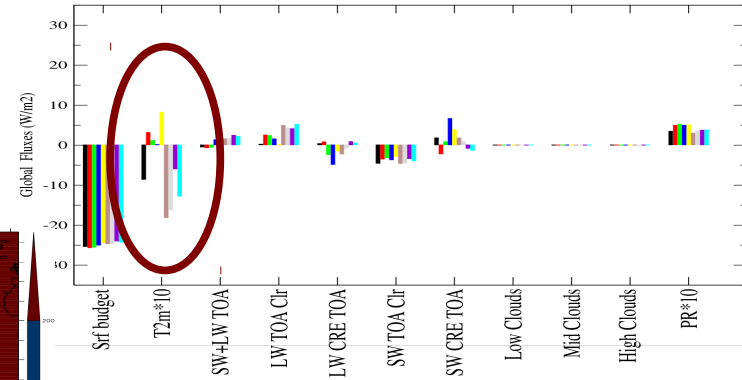
# Série forcée LMDZOR5to10



- NPv5.70a
- LMDZ607svn2761
- LMDZ608v6svn2828
- LMDZORv6010
- LMDZORv6010fallvc
- LMDZORv6010blev
- LMDZORv6010epwb
- LMDZORv6010eprqh

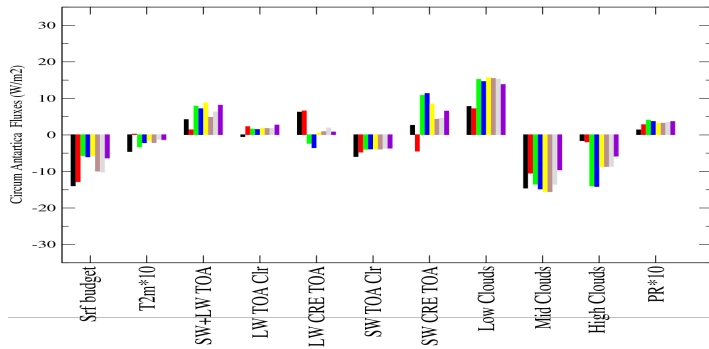


# Couplés équivalents CM6011c

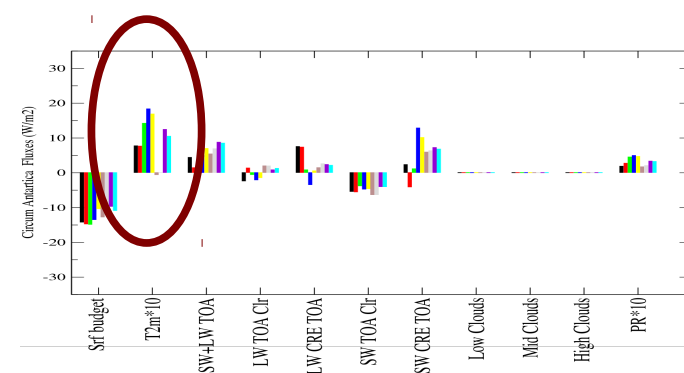
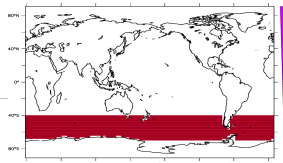


- CM605-LR-pdCtrl-02
- CM607-LR-pdCtrl-01
- CM609-LR-pdCtrl-01
- CM6010.2-LR-pdCtrl-02
- CM6011.0-pdCtrl-fallc-01
- CM6011.0-pdCtrl-blev-01
- CM6011.0-pdCtrl-epwb-01
- CM6011.0-pdCtrl-eprqh-01c
- CM6011.0-pdCtrl-eprqh-04

Réglage chaud pour la 6011 fallv et beaucoup trop froid pour les suivantes

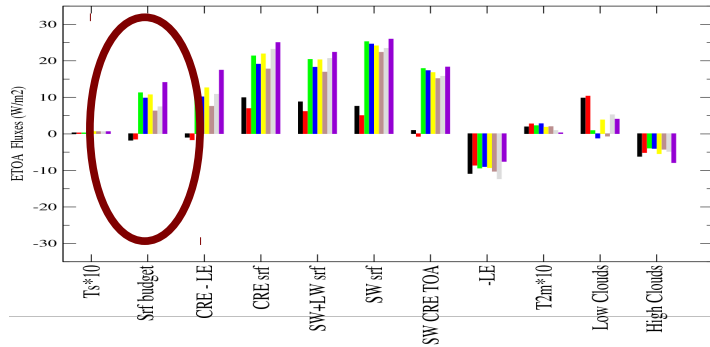


- NPv5.70a
- LMDZ607svn2761
- LMDZ608v6svn2828
- LMDZORv6010
- LMDZORv6010fallvc
- LMDZORv6010blev
- LMDZORv6010epwb
- LMDZORv6010eprqh

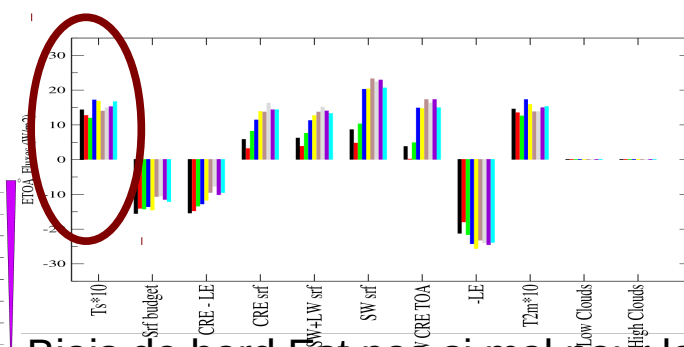
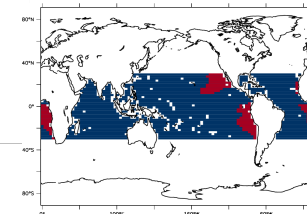


- CM605-LR-pdCtrl-02
- CM607-LR-pdCtrl-01
- CM609-LR-pdCtrl-01
- CM6010.2-LR-pdCtrl-02
- CM6011.0-pdCtrl-fallc-01
- CM6011.0-pdCtrl-blev-01
- CM6011.0-pdCtrl-epwb-01
- CM6011.0-pdCtrl-eprqh-01c
- CM6011.0-pdCtrl-eprqh-04

Par comparaison, le circum Antartique est toujours trop chaud de ~ 1.5K



- NPv5.70a
- LMDZ607svn2761
- LMDZ608v6svn2828
- LMDZORv6010
- LMDZORv6010fallvc
- LMDZORv6010blev
- LMDZORv6010epwb
- LMDZORv6010eprqh



- CM605-LR-pdCtrl-02
- CM607-LR-pdCtrl-01
- CM609-LR-pdCtrl-01
- CM6010.2-LR-pdCtrl-02
- CM6011.0-pdCtrl-fallc-01
- CM6011.0-pdCtrl-blev-01
- CM6011.0-pdCtrl-epwb-01
- CM6011.0-pdCtrl-eprqh-01c
- CM6011.0-pdCtrl-eprqh-04

Biais de bord Est pas si mal pour la 6011blev. Mais elle a peu tourné

## Evolution du contenu physique par rapport à NPv3.1

2014  
2015  
2016  
2017

### Déjà dans les sources (2014) :

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

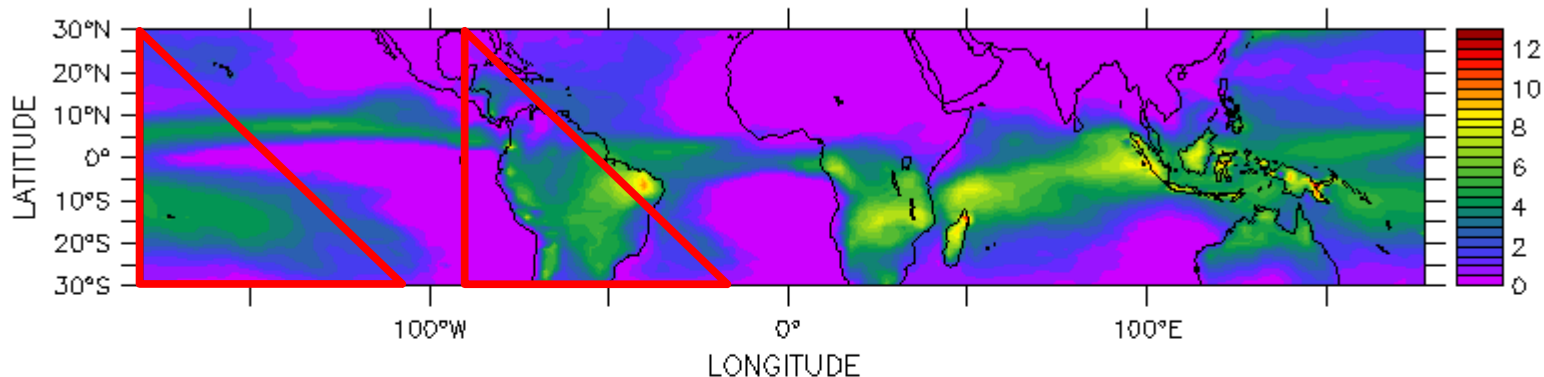


# Tentative pour comprendre la différence entre les réglages 6011 et 6011cvoro

FERRET Ver. 6.72  
NOAA/PMEL TMAP  
18-JUL-2017 23:48:38

Z (Pa) : -0.4232 to 101332  
TIME : 16-JAN 00:00 360\_DAY DATA SET: LMDZORv6011cvoro\_SE\_1980\_1999\_1M\_histmth

Created by xios



DTCON[K=@MAX]\*86400

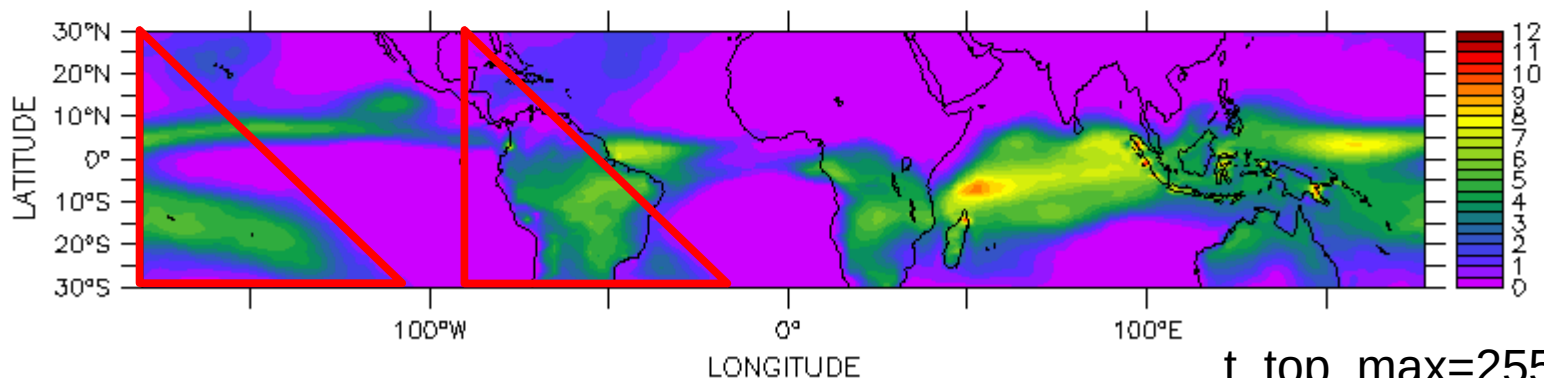
Splitting des thermiques

Max de dtcon sur la verticale. Janvier. Histoire d'identifier les changements de région de convection

FERRET Ver. 6.72  
NOAA/PMEL TMAP  
18-JUL-2017 23:48:43

Z (Pa) : -0.4232 to 101332  
TIME : 16-JAN 00:00 360\_DAY DATA SET: LMDZORv6011gust\_SE\_1980\_1999\_1M\_histmth

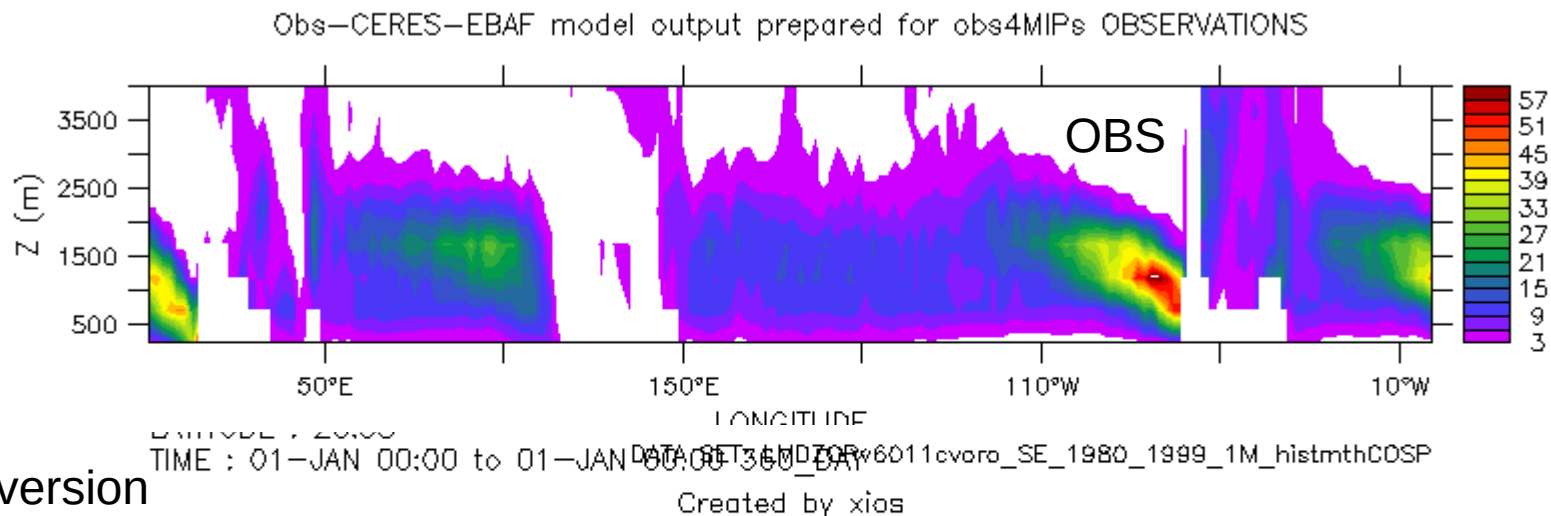
Created by xios



DTCON[K=@MAX]\*86400

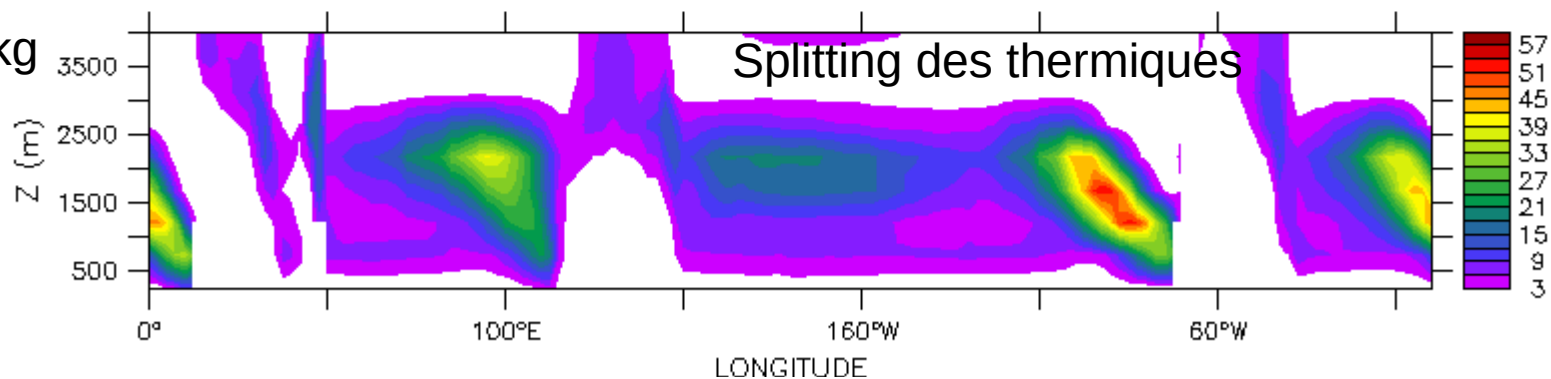
t\_top\_max=255

Coupe de la nébulosité à 20S  
Moyenne annuelle.  
Simulateur calipso

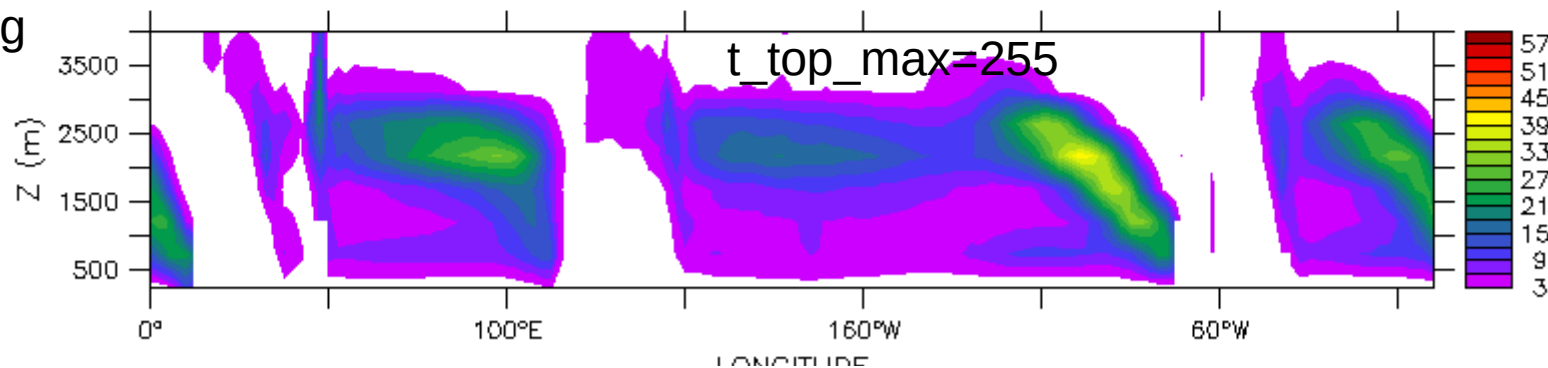


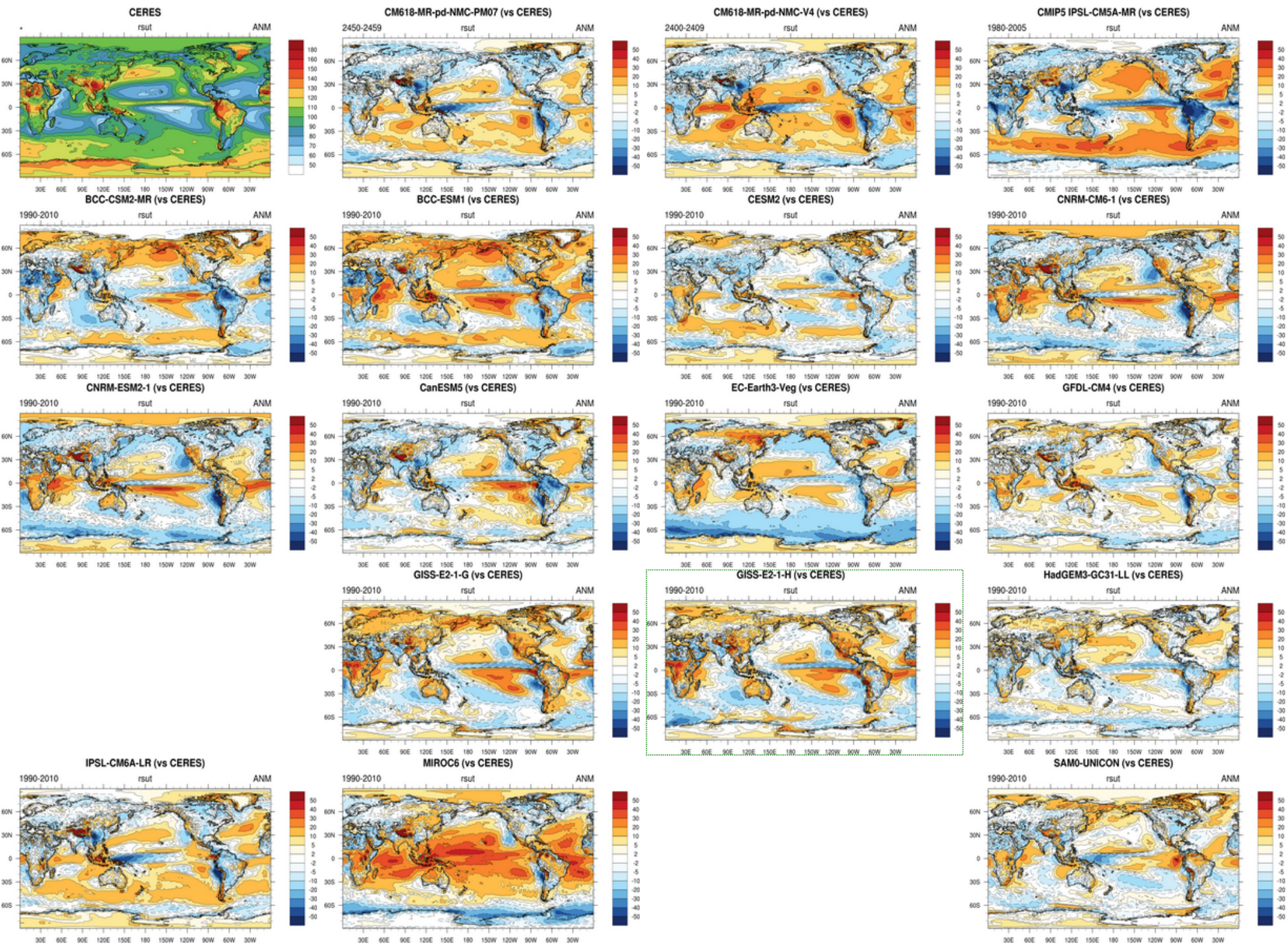
Seuil d'auto conversion

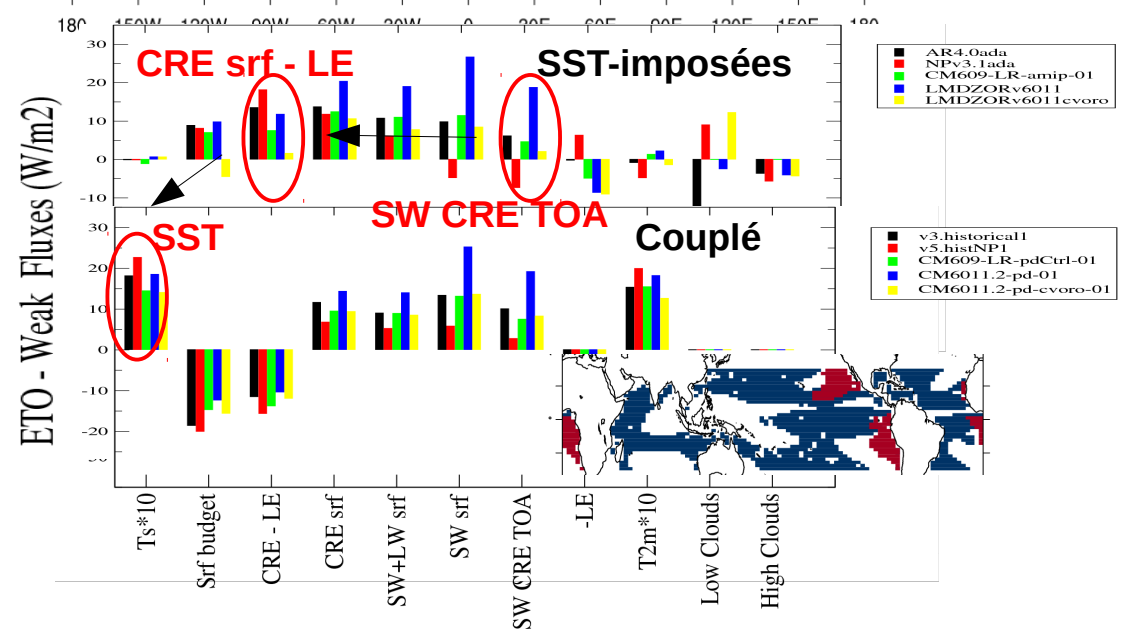
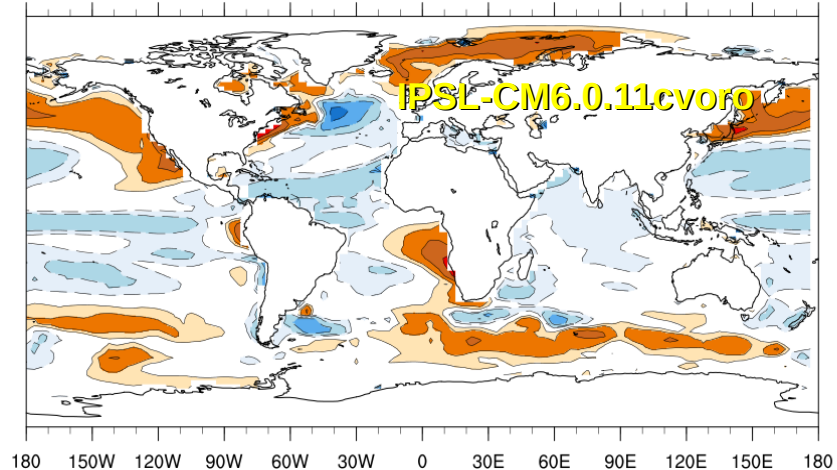
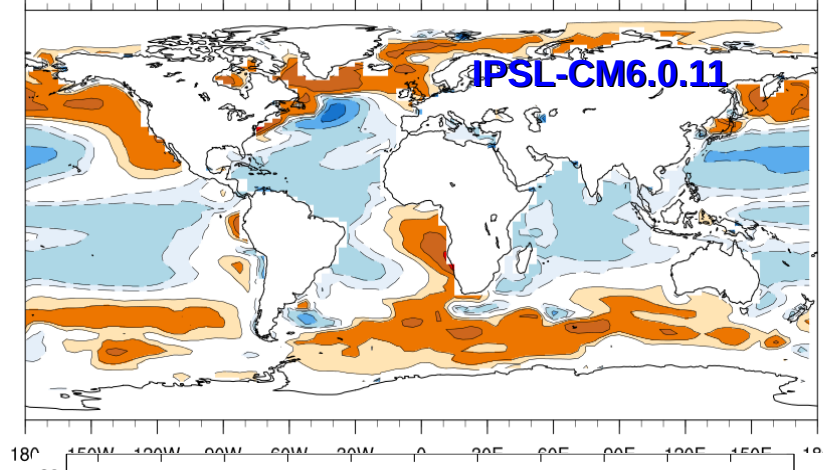
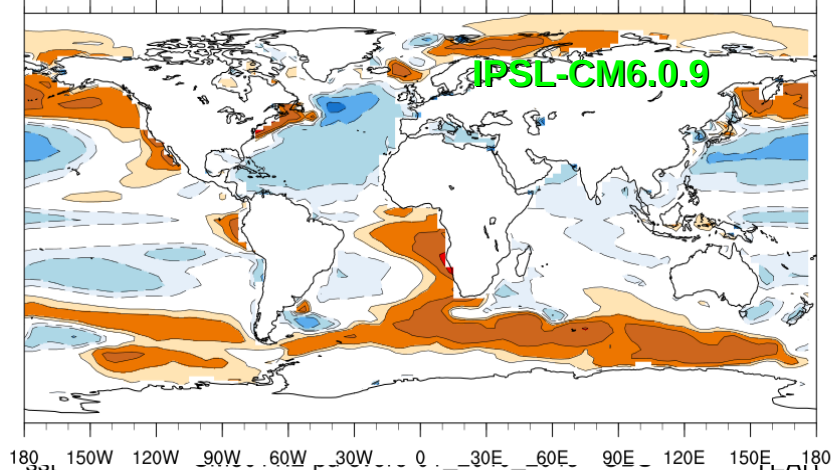
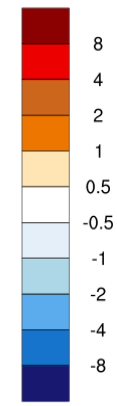
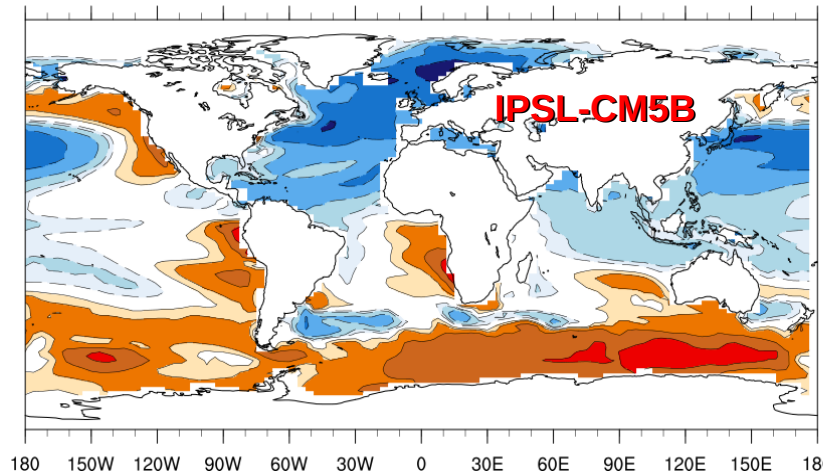
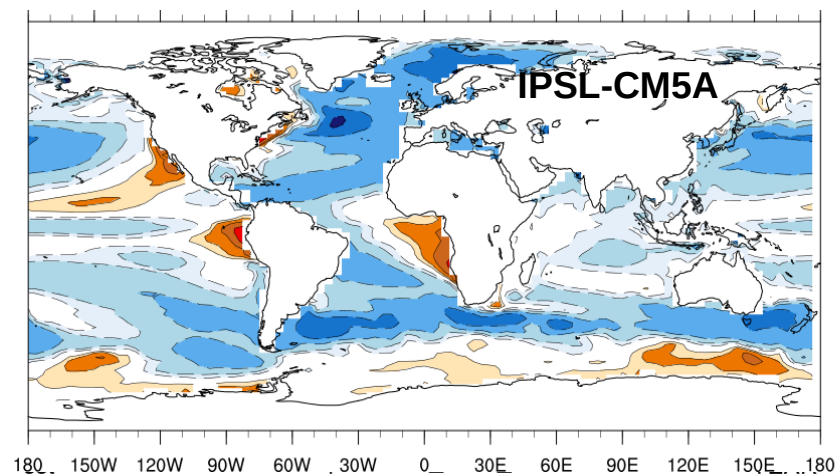
cld\_ic=0.16 g/kg



cld\_ic=0.07 g/kg





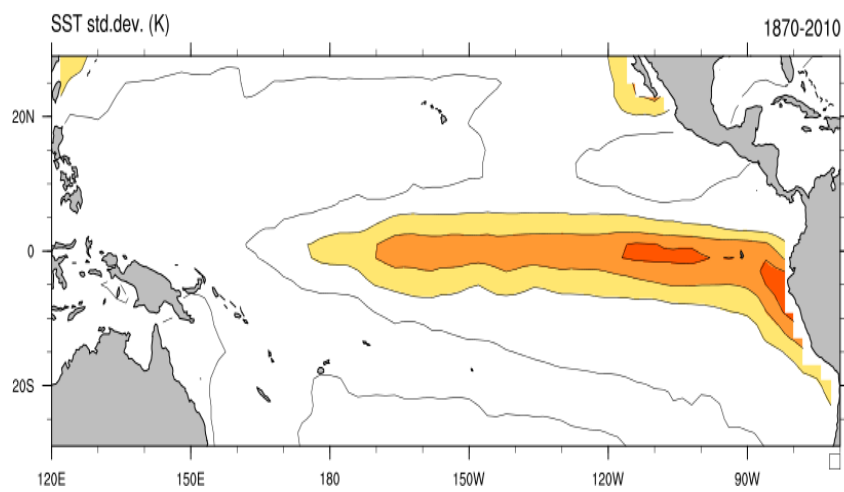


Source : FHETOA4A et C

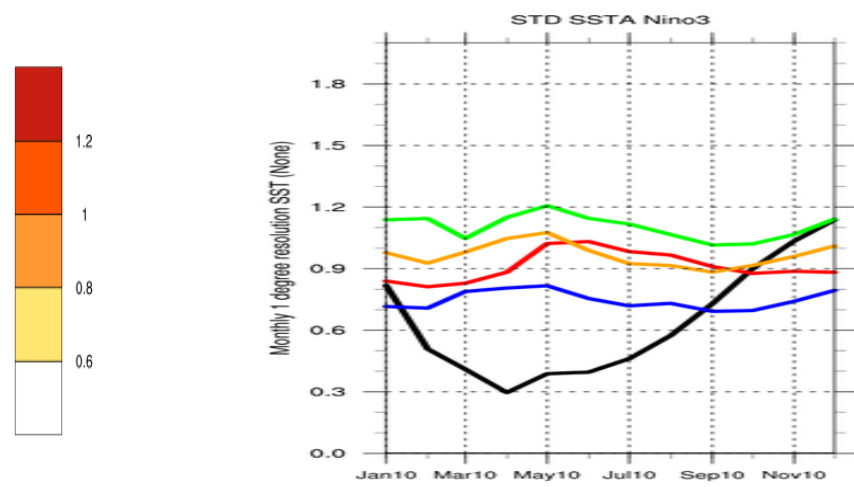


# I. Evolutions majeurs des configurations LMDZ

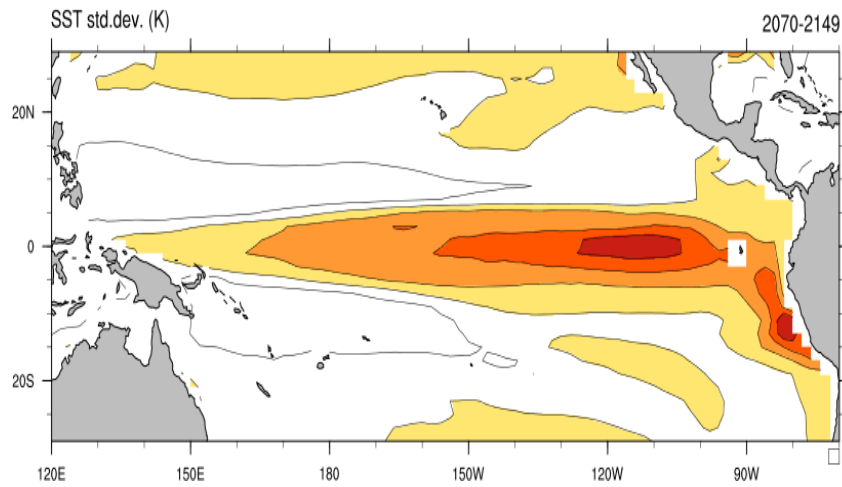
	Vertical resolution	Horizontal grid	Physical parameterizations	Name
CMIP3	L19	96x71	New convection scheme (Emanuel) Subgrid scale orography	IPSL-CM3 LMDZ4
CMIP5	L39 Extension to the stratosphere	LR = 96x95  MR = 144x143	2 versions  <b>A : Standard Physics (SP)</b> same as CMIP3  <b>B : New physics (NPv3)</b> with thermal plumes and cold pools	IPSL-CMX LMDZX  5A-LR  5A-MR  5B-LR
CMIP6	L79  - For PBL clouds dZ/Z < 0.1 Jusqu'à 3 km  - For QBO dZ=1km Jusqu'à 50km	VLR = 96x95  <b>LR = 144x143</b>  MR=280x280?	NP v4,5,6 - <b>New radiation</b> - <b>Stochastic closure</b> - <b>Improved clouds, stratocumulus from thermals</b> - <b>Ice thermodynamics</b> - <b>Couplage à la surface</b> - <b>gravity waves</b> (including non orographic)	



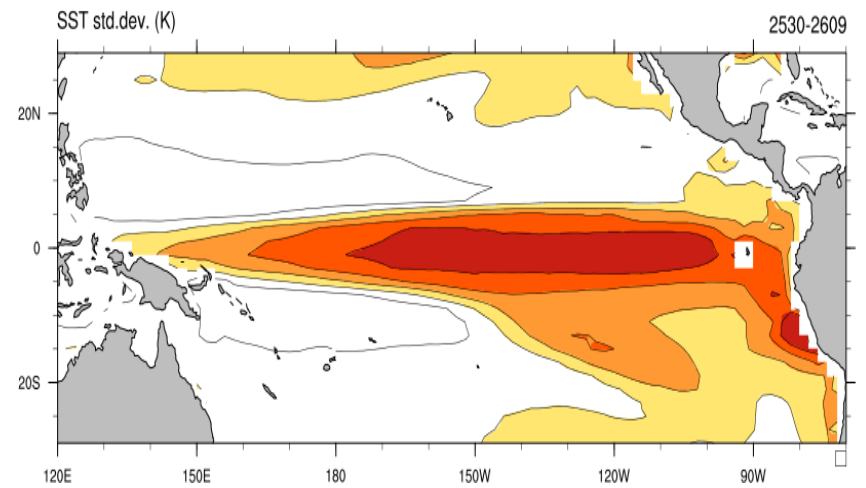
CM6011.2-pd-cvoro-01



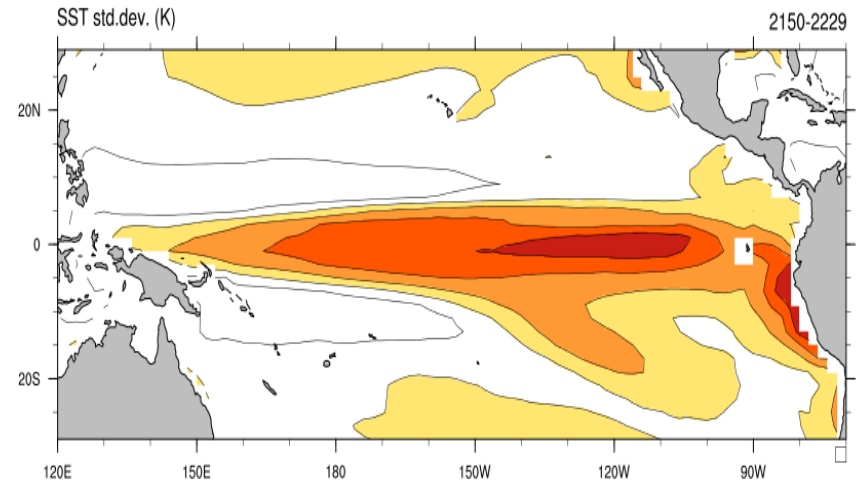
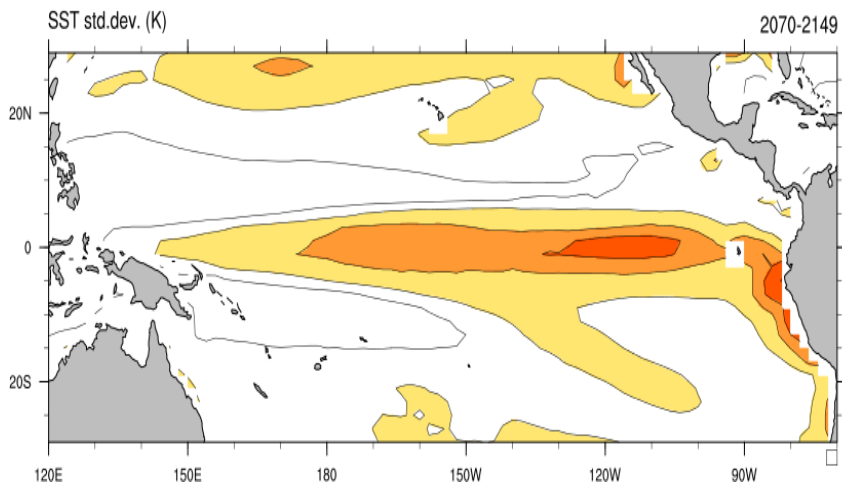
CM6012.1-pd-split-A-02



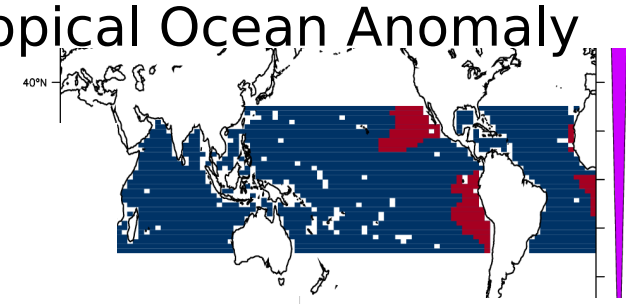
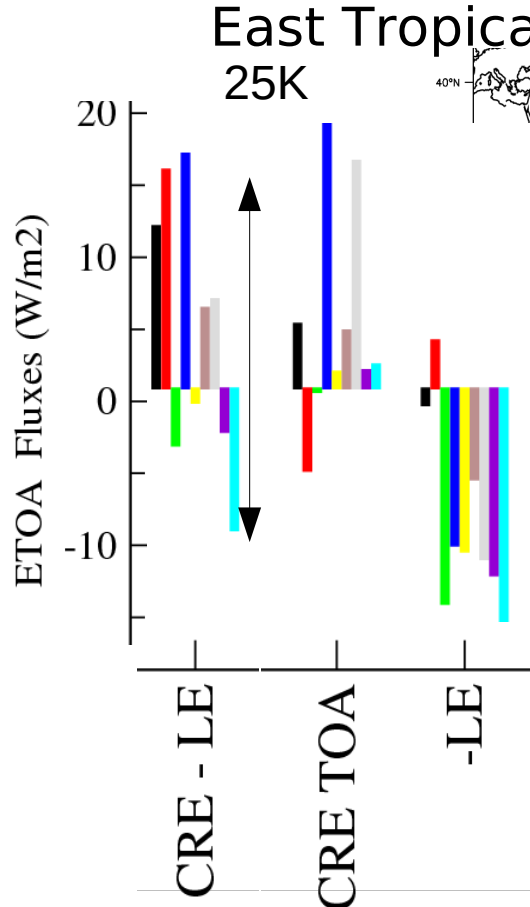
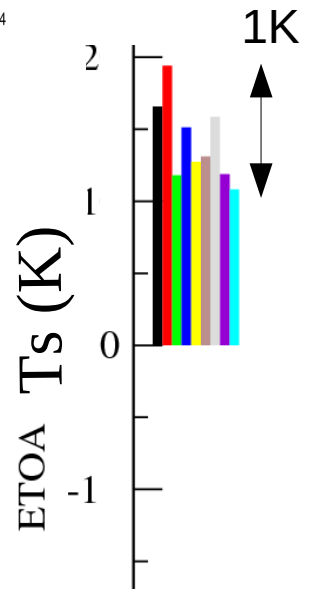
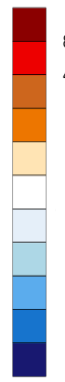
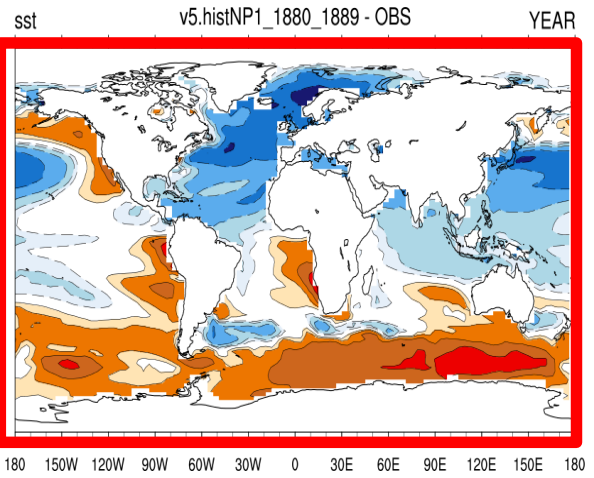
CM6011.3-MR-pd-cvoro-A01



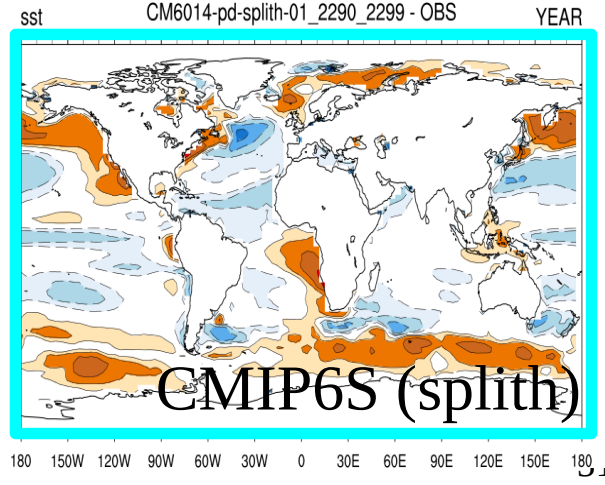
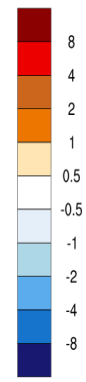
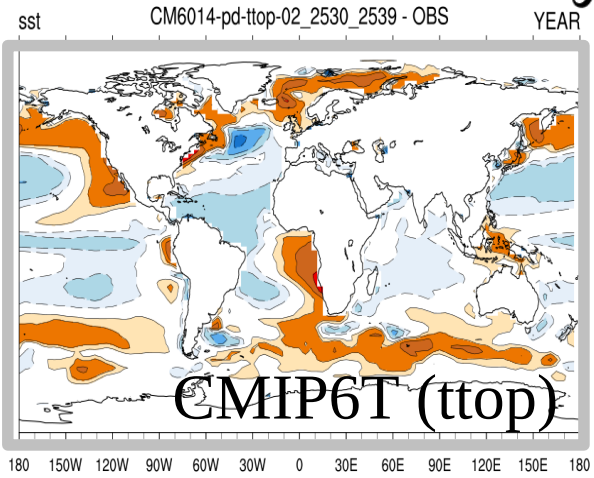
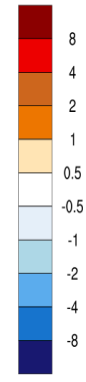
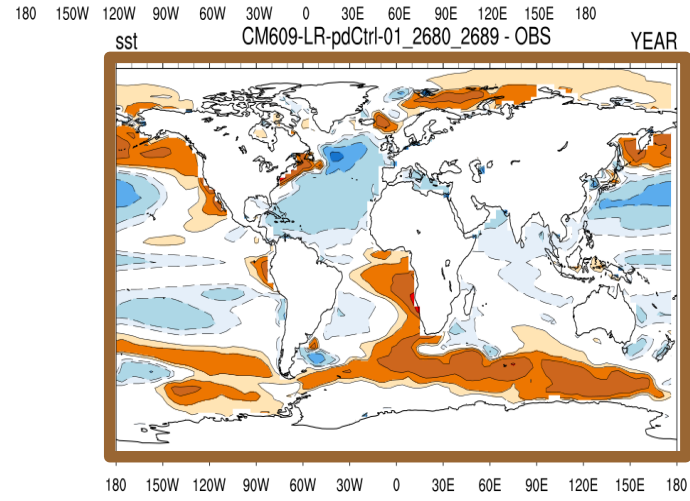
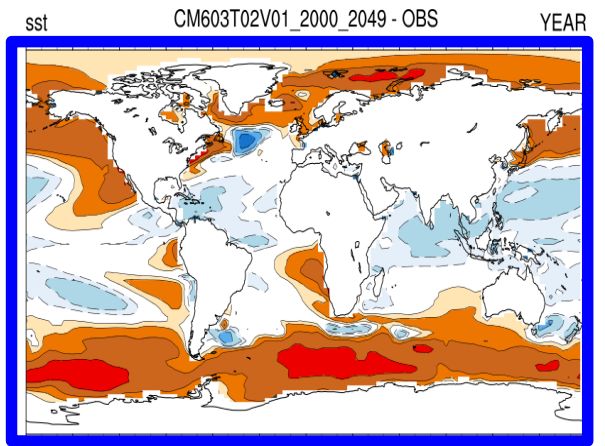
CM6011.3-MR-pd-split-A-A02

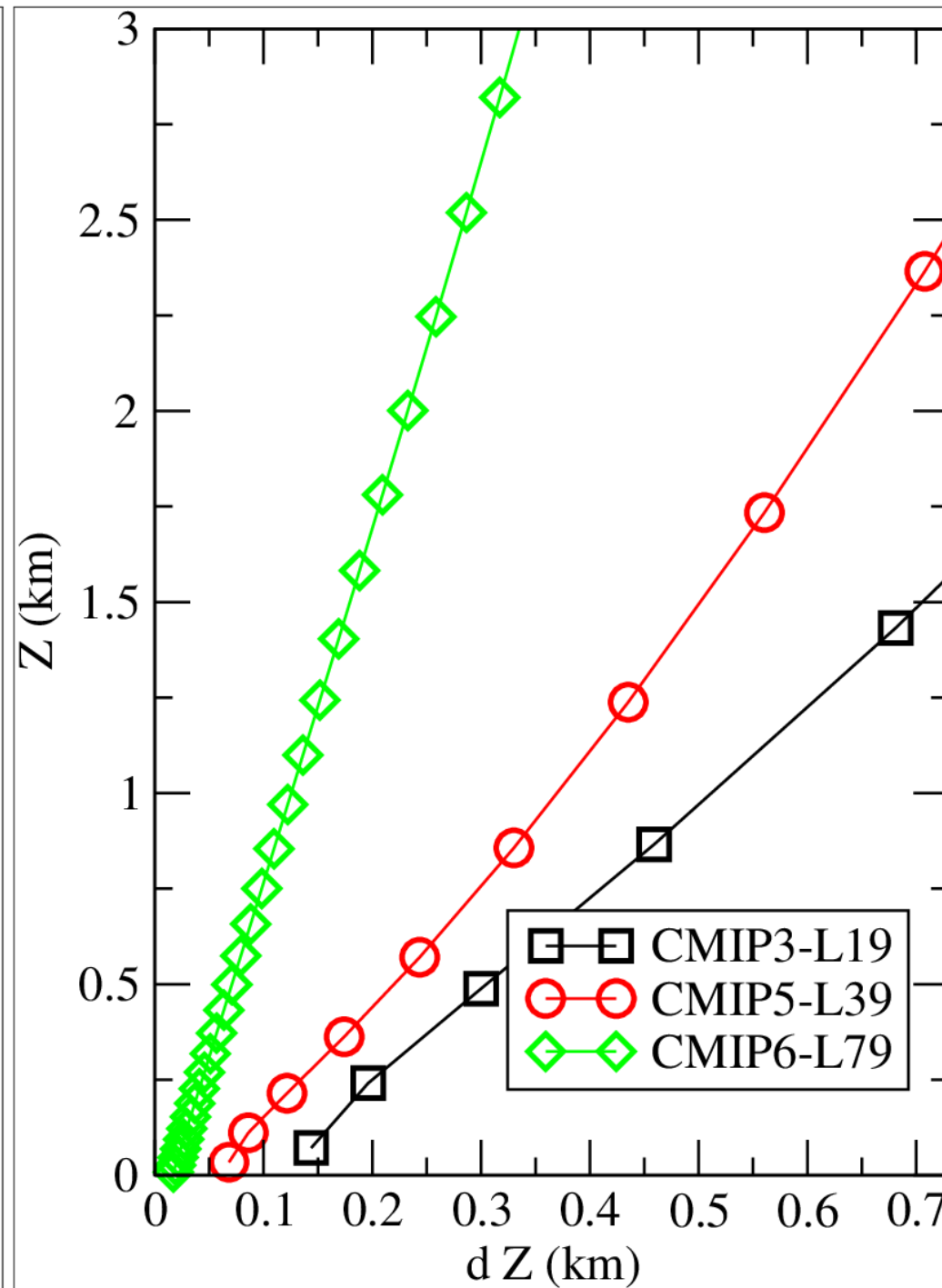
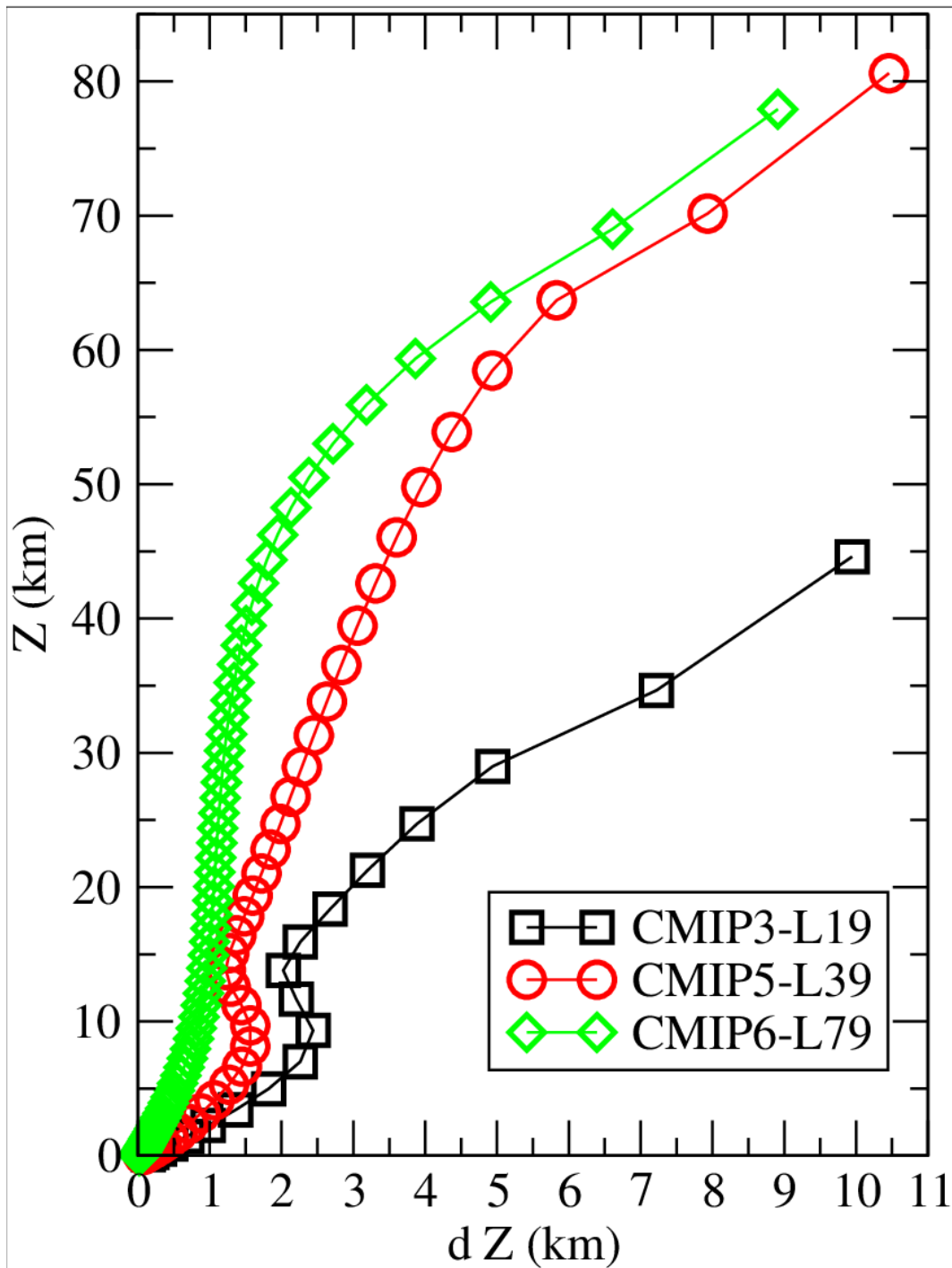


# Cibles pour la réduction des biais de températures océaniques

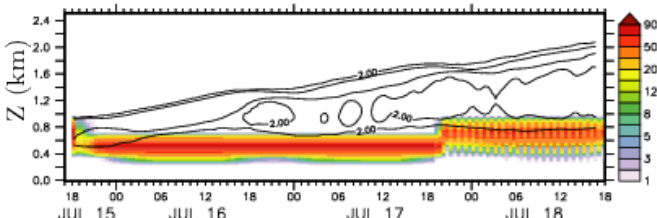
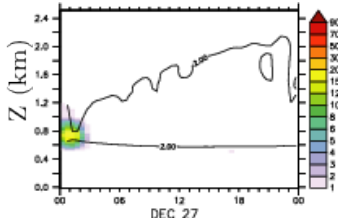
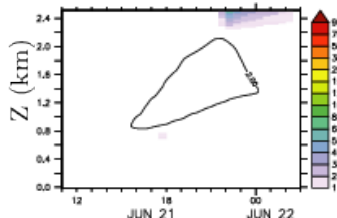


- LMDZ5A
- LMDZ5B : « NP »
- LMDZ6.0.1
- LMDZ6.0.3
- LMDZ6.0.5
- LMDZ6.0.9
- LMDZ6.0.14ttop
- LMDZ6.0.14splith
- LMDZ6.0.14splith

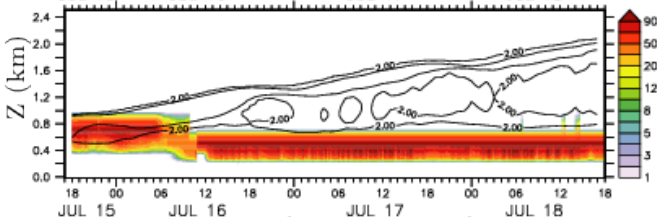
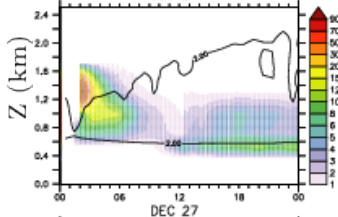
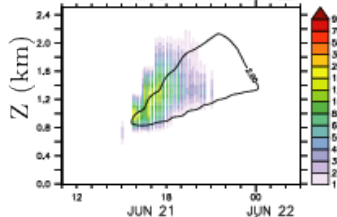




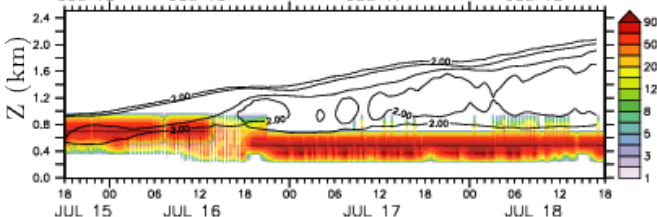
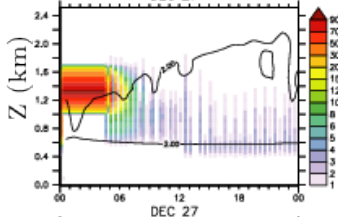
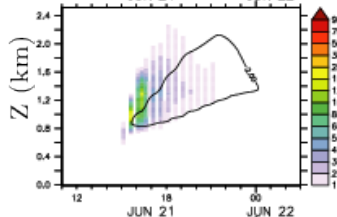
5A, L39  
 $\delta t = 30\text{min}$



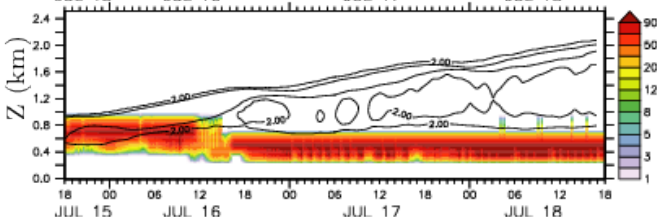
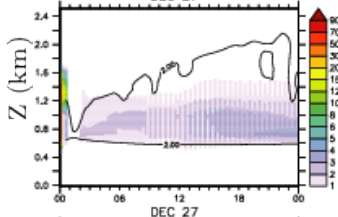
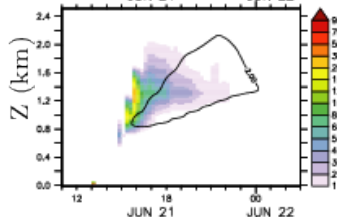
5B, L39  
 $\delta t = 7.5\text{min}$



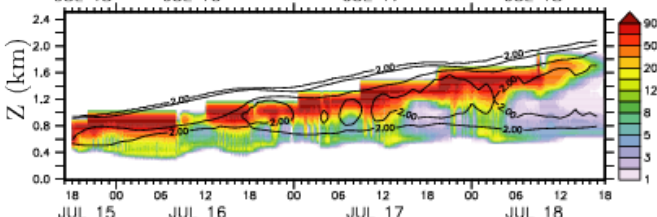
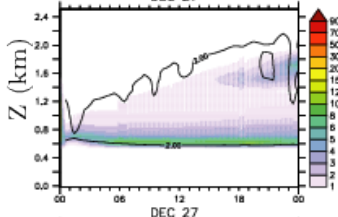
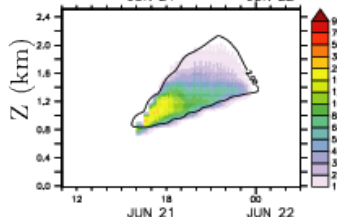
5B, L39  
 $\delta t = 15\text{min}$



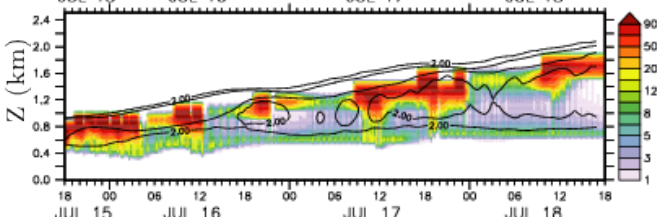
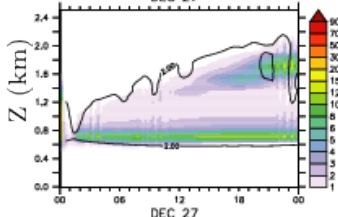
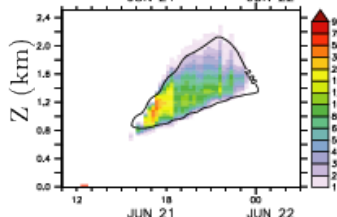
5B<sup>s</sup>, L39  
 $\delta t = 15\text{min}$



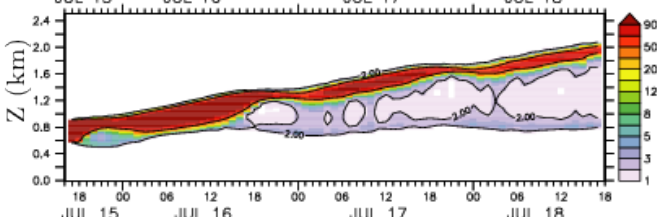
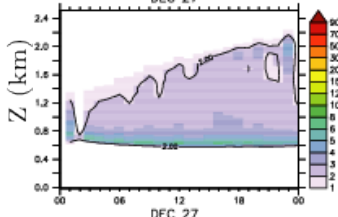
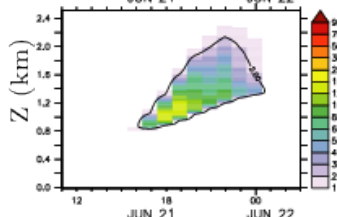
6A, L79  
 $\delta t = 7.5\text{min}$



6A, L79  
 $\delta t = 15\text{min}$



LES



# A/ Développement physiques

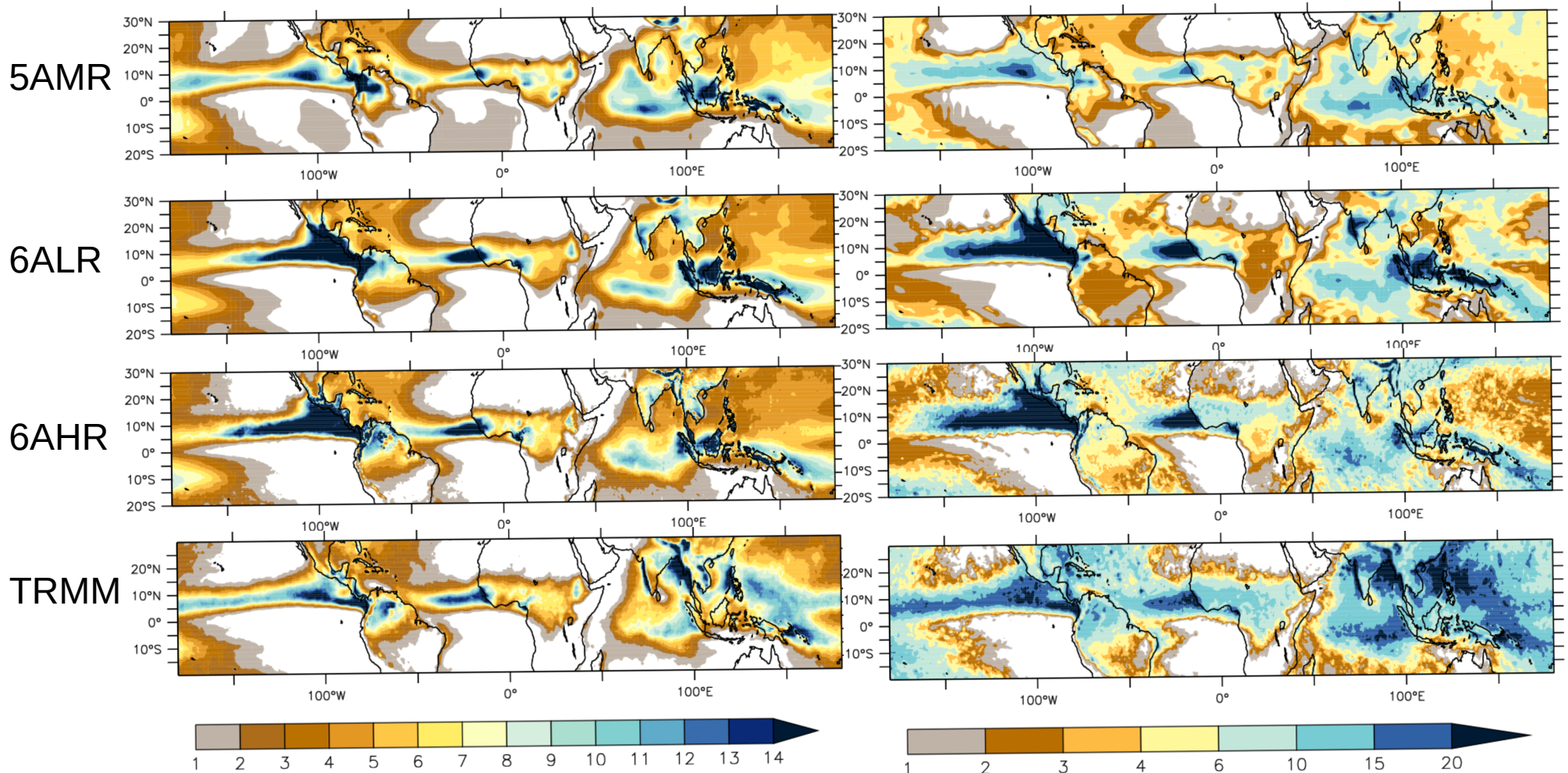
## Attaquer les grands biais de front :

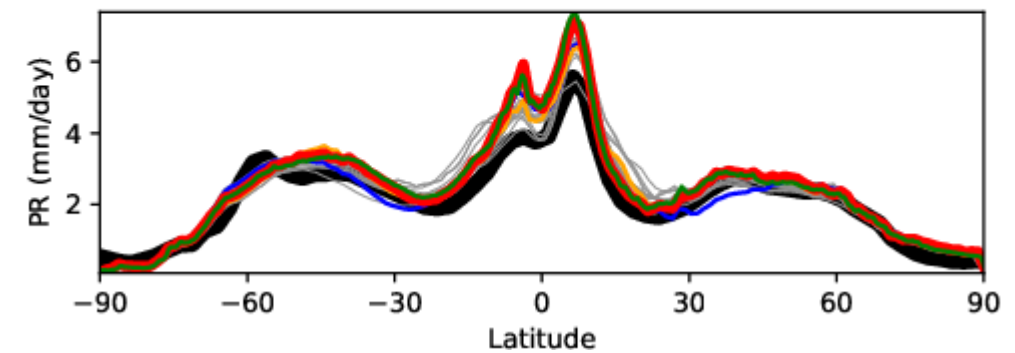
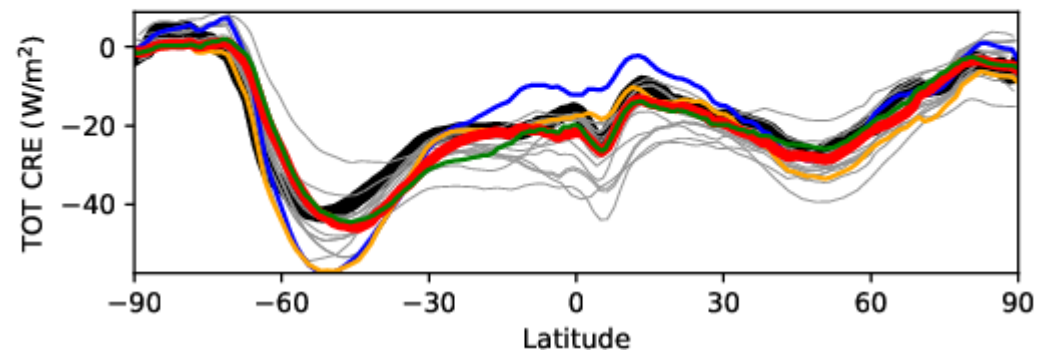
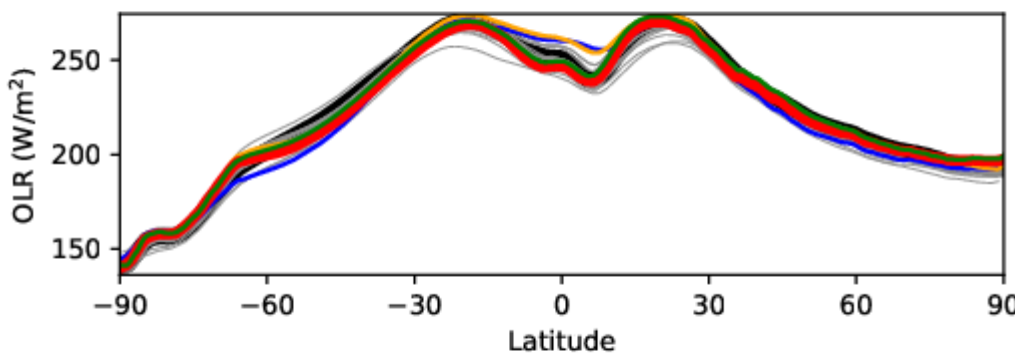
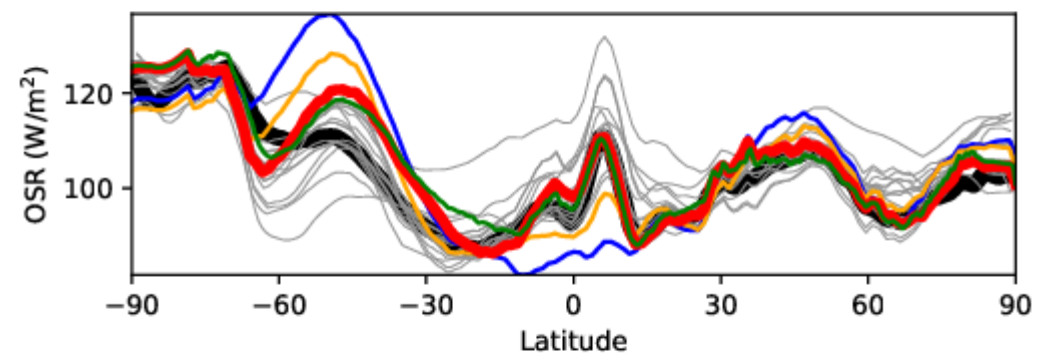
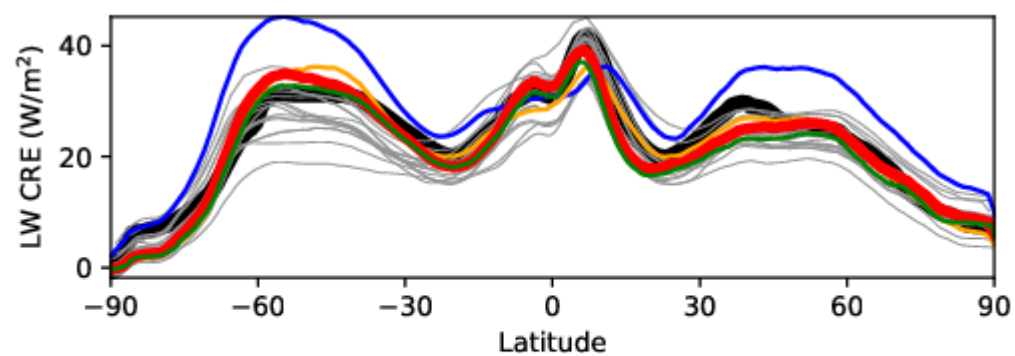
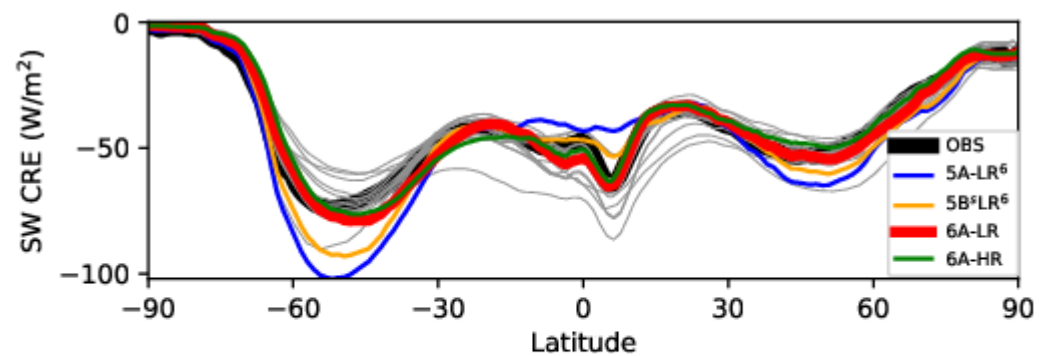
→ Biais chauds de bords Est

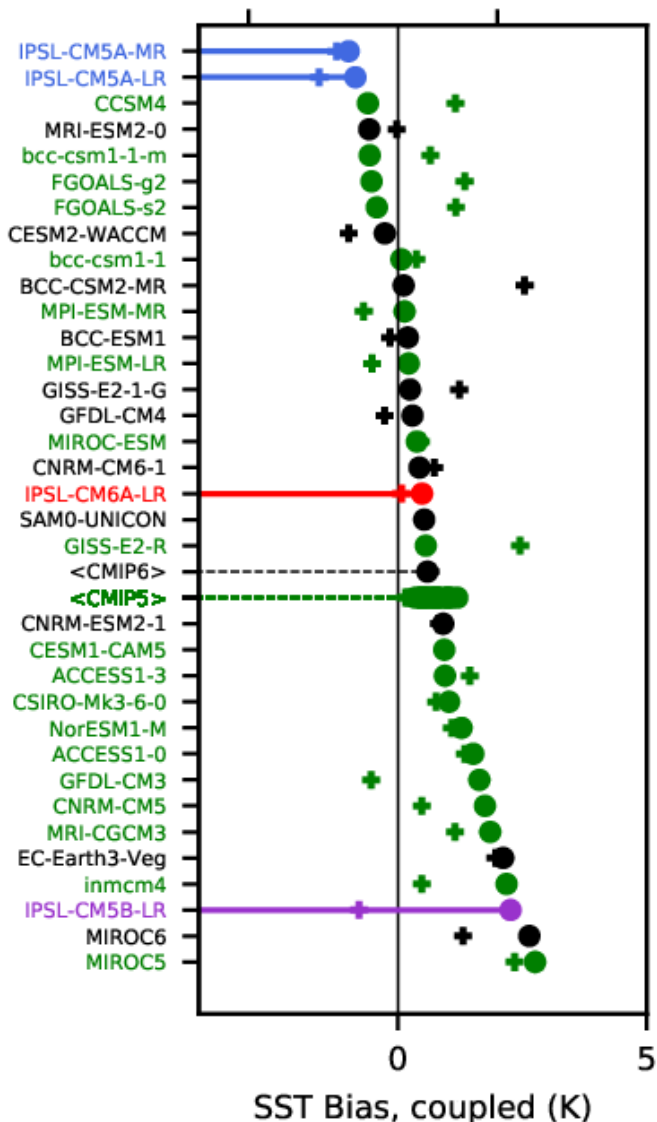
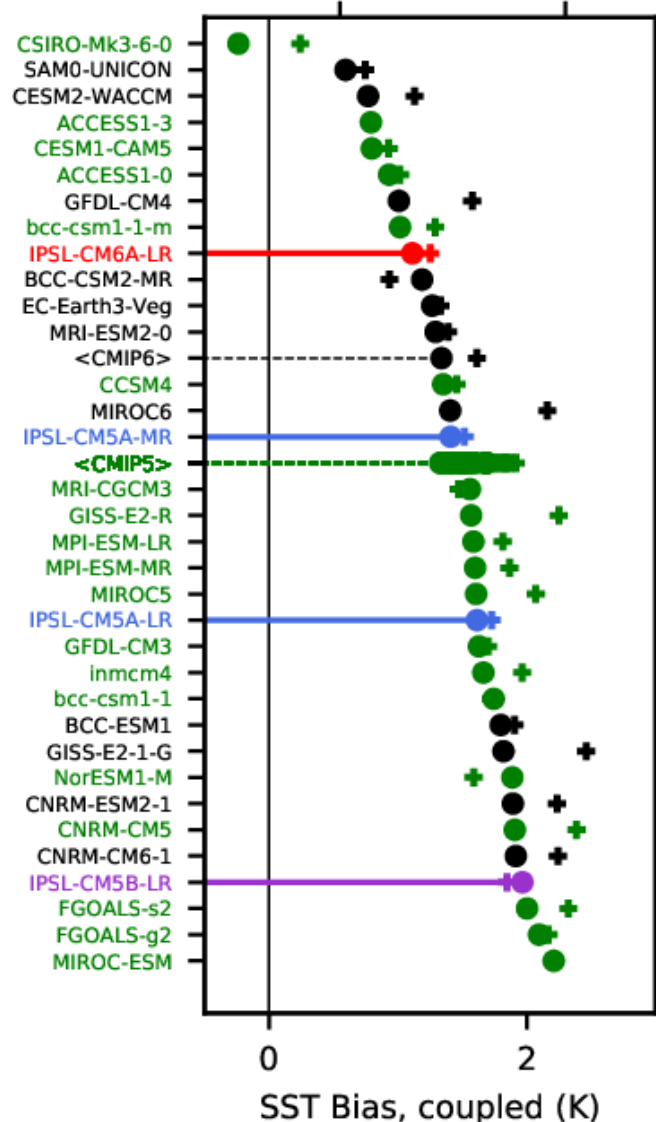
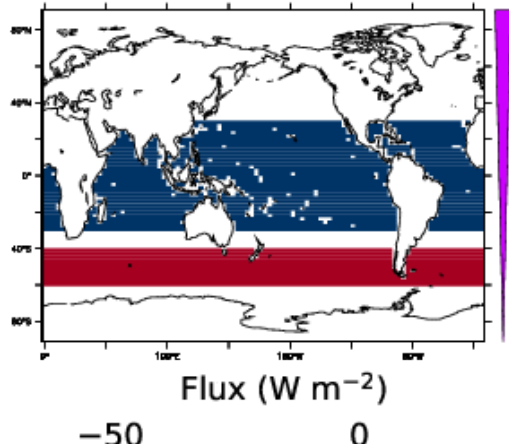
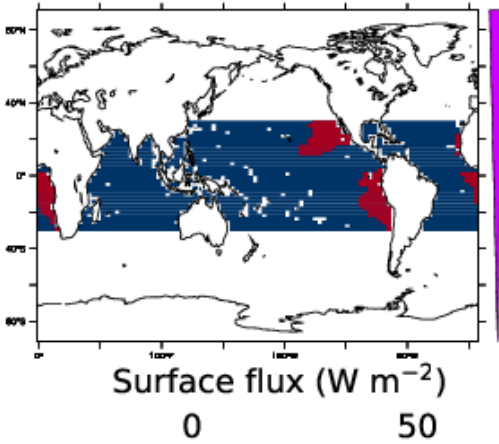
Enorme progrès sur les nuages bas. Mais des biais radiatifs persistent. On minimise les biais de bords Est pour des latents en surface assez loin des observations. Overtuning ou observations fausses ?

→ Double ITCZ

→ Distribution spatio temporelle des pluies



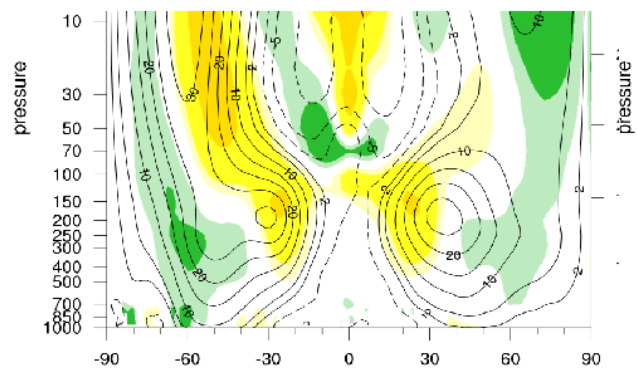




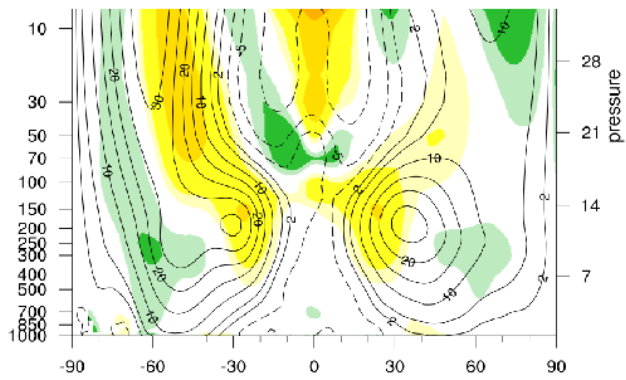


Zonal wind (m/s)

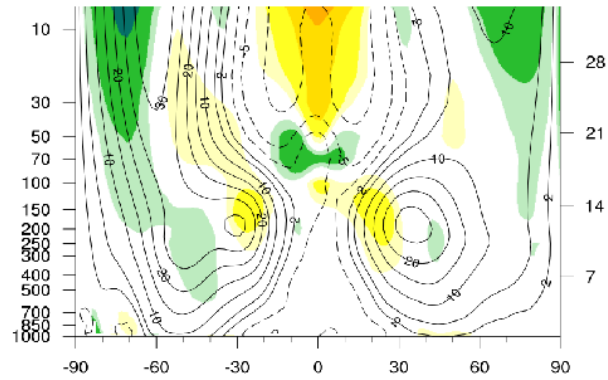
IPSL-CM6A-LR, amip



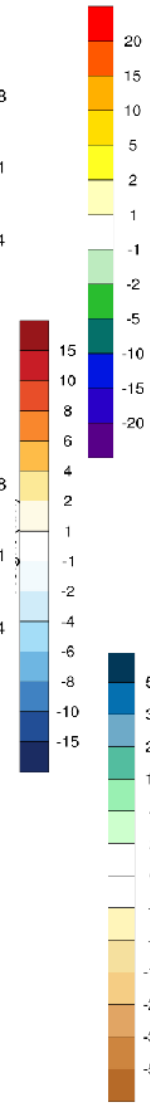
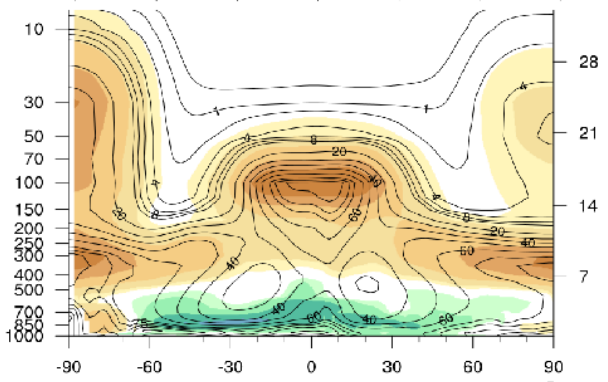
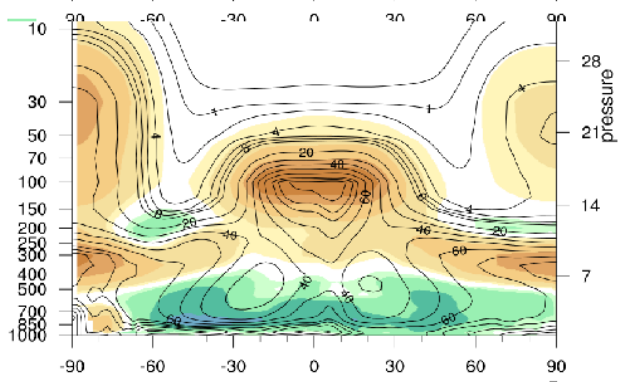
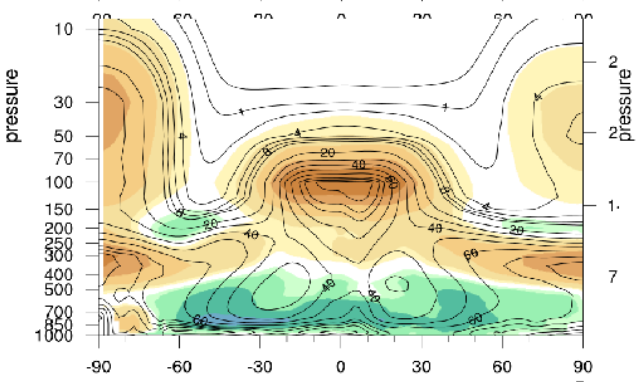
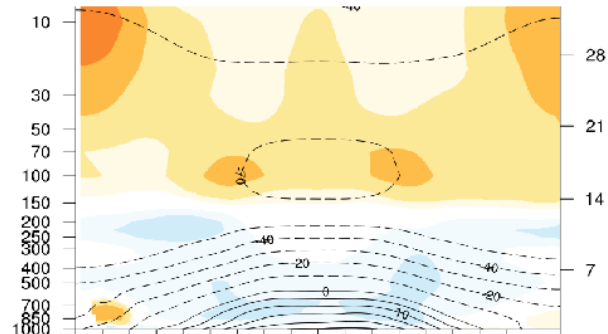
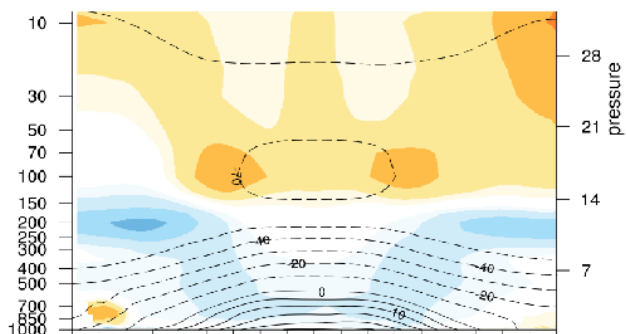
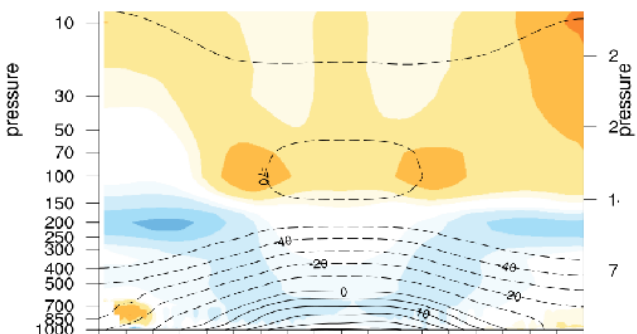
IPSL-CM6A-LR, HihgResMip



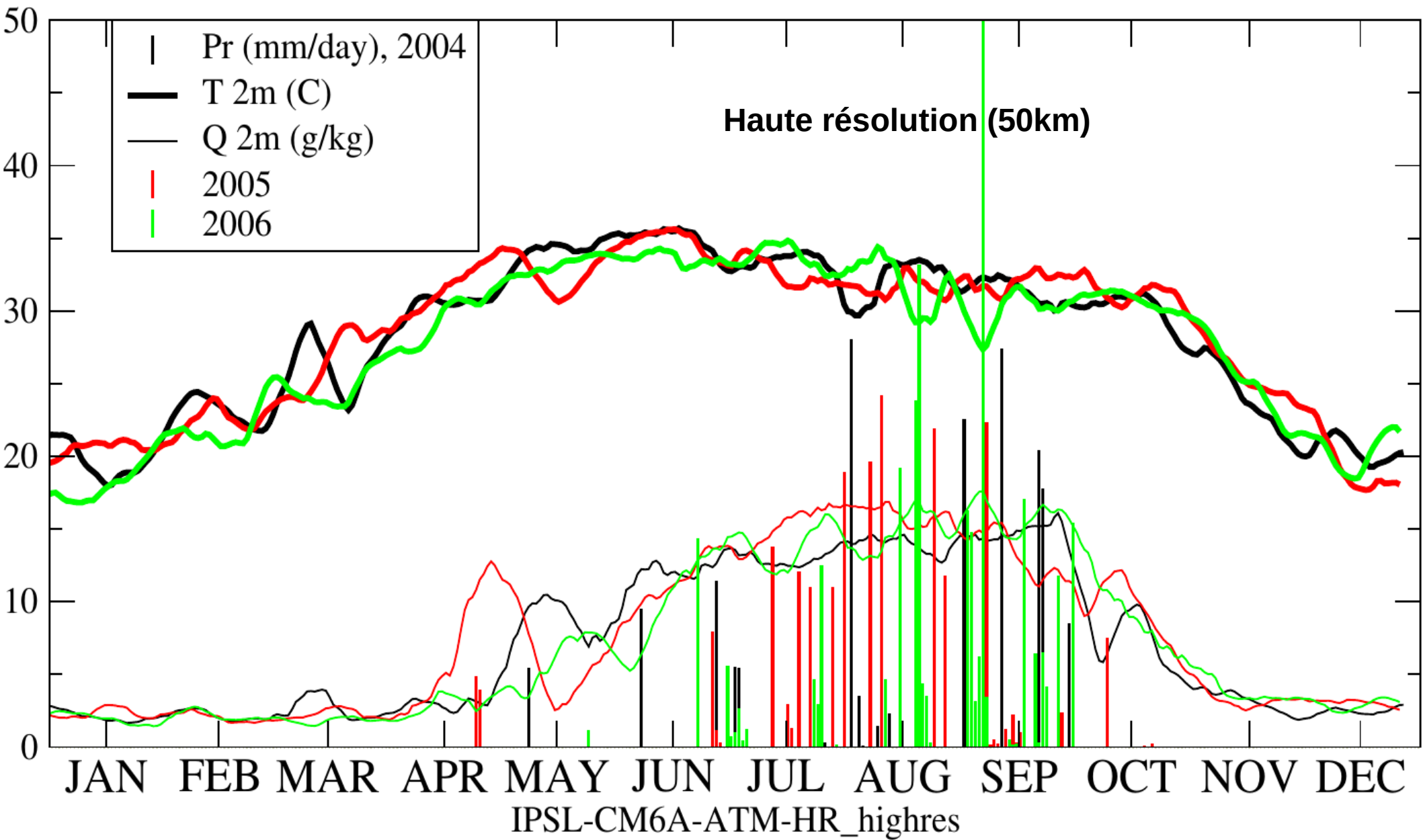
IPSL-CM6A-HR, HihgResMip



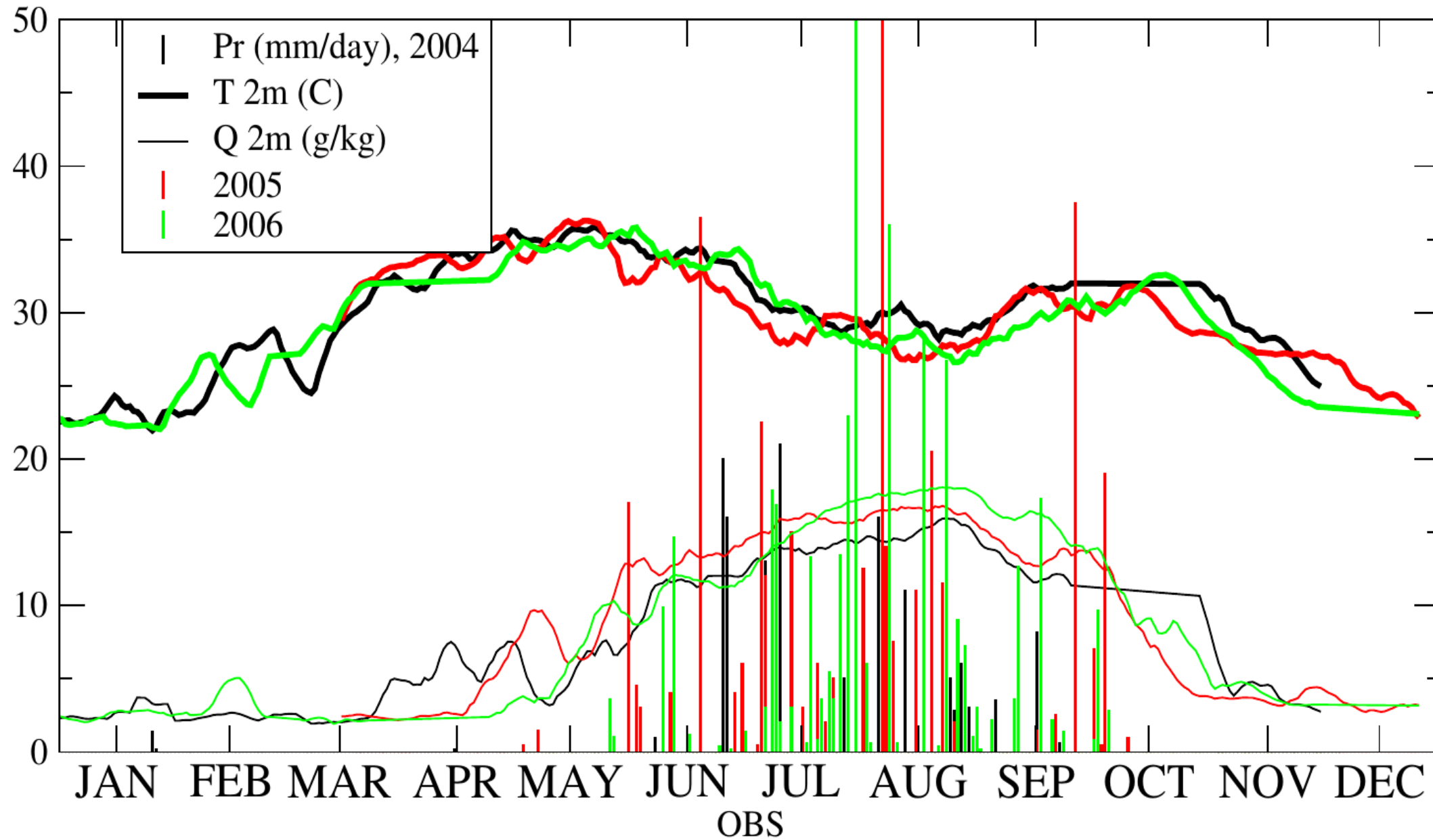
Relative humidity (%)



# Simulations amip, IPSL-CM6A-50km Agoufou, Mali, 2004, 2005, 2006



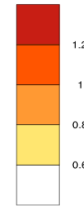
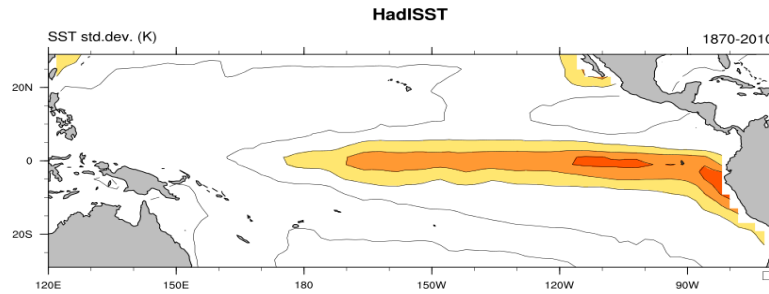
# Observations Agoufou, Mali, 2004, 2005, 2006



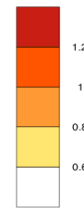
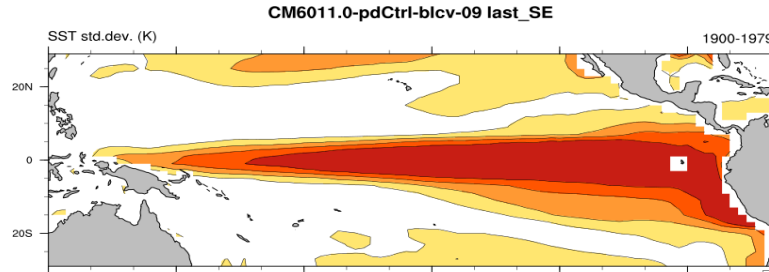
Un souci avec Enso

On est content d'être sorti du monde de la 609

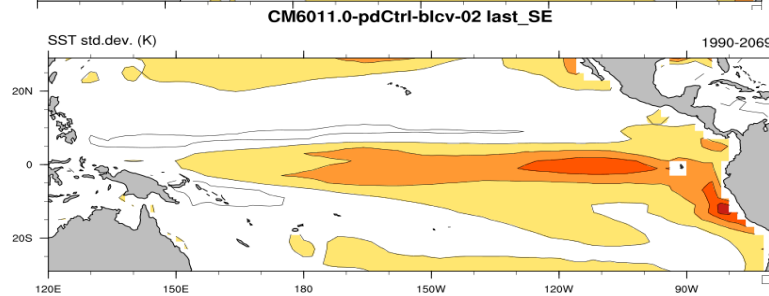
Mais un petit risque que la 6011cvoro qui suit la 6010blcvJ soit moins bien que la 6011.



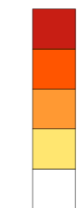
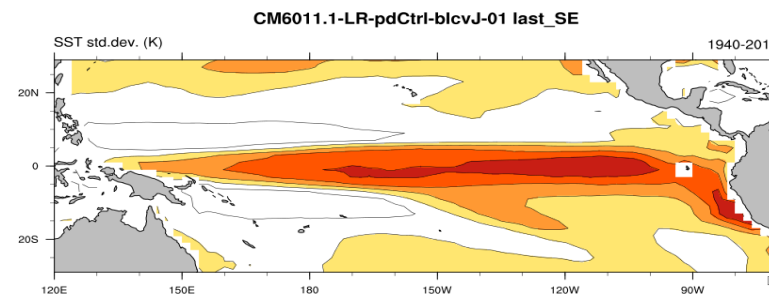
Obs



609



6010 blcv, pré 6011



6010 blcvJ, pré 6011cvoro

# Configuration d'un modèle de climat

=

Contenu physique (parameterisations, equations, numerique)

+

Configuration de grille

+

**Ajustement/tuning des paramètres libres**

**Tuning/calibration pas retreint à la modélisation du climat, mais ...**

Spécificité de la modélisation du climat :

1/ Incertitude dans le forçage radiatif des nuages ~ dizaines de  $W/m^2$

Sensibilité climatique ~  $1K/(W/m^2)$

**Quelque soit la sophistication des modèles de nuages, une précision de  $1W/m^2$  et donc une température d'équilibre précise à  $1K$  ne peut être obtenue que par chance ou par tuning.**

C'est sans doute vrai aussi pour des modèles LES ou CRM

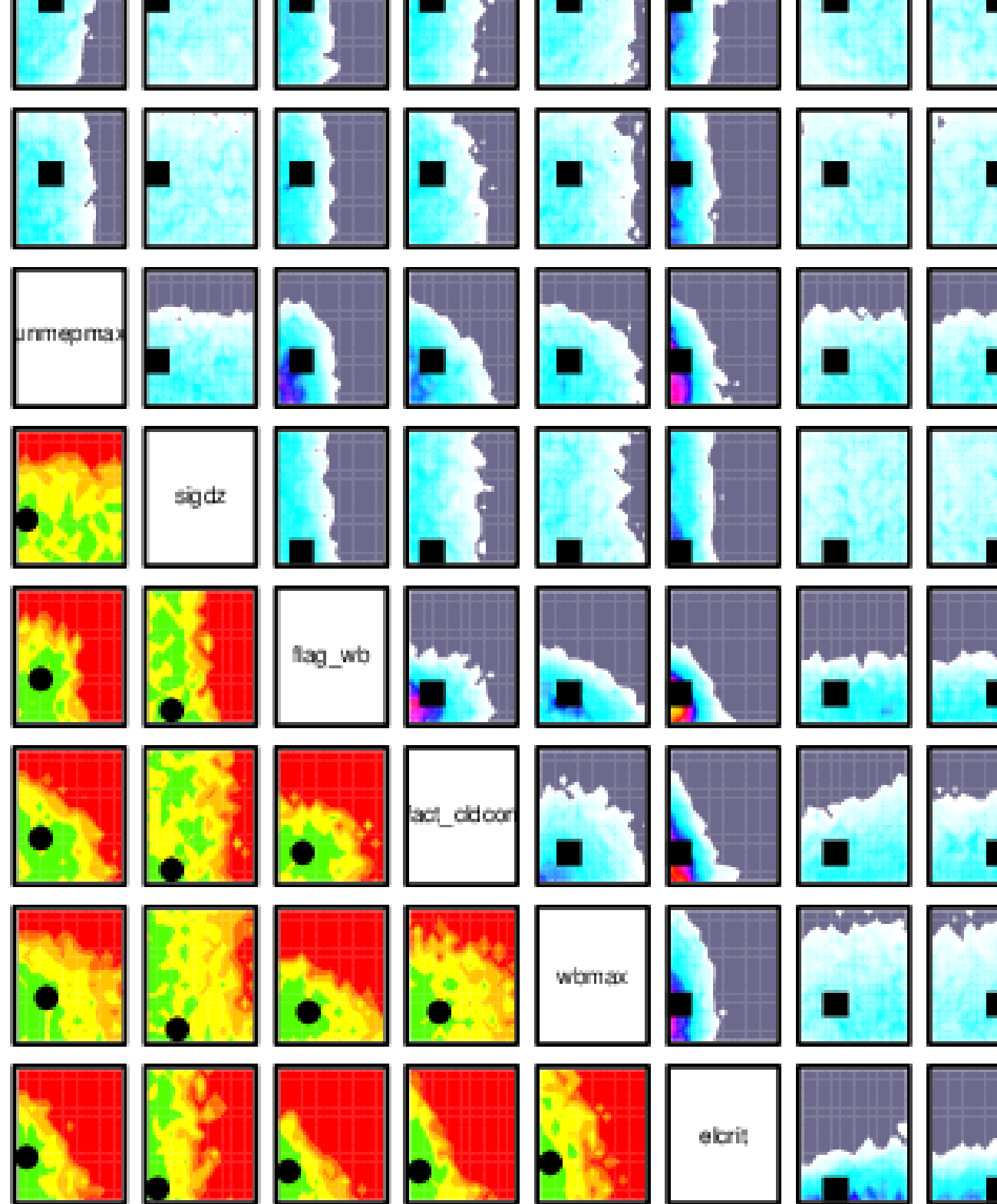
2/ Quasi infinité des métriques pertinentes : réchauffement global, dynamique grande échelle, météorologie de surface, polaire/tropicale, océanique/continental, ...

-> Grande place à la subjectivité

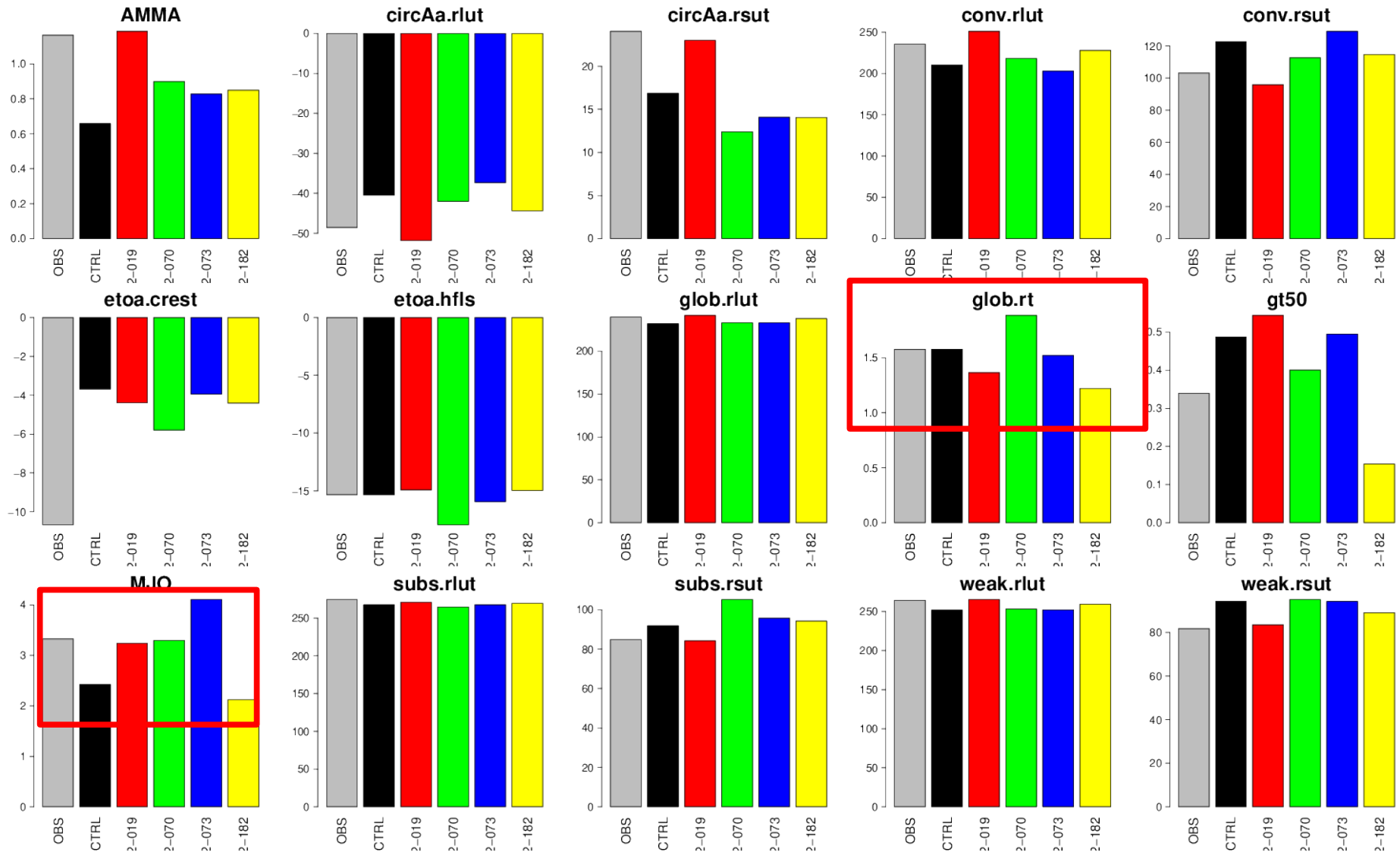
Stratégie classique :

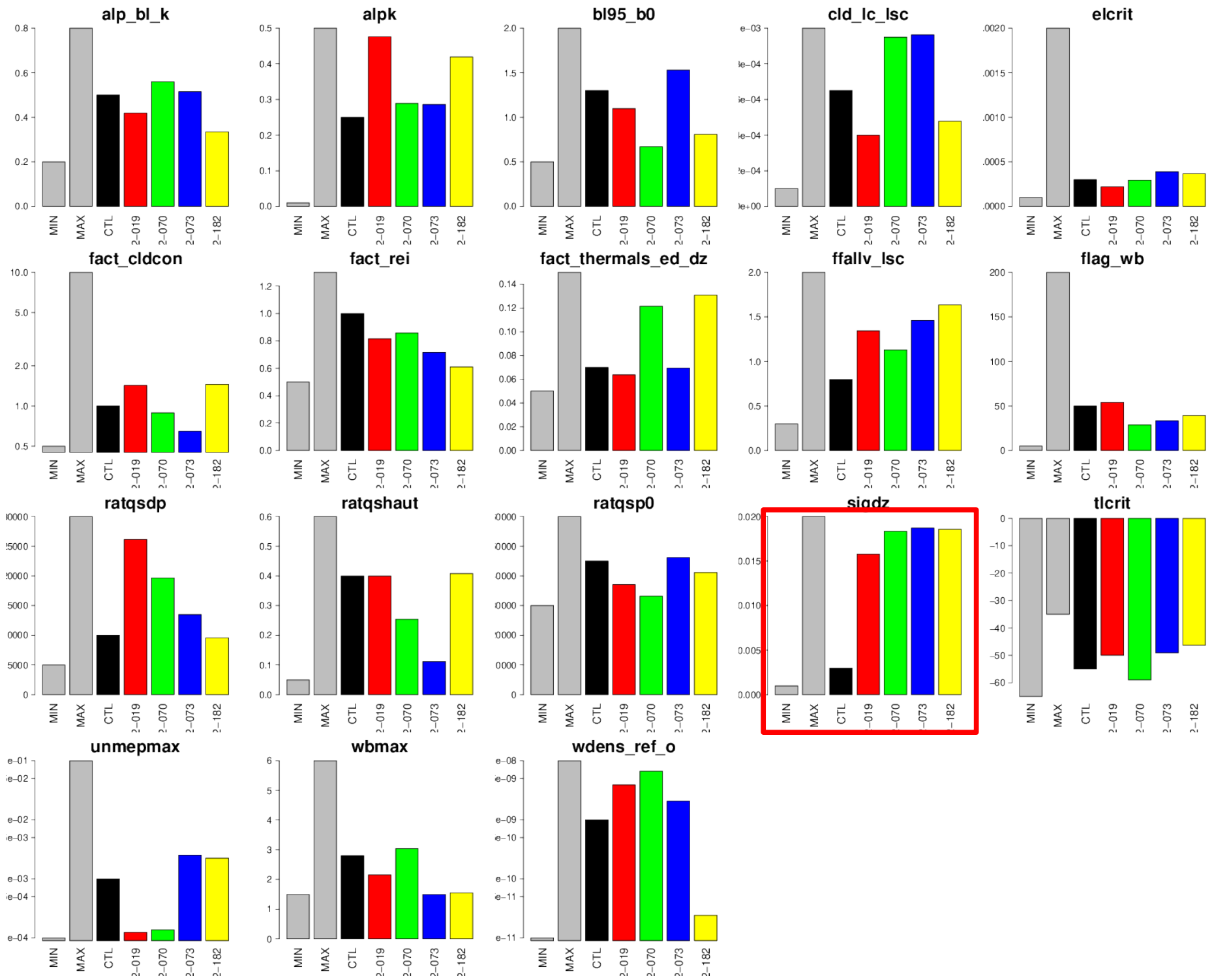
Ajuster les paramètres les plus incertains qui impactent le plus le bilan radiatif

En l'occurrence les paramètres nuageux (Hourdin et al., 2017, BAMS)



Among the 198 simulations of Wave2, 4 have both a maximum error /  $\sigma_{\text{obs}} < 2$  and an error on net TOA radiation bellow 1 W/m<sup>2</sup> (easy to correct with a final tuning of cloud autoconversion)







## **Conclusions**

Based on the expertise of old fashion tuning of LMDZ6A

- Seems to be possible to find automatically a similar tuning with two waves
- Seems to be possible to improve the variability of rainfall without degrading radiation

## **Coming soon :**

- Test the 4 identified configurations in coupled mode.
- Run a 3rd wave
- Real tuning for the next reference configuration of the IPSL coupled model (april)
- Reduce the initial range of parameters based on this study (some parameters for convection were given an arbitrary large range of possible values for exploratory purpose) or LES/1D constraints (in particular the A parameter for stratocumulus clouds)

## **Longer term :**

- Tune across a hierarchy of configuration
- \* LES/LES → pieces of a parameterization like entrainment= $f(B,w,q)$
- \* 1D/LES → parameterisations with feedbacks on mean profile, and

### III – Ajustement des paramètres nuageux pour la réduction des biais de SST

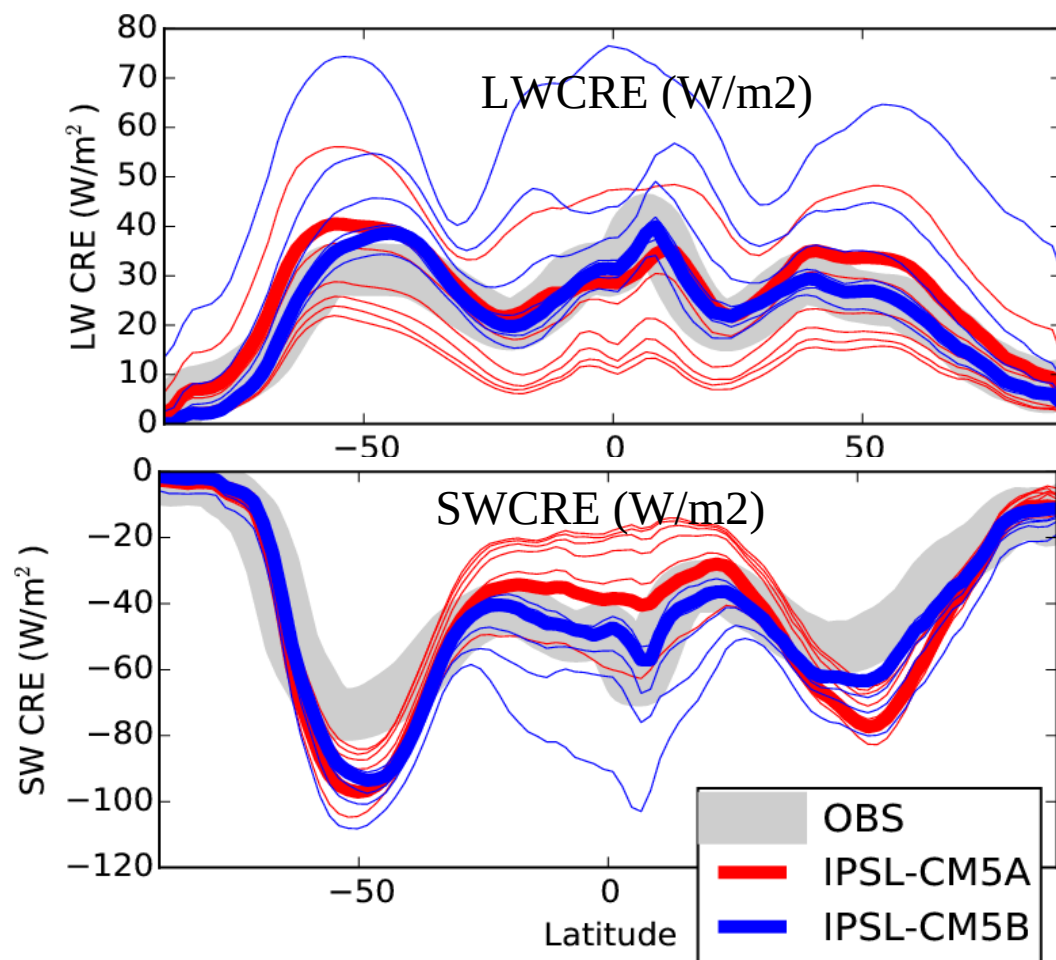
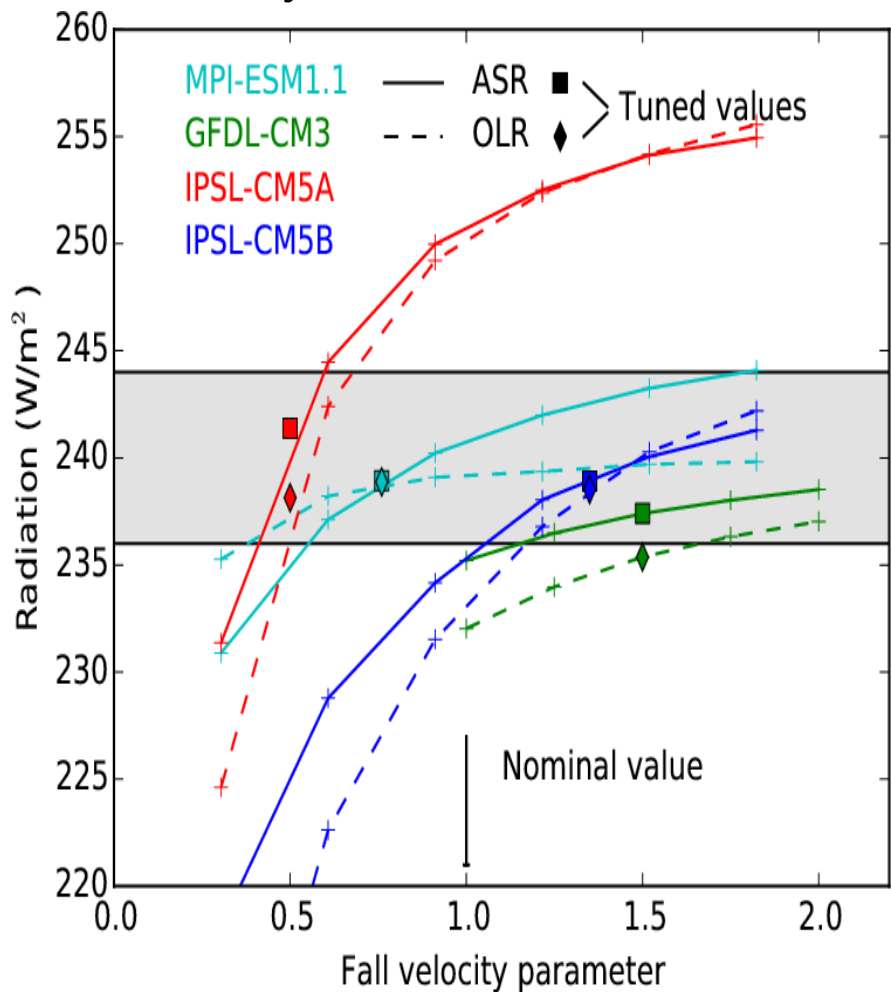
#### Utilisation d'un facteur sur la vitesse de chute des cristaux pour l'ajustement des flux.

Article Hourdin et al. sur le tuning, soumis

Impact sur les flux globaux au sommet

— Rayonnement SW absorbé

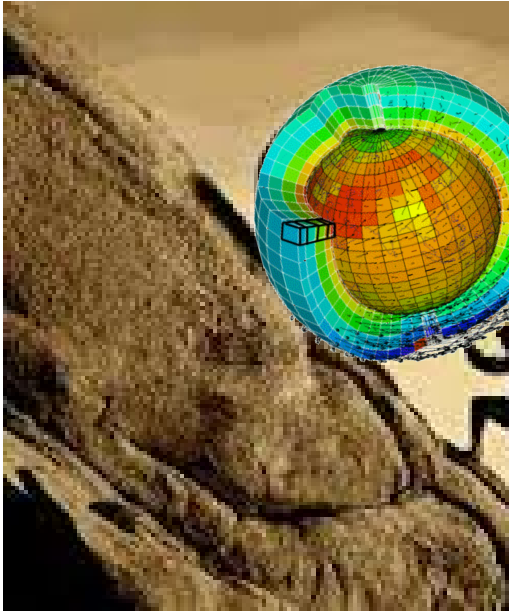
- - - Rayonnement LW sortant



# Du 1D au climat global : ajustement des paramètres

**SCM/LES**  
 New parameterizations  
 Inspiration  
 Developpement  
 Assesment

**New for IPSL CM6 tuning  
 (for CMIP6)  
 Ionela Musat**



Coordintate successive versions of CMIP atm. model like Sisyphus (“We must imagine happy sisyphus”, A. Camus)

**3D simulations  
 With imposed large scale circulation (wind nudging)**

Lidia Mellul

**Systematic 1D tests  
 of new set of free parameters**

**3D (LMDZ-Orchdee) Imposed SST**  
 Tuning of atmospheric balance  
 Latitudinal variation of fluxes  
 Mean rainfall  
**Increased number of metrics**

Ionela Musat

**Define constraints for the atmosphere alone model**

Laurent Fairhead

**3D coupled Atm./Ocean**  
 Conservation  
 Coupled properties  
 Enso, THC, sea ice

- 738 Mutli-atlas (diagnostic suite rich and heterogeneous)
- 2600 simulations: forced 2-30 years, coupled 50-300 yrs

**And much more people involved !**

**IPSL, LSCE, LOCEAN, LMD hors équipe LMDZ**

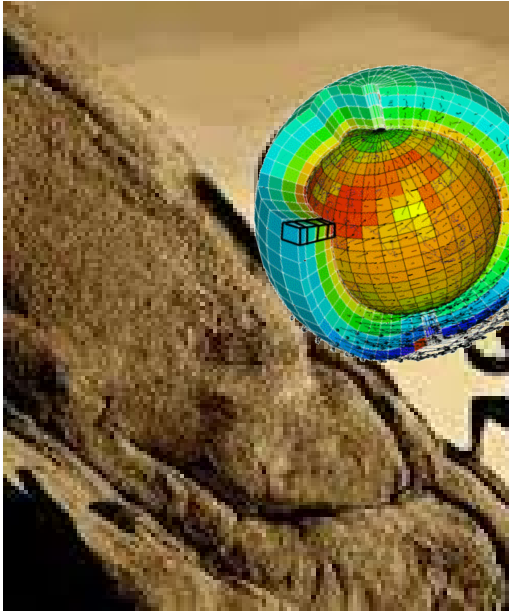
Arnaud Caubel, Sébastien Denvil, Yann Meurdesoif, Marie-Alice Foujols, Josefine Ghattas, Anne Cozic, Jérôme Servonnat, Christian Ethé, Thibaut Lurton, Clément Rousset, David Cugnet

Julie Dehaye, Juliette Mignot, Guillaume Gastineau, Martin Vancophlen, Olivier Boucher

# Du 1D au climat global : ajustement des paramètres

**SCM/LES**  
 New parameterizations  
 Inspiration  
 Developpement  
 Assesment

**New for IPSL CM6 tuning (for CMIP6)**  
 Ionela Musat



Coordintate successive versions of CMIP atm. models like Sysiphus ("We must imagine happy sisyphus", A. Camus)

**Systematic 1D tests of new set of free parameters**

**3D simulations**  
 With imposed large scale circulation (wind nudging)

Lidia Mellul

**3D (LMDZ-Orchdee) Imposed SST**  
 Tuning of atmospheric balance  
 Latitudinal variation of fluxes  
 Mean rainfall  
 Increased number of metrics

Ionela Musat

**Define constraints for the atmosphere alone model**

Laurent Fairhead

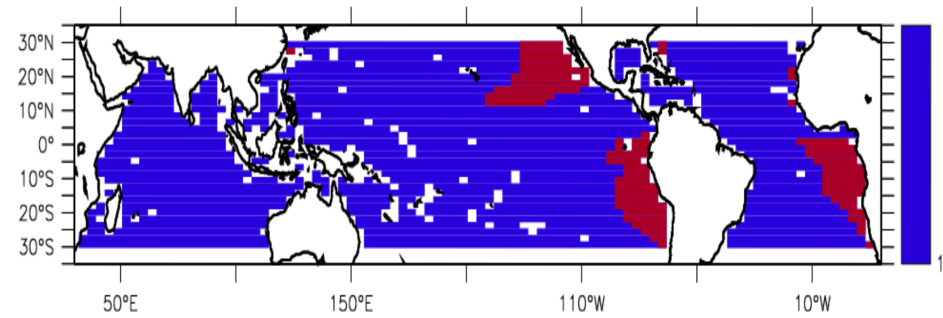
- 738 Mutli-atlas (diagnostic suite rich and heterogeneous)
- 2600 simulations: forced 2-30 years, coupled 50-300 yrs

**And much more people involved !**

**3D coupled Atm./Ocean**  
 Conservation  
 Coupled properties  
 Enso, THC, sea ice

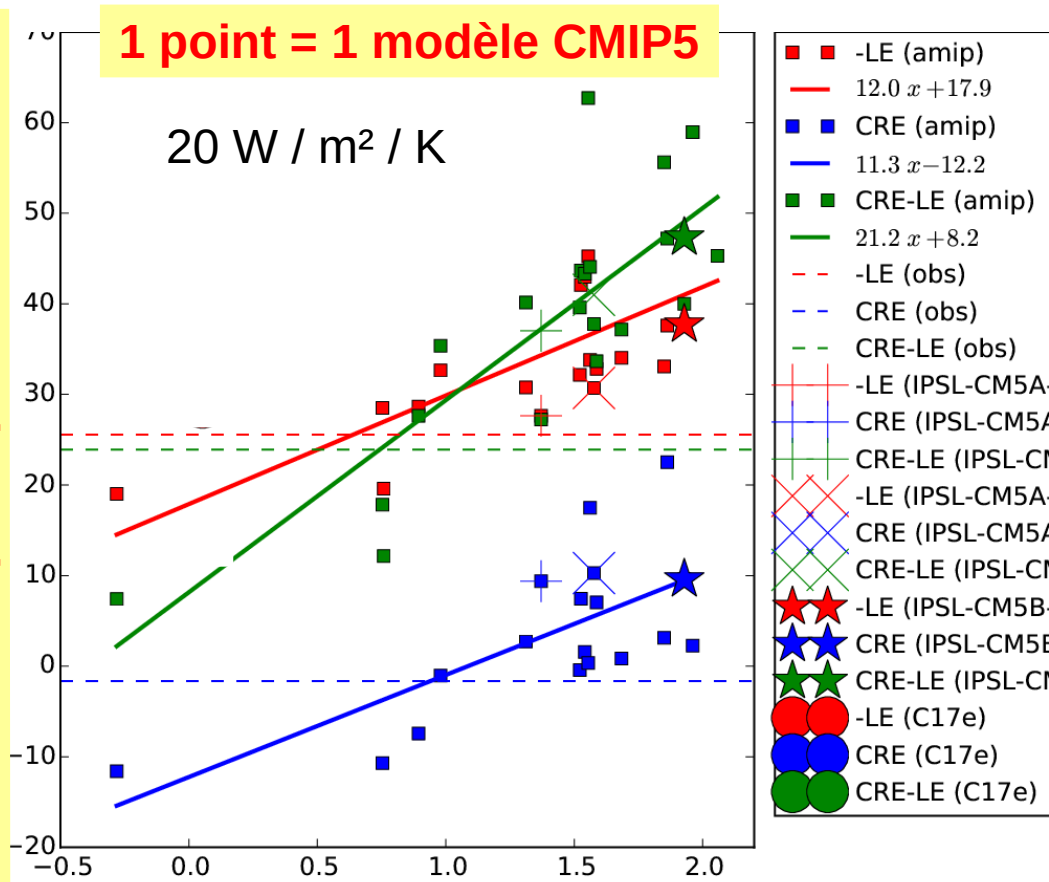
**IPSL, LSCE, LOCEAN, LMD hors équipe LMDZ**  
 Arnaud Caubel, Sébastien Denvil, Marie-Alice Foujols, Josefine Ghattas, Anne Cozic, Jérôme Servonnat, Christian Ethé, Thibaut Lurton, Clément Rousset, David Cugnet  
 Julie Dehaye, Juliette Mignot, Guillaume Gastineau, Martin Vancophlen, Olivier Boucher

# II – Origine atmosphérique des biais de SST



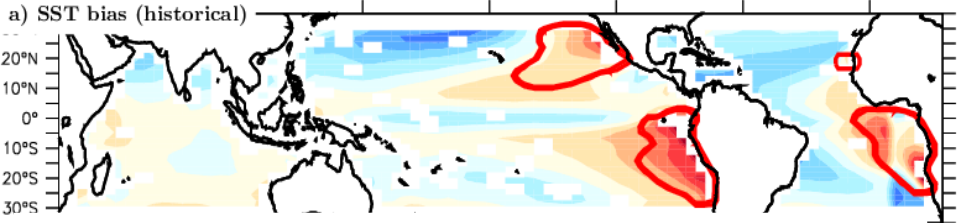
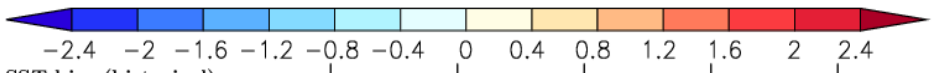
## Un index de biais des biais de bords est

**Biais de Flux (W/m2), contraste, forcé**

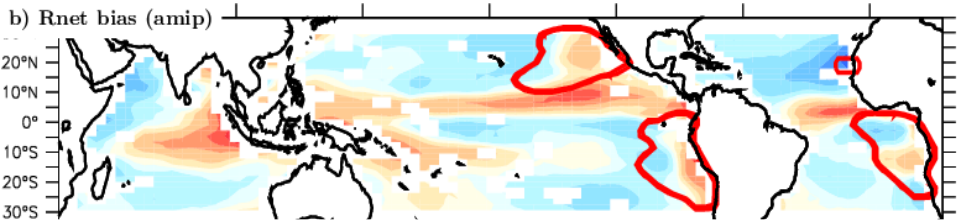
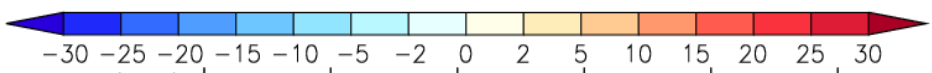


## Biais de SST (K), contraste, Couplé

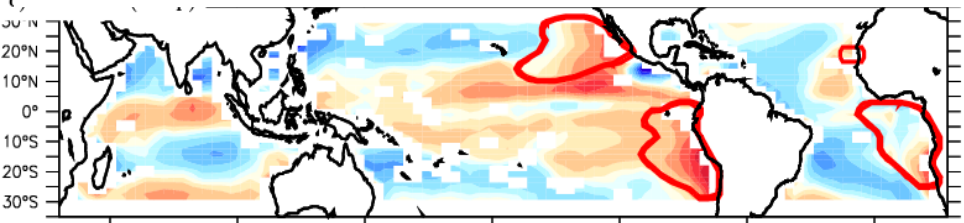
Moyennes multi-modèles CMIP5



Biais de SST multi-modèle (K), en couplé



Biais radiatif multi-modèle (W/m2), en forcé



Biais Latent multi-modèle (W/m2), en forcé

## Résumé :

« modèle »

=

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

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

- Variabilité tropicale : répartition convectif/grande échelle, orages points de grille
- Températures continentales : Imixmin. Mesures sur sites.
- Forçages nuageux corrects : moyennes zonales, en régimes dans les tropiques
- Réduire les biais de SSTs : Bords Est, contrastes latitudinaux ou hémisphériques
- Haute atmosphère : QBO

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

- Variabilité couplée
- Double ITCZ
- Moussons
- Coupes méridiennes T/U/RH
- Impact du relief sur les perturbations stationnaires
- Contrastes inter hémisphériques et continents/océans

### Autres :

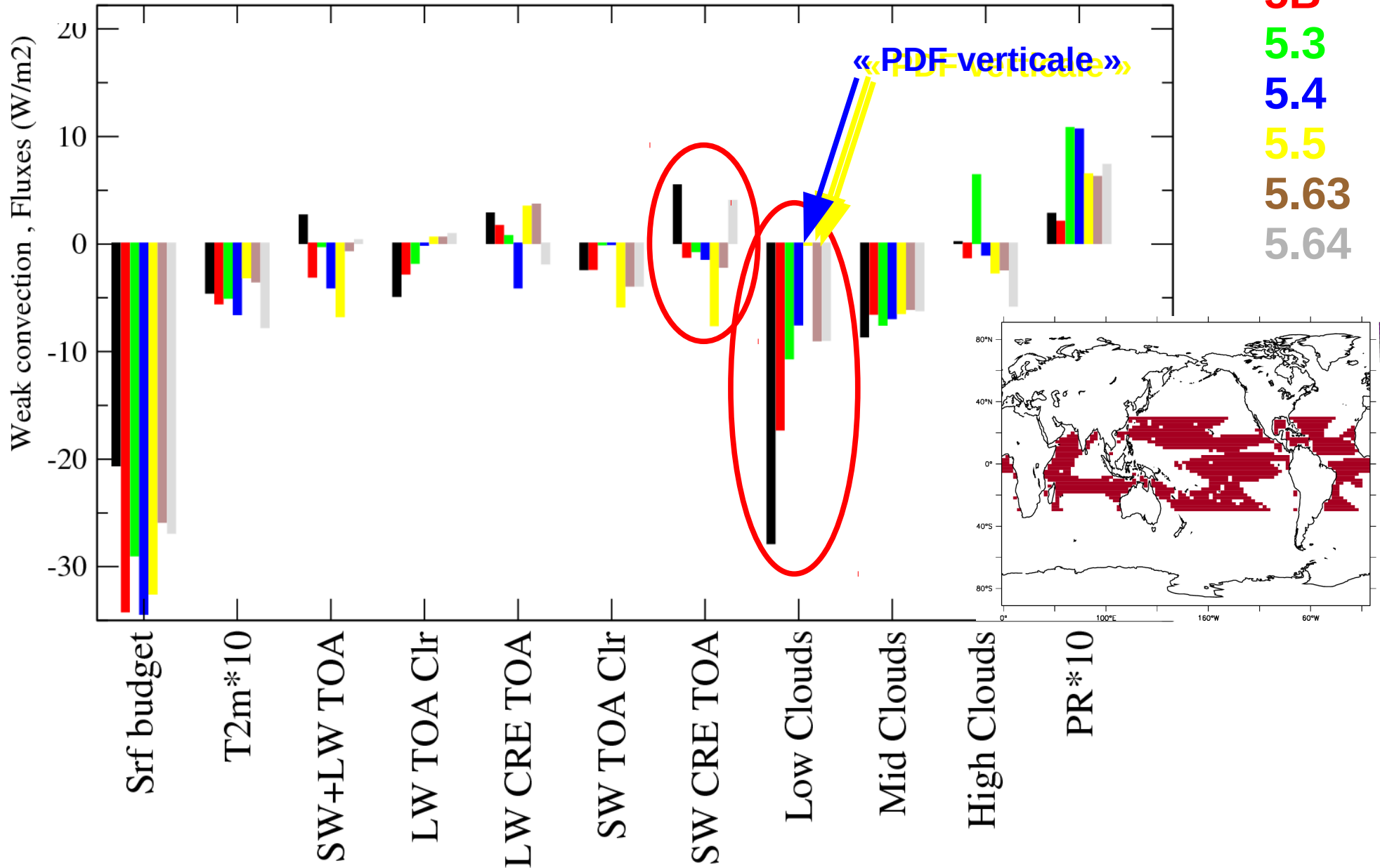
- Albédo, forçages aérosols, conditions de surface en général

### Stratégie :

- Cycle à 4-6 semaines
- 10-15 jours pour le tuning
- Montée en puissance des [multi-atlas sur ciclاد](#)
- Commence à être assez rôdé pour penser automatisaion et en ressentir le besoin.

# IV – Cycle et stratégie d'ajustement pour LMDZ

Après ajustement des paramètres, on change de paradigme. Par exemple :  
« Too few to bright » → « Too few DONC too bright »



# Conclusion

→ Nécessité de disposer de calcul radiatifs fiables en sortie des LES

## II – Ajustement/accordage/tuning des paramètres libres

« modèle »

=

**contenu physique + configuration + ajustement des paramètres**

→ Nécessité de mieux formaliser le tuning (article en révision)

→ **Nécessité d'utiliser des outils pour explorer l'espace des paramètres (émulateurs)**

→ Pas un problème d'optimisation mais plutôt de déterminer des plages de paramètres

→ **Point essentiel à prendre en compte dans toute étude modèle/observation**

Est-ce que ce que je regarde relève ou non du tuning du modèle ?

Quelle utilisation des observation peut permettre de privilégier un tuning plutôt qu'un autre ?

Quels sont les aspects intrinsèques à la paramétrisation ?

→ **ANR High-Tune : tuning automatique + référence radiative sur LES → améliorations**

**Lettre d'intention OK au premier passage. Attente du résultat. Fleur Couvreur**

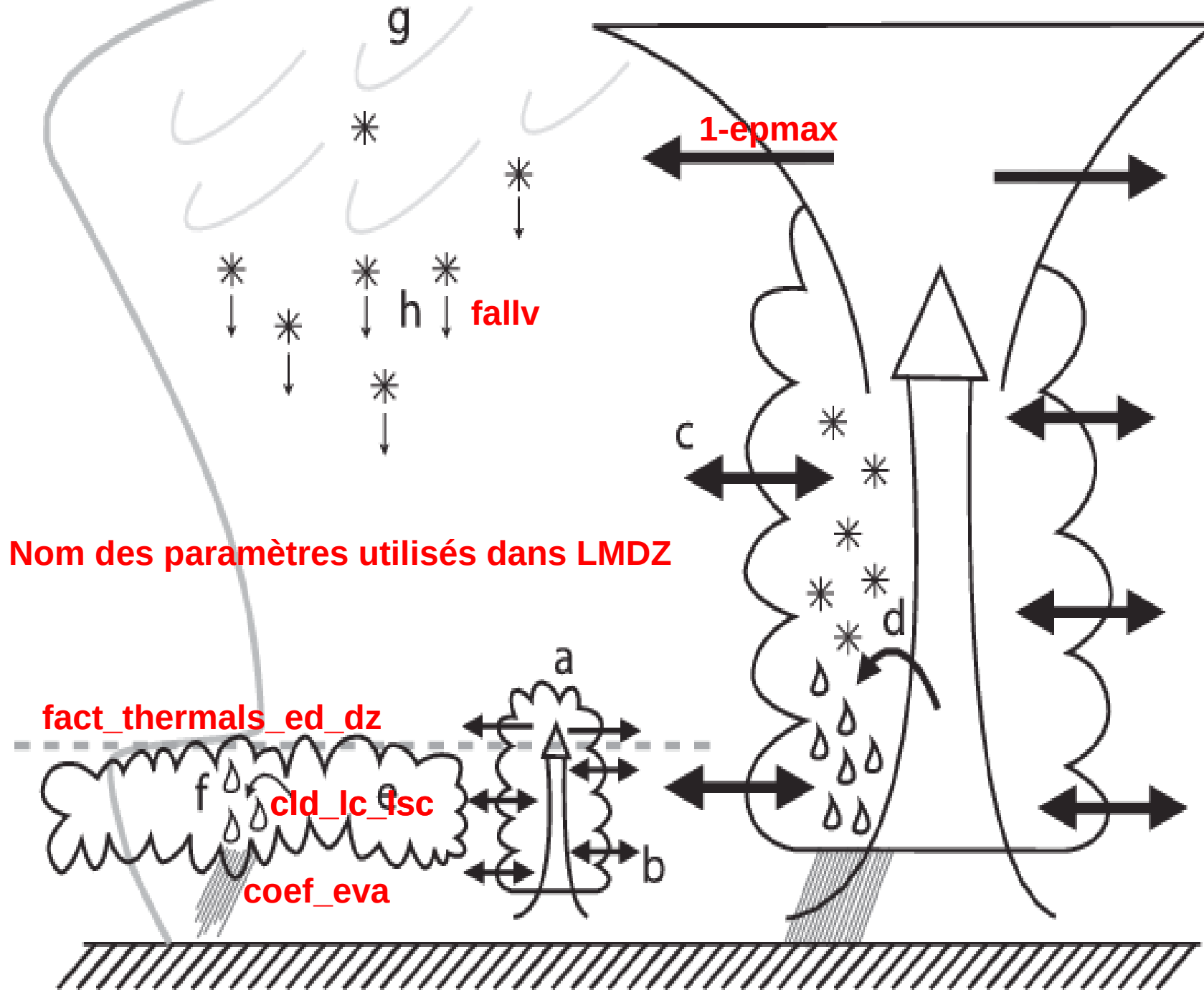


# III – Ajustement des paramètres nuageux pour la réduction des biais de SST

Mauritsen et al, 2013

Tuning du modèle du MPI

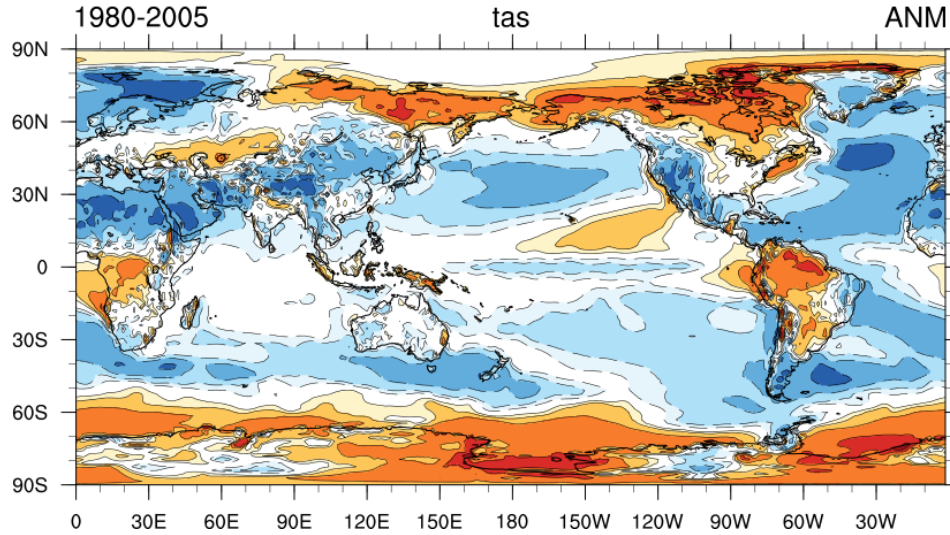
Une pratique partagée (cf. Hourdin et al., 2016)



# Biais de SST en couplé, moyenne annuelle

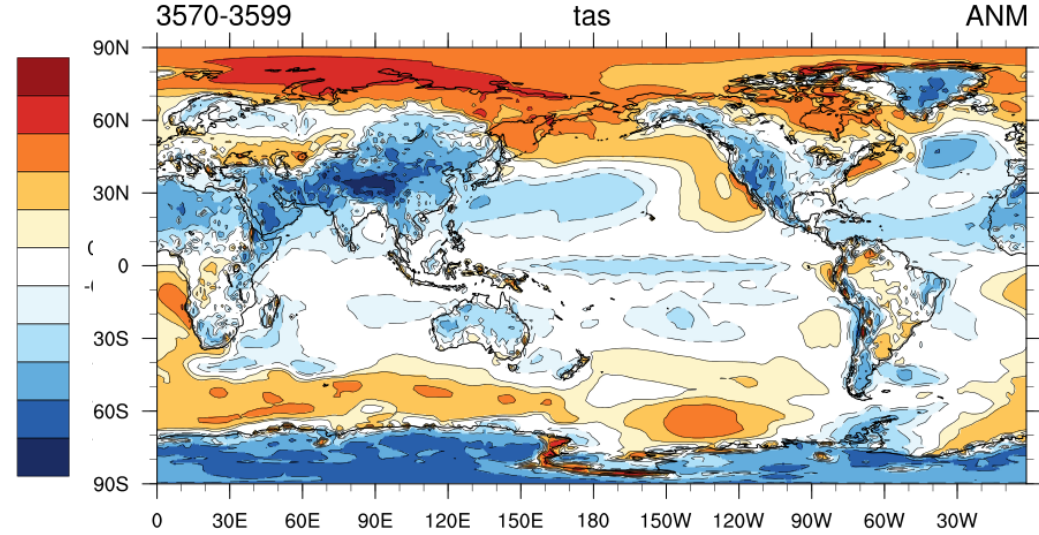
5A-MR

CMIP5 IPSL-CM5A-MR (vs ERAINT)



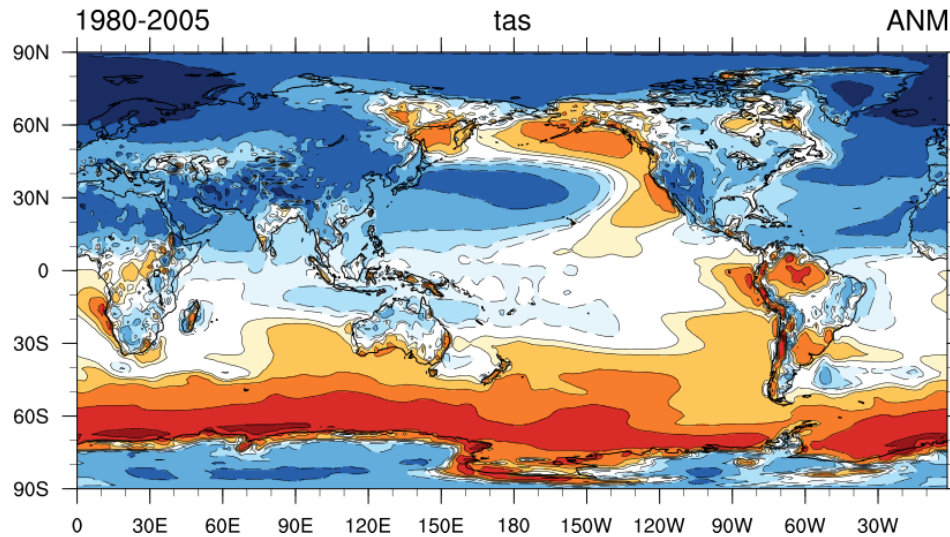
6A-LR

CM6015S-pd-03 (vs ERAINT)



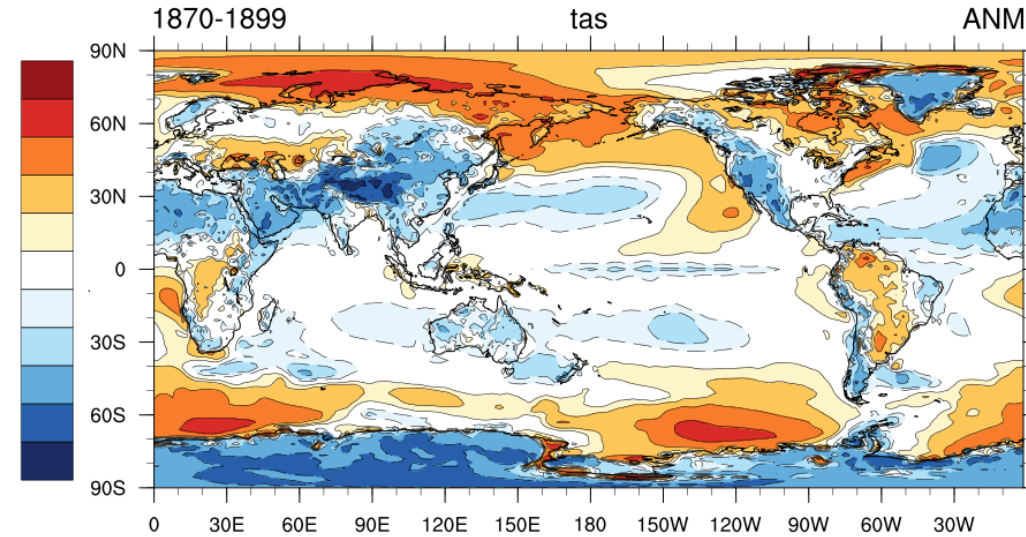
5B-LR

CMIP5 IPSL-CM5B-LR (vs ERAINT)



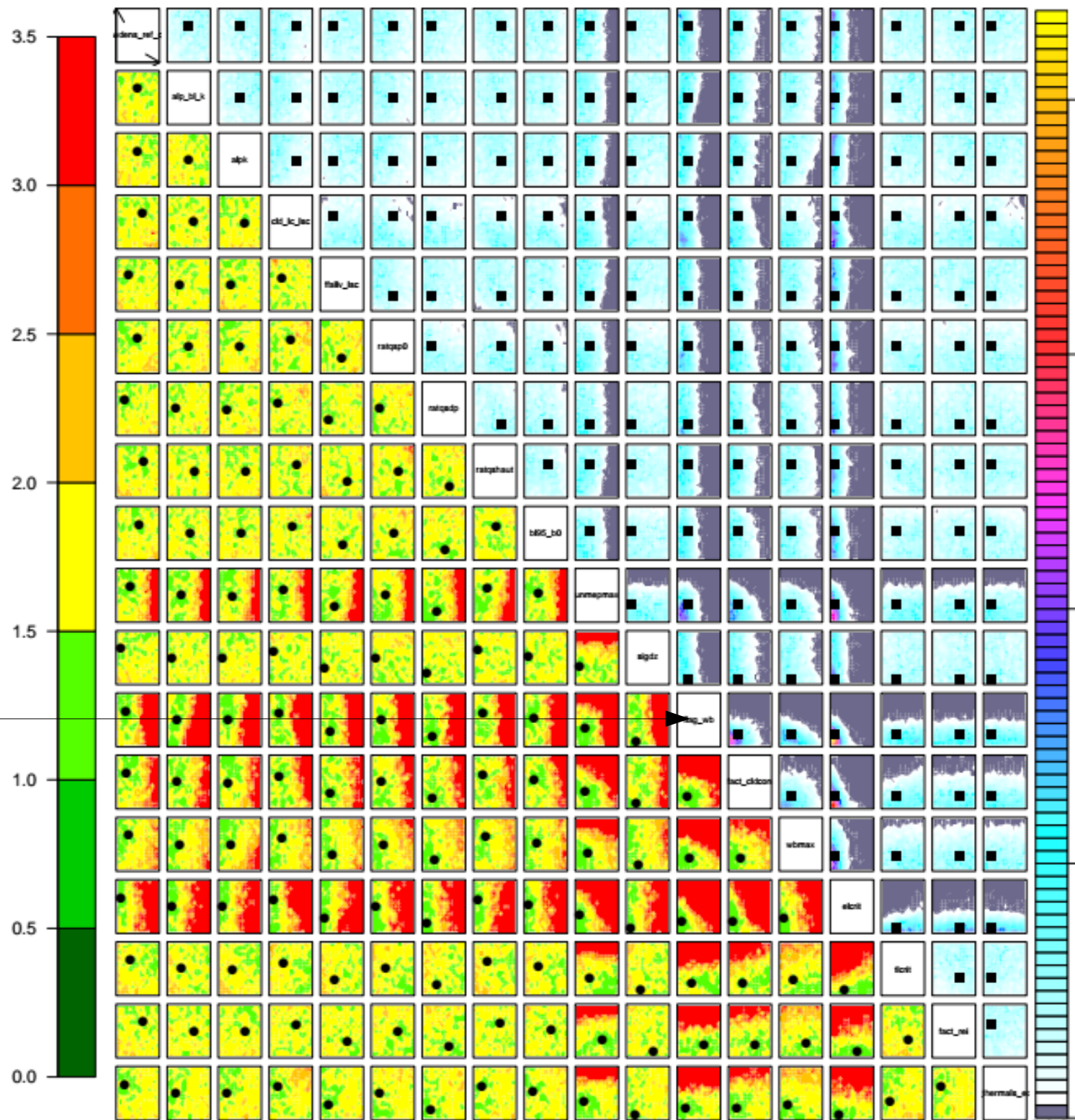
6A-MR

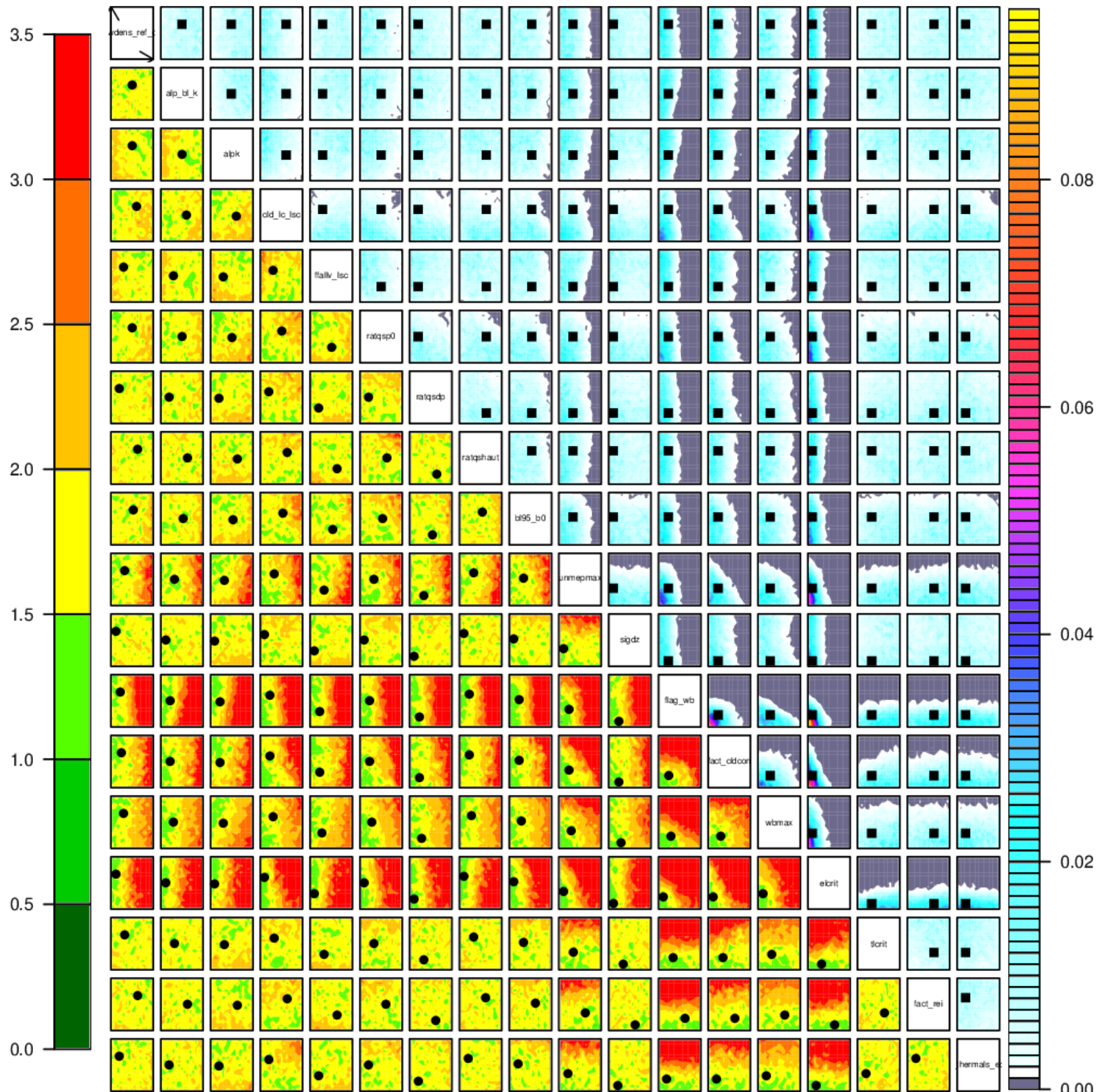
CM618-MR-pd-NMC-PM07 (vs ERAINT)



WAVEN=2  
tau=0  
cutoff=3  
sample\_size=1000000

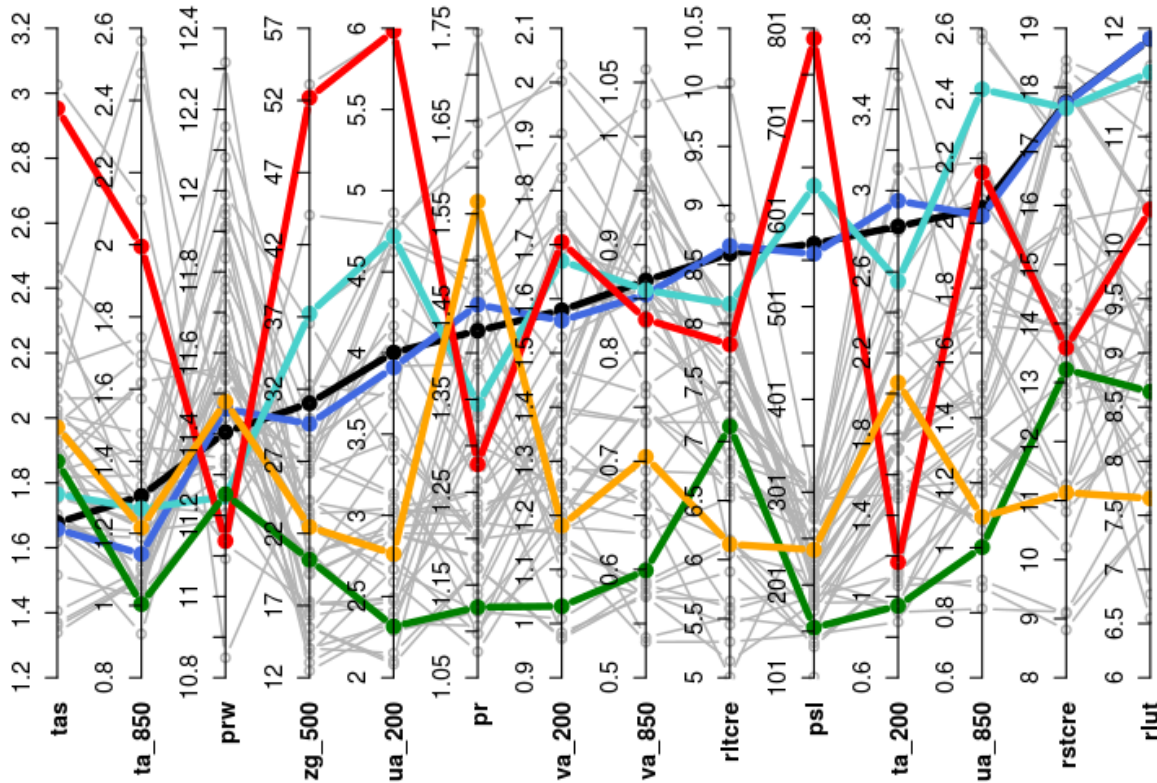
flag\_wb





- 6A
- CNRM : une des meilleures sur ces métriques de base
- 5B : une physique intéressante mais une configuration non aboutie
- 5A : une vieille physique bien réglée
- 5A-MR « meilleure » configuration IPSL dans CMIP5 (MR → LR actuel)
- Idem
- CMIP5

### Parallel coordinates - rm\_sc\_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, rlutcs, rsut, rsutcs, rnetcre, tauu, tauv, uas, vas

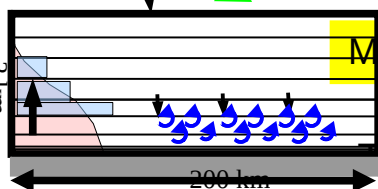
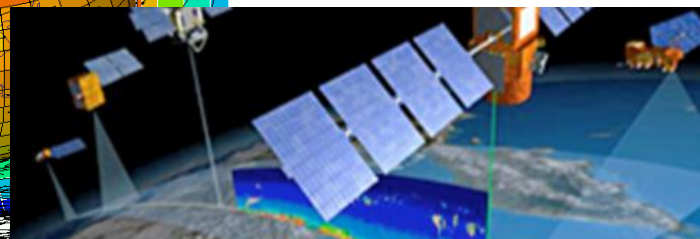
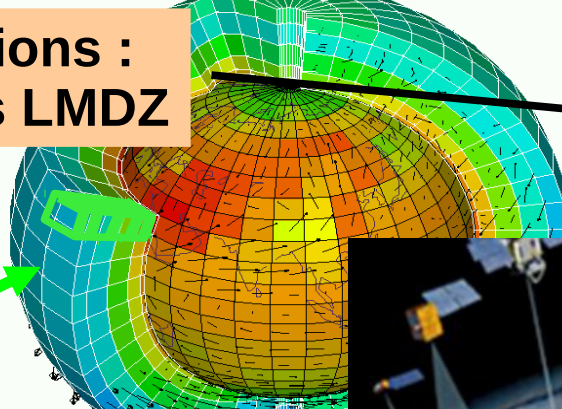
# I. Evolutions récentes de LMDZ

	Vertical resolution	Horizontal grid	Physical parameterizations	Name
CMIP3	L19	96x71	New convection scheme (Emanuel) Subgrid scale orography	IPSL-CM3 LMDZ4
CMIP5	L39 Extension to the stratosphere	LR = 96x95  MR = 144x143	2 versions <b>A : Standard Physics (SP)</b> same as CMIP3	IPSL-CMX LMDZX 5A-LR/MR
			<b>B : New physics (NPv3)</b> with thermal plumes and cold pools	5B-LR
CMIP6	L79  - For PBL clouds dZ/Z < 0.1 Jusqu'à 3 km  - For QBO dZ=1km Jusqu'à 50km	VLR = 96x95  <b>LR = 144x143</b>  MR=280x280?	NP v4,5,6 - <b>New radiation</b> - <b>Stochastic closure</b> - <b>stratocumulus from thermals</b> - <b>Ice thermodynamics</b> - <b>Couplage à la surface</b> - <b>gravity waves</b> (including non orographic)	

# Amélioration/évaluation des paramétrisations : apport du « modèle du thermique » dans LMDZ

1/ en mode uni-colonne (SCM) vs simulations explicites (LES)

2/ dans le modèle climatique 3D vs satellites

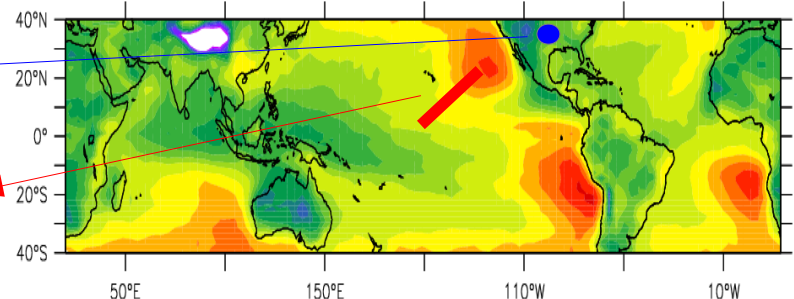


Marie-Pierre Lefebvre

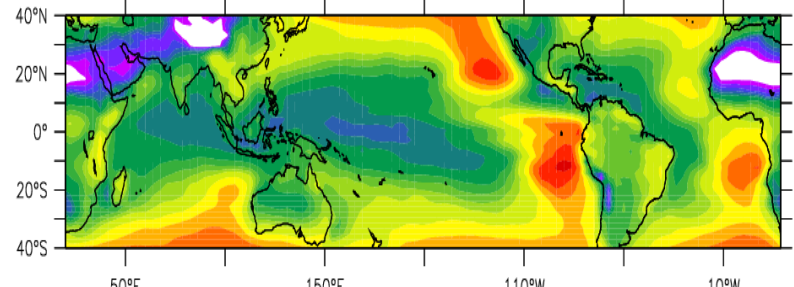
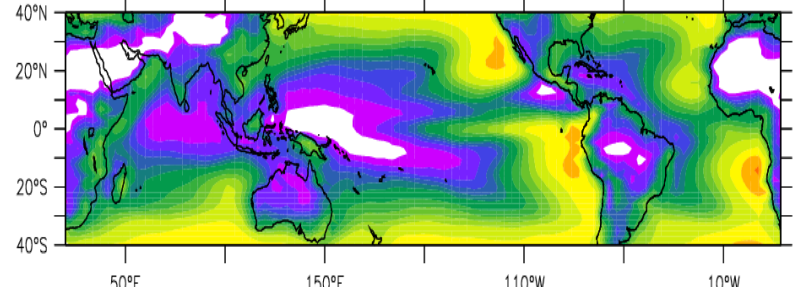
Cas « sandu » transition strato cumulus → cumulus

Low cloud cover (%), annual mean Calipso lidar

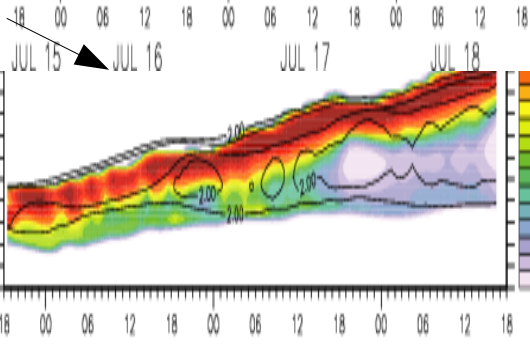
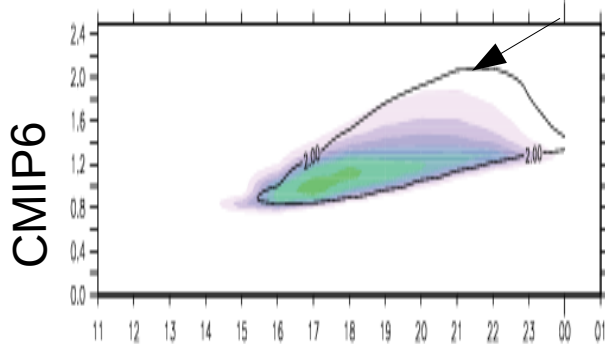
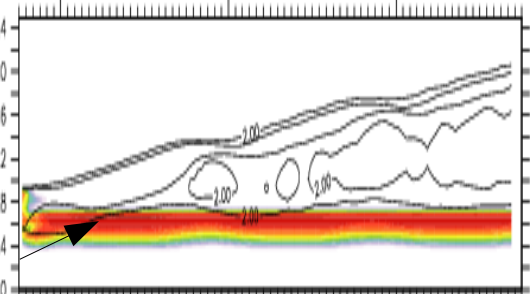
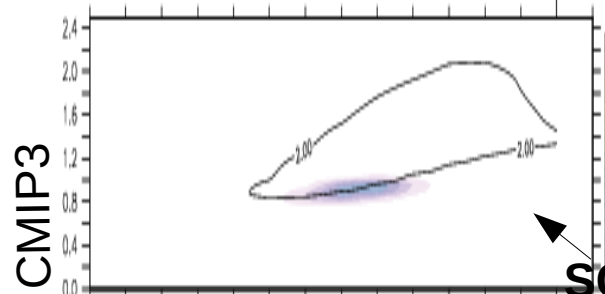
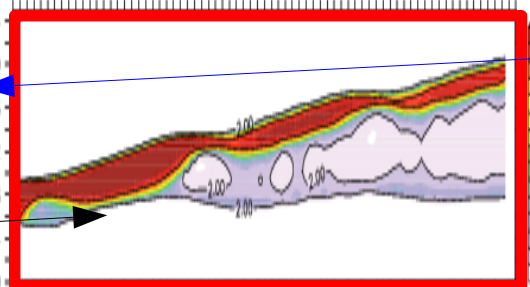
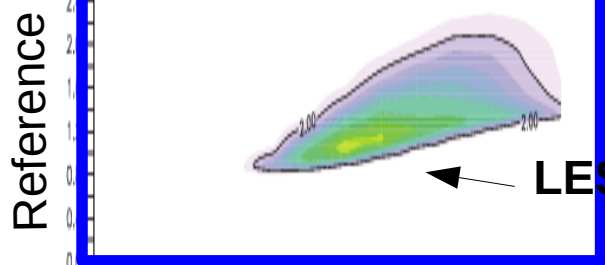
Abderrhamane Idelkadi



3D climate simulation (annual mean) Low cloud cover (%), Calipso simulator

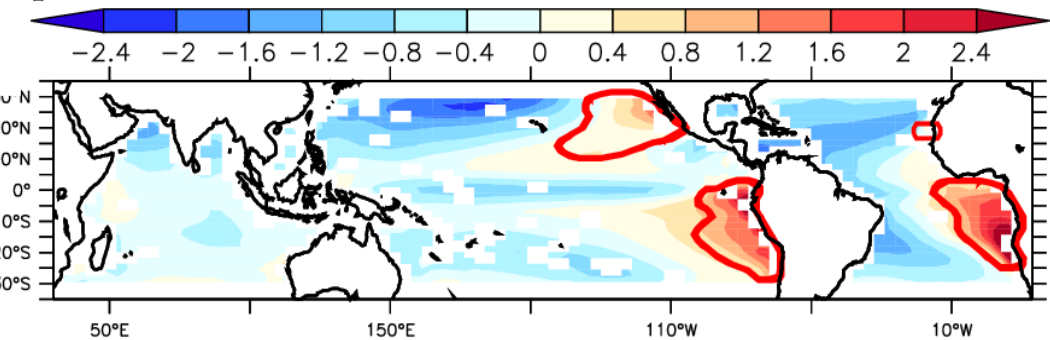


ARM (Oklaoma) cycle diurne cumulus

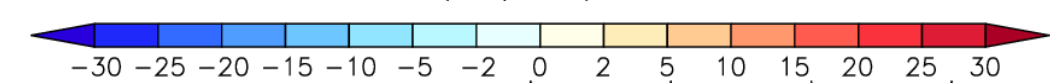


Surface temperature bias pattern (K),

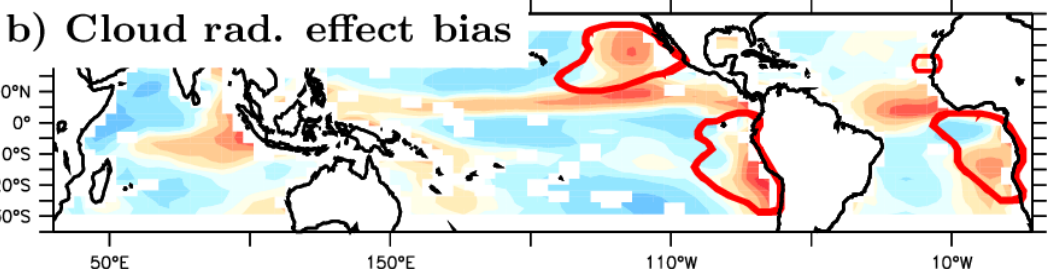
coupled simulations:



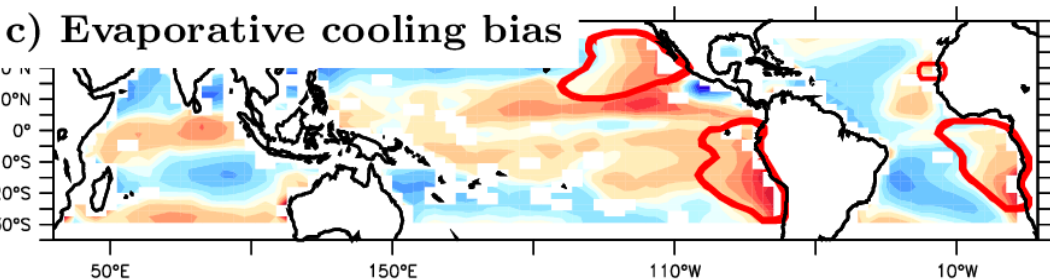
Heat flux bias pattern ( $W/m^2$ ), atmosphere-alone:



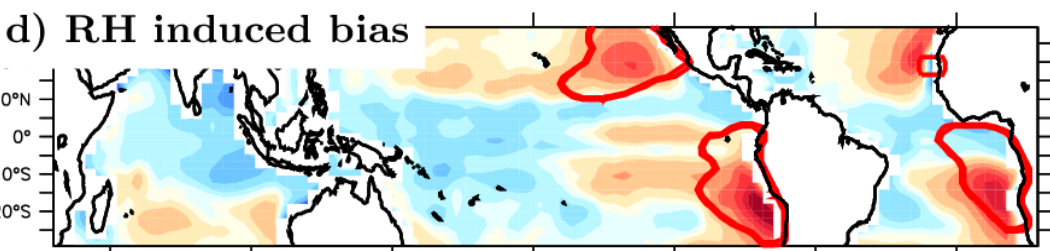
b) Cloud rad. effect bias



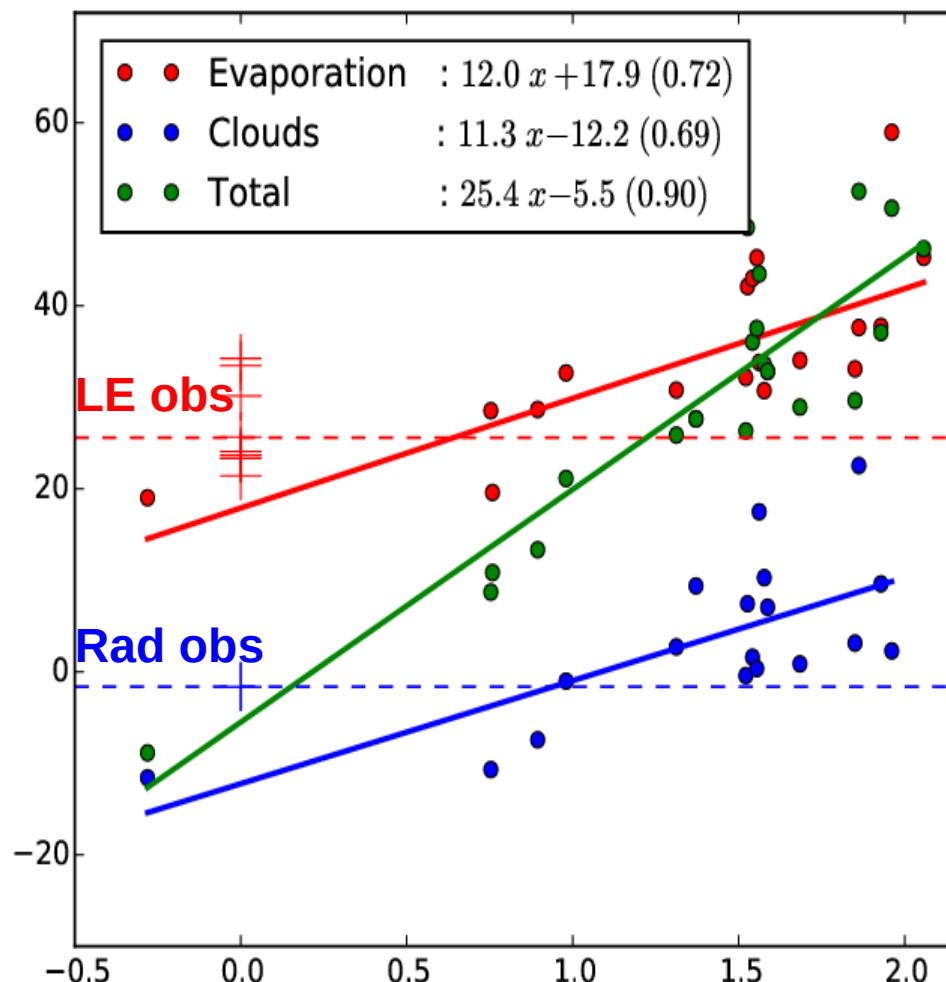
c) Evaporative cooling bias



d) RH induced bias

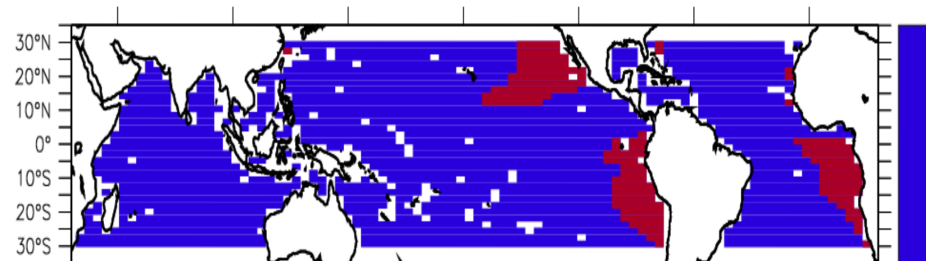


Surf. heat flux ETOA ( $W/m^2$ ), stand-alone atm.



Temperature bias ETOA (K), coupled models

Index for Eastern Tropical Ocean Anomaly

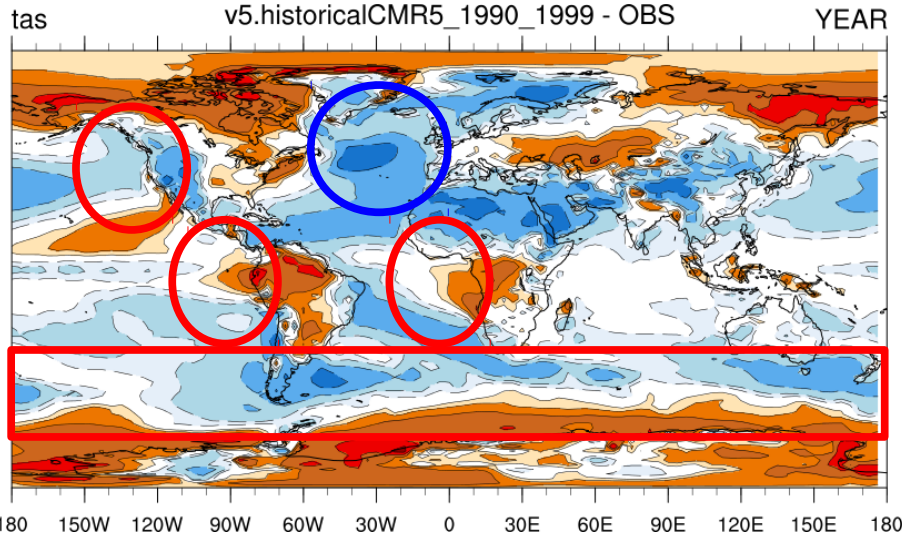


→ Strong warm biases in coupled models are associated with overestimated radiative fluxes and/or underestimated evaporative cooling

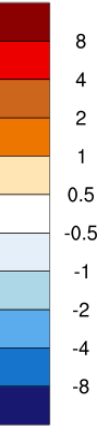
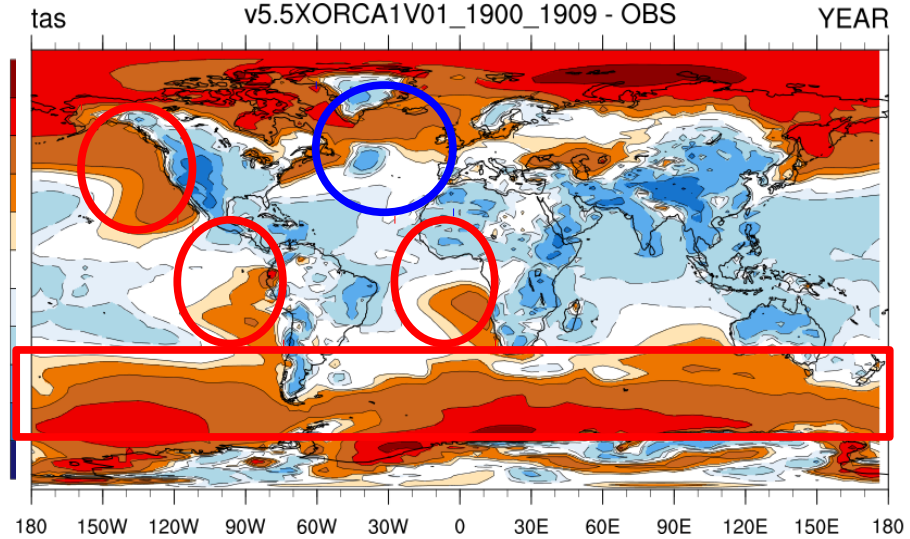


# II – Origine atmosphérique des biais de SST

IPSL-CM5A-MR



IPSL-CM6beta (V5.5)



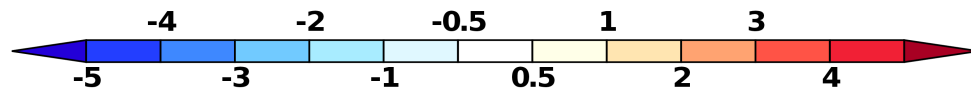
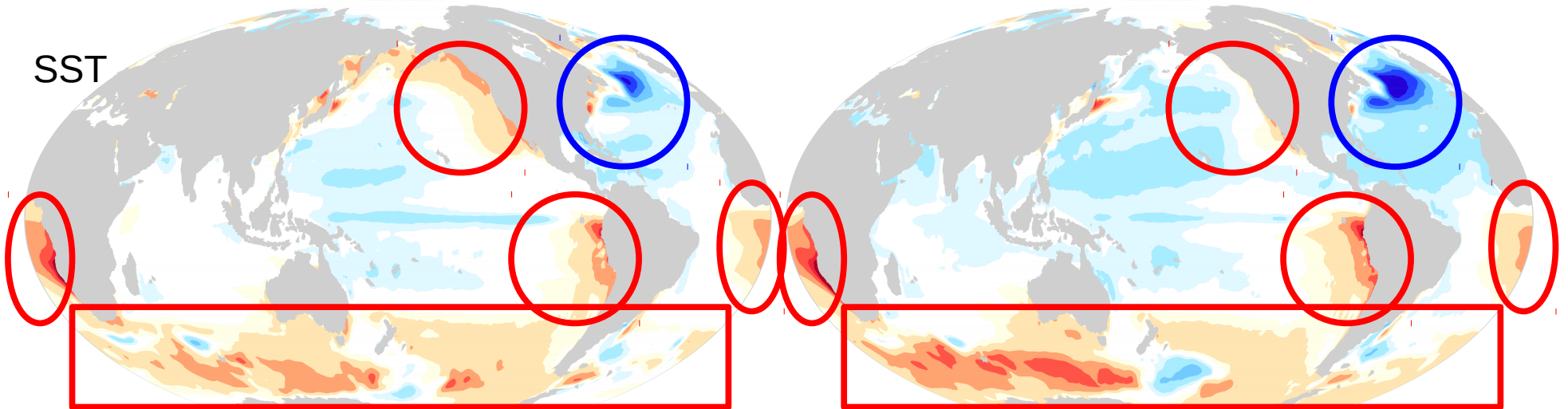
T2m

Biais des températures en moyenne annuelle

CNRM-CM6-beta

CNRM-CM5

SST



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

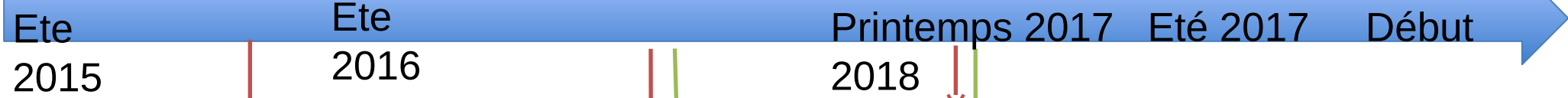
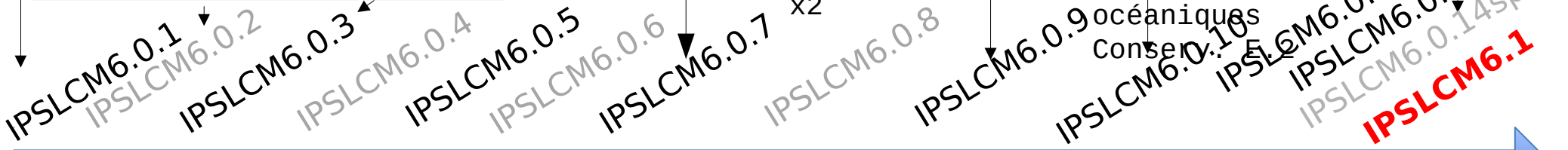
Nouveaux z0  
Sur océans  
Conserv E.1

Orographie  
Tuning param  
+ Accélération  
x2

Convection  
- Conditionnée par point de congélation  
- densité de poches diff. 0/A  
- réglage w base convection  
- rafales → z0

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

Reréglage des nuages bas :  
Nb noyaux rééva  
n



New Tmix

Calving

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

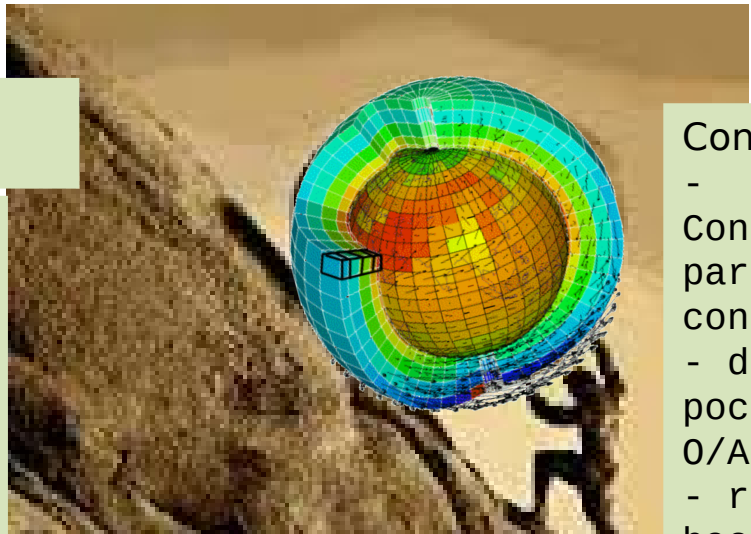
Améliorations de code  
Tests de paramètres  
Corrections de bugs

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

paramètres liés à la glace de mer  
albedo  
amaxn  
amxs  
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. 0/A  
 - réglage w base convection  
 - rafales → z0

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

Reréglage des nuages bas :  
 Nb noyaux réévaporatio  
 n

Nuages-convection  
 iflag\_mix=1  
 iflag\_coud\_vert=1

RRTM  
 +fisrt  
 +lmix

Nouveaux z0  
 Sur océans  
 Conserv E.1

Orographie  
 Tuning param  
 + Accélération x2

océaniques  
 Conserv

IPSLCM6.0.1  
 IPSLCM6.0.2  
 IPSLCM6.0.3  
 IPSLCM6.0.4  
 IPSLCM6.0.5  
 IPSLCM6.0.6  
 IPSLCM6.0.7  
 IPSLCM6.0.8  
 IPSLCM6.0.9  
 IPSLCM6.0.10  
 IPSLCM6.0.11split  
 IPSLCM6.0.12split  
 IPSLCM6.0.14split  
**IPSLCM6.1**



Ete 2015      Ete 2016      Printemps 2017      Eté 2017      Début

New Tmix

Calving

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

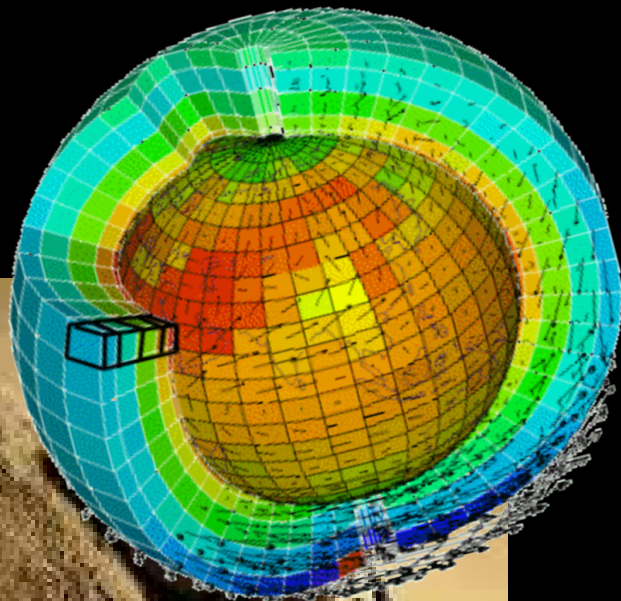
Améliorations de code  
 Tests de paramètres  
 Corrections de bugs

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

Disponibilité de configurations multiples  
mise en œuvre en enseignement

Automatisation des post-traitements  
Tuning automatique (émulateurs)



# Une science à construire

## Enseigner pour la construire

Before computers



**Appearances :**  
Meteorology/oceanography, climate, atm/ocean composition ...

**Theories :**  
Fluid mechanics, Gas/radiation interaction, Thermodynamics, Chemistry

**Mathematics**  
Primitive equations, Thermodynamical laws, Radiative transfer equations

**Numerics**  
Grid point discretization, spectral methods, Finite volume and finite differences conservation, robustness and efficiency, rather than accuracy

**Computers**  
Fortran/Linux, High Performance Computing, Flexibility/Multi-config., post-processing

**Dynamical core**

**parameterizations**

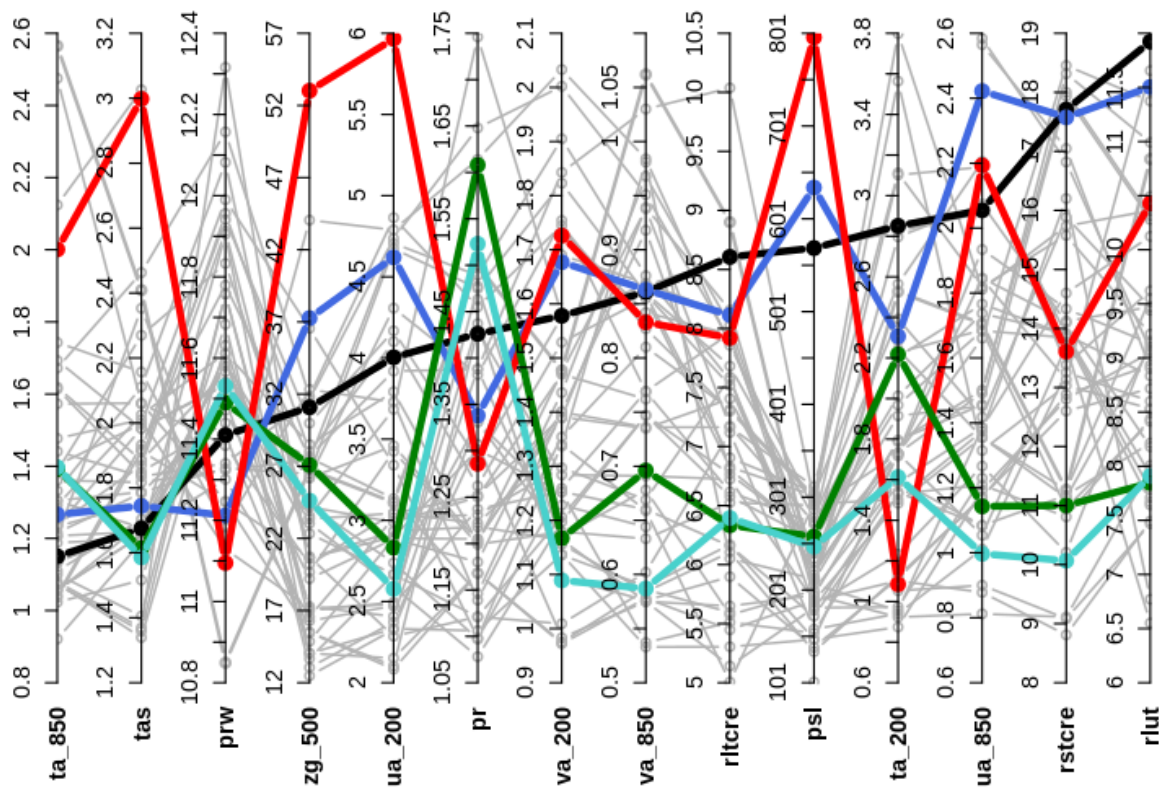
Tout d'abord, j'ai envie de dire merci pour un modèle qui marche plutôt bien en configurations étranges (paléo, quoi). On apprécie qu'il n'y ait pas trop de choses/paramétrisations qui soient si attachées à l'actuel que cela serait difficile d'utiliser le modèle en configuration très différente de l'actuel. Naturellement, on a envie que ce soit toujours le cas à l'avenir !

Quelques suggestions : c'est la mode des climats chauds, même en paléo. Quelles sont les limites du code radiatif pour de très hauts taux en GES ? (valable aussi bien pour le passé que pour le futur). On doit pouvoir faire mieux en termes d'interactions LMD/LSCE sur le thème de la sensibilité climatique et de ce qui la contrôle...

Plus généralement, sur l'organisation du travail, sans doute travaille-t-on un peu trop chacun dans notre coin (je parle de nous, au LSCE). Ce serait bien de partager plus souvent nos résultats/analyses, par exemple sur les thèmes identifiés à la fin de ton doc, avec en plus une articulation passé/présent/futur.

6AMR  
6ALR

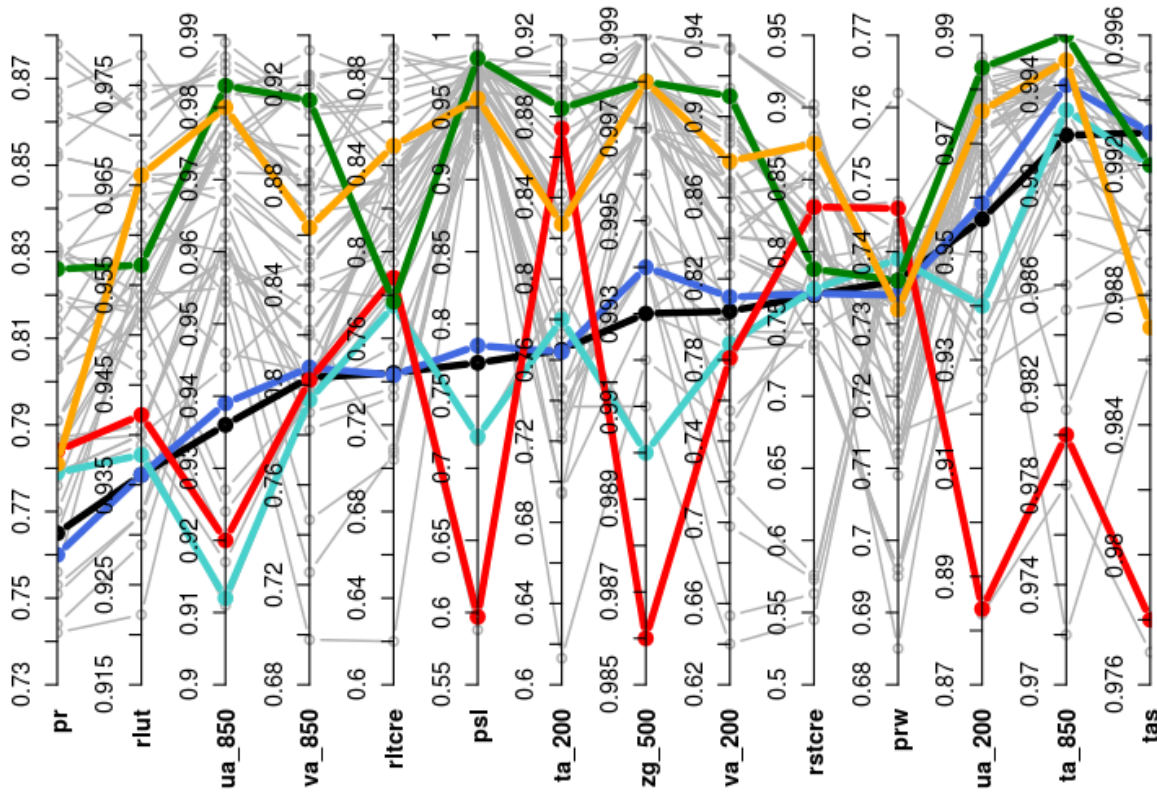
### Parallel coordinates - rmsc\_xy ann global



- CM618-MR-pd-NMC-PM07\_1990\_2019
- CM6015S-pd-03\_3570\_3599
- CMIP5-IPSL-CM5B-LR\_1980\_2005
- CMIP5-IPSL-CM5A-LR\_1980\_2005
- CMIP5-IPSL-CM5A-MR\_1980\_2005
- ACCESS1-0
- ACCESS1-3
- BNU-ESM
- 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
- 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
- IPSL-CM5A-LR
- IPSL-CM5A-MR
- IPSL-CM5B-LR
- 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, rnetcre, tauu, tauv, uas, vas

# Parallel coordinates - cor\_xy ann global

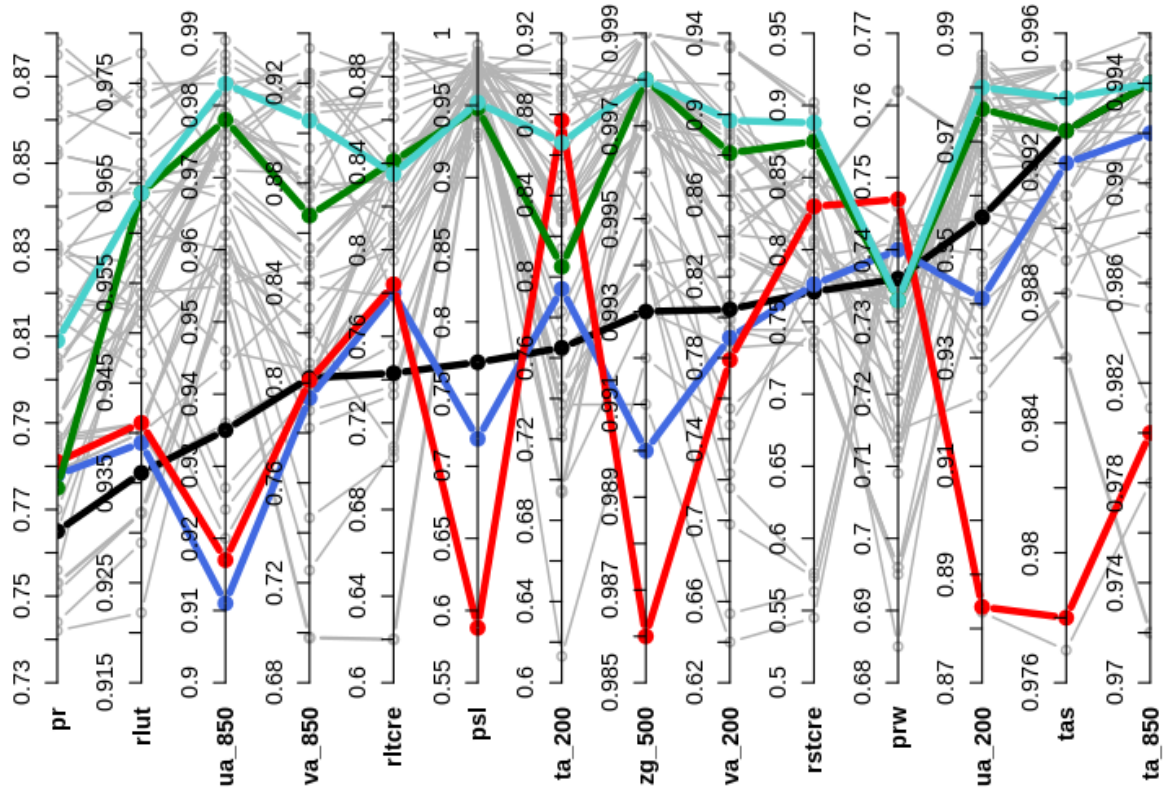


- CM61-LR-hist-03-10\_1990\_2005
- CNRM-CM5\_1990\_2005
- CM5B-LR\_1990\_2005
- CM5A-LR\_1990\_2005
- CM5A-MR\_1990\_2005
- IPSL-CM5A-MR
- ACCESS1-0
- ACCESS1-3
- bcc-csm1-1
- bcc-csm1-1-m
- BNU-ESM
- CanCM4
- CanESM2
- CCSM4
- CFM1-BGC
- CFM1-CAM5
- CFM1-CAM5-1-FV2
- CFM1-FASTCHEM
- CFM1-WACCM
- CMCC-CESM
- 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, rltcre, tauu, tauv, uas, vas



# Parallel coordinates - cor\_xy ann global

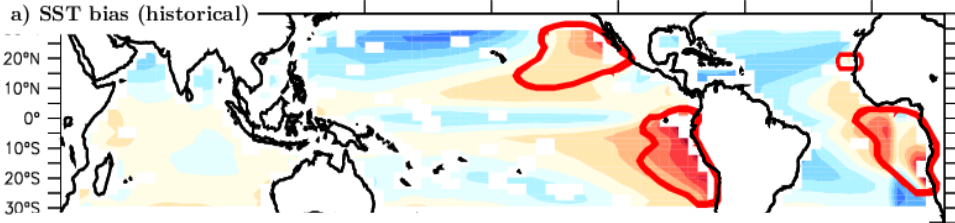
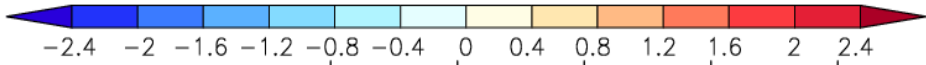


- CM618-MR-pd-NMC-PM07\_1990\_2019
- CM6015S-pd-03\_3570\_3599
- CMIP5\_IPSL-CM5B-LR\_1980\_2005
- CMIP5\_IPSL-CM5A-LR\_1980\_2005
- CMIP5\_IPSL-CM5A-MR\_1980\_2005
- ACCESS1-0
- ACCESS1-3
- BNU-ESM
- CCSM4
- CFM1-BGC
- CFM1-CAM5
- CFM1-CAM5-1-FV2
- CFM1-FASTCHEM
- CFM1-WACCM
- CMCC-CESM
- CMCC-CM
- CMCC-CMS
- CNRM-CM5
- CSIRO-Mk3-6-0
- CanCM4
- CanESM2
- EC-EARTH
- FGOALS-g2
- FIO-ESM
- GFDL-CM2p1
- GFDL-CM3
- GFDL-ESM2G
- GFDL-FSM2M
- GISS-E2-H
- GISS-E2-H-CC
- GISS-E2-R
- GISS-E2-R-CC
- HadCM3
- HadGEM2-AO
- HadGEM2-CC
- HadGEM2-ES
- IPSL-CM5A-LR
- IPSL-CM5A-MR
- IPSL-CM5B-LR
- 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

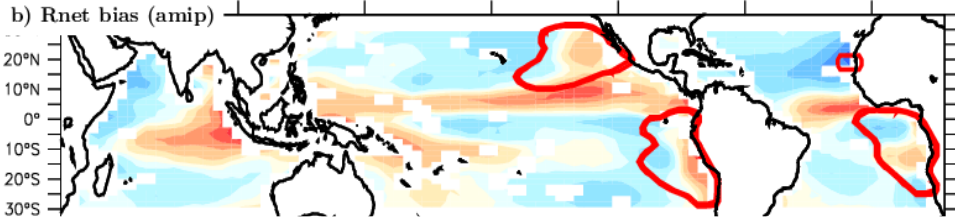
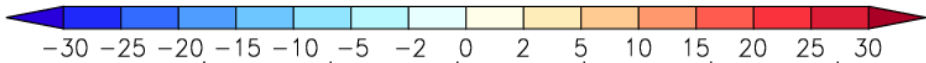
missing variables = hus\_850, huss, rlutcs, rsut, rsutcs, rnetcre, tauu, tauv, uas, vas

## II – Origine atmosphérique des biais de SST

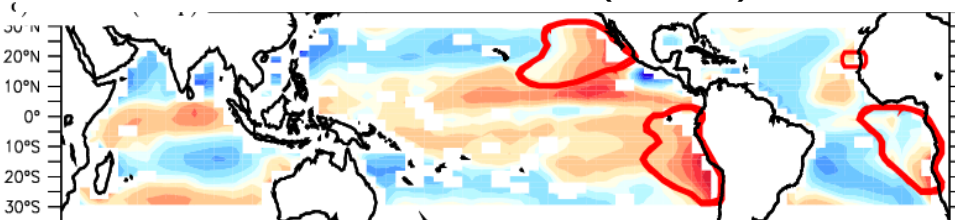
Moyennes multi-modèles CMIP5



Biais de SST multi-modèle (K), en couplé



Biais radiatif multi-modèle (W/m<sup>2</sup>), en forcé

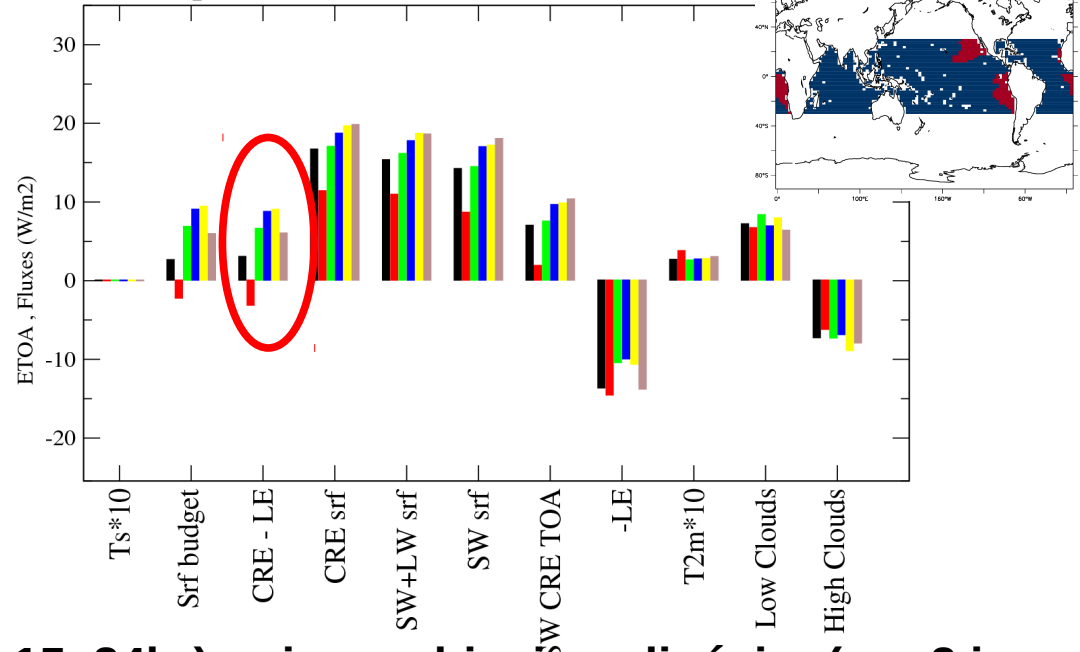
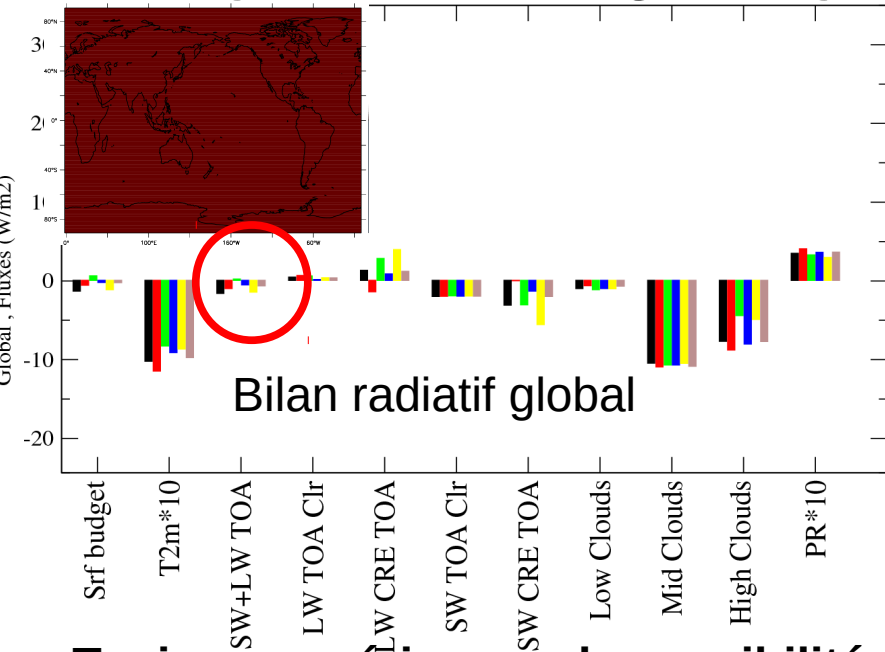


Biais Latent multi-modèle (W/m<sup>2</sup>), en forcé

**SST couplées**

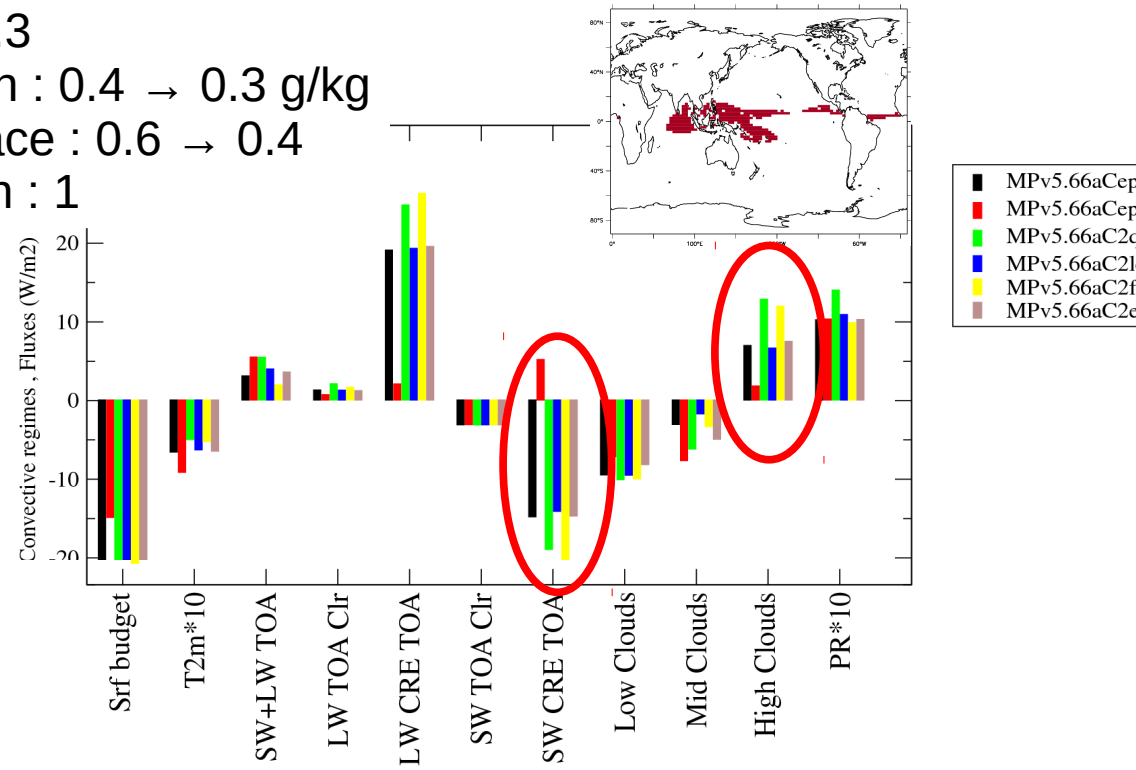
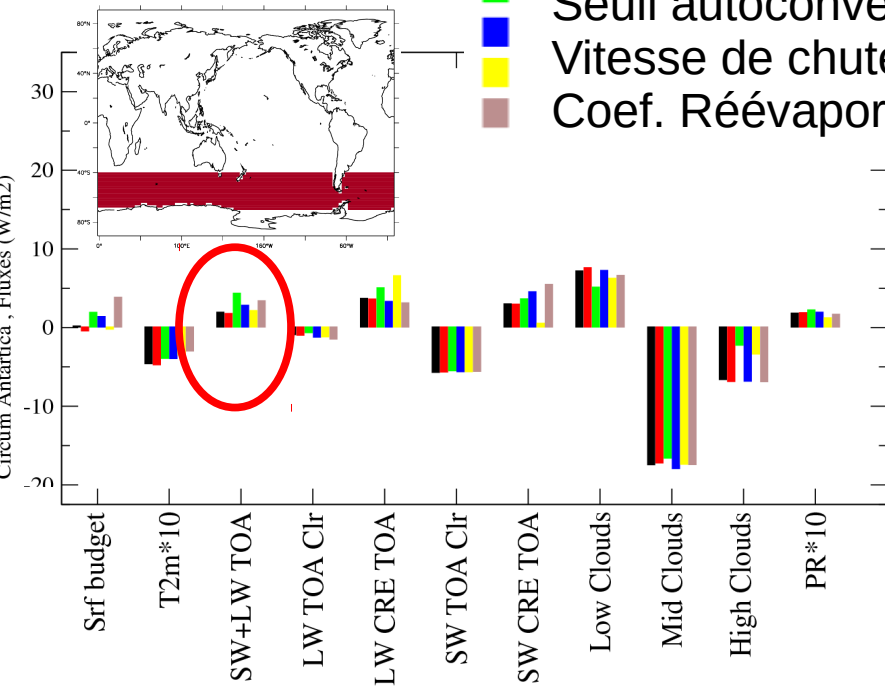
**Flux forcés**

# IV – Cycle et stratégie d'ajustement pour LMDZ



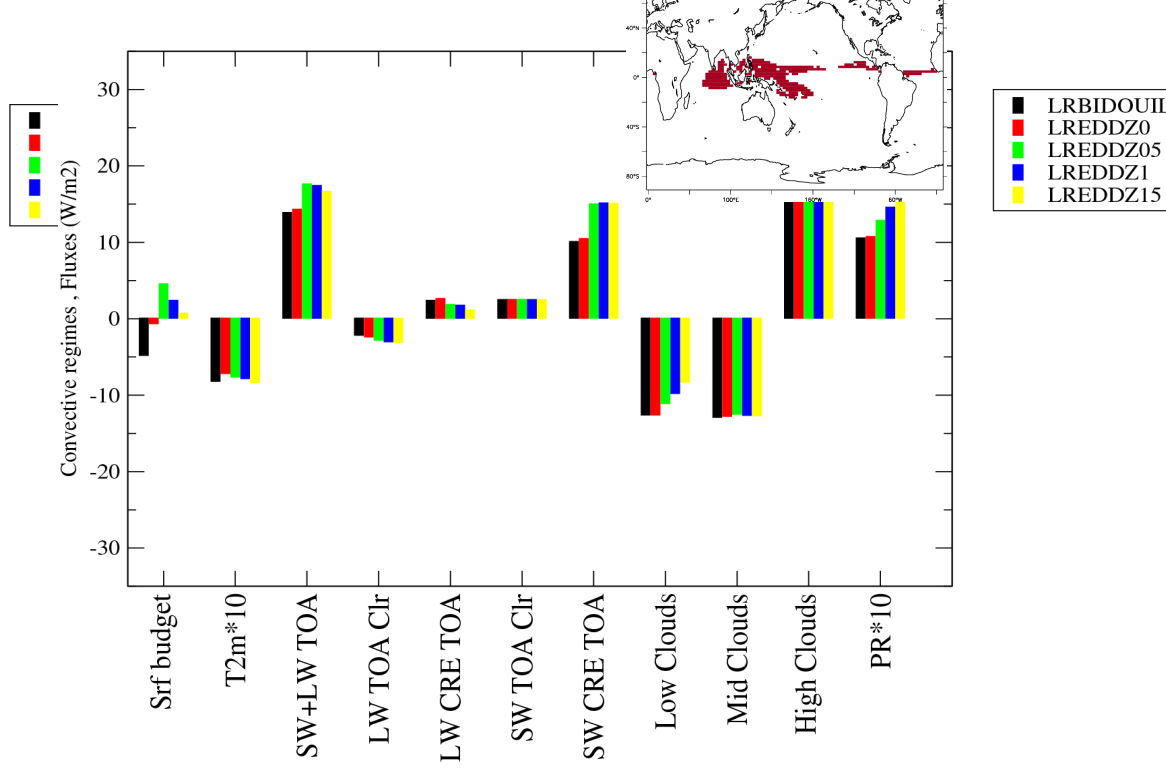
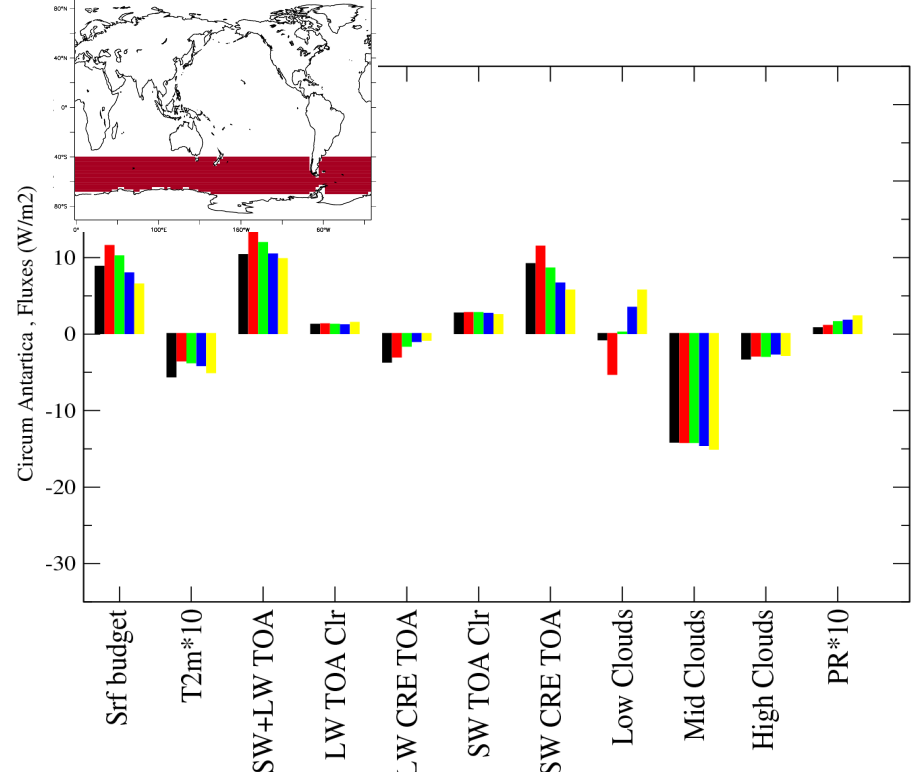
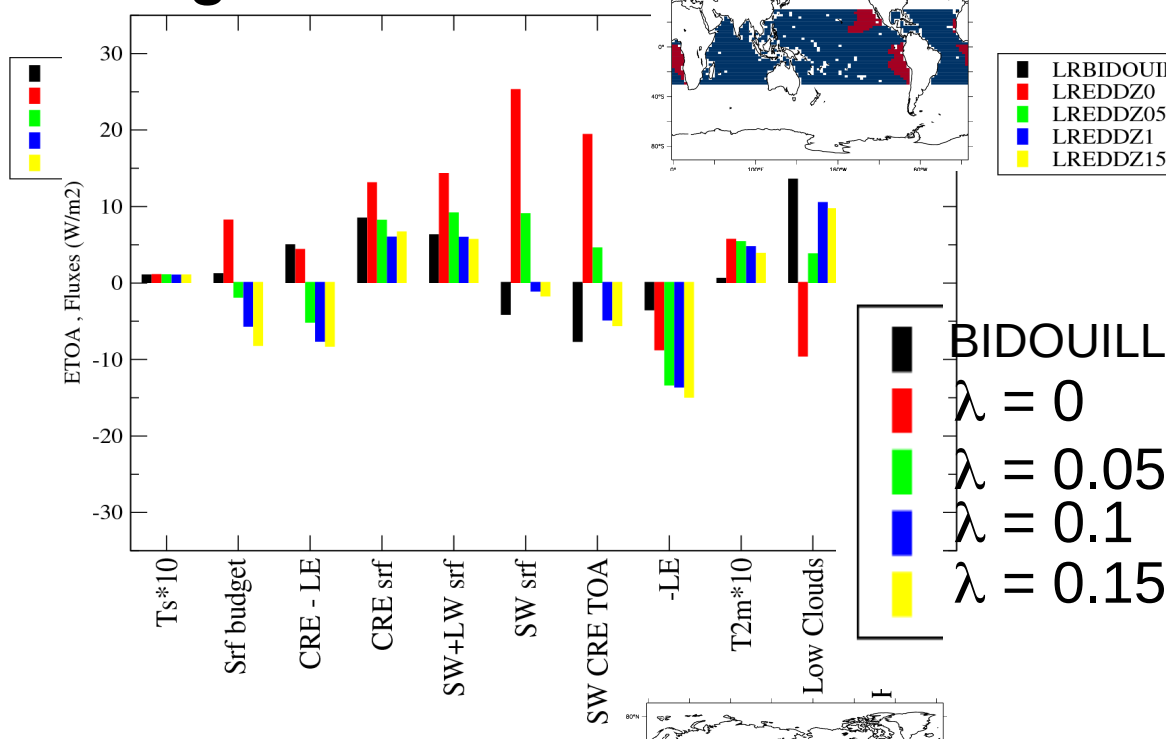
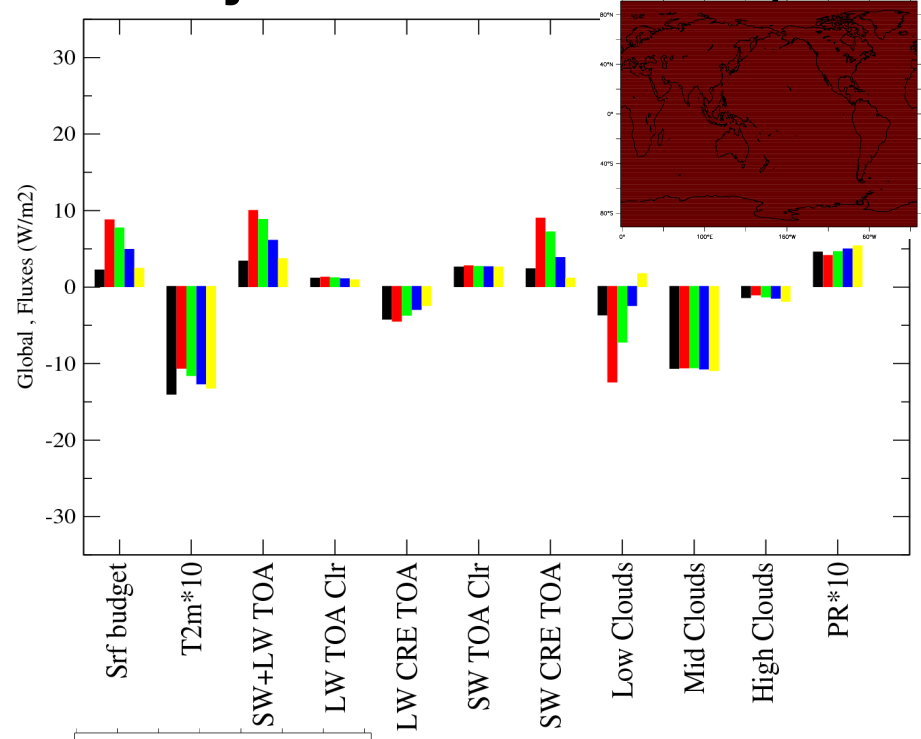
## Tuning : expériences de sensibilité (10-15, 24hr) puis combinaison linéaire (sur 2 jours)

- EP max = 0.998 → 0.999
- Ratq haut= 0.4 → 0.3
- Seuil autoconversion : 0.4 → 0.3 g/kg
- Vitesse de chute glace : 0.6 → 0.4
- Coef. Réévaporation : 1



- MPv5.66aCep
- MPv5.66aCep
- MPv5.66aC2q
- MPv5.66aC2l
- MPv5.66aC2f
- MPv5.66aC2e

# IV – Ajustement : cibles, méthodologie et illustration



■ LRBIDOUILL  
 ■ LREDDZ0  
 ■ LREDDZ05  
 ■ LREDDZ1  
 ■ LREDDZ15

■ BIDOUILL  
 ■ λ = 0  
 ■ λ = 0.05  
 ■ λ = 0.1  
 ■ λ = 0.15

■ LRBIDOUILL  
 ■ LREDDZ0  
 ■ LREDDZ05  
 ■ LREDDZ1  
 ■ LREDDZ15