

Présentation et évaluation de la composante atmosphérique d'ARPEGE-CLIMAT pour CMIP6

I. Beau,

A. Alias, A. Ahmat-Younous, S. Belamari, J. Colin, B. Decharme, M. Déqué,
J.F Guérémy, P. Marquet, R. Roehrig, D. Saint Martin, A. Voldoire
(CNRM/GMGEC)

E. Bazile, Y. Bouteloup, F. Bouysse, J.M Piriou (CNRM/GMAP),
J. Leger (CNRM/GMME), D. Pollack (ENM) ...

Depuis CMIP5, un développement “sans couture” des paramétrisations physiques

Motivations :

- Besoin de paramétrisations physiques adaptées à une large gamme d'échelles spatiale/temporelle : Δx de 1.3 km (Arome) à 150 km (ARPEGE-Climat). Le « fossé » entre les échelles simulées en PNT et en Climat se comble (ex: Aladin-Climat 12 km, Arome-long 2.5 km).
- Besoin commun d'améliorer les paramétrisations physiques, les rendre plus proches des processus.

Pour cela:

- Rassembler l'expertise et coordonner les efforts des communautés de modélisateurs PNT et climat, des observateurs et des études de processus pour améliorer les paramétrisations (à l'échelle du CNRM et à l'échelle française : projet LEFE/DEPHY2)
- Développement d'une nouvelle physique atmosphérique au CNRM, commune à PNT et Climat, qui bénéficie de validations multi-échelles:

→ convergence sur choix des schémas de turbulence, longueur de mélange, microphysique, rayonnement, gravity-wave drag, surface

→ développement (coll. PNT/Climat) d'un schéma unifié de convection (profonde, peu profonde, thermiques secs) adapté aux échelles hydrostatiques (PCMT, cf exposés Piriou/Guérémy)

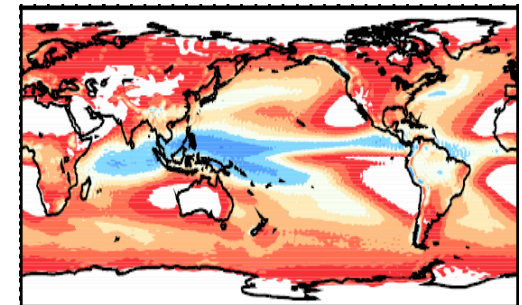
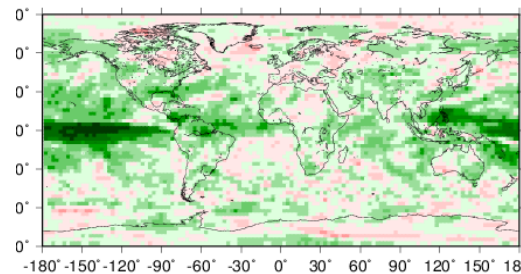
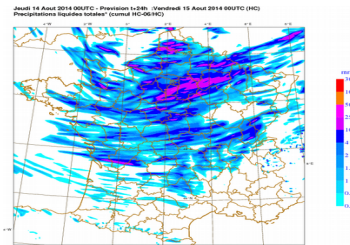
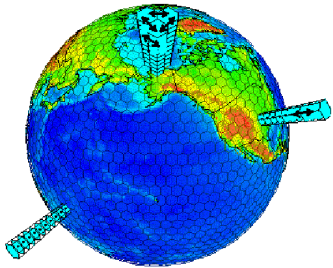
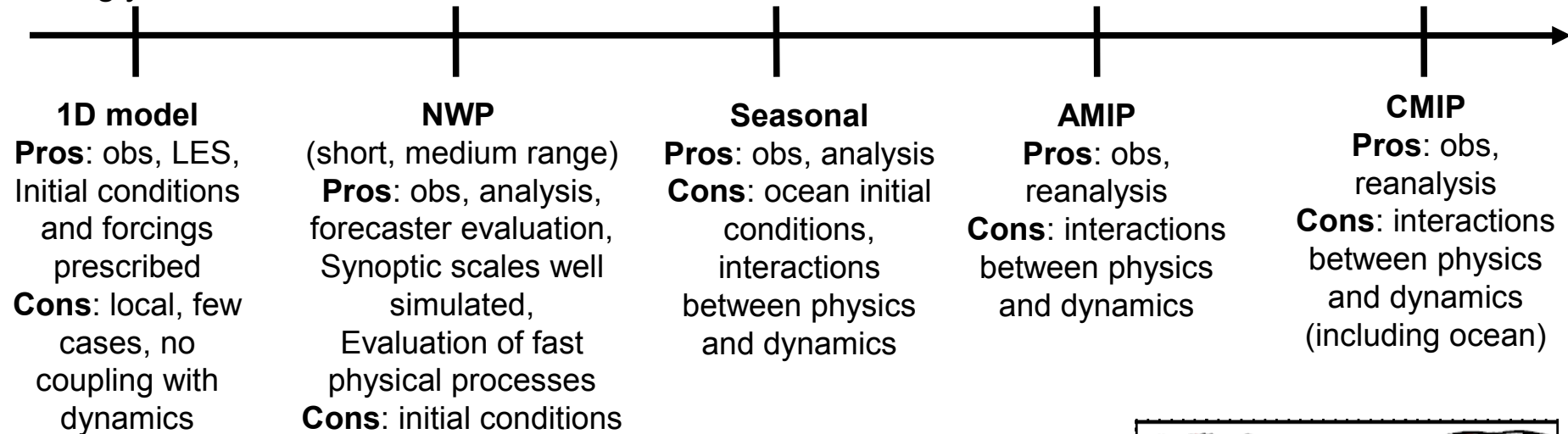
Impact: Améliore notre compréhension du système à toutes les échelles (et donc notre confiance en lui!)

Une méthodologie : Validation multi-environnements

A hierarchy of configurations used to characterize (and better understand) the development of model errors :

Strongly constrained

Weakly constrained



De CMIP5 à CMIP6: d'une physique diagnostique à une physique pronostique

	CMIP5 (31 niveaux verticaux)	CMIP6 (91 niveaux verticaux)
Turbulence	ECT diagnostique (Ricard and Royer (1993))	Equation pronostique de l'ECT (ordre 1.5/Cuxart et al. (2000))
Longueur de mélange	Profil quadratique de Lenderink et Holtslag (2004)	Non local, buoyancy based Bougeault and Lacarrère (1989)
Convection peu profonde	Pas de schéma spécifique; traité en partie via les PDF humides.	Prognostic Condensate Microphysics Transport (Piriou (2007), Guérémy (2011))
Nuages grande échelle	PDF Bougeault (1981)	PDF Bougeault (1981)
Microphysique	Diagnostique de Smith (1990)	Schéma pronostique de Lopez (2002) pour les parties résolue et convective, modifié Bouteloup et al. (2010)
Convection profonde	Bougeault (1985)	PCMT (Piriou, 2007; Guérémy, 2011)
Rayonnement	SW: FMR (6 bandes)/ LW: RRTM	SW: FMR (6 bandes/Fouquart 1980, Morcrette 2001) LW: RRTM (Mlawer, 97)

Des paramétrisations communes pour le climat (CMIP), la prévision saisonnière (COPERNICUS), la prévision d'ensemble (PEARP) et la PNT

Surface	SURFEX (Masson et al., 13): surface modelling platform
Radiation	RRTM (Mlawer, 97) + SW6 (Fouquart 80, Morcrette 01)
Subgrid orographic effects	Catry-Geleyn (2008)
Clouds	PDF based: PNT (Smith, 1990) / Climat (Bougeault, 1982)
Microphysics	Bulk scheme with 4 prognostic variables for hydrometeors (Lopez, 02 ; Bouteloup et al. 2010)
Turbulence	1.5 order scheme prognostic TKE (Cuxart et al., 2000)
Mixing length	Non local, buoyancy based (Bougeault-Lacarrère, 1989)
Deep/shallow convection + thermals	New prognostic scheme PCMT (5 variables) (Piriou et al., 2007) and (Gueremy, 2011)

- Commun entre CMIP6 et PNT (SURFEX: commun LAM, en phase de validation dans ARPEGE)
- Dans CMIP6, en phase de validation PNT
- Diffère entre CMIP6 et PNT

Un effort important de calibration du modèle forcé

→ Identification de paramètres pertinents pour la fermeture des bilans surface et TOA (Mauritsen et al., 2012; Hourdin et al., 2012):

- calibration de paramètres optiques
- calibration de paramètres de la microphysique (seuils et coefficients d'autoconversion, vitesses de chute)

Au fur et à mesure du développement du modèle et de l'introduction de nouvelles options, ces « manettes » ont été utilisées pour conserver une fermeture satisfaisante des bilans surface/TOA avec des valeurs correctes (i.e dans les fourchettes des observations) des flux.

Un modèle pour le climat : la stratosphère

Dans le modèle CNRM-CM6

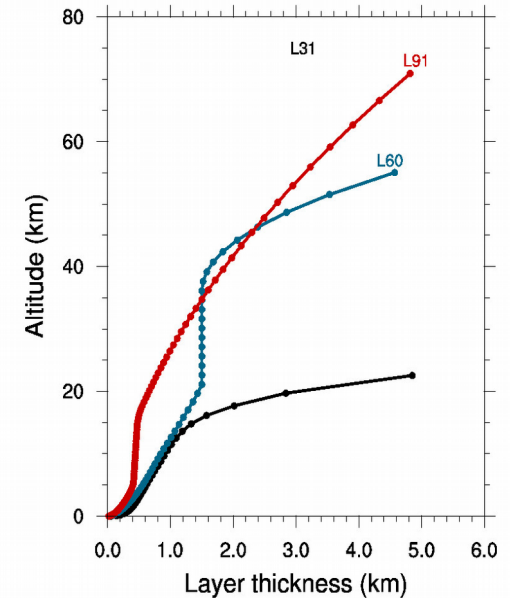
Nouvelle discrétisation verticale

Nouvelle paramétrisation des GW non orog. : stochastique (Lott et al. 2012), optionnellement liées aux sources convectives (Lott et al. 2013) et de frontogénèse (De La Camara et Lott, 2015).

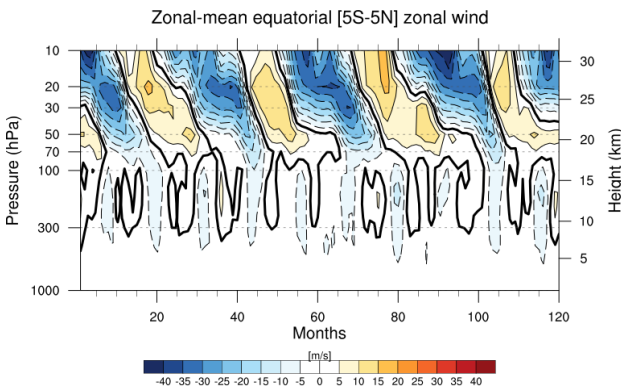
Résultats

Représentation réaliste de la QBO

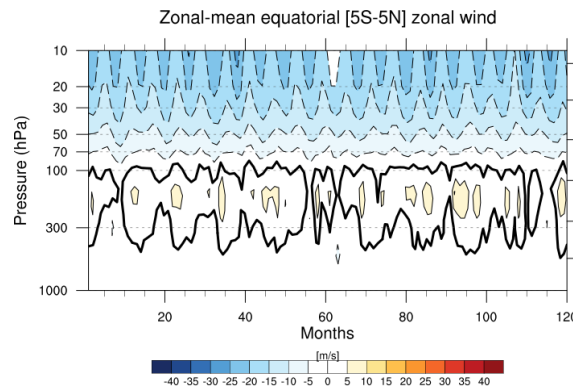
Jets atmosphère moyenne bien représentés



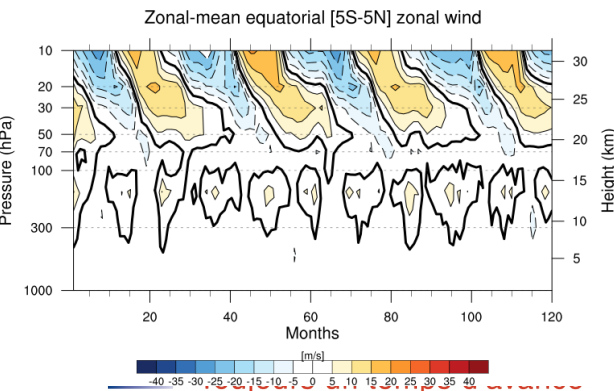
ERA-I



CMIP-5

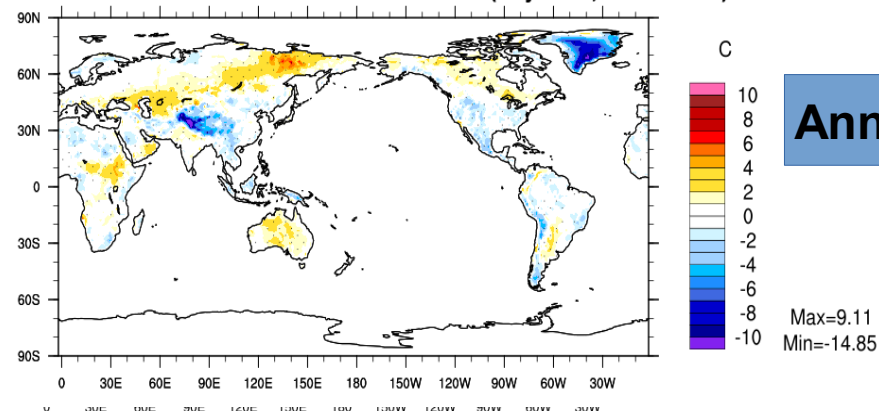


Pré-CMIP-6

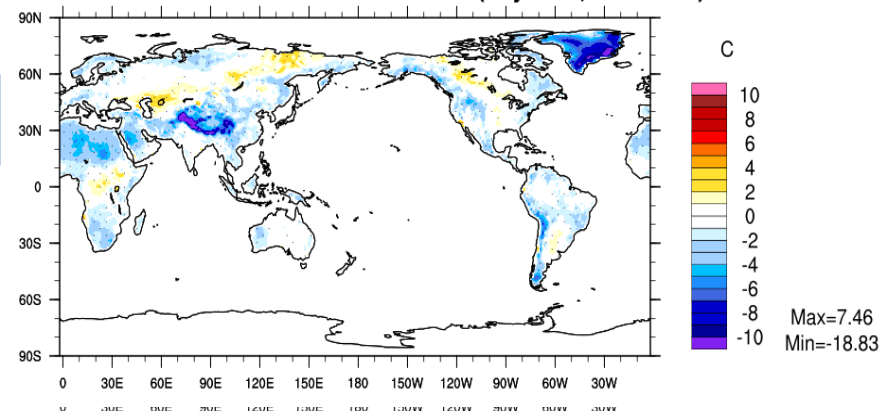


Biais de température à 2 m AMIP (vs CRU)

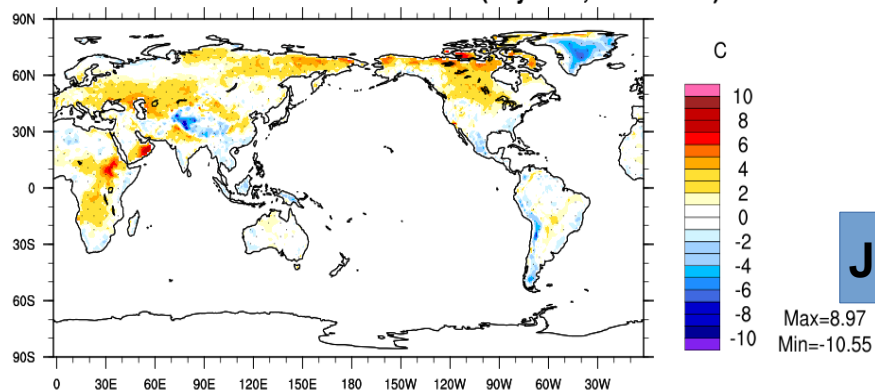
E622REFTB40 minus CRUTS3.21t127 tas ANN (Rxy=0.99, RMSE=2.04)



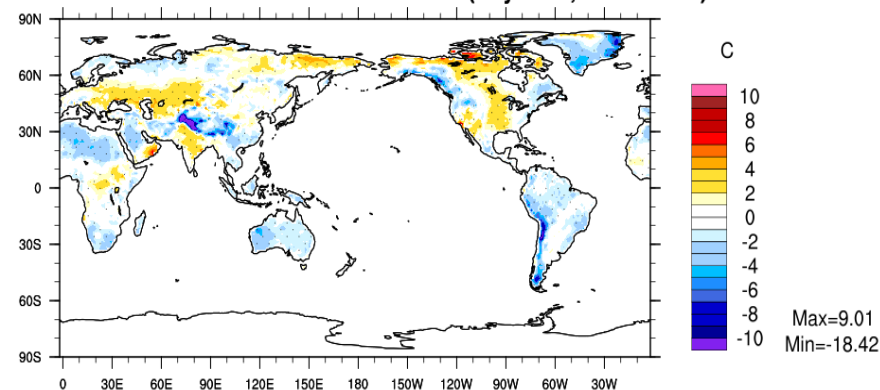
IPV6ALB2 minus CRUTS3.21t127 tas ANN (Rxy=0.99, RMSE=2.5)



E622REFTB40 minus CRUTS3.21t127 tas JJA (Rxy=0.98, RMSE=2.31)



IPV6ALB2 minus CRUTS3.21t127 tas JJA (Rxy=0.97, RMSE=2.31)



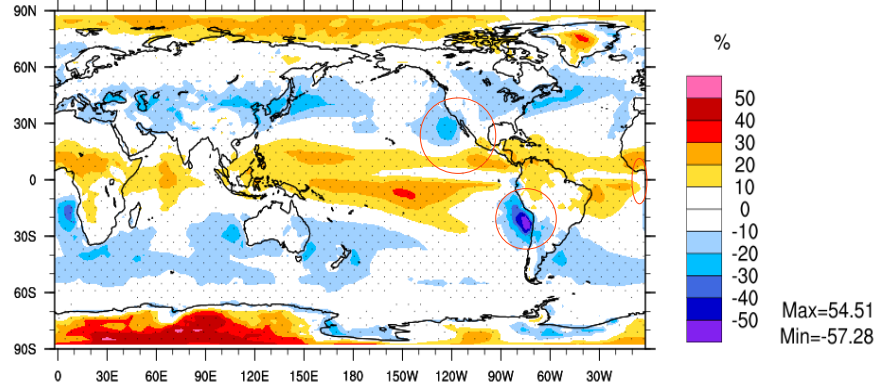
CMIP6

CMIP5

Nébulosité

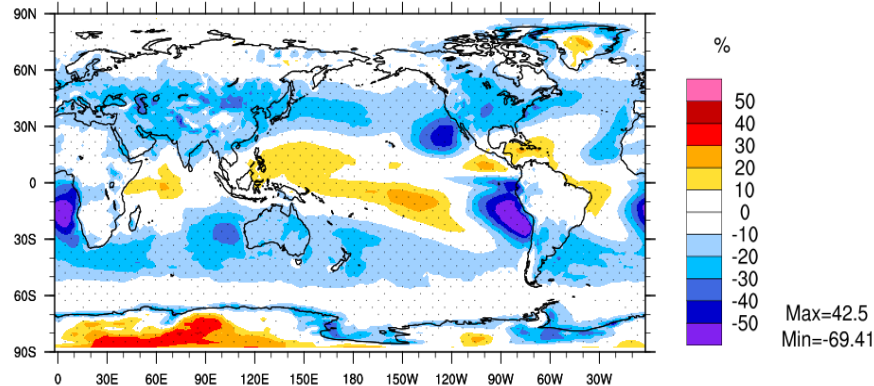
CMIP6

PRE622REFTB40 minus ISCCPd2 clt ANN ($R_{xy}=0.52$, $RMSE=14.34$)

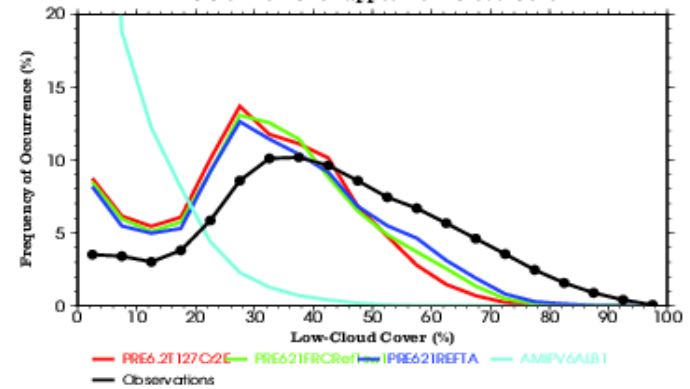


CMIP5

AMIPV6ALB2 minus ISCCPd2 clt ANN ($R_{xy}=0.62$, $RMSE=16.26$)

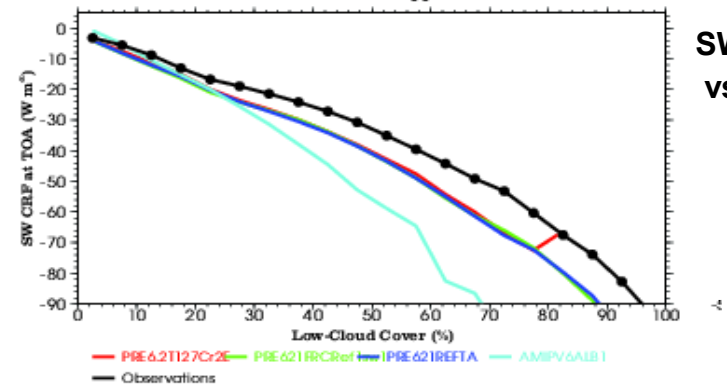


FOC of Non-Overlapped Low-Cloud Cover



PDF

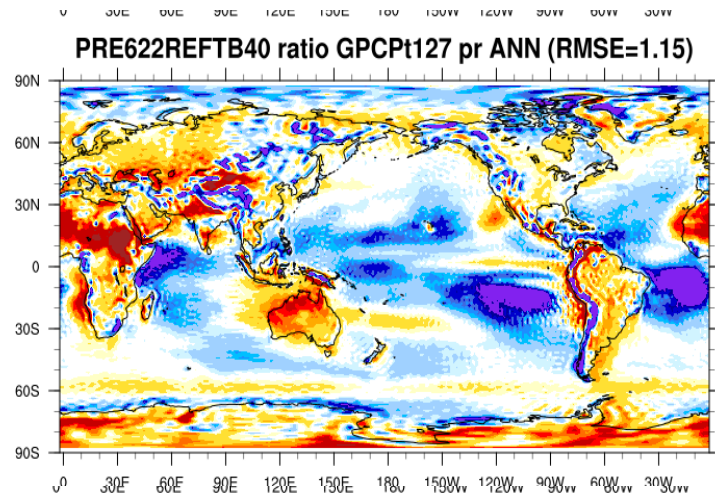
SW CRF at TOA vs Non-Overlapped Low-Cloud Cover



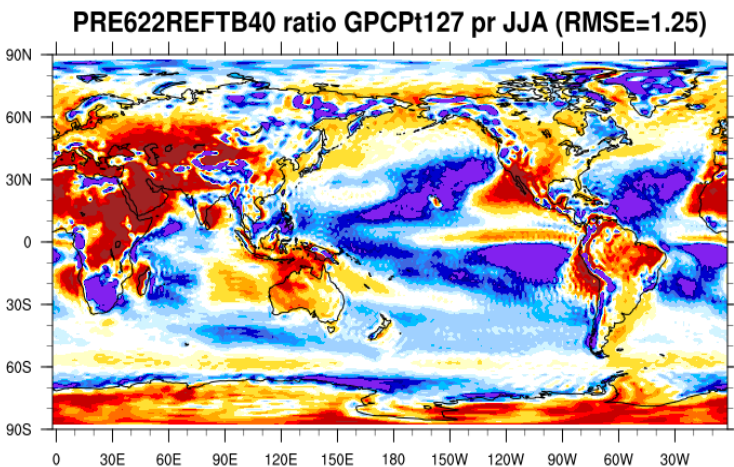
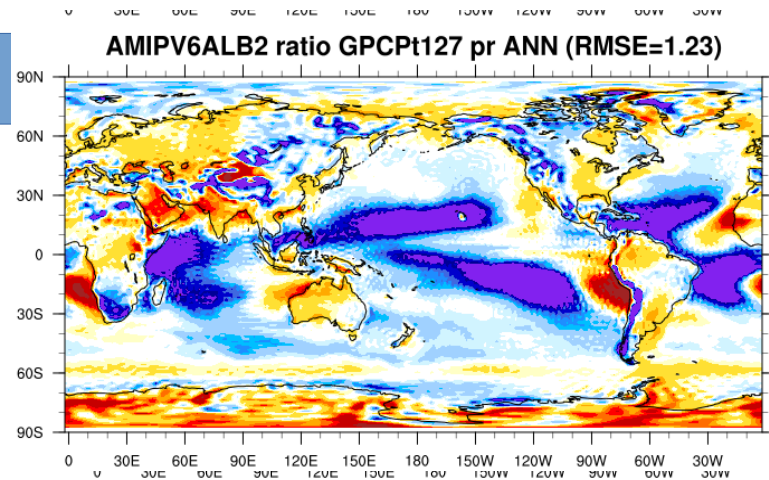
SW CRE
vs neb

Nuages bas tropicaux :
syndrome « too few, too bright »
(Nam et al., 2012) réduit

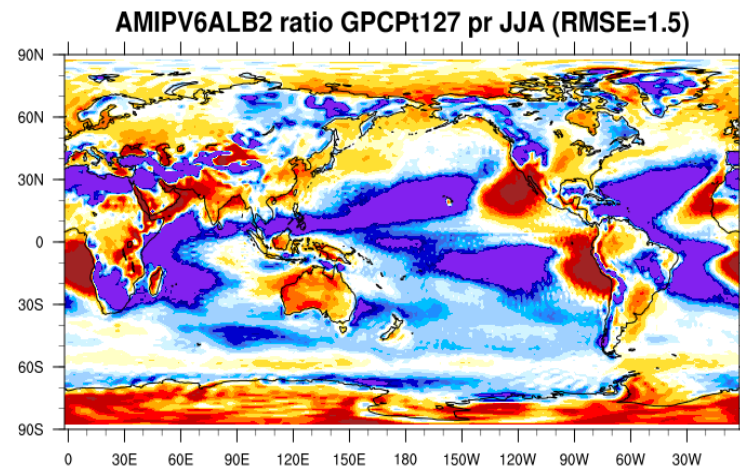
Biais de précipitation totale (vs GPCP)



Annuel



JJA



CMIP6

CMIP5

Perspectives

A court terme :

- haute résolution T359 (~50 km)
- actuellement, un modèle forcé équilibré et globalement « satisfaisant » en T127. Possibilités d'évolutions dans les six prochains mois selon tests en cours et capacité de maintien des équilibres par le travail déjà mené sur le tuning du modèle forcé.

A plus long terme, tests en mode climat:

Convection PCMT : downdrafts pronostiques et poches froides. Fermeture mixte convergence d'humidité/CAPE. Thèse en cours au CNRM sur l'équation de la vitesse verticale pour prendre en compte la pression et d'autres termes sources (cf exposé Julien Leger)

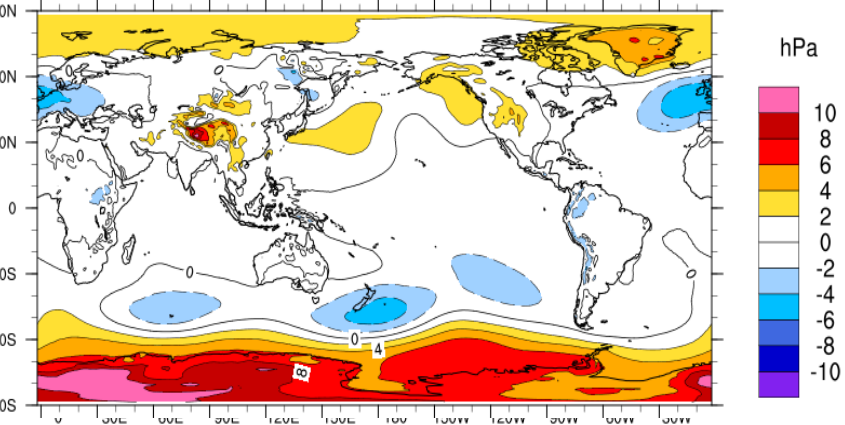
Rayonnement : tests de SRTM, code de rayonnement solaire du CEPMMT, avec et sans méthode McICA (Monte Carlo Independent Column Approximation) pour représenter les interactions nuages/rayonnement.

Turbulence CBR en cas stables : énergie totale turbulente (Zilitikevich et al., 2007) comme variable pronostique supplémentaire (cf exposé E. Bazile) ; thèse Q. Rodier (expression physique des longueurs de mélange dans des cas $\pm$ stables).

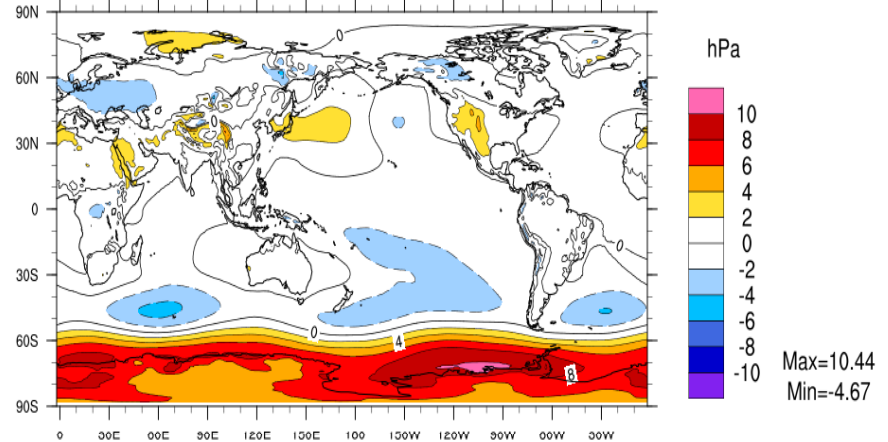
Stratosphère : prise en compte des sources convectives pour la génération des ondes de gravité non orographiques.

Biais de pression mer (vs ERAI)

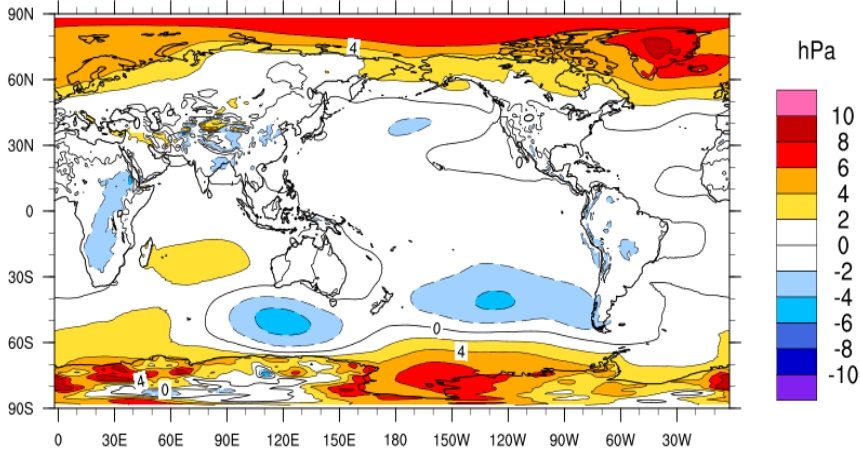
PRE622REFTB40 minus ERAI psl DJF ($R_{xy}=0.96$, $RMSE=3.28$)



AMIPV6ALB2 minus ERAI psl DJF ($R_{xy}=0.97$, $RMSE=3.05$)

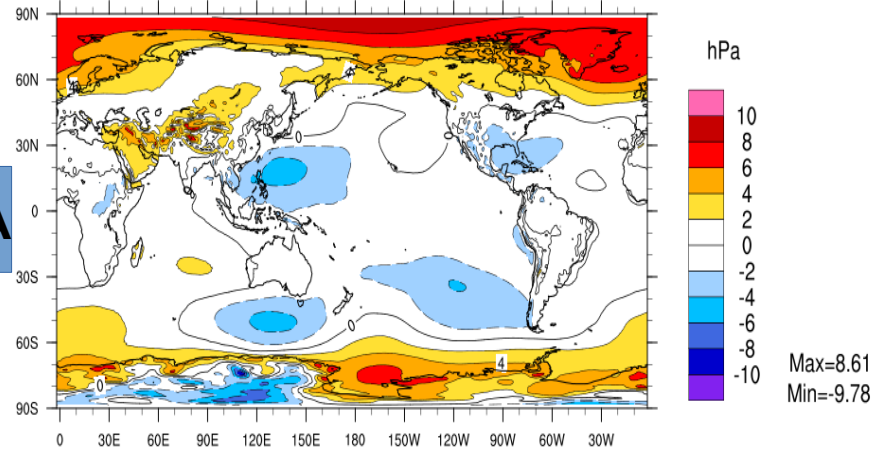


PRE622REFTB40 minus ERAI psl JJA ($R_{xy}=0.96$, $RMSE=2.95$)



CMIP6

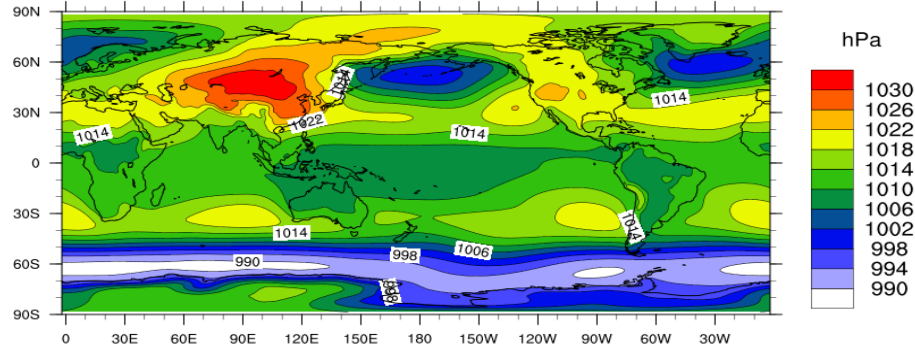
AMIPV6ALB2 minus ERAI psl JJA ($R_{xy}=0.95$, $RMSE=3.1$)



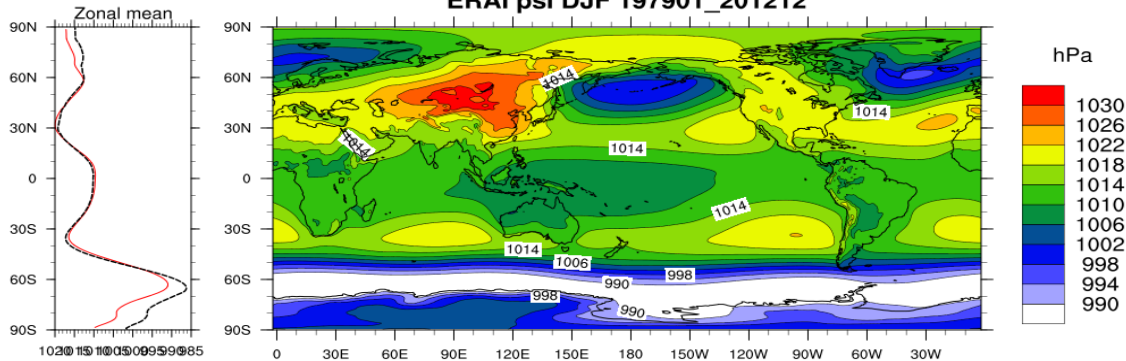
CMIP5

PMER DJF

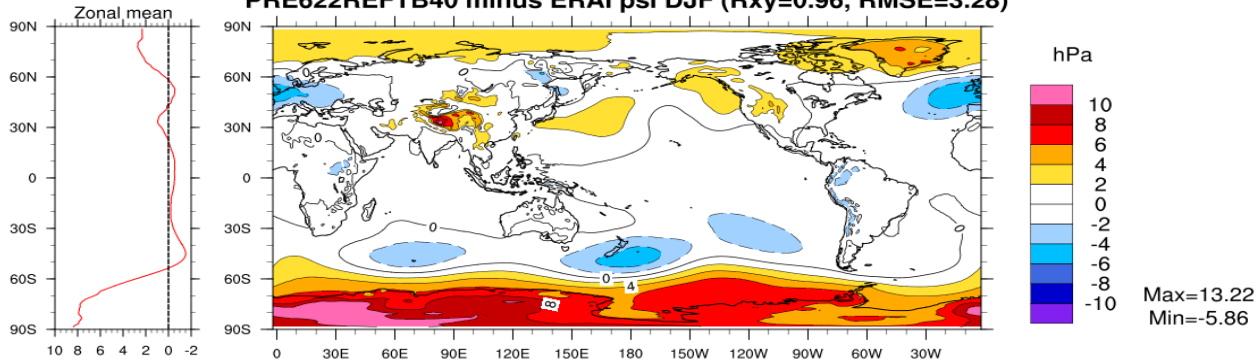
PRE622REFTB40 psl DJF 197901_200812



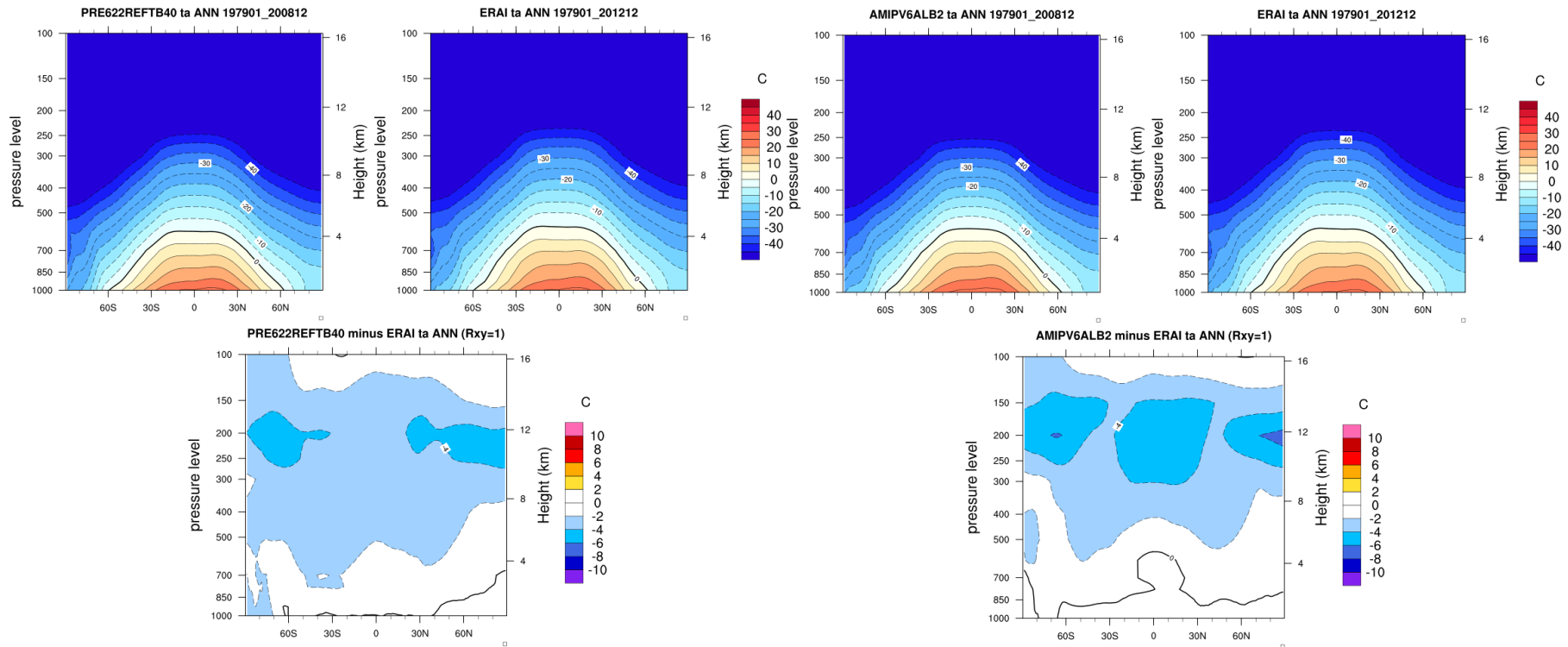
ERA1 psl DJF 197901_201212



PRE622REFTB40 minus ERA1 psl DJF ($R_{xy}=0.96$, $RMSE=3.28$)



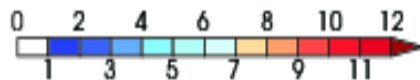
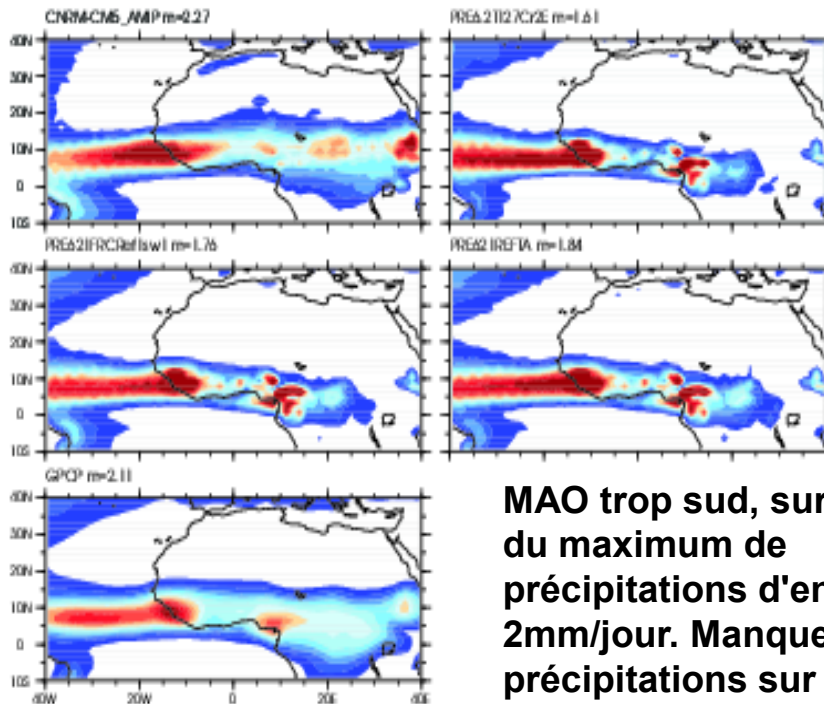
Température en moyenne zonale



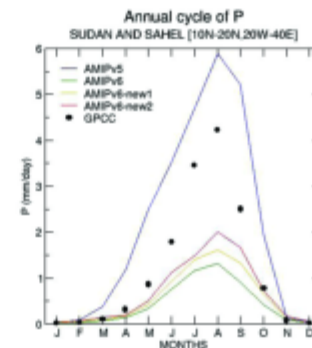
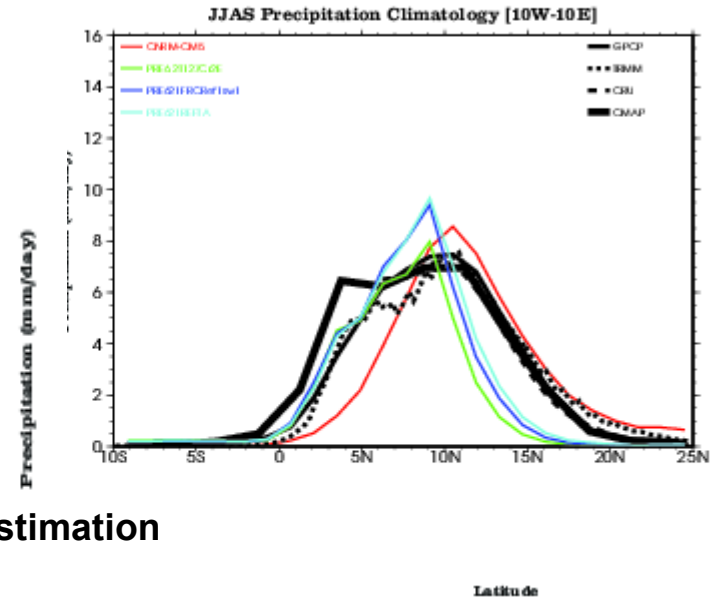
CMIP6

CMIP5

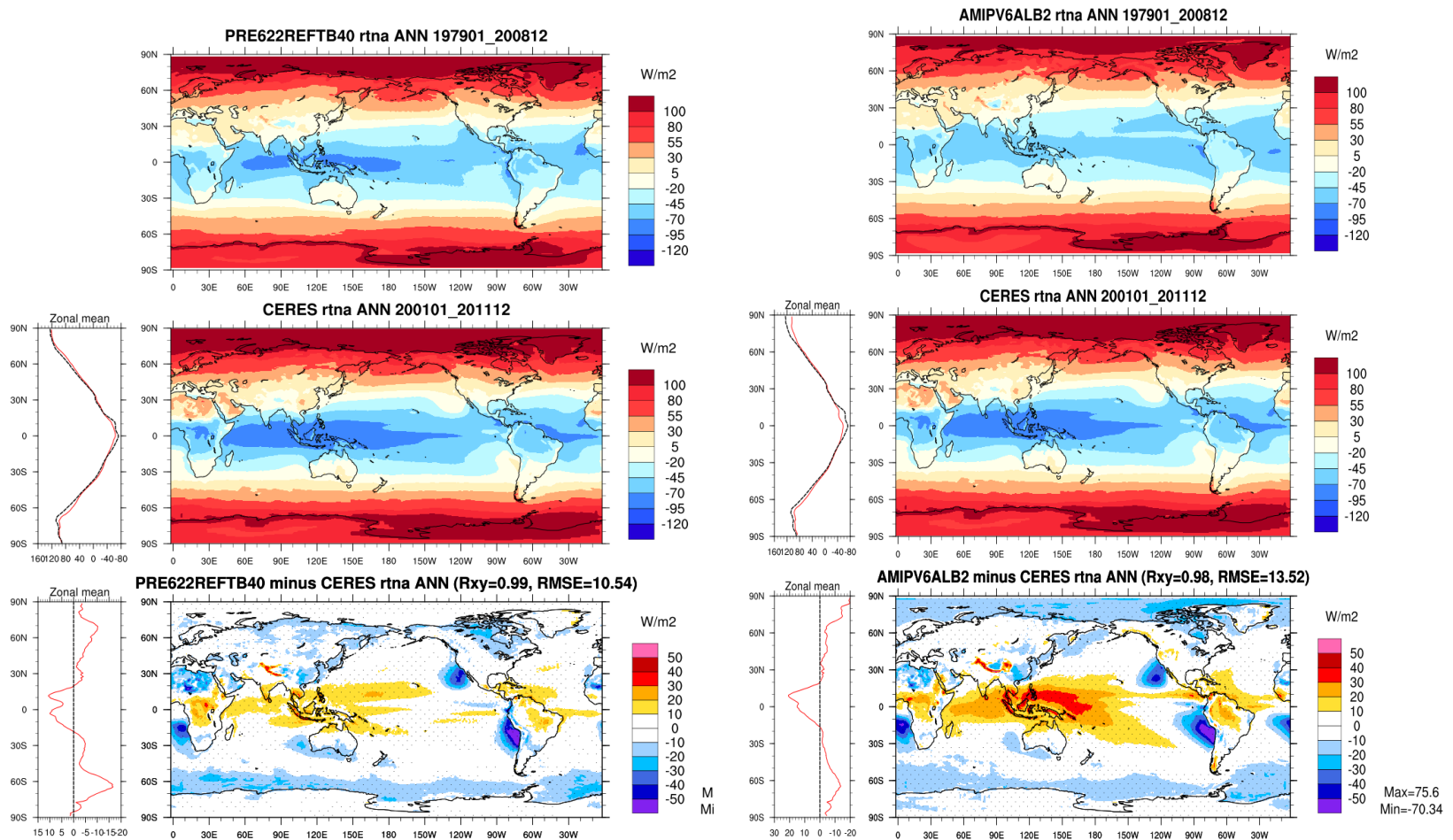
Mousson Afrique de l'Ouest (travaux R.Roehrig)



**MAO trop sud, surestimation
du maximum de
précipitations d'environ
2mm/jour. Manque de
précipitations sur Sahel-Est.**

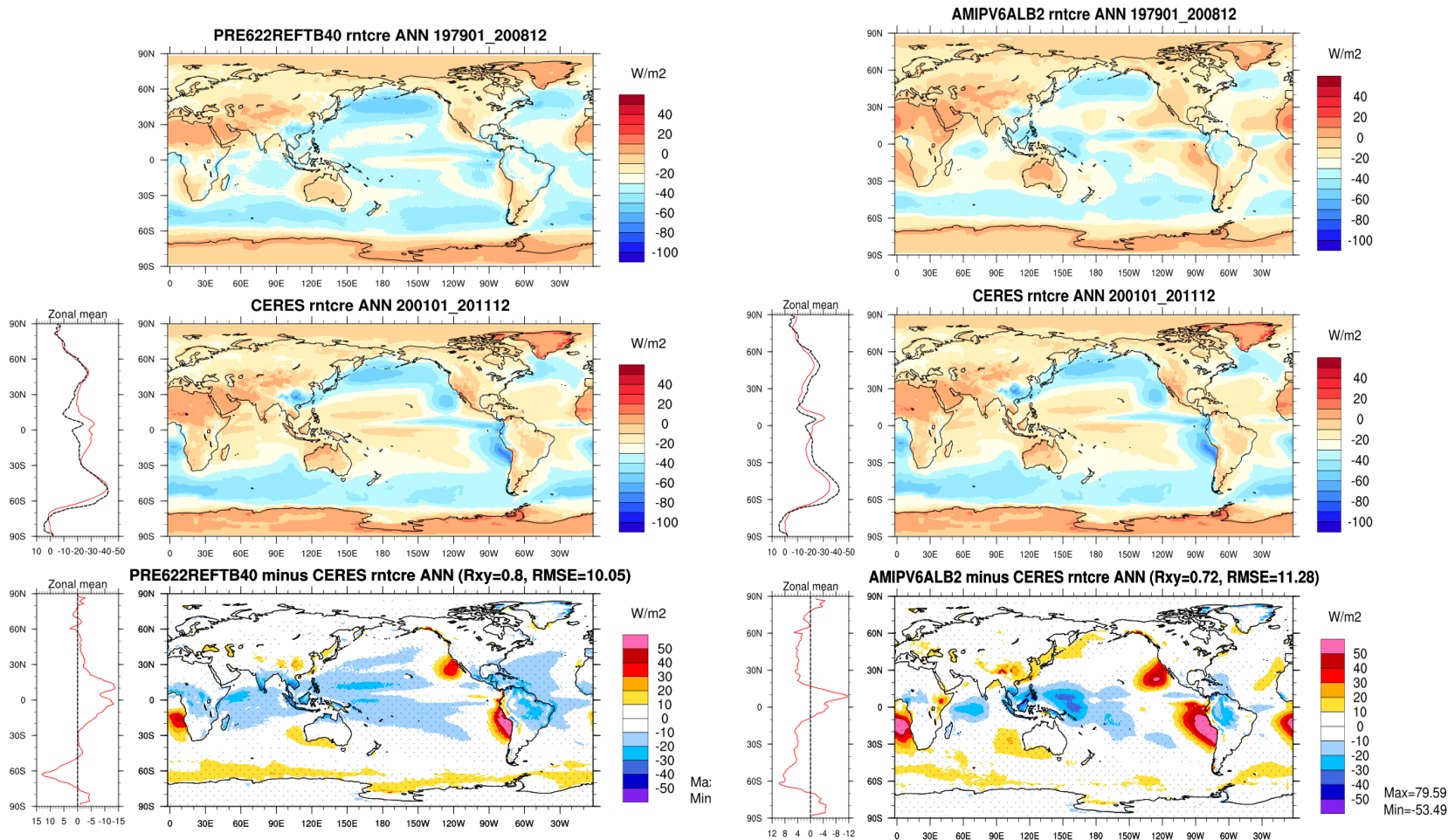


Nuages et rayonnement



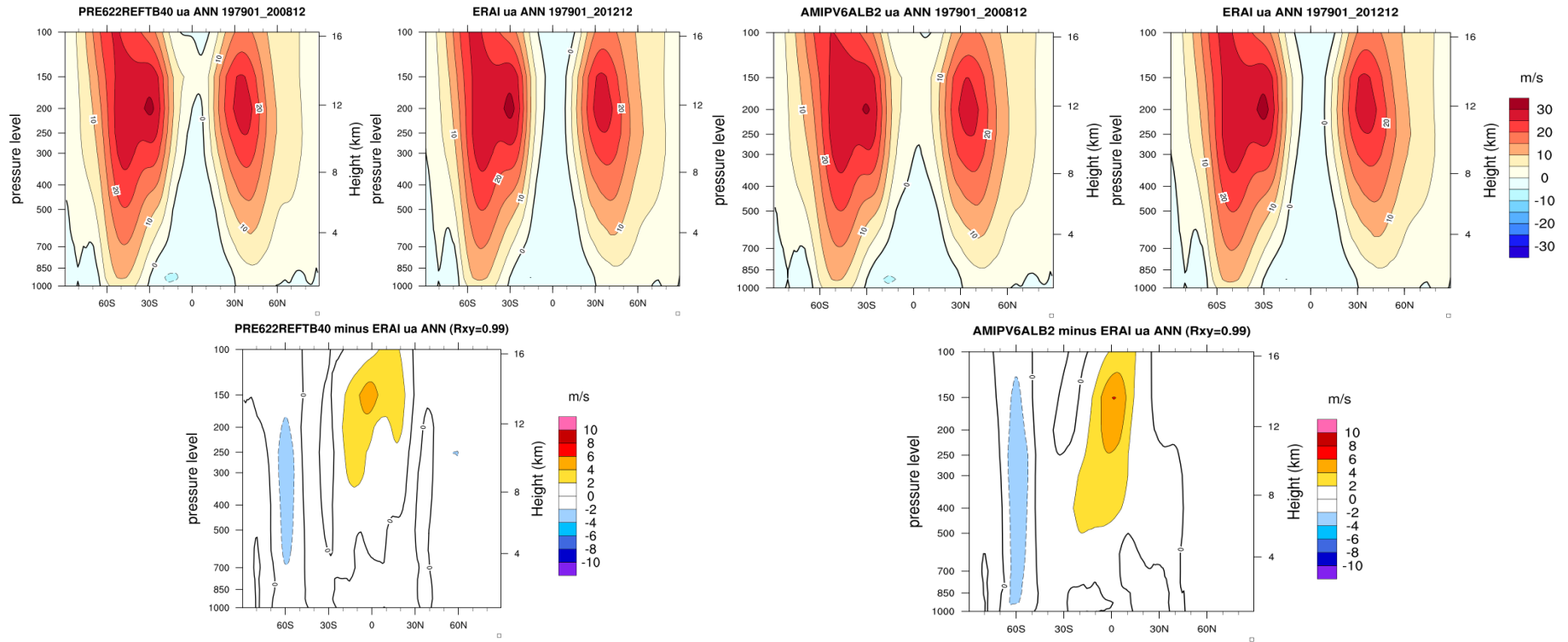
Rayonnement net TOA

Nuages et rayonnement



CRE net TOA

Vents zonaux



Humidité spécifique

