

# Résultat préliminaire du tuning orienté surface avec à l'aide des observations SIRTA

Maelle Coulon--Decorzens, F. Cheruy, F. Hourdin

# Calibration du modèle atmosphérique

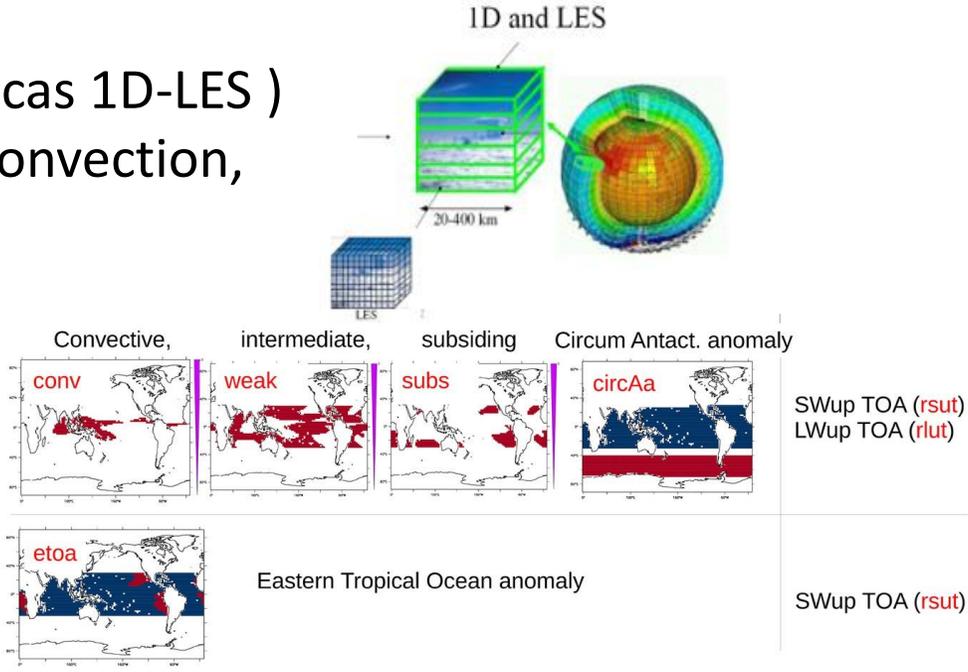
Paramétrisation: Reflet de notre compréhension des processus

Paramètre libre à déterminer

$$\left[ \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right] = [D_{\text{dyn}}] + \sum_p [F_p(\lambda_p, \varphi)]_{\text{Phy}}$$

Explorer de manière exhaustive et à faible coût l'espace possible des paramètres  $\lambda_p$  du modèle en tenant compte des différentes sources d'incertitude grâce aux outils de la communauté de quantification des incertitudes (history matching)

- Approche orientée processus (bibliothèque de cas 1D-LES ) (Couvreur et al.,2020) essentiellement orientée convection, nuages, turbulence
- Calibration globale métriques radiatives TOA (biais systématiques) (Hourdin et al. 2020)
- Peu sensible aux processus de surface (Cheruy et al.,2020)



# le processus de calibration

- Tirage de (10N) valeurs du paramètre libre et calcul de la métrique avec le vrai modèle (remplir uniformément l'espace des paramètres)
- Construction de l'émulateur (processus Gaussien) évalue la métrique et sa variance en tout point de l'espace des paramètres
- Compare la métrique de référence ( $r_f$ ) à celle donnée par l'émulateur ( $E(f(\lambda))$ ,  $\text{var}(f(\lambda))$ ) pour une incertitude donnée
- Elimine les valeurs ( $\lambda_i$ ) qui donnerait un comportement irréaliste du modèle

$$I_f(\lambda) = \frac{|r_f - E[f(\lambda)]|}{\sqrt{\sigma_{r,f}^2 + \sigma_{d,f}^2 + \text{Var}[f(\lambda)]}} > 3$$

Incertitude sur la référence  Erreur Structurelle du modèle 

NROY = Not Ruled Out Yet valeurs conservées

# le processus de calibration

1 vague

- Tirage de (10N) valeurs du paramètre libre et calcul de la métrique avec le vrai modèle (remplir uniformément l'espace des paramètres)
- Construction de l'émulateur (processus Gaussien) évalue la métrique et sa variance en tout point de l'espace des paramètres (interpolation)
- Compare la métrique de référence ( $r_f$ ) à celle donnée par l'émulateur ( $E(f(\lambda))$ )  
 $\text{var}(f(\lambda))$  pour une incertitude donnée
- Elimine les valeurs ( $\lambda_i$ ) qui donnerait un comportement irréaliste du modèle

$$I_f(\lambda) = \frac{|r_f - E[f(\lambda)]|}{\sqrt{\sigma_{r,f}^2 + \sigma_{d,f}^2 + \text{Var}[f(\lambda)]}} > 3$$

Incertitude sur  
la référence

Erreur Structurelle du modèle

NROY = Not Ruled Out Yet valeurs conservées

# le processus de calibration

## Itérer diminuer l'incertitude de l'émulateur

1 vague

- Tirage de (10N) valeurs du paramètre libre et calcul de la métrique avec le vrai modèle (remplir uniformément l'espace des paramètres)
- Construction de l'émulateur (processus Gaussien) évalue la métrique et sa variance en tout point de l'espace des paramètres (interpole)
- Compare la métrique de référence ( $r_f$ ) à celle donnée par l'émulateur ( $E(f(\lambda))$ )  
 $\text{var}(f(\lambda))$  pour une incertitude donnée ,
- Elimine les valeurs ( $\lambda_i$ ) qui donnerait un comportement irréaliste du modèle

$$I_f(\lambda) = \frac{|r_f - E[f(\lambda)]|}{\sqrt{\sigma_{r,f}^2 + \sigma_{d,f}^2 + \text{Var}[f(\lambda)]}} > 3$$

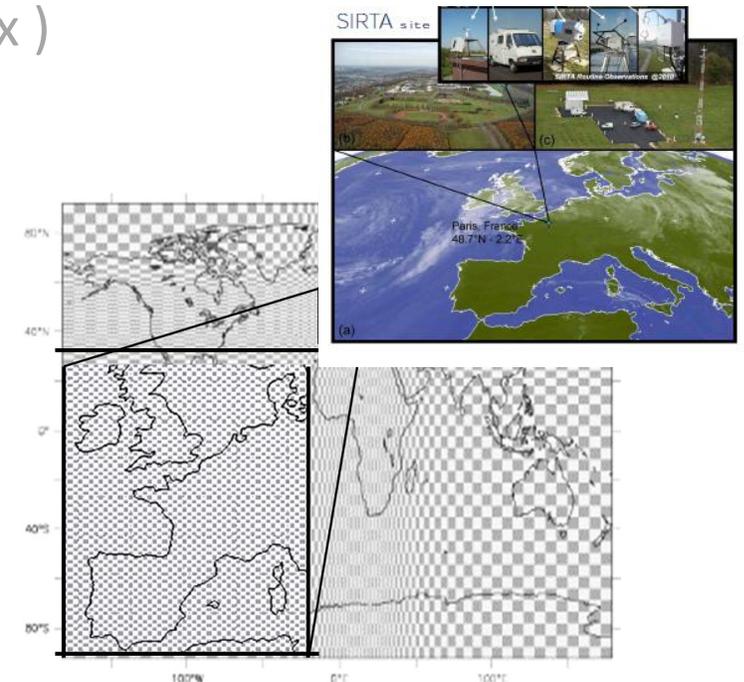
Incertitude sur  
la référence

Erreur Structurelle du modèle

NROY = Not Ruled Out Yet valeurs conservées

# Prendre en compte les échanges à la surface dans le processus de calibration

- Expérience: configuration zoomée guidée (u,v) couplées atmosphère et land-surface, SST prescrites, quelques mois de simulation (1D)
- Référence : Observations sites instrumentés + incertitude (ensemble de simulations LES)
- Identifier N paramètres libres ( $\lambda_i$ ) et leur domaine de validité
- Définir des métriques (contrainte) sensibles aux processus de surface et caractéristiques du comportement du modèle et cohérentes avec les sources d'incertitude ( température potentielle moyenne sur intervalle de temps, vent à diff. niveaux )



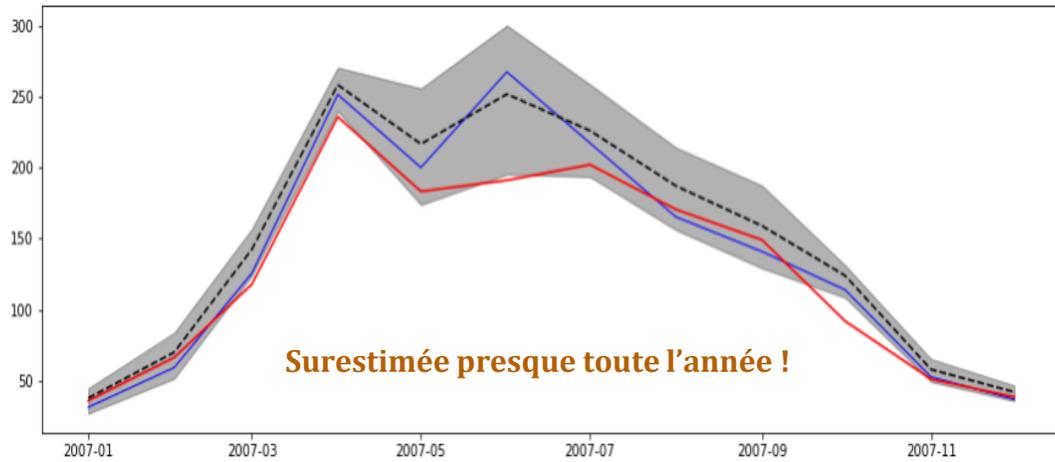
# Expérience préliminaire

- Pré-conditionnement avec bibliothèque cas 1D/LES et 17 paramètres libres, métriques Hourdin et al. 2020, LMDZ (physique en construction, 95 niveaux ): réduit l'espace NROY = 0.018

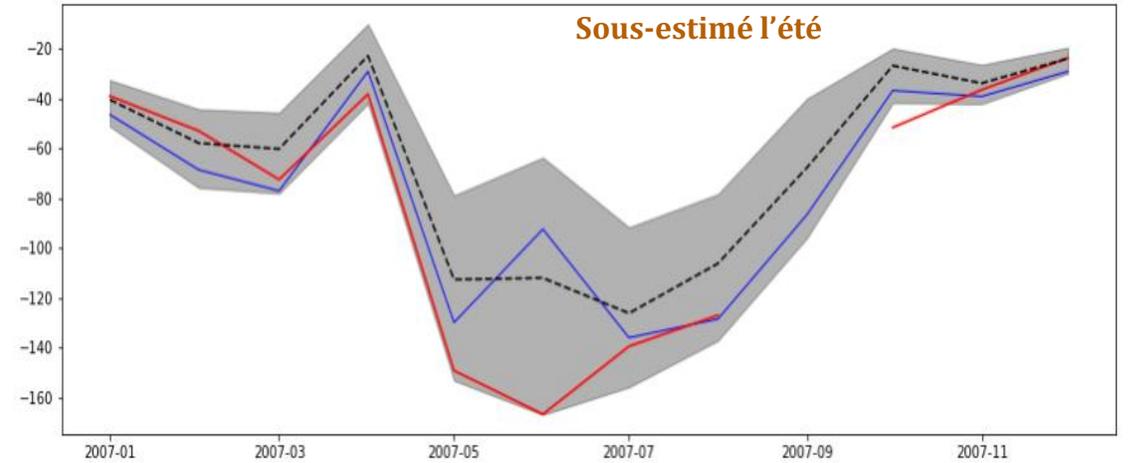
<b>Table 2</b> <i>Metrics Retained for the SCM/LES Tuning</i>						
Case	IHOP	ARMCU	RICO	SANDU	SANDU	SANDU
Subcase	REF	REF	REF	REF	SLOW	FAST
Time	7-9	7-9	19-25	50-60	50-60	50-60
$\theta_{400-600\text{ m}}$	X	<b>X</b>	-	-	-	-
$q_{v,400-600\text{ m}}$	-	<b>X</b>	-	-	-	-
$\alpha_{cld,max}$	-	<b>X</b>	<b>X</b>	-	-	-
$z_{cld,ave}$	-	X	-	X	-	-
$z_{cld,max}$	-	X	-	<b>X</b>	X	X

*Note.* The time retained for time average is given in hours from the beginning of the simulation. The X with bold fonts corresponds to the sub-set of metrics used in Section 4.

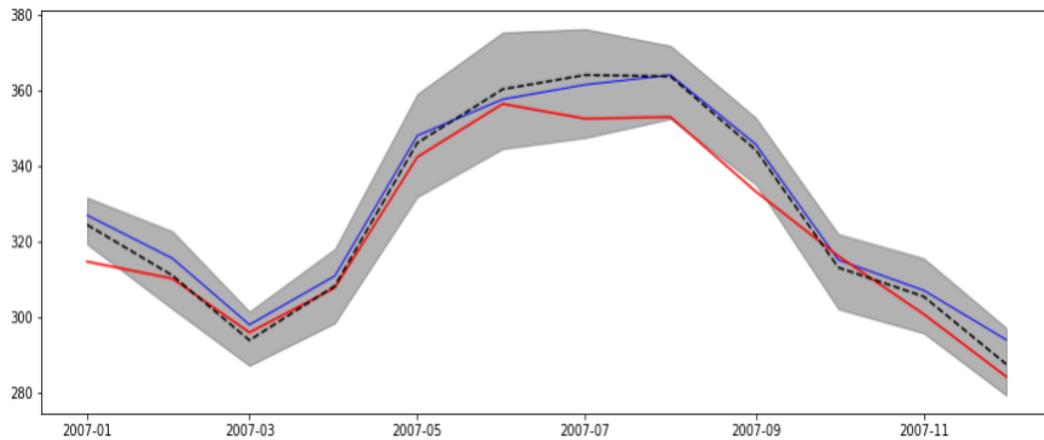
## 180 simulations zoomée guidée : cycles saisonniers (2007)



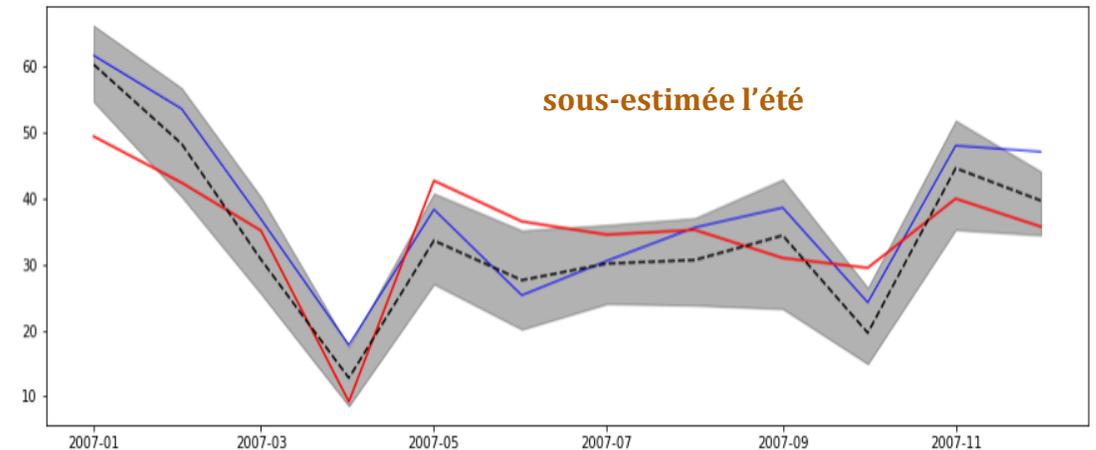
SW↓ à la surface (W/m<sup>2</sup>)



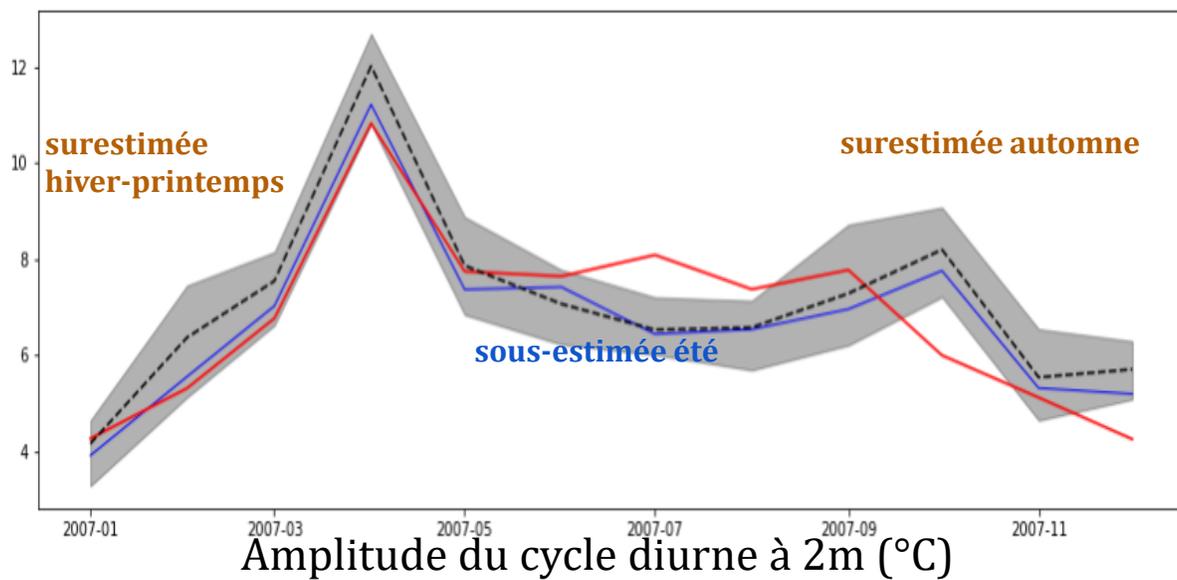
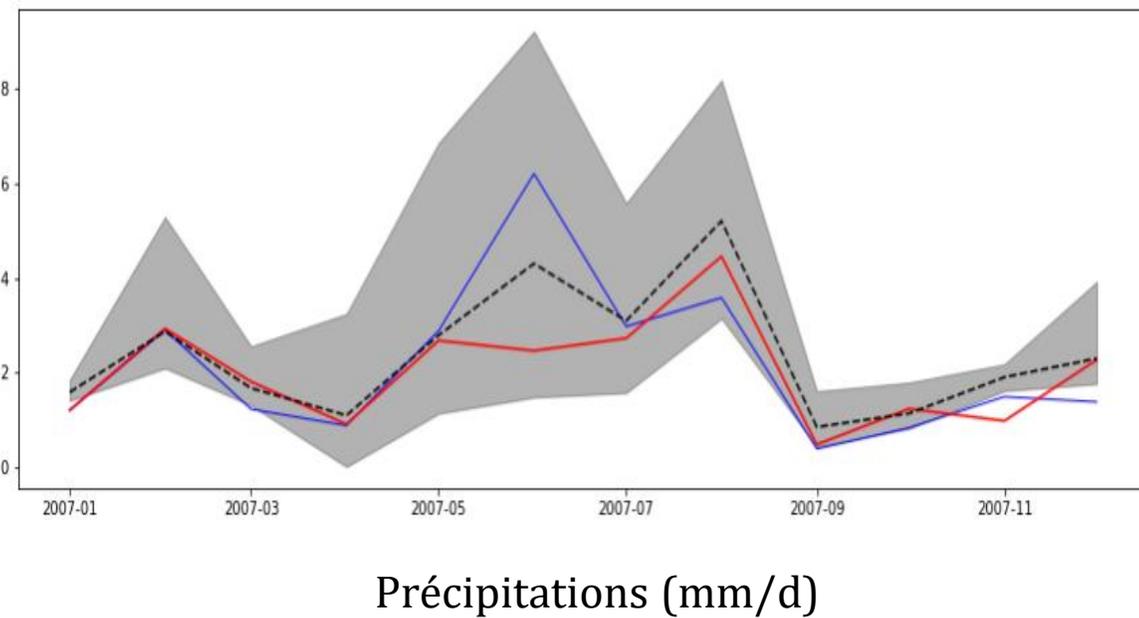
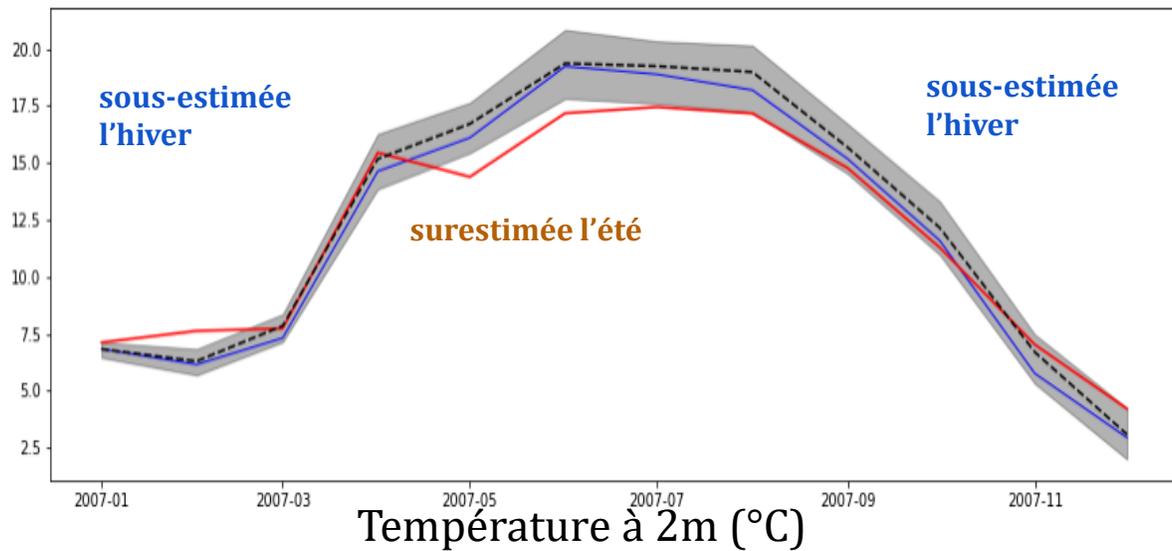
CRE SW↓ à la surface (W/m<sup>2</sup>)



LW↓ à la surface (W/m<sup>2</sup>)

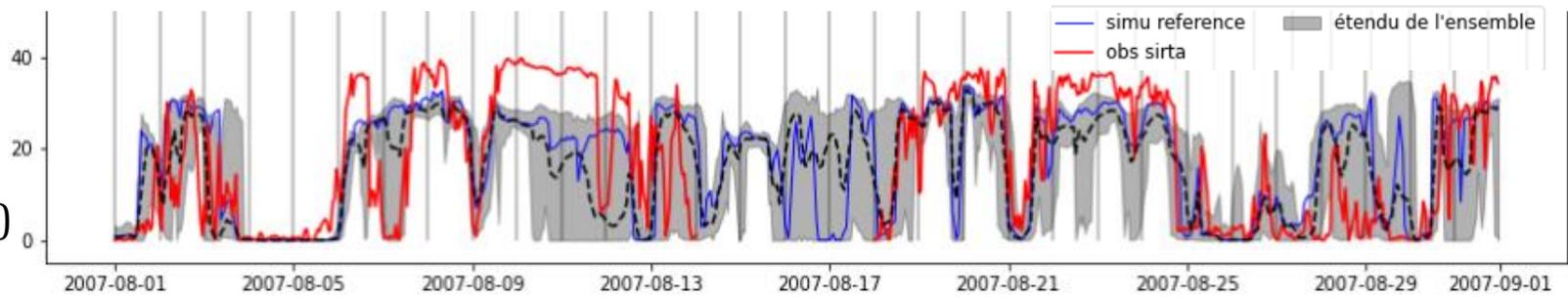


CRE LW↓ à la surface (W/m<sup>2</sup>)

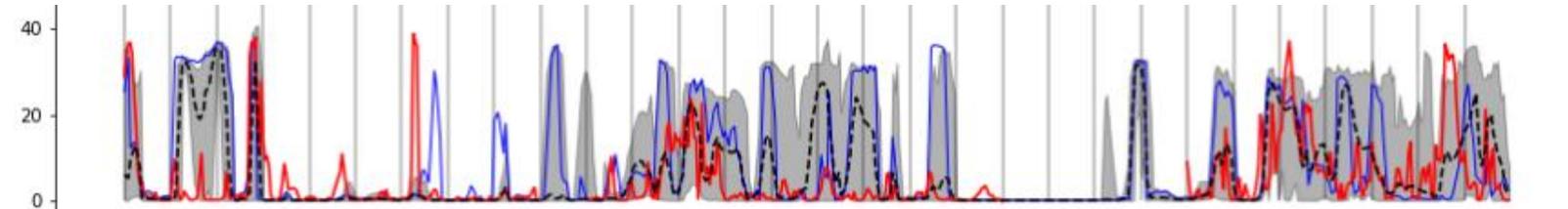


Sample of 180 parameters vectors  
→ **run 180 simulations**, plot  
**observations**, **reference**  
**simulation** and ensemble spread

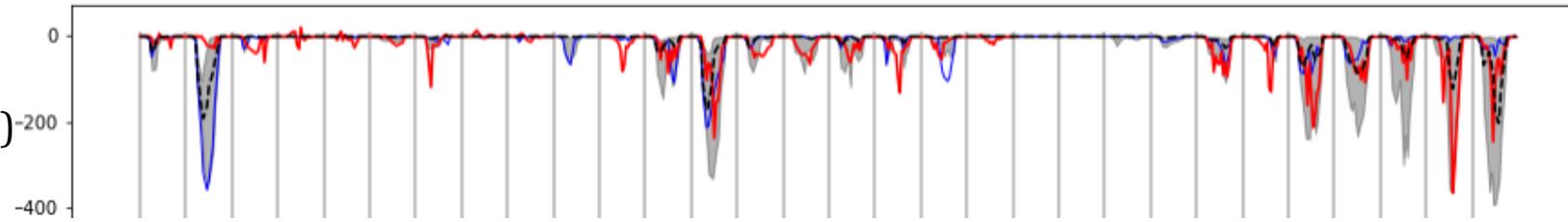
CRE LW august (W/m<sup>2</sup>)



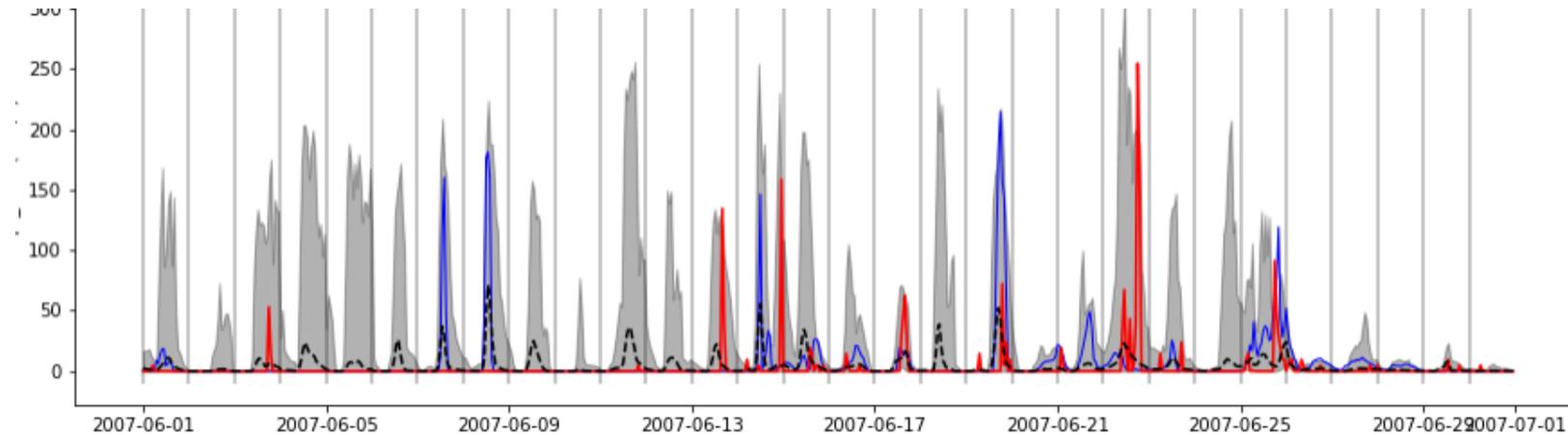
CRE LW april (W/m<sup>2</sup>)



CRE SW april (W/m<sup>2</sup>)



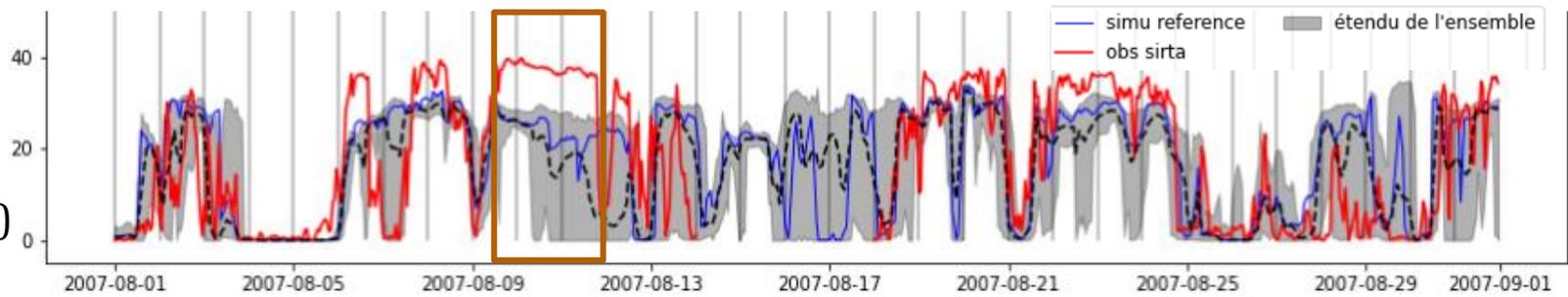
Precipitations june (mm/d)



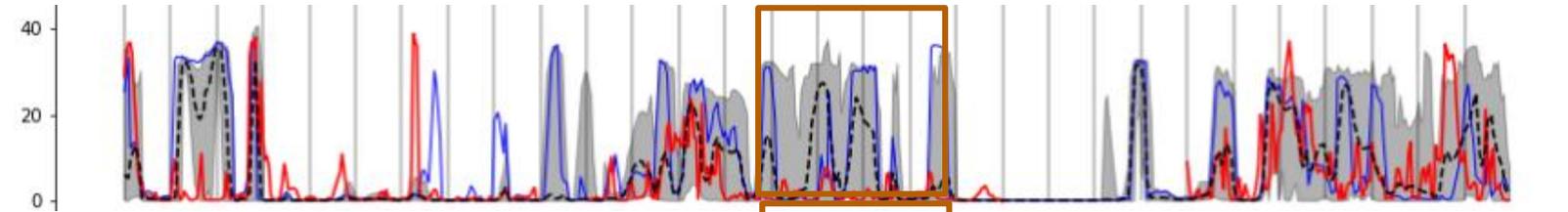
Sample of 180 parameters vectors

→ **run 180 simulations,**  
**observations,**  
**reference simulation**  
**ensemble spread**

CRE LW august (W/m<sup>2</sup>)

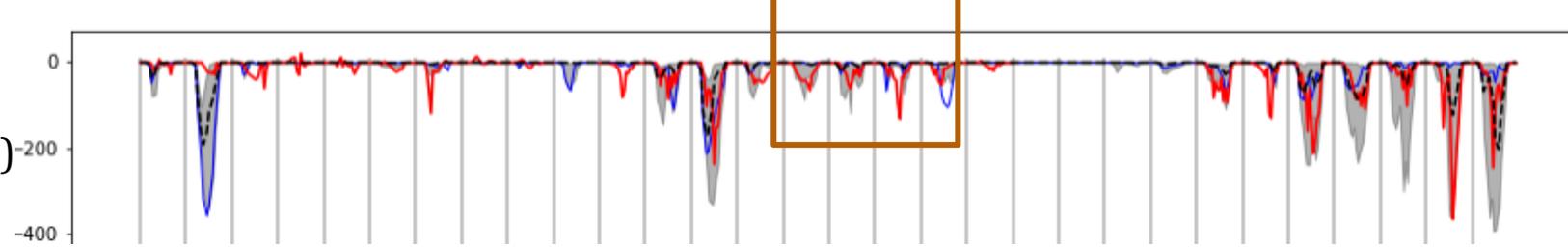


CRE LW april (W/m<sup>2</sup>)

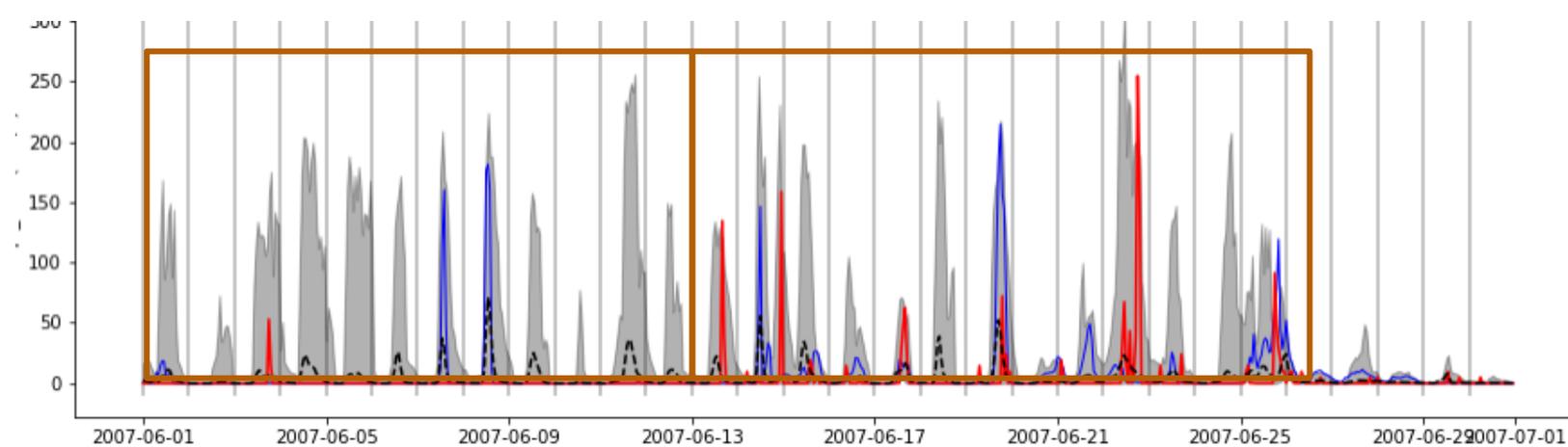


Métriques possibles

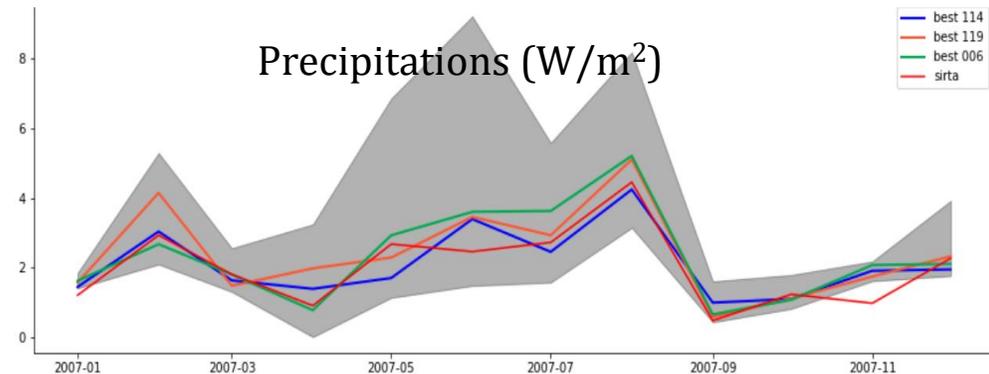
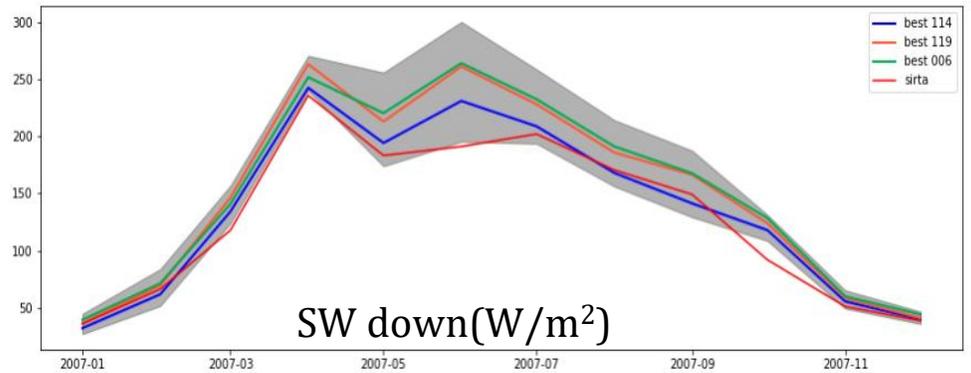
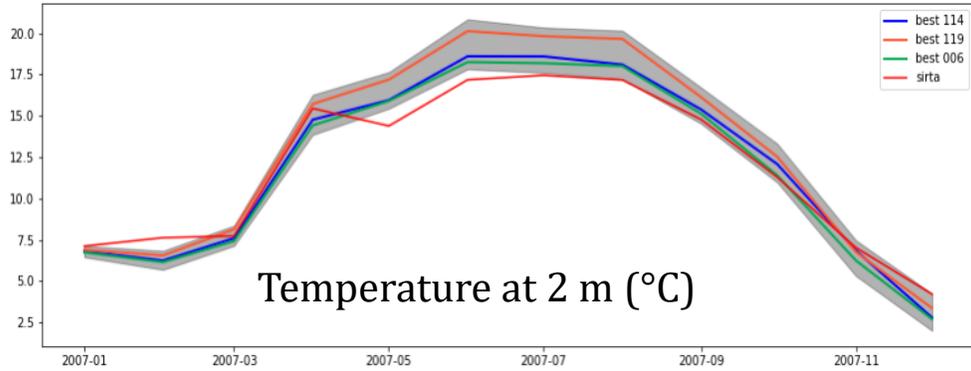
CRE SW april (W/m<sup>2</sup>)



Precipitations june (mm/d)

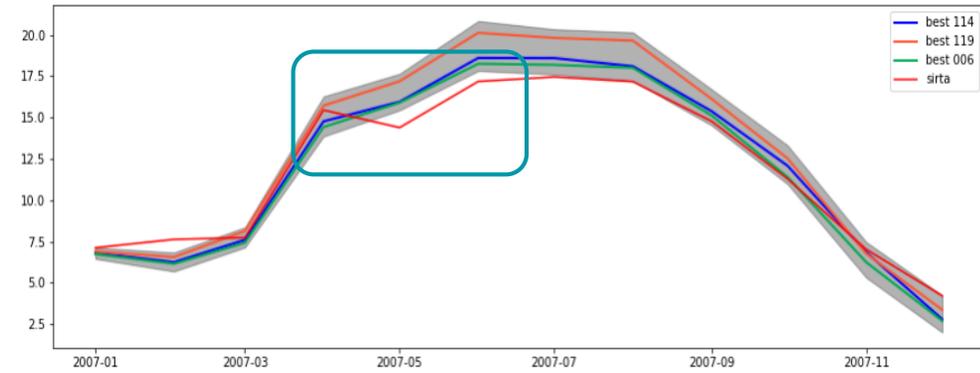


# - Première vague avec simulations zoomées SIRTA



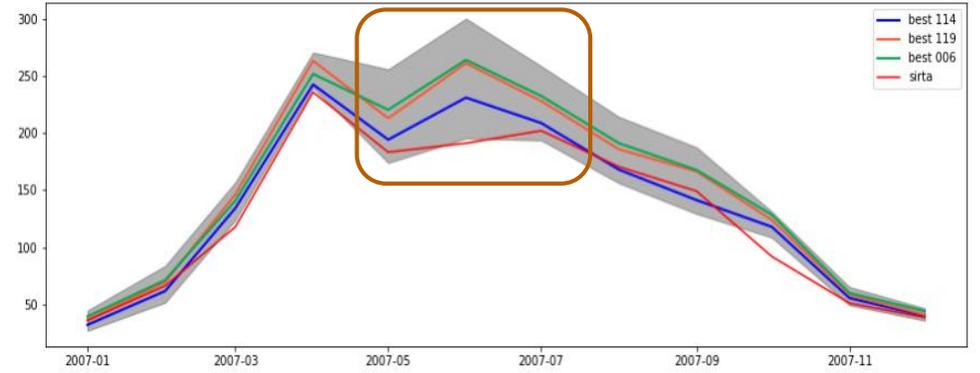
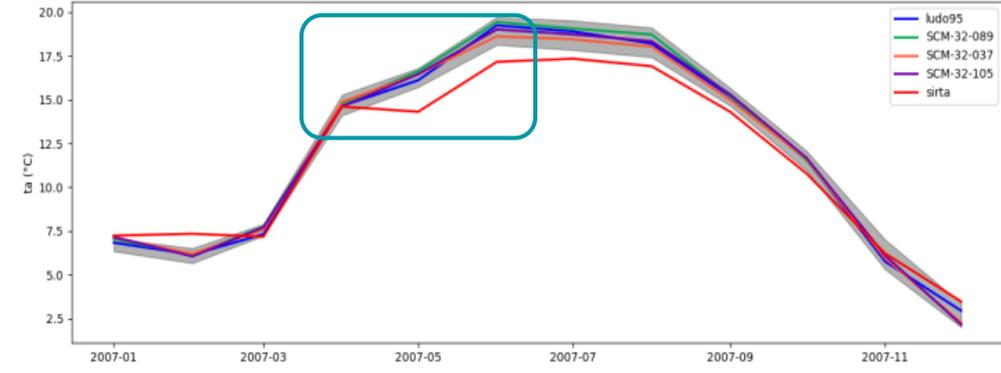
- NROY diminue de 1.8% to 0.035%
- des paramètres libres liés aux nuages hauts et à la distribution de vapeur d'eau sont contraints

### Première vague « SIRTA »

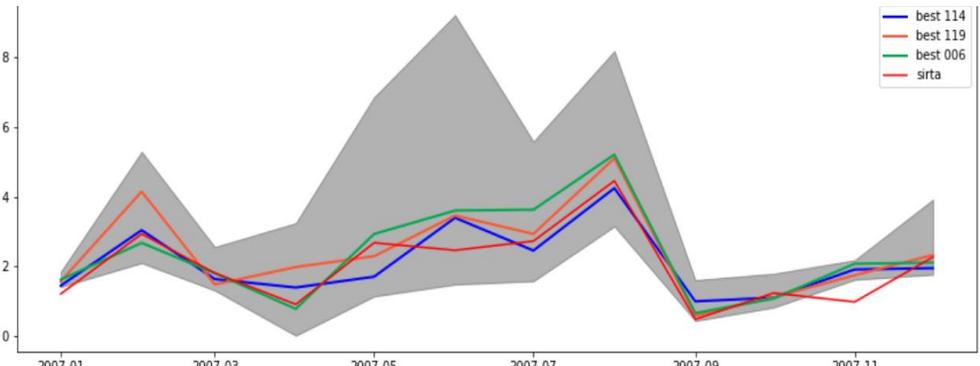
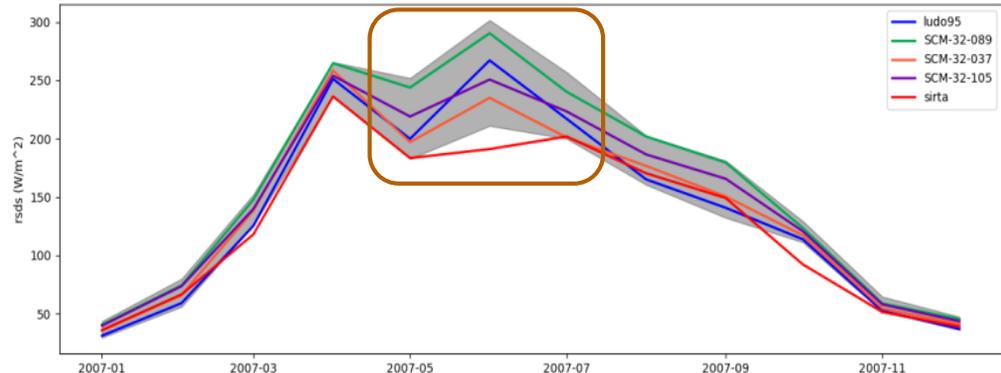


Temperature at 2 m (°C)  
monthly mean

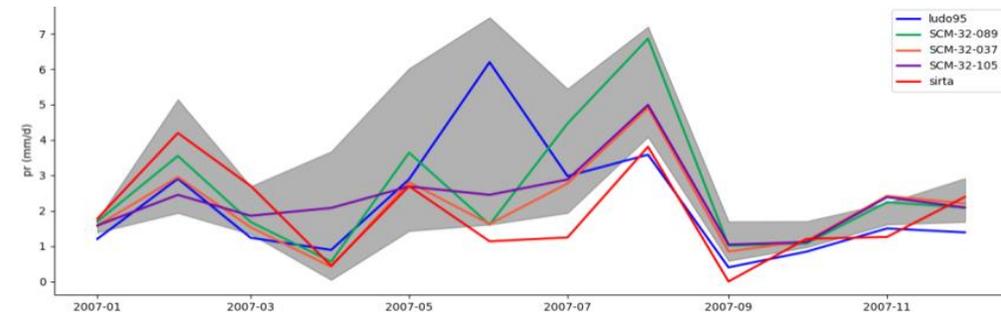
### Vague successive « SIRTA »



SW reaching the surface  
(W/m<sup>2</sup>)  
monthly mean



Precipitations (W/m<sup>2</sup>)  
monthly mean



## Quels enseignements ?

- Réduction de l'espace des paramètres libres
  - Meilleure contrainte de paramètres atmosphériques
- **Bon moyen pour contraindre le tuning 3D radiatif global**

## Quels enseignements ?

- Réduction de l'espace des paramètres libres
  - Meilleure contrainte de paramètres atmosphériques
- **Bon moyen pour contraindre le tuning 3D radiatif global**

### **Mais à l'issue de la deuxième vague**

- Trop chaud (surtout nuit), pas assez d'impact radiatif
- Choix des métriques, incertitude sur la référence?
- Erreur structurelle ?

## Quels enseignements ?

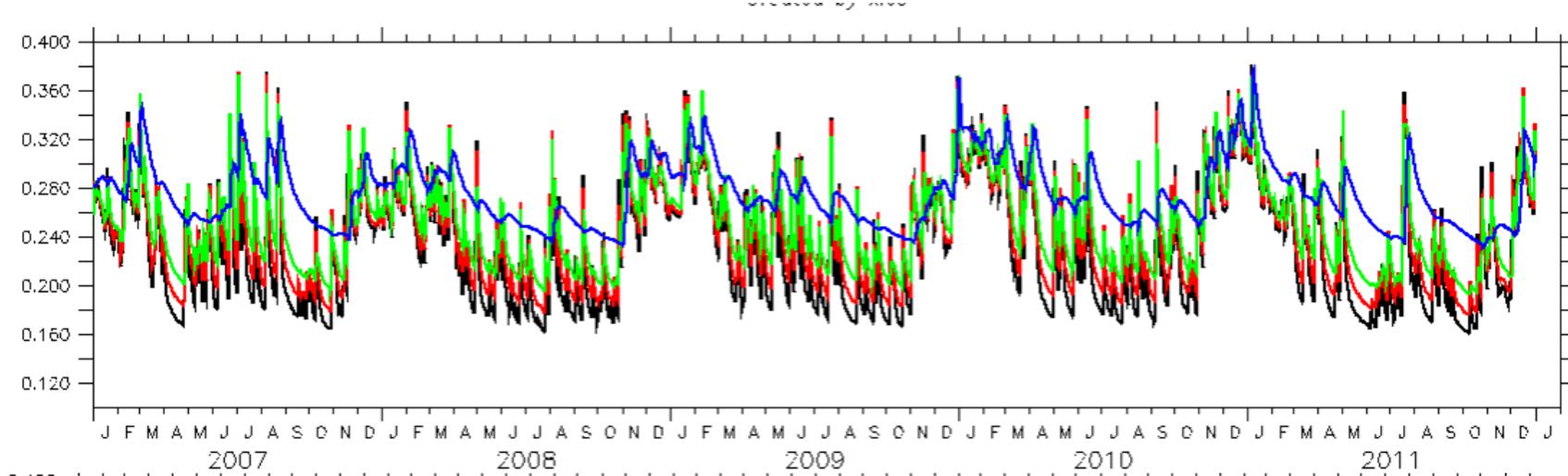
- Réduction de l'espace des paramètres libres
  - Meilleure contrainte de paramètres atmosphériques
- **Bon moyen pour contraindre le tuning 3D radiatif global**

### **Mais à l'issue de la deuxième vague**

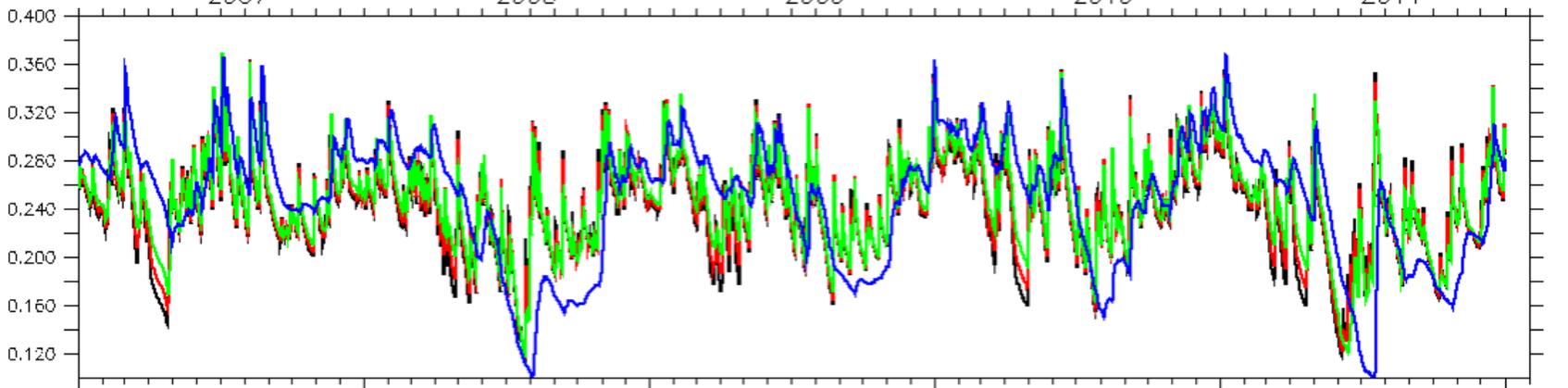
- Trop chaud (surtout nuit), pas assez d'impact radiatif
- Choix des métriques, incertitude sur la référence?
- Erreur structurelle ?

### **Quid des paramètres de la surface**

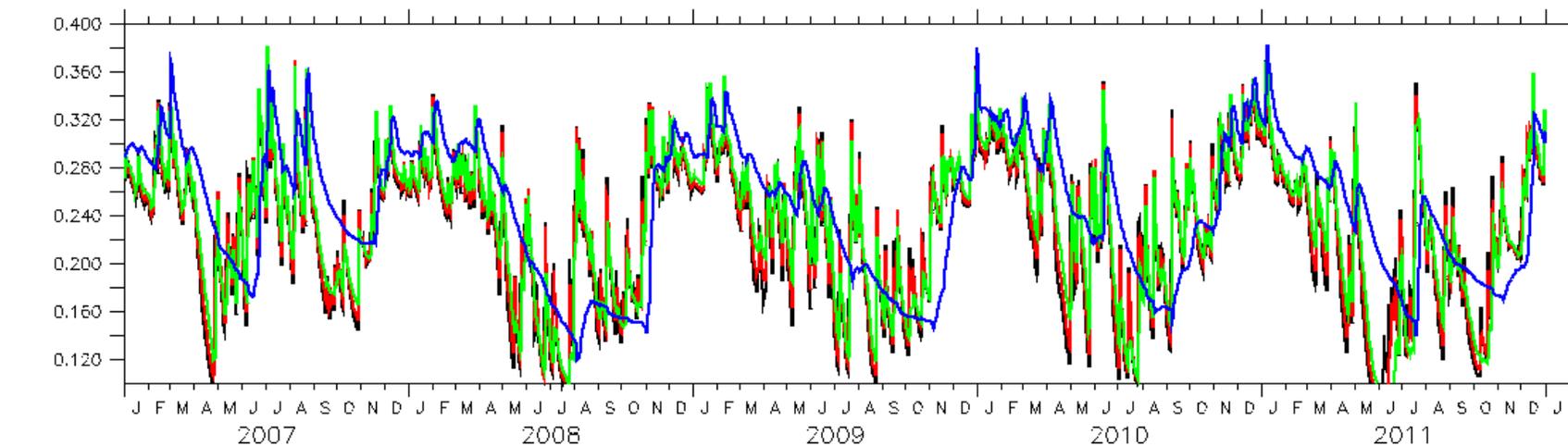
- Nouvelle base ReObs (meilleurs échantillonnage latent, sensible)
- Campagnes MOSAI



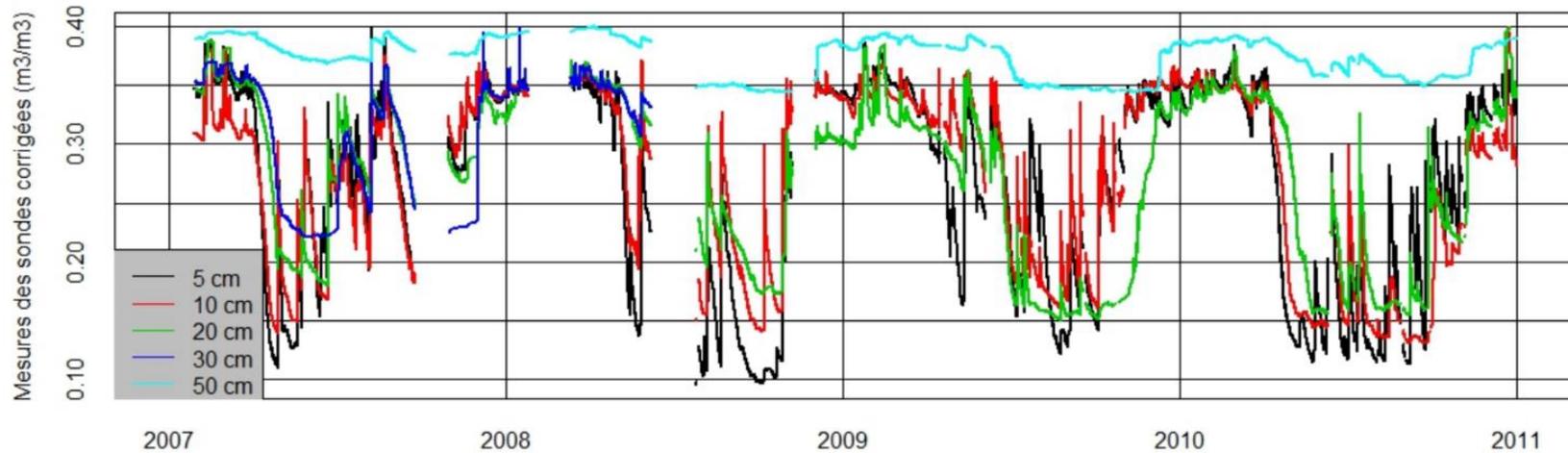
Comparaison de l'humidité du sol  
pour chacun des trois soil tile :  
**soil tile 1 = sol nu (0.1063)**  
noir = 4.55 cm  
rouge = 9.25 cm  
vert = 18.65 cm  
bleue = 74.95 cm  
sorties journalières



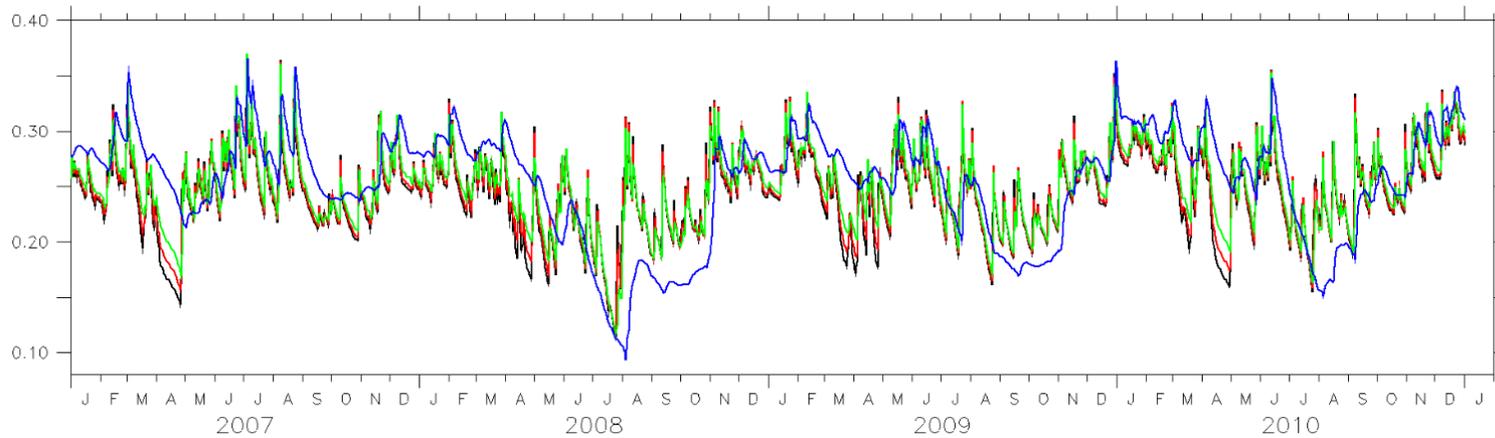
soil tile forêt (soil tile 2)  
fraction : 0.2376



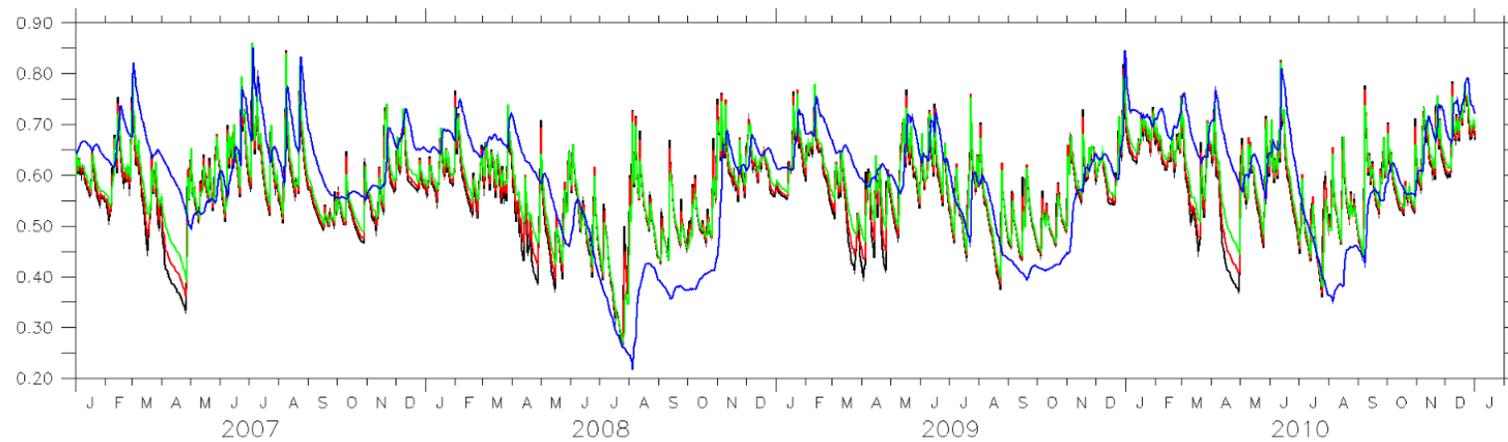
soil tile végétation basse  
(soil tile 3)  
fraction = 0.6588



Mesures d'humidité du sol au SIRTA :  
Thèse Aurélien Campoy (fig 3.12) :  
**Après recalibration des sondes**



sortie d'orchidee journalières  
soil tile foret (soil tile 2)  
**humidité du sol (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)**  
noir = 4.55 cm  
rouge=9.25 cm  
vert = 18.65 cm  
bleue = 74.95 cm



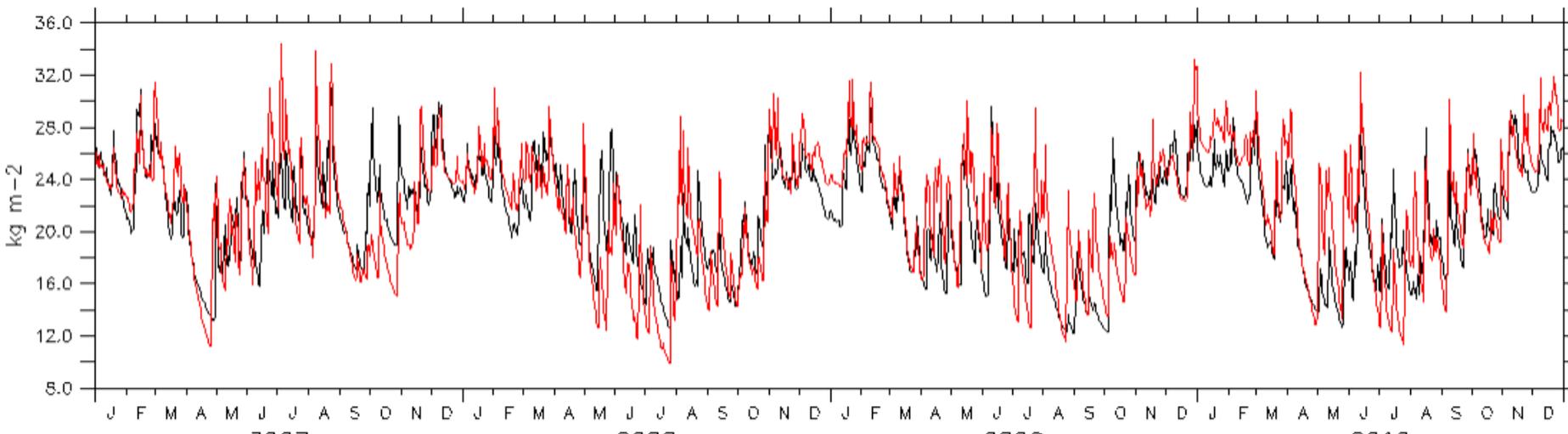
Idem pour l'**humidité relative**  
l'humidité à saturation pour ce soil tile  
est 0.43 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

(physiq.def\_NPv6.1)

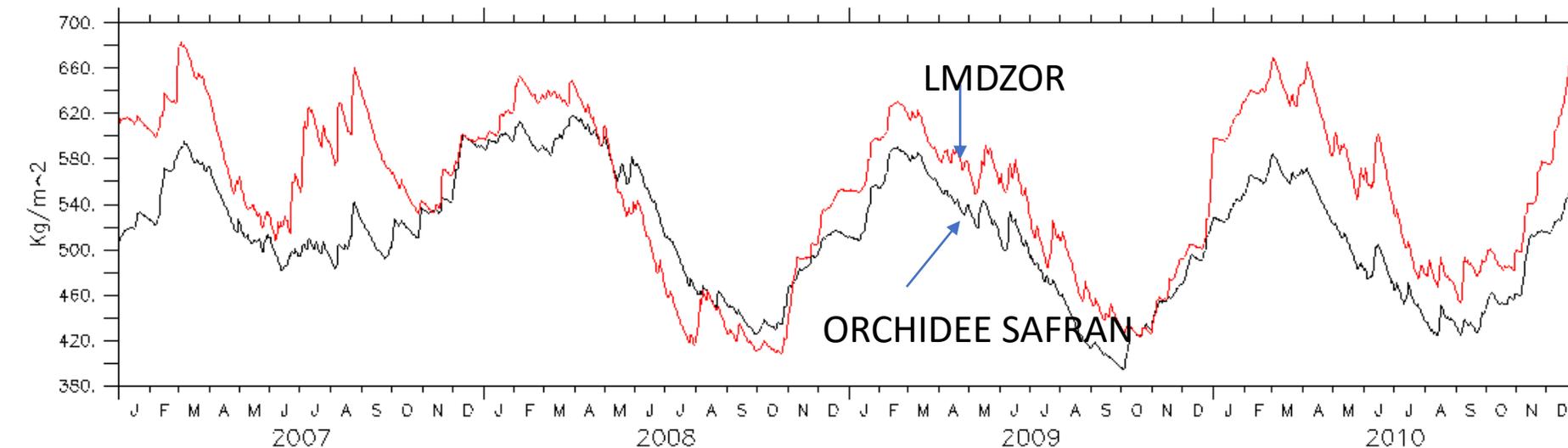
# COMPARAISON : ORCHIDEE FORCE (SAFRAN) – LMDZOR

forçage SAFRAN (8km) sol Reynolds (1/12deg) 15 PFTs ESA-LUH2v2

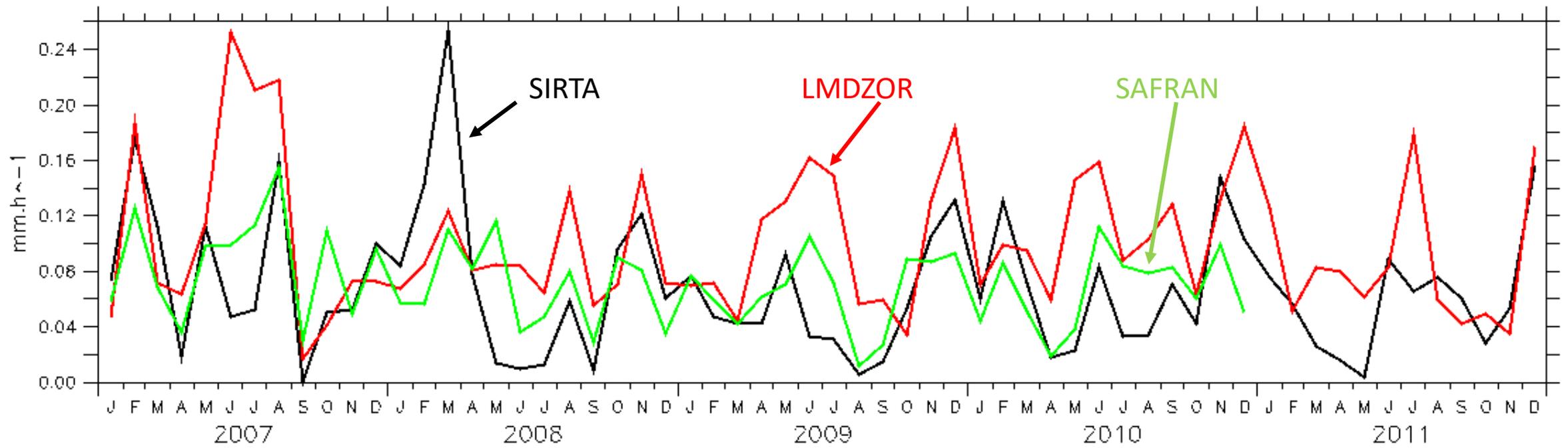
Maille SAFRAN : 2.15E à 2.24E et 48.63N à 48.70 + 48.7 à 48.77N : **noir**



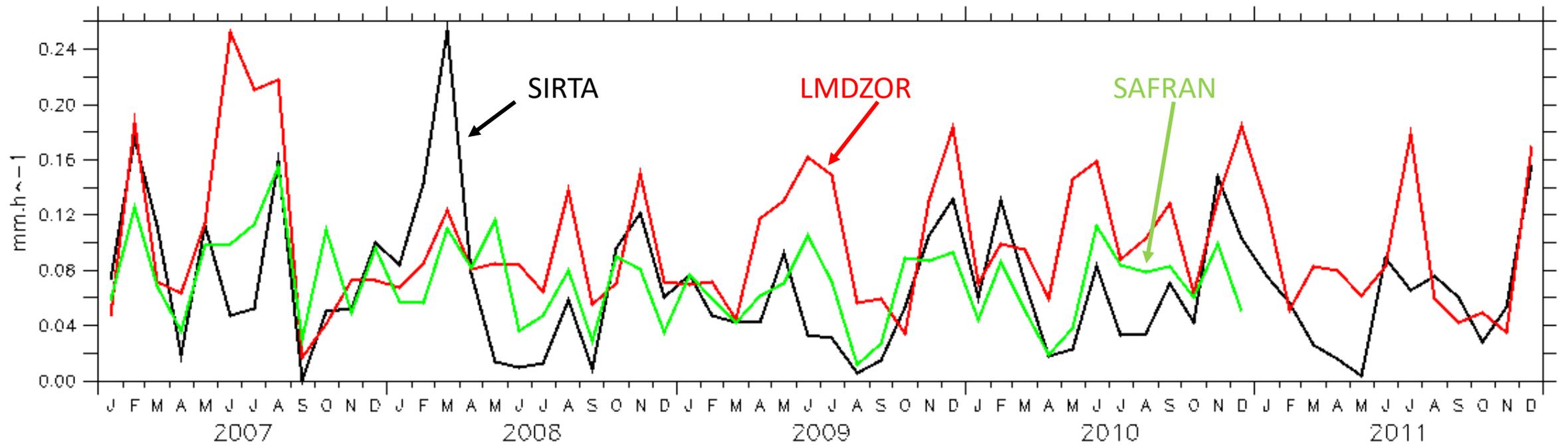
Humidité dans les  
10 premiers cm de  
la colonne (Kg/m<sup>2</sup>)



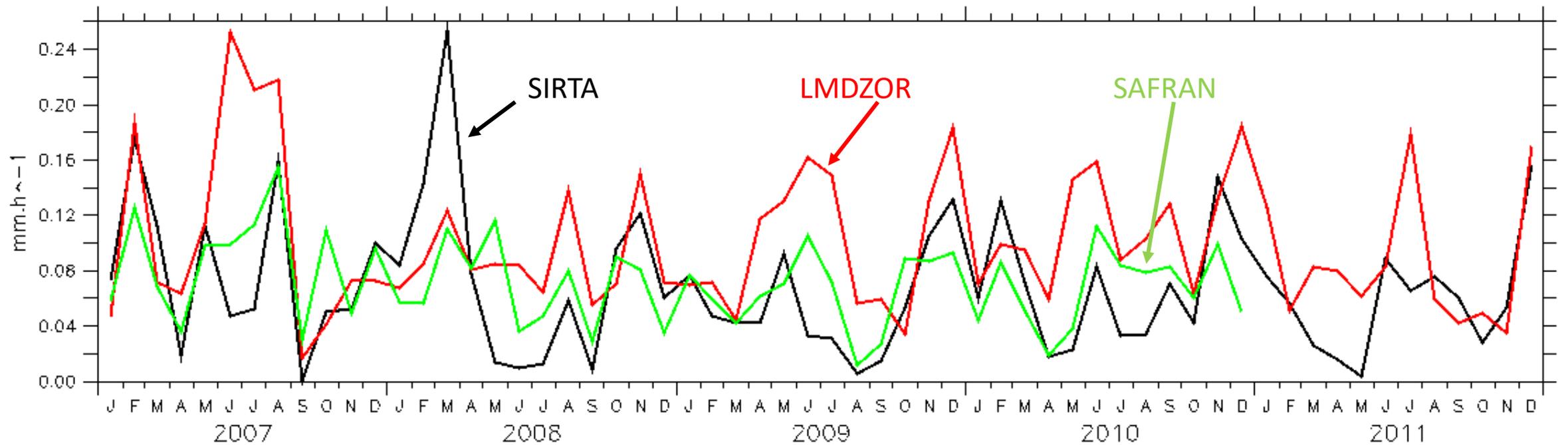
Humidité totale de  
la colonne (Kg/m<sup>2</sup>)



LMDZOR vs SIRTA et SAFRAN : plutôt trop de pluie, surtout en été



LMDZOR vs SIRTA et SAFRAN : plutôt trop de pluie, surtout en été  
Mais des humidités superficielles raisonnables une fois le bon tile choisie



LMDZOR vs SIRTA et SAFRAN : plutôt trop de pluie, surtout en été  
 Mais des humidités superficielles raisonnables une fois le bon tile choisis

### DES QUESTIONS

- Calibration des sondes, représentativité du site pour l'hydrologie (nappe perchée) ?
- LMDZOR ne calcule qu'un bilan d'énergie (flux latent)
- Calibrer Orchidee séparément?
- aller vers un multi-bilan d'énergie (thèse en cours)?

# Interactions with the vegetation/LC

1. **Horizontally**, PFTs define soil tiles with independent water budget (below ground tiling)



each soil tile with  $\text{frac\_bare\_ns}$   
 $= \Sigma \text{veget\_max} * \exp(-LAI)$

**But one single energy budget !**

$$E = \beta_{tot} E_{pot}$$

$$E_{pot} = \frac{\rho}{r_a} (q_{sat}(T_s) - q_{air})$$

$$\beta_{tot} = \beta_1 + (1 - \beta_1)(\Sigma\beta_2 + \Sigma\beta_3 + \beta_4)$$

$$E_{subli} = \beta_1 E_{pot}$$

$$E_{transp} = \Sigma\beta_2 E_{pot}$$

$$E_{inter} = \Sigma\beta_3 E_{pot}$$

$$E_{soil} = \beta_4 E_{pot}$$

For each evapotive flux, the  $\beta$  conveys information on:  
- the fraction of the grid-cell that evaporates

# Land surface hydrology

