

Contrôle de la convection profonde par les processus sous-nuageux dans LMDZ5B

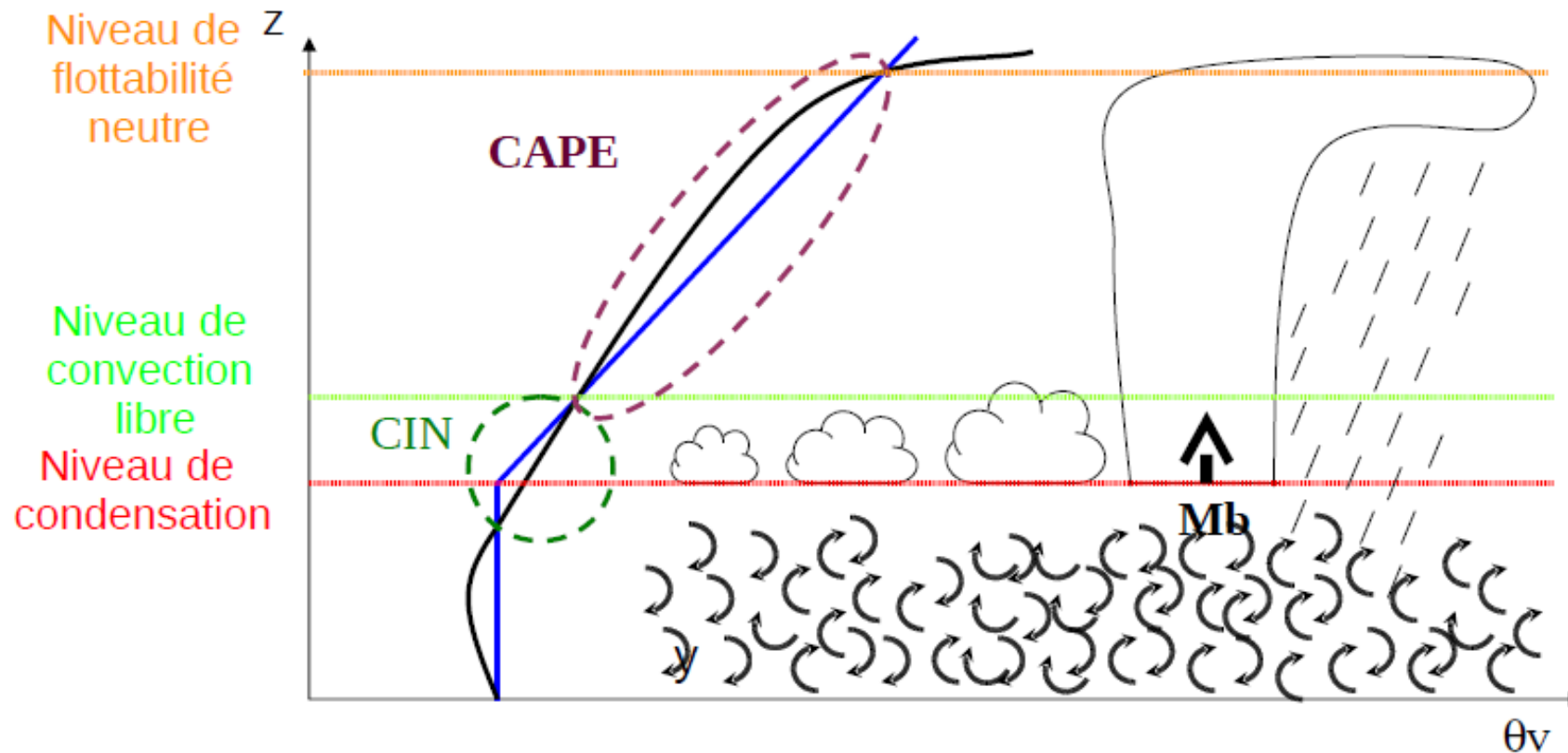
C. Rio, J.-Y. Grandpeix, F. Hourdin, F. Guichard, F. Couvreux, J.-P. Lafore, A. Fridlind, A. Mrowiec, S. Bony, N. Rochetin, R. Roehrig, A. Idelkadi, M.-P. Lefebvre and I. Musat

Laboratoire de Météorologie Dynamique, CNRS/IPSL, Paris, France

Centre National de la Recherche Météorologique (CNRM/GAME), Toulouse, France

Goddard Institute for Space Studies (NASA/GISS), New-York, USA

Critère de déclenchement et fermeture des schémas de convection



Critère de déclenchement: définit quand le schéma de convection est actif.
Souvent basé sur la CIN

Emanuel, 1991: $B(\text{LCL} + 40\text{hPa}) > |\text{CIN}|$

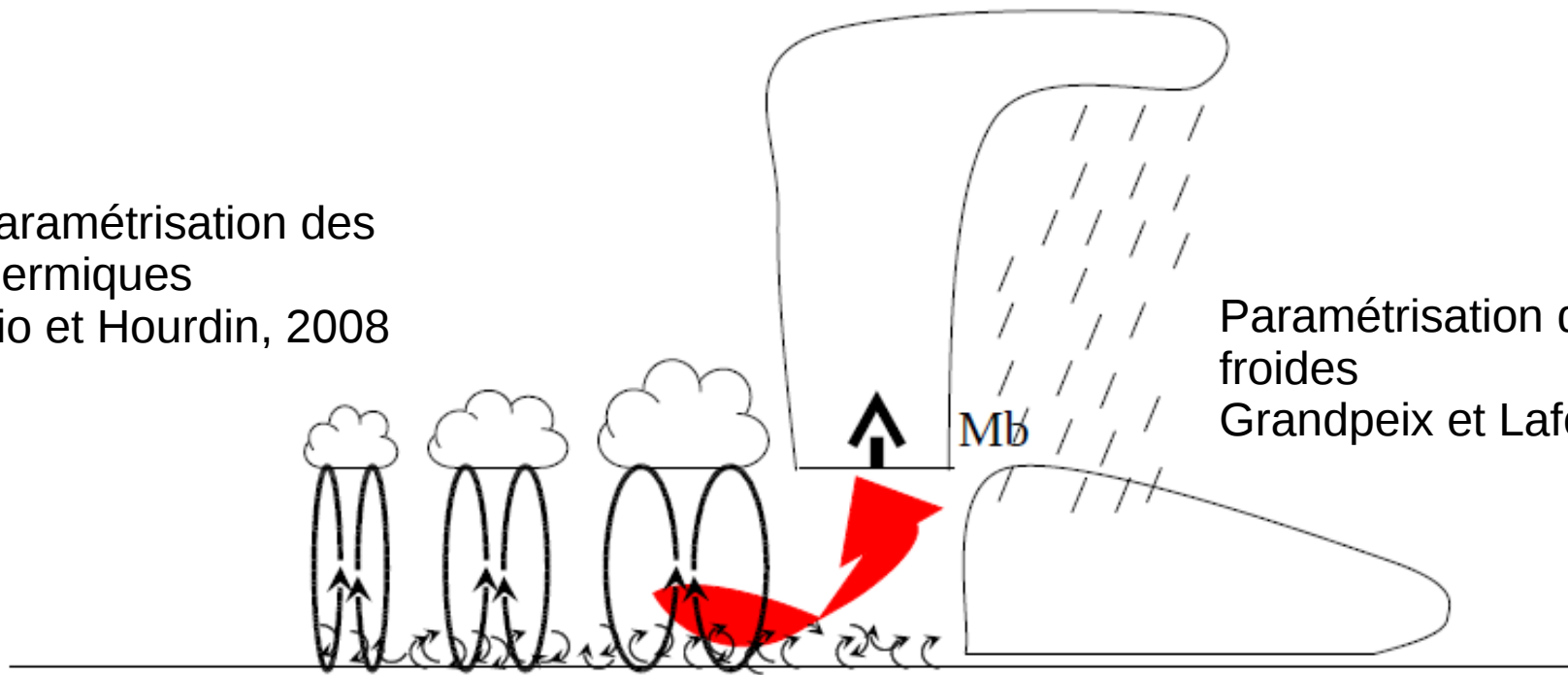
Fermeture: définit l'intensité de la convection.
Souvent reliée aux variables grande-échelle moyennes (CAPE, convergence d'humidité):

Emanuel, 1991: $M_b = f(\text{CAPE})$

Contrôle de la convection par les processus sous-maille sous-nuageux

Paramétrisation des
thermiques
Rio et Hourdin, 2008

Paramétrisation des poches
froides
Grandpeix et Lafore, 2011



Critère de déclenchement:
Basé sur une énergie de soulèvement
(ALE, J/kg)

$$\text{MAX}(\text{ALE}_{bl}, \text{ALE}_{wk}) > |CIN|$$

$$\text{ALE}_{bl} = 0.5 w_{\text{max}}^2$$

$$\text{ALE}_{wk} = 0.5 c^*{}^2$$

Fermeture:
Basée sur une puissance de soulèvement
(ALP, W/m²)

$$M_b = \frac{ALP}{[|CIN| + 2w_b^2]}$$

$$\text{avec } ALP = ALP_{bl} + ALP_{wk}$$

$$ALP_{bl} = k \cdot 0.5 \rho w'^3$$

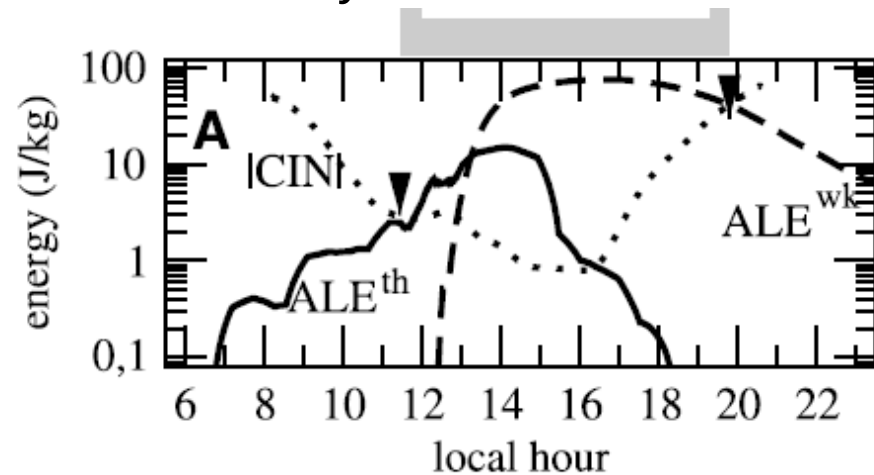
$$ALP_{wk} = k' \cdot 0.5 \rho c^{*3}$$

$$w_b = 1 \text{ m/s}$$

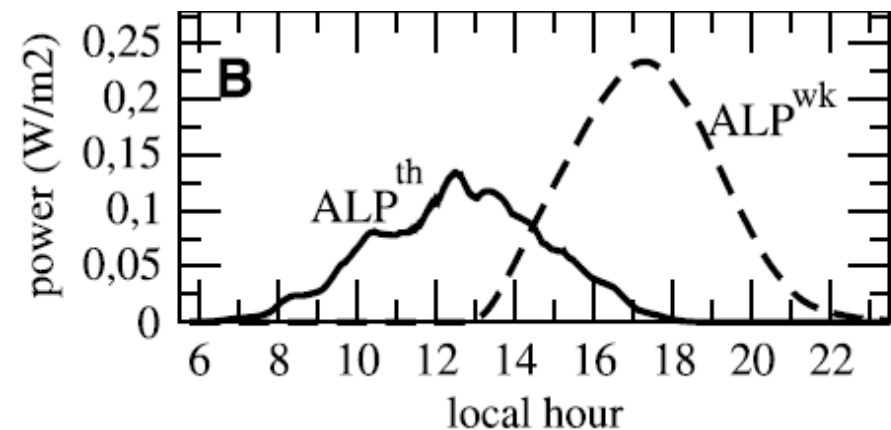
Cas d'étude 1D continental: cycle diurne de la convection aux moyennes latitudes

Cas EUROCS (Guichard et al., 2004), 27 juin 1997, Oklahoma

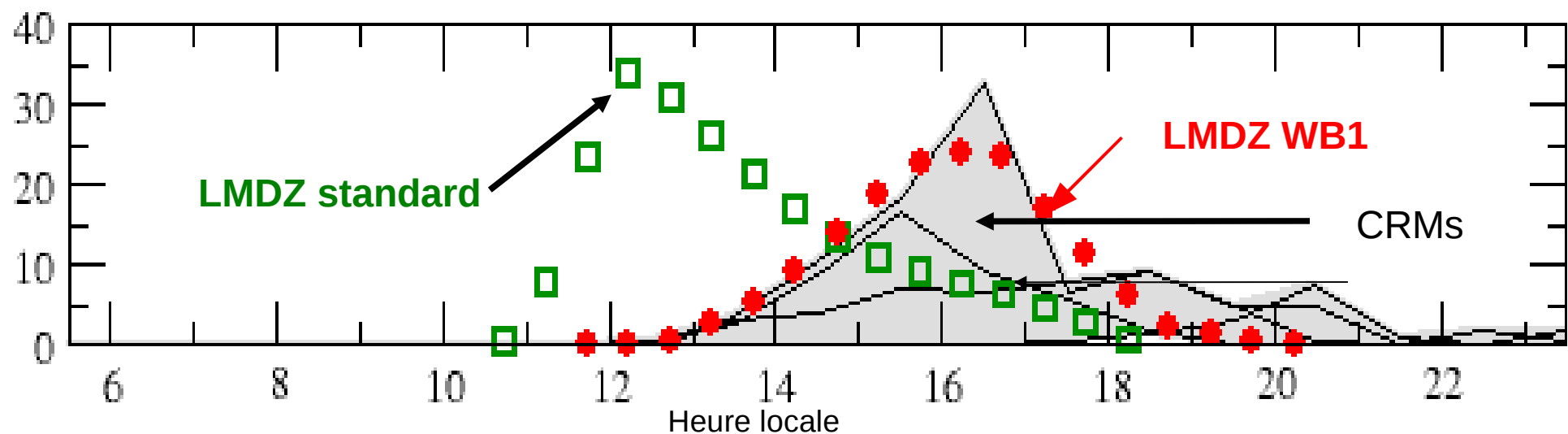
Cycle diurne de ALE



Cycle diurne de ALP



Cycle diurne des précipitations

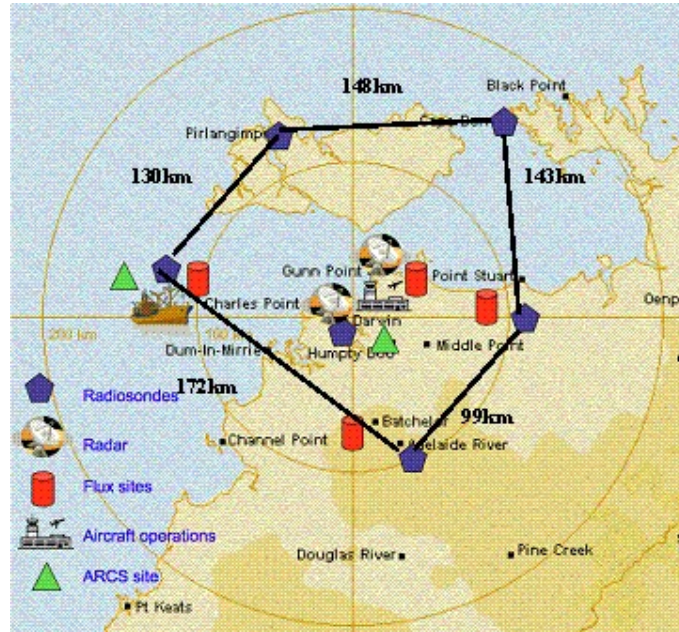


Cas d'étude 1D océanique:

The Tropical Warm Pool-International Cloud Experiment (TWP-ICE)

Darwin, Australia,

19 Janvier-13 Février 2006



Cas d'étude construit à partir des observations:

- SST forcée
- advections grande-échelle
- vents guidés

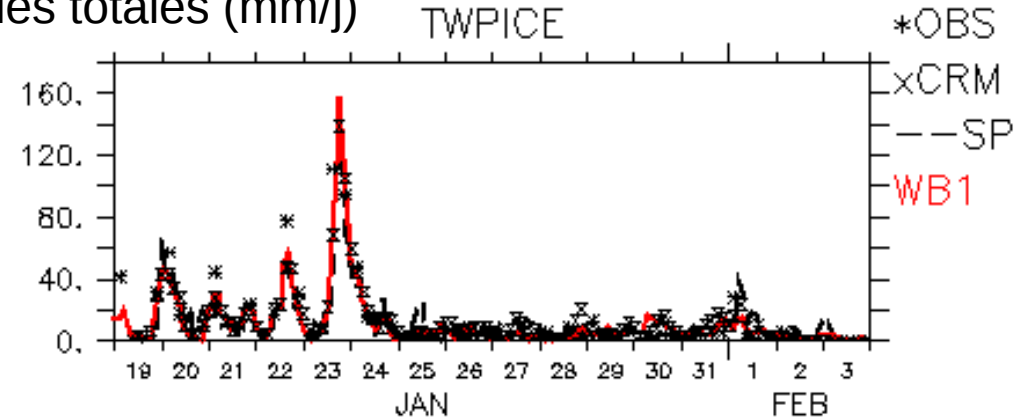
Simulations réalisées en parallèle:

CRM DHARMA (Fridlind et al., JGR, 2011)

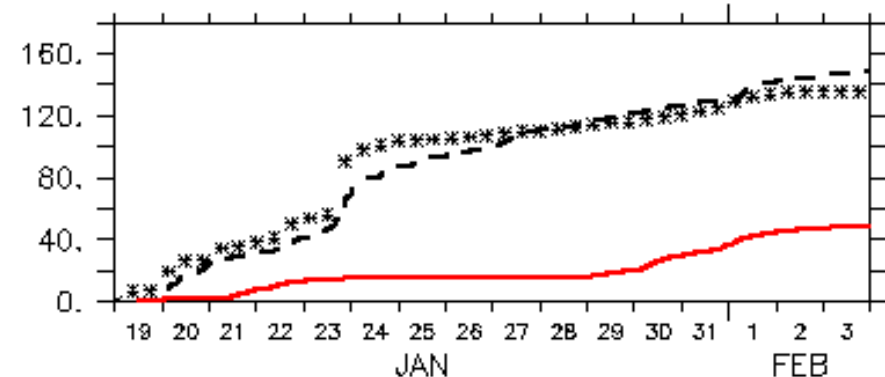
LMDZ1D SP

LMDZ1D WB1

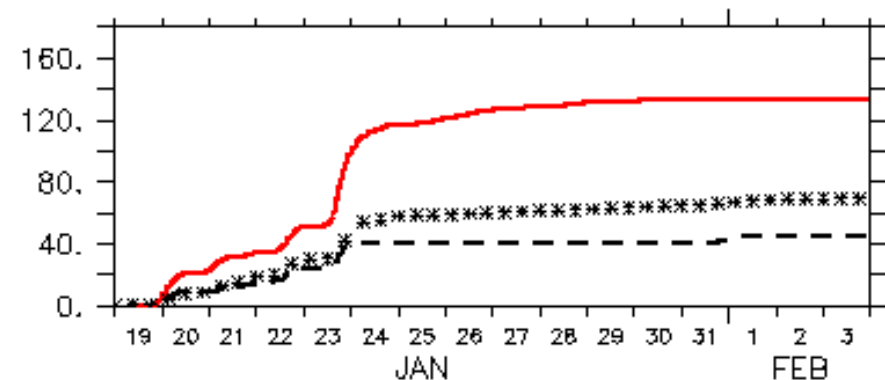
Pluies totales (mm/j)



Pluies convectives cumulées (mm)



Pluies stratiformes cumulées (mm)



Utilisation des CRMs pour évaluer les hypothèses à la base des paramétrisations physiques

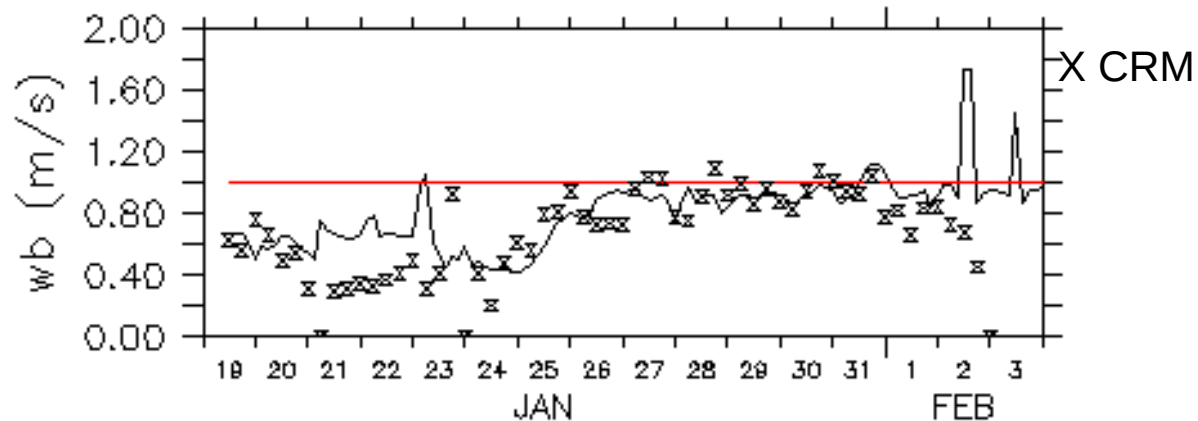
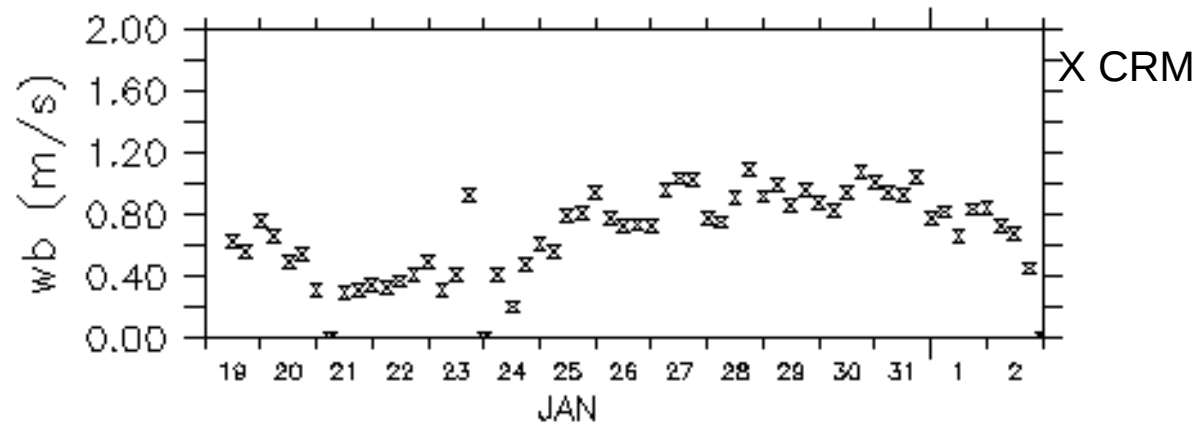
Estimation du w_b dans le CRM
Echantillonnage conditionnel basé sur la présence d'eau liquide au LFC

Formulation de la vitesse verticale au niveau de convection libre:

WB1: $w_b = 1 \text{ m/s}$

NP:
$$w_b = \frac{w_{b_{max}}}{1 + \Delta P / (p_1 - p_{lfc})}$$

Avec $w_{b_{max}} = 6 \text{ m/s}$ et $\Delta P = 500 \text{ hPa}$

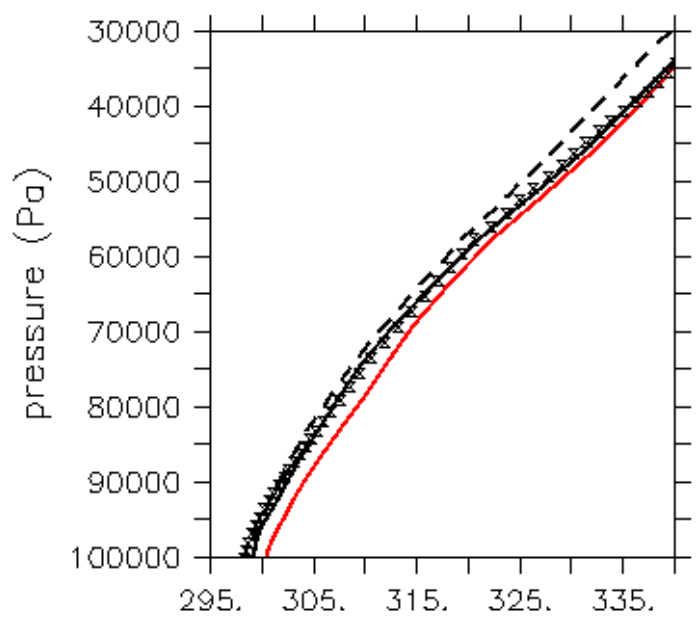


LFC plus haut > CIN + forte > convection mieux organisée et localement plus violente.

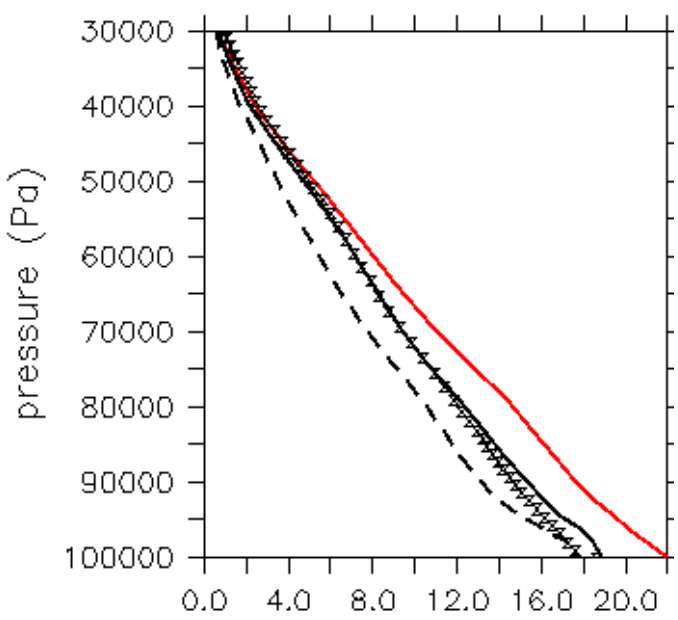
De plus, les observations montrent des vitesses à la base des nuages convectifs plus fortes sur continent (où base plus élevée) que sur océan (Lemone & Zipser, 1980; Zipser & Lemone, 1980; Jorgensen et Lemone, 1989; Lucas et al., 1994).

Impact sur les champs moyens simulés

Période “active” θ (K)



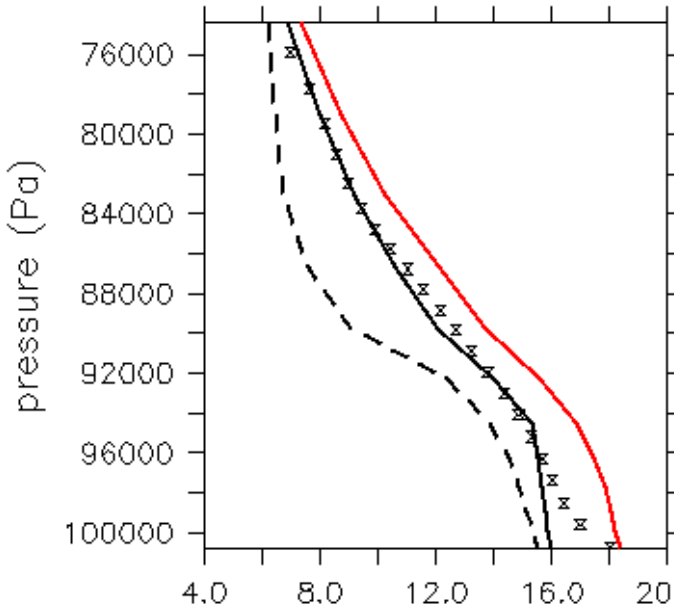
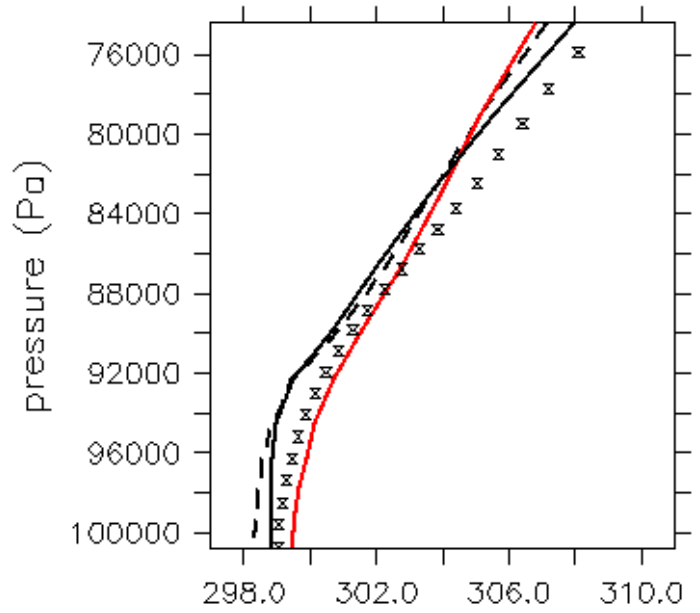
qv (g/kg)



- X CRM
- SP
- NP
- WB1

Environnement
+ froid et sec
dans NP vs WB1

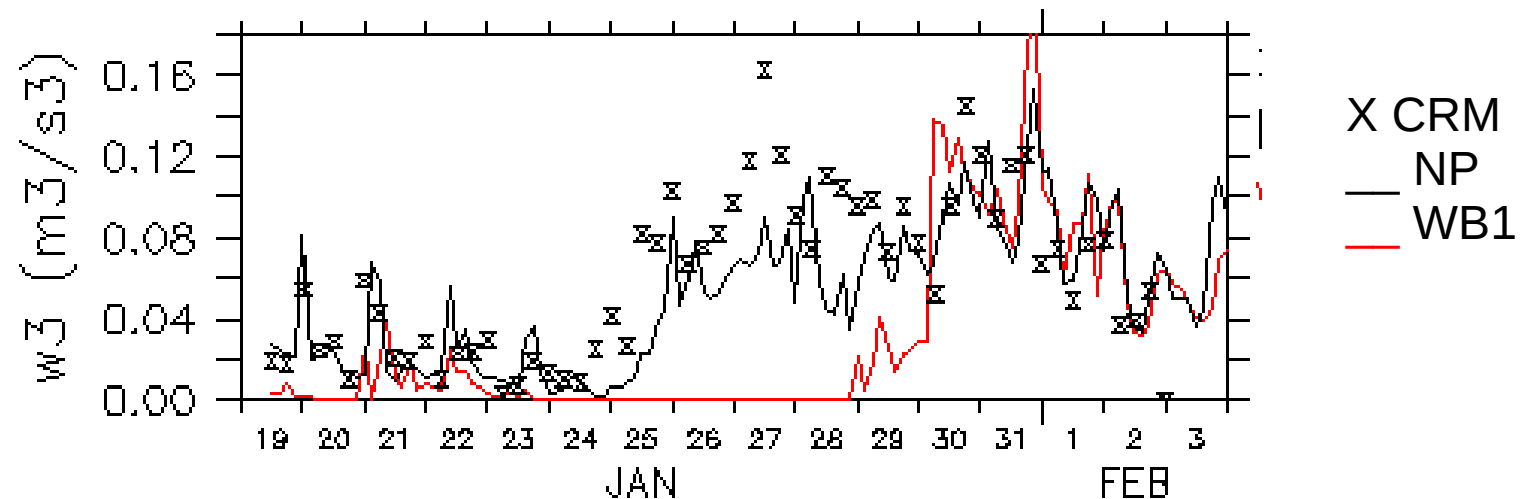
Période “suppressed”



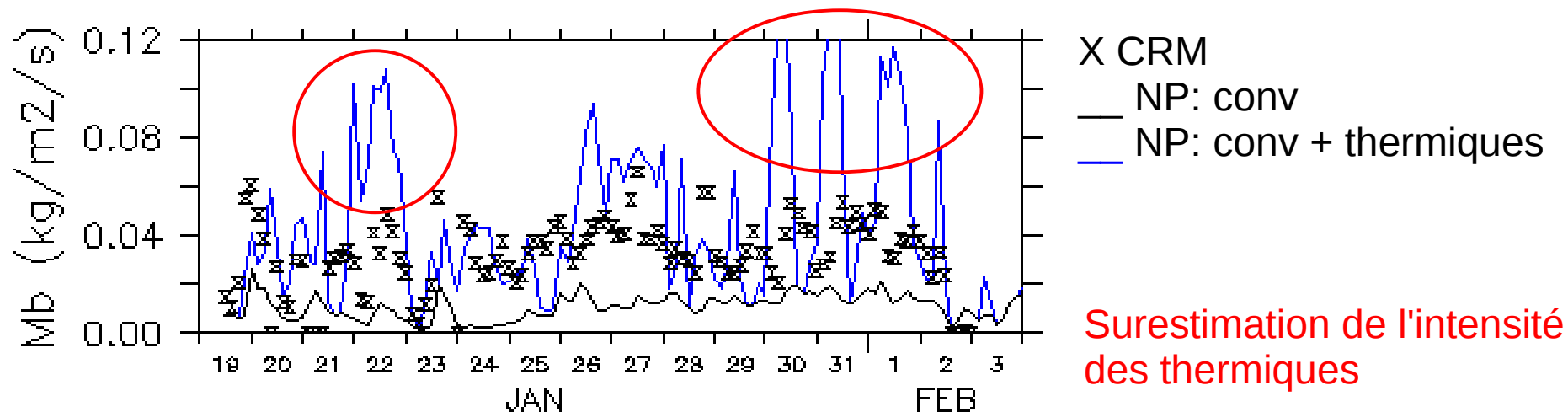
Dans NP:
Profils trop mélangés dans
les basses couches
Impact thermiques versus
poches froides

Impact sur les variables sous-maille

Evaluation de la paramétrisation du moment d'ordre 3 de w (donnant ALP)
à partir du moment d'ordre 3 de w au niveau de condensation résolu dans le CRM



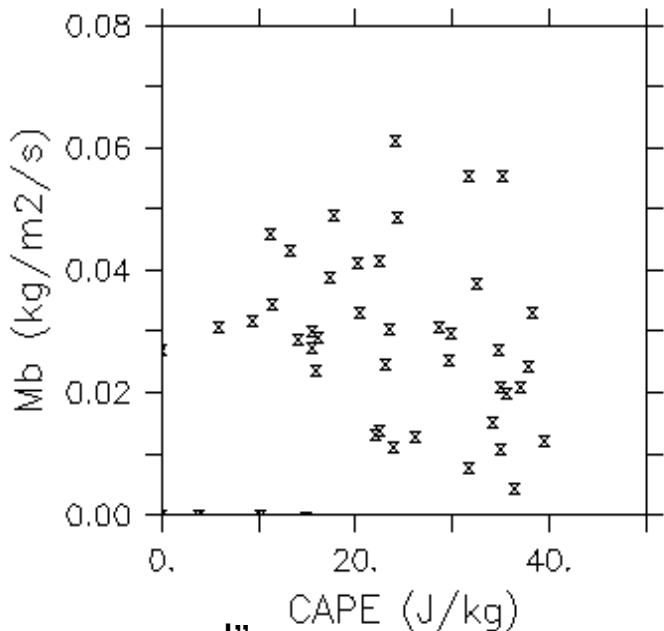
Evaluation du flux de masse à la base des nuages:
Séparation tours convectives / thermiques non triviale dans le CRM



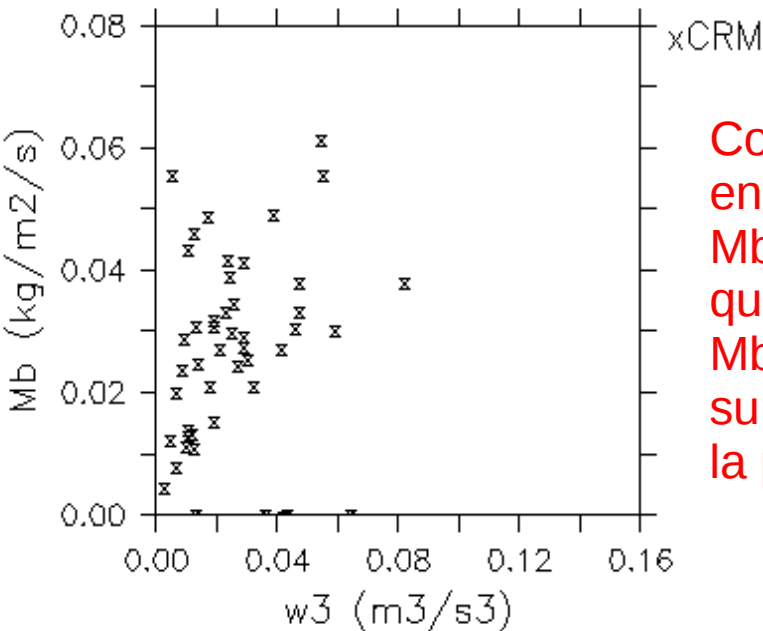
Fermeture en ALP versus fermeture en CAPE

Période “active”

Mb vs CAPE



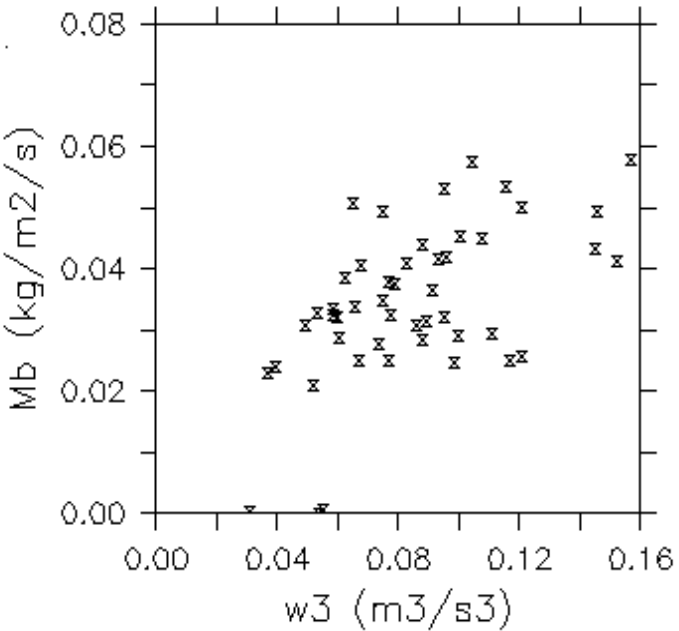
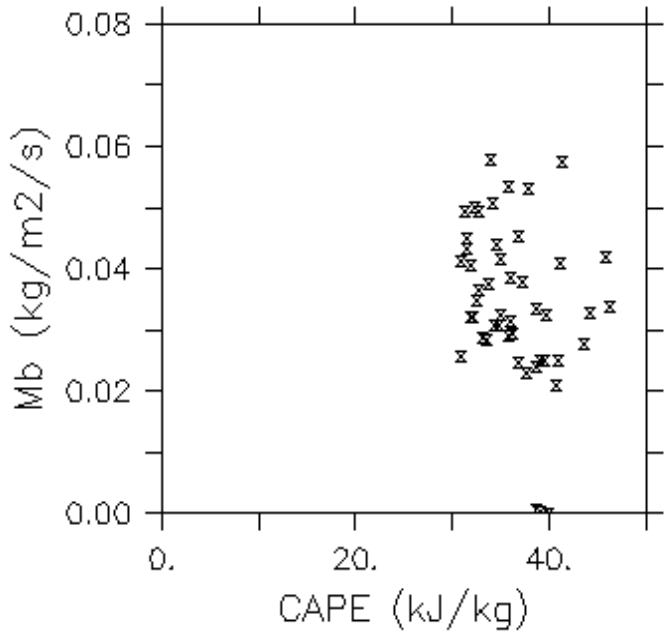
Mb vs w'3



Corrélation + forte
entre
Mb et w'3
qu'entre
Mb et CAPE
surtout pendant
la phase active

Période “suppressed”

CAPE (kJ/kg)



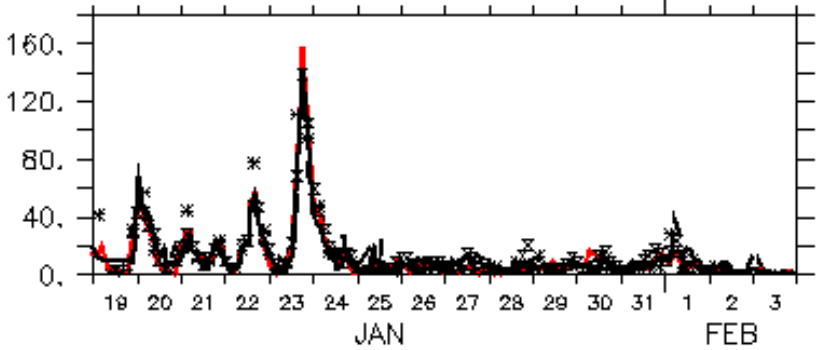
Impact sur la répartition pluies convectives/stratiformes

1D

Pluies totales (mm/j)

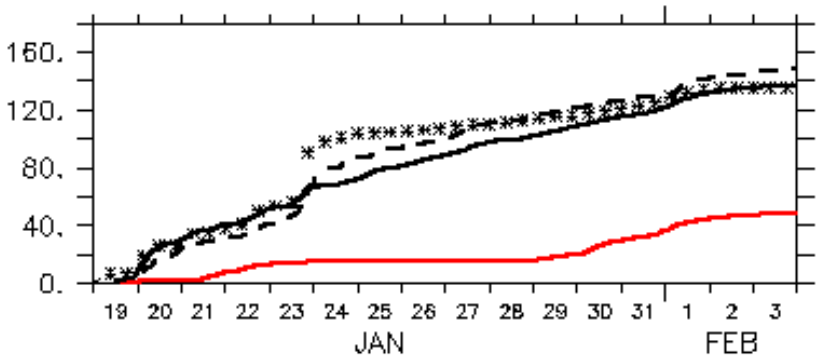
TWPICE

*OBS
xCRM
--SP
NP
WB1

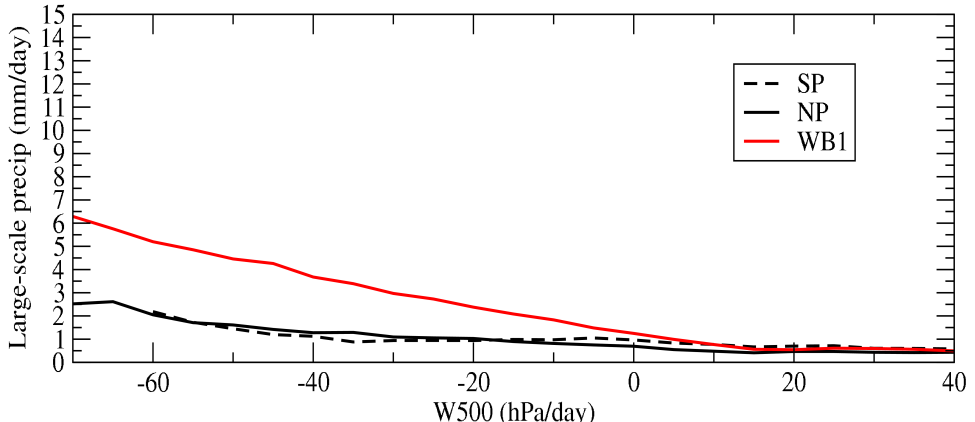
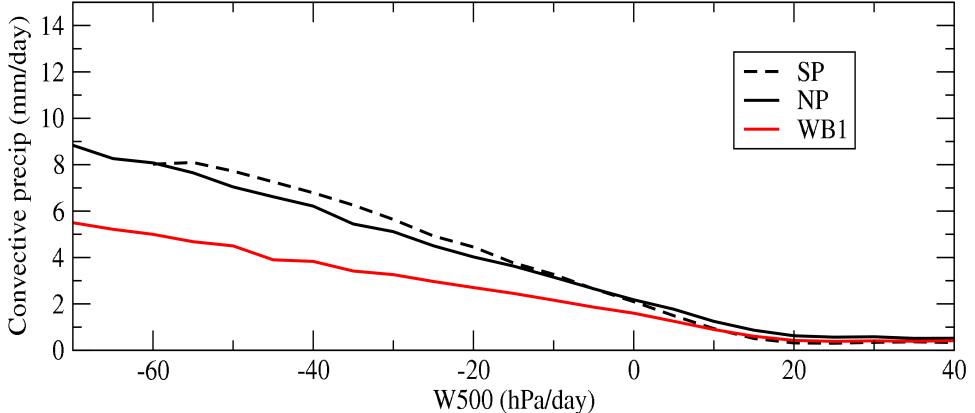
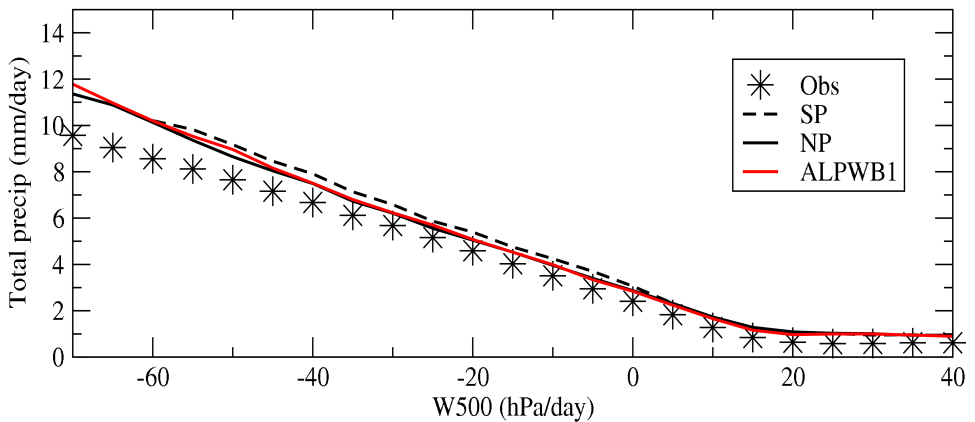
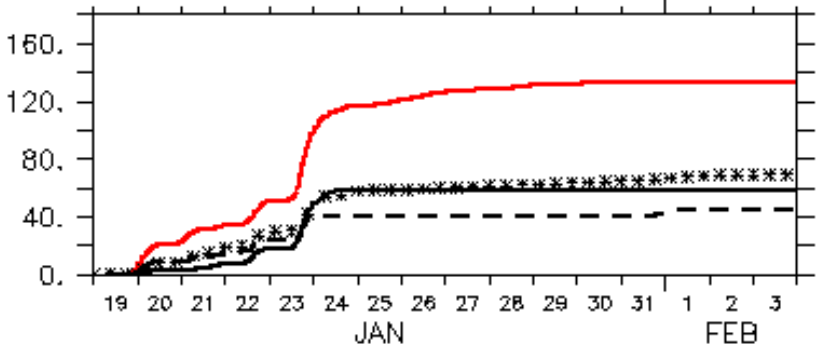


3D

Pluies convectives (mm/j)



Pluies stratiformes (mm/j)

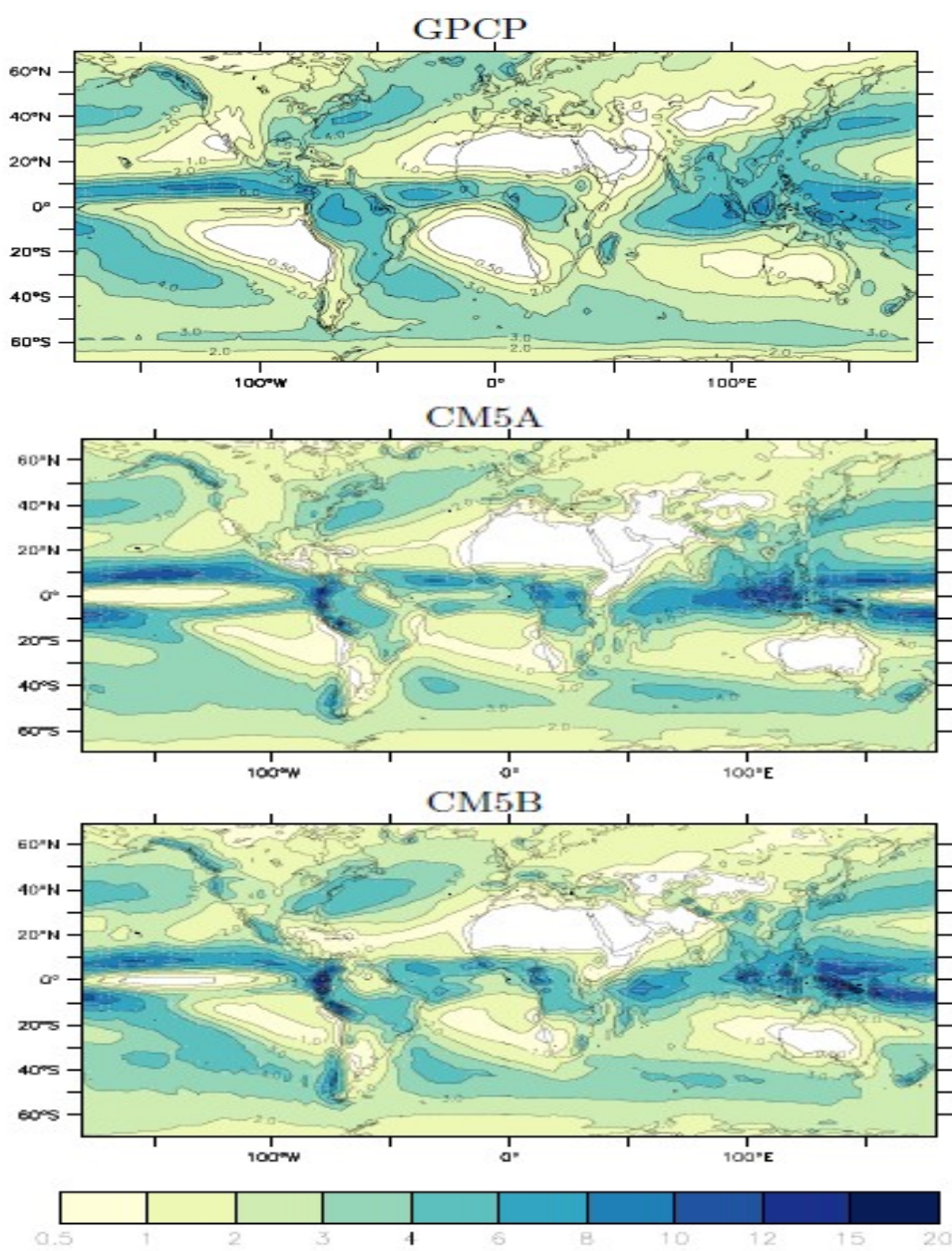


Impact sur la variabilité des pluies

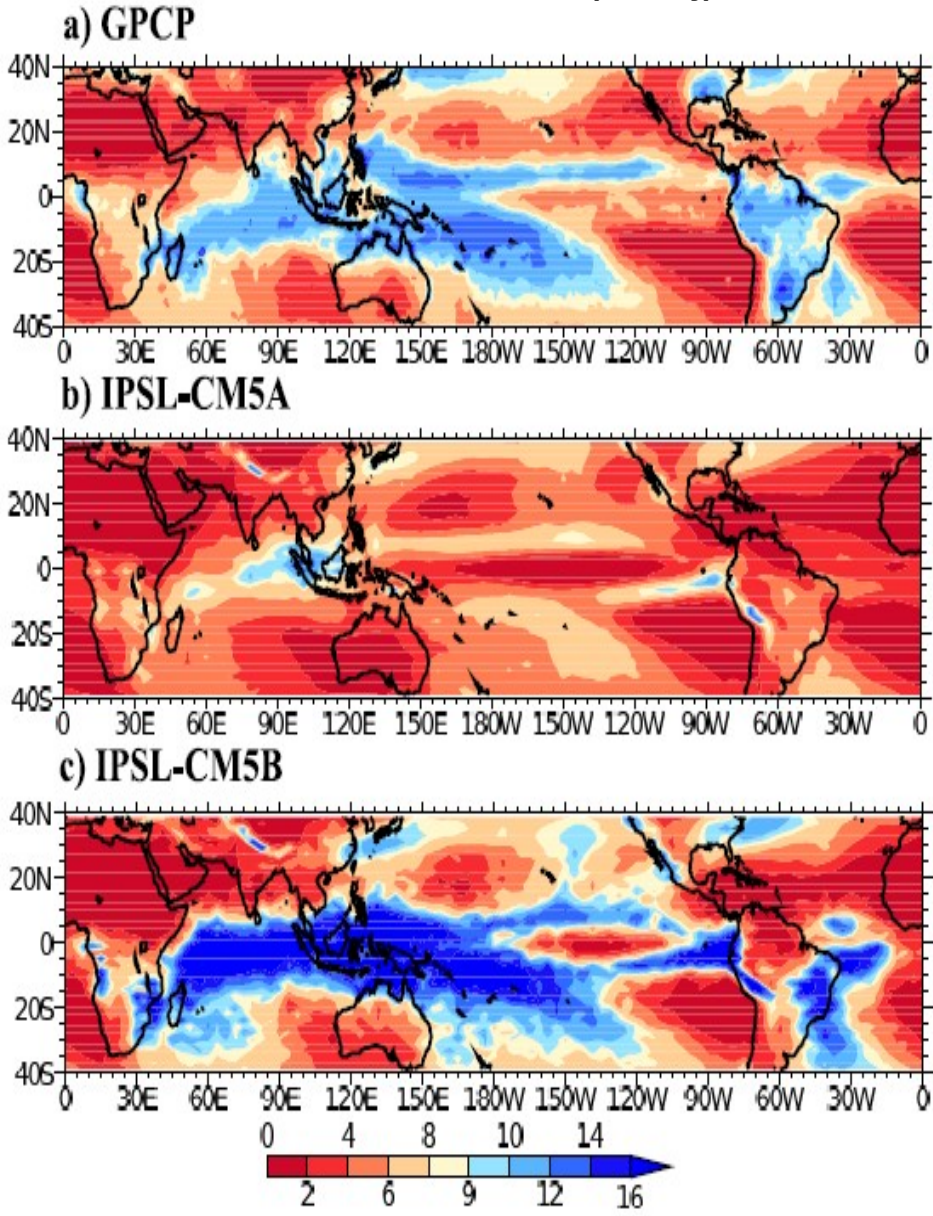
Hourdin et al., accepté à Climate Dynamics, issue spéciale CMIP5

IPSL-CM5A/CM5B: 10 ans de simulations couplées pré-industrielles

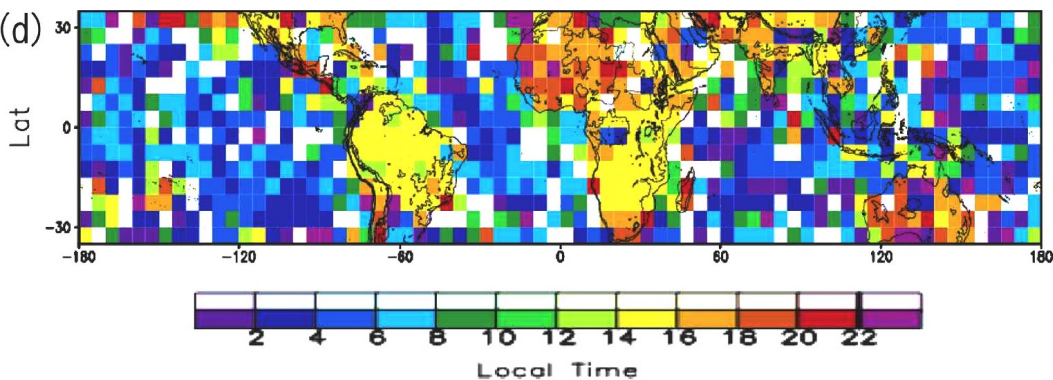
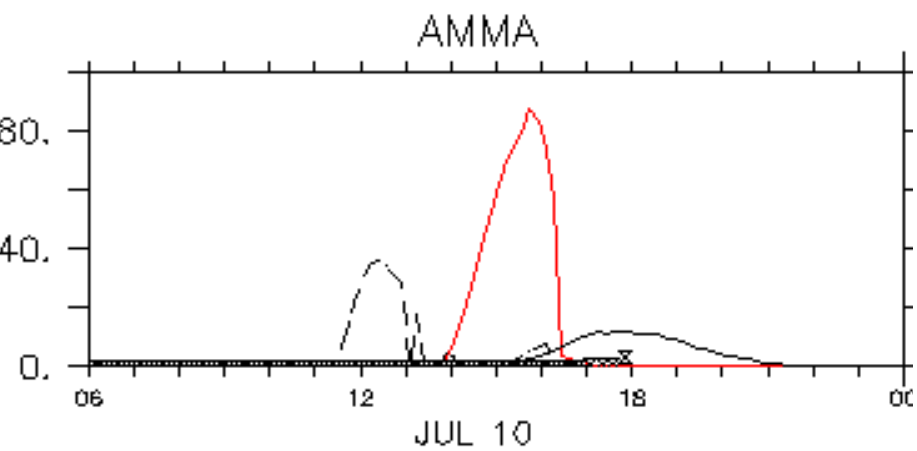
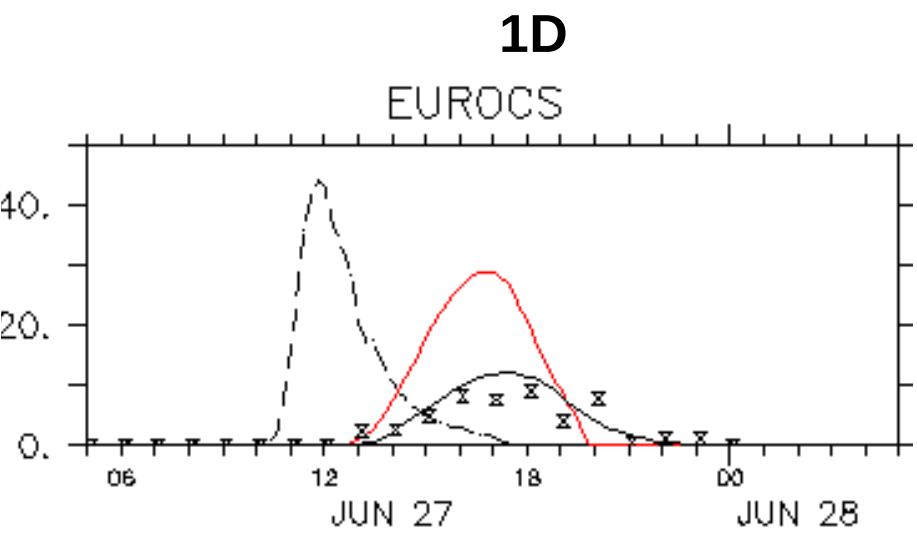
Pluies moyennes (mm/j)



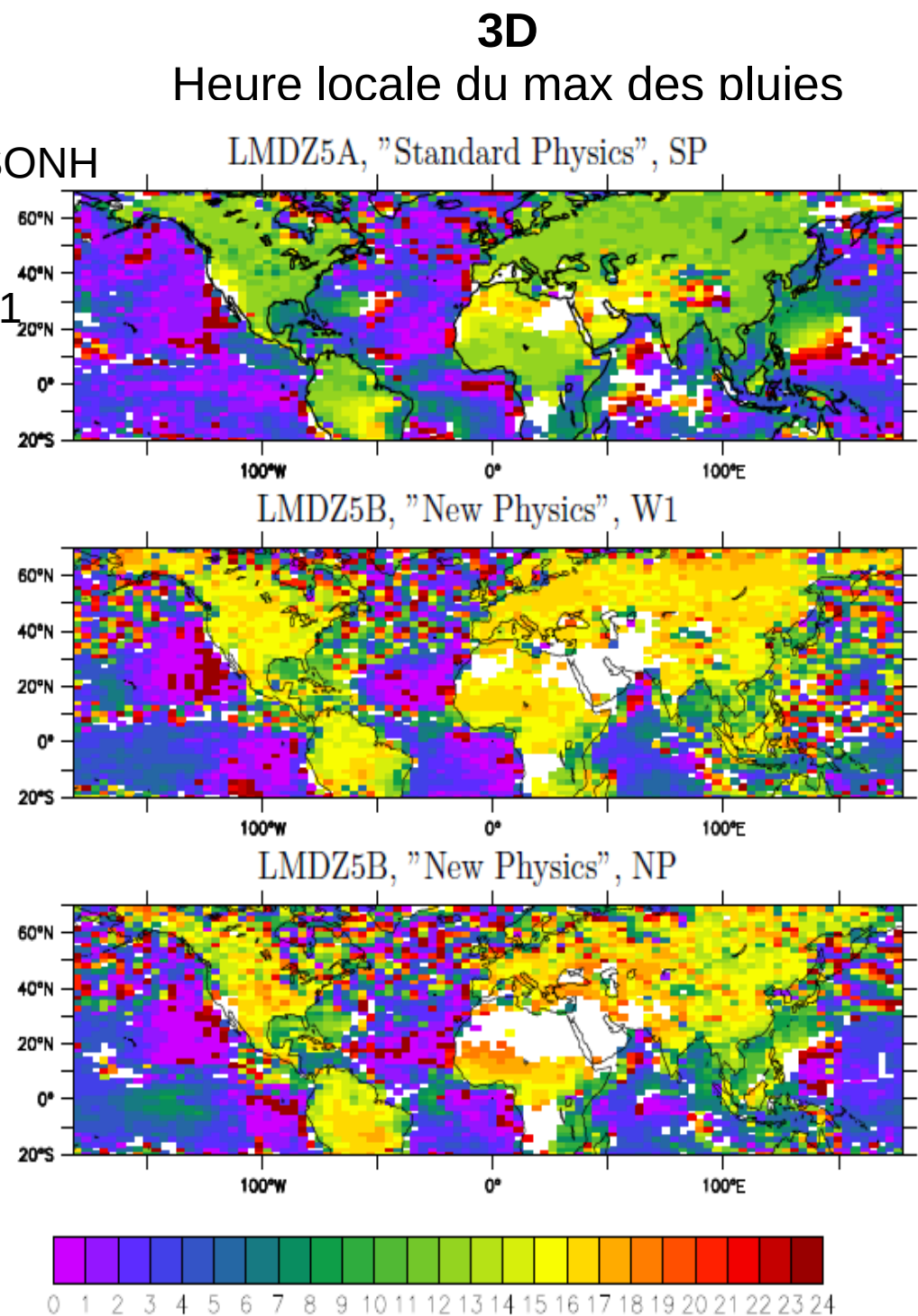
Variabilité des pluies quotidiennes
désaisonnalisées (mm/j)



Impact sur le cycle diurne des pluies continentales



Observations (TRMM)



Conclusions

Passage du 1D au 3D:

Nécessité de développer des paramétrisations valides pour les différents régimes convectifs rencontrés sur le globe (continents versus océan, moyennes latitude versus régions semi-arides etc...)

Apport des cas 1D pour explorer différents régimes dans une configuration idéalisée

Utilisation des modèles explicites pour évaluer les hypothèses à la base des paramétrisations

Définition de la vitesse verticale au LFC (wb)

Pertinence de relier le flux de masse convectif aux processus sous-nuageux (ALP)

Développements nécessaires autour du couplage thermiques/poches froides

Nouvelle version du modèle LMDZ:

Champs moyens peu modifiés, certains biais amplifiés (cf Hourdin et al., Clim. Dyn.)
MAIS

Variabilité des pluies très différente: un nouveau monde à explorer.