

Vague de chaleur et paramétrisation de la convection : cas d'étude Sahélien

Tomasini M., **Guichard Françoise**, Couvreur F., Barbier J., Roehring R.

QJRMS 2021

Conférence
AMA
Mars 2021



PLAN

- ★ **Vagues de chaleur** et choix de la période
- ★ **Comparaison** des simulations **Méso-NH** avec les observations
- ★ **Bilans** des variables thermodynamiques en basses couches
- ★ **Schéma conceptuel**

ANR

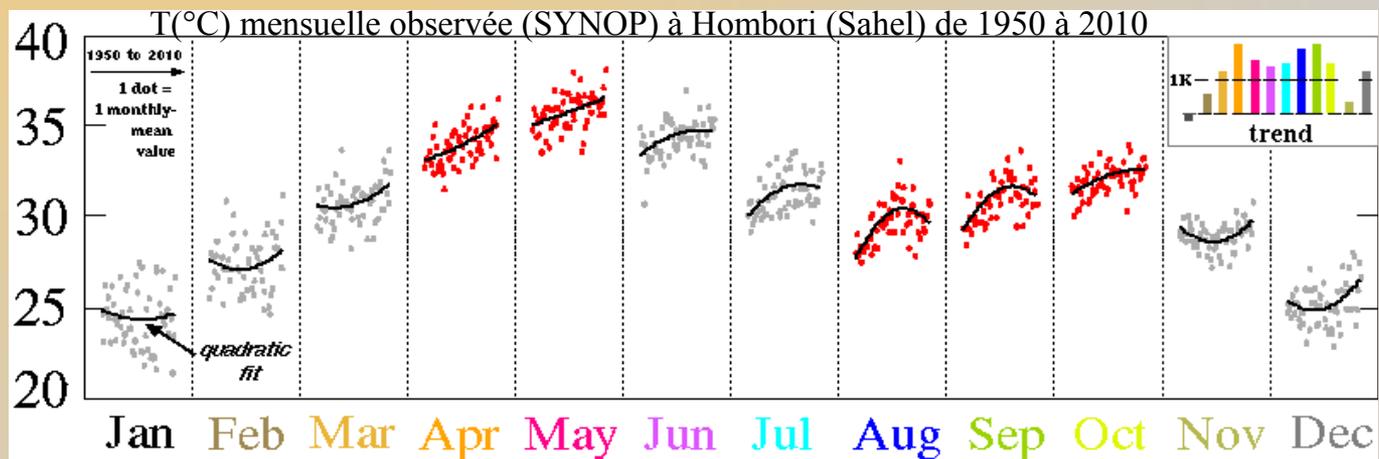
ACASIS





Généralités sur les vagues de chaleur

- ★ En lien avec le réchauffement climatique global, les vagues de chaleur observées et prévues \uparrow en fréquence, durée et intensité. Plus fortes sur continents et la nuit.
- ★ Sahel : Réchauffement + fort en saison "sèche" déjà chaude et $>$ à la tendance mondiale (2° vs 1°C)



Guichard et al. (2014)

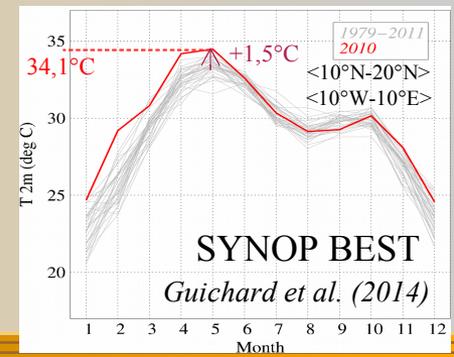
- ★ Les modèles de climat montrent une grande dispersion sur T2m au Sahel en saison sèche à cause de divers processus difficiles à bien modéliser (aérosols, nuages, microphysique, rayonnement, **schéma de convection profonde**)
- ★ Quelques modélisations régionales explicites mais pas sur l'Afrique de l'ouest



Vague de chaleur au printemps 2010

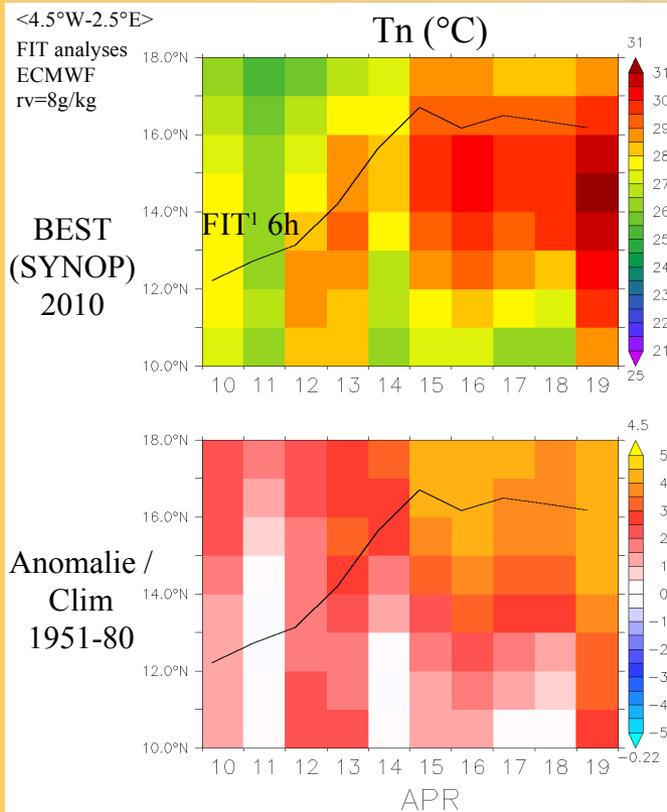
★ Choix de la période :

- Sévère vague de chaleur en avril 2010 sur l'Afrique de l'ouest (*Barbier et al. 2018, Largeron et al. 2020*)
- Période simulée : 10-19/04/2010 car poussée de mousson



★ Montée du FIT¹ les 5 premiers jours

★ accompagnée de l'↑ des Tn au Sud du FIT de 25°C → 31°C (+4,5°C en anomalie)



★ Dépression sur les côtes marocaines :

★ favorisant un flux d'Ouest humide : "tropical plume"

=> ↑ Tn au Nord du FIT¹

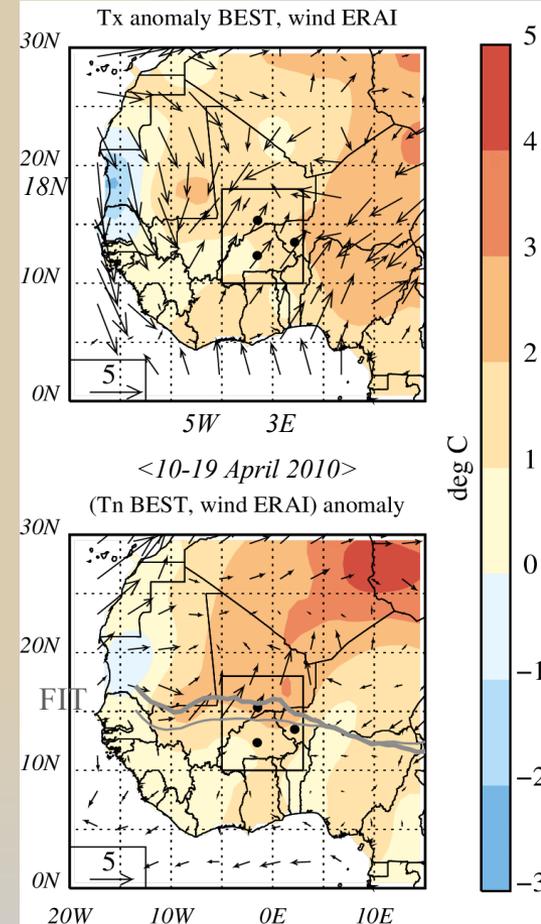
★ empêchant l'intrusion d'air frais de la Méditerranée

=> ↑ Tx au Nord et à l'Est du FIT

=> creusement de la dépression thermique saharienne (Niger)

=> ↑ vent de SO sur le Sahel

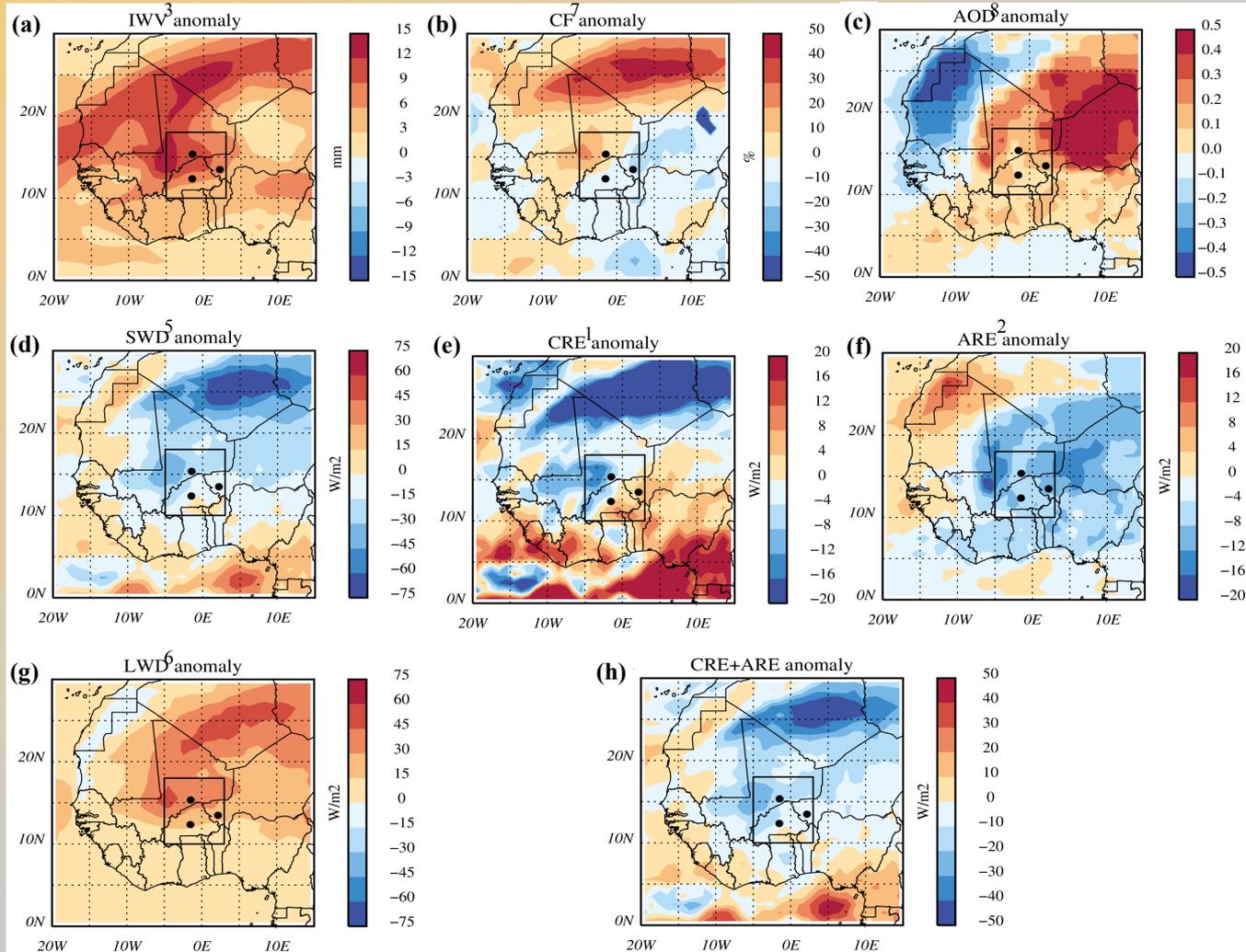
=> FIT +2° / clim





Vague de chaleur d'avril 2010 : Rôle du rayonnement

CERES
<10-19 April 2010>
Climatologie de
1980-2010



	Anomalie
$CRE^1 + ARE^2$	-
$TIWV^3 = PW^4$	+
SWD^5	-
LWD^6	+

=> Explique
que T_n soit +
affectée que
 T_x par effet
de serre

- 1 Cloud Radiation Effect
- 2 Aerosols Radiation Effect
- 3 Total Integrated Water Vapor=
- 4 Precipitable Water
- 5 Short Wave Down
- 6 Long Wave Down
- 7 Cloud Fraction
- 8 Aerosol Optical Depth



Simulations Méso-NH

★ Caractéristiques :

- Modèle à aire limitée **5x5 km²**
- 87 niveaux → z=20 km : **65 dans la CL¹ et le 1^{er} à 2 m**
- Initialisation et frontières rappelées avec les analyses ECMWF /6h 0.25°x0.25°
- **Schéma de convection profonde de KF-Bechtold activé /1h (PARAMétré) ou pas (EXPLicite)**
- Schéma de convection peu profonde EDKF activé (CL¹ mieux simulée)
- Schéma de nuage avec phase mixte (ICE3, sous-maille aussi)
- Schéma de surface (ISBA) et de rayonnement (ECMWF)
- Climatologie des aérosols (TEGEN, AOD² sous-évalué pour notre période)

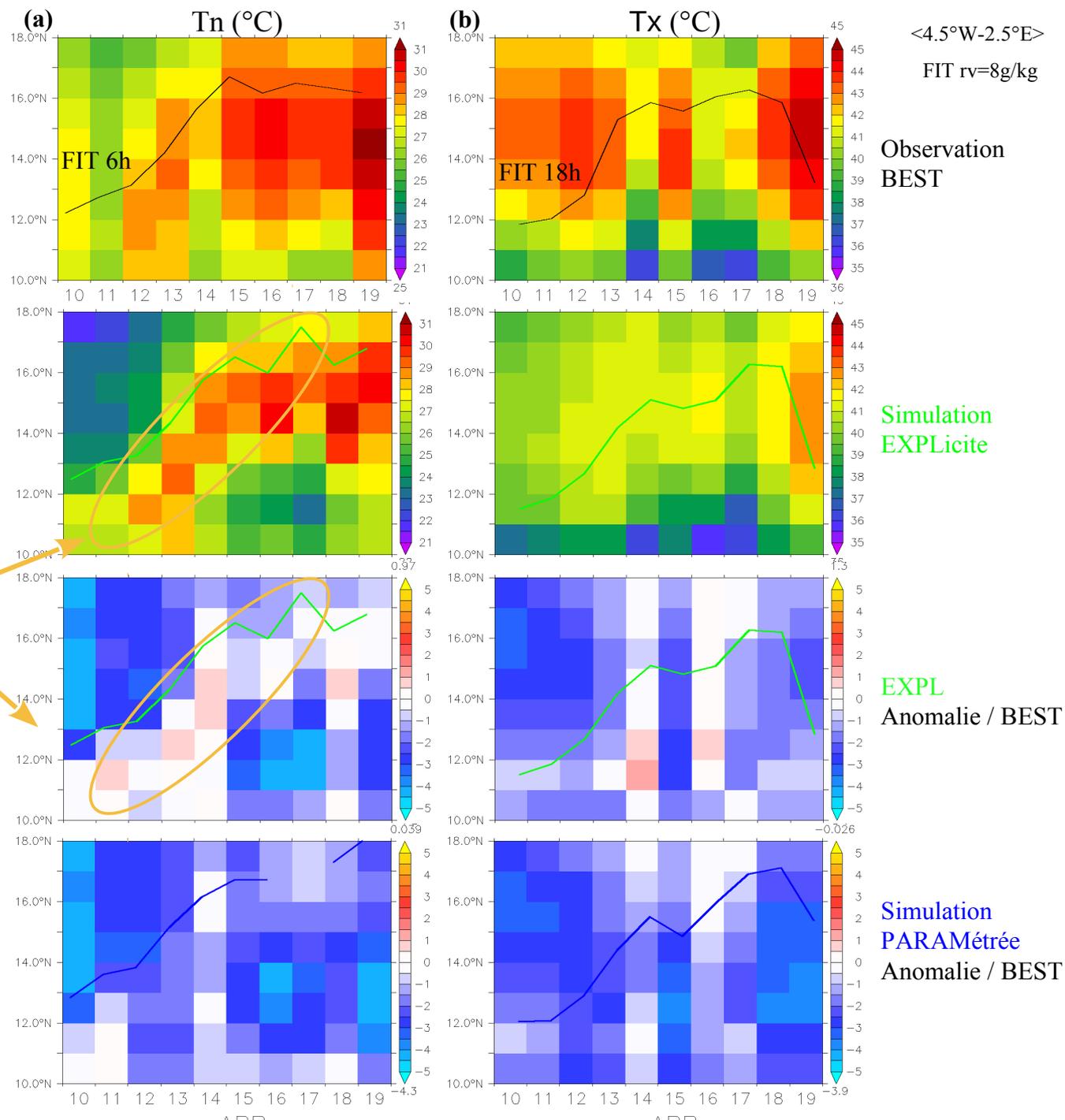
★ But :

- Tester la capacité d'un modèle à aire limitée à reproduire une sévère vague de chaleur
- Tester l'intérêt de la haute résolution permettant de s'abstenir de la paramétrisation de la convection profonde dans cette situation à faible précipitation



Résultats : Comparaison des T2m

- ★ Montée du FIT et ↑ des Tn au Sud du FIT bien simulées pour EXPL
- ★ Au Nord du FIT, en début de période, biais froids de qq °
- ★ Au coeur de la poussée de mousson, biais froids pour Tn et Tx de PARAM
- ★ Biais froids dus en partie au modèle coupleur & pour Tn, à un très fort déficit de nuages (non montré)





Résultats : Température et Pluie

* $T_{PARAM} < T_{EXPL}$
dès qu'il pleut
dans **PARAM** et
pas plus dans
EXPL

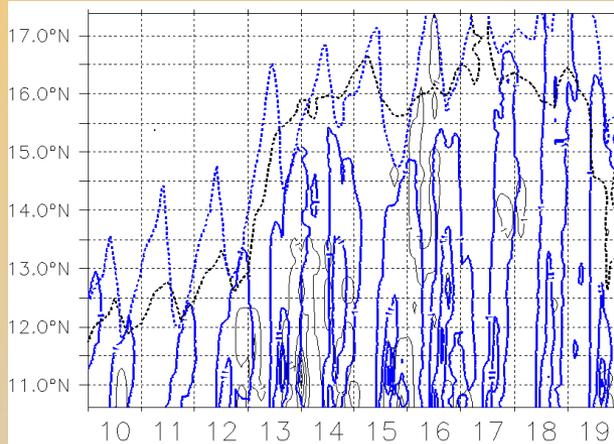
* **PARAM** fait
pleuvoir tous les
jours, trop, trop
tôt ($\leftarrow 12h$) et
trop au Nord
(FIT +0.8°)

* **EXPL** a une
meilleure
variabilité
spatiale et
temporelle bien
que son max se
produise trop tôt
(18h30 au lieu de
0h)

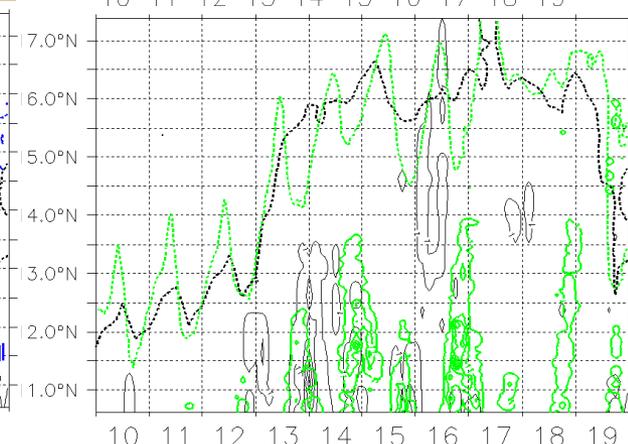
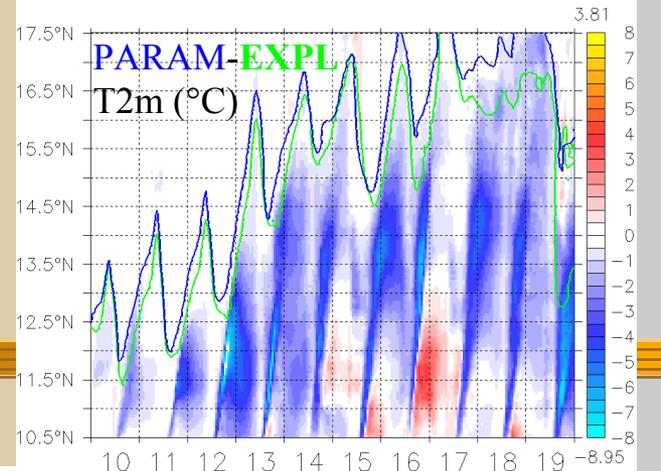
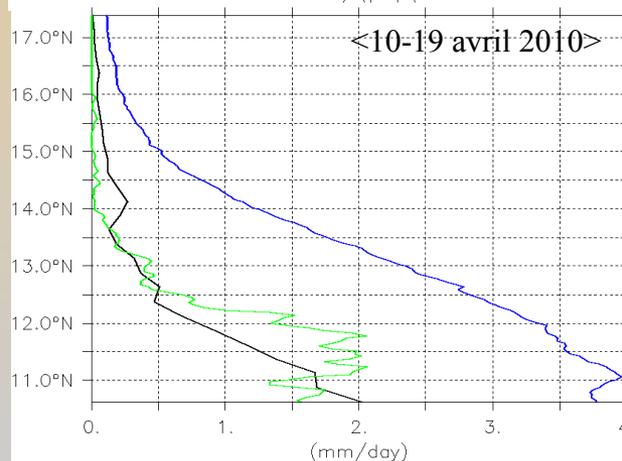
Observations TRMM
Simulation **PARAM**étrée
Simulation **EXPL**icite

<4.5°W-2.5°E> FIT rv=8g/kg

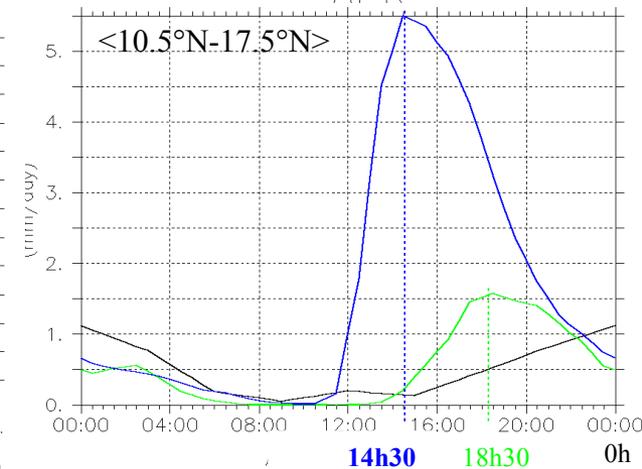
Isohyètes <3h>
(1:40:4 mm/jour)



APR



APR



14h30 18h30 0h



Résultats : A l'échelle locale

Agoufou (15.3°N,1.5°W)

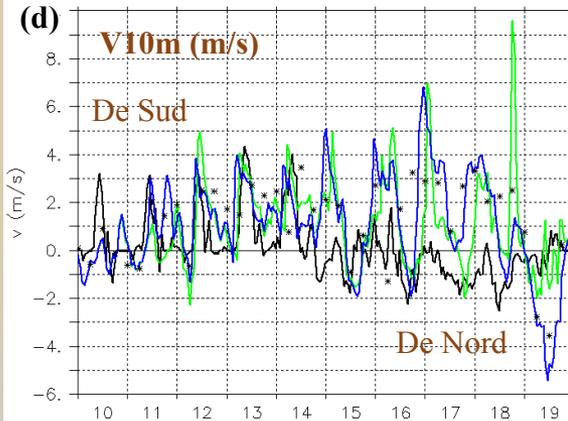
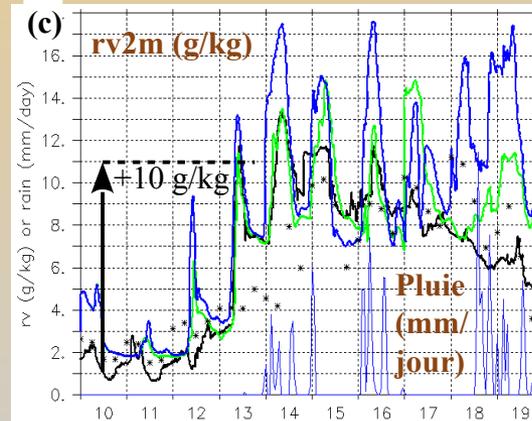
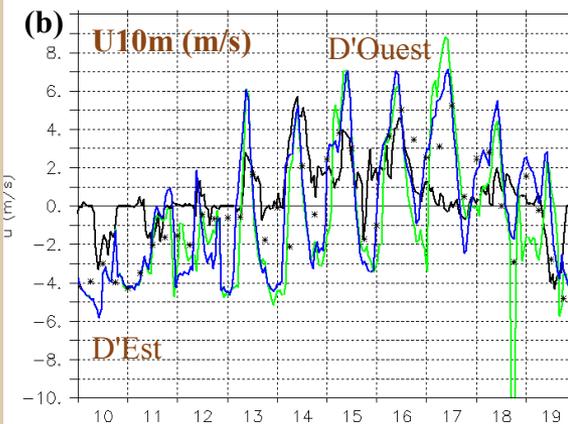
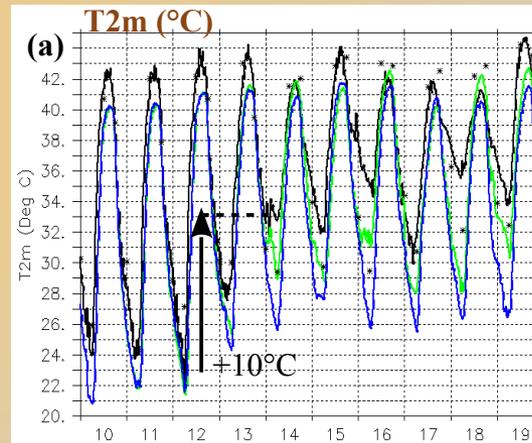


* $T_{EXPL} < T_{OBS}$ de 2-3°C car
 $RNet_{EXPL} < RNet_{OBS}$

* Poussée de mousson
(passage du vent d'Est à
l'Ouest) bien simulée
avec \uparrow des T_n par
rayonnement IR dû à l' \uparrow
de la vapeur d'eau

* $T_{nPARAM} < T_{nEXPL}$ et
 $rv_{PARAM} > rv_{EXPL}$ dès qu'il
pleut dans PARAM
(pourtant pas de pluie obs
ni dans EXPL)

* Retrait de la "mousson"
retardée par maintien du
vent de Sud (dans le
modèle coupleur aussi)



- Observation AWS
- * Modèle Coupleur Analyse ECMWF
- PARAM
- EXPL



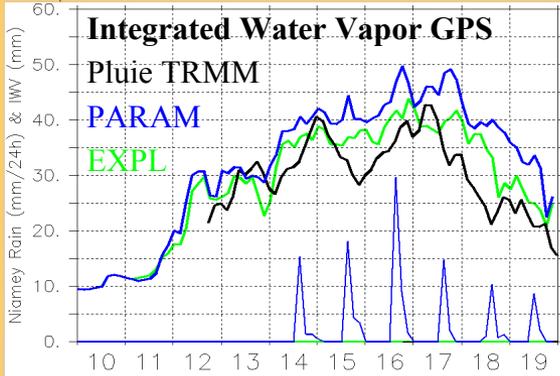
Résultats : A l'échelle locale

Niamey (13.5°N, 2.2°E)

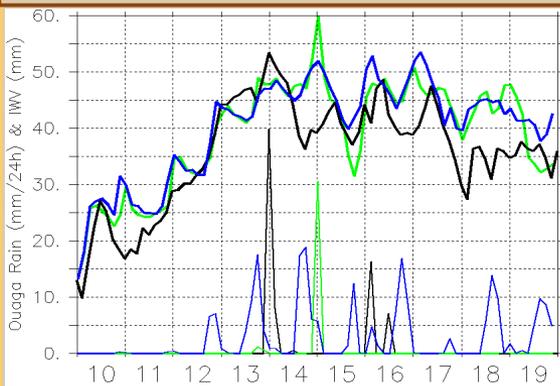
* Arrivée de
vapeur
d'eau bien
simulée

* En surface
comme sur
toute la
colonne
atm.

PARAM
surestime la
vapeur
d'eau



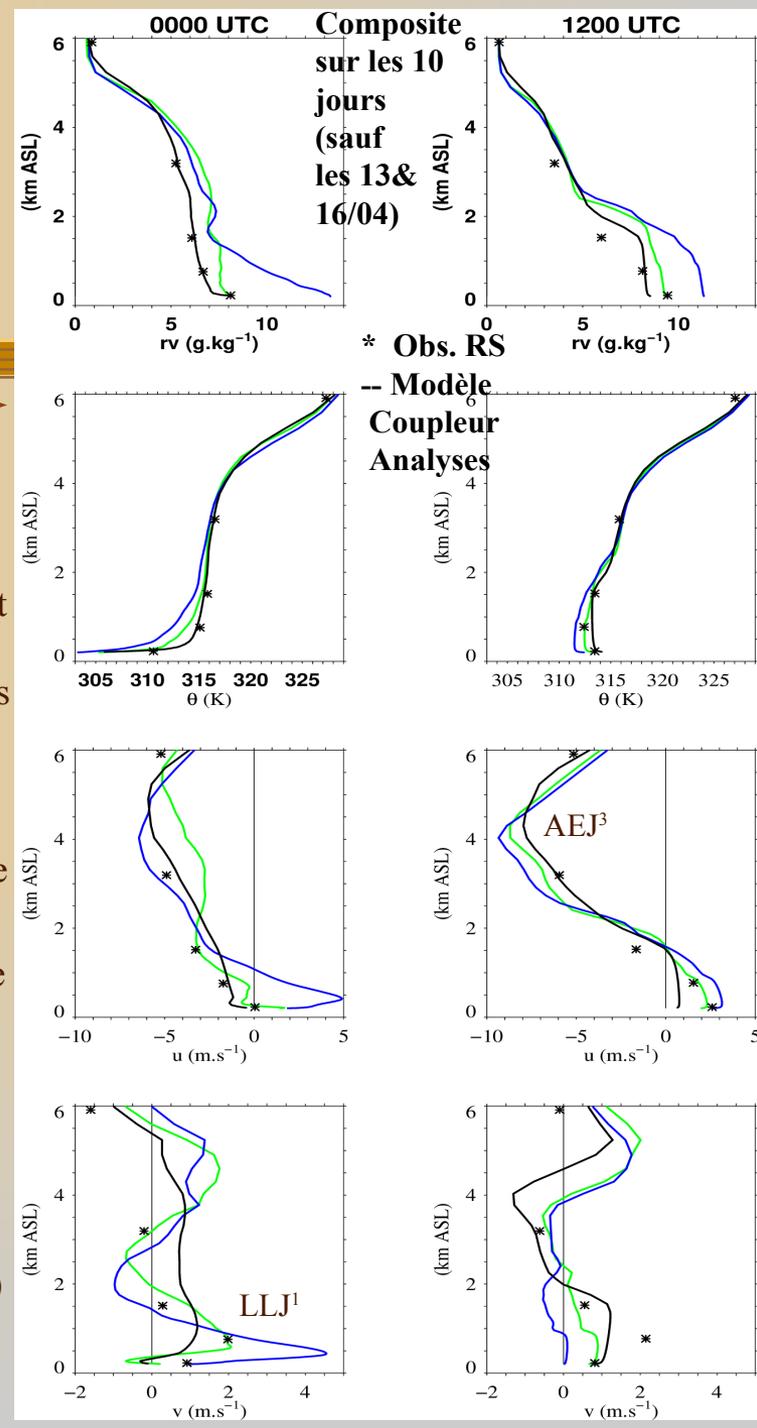
Ouagadougou (12.4°N, 1.5°W)



- 1 Low Level Jet
- 2 Couche Limite
- 3 African Easterly Jet

* Le LLJ¹
advecte la nuit
de l'air
humide et frais
qui est
redistribuée
dans la CL²
par le mélange
turb. diurne

* Les biais de
surface de
PARAM se
retrouvent
dans la CL
(Biais froid,
humide avec
vent trop fort)





Résultats : Bilans thermodynamique et dynamique

★ Dans les basses couches, PARAM est plus humide, plus froid avec un vent de SW plus fort que EXPL car l'évaporation des pluies ralentit la baisse de P le jour => $\Delta P_{\text{Sud-Nord}} \uparrow$ => vent de Sud frais et humide \uparrow

Bilans de θ :

- ★ $\theta_{\text{PARAM}} < \theta_{\text{EXPL}}$
- ★ L'après-midi, équilibre complexe : tendance au réchauffement
- ★ En soirée, tendance au refroidissement par tous les termes, surtout *Adv*, + importante au Nord pour PARAM

Bilans de rv :

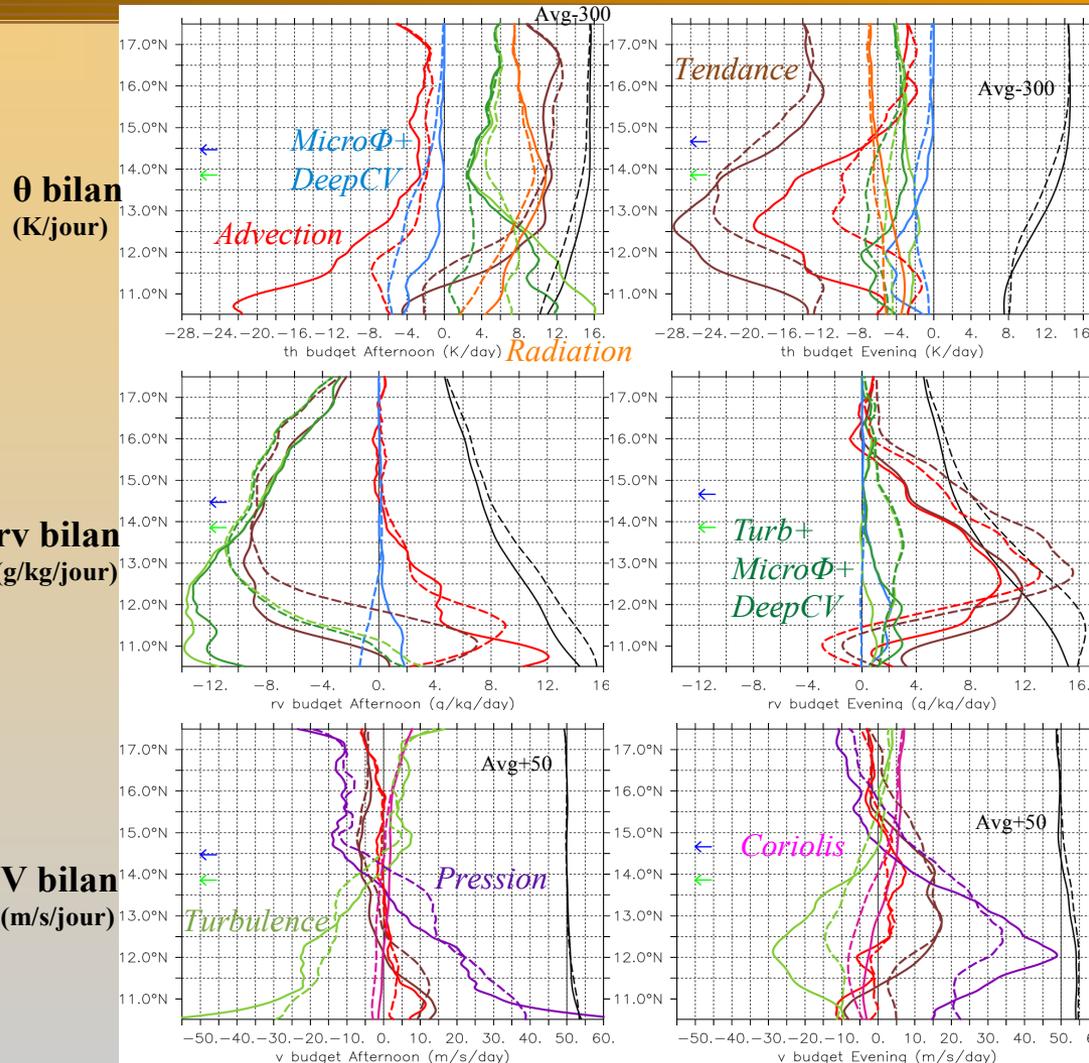
- ★ *Micro Φ* et *Adv* sources
- ★ *Turb* puits (le jour)
- ★ $rv_{\text{PARAM}} > rv_{\text{EXPL}}$ par $Adv_{\text{PARAM}} > Adv_{\text{EXPL}}$ en partie Nord

Bilan du vent :

- ★ $\Delta P_{\text{pression}}$ seule force motrice qui accélère plus v_{PARAM} que v_{EXPL} au Nord
- ★ $u, v_{\text{PARAM}} > u, v_{\text{EXPL}}$

<12h-18h>

<18h-0h>



<4.5°W-2.5°E>
<0-500m>
<10-19/04/2010>

$$\underbrace{\frac{\partial \alpha}{\partial t}}_{\text{Tendency}} = \underbrace{-\vec{u} \cdot \nabla \alpha}_{\text{Advection}}$$

+ Source terms

EXPL ———
PARAM - - - -



Comparaison entre la saison de pré-mousson et de mousson

- ★ Dans EXPL, le LLJ souffle plus fort dans la partie Sud mais pour des raisons différentes
- ★ Dans PARAM, le LLJ souffle plus fort au Sud du FIT advection trop d'humidité dans la partie Nord à cause d'un manque de creusement des pressions mais pour des raisons différentes

Saison de pré-mousson (printemps)

Tomasini et al 2021

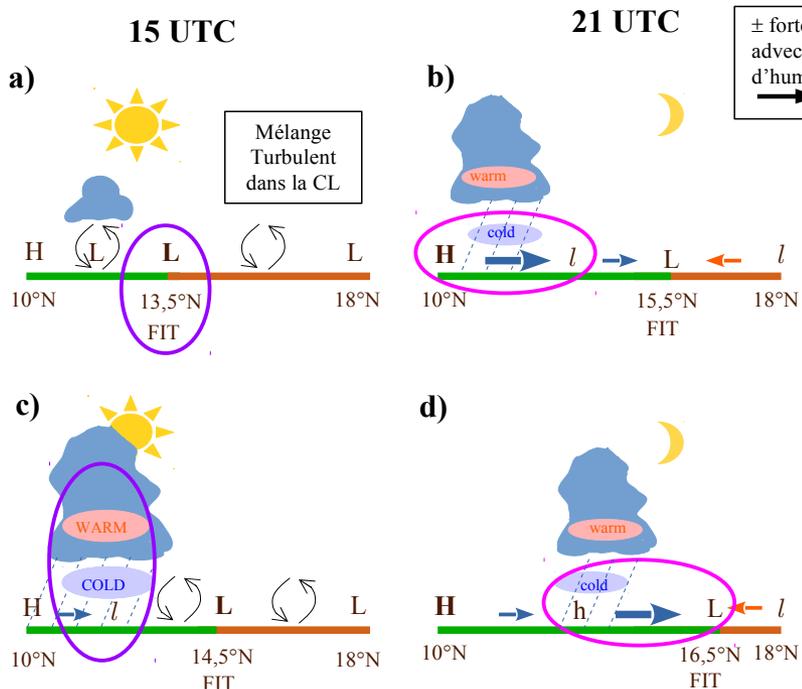
Saison de mousson (été)

Birch et al 2014 résumant Marsham et al 2013

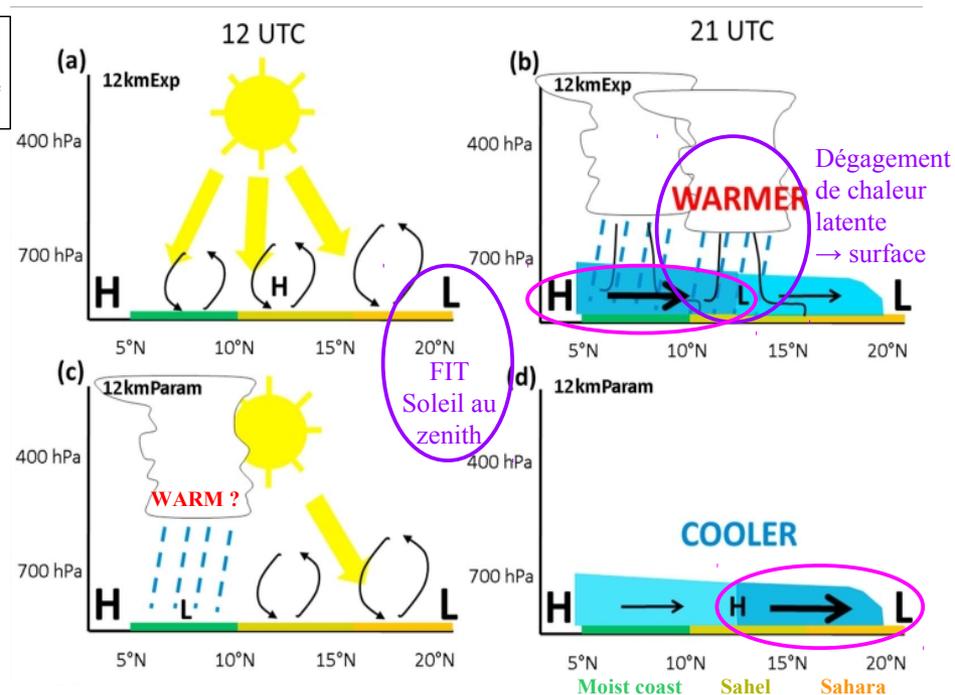
Différences
Similarités

EXPL

PARAM



Air sec => refroid par évaporation des pluies => ↑P dans la CLS



Pas de pluie => refroid radiatif



Conclusions

- ★ Sans schéma de paramétrisation de la convection profonde, la simulation (**EXPL**icite) reproduit d'une manière **réaliste** :
 - ★ la poussée de mousson avec l'**augmentation des Tn**
 - ★ la variabilité spatiale et temporelle de la **pluie, et sa bonne quantité**
 - ★ le cycle diurne avec la mise en place du **jet nocturne renforcé au Sud du domaine**
- ★ Mais les basses couches restent trop froides par rapport aux observations
- ★ Même pendant la saison de pré-mousson et en vague de chaleur, **la circulation méridienne est sensible à la convection**, au moment de son déclenchement et à la quantité de pluie
- ★ Le schéma de convection profonde détériore la simulation, comme en pleine saison de mousson, entraînant des basses couches plus froides, plus humides advectées trop au Nord