

# 4DVAR ASSIMILATION in ORCHIDEE under YAO environment

**Hector Simon Benavides Pinjosovsky,**  
C. Ottlé, P. Maugis, S. Thiria, Z. Poussi, ...

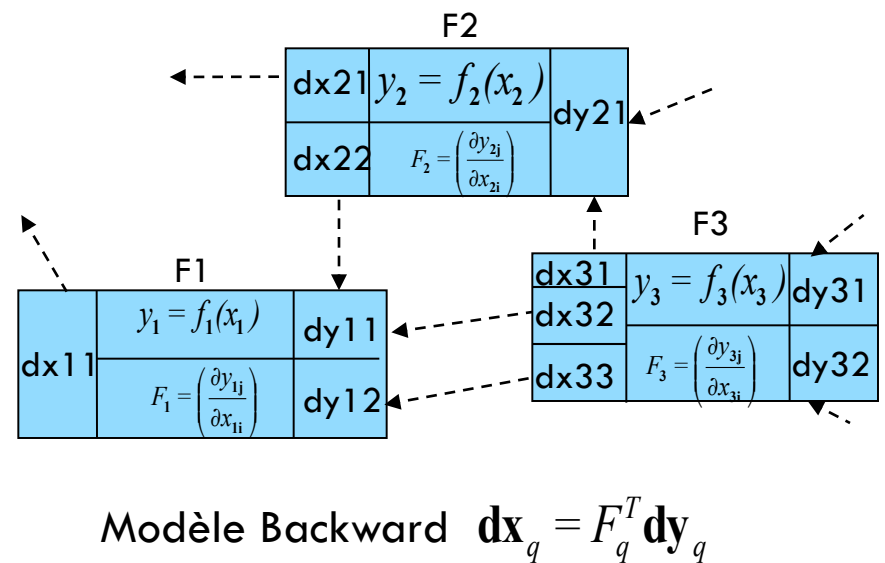
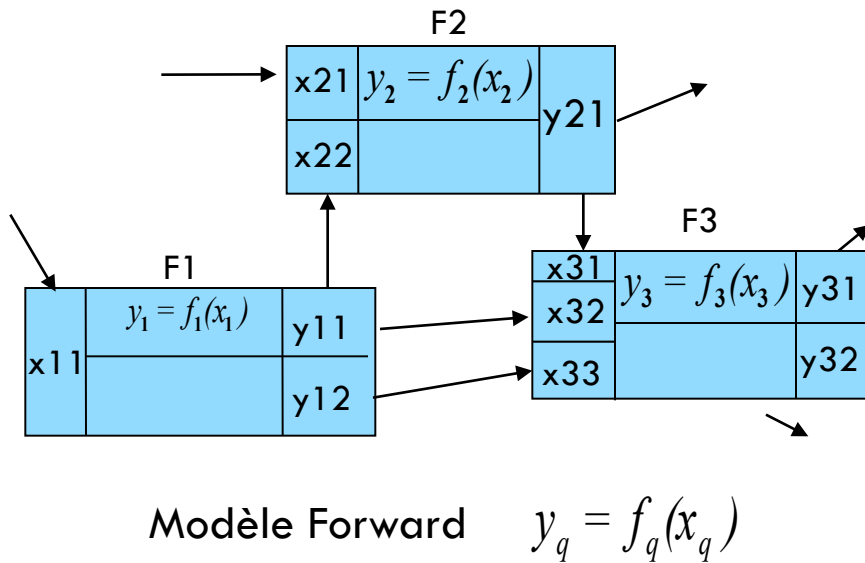
# Outil pour l'assimilation de données

2

## YAO

Outil pour le développement de logiciels facilitant la mise en œuvre de la méthode adjointe

Représentation numérique du modèle sous forme de graphe modulaire (orienté)



### Utilisateur

Définir la structure du graphe modulaire, Coder les fonctions locales  $F_q$ , Coder les Jacobiens

### YAO

Calcul de l'adjoint, Scénarios d'assimilation, Types de minimisation

# Implémentation de SECHIBA sous YAO

3

**DIFFUCO**

- Résistances pour: perte d'interception nu évaporation du sol  
Transpiration, sublimation. Friction

**ENERBIL**

- Températures de surface et Radiatives
- Flux de chaleur sensible et latente (Evapotranspiration)

**HYDROLC**

- Profil d'humidité du sol, neige, ruissellement, stress hydrique du sol, eau interceptée

**CONDVEG**

- Albedo, Rugosité, Emissivité,

**THERMOSOIL**

- Profil de température dans le sol
- Capacité thermique du sol, flux de conduction dans le sol

**SLOWPROC**

- LAI, fraction de végétation, capacité d'interception. Respiration du sol, photosynthèse,

Objective: Assimilation of surface temperature and soil moisture to constrain SECHIBA parameters linked to hydrological and energy processes

# Observations

4

FLUXNET	SMOSREX
<p><b>Réseau</b> contenant des <b>mesures</b> régionales et <b>mondiales</b> de différents <b>sites</b>, répartis dans le <b>monde</b> entier et regroupés en réseaux régionaux.</p>	<p><b>SMOSREX (CNRM)</b> est un site expérimental situé sur le complexe de l'ONERA, à environ 30 km au sud de <b>Toulouse</b>.</p>
<p><b>Harvard Forest</b> Massachusetts, Etats Unis Période disponible: 1992-1996</p>	<p>Les <b>mesures</b> ont été effectuées sur <b>deux</b> types de <b>surfaces</b>: sol nu et en jachère</p> <p>Période: 2005-2007</p>
<p><b>Kruger Park</b> Kruger Park, Afrique du Sud Période disponible: 2001 – 2003</p>	<p><b>Données Mesurées:</b> <math>LE</math>, <math>H</math>, <math>R_n</math>, Température, humidité du sol</p>

# Local sensitivity analysis with the gradients

5

	Paramètres	Description	Intervalle	Valeur
Hydrologie	$hum_{cste}$	Coefficient d'extraction racinaire	0.2-16	4
	$mx_{eau}$	Teneur maximale en eau	75-225	150 Kg/ m <sup>3</sup>
	$min_{drain}$	Diffusion entre réservoirs	0,0005-0,00 15	0,001
Sol	$dpu_{cste}$	Profondeur totale du réservoir	1-3	2 m
	$rsol_{cste}$	Résistance à l'évaporation	16500-495 00	33000 S/ m <sup>2</sup>
Végétation	$k_{rveg}$	Résistance de la végétation	0.5-1.5	1
	$k_{z0}$	Rugosité	0.5-1.5	1
Energie	$k_{albedo}$	Albédo	0.5-1.5	1
	$k_{emis}$	Emissivité	0.94-1	1
Thermo	$k_{capa}$	Capacité du sol	0.5-1.5	1
	$k_{cond}$	Conductivité du sol	0.5-1.5	1

**Identify the sensitive parameters and correlations**

## Tests

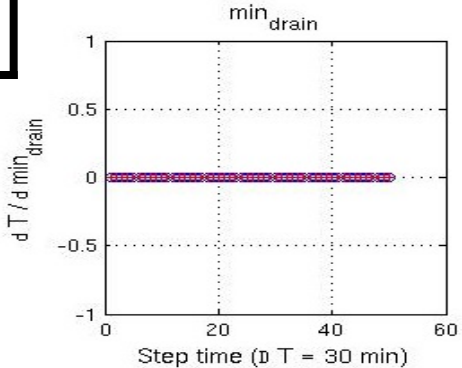
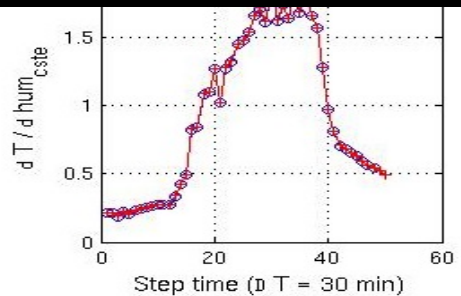
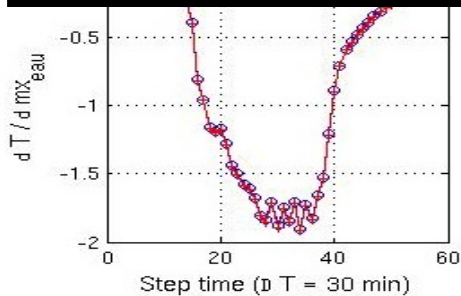
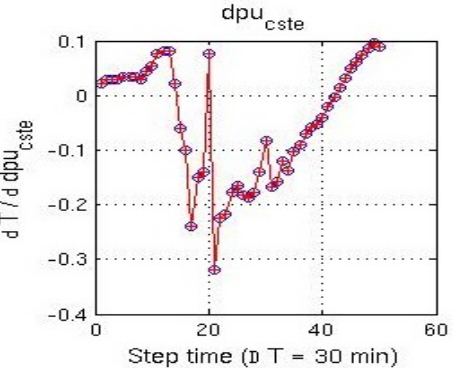
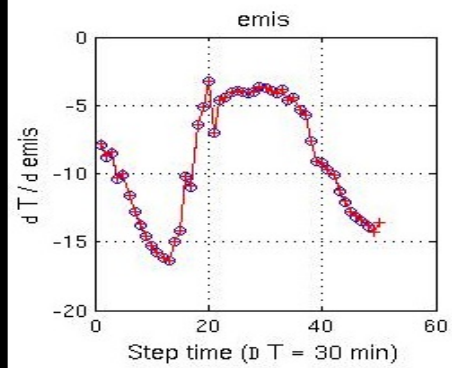
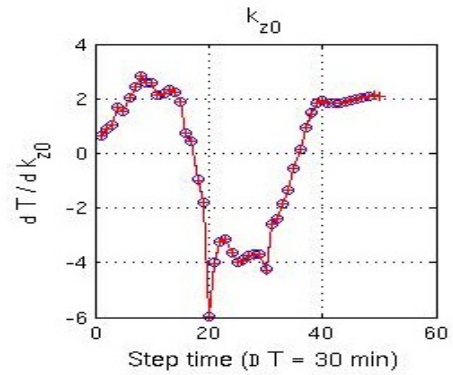
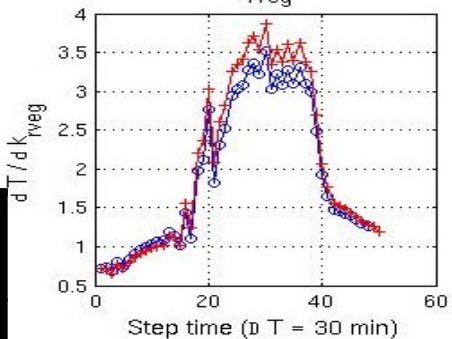
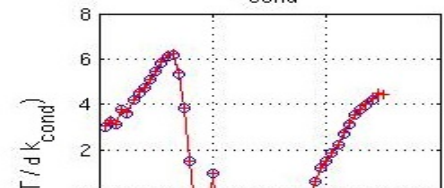
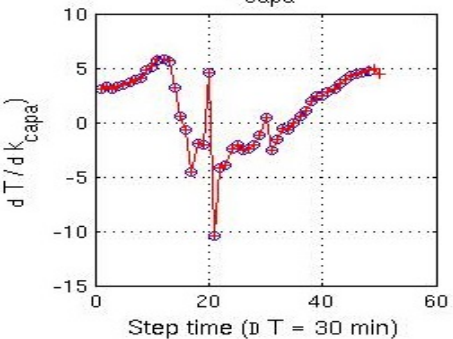
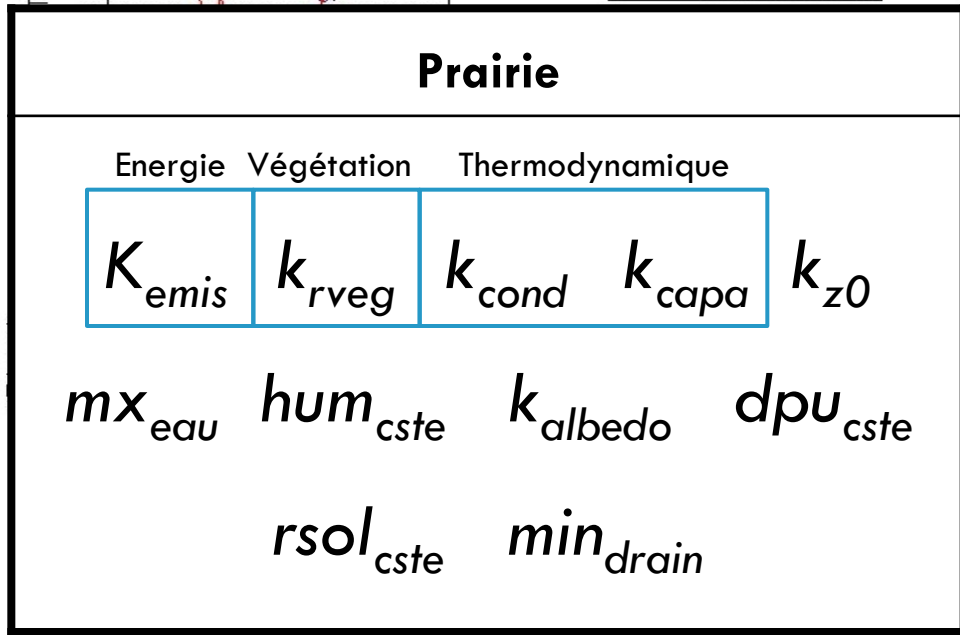
**Forcing:** FLUXNET Kruger Park,  
Harvard forest

- **Dates:** different days in various climatic conditions
- **Vegetation type :** Prairie and Bare soil

# Hiérarchie de paramètres

6

Gradients et Différences Finies par rapport aux Paramètres, FLUXNET Kruger Park, 11-02-2003, Prairie



# Assimilation of LST on Fluxnet sites

7

## Exp1: Impact of observation sampling

		Sampling				
Variables		Prior	30 min	2 heures	6 heures	12 heures
RMSE	Rn ( $W/m^2$ )	18.4	0.07	0.407	0.504	5.99
	H ( $W/m^2$ )	25	0.0437	0.138	0.43	4.7
	LE ( $W/m^2$ )	15.7	0.0601	0.592	0.594	2.43
	LST (K)	7.98	0.0601	0.0243	0.592	0.594
Paramètres		Prior	30 min	2 heures	6 heures	12 heures
Erreur relative	$k_{cond}$	0,50	0.0183	0.061	0.140	0.49
	$k_{capa}$	0,50	0.0427	0.172	0.41	0.47
	$k_{z0}$	0,50	0.00103	0.0162	0.147	0.24
	$k_{rveg}$	0,50	0.041	0.09	0.38	0.41
	$k_{emis}$	0,50	0.0017	0.027	0.07	0.127
	$k_{albedo}$	0,50	0.012	0.013	0.032	0.041

- 1 month / 1 week assimilation experiments, calibration of 6 parameters, Kruger park, prairie,
- Optimization performances vary with observation sampling

# Impact of parameter space size

8

**Exp 2 and 3:** 6 parameters / 10 parameters , 1 week assimilation, LST 30mn sampling

		Experiment 2		Experiment 3	
Variables		Prior	Final	Prior	Final
<b>RMSE</b>	Rn ( $W/m^2$ )	$4.37 \cdot 10^{-1}$	$2.28 \cdot 10^{-8}$	$1.13 \cdot 10^{-1}$	$6.19 \cdot 10^{-5}$
	H ( $W/m^2$ )	$4.73 \cdot 10^{-1}$	$1.80 \cdot 10^{-7}$	$4.46 \cdot 10^{-1}$	$1.46 \cdot 10^{-3}$
	LE ( $W/m^2$ )	$1.24 \cdot 10^{-1}$	$8.86 \cdot 10^{-7}$	$3.61 \cdot 10^{-1}$	$1.01 \cdot 10^{-2}$
	LST (K)	$2.75 \cdot 10^{-2}$	$1.51 \cdot 10^{-7}$	$1.54 \cdot 10^{-2}$	$3.4 \cdot 10^{-6}$
Parameters		Prior	Final	Prior	Final
<b>Relative Error</b>	$k_{emis}$	$2.75 \cdot 10^{-1}$	$6.08 \cdot 10^{-7}$	$2.41 \cdot 10^{-1}$	$7.91 \cdot 10^{-3}$
	$k_{rveg}$	$2.81 \cdot 10^{-1}$	$2.76 \cdot 10^{-8}$	$2.29 \cdot 10^{-1}$	$4.91 \cdot 10^{-3}$
	$k_{cond}$	$2.73 \cdot 10^{-1}$	$6.37 \cdot 10^{-8}$	$2.38 \cdot 10^{-1}$	$9.16 \cdot 10^{-3}$
	$k_{capa}$	$2.73 \cdot 10^{-1}$	$5.64 \cdot 10^{-8}$	$2.71 \cdot 10^{-1}$	$7.86 \cdot 10^{-3}$
	$k_{z0}$	$2.63 \cdot 10^{-1}$	$7.97 \cdot 10^{-7}$	$2.43 \cdot 10^{-1}$	$4.91 \cdot 10^{-3}$
	$k_{albedo}$	$2.63 \cdot 10^{-1}$	$2.31 \cdot 10^{-6}$	$2.53 \cdot 10^{-1}$	$3.47 \cdot 10^{-2}$
	$mx_{eau}$	-	-	$2.46 \cdot 10^{-1}$	$6.16 \cdot 10^{-3}$
	$hum_{cste}$	-	-	$2.97 \cdot 10^{-1}$	$3.7 \cdot 10^{-2}$
	$dpu_{cste}$	-	-	$2.52 \cdot 10^{-1}$	$2.6 \cdot 10^{-2}$
	$rsol_{cste}$	-	-	$2.41 \cdot 10^{-1}$	$1.26 \cdot 10^{-2}$

Contrôler 6 paramètres  
améliore les performances  
d'assimilation qu'avec 10  
paramètres de contrôle



Ne contrôler que les  
paramètres les plus  
sensibles augmente les  
chances de trouver des  
valeurs de paramètres  
acceptables



## SMOSREX dataset

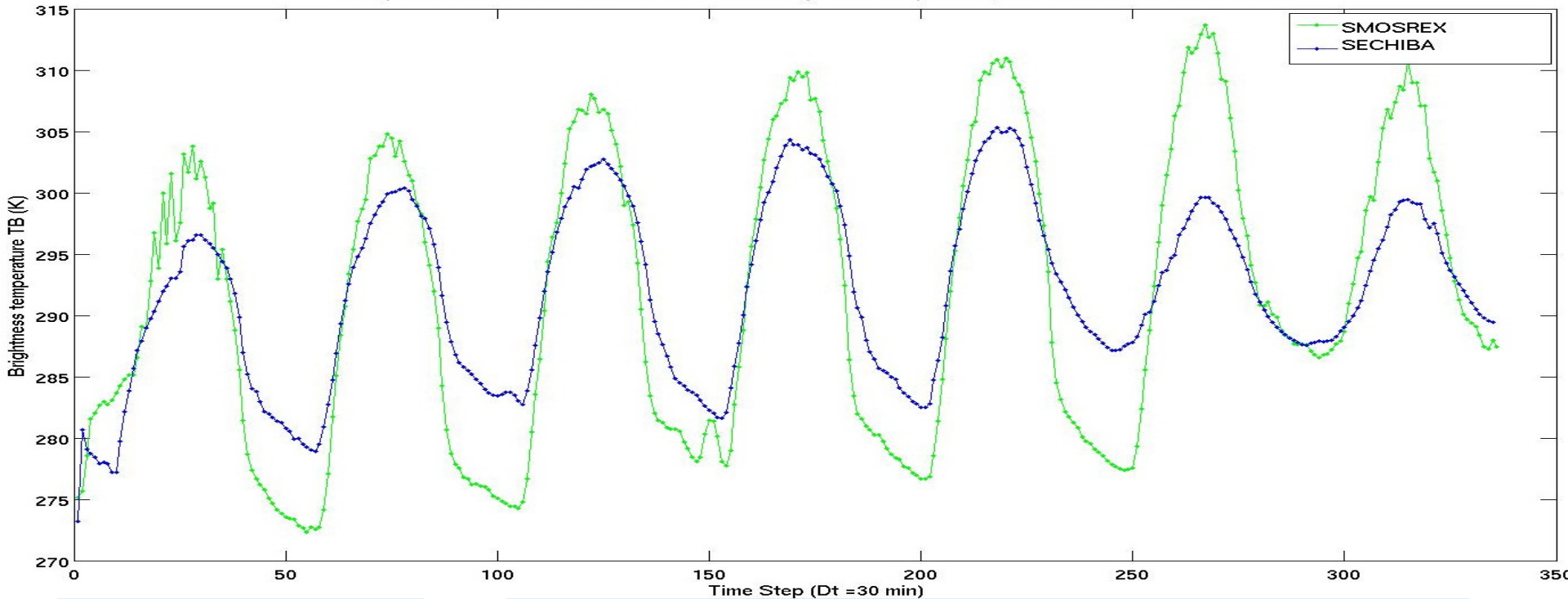
9

Un radiomètre infrarouge mesure la **température de brillance (TB)** à 60° sud dans une parcelle de jachère

Dans SECHIBA, la **température simulée ne correspond pas à la TB**, pourtant il y a un lien direct entre les deux

Introduction d'un **opérateur d'observation** dans SECHIBA-YAO pour **permettre la comparaison** avec les mesures de **SMOSREX**

Comparison between observed and estimated Brightness temperature, from 02/06/2006 to 09/06/2006



**L'amplitude est sous-estimée** dans SECHIBA

**Les différences** systématiques suggèrent des problèmes de modélisation de l'observable (effets **directionnels pas représentés, température moyenne non représentative, etc..**)

# Rescaled observations: CDF-Matching

10

CDF-Matching

**Réduire** les écarts entre variables et observations

**Scénario:** Sur 1 an, prairie, SMOSREX 2006

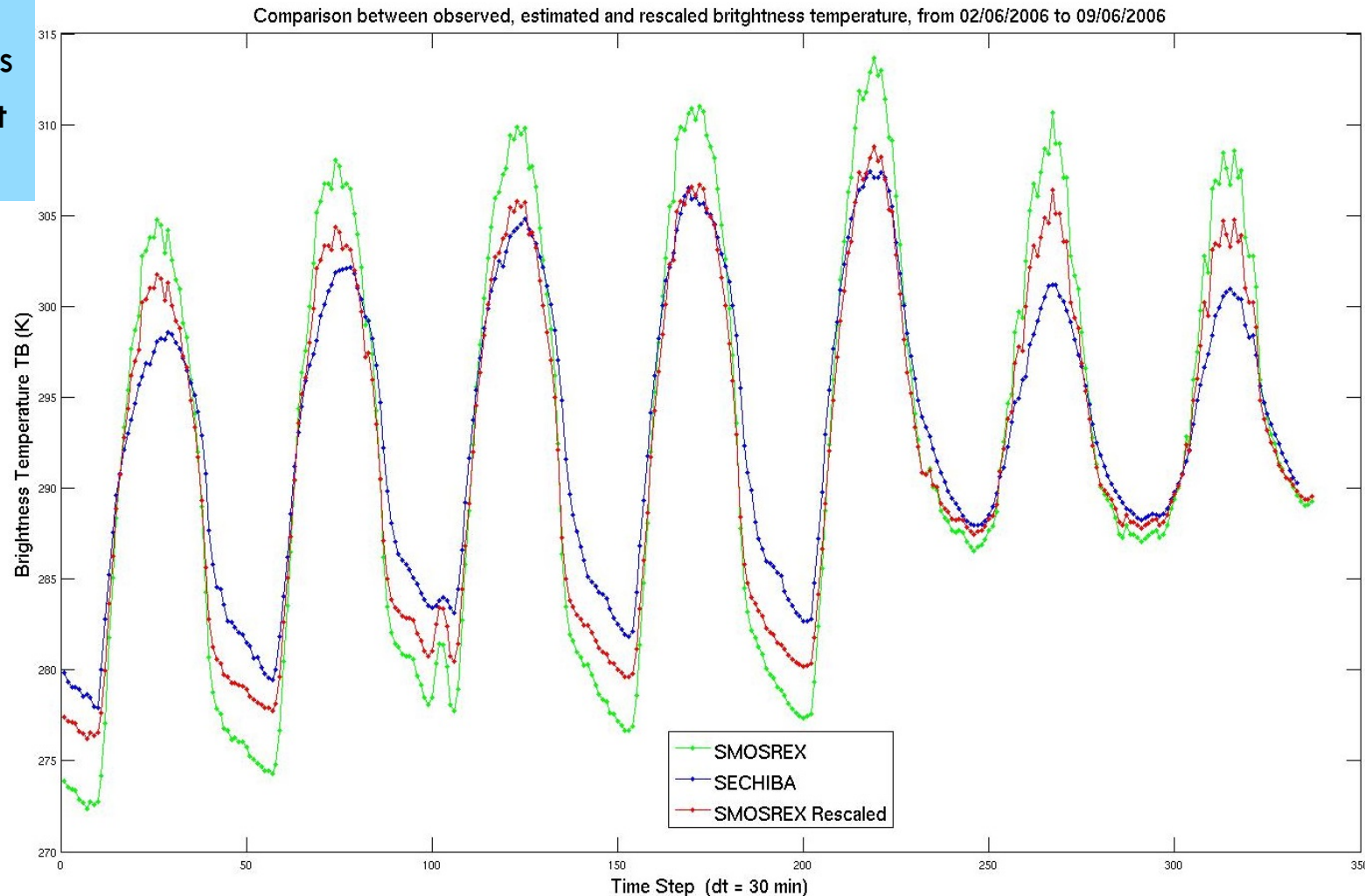
**Ajuster la distribution des observations et simulations**

Avant ajustement

RMSE = 5,82 K  
Bias = 14,7 K  
 $\sigma = 10,40$  K

Après ajustement

RMSE = 3,28 K  
Bias = 0,013 K  
 $\sigma = 8,19$  K



# Description de l'expérience

11

**1. Une analyse de sensibilité** a été faite en utilisant le forçage SMOSREX, le 02-06-2006, avec PFT 11

---

## Hierarchie

---

$mx_{eau}, hum_{cste}, k_{capa}, k_{emis}, k_{cond},$   
 $k_{rveg}, dpu_{cste}, k_{z0}, k_{albedo}, rsol_{cste},$   
 $min_{drain}$

---

**2. Observations:** TB recalées, chaque 30 minutes

**3. Type de végétation:** Prairie

**4. Paramètres de contrôle:** les six paramètres les plus sensibles

**5. Date:** à partir du 02-06-2006.

**6. Fenêtre temporelle d'assimilation d'une semaine**

**7. Une seule assimilation** a été faite

Assim(1)

Fenêtre d'assimilation d'une semaine

# Results

12

RMSE	TB(K)	$\theta$ (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Rn (W/m <sup>2</sup> )	LE (W/m <sup>2</sup> )	H (W/m <sup>2</sup> )
------	-------	--	------------------------	------------------------	-----------------------

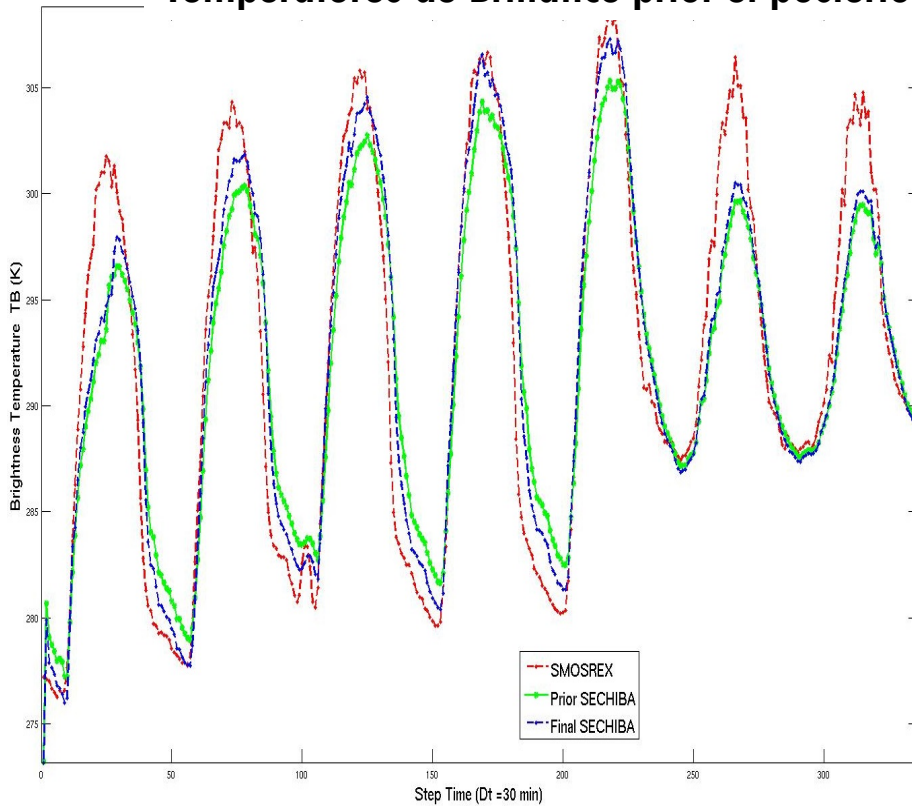
Prior	2.87	$5.42 \cdot 10^{-1}$	66.35	54.69	68.28
-------	------	----------------------	-------	-------	-------

Posterior	1.4				
-----------	-----	--	--	--	--

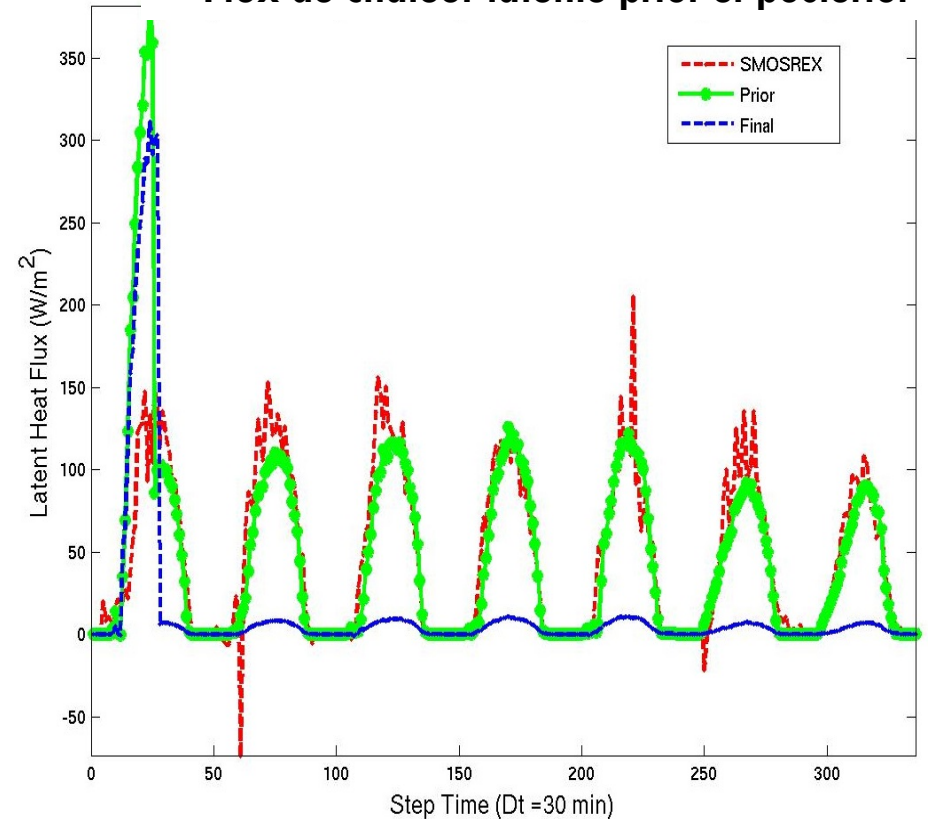
Valeurs finales des paramètres

$k_{emis}$	$k_{rveg}$	$k_{cond}$	$k_{capa}$	$mx_{eau}$	$hum_{cste}$
1	1.5	0.5	0.5	1.5	1.5

Températures de Brillance prior et posterior



Flux de chaleur latente prior et posterior



LST optimization lead to evapotranspiration reduction and wrong values for parameters , increase of H and decrease of soil moisture not in agreement with observations, the most sensible paramaters may not be the most pertinent to calibrate on the assimilation period chosen, strategy for calibration ?

# Conclusions

13

1. YAO-ORCHIDEE operational, tool validated

2. Twin experiments demonstrate the potentialities of temperature assimilation for parameter optimization

3. Preliminary application to SMOSREX data raised some issues related to:

- Significativity of ORCHIDEE modeled surface temperature
- Comparison to observations (radiative transfer modelisation)
- Account for model errors
- Model parameter correlations
- Correction of initial states
- Strategy for calibration ? Parameters and assimilation period choices ? Dynamic parameter space ?