



Impact d'une prise en compte de la variabilité sous-maille des flux de surface océaniques sur la réponse de simulations à grande échelle; du 1D au 3D à différentes résolutions.

Jean-François Guérémy (CNRM)

Marie-Dominique Leroux (DIROI), Vishnu Sasidharan (DCSC)

jean-francois.gueremy@meteo.fr

Plan

- **1.) Variabilité sous-maille des flux de surface océaniques**
 - Contexte, formulations
- **2.) Impact en simulation 1D**
- **3.) Impact en simulation globale (dx=55km) climat**
- **4.) Impact en simulation régionale (dx=12 et 20km) climat**

1.) Flux de surface océaniques: Contexte, formulations

Contexte:

Le flux de surface océanique latent est un «carburant» essentiel de la convection atmosphérique; cela est particulièrement marqué pour des schémas convectifs fermés en CAPE, comme PCMT, plutôt que pour des schémas fermés en convergence d'humidité.

Pour une maille de modèle grande échelle (> 10 km), la variabilité sous-maille des flux en situation convective n'est pas négligeable, et il devient nécessaire de la paramétrer. Une telle formulation a été introduite dans le code ARPEGE dans le cadre de la paramétrisation de Louis (1979), utilisé dans CNRM-CM6 (en Prévî Sais).

Formulations:

Le flux de surface s'écrit: $F_{\psi} = \rho C_{d/h} \|\vec{v}_N\| (\psi_N - \psi_s)$ avec ψ le vent (u,v), l'humidité spécifique ou l'énergie statique sèche, N (resp s) étant l'indice pour le niveau atmosphérique le plus près du sol (resp le sol); le coefficient sans dimension $C_{d/h}$ étant différent pour la dynamique (d) et la thermodynamique (h).

$C_{d/h} = f_{d/h}(Ri).Cn_{d/h}(z_0)$, $f_{d/h}$ une fonction de Ri le nombre de Richardson (cf diapo suivante), $Cn_{d/h}$ le coefficient neutre dépendant de la longueur de rugosité z_0 ($z_{0h} = z_{0d}$ sur océan). Afin d'augmenter $C_{d/h}$ pour rendre compte de la variabilité sous-maille des flux (VsmF), un terme additionnel en z_0 est envisagé.

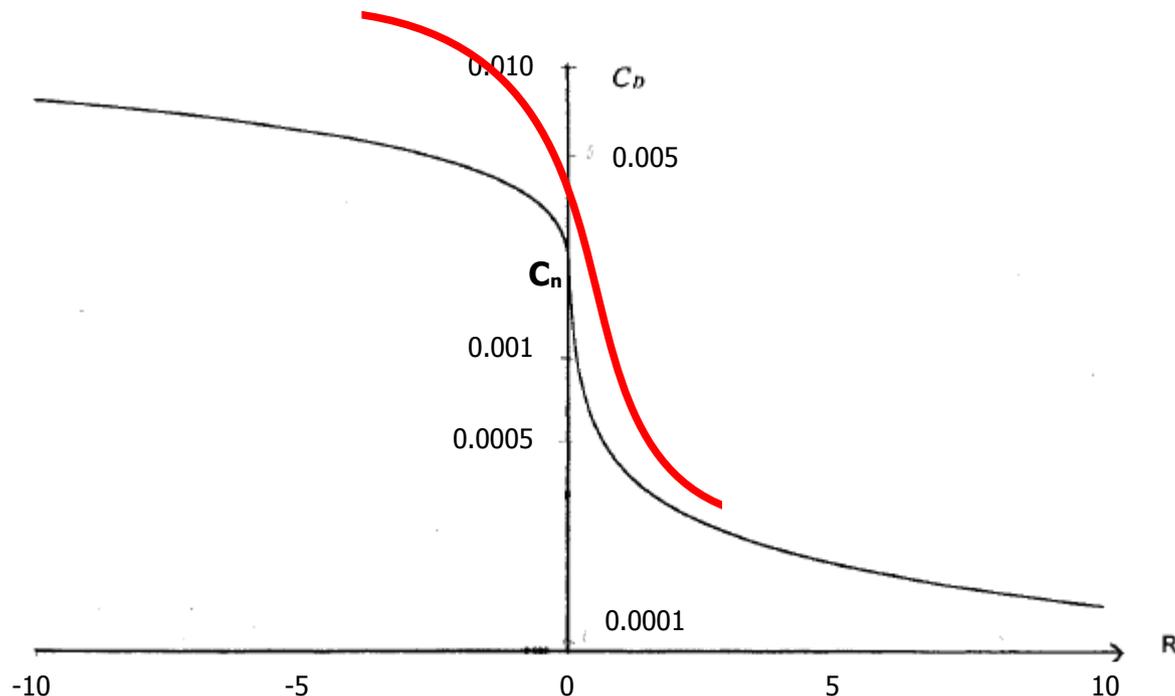
1.) Flux de surface océaniques: Contexte, formulations

Formulations:

$z_0 = C_K \frac{F_u}{\rho g} + z_{0c} \frac{C_d}{C_n}$, le premier terme est le terme de Charnock proportionnel à la tension de vent (celle du pas de temps précédent) et le second le terme additionnel proportionnel à l'instabilité de surface présente, quantifiée par le rapport du coefficient d'échange effectif par sa valeur en condition neutre (rapport calculé au pas de temps précédent); le paramètre z_{0c} reste à déterminer.

Coefficient d'échange dynamique $C_d = f_{d/h}(Ri) \cdot C_{n_{d/h}}(z_0)$, pour $z_0 = 1.8 \cdot 10^{-3}$ m

C_d avec V_{smF} , tracé approché



2.) Impact en simulation 1D BOMEX (Siebesma and Cuijpers, 1995)

Cas de convection peu profonde peu précipitante sur l'Atlantique Ouest tropical avec observations locales et de grande échelle (bilan d'énergie et eau pour calcul impact convection sur une maille et flux de surface) et simulations LES (Siebesma et al., 2003).

La simulation 1D, démarrant des profils en bas à gauche devient stationnaire après 20h, avec 20% de nébulosité (comme la LES).

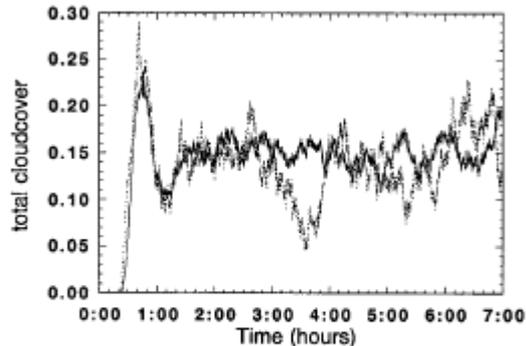
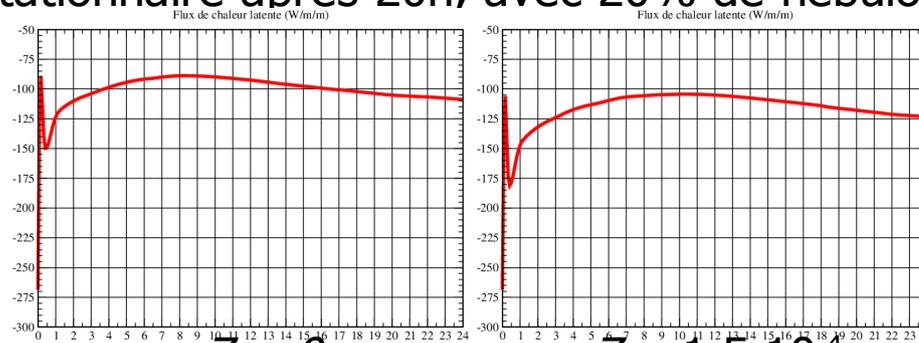
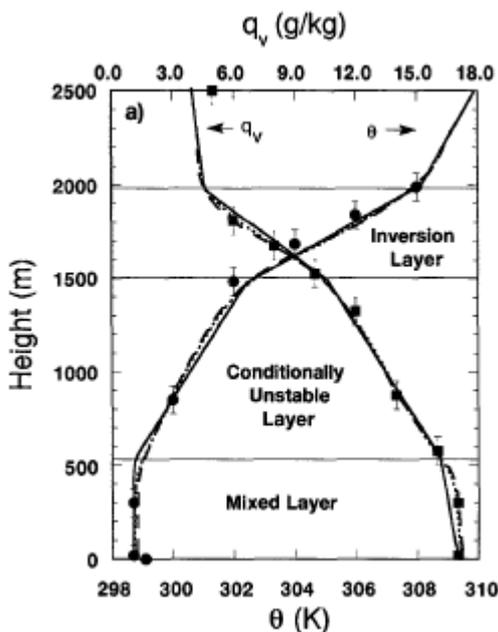


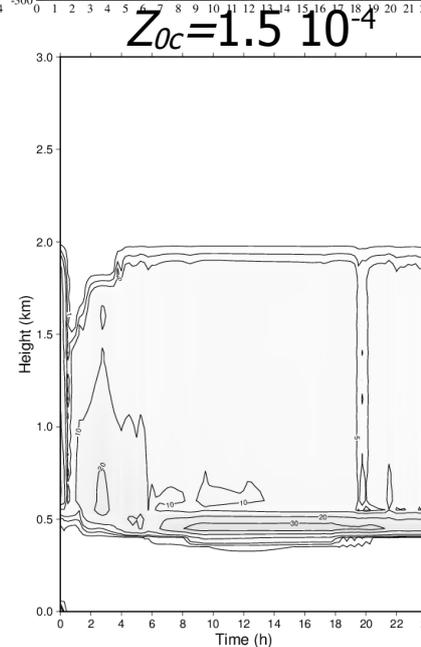
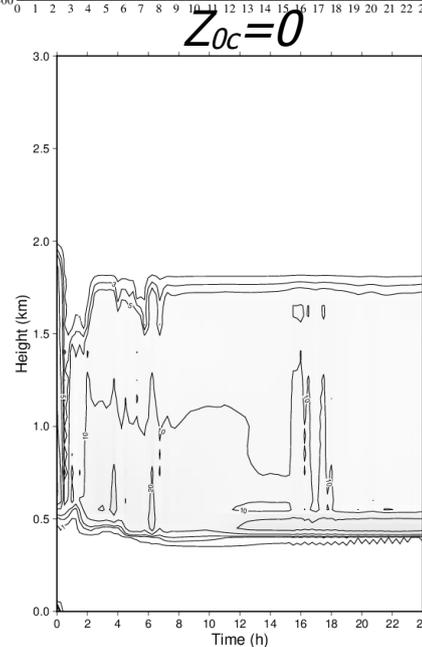
FIG. 5. Total cloud cover as a function of time for a $2.5 \times 2.5 \text{ km}^2$ domain (broken line) and $5 \times 5 \text{ km}^2$ domain (full line). Note the reduction of the fluctuations in the larger domain due to a larger cloud ensemble.



Sans V_{smF} , le flux de chaleur latente (LE) se limite à 105 W/m^2 et le haut du nuage est trop bas à 1750 m .



nuage

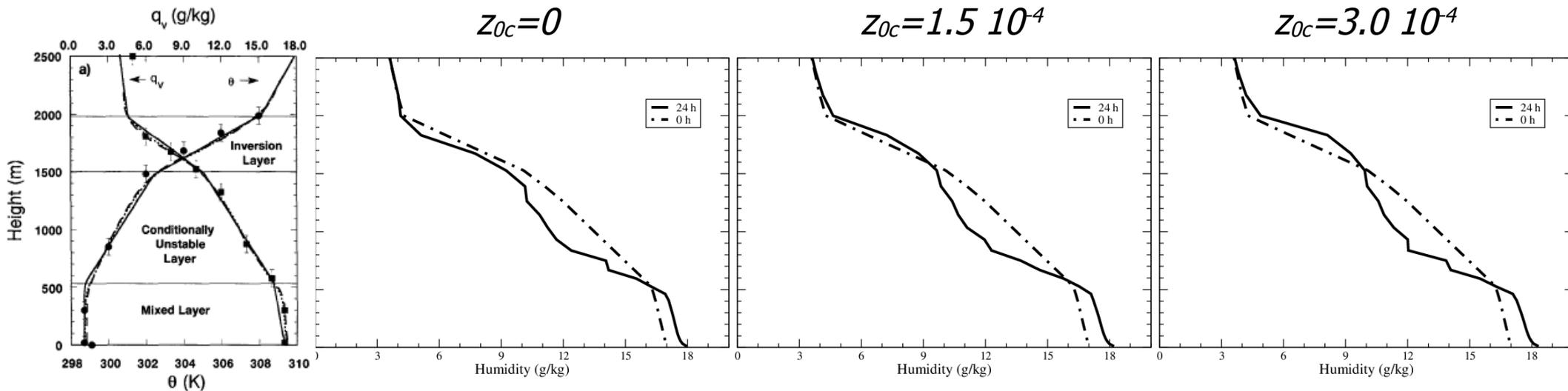


Avec $z_{oc} = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$, LE atteint 125 W/m^2 (20% de plus) plus proche de la référence à 150 W/m^2 ($\pm 15\%$). Le haut du nuage est conforme à la référence à 2000 m

2.) Impact en simulation 1D BOMEX (Siebesma and Cuijpers, 1995)

La simulation avec $z_{oc}=1.5 \cdot 10^{-4}$ m présente le meilleur compromis entre celles avec une valeur nulle et une valeur double. Notamment en matière de profil d'équilibre (à 24 h) de q_v au dessus de 1300 m, celui-ci est très proche du profil initial (invariant pour une simulation parfaitement équilibrée), alors qu'il est trop sec avec $z_{oc}=0$ et trop humide avec $z_{oc}=3. \cdot 10^{-4}$.

Le terme de Charnock du z_0 est de l'ordre de $0.75 \cdot 10^{-4}$ m (vent de 7 ms^{-1} , $Ri=-10^{-2}$), le terme de VsmF valant environ le double, pour avoir un flux augmenté de 20%.



3.) Impact en simulation globale climat

Simulations 1 an couplée (TI359(55km)I91+NEMO1°I75); CI atm ERAI 01/1979, oc Clim

Comme attendu, plus z_{oc} diminue, plus la **précipitation** diminue en liaison avec une diminution de l'activité convective qui induit également une décroissance du **rayonnement thermique en surface** (par la réduction du contenu en eau de la partie haute de la troposphère).

$z_{oc}=1.5 \cdot 10^4$

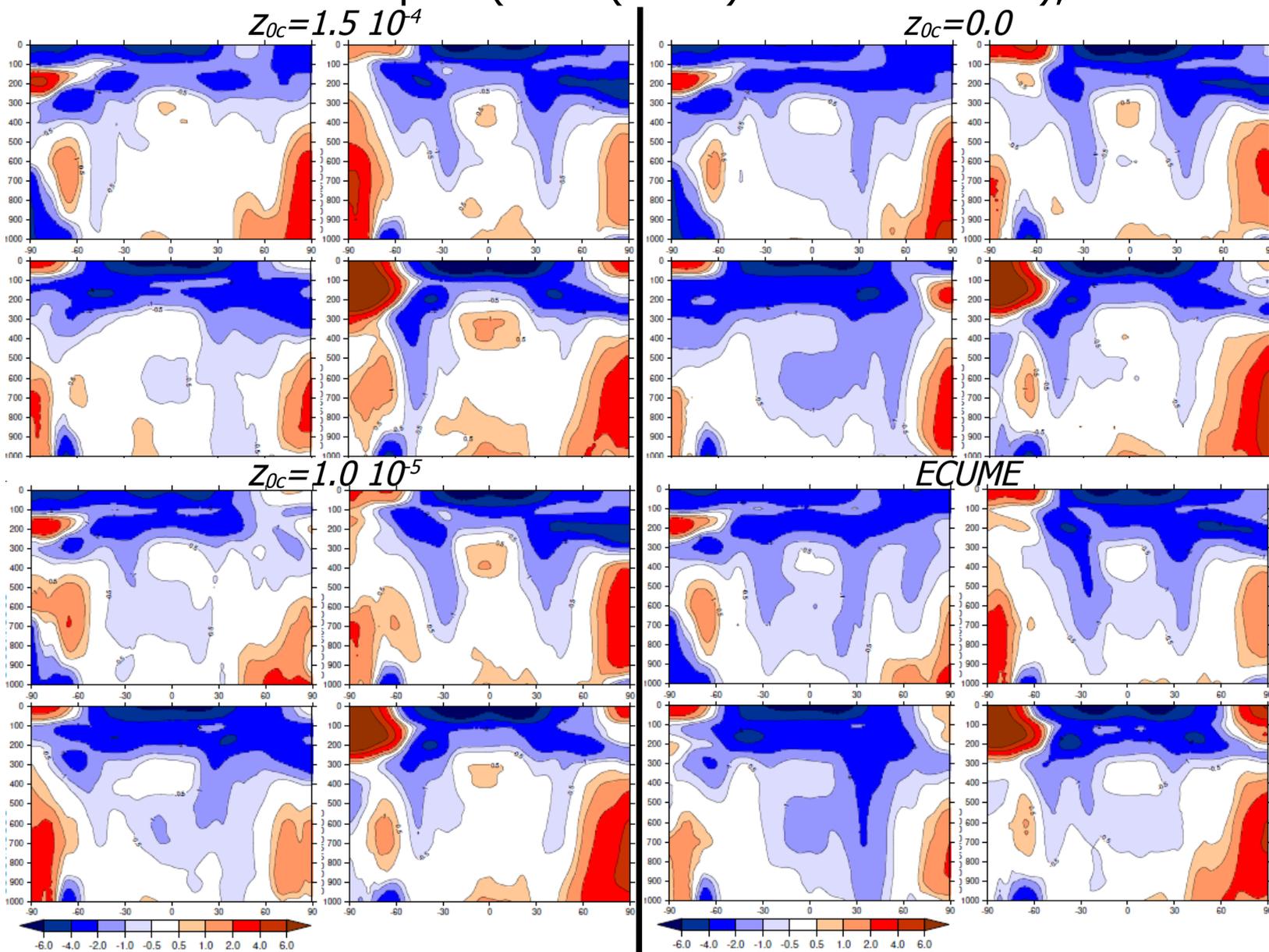
Moyennes globales annuelles
 $z_{oc}=1.0 \cdot 10^5$ $z_{oc}=0.0$

ECUME

Annuel			Annuel			Annuel			Annuel		
variable	mod	obs									
Température 2m	14.26	14.64	Température 2m	14.28	14.64	Température 2m	14.13	14.64	Température 2m	14.00	14.64
Précipitations	3.18	2.68	Précipitations	3.09	2.68	Précipitations	3.08	2.68	Précipitations	3.06	2.68
Pression mer	1011.32	1011.33	Pression mer	1011.28	1011.33	Pression mer	1011.26	1011.33	Pression mer	1011.22	1011.33
Eau précipitable	25.90	17.22	Eau précipitable	25.46	17.22	Eau précipitable	25.28	17.22	Eau précipitable	24.98	17.22
Rayt solaire sommet	235.49	240.90	Rayt solaire sommet	236.34	240.90	Rayt solaire sommet	236.84	240.90	Rayt solaire sommet	236.66	240.90
Rayt thermique sommet	-236.08	-235.32	Rayt thermique sommet	-235.67	-235.32	Rayt thermique sommet	-235.78	-235.32	Rayt thermique sommet	-236.15	-235.32
CRF solaire sommet	-50.89	-47.04	CRF solaire sommet	-50.17	-47.04	CRF solaire sommet	-49.55	-47.04	CRF solaire sommet	-49.50	-47.04
CRF thermique sommet	25.72	29.48	CRF thermique sommet	26.34	29.48	CRF thermique sommet	26.04	29.48	CRF thermique sommet	25.48	29.48
Chaleur latente	-92.48		Chaleur latente	-89.84		Chaleur latente	-89.45		Chaleur latente	-88.65	
Chaleur sensible	-18.94		Chaleur sensible	-18.97		Chaleur sensible	-18.92		Chaleur sensible	-20.26	
Évaporation	-3.19		Évaporation	-3.10		Évaporation	-3.09		Évaporation	-3.06	
Rayt solaire surface	160.69	166.62	Rayt solaire surface	161.92	166.62	Rayt solaire surface	162.59	166.62	Rayt solaire surface	162.48	166.62
Rayt thermique surface	-49.06	-49.53	Rayt thermique surface	-51.50	-49.53	Rayt thermique surface	-52.12	-49.53	Rayt thermique surface	-51.87	-49.53
Rayt solaire surface ↓	186.72	189.87	Rayt solaire surface ↓	187.73	189.87	Rayt solaire surface ↓	188.58	189.87	Rayt solaire surface ↓	188.72	189.87
Rayt thermique surface ↓	348.99	344.07	Rayt thermique surface ↓	347.57	344.07	Rayt thermique surface ↓	346.56	344.07	Rayt thermique surface ↓	345.41	344.07
Nébulosité totale	73.85	66.44	Nébulosité totale	73.23	66.44	Nébulosité totale	72.76	66.44	Nébulosité totale	72.51	66.44
Nébulosité haute	49.83	13.01	Nébulosité haute	50.11	13.01	Nébulosité haute	49.84	13.01	Nébulosité haute	49.11	13.01
Nébulosité moyenne	25.98	20.30	Nébulosité moyenne	26.13	20.30	Nébulosité moyenne	26.18	20.30	Nébulosité moyenne	26.15	20.30
Nébulosité basse	46.83	27.68	Nébulosité basse	44.87	27.68	Nébulosité basse	44.31	27.68	Nébulosité basse	44.86	27.68
Bilan surface	0.21		Bilan surface	1.61		Bilan surface	2.10		Bilan surface	1.70	

3.) Impact en simulation globale climat

Simulations 1 an couplée (TI359(55km)|91+NEMO1°|75); CI atm ERA5 01/1979, oc Clim



La diminution de l'intensité convective avec z_{oc} induit un moindre chauffage de la haute troposphère se traduisant par des biais de température devenant de plus en plus négatifs.

Erreur systématique; température (degré C); coupes zonales DJF et MAM (gauche), JJA et SON (droite).

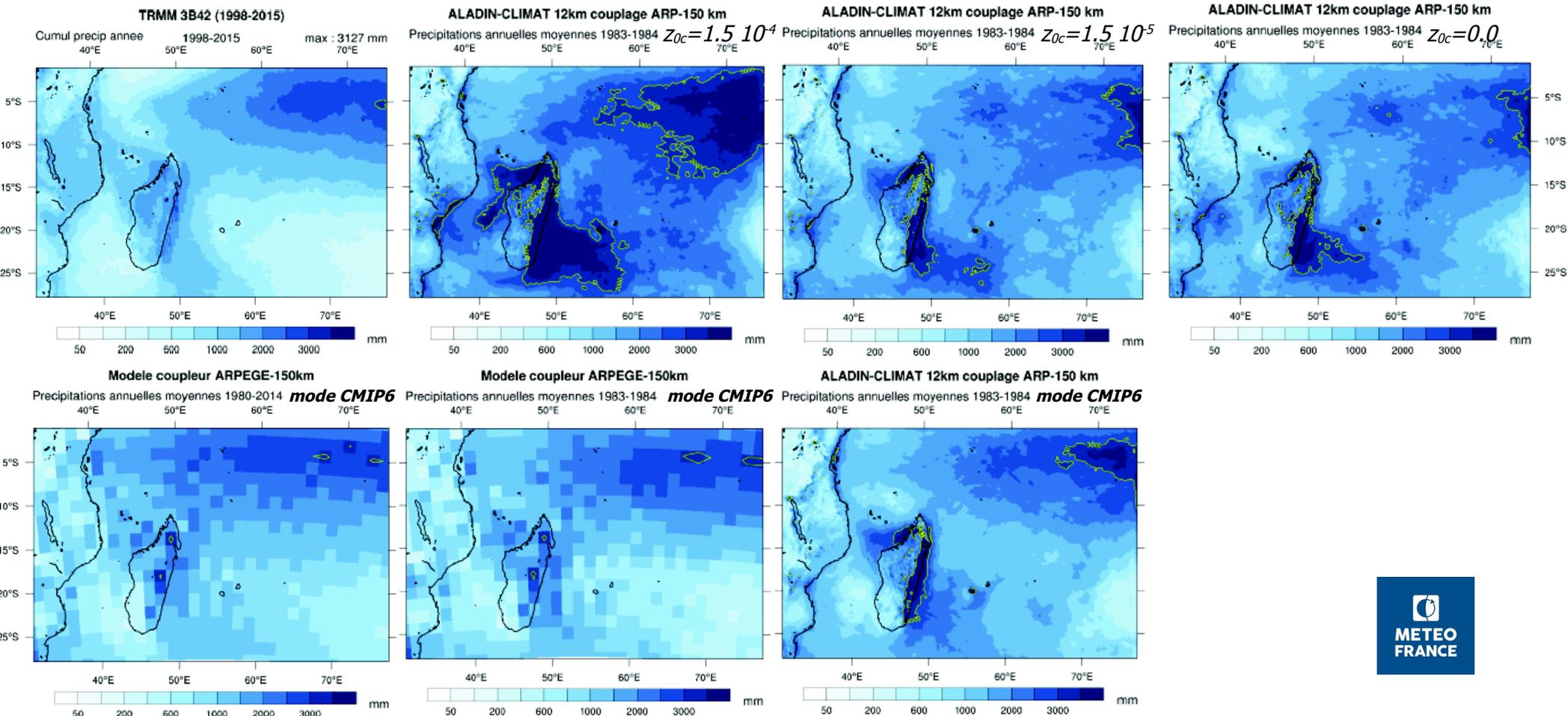
Erreur systématique; température (degré C); coupes zonales DJF et MAM (gauche), JJA et SON (droite).



4.) Impact en simulation régionale climat

Simulations 2 ans ALADIN (12.5km) I91 (1983-1984, ans humides RE), CL CNRM-ESM2

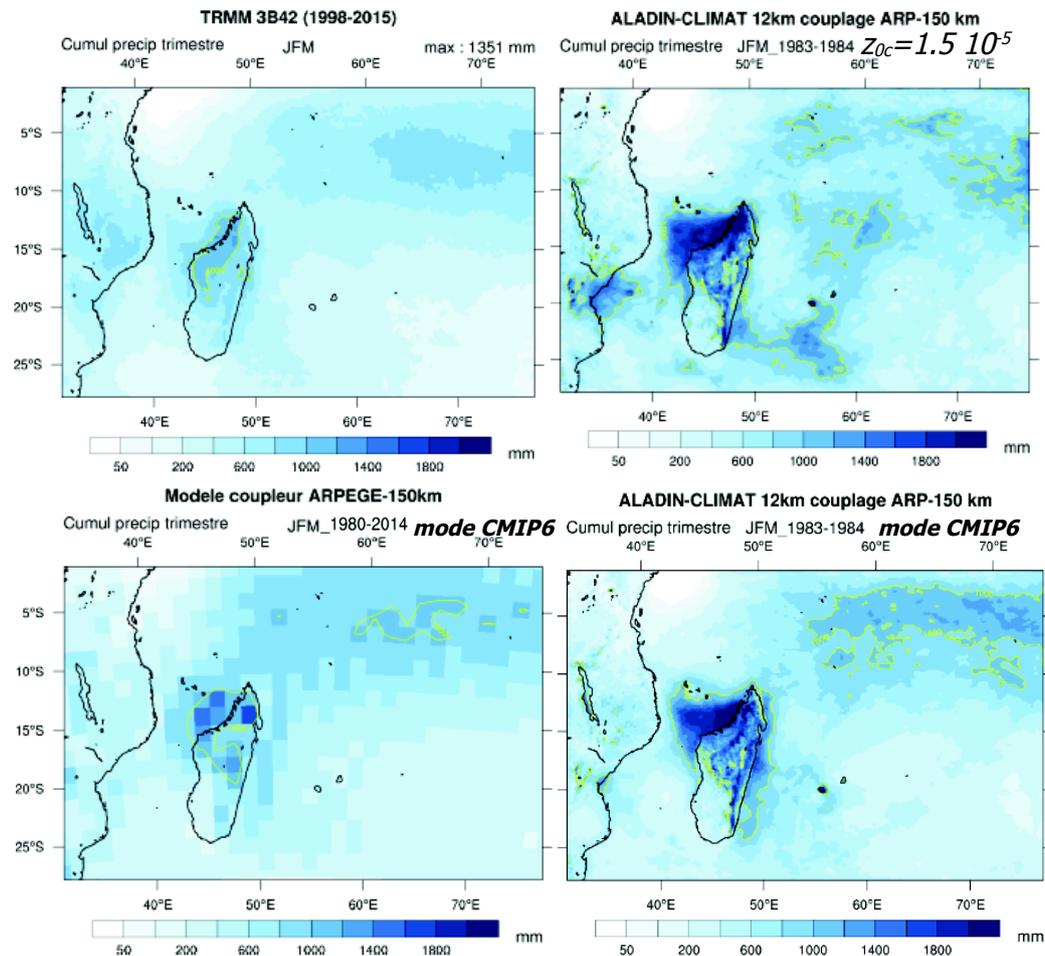
Comme attendu, la valeur $z_{0c}=1.5 \cdot 10^{-4}$ utilisée à $dx=55\text{km}$ est trop grande à $dx=12.5\text{km}$; une valeur $z_{0c}=1.5 \cdot 10^{-5}$ semble raisonnable (valeur optimale car avec $z_{0c}=0$ la précipitation augmente). En mode CMIP6 avec ECUME (et un entraînement convectif plus faible que le mode PS), la variabilité spatiale des précipitations présente moins de petites échelles.



4.) Impact en simulation régionale climat

Simulations 2 ans ALADIN (12.5km) I91 (1983-1984, ans humides RE), CL CNRM-ESM2

Comme pour la moyenne annuelle, la moyenne JFM des précipitations présente moins de petites échelles en mode CMIP6 par rapport au mode PS; de plus la ZCIT est trop pluvieuse et trop au nord en mode CMIP6.



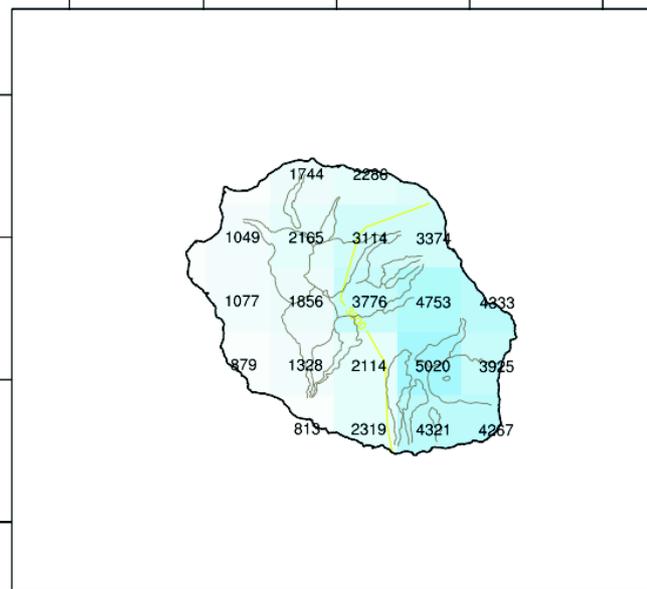
4.) Impact en simulation régionale climat

Simulations 2 ans ALADIN (12.5km) I91 (1983-1984, ans humides RE), CL CNRM-ESM2

La structure spatiale des précipitations en moyenne annuelle par rapport au relief est mieux représentée avec le mode PS qu'avec le mode CMIP6; soit la quantité relative à l'est (au vent) par rapport à l'ouest (sous le vent). Ceci est dû à l'entraînement convectif plus fort autorisé avec la prise en compte de la VsmF. Toutefois, la quantité totale de précipitations est légèrement supérieure avec le mode PS comparé au mode CMIP6.

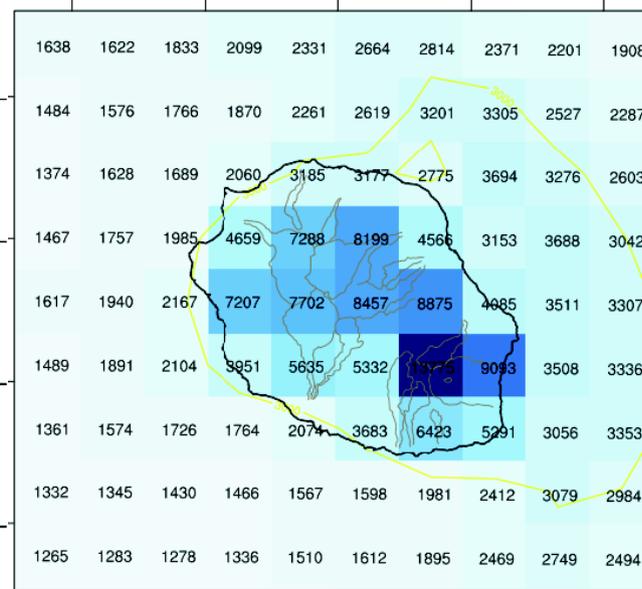
NORMALES CLIMATOLOGIQUES SPATIALISEES (1981-2010)

Cumul precipitations
55°E 55°15'E 55°30'E 55°45'E 56°E



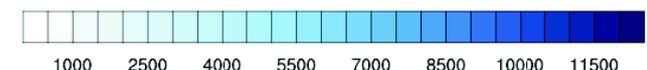
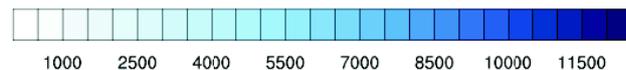
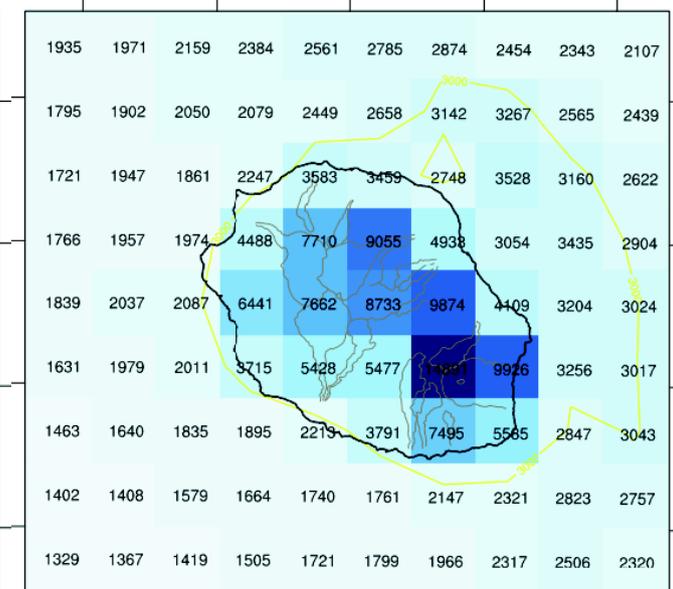
ALADIN-CLIMAT 12km couplage ARP-150 km

Precipitations annuelles moyennes 1983-1984 **CMIP6**
55°E 55°15'E 55°30'E 55°45'E 56°E



ALADIN-CLIMAT 12km couplage ARP-150 km

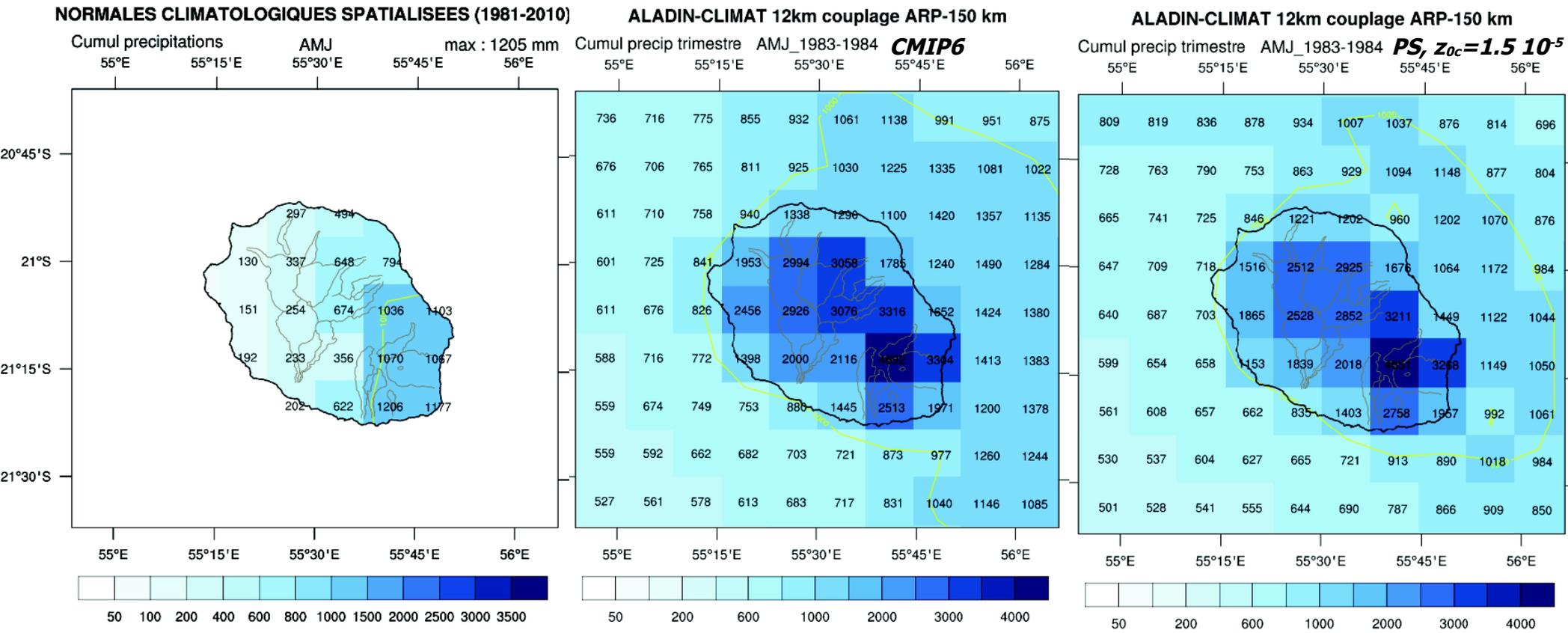
Precipitations annuelles moyennes 1983-1984 **PS, $z_{oc}=1.5 \cdot 10^{-5}$**
55°E 55°15'E 55°30'E 55°45'E 56°E



4.) Impact en simulation régionale climat

Simulations 2 ans ALADIN (12.5km) I91 (1983-1984, ans humides RE), CL CNRM-ESM2

Les mêmes commentaires s'appliquent aux moyennes saisonnières AMJ: La structure spatiale des précipitations par rapport au relief est mieux représentée avec le mode PS qu'avec le mode CMIP6. (quantité relative à l'est par rapport à l'ouest). De plus, à la différence des moyennes annuelles, la quantité totale de précipitations est inférieure avec le mode PS comparé au mode CMIP6.

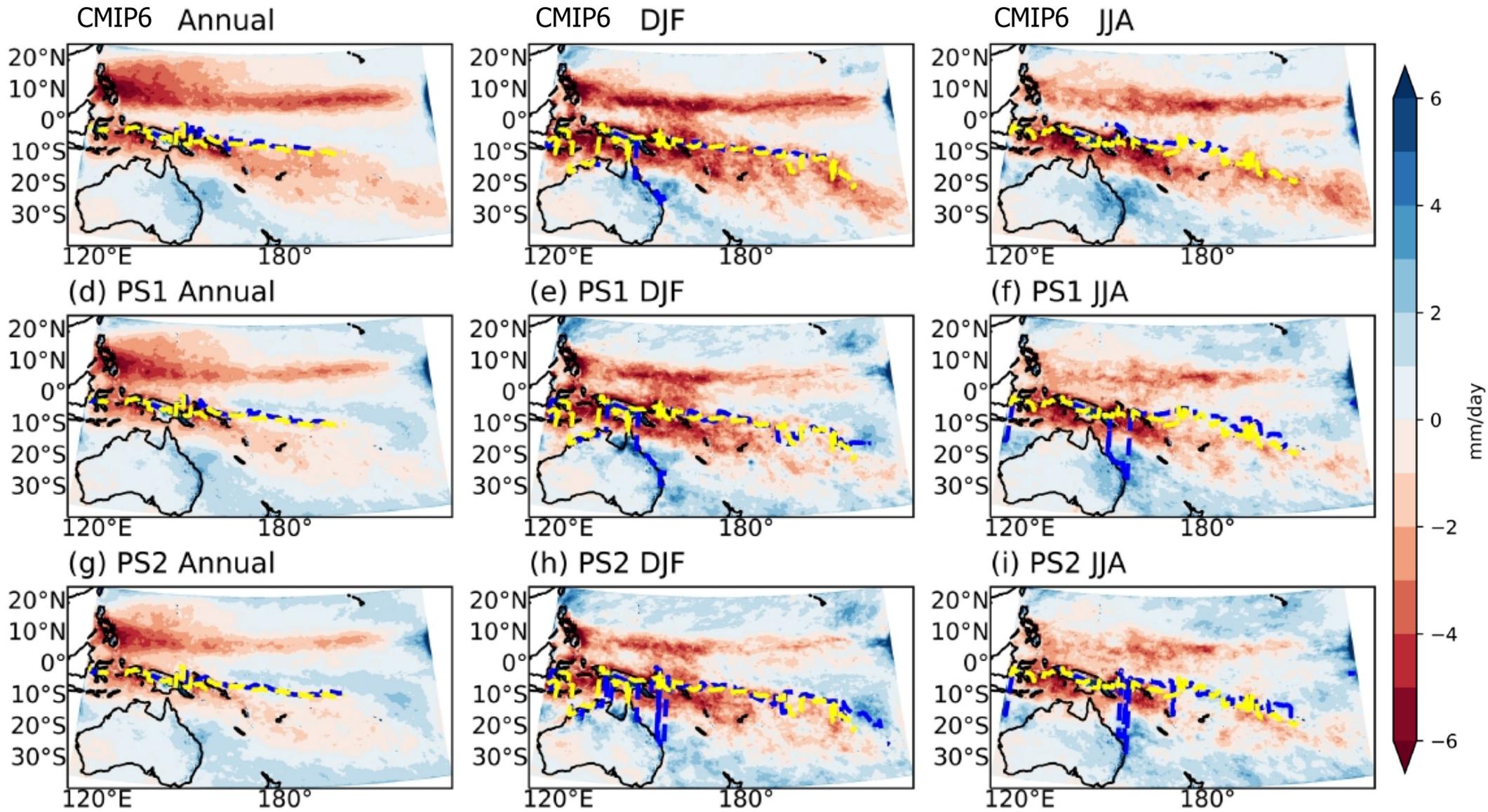


4.) Impact en simulation régionale climat

Simulations 6 ans ALADIN (20km) I91 (2011-2016), CL ERA5; **Biais Précip / TRMM**

PS1: $z_{oc}=1.5 \cdot 10^{-4}$; PS2: $z_{oc}=2.0 \cdot 10^{-4}$

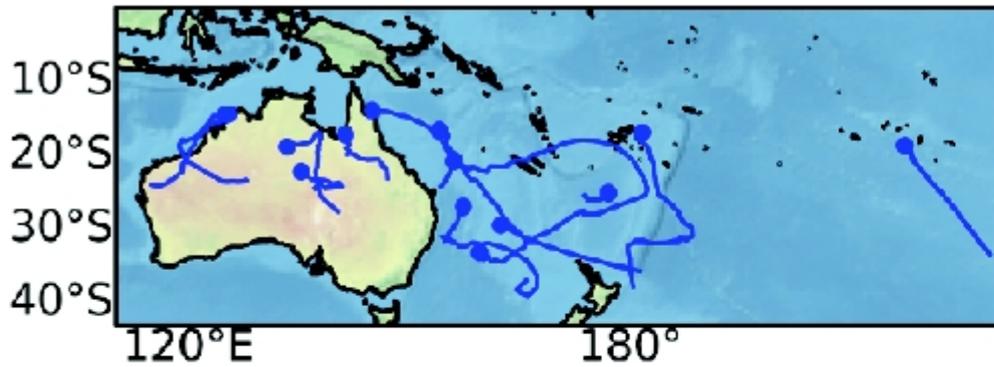
Zone de Convergence du Pacifique Sud (max RR>5mm/j entre 0-30S): **Obs** , **Modèle**



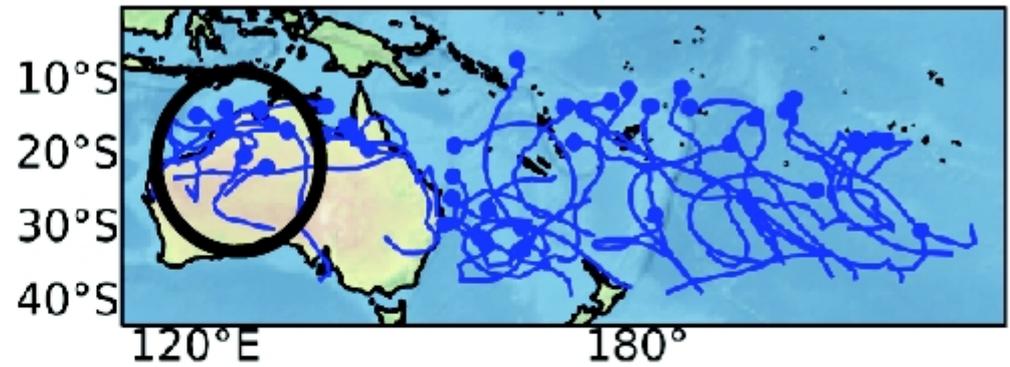
4.) Impact en simulation régionale climat

Simulations 6 ans ALADIN (20km) I91 (2011-2016), CL ERA5; **Trajectoires Cyclones**
PS1: $z_{oc}=1.5 \cdot 10^{-4}$; PS2: $z_{oc}=2.0 \cdot 10^{-4}$

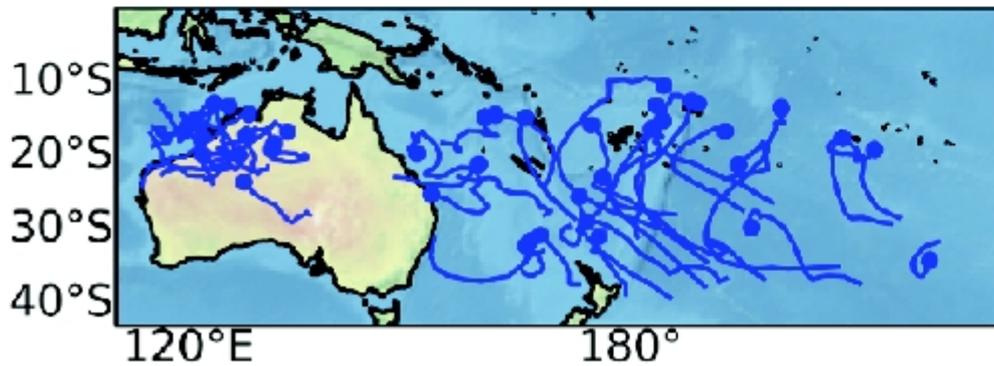
(a) CMIP6 (TC No.=14; TC days= 5.41)



(b) PS1 (TC No.=44; TC days= 6.98)



(c) PS2 (TC No.=40; TC days= 6.0)



(h) IBtracks (TC No.=56; TC days= 8.8)

