



Evaluation de la nouvelle physique ARPEGE-Climat dans un cadre 1D issu de la campagne CINDY-DYNAMO

ABDEL-LATHIF Ahmat Younous¹, R. Roehrig¹,
I. Beau¹ et H. Douville¹

¹ CNRM-GAME, Météo-France & CNRS, Toulouse, France

21 - Janvier - 2016



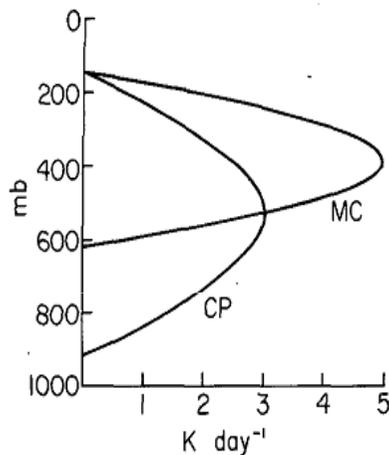
PLAN

1. Contexte et motivations
2. Cas Cindy-Dynamo
3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo
4. Analyse de la variabilité de Q1
5. Conclusion et perspectives

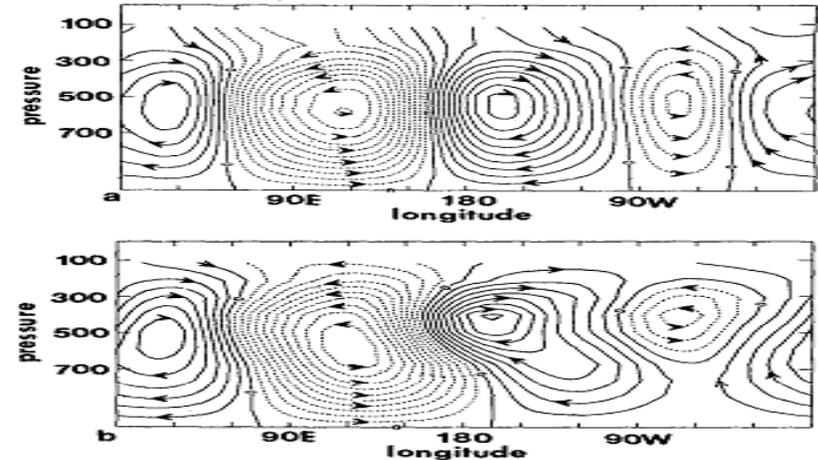
1. Contexte et Motivations

Les profils de chauffage et d'humidification jouent un rôle essentiel dans la circulation de grande échelle

Profils de chauffage idéalisés



CP : profil des tours convectives
 MC : profils d'un système convectif mature avec partie stratiforme



Circulation de Walker associée au profil (a) CP et (b) MC

Hartmann et al 1984

□ Source de chaleur apparente

$$Q_1 = \frac{d\bar{s}}{dt} = \underbrace{\frac{\partial \bar{s}}{\partial t} + \bar{V}_h \cdot \nabla \bar{s}}_{\text{Advection de grande échelle}} + \underbrace{\bar{\omega} \frac{\partial \bar{s}}{\partial p}}_{\text{effet radiatif}} = \underbrace{Q_R}_{\text{Condens/évap}} + \underbrace{L(c-e)}_{\text{Transport vertical d'énergie statique sèche}} - \underbrace{\frac{\partial \bar{\omega}'s'}{\partial p}}_{\text{Transport vertical d'énergie statique sèche}}$$

□ Puits d'humidité apparent

$$Q_2 = -L \frac{d\bar{q}}{dt} = -L \left(\underbrace{\frac{\partial \bar{q}}{\partial t} + \bar{V}_h \cdot \nabla \bar{q}}_{\text{Advection de grande échelle}} + \underbrace{\bar{\omega} \frac{\partial \bar{q}}{\partial p}}_{\text{Condens/évap}} \right) + \underbrace{L \frac{\partial \bar{\omega}'q'}{\partial p}}_{\text{Transport vertical d'humidité spécifique}}$$

Yanai et al. 1973

1. Contexte et Motivations

Objectifs :

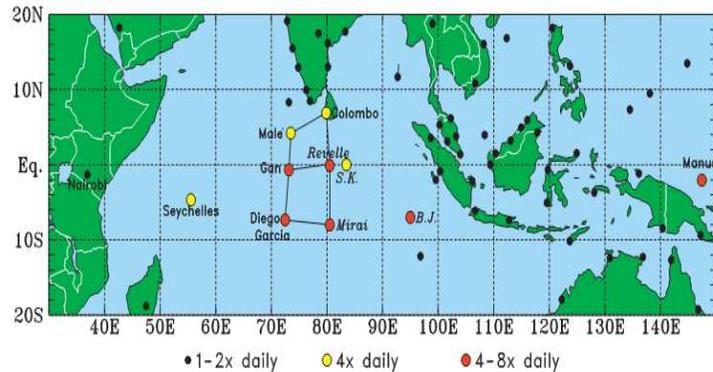
1. Caractériser et évaluer les profils de chauffage dans le modèle ARPEGE-Climat.
2. Identifier les processus à l'origine des défauts du modèle.

Les cas dérivés de campagne permettent d'avoir accès à des « références » pour Q1/Q2.

➤ Utilisation de Cindy-Dynamo

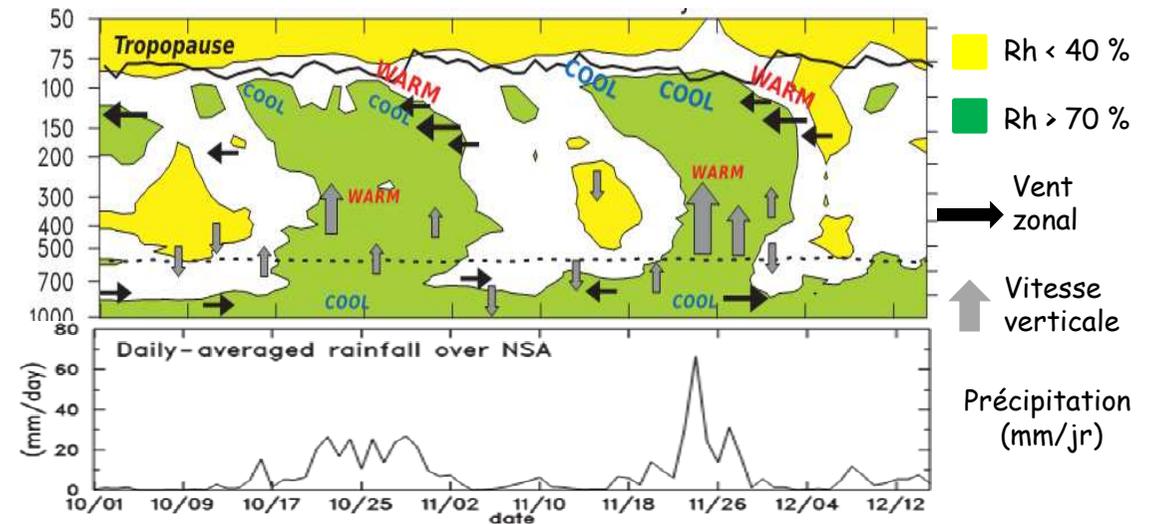
2. Cas Cindy-Dynamo

Domaine de la campagne Cindy-Dynamo



(Johnson et Ciesielsky 2013)

Schéma synthétique de la MJO pendant CINDY-DYNAMO



(Johnson and Ciesielsky 2013)

- La campagne permet d' :
 - Avoir accès à des profils de Q1 et Q2 dérivés des observations.
 - Explorer deux types de convections (type MJO dans le NSA)

2. Cas Cindy-Dynamo

□ Utilisation d'un modèle 1D pour évaluer la nouvelle physique ARPEGE-Climat pendant la campagne CINDY-DYNAMO

□ Setup :

- Prescription des **advection horizontales** de grande échelle de T et q_v ;
- Prescription de la **vitesse verticale** ;
- Le vent est **nudgé** vers le profil moyen du quadrilatère nord avec un **temps de rappel de 3 heures**;
- Prescription de la **SST** et de la **Ps**.

□ Physique utilisée :

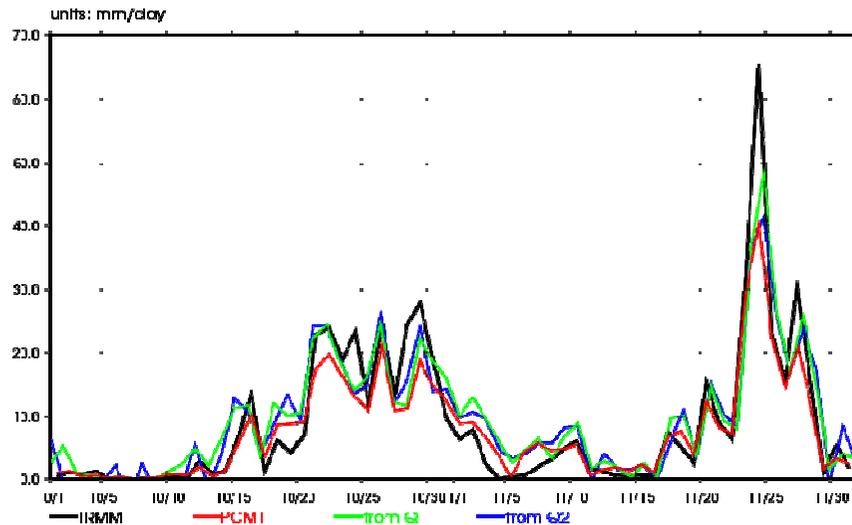
Physique Pronostique basée sur le schéma PCMT (Prognostic Condensates Microphysics and Transport) (Piriou2007, Guérémy 2011)

- **Schéma unifié** pour la convection sèche, peu profonde et profonde
- **Séparation** entre transport et microphysiques;
- Microphysique **pronostique** détaillée, cohérente entre convection et environnement;
- Vitesse verticale pronostique pour les updrafts
- Fermeture par relaxation de la CAPE
- Pour la Turbulence : Equation **pronostique** de la TKE (Cuxart et al. 2000).

3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo

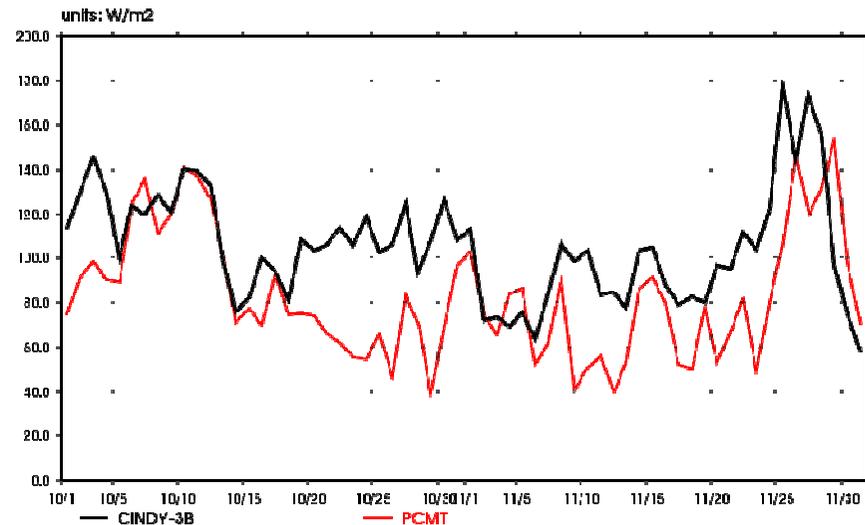
Précipitations et flux de chaleur latente en moyenne journalière

Précipitations observées et simulées (mm/jr)



- Bonne chronologie des précipitations simulées avec celles dérivées du bilan de Q2.
- Pré-CMIP6 sous-estime les précipitations (vs celles dérivées du bilan de Q2)

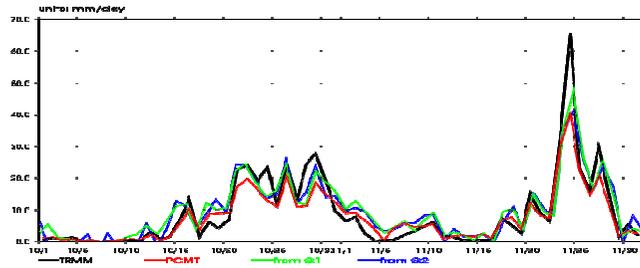
Flux de chaleur latente observé et simulé (W/m²)



- Pré-CMIP6 sous-estime les flux de chaleur latente en surface

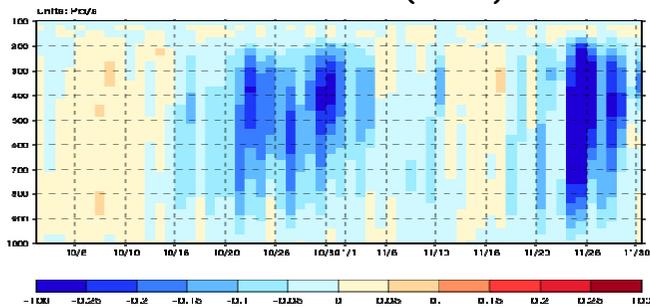
3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo

a Précipitations observées et simulées (mm/jr)

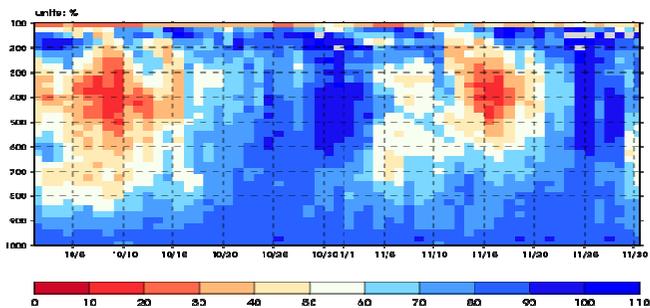


Modulation des précipitations dans le NSA -
Passage des MJOs

b vitesse verticale (hPa/s)

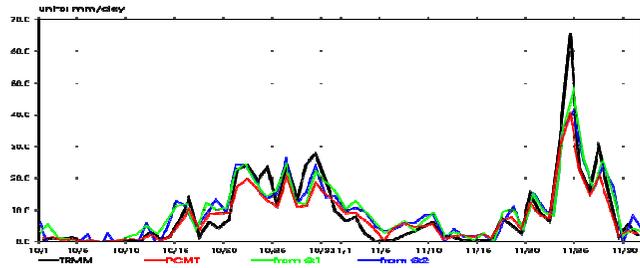


c Humidité relative (%)



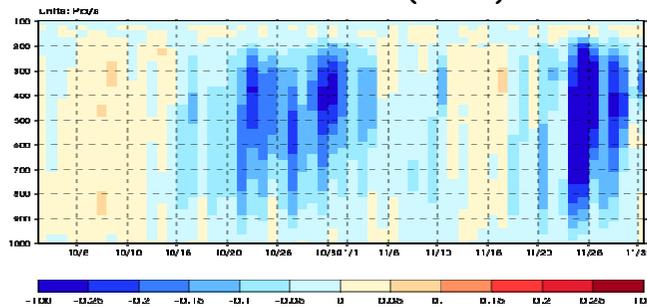
3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo

a Précipitations observées et simulées (mm/jr)

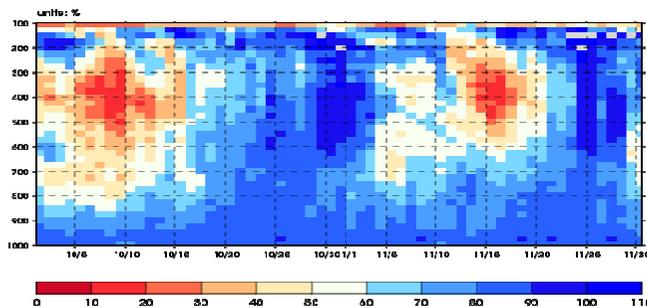


Modulation des précipitations dans le NSA -
Passage des MJOs

b vitesse verticale (hPa/s)

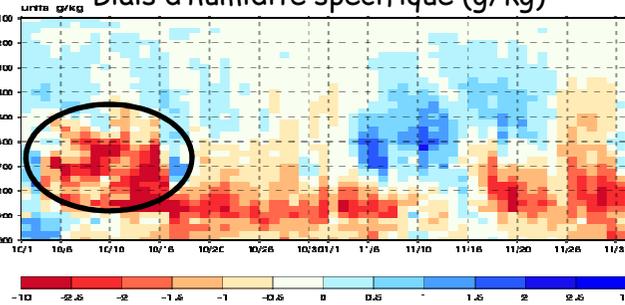


c Humidité relative (%)

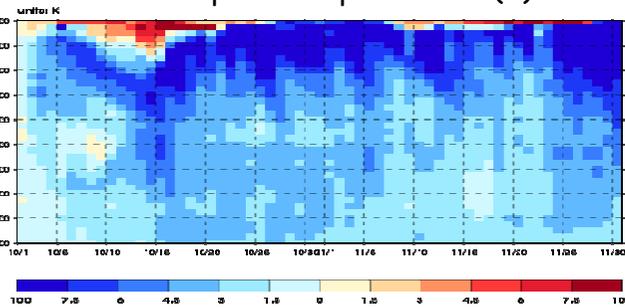


Biais Pré-CMIP6

c Biais d'humidité spécifique (g/kg)

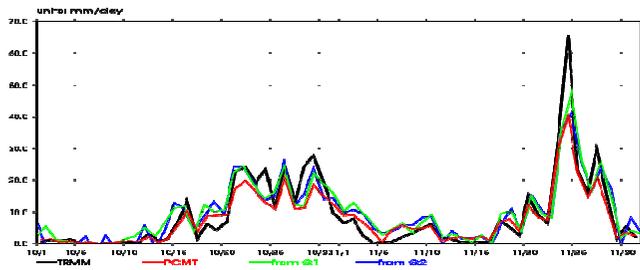


d Biais de température potentielle (K)



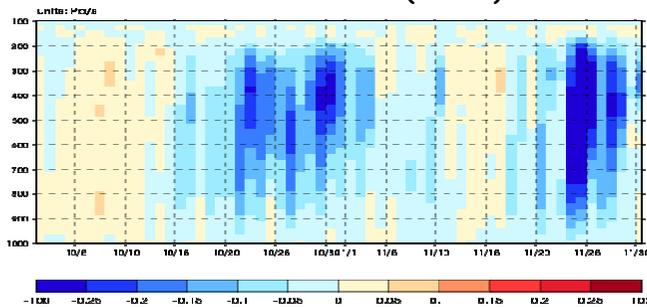
3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo

a Précipitations observées et simulées (mm/jr)

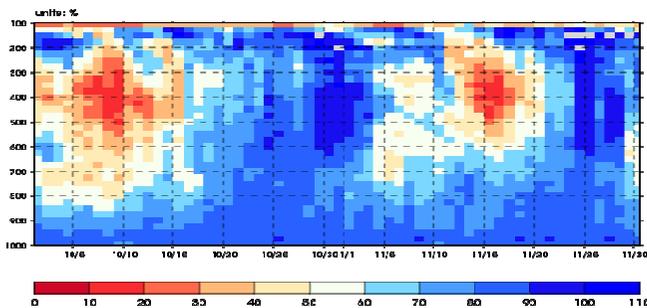


Modulation des précipitations dans le NSA -
Passage des MJOs

b vitesse verticale (hPa/s)

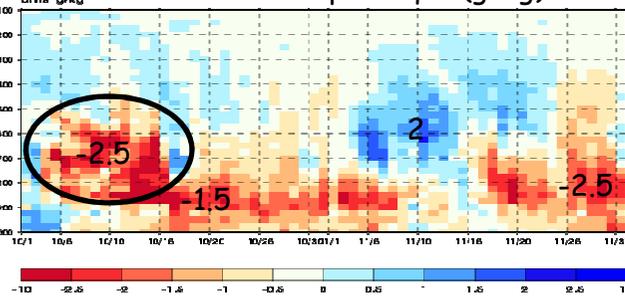


c Humidité relative (%)



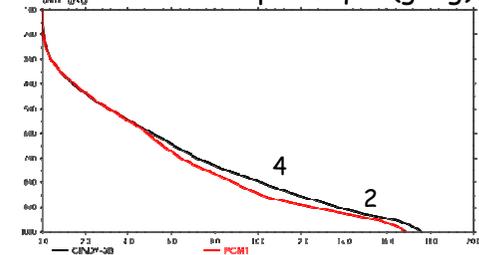
Biais Pré-CMIP6

c Biais d'humidité spécifique (g/kg)

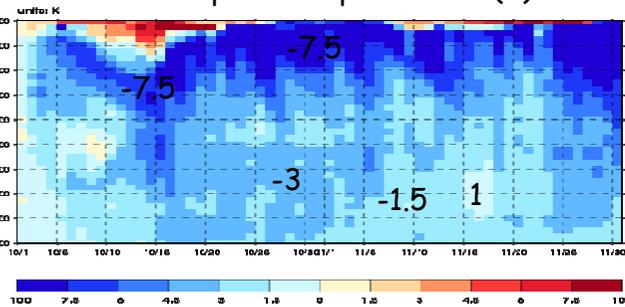


Profils moyens

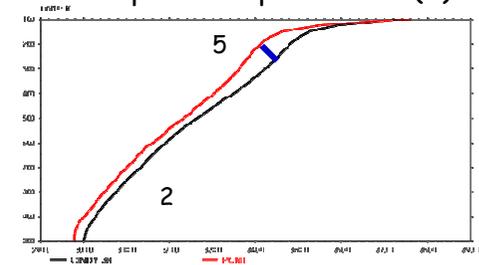
Humidité spécifique (g/kg)



d Biais de température potentielle (K)

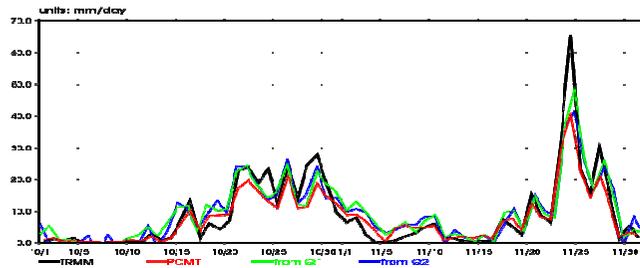


Température potentielle (K)

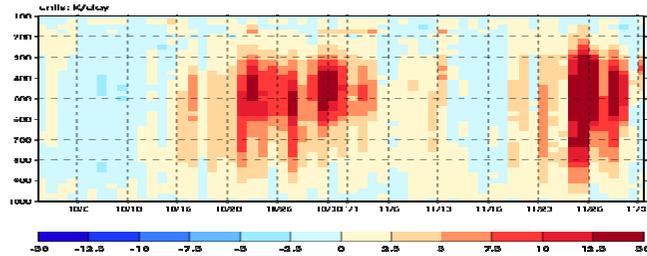


3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo Q1 et Q2 Observations vs Pré-CMIP6

Précipitations (mm/jr)

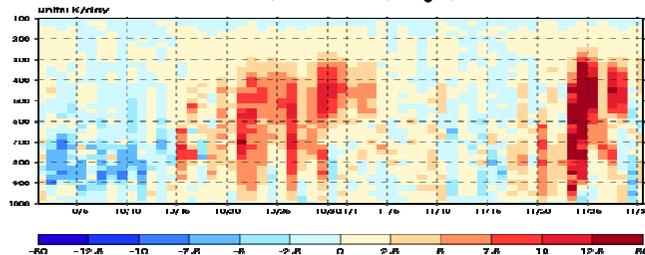


Q1 OBS (K/jr)



➤ Maximum de libération de chaleur latente pendant les phases actives des MJOs

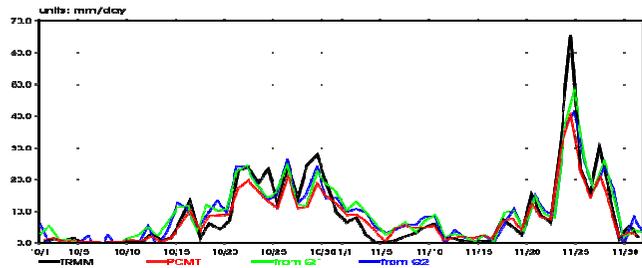
Q2 OBS (K/jr)



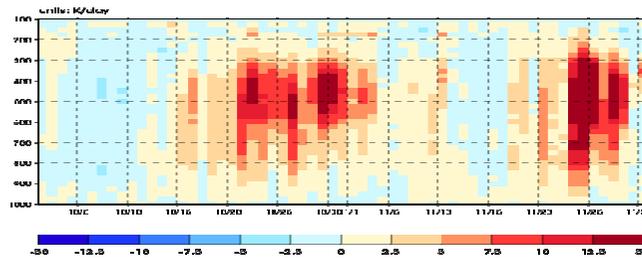
➤ Humidification par les nuages bas dans les basses couches en phase suppressed
➤ Assèchement maximal par la convection profonde pendant les phases actives des MJOs

3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo Q1 et Q2 Observations vs Pré-CMIP6

Précipitations (mm/jr)

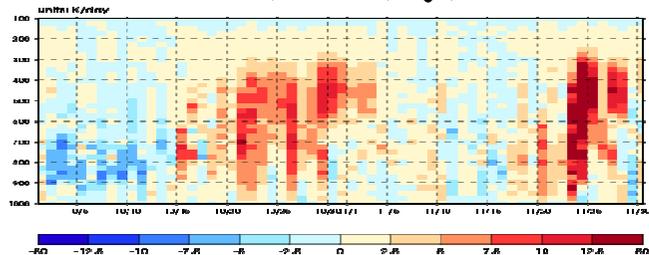


Q1 OBS (K/jr)



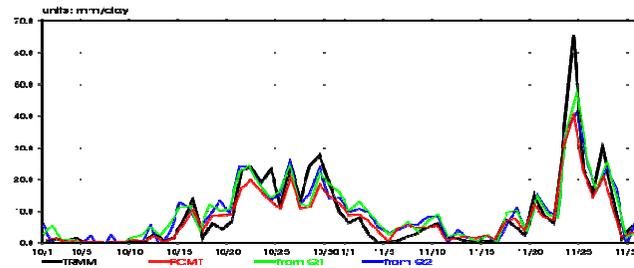
➤ Maximum de libération de chaleur latente pendant les phases actives des MJOs

Q2 OBS (K/jr)

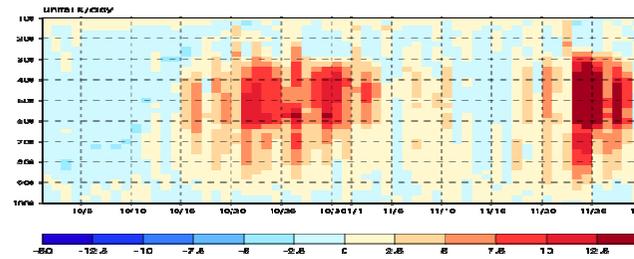


➤ Humidification par les nuages bas dans les basses couches en phase suppressed
➤ Assèchement maximal par la convection profonde pendant les phases actives des MJOs

Précipitations (mm/jr)

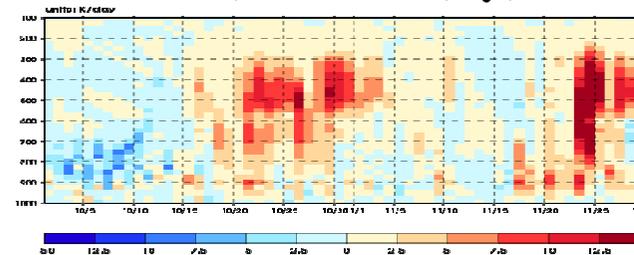


Q1 Pré-CMIP6 (K/jr)



➤ sous-estime l'intensité et l'altitude de la convection.

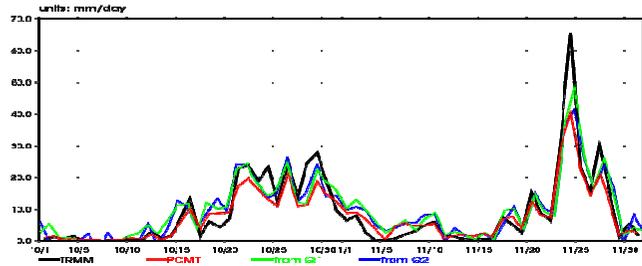
Q2 Pré-CMIP6 (K/jr)



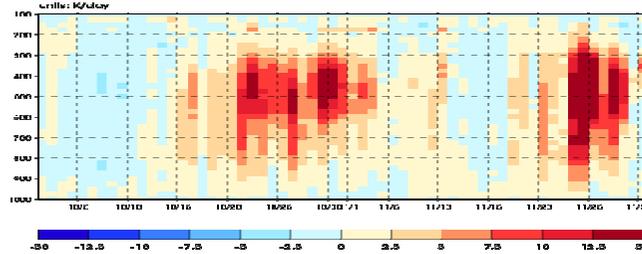
➤ sous-estime l'épaisseur de la couche humidifiée en phase suppressed.
➤ surestime l'altitude de l'assèchement en phase active.

3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo Q1 et Q2 Observations vs Pré-CMIP6

Précipitations (mm/jr)

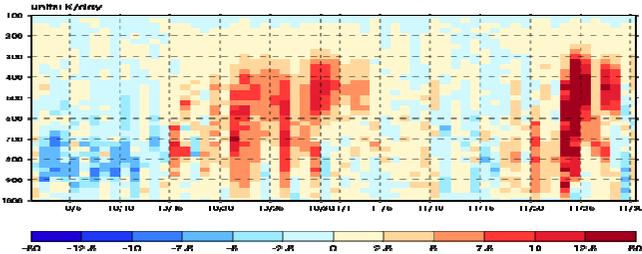


Q1 OBS (K/jr)



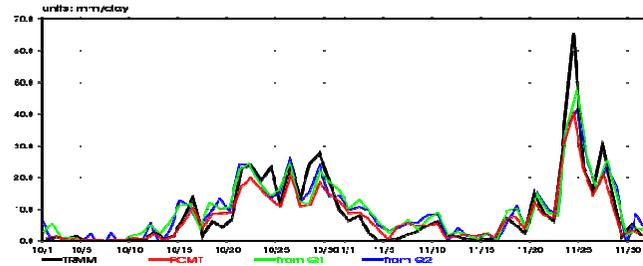
➤ Maximum de libération de chaleur latente pendant les phases actives des MJOs

Q2 OBS (K/jr)

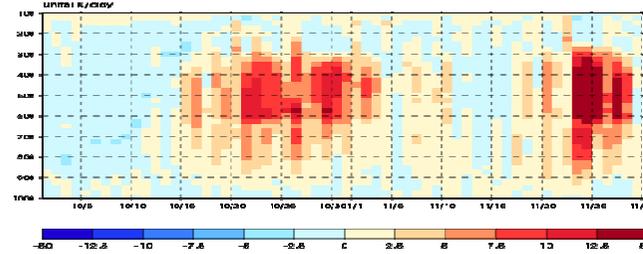


➤ Humidification par les nuages bas dans les basses couches en phase suppressed
➤ Assèchement maximal par la convection profonde pendant les phases actives des MJOs

Précipitations (mm/jr)

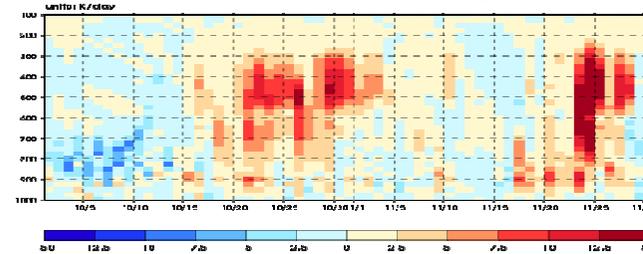


Q1 Pré-CMIP6 (K/jr)



➤ sous-estime l'intensité et l'altitude de la convection.

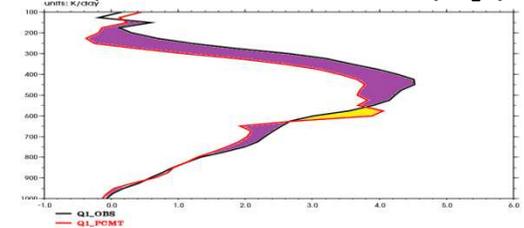
Q2 Pré-CMIP6 (K/jr)



➤ sous-estime l'épaisseur de la couche humidifiée en phase suppressed.
➤ surestime l'altitude de l'assèchement en phase active.

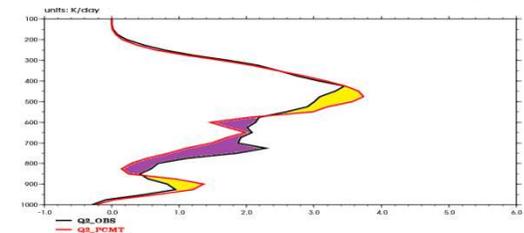
Profils moyens

Q1 OBS vs Pré-CMIP6 (K/jr)



➤ le Q1 simulé ne pique pas assez haut.

Q2 OBS vs Pré-CMIP6 (K/jr)



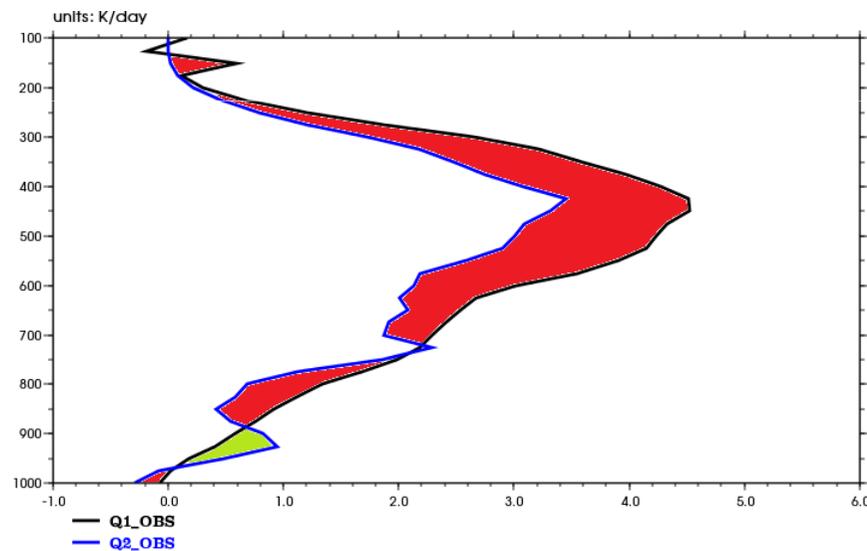
➤ Pré-CMIP6 est trop sec vers 500 hPa et près de la surface.

3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo Q1 et Q2 Observations vs Pré-CMIP6

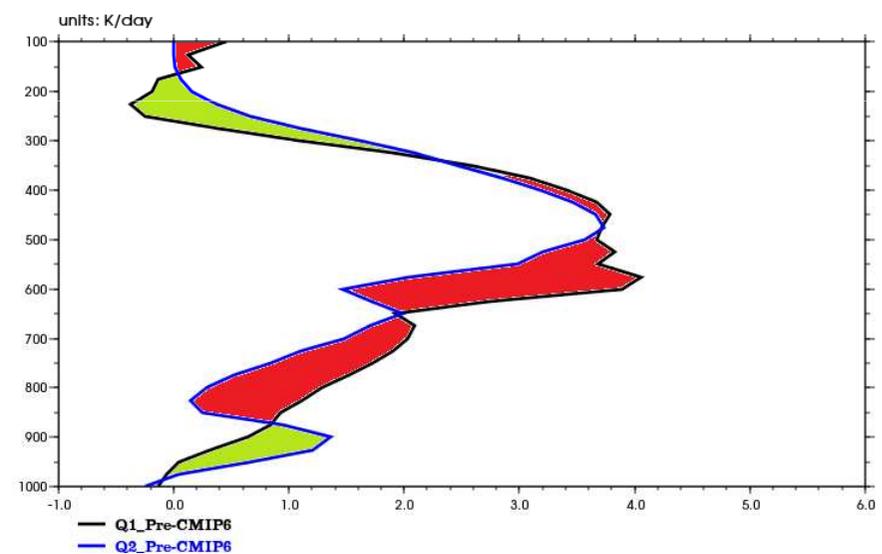
Transport vertical de l'énergie statique humide

$$Q_1 - Q_2 = -\frac{\partial}{\partial p} \overline{(s' + Lq')} \omega' = -\frac{\partial}{\partial p} \overline{h' \omega'} + Q_{Rad}$$

Observations

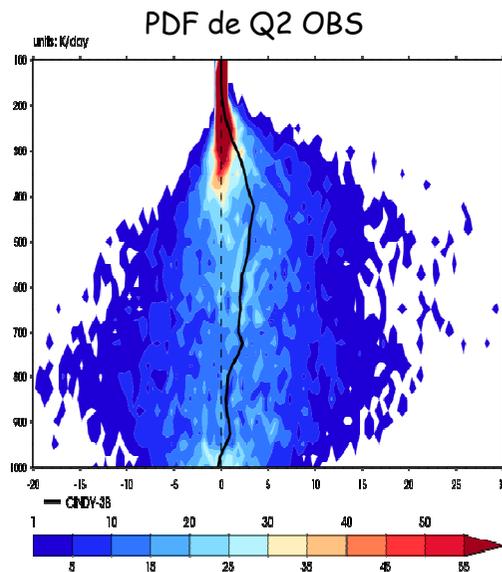
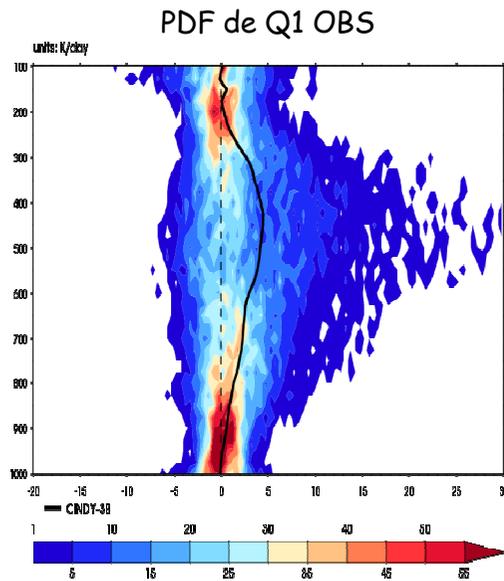


Pré-CMIP6



➤ Pré-CMIP6 sous-estime le transport vertical de l'énergie statique humide

3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo

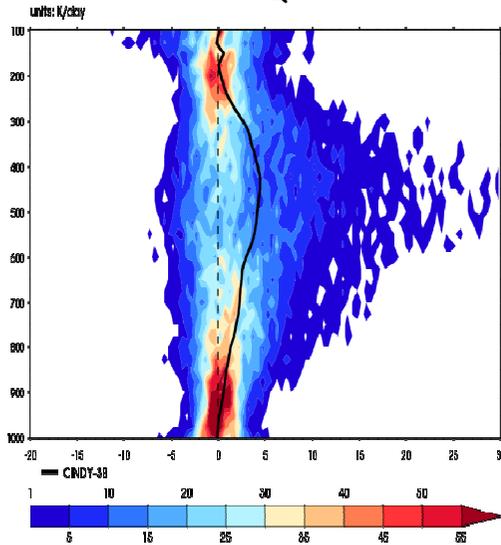


Observations

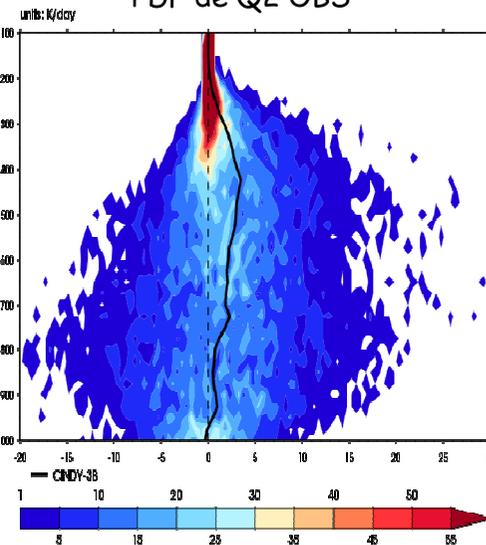
Q1 et Q2 : Forte variabilité des profils. La moyenne est liée à quelques évènements forts.

3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo

PDF de Q1 OBS



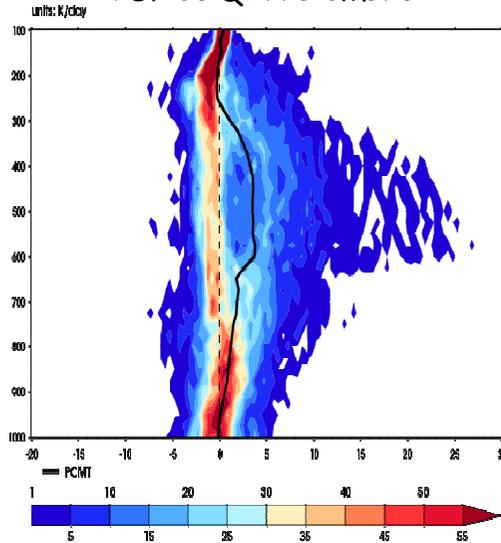
PDF de Q2 OBS



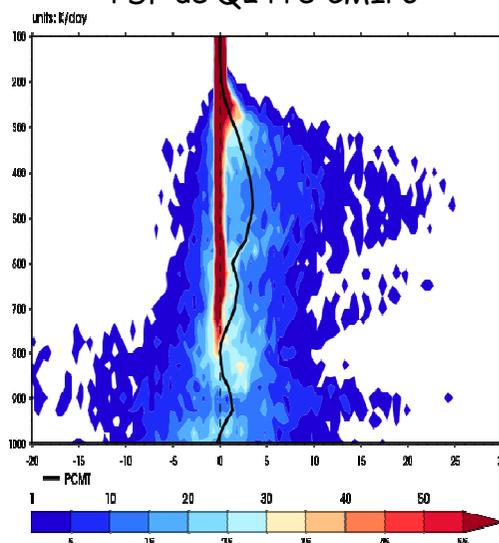
Observations

Q1 et Q2 : Forte variabilité des profils. La moyenne est liée à quelques événements forts.

PDF de Q1 Pré-CMIP6



PDF de Q2 Pré-CMIP6

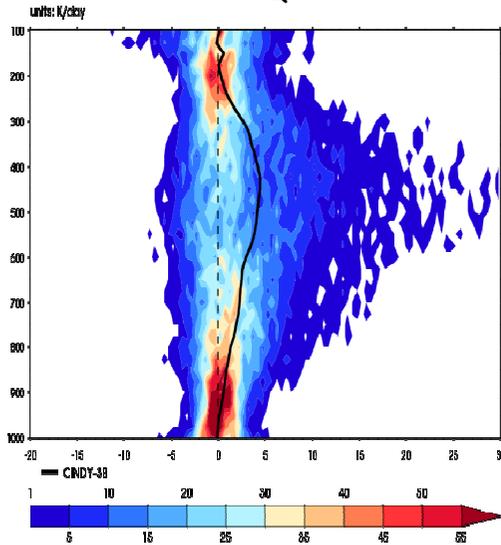


Pré-CMIP6

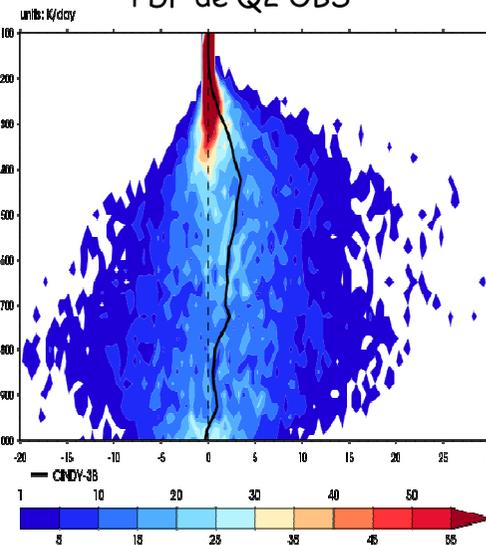
Q1 et Q2 : Moins de variabilité dans Pré-CMIP6, avec sur-occurrence de valeur nulles en moyenne et haute troposphère

3. Physique Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo

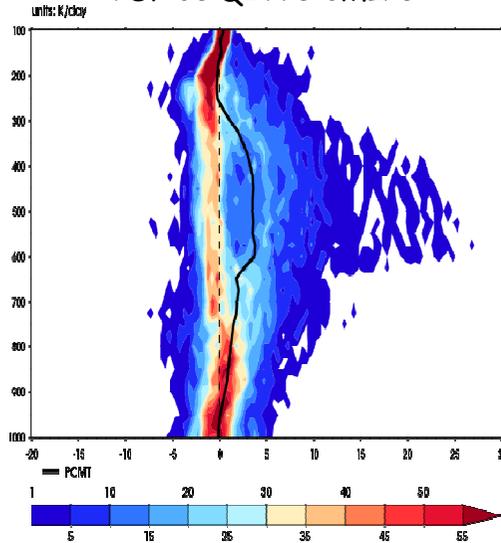
PDF de Q1 OBS



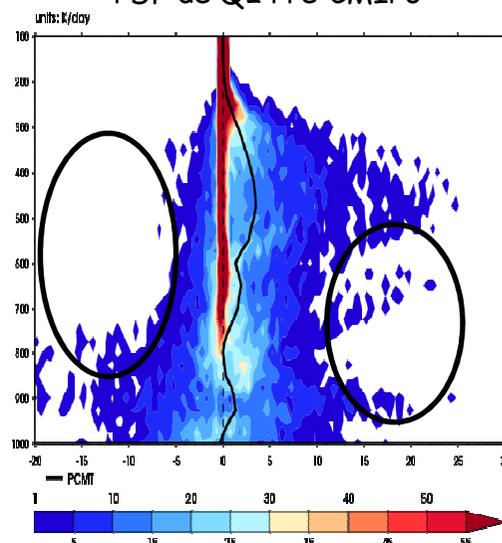
PDF de Q2 OBS



PDF de Q1 Pré-CMIP6



PDF de Q2 Pré-CMIP6



Observations

Q1 et Q2 : Forte variabilité des profils. La moyenne est liée à quelques évènements forts.

Pré-CMIP6

Q1 et Q2 : Moins de variabilité dans Pré-CMIP6, avec sur-occurrence de valeur nulles en moyenne et haute troposphère

Q2 : Pré-CMIP6 rate certains évènements (ex. les évènements forts dans la basse troposphère)

Q1 : Pré-CMIP6 ne s'active pas assez souvent à certaines altitudes

4. Analyse de la variabilité de Q1

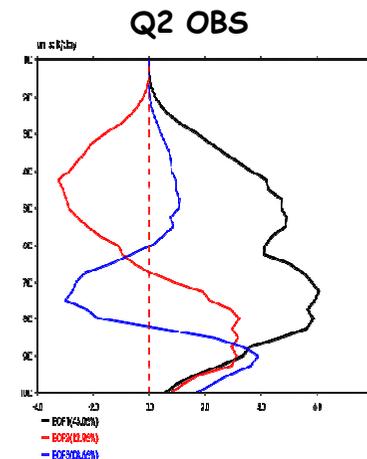
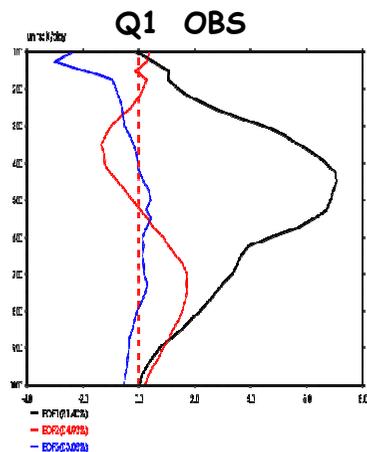
Motivation :

- Caractériser et documenter la variabilité de Q1 et Q2
- L'ACP permettra de caractériser cette variabilité en limitant les degrés de liberté
- Point de départ : Zhang et Hagos (2009)
- fréquences des données utilisées : 3 heures

4. Analyse de la variabilité de Q1

Motivation :

- Caractériser et documenter la variabilité de Q1 et Q2
- L'ACP permettra de caractériser cette variabilité en limitant les degrés de liberté
- Point de départ : Zhang et Hagos (2009)
- fréquences des données utilisées : 3 heures



Q1	OBS
EOF1	81,4
EOF2	4,9
TOT	86,3
EOF3	3,1

Q2	OBS
EOF1	43,1
EOF2	13,0
TOT	56,1
EOF3	8,7

EOF1

- profil type convection profonde.
- Plus de variabilité dans la moyenne troposphère.

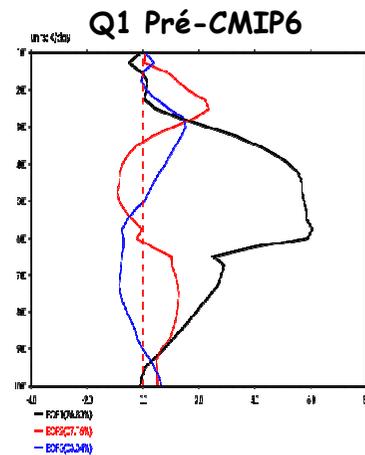
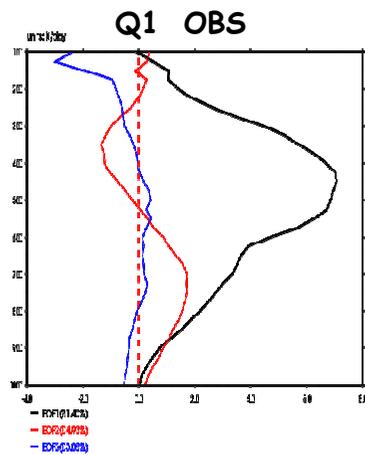
EOF2

- profil type stratiforme
- pôle de variabilité dans les basses couches et un pôle de variabilité vers 400 hPa

4. Analyse de la variabilité de Q1

Motivation :

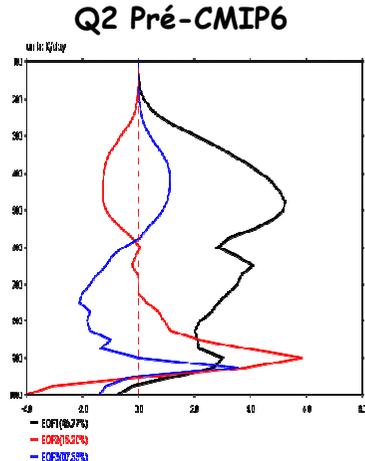
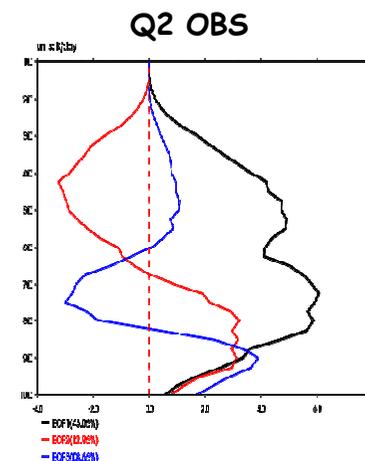
- Caractériser et documenter la variabilité de Q1 et Q2
- L'ACP permettra de caractériser cette variabilité en limitant les degrés de liberté
- Point de départ : Zhang et Hagos (2009)
- fréquences des données utilisées : 3 heures



Q1	OBS	Pré-CMIP6
EOF1	81,4	76,8
EOF2	4,9	7,2
TOT	86,3	84,0
EOF3	3,1	3,3

EOF1

- profil type convection profonde.
- Plus de variabilité dans la moyenne troposphère.



Q2	OBS	Pré-CMIP6
EOF1	43,1	46,8
EOF2	13,0	15,2
TOT	56,1	62,0
EOF3	8,7	7,3

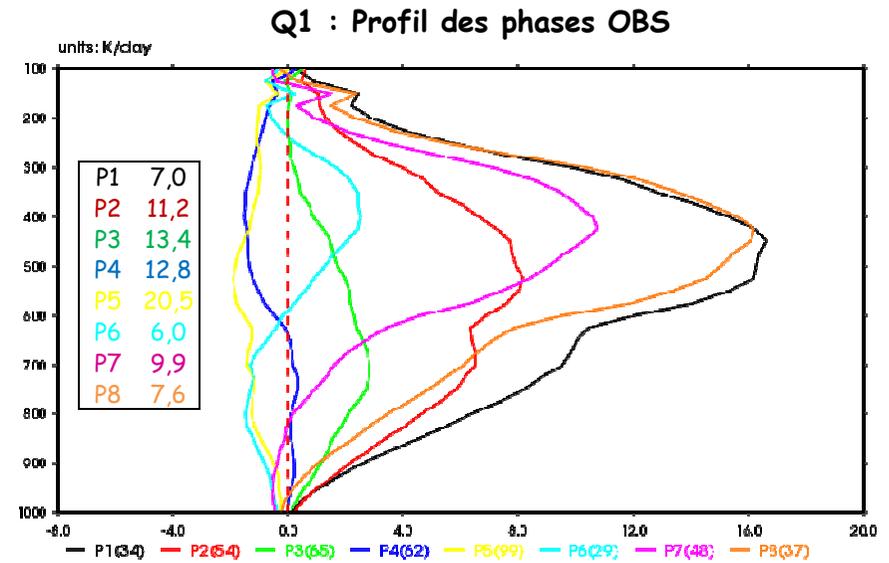
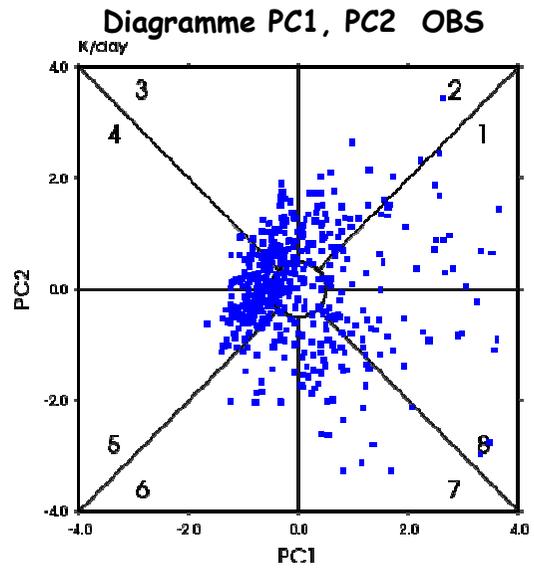
EOF2

- profil type stratiforme
- pôle de variabilité dans les basses couches et un pôle de variabilité vers 400 hPa

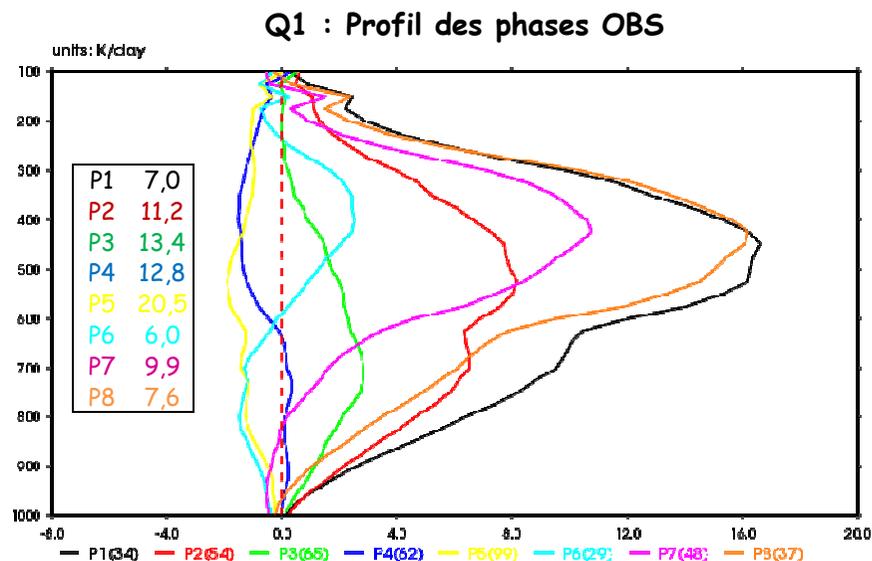
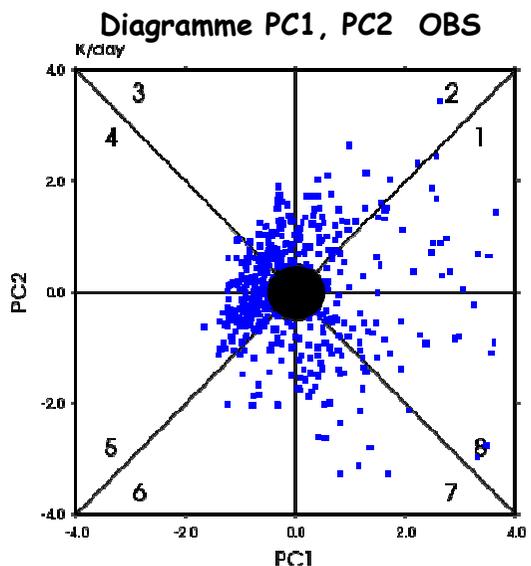
• On peut caractériser la variabilité de Q1 avec seulement deux profils

• Deux profils ne suffisent pas pour caractériser la variabilité de Q2

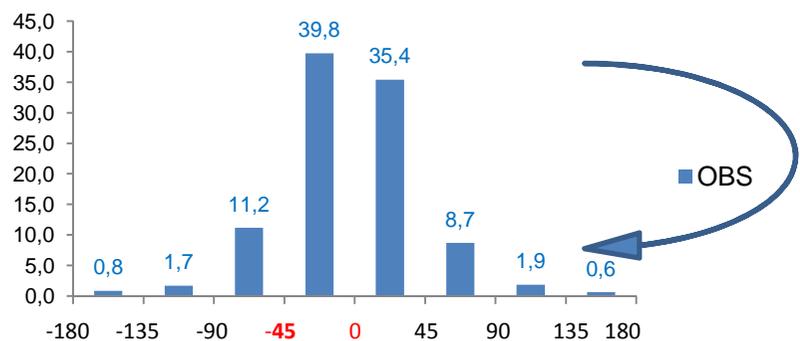
4. Analyse de la variabilité de Q1 Construction des phases



4. Analyse de la variabilité de Q1 Construction des phases



Probabilité des sens de rotation



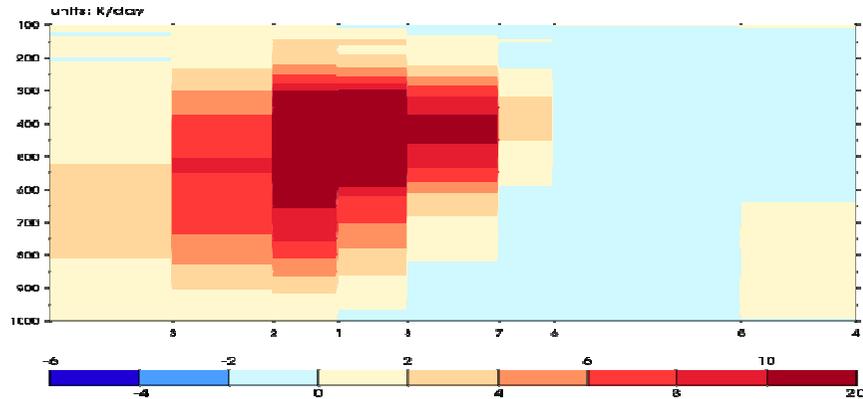
Probabilité des phases de transition

Transition de phases

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
P1	50,0	23,5	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	20,6	2,9
P2	20,4	50,0	11,1	0,0	0,0	1,9	0,0	5,6	11,1
P3	0,0	10,8	44,6	13,9	6,2	0,0	0,0	0,0	24,6
P4	0,0	1,6	22,6	32,3	30,7	1,6	0,0	0,0	11,3
P5	0,0	0,0	6,1	26,3	56,6	5,1	0,0	0,0	6,1
P6	0,0	7,1	0,0	7,1	35,7	28,6	14,3	3,6	3,6
P7	2,1	4,2	0,0	0,0	0,0	12,5	56,3	14,6	10,4
P8	10,8	2,7	0,0	0,0	0,0	2,7	35,1	48,7	0,0
P9	1,8	10,7	17,9	8,9	16,1	10,7	7,1	1,8	25,0

4. Analyse de la variabilité de Q1 Composite basé sur les transitions les plus probables

Observations

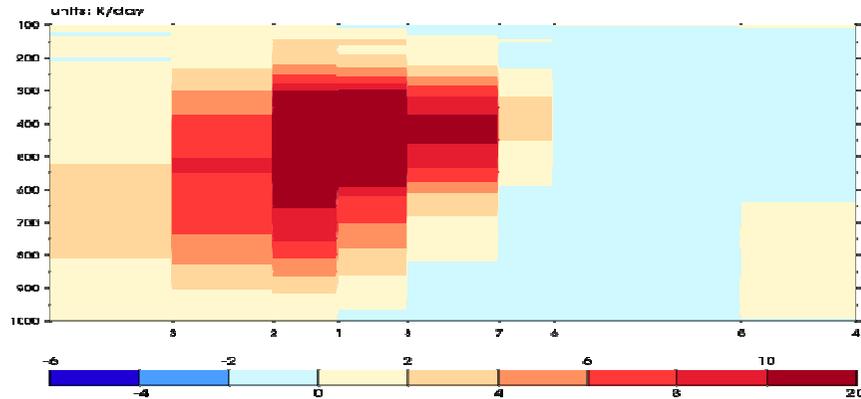


Observations

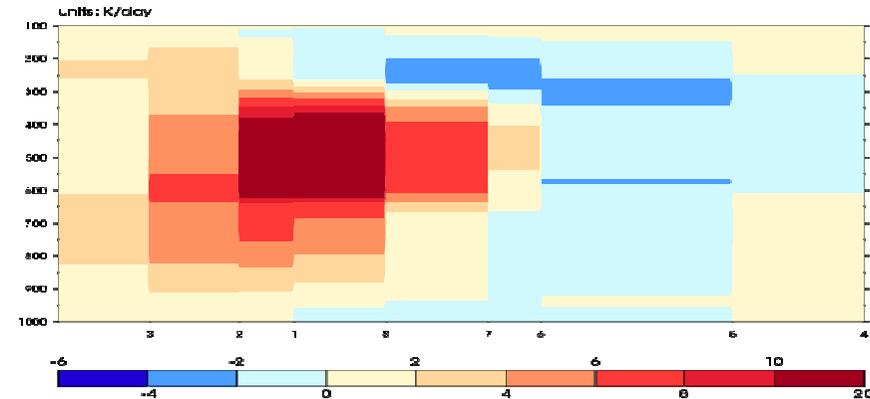
Evolution du profil en allant du type « bottom-heavy » (phase 3 et 2), puis type « deep, middle-heavy » (phase 1 et 8) et « top-heavy »

4. Analyse de la variabilité de Q1 Composite basé sur les transitions les plus probables

Observations



Pré-CMIP6



Observations

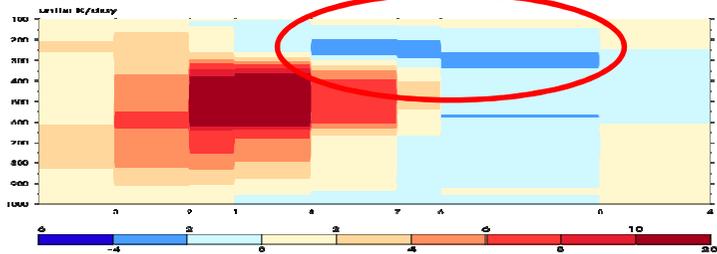
Evolution du profil en allant du type « bottom-heavy » (phase 3 et 2), puis type « deep, middle-heavy » (phase 1 et 8) et « top-heavy »

Pré-CMIP6

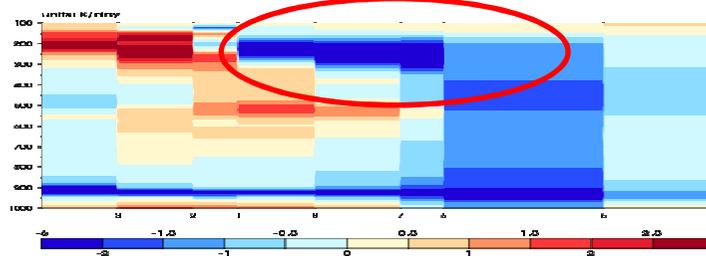
- Le 1^{er} ordre est simulé
- Pré-CMIP6 sous-estime l'intensité et l'altitude du chauffage de la phase active de la convection.
- Les temps de transitions sont à peu près les mêmes entre observation et Pré-CMIP6
- Refroidissement surestimé au sommet des nuages en phase stratiforme

4. Analyse de la variabilité de Q1 Composite basé sur les transitions les plus probables

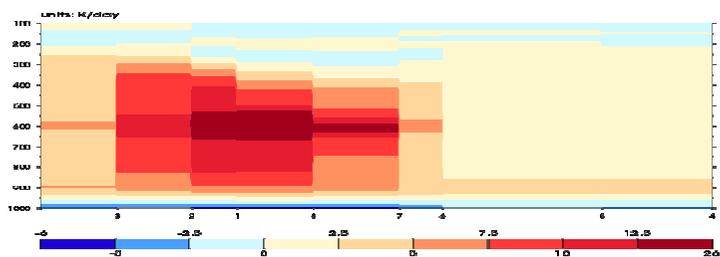
Composite de Q1 Pré-CMIP6



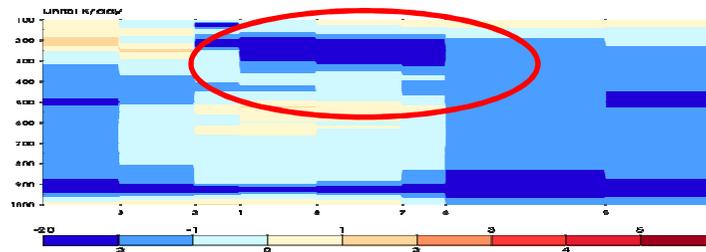
Composite de Qrad Pré-CMIP6



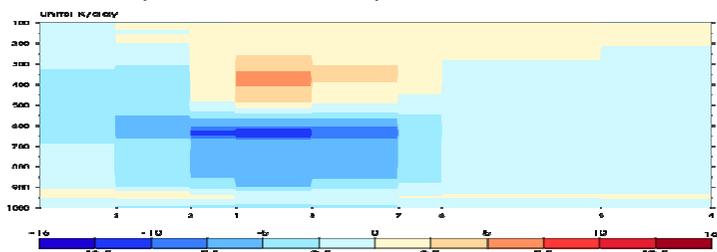
Composite de Q_conv Pré-CMIP6



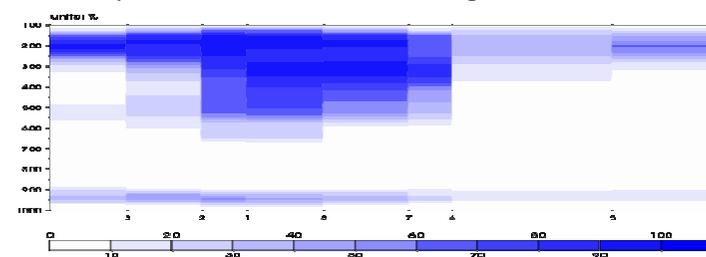
Composite de Q_LW Pré-CMIP6



Composite de Q_Lscp Pré-CMIP6



Composite de la fraction nuageuse Pré-CMIP6



5. Conclusion et perspectives

Conclusion

➤ Comportement de Pré-CMIP6 pendant Cindy-Dynamo :

- Manque d'évaporation ;
- un fort biais froid dans la troposphère moyenne et supérieure ;
- une convection pas assez profonde ;
- Reproduction partielle du cycle de vie de la convection observée pendant Cindy- Dynamo.

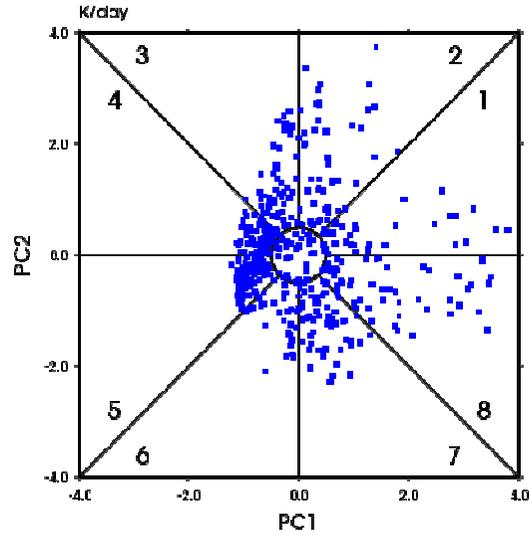
Perspectives :

- Mieux comprendre l'origine des défauts identifiés ;
- Analyser le rôle des flux de surface océanique sur le chauffage convectif ;
- Evaluer la robustesse de ces résultats sur d'autres cas 1D (TOGA-COARE) et des simulations 3D (TAMIP et AMIP).

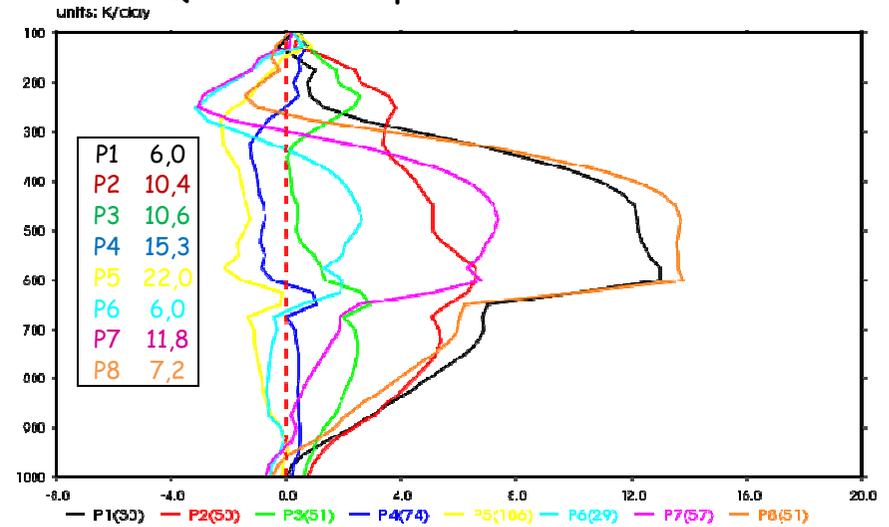
MERCI !

BACKUP

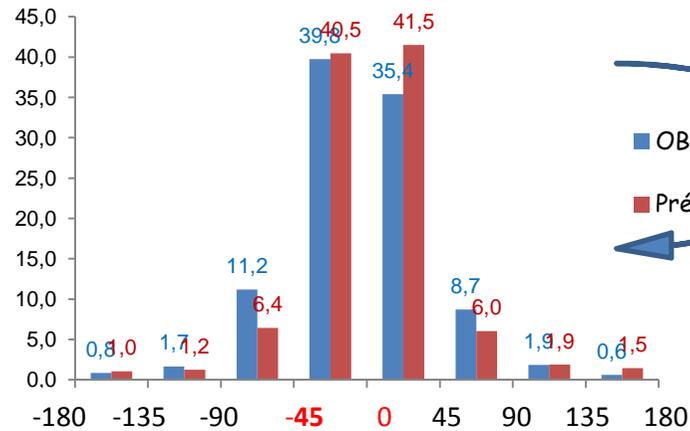
Diagramme PC1, PC2 Pré-CMIP6



Q1 : Profil des phases Pré-CMIP6



Probabilité des sens de rotation



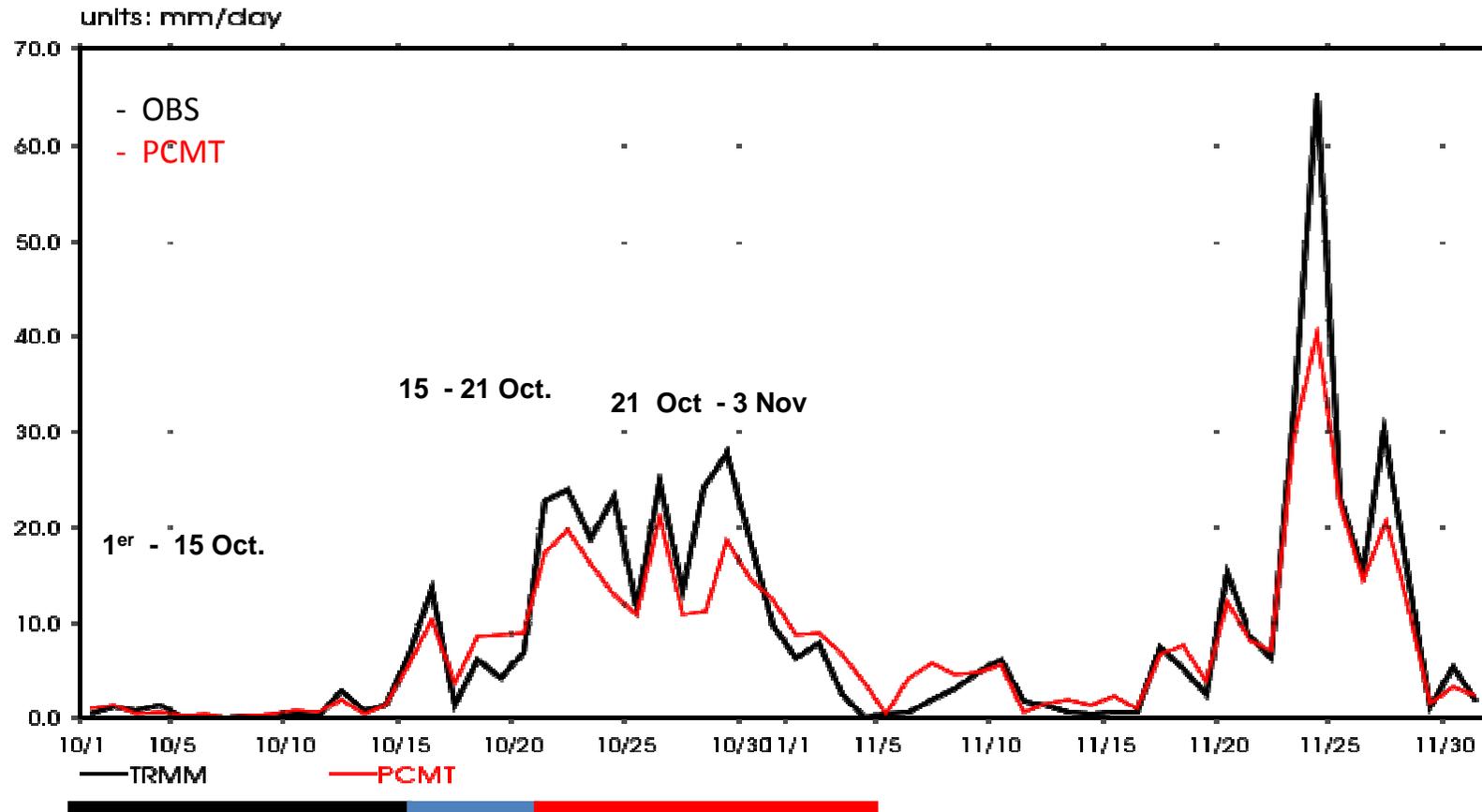
Probabilité des phases de transition

Phases de transition

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
P1	40,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	30,0	6,7
P2	12,0	56,0	14,0	0,0	0,0	2,0	0,0	4,0	12,0
P3	0,0	13,7	51,0	29,4	2,0	0,0	0,0	0,0	3,9
P4	0,0	1,4	13,5	43,2	35,1	1,4	0,0	0,0	5,4
P5	0,0	0,0	3,8	20,8	67,9	4,7	0,0	0,0	2,8
P6	0,0	10,7	0,0	0,0	14,3	35,7	25,0	3,6	10,7
P7	7,0	3,5	0,0	0,0	0,0	8,8	56,1	14,0	10,5
P8	15,7	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0	17,7	60,8	2,0
P9	0,0	11,4	11,4	11,4	8,6	17,1	17,1	0,0	22,9

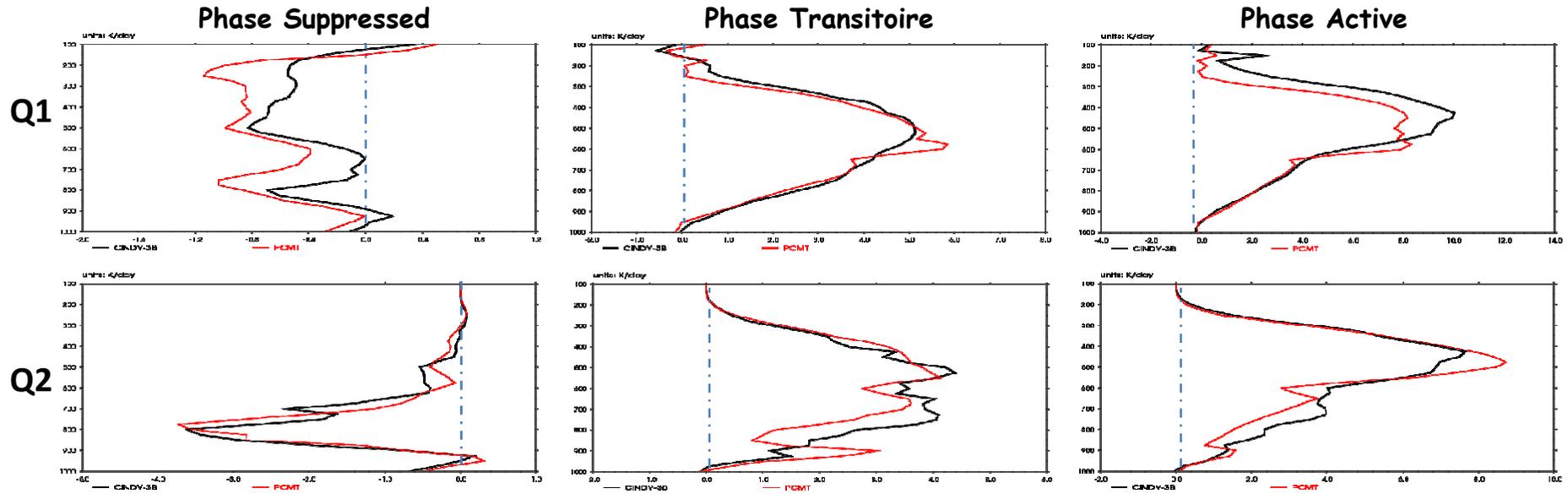
Phases précédentes

BACKUP



BACKUP

Les contributions aux biais du modèle sont différentes selon les différentes phases



Phase Suppressed

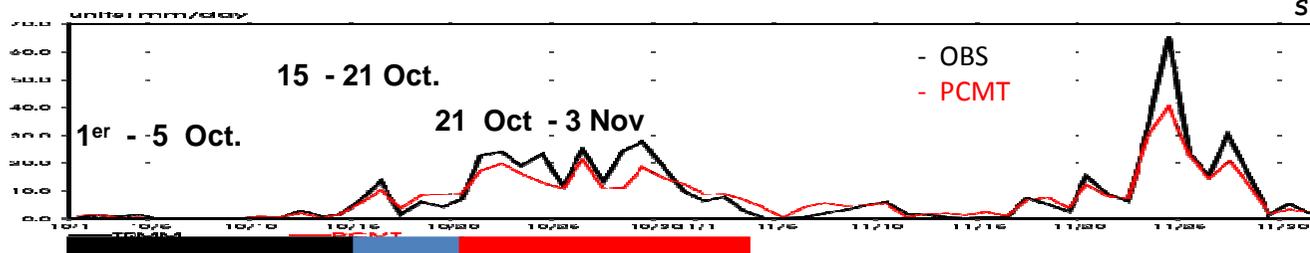
- Refroidissement radiatif par LW (Obs)
- Humidification des basses couches par les nuages bas (Obs)
- Pré-CMIP6 surestime le refroidissement par LW

Phase Transitoire

- Pic de chauffage vers 500 hPa et on chauffe assez bas
- Pré-CMIP6 surestime l'intensité de la convection et assèche trop les basses couches

Phase Active

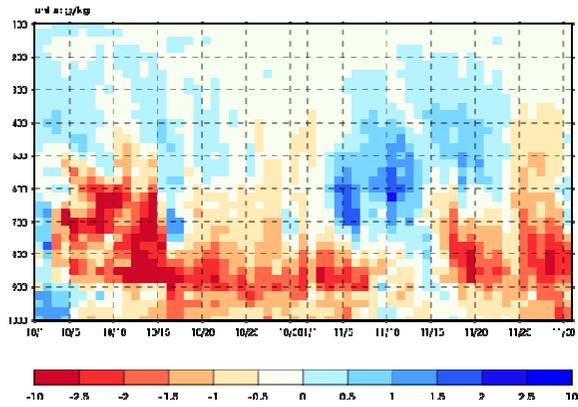
- Convection profonde + partie stratiforme
- Pic de chauffage vers 400 hPa et on ne chauffe pas trop dans les basses couches
- Pré-CMIP6 sous-estime l'altitude et l'intensité de la convection profonde.
- Pré-CMIP6 assèche trop la moyenne troposphère et il n'assèche pas suffisamment la couche limite



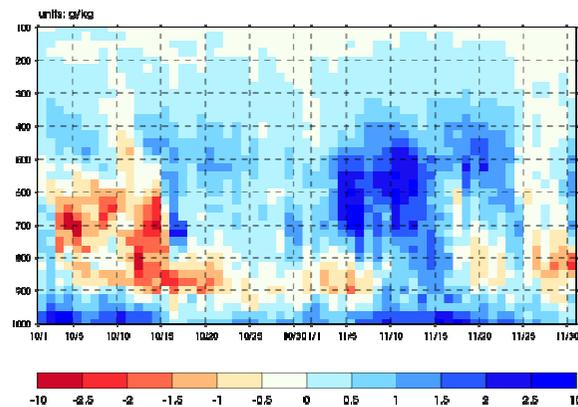
BACKUP

BIAIS Pré-CMIP6

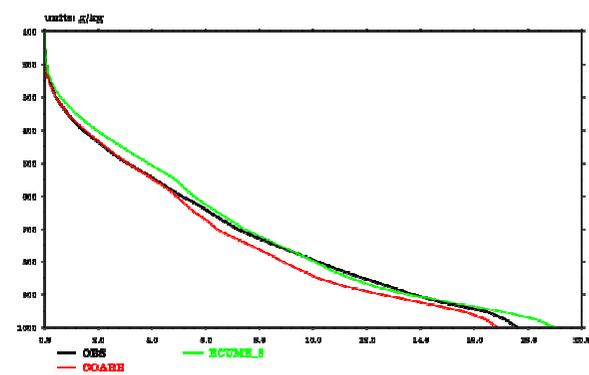
Biais Hus COARE



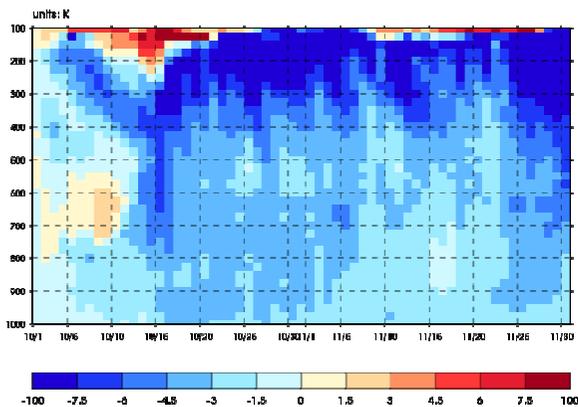
Biais Thêta ECUME New



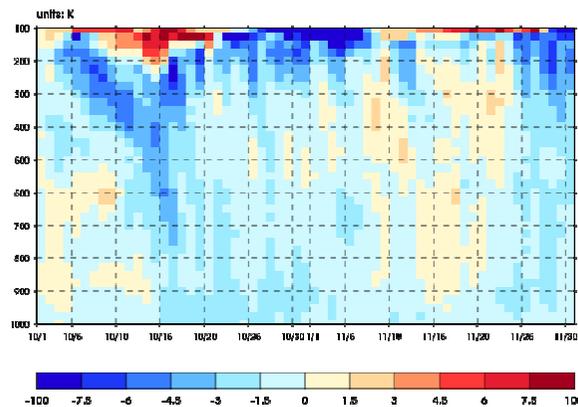
Profils moyens de qv



Biais thêta COARE



Biais thêta ECUME New



Profils moyens de Thêta

