

# Perspectives pour une représentation de la neige plus détaillée dans CNRM-CM6

E.Brun, B. Decharme, A. Boone, (CNRM/GAME Toulouse)  
S. Morin M. Dumont (CNRM/GAME CEN Grenoble)

+ contribution de T. Wang et C. Ottlé sur Orchidee-snow (IPSL/LSCE)

Réunion Miss-Terre 19-23 nov. 2012  
Gif s/Yvette



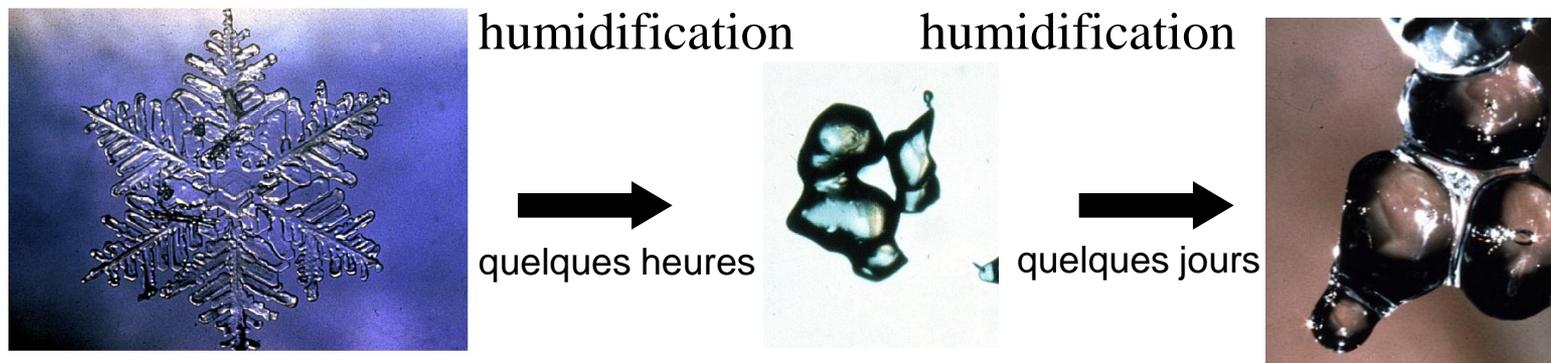
# Points abordés

- **Intro sur quelques spécificités de la neige**
- **Principales classes de modèle de neige**
- **Evaluations en mode forcé et couplé**
- **Perspectives pour CNRM-CM6**

# Spécificités du manteau neigeux vis-à-vis du climat

- Albedo plus bien fort que toutes les autres surfaces  
→ facteur important de refroidissement climatique et rétroaction >0
- Capacité et une conductivité thermiques très faibles  
→ fort découplage sol/atmosphère  
→ contrôle important du gel du sol (Gouttevin et al., 2012)
- Propriétés radiatives et thermiques qui varient sur plus d'un ordre de grandeur en fonction des métamorphoses et de la densification  
→ forte variabilité temporelle
- Limitation supérieure de la température de surface à 0°C  
→ taux de fonte très non linéaire/ flux énergétiques descendants
- 2 rétroactions radiatives internes à la neige  
→ très forte sensibilité de la fonte à tout réchauffement
- Transport de la neige par le vent, interaction forte avec végétation  
→ très forte variabilité "sous-maille"

## 2 processus de rétroaction interne sur l'albédo



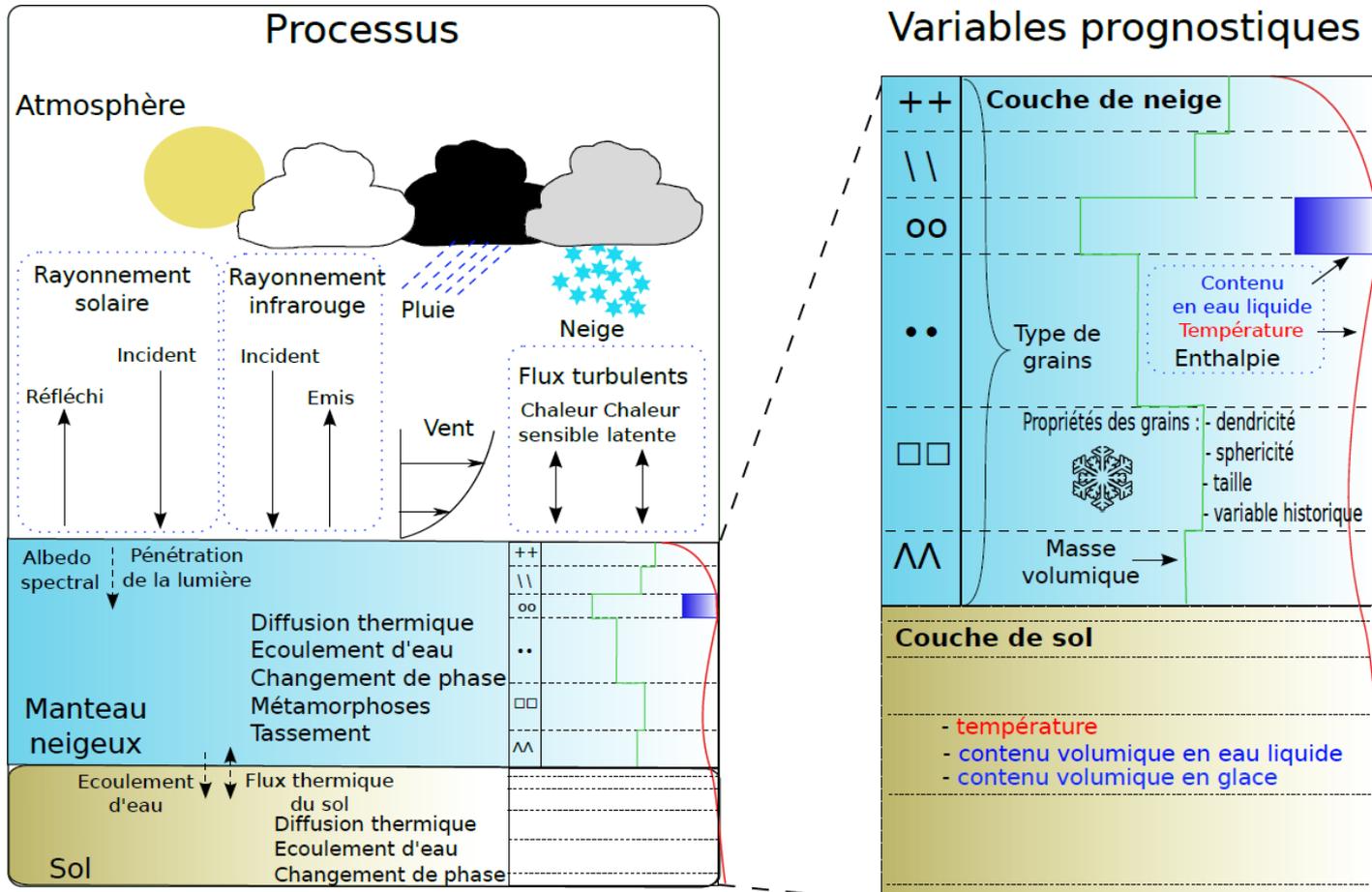
→ Humidification → métamorphose de neige humide  
 → baisse de l'albédo de la neige → accélération de la fonte  
 (partie proche infra-rouge du spectre)

→ Début de fonte → concentration de certaines impuretés en surface  
 → baisse de l'albédo de la neige → accélération de la fonte  
 (partie visible du spectre)

## 3 principales classes de modèles de manteau neigeux

- 1: mono-couche éventuellement en composite avec sol :
  - ➔ D95 (Douville et al., 1995) et Orchidee “neige” (Chalita et al., 1994)
  - ➔ config CNRM-CM5, IPSL-CM5 et nombreux CMIP5
- 2 : multi-couches :
  - diffusion thermique, écoulement d’eau, changement de phase, pénétration de la lumière, tassement,
  - flux sol/neige via un couplage effectif avec un modèle de sol
  - nombre de couches de neige quasi-fixe (3 ou + ...)
    - ➔ ISBA-ES (Boone et al., 2001), ORCHIDEE-N (Wang et al., in prep.), CLM 4
    - ➔ CMIP5: CESM... + configuration recherche CNRM-CM5
- 3 : multi-couches avec métamorphoses et stratification:
  - Idem 2 + ...
  - stratification (nombre et épaisseur des couches variables)
  - métamorphose et âge de la neige
  - albedo spectral (N bandes) fonction des types et taille des grains de neige et de leur âge
  - transport par le vent ➔ compaction / sublimation associée
  - ➔ Crocus (Brun et al. 1992, Vionnet et al., 2012), SNOWPACK (Lehning et al., 2002)
  - ➔ MAR + configuration recherche CNRM-CM5

# Processus simulés par Crocus et variables

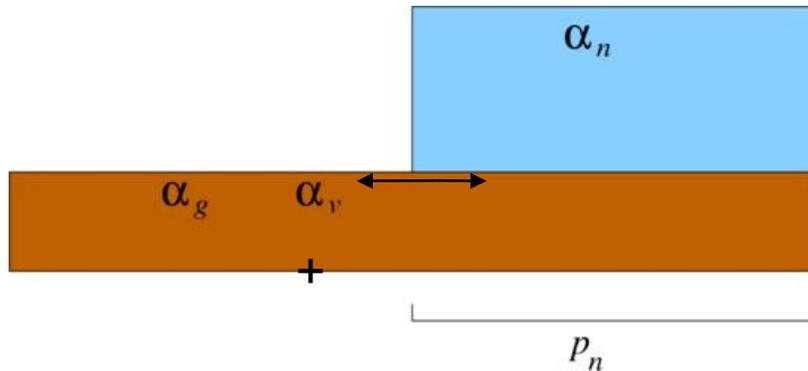


Pour ISBA-ES et ORCHIDEE-N : idem en terme de processus sauf métamorphoses, effet du drifts et maillage adapté à la stratification

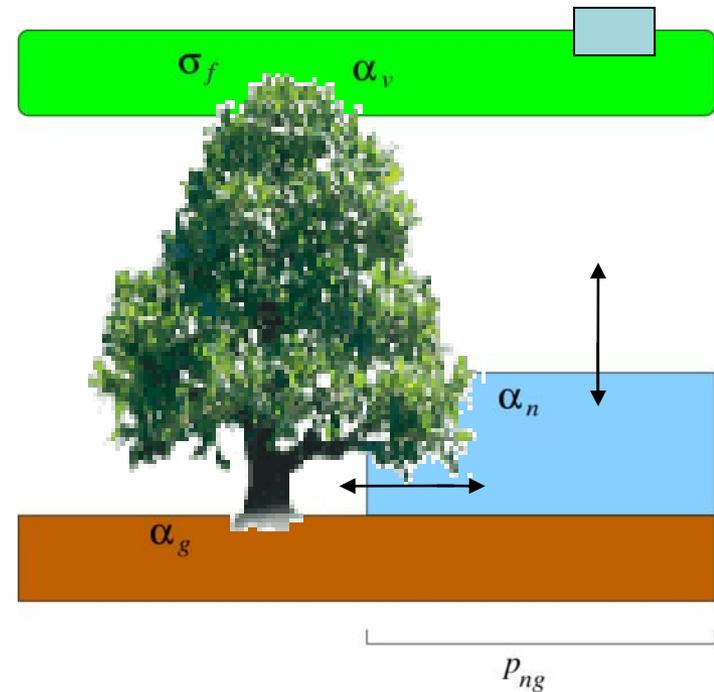
## Adéquation des types de modèles à l'étude de certains processus ou à certaines questions scientifiques

Processus Questionnement	D95 ORCHIDEE-Old	ISBA-ES ORCHIDEE-New	Crocus
Rétroaction climatique	Oui	Oui	Oui
Rétroaction radiative interne à la neige	Faible	Faible	Oui
Impact des dépôts d'aérosols sur la cryosphère	Oui Processus limités	Potentiellement Oui (limité)	Potentiellement oui inc. evolution
Evolution du permafrost (+ CH4)	Faible	+/- selon nbre couches de neige	Oui
Bilan de masse des glaciers directement dans le GCM	Faible	Potentiellement oui	Oui
Interaction neige et végétation	Oui (sommaire)	Oui (développement)	Oui (développement)

# Développement en cours d'un bilan d'énergie multiple (MEB)



MEB



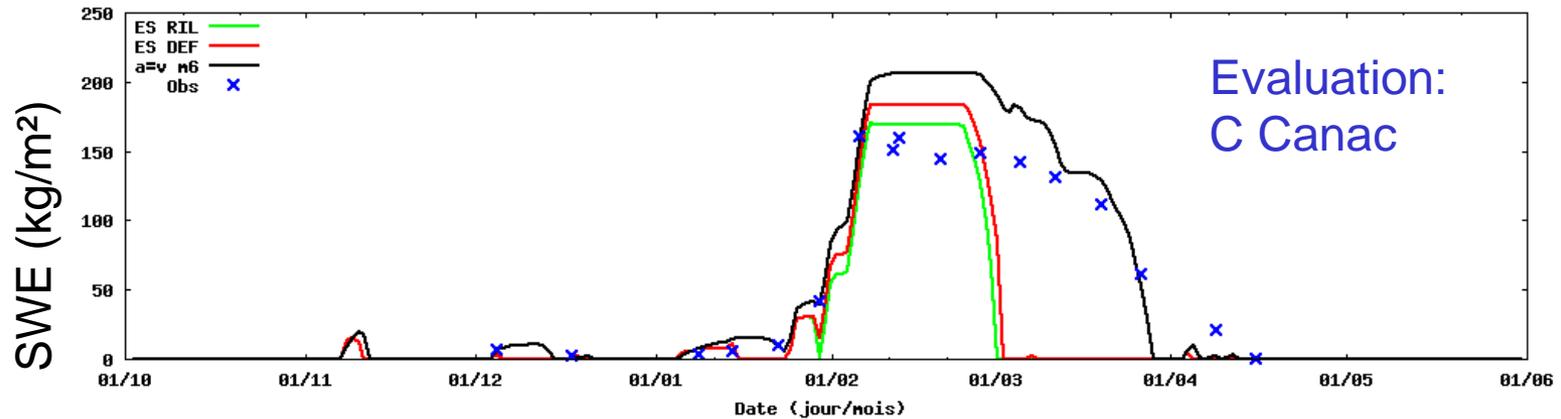
Prise en compte explicite des transferts radiatifs et des flux turbulents dans la canopée

(Boone et Samuelson)

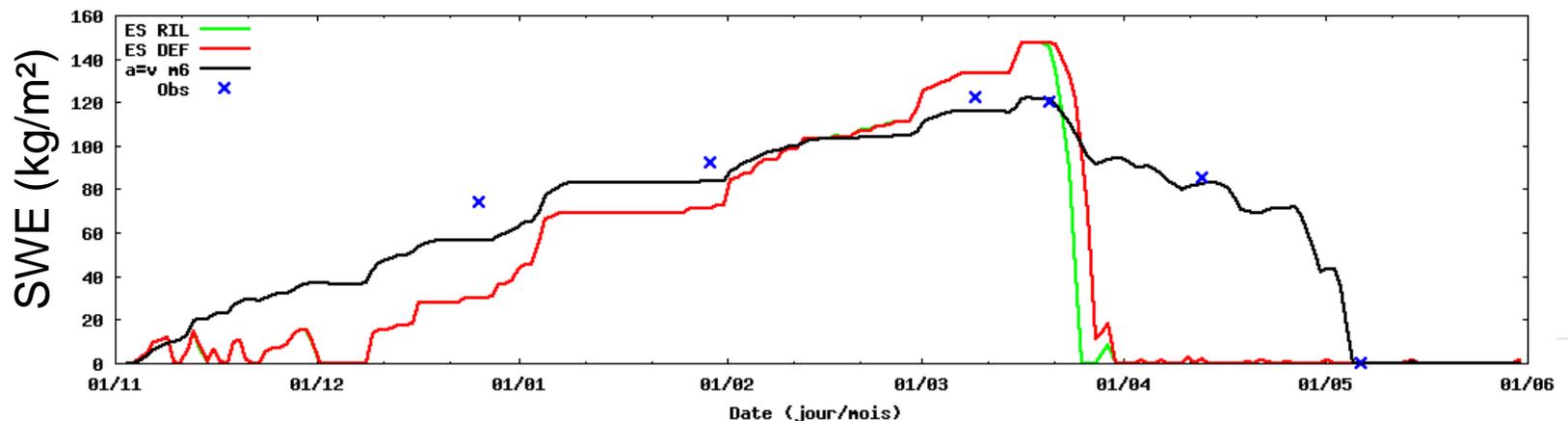
# Résultats préliminaires ISBA-ES /MEB sur jeux de données SNOWMIP2

## Two SnowMIP2 forest sites where snow interception matters (ISBA-MEB+ES+DF)

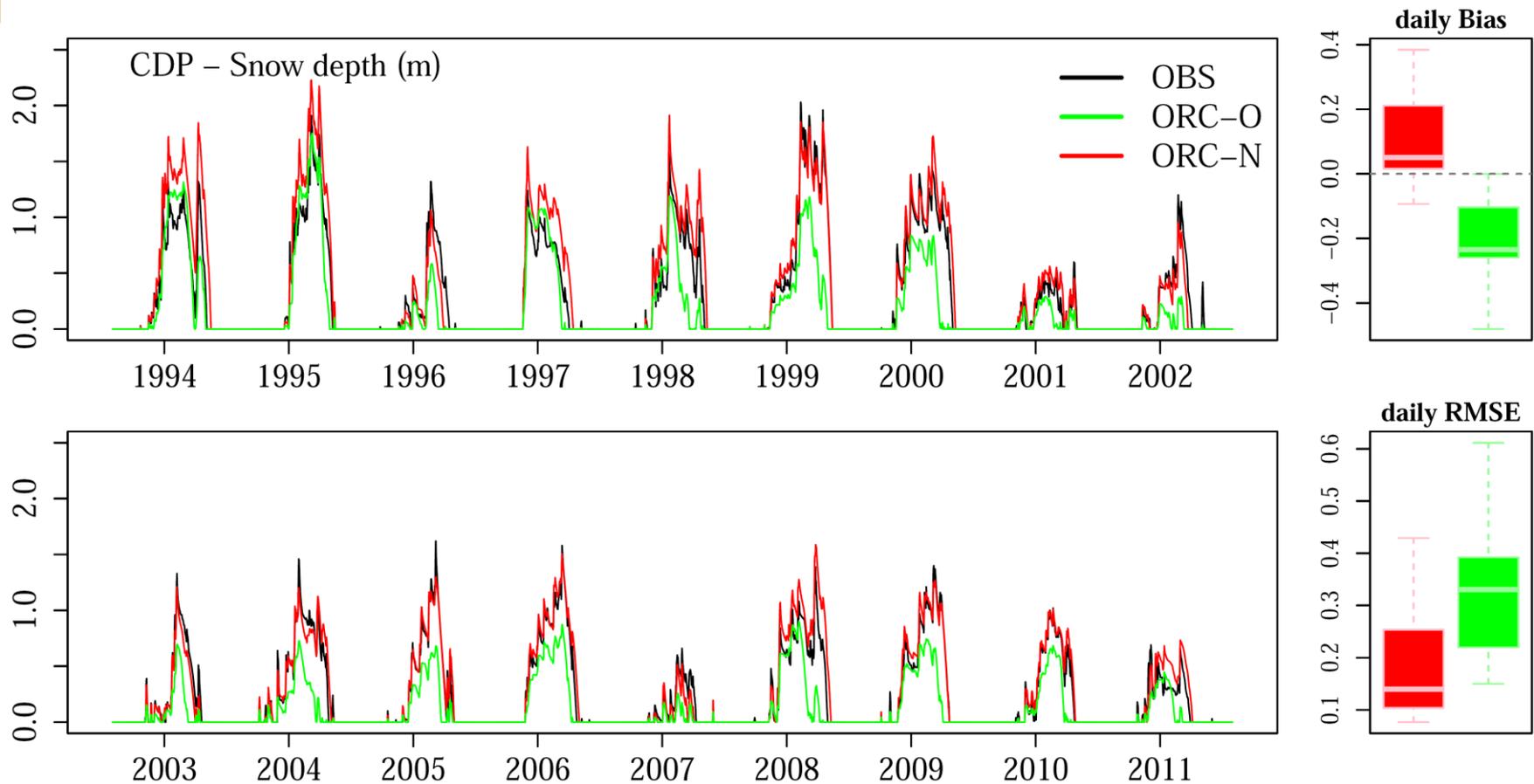
Alptal (Switzerland), 1185 m, trees: 25 m, LAI 4.2



Fraser (US Rockies), 2820 m, trees: 27 m, LAI 5

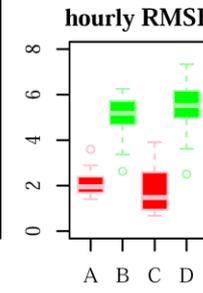
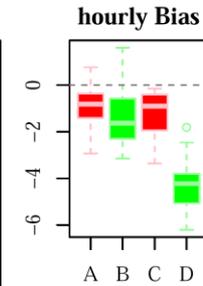
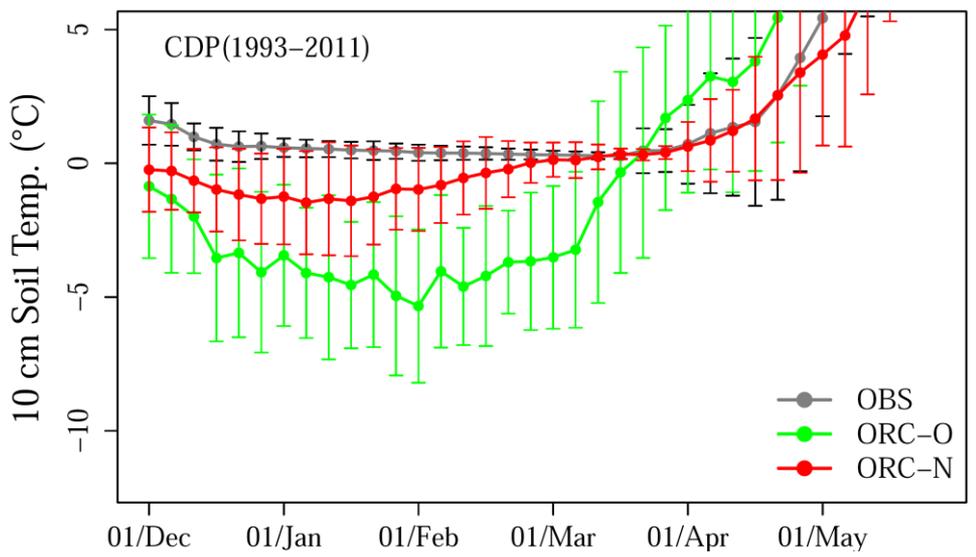
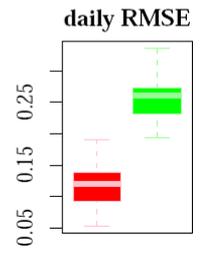
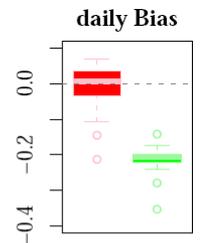
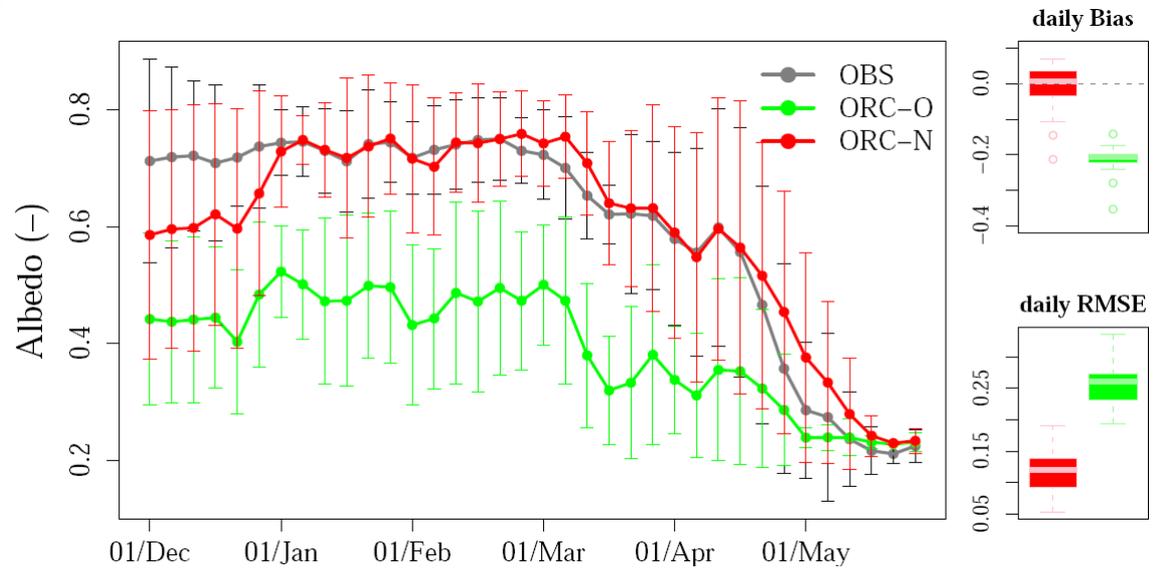


# Evaluation ORCHIDEE-N (Col de Porte)

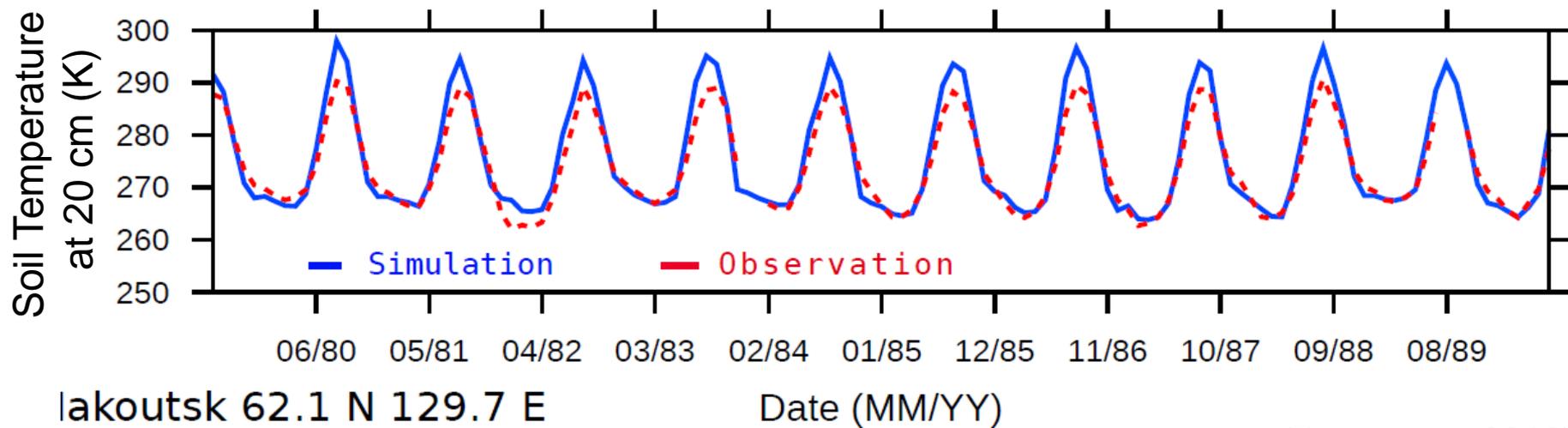
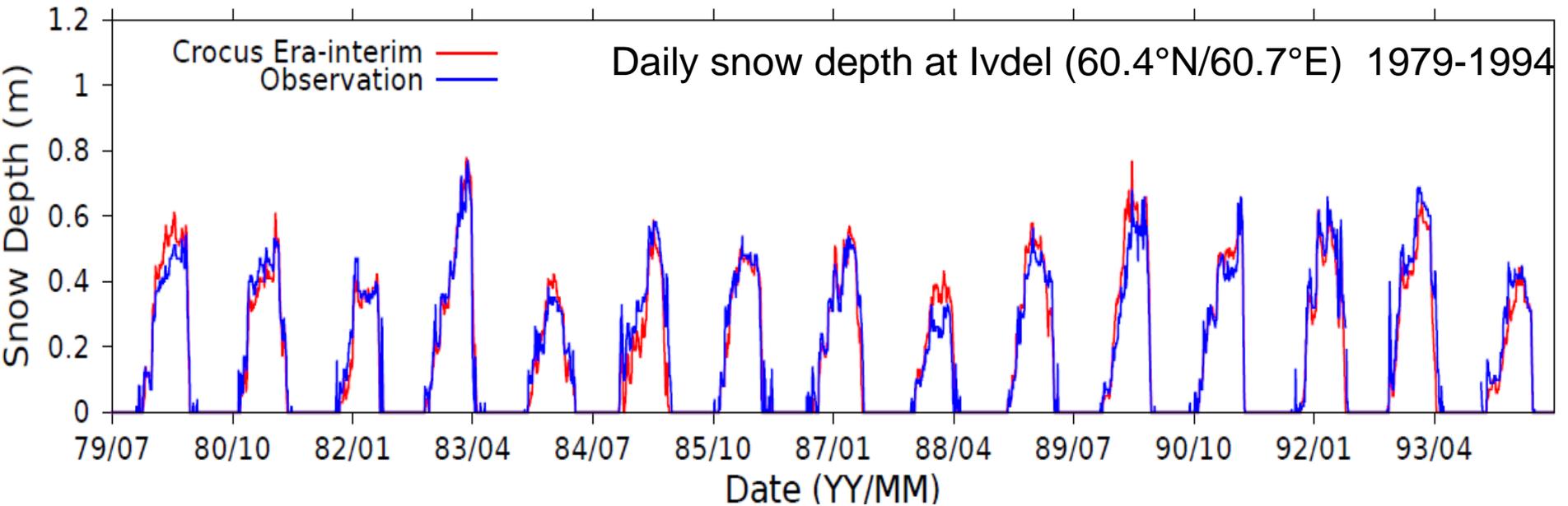


(Wang et al., in prep.)

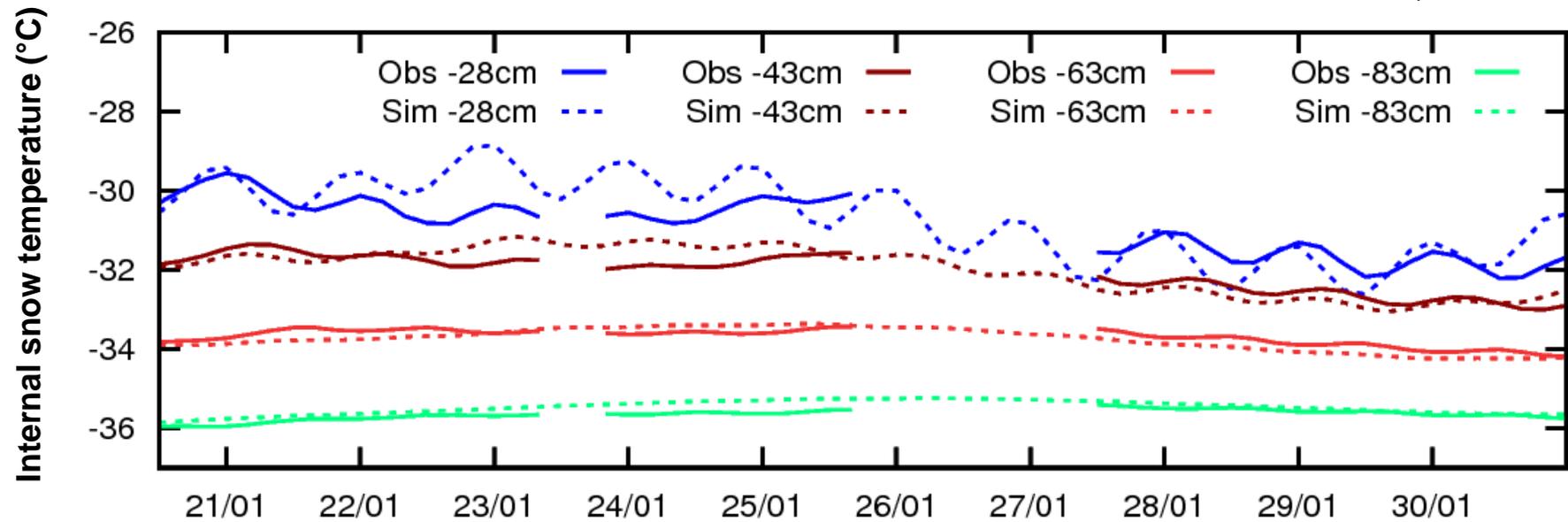
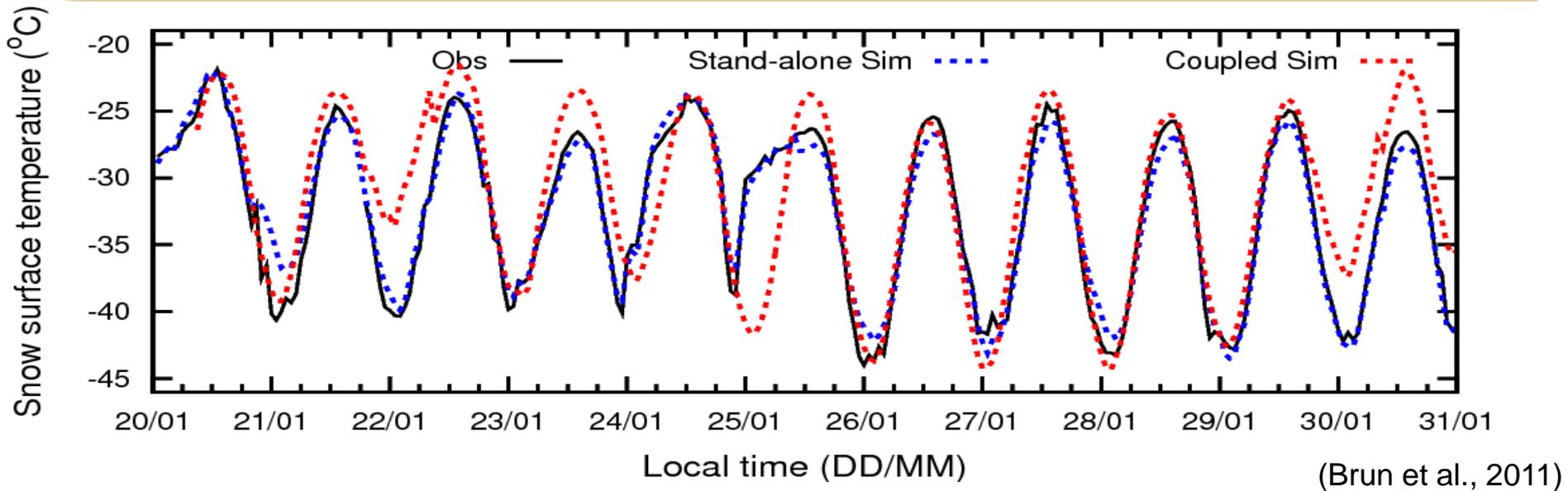
# Evaluation ORCHIDEE-N (Col de Porte)



# Evaluation ERA-Interim/Crocus-ISBA-DF sur Sibérie



# Simulation forcée et couplée AROME/Crocus à Dôme C: températures de surface et interne



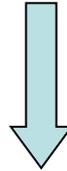
# Perspectives CNRM-CM6 en terme de modélisation du manteau neigeux

- Remplacer D95 par ISBA-ES couplé au modèle de sol ISBA-DF
  - Nécessite l'implémentation du bilan d'énergie multiple MEB
  - Nombre de couches à déterminer en fonction des coûts et performances
  - Nécessite une évaluation détaillée des impacts sur la climatologie CNRM-CM
    - projections climatiques CMIP6, études hydrologiques
  
- Pouvoir activer sous clé Crocus au lieu de ISBA-ES
  - Etude de l'impact de la sophistication du schéma de neige sur le climat et les différentes composantes du modèle
  - Simulation couplée du bilan de masse des calottes et glaciers (cf. patches glaciers permanents partout où nécessaire)
  - Etude de certains processus climatiques en lien avec des développements en cours sur Crocus (CEN et LGGE):  
albedo spectral, permafrost, interaction neige/aérosols, ....

# Conclusion

Similarité ISBA-ES et ORCHIDEE-N

Crocus dans CNRM-CM  
+  
quasi-Crocus dans MAR



**Une opportunité concrète de coopération  
ISPSL / CNRM / LGGE pour CMIP6**

# Principes généraux de SURFEX:

surface externalisée pour Meso-NH, AROME, CNRM-CM et HARMONIE

4 tiles dans chaque maille : nature, ville, lac, mer

1 bilan d'énergie et de masse séparé pour chacun des tiles

Couplage explicite ou implicite des échanges avec l'atmosphère

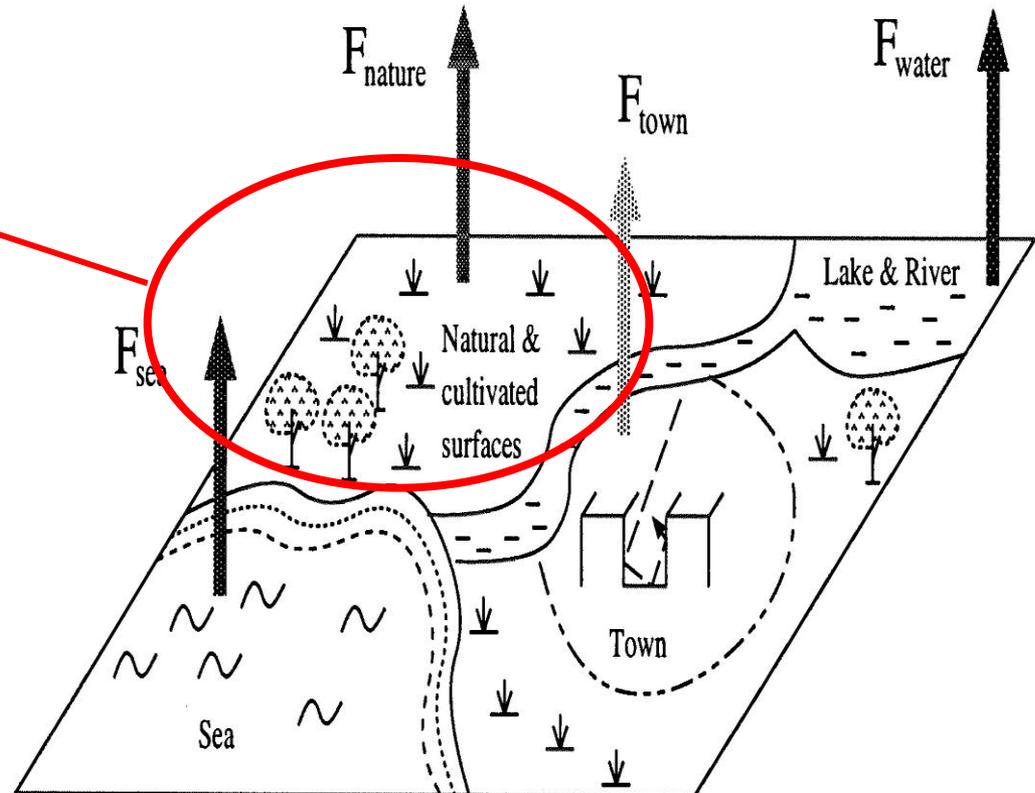
Pondération des échanges par la surface relative du tile

Tile « Nature »:

-1 à 12 patches en options

-Modèle de surface: ISBA

-Fonctionnalité multi-points



# Le modèle de surface continentale ISBA

Coupage implicite ou explicite avec l'atmosphère

4 modèles de neige:

D95 et EBA : mono-couches composites

ES : multi-couches (nbre fixe)

Crocus: nbre de couches variable  
+ métamorphoses ...

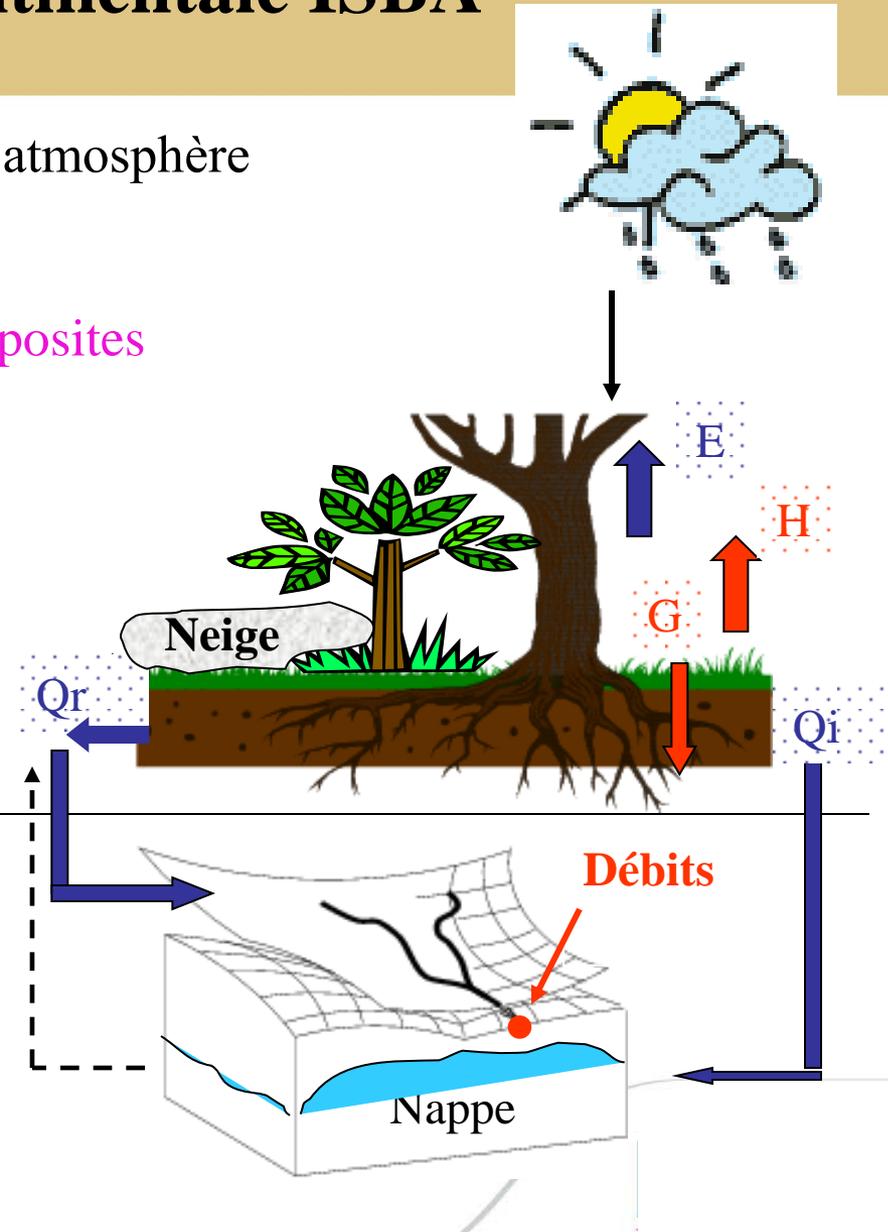
2 Modèles de sol:

2-L/3-L : sol/végétation composite

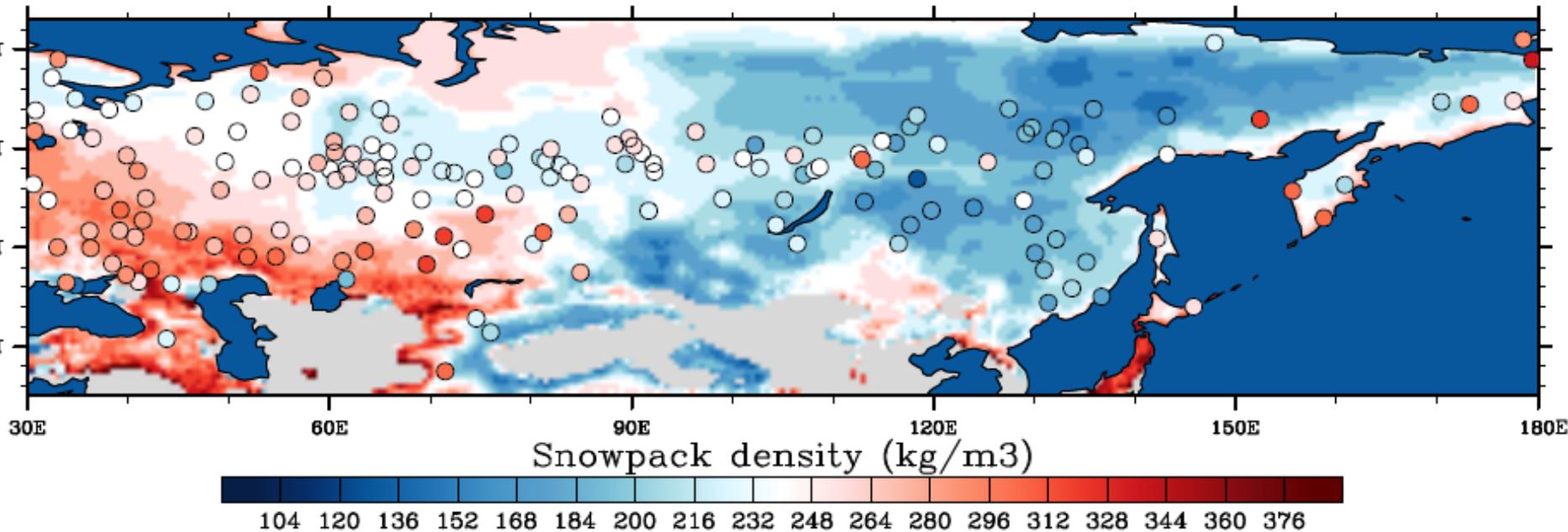
ISBA-DF : multi-couches et gel

+ Modèle de routage des fleuves :

**TRIP** (Decharme et al.)



# Evaluation ERA-Interim/Crocus-ISBA-DF sur Sibérie

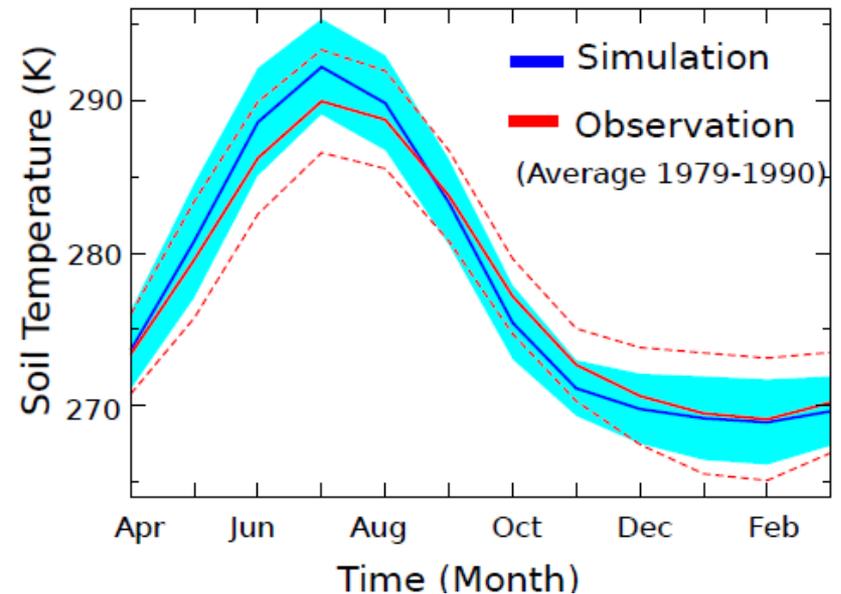
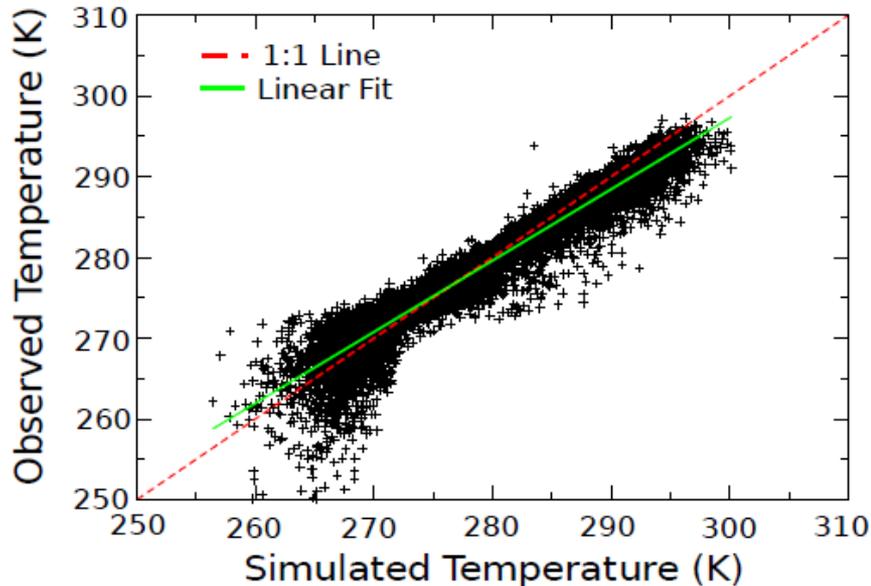
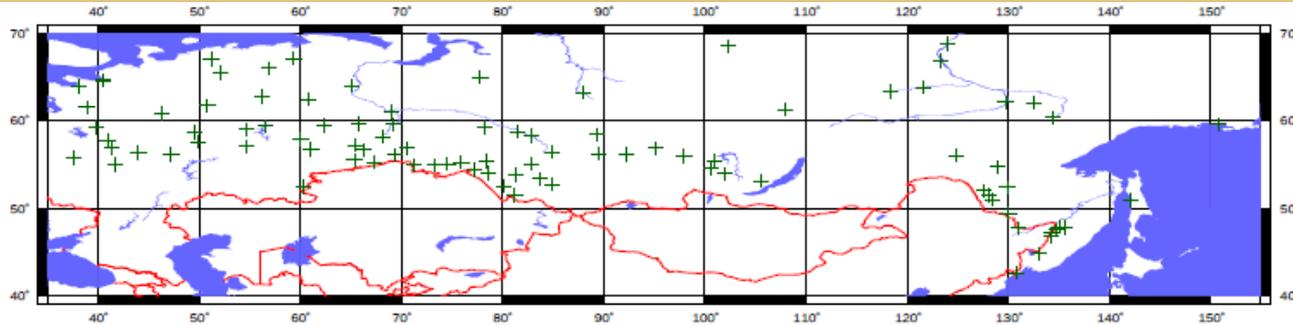


Comparison between observed (circles) and simulated density (2D field) on 10 March  
ERA-Interim meteorological forcing (average 1979-1992)

→ Permet d'expliquer une grande partie du réalisme des simulations de la température du sol

# Simulation of soil near-surface temperature (20 cm depth)

96 stations  
1979-1990

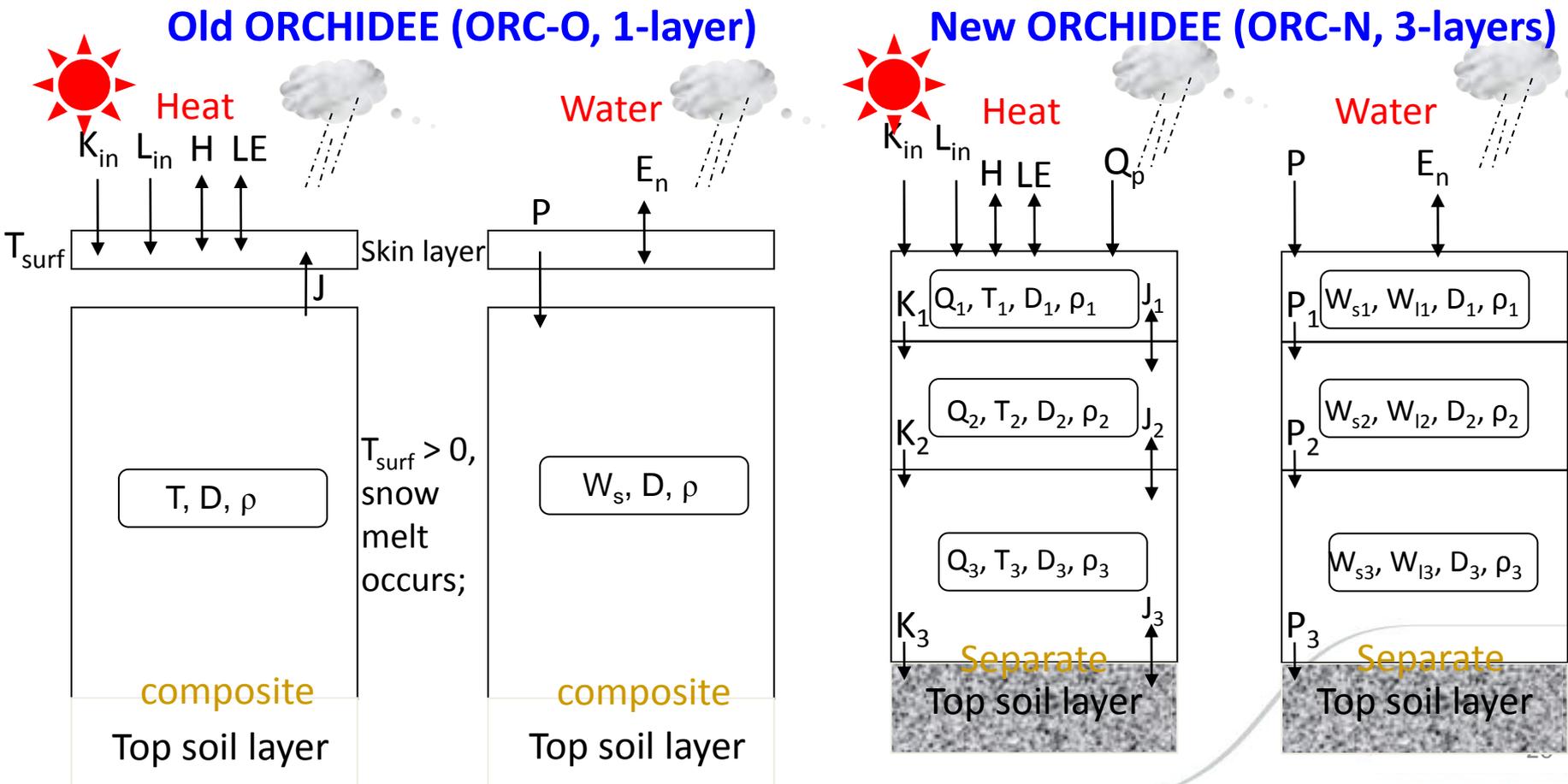


Year-round : 11760 monthly obs.  $\Rightarrow$  Bias = 0.1 K / RMSe = 2.5 K

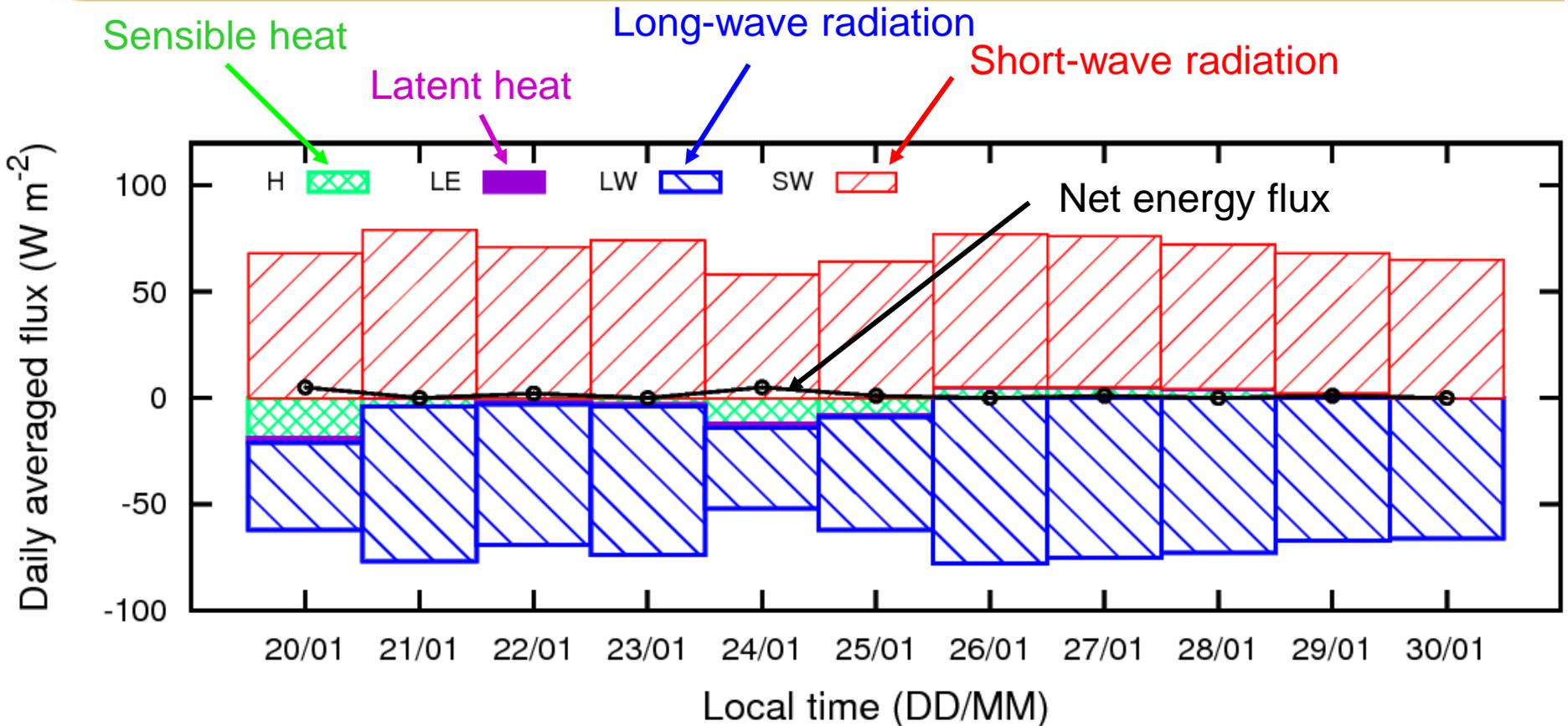
Winter (DJF) : 2900 monthly obs.  $\Rightarrow$  Bias = -0.5 K / RMSe = 2.8 K

# ORCHIDEE Snow development

- ✓ Single layer **vs.** Three layer
- ✓ Composite **vs.** Separate snow structure
- ✓ snow density and snow thermal conductivity (constant **vs.** variable)
- ✓ Freezing and refreezing processes (no **vs.** yes)
- ✓ water flow between layers (no **vs.** yes)



# Snow surface energy balance at Dôme C, Antarctica



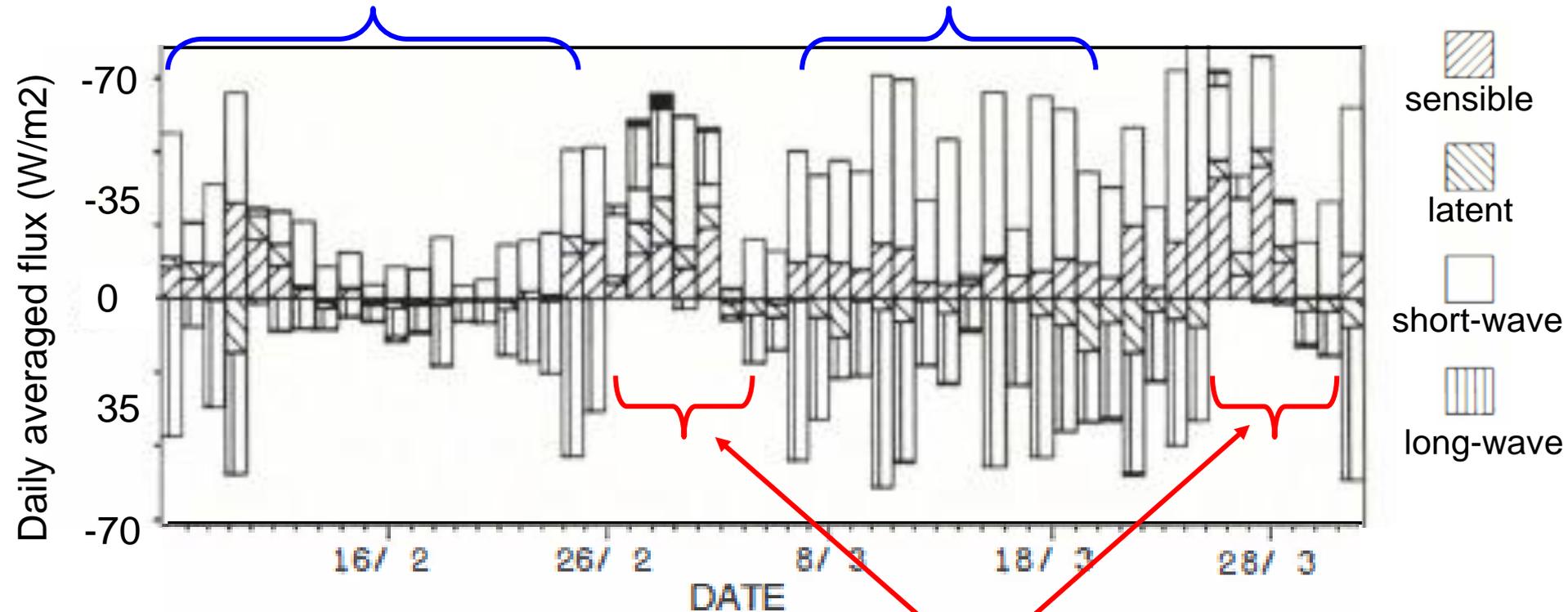
Surface temperature ranging from  $-20^{\circ}\text{C}$  to  $-45^{\circ}\text{C}$ :

➔ Almost perfect balance between positive and negative energy fluxes

(Updated from Brun et al., 2011)

# Snow surface energy balance of an alpine snow cover

Balanced energy fluxes → no melting



Unbalanced energy fluxes → melting

→ Snow melting is not linearly linked with incoming energy fluxes

(Updated from Brun et al., 1989)