

# Vers une unification de l'hydrologie des sols dans le modèle de surface continentale ORCHIDEE

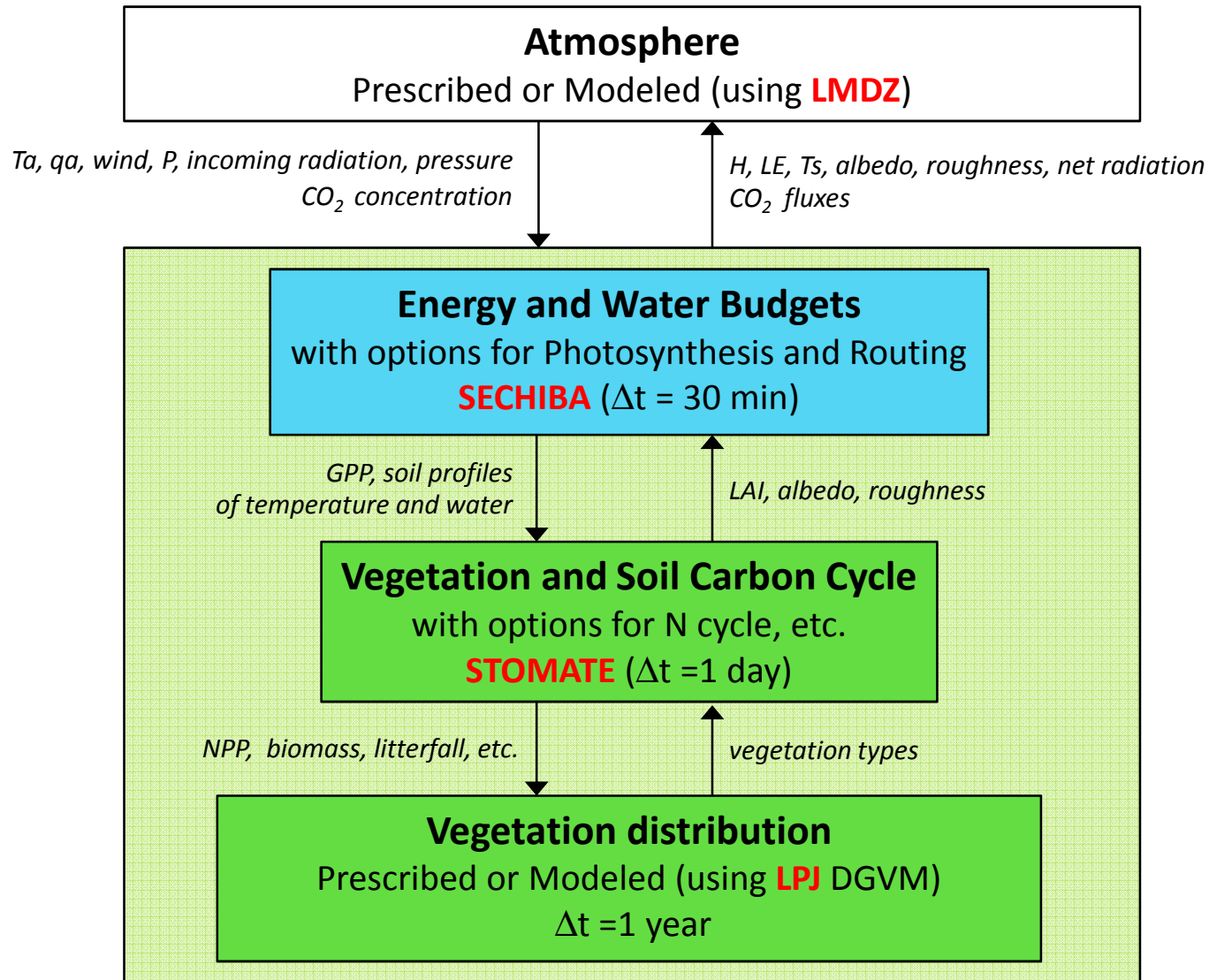
**A. Ducharne**

UMR Sisyphe, CNRS, Paris  
[Agnes.Ducharne@upmc.fr](mailto:Agnes.Ducharne@upmc.fr)

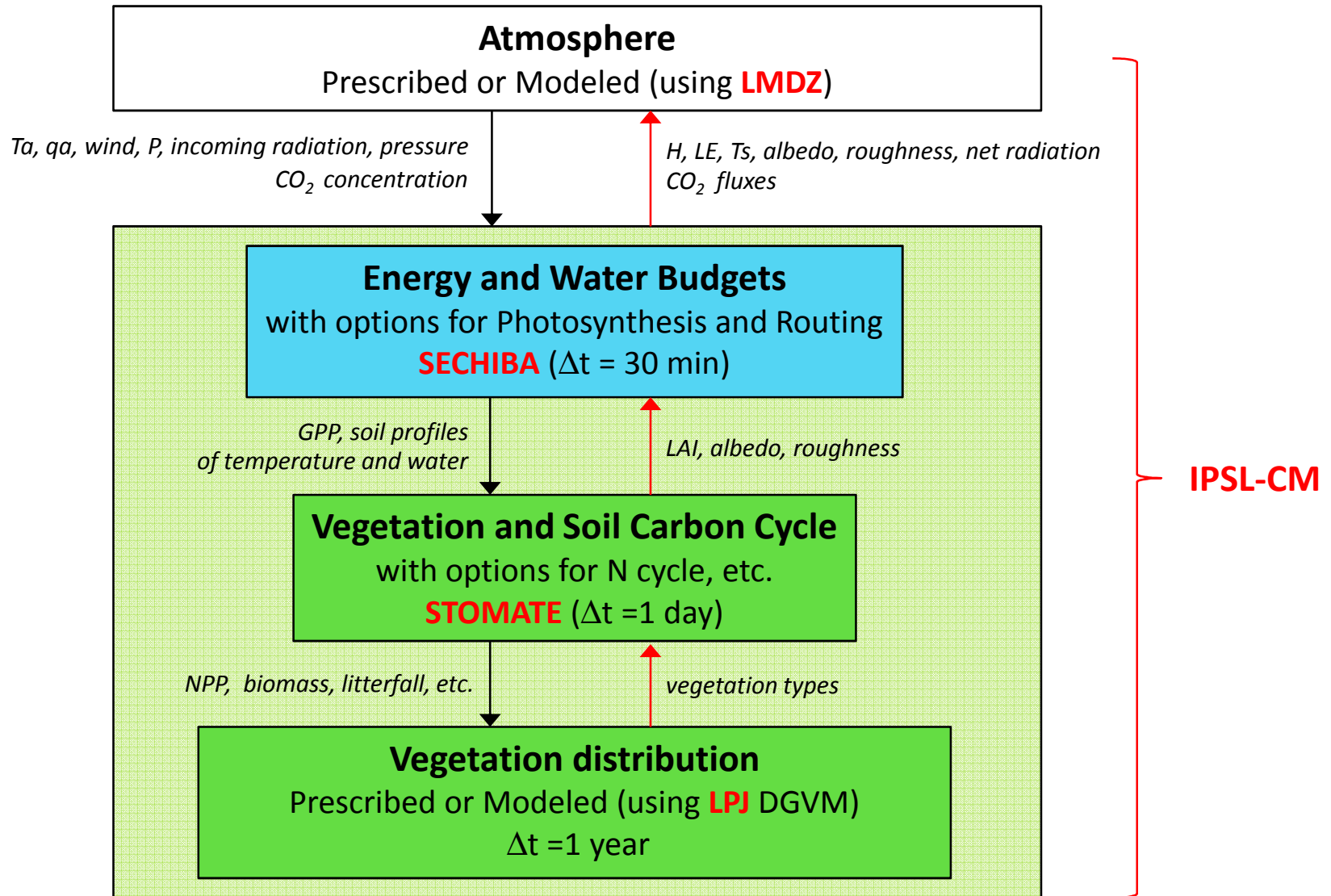
**M. Guimberteau, A. Campoy, J. Polcher, F. Cheruy, N. Vuichard,  
D. Solyga, F. Maignan, C. Ottlé, P. Peylin, M. Mancip, J. Ghattas**



# ORCHIDEE



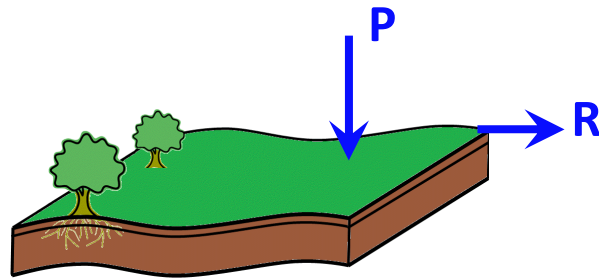
# ORCHIDEE



# Deux versions de l'hydrologie du sol

## Choisnel = ORC2

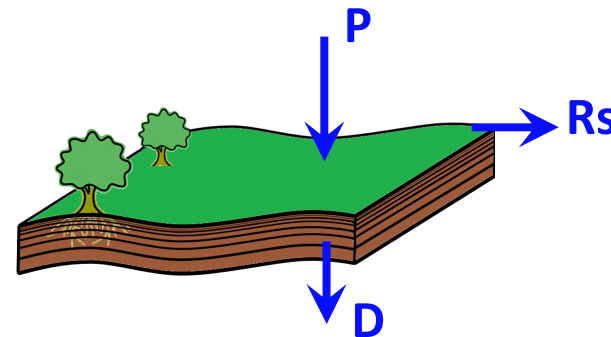
*Ducoudré et al., 1993; de Rosnay et al. 1998*



- **Conceptual description of soil moisture storage**
- **2-m soil and 2-layers**
- Top layer can vanish
- Constant available water holding capacity (between FC and WP)
- Runoff when saturation
- No drainage from the soil
- We just diagnose a drainage as 95% of runoff for the routing scheme

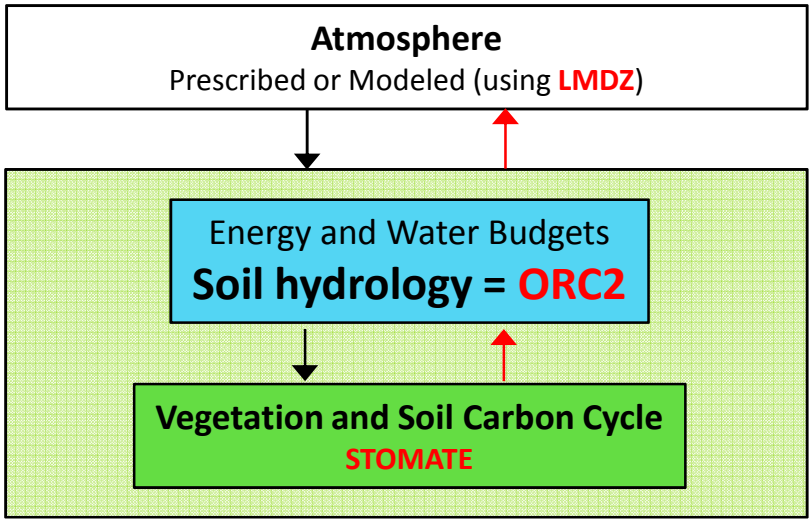
## CWRR = ORC11

*de Rosnay et al., 2002; d'Orgeval et al., 2008*



- **Physically-based description of soil water fluxes using Richards equation**
- **2-m soil and 11-layers**
- Formulation of Fokker-Planck
- Hydraulic properties based on van Genuchten-Mualem formulation
- Related parameter based on texture (fine, medium, coarse)
- Surface runoff =  $P - E_{sol} - \text{Infiltration}$
- Free drainage at the bottom

# Le « merge »

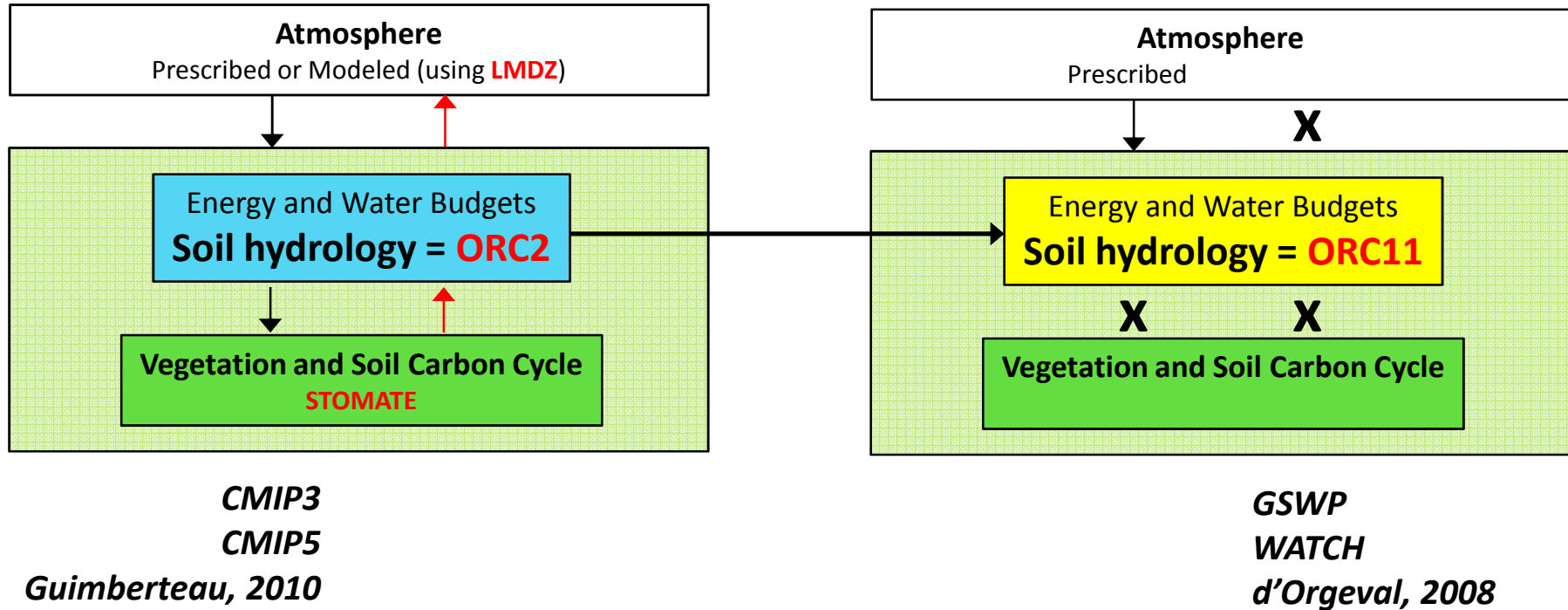


**CMIP3**

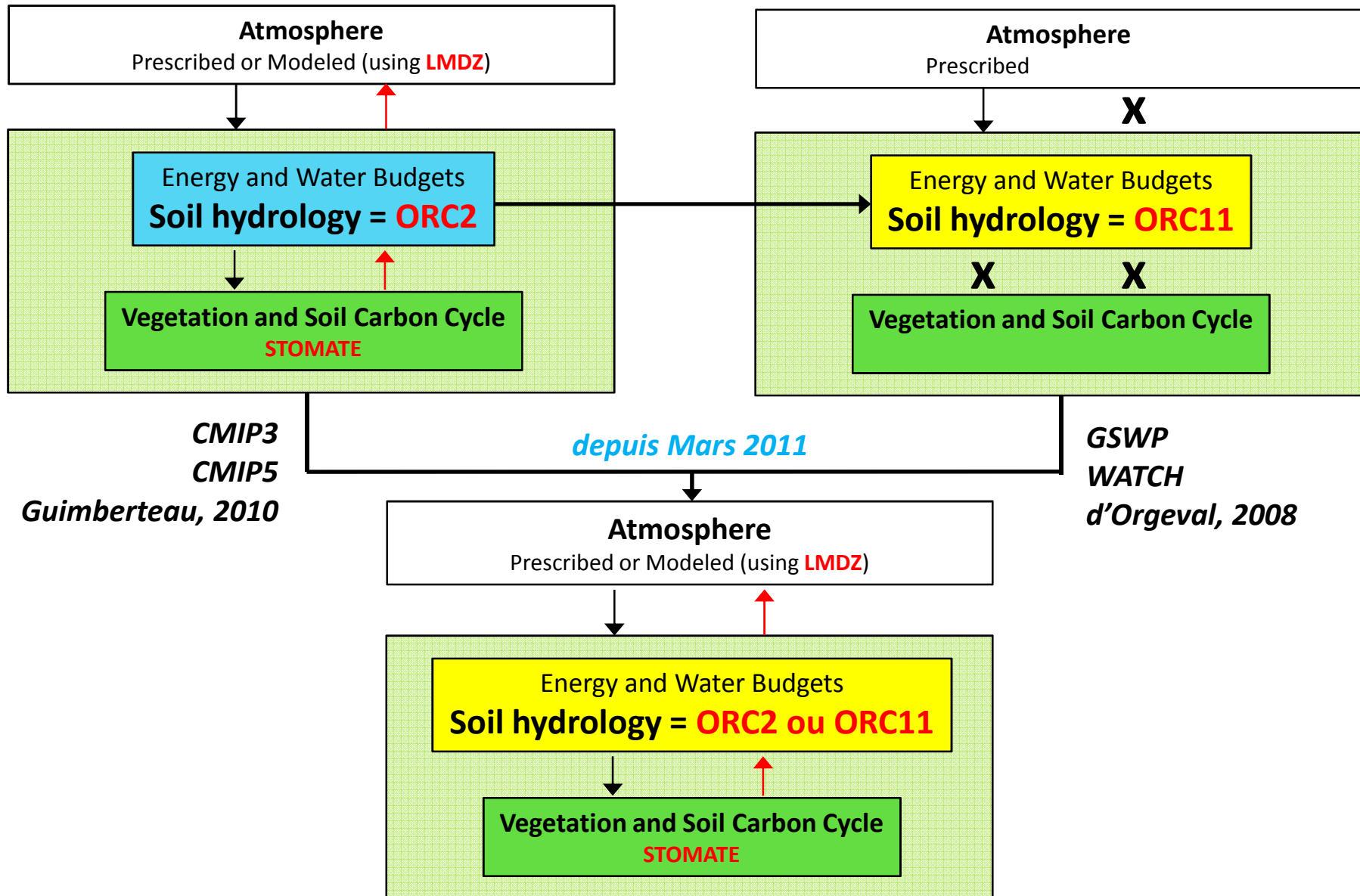
**CMIP5**

**Guimberteau, 2010**

# Le « merge »



# Le « merge »



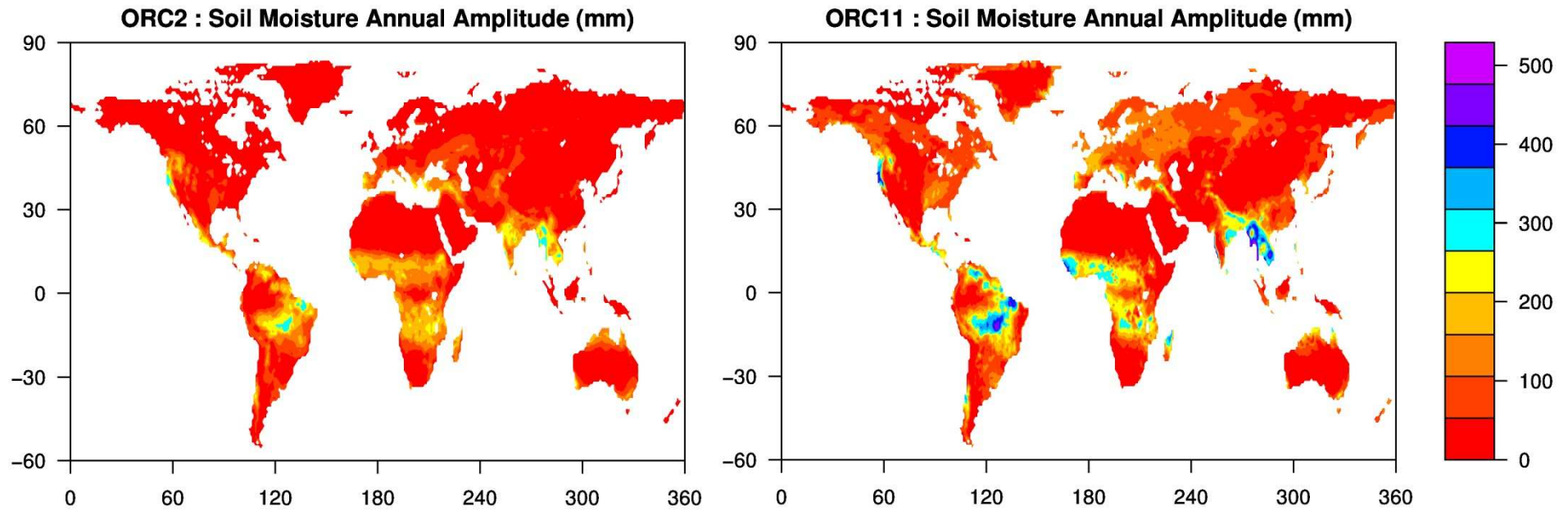
# Différentes comparaisons

Echelle	Atmosphère	STOMATE	Par qui ?
<b>Global</b>	<b>Forcé 1979-2008 (Sheffield et al., 2008)</b>	<b>Non</b>	M. Guimberteau A. Ducharne
<b>Amazonie</b>	<b>Forcé 1980-2000 (Pluies HYBAM)</b>	<b>Oui</b>	M. Guimberteau
<b>Europe</b>	<b>LMDZ zoomé/guidé</b>	<b>Non</b>	A. Campoy
Sites FLUXNET	Forçages in situ	Oui	N. Vuichard
Global	LMDZ	Non	F. Chéruiy

Version	Profondeur sol	Réserve utile	Réserve totale
<b>ORC2</b>	<b>2 m</b>	<b>300 mm</b>	<b>= RU</b>
<b>ORC11</b>	<b>2 m</b>	<b>440 mm</b>	<b>&gt; RU : fonction de texture</b>

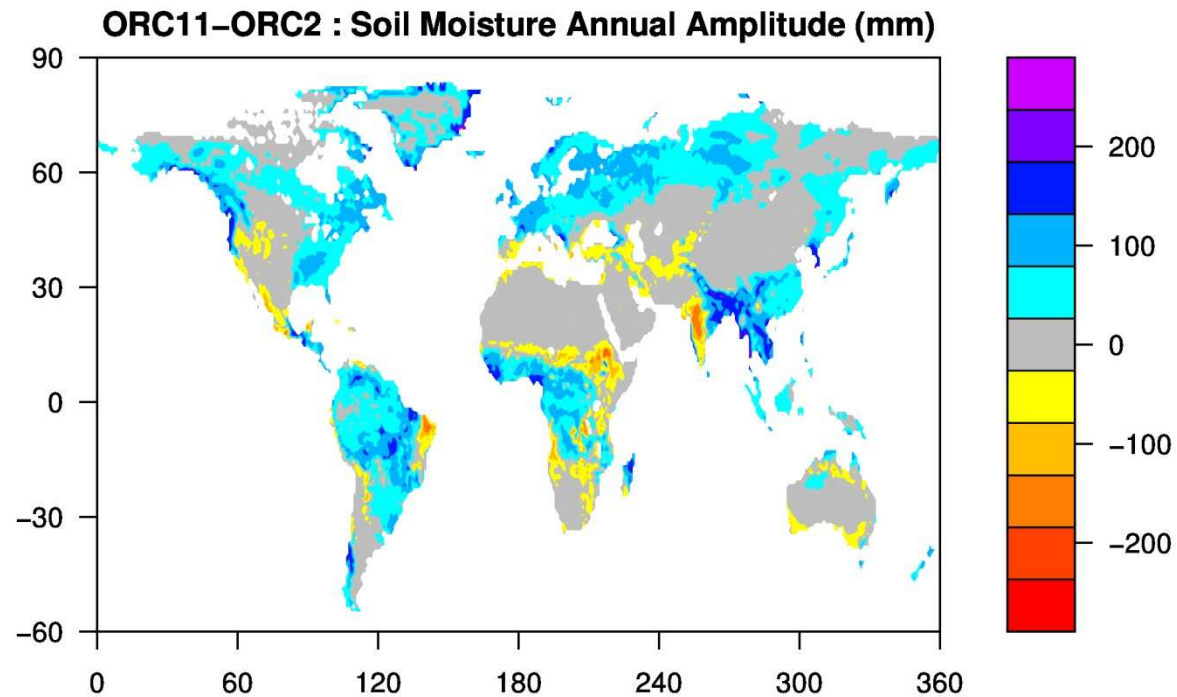


# 1. Global forcé



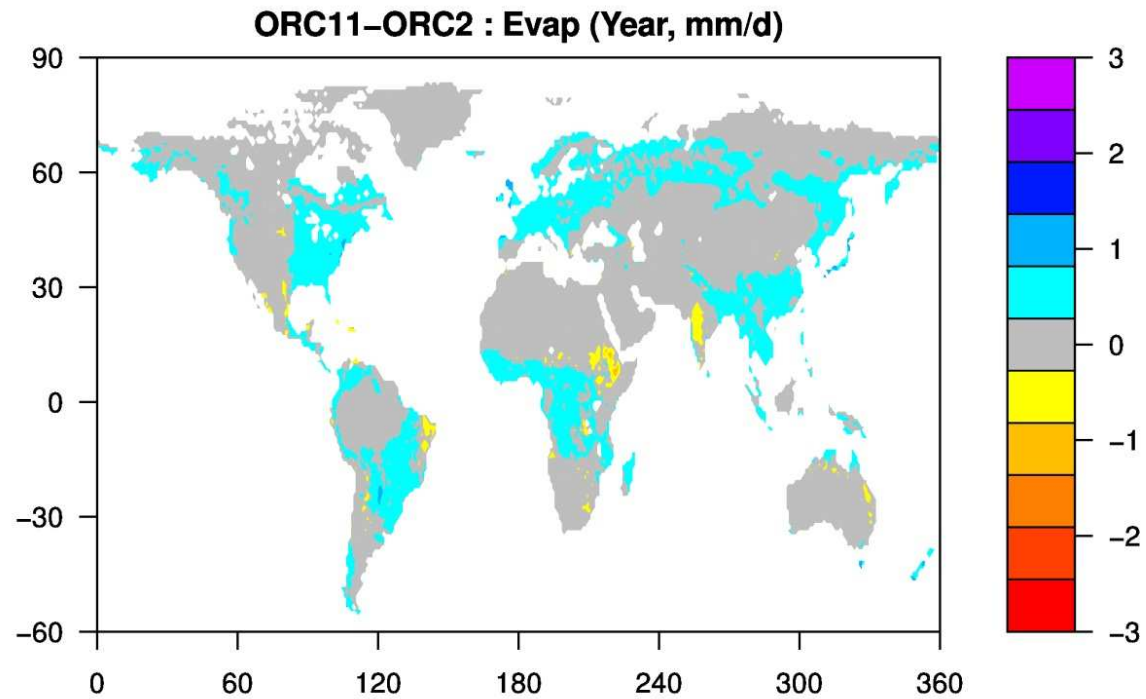
L'amplitude des variations d'humidité est maximale dans les « zones de transition »

# 1. Global forcé



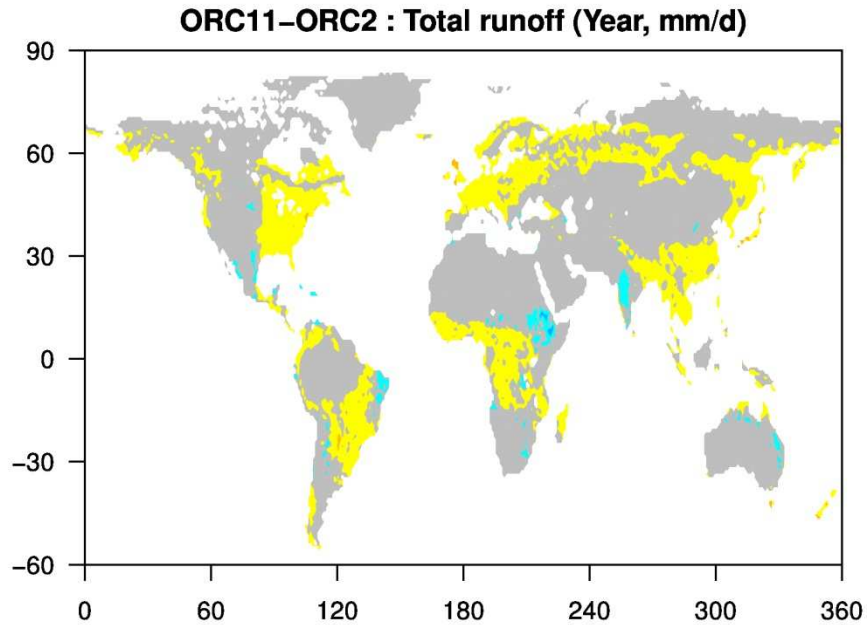
L'amplitude des variations d'humidité est maximale dans les « zones de transition »  
Avec ORC11, elle est plus importante et les transitions sont plus brutales

# 1. Global forcé

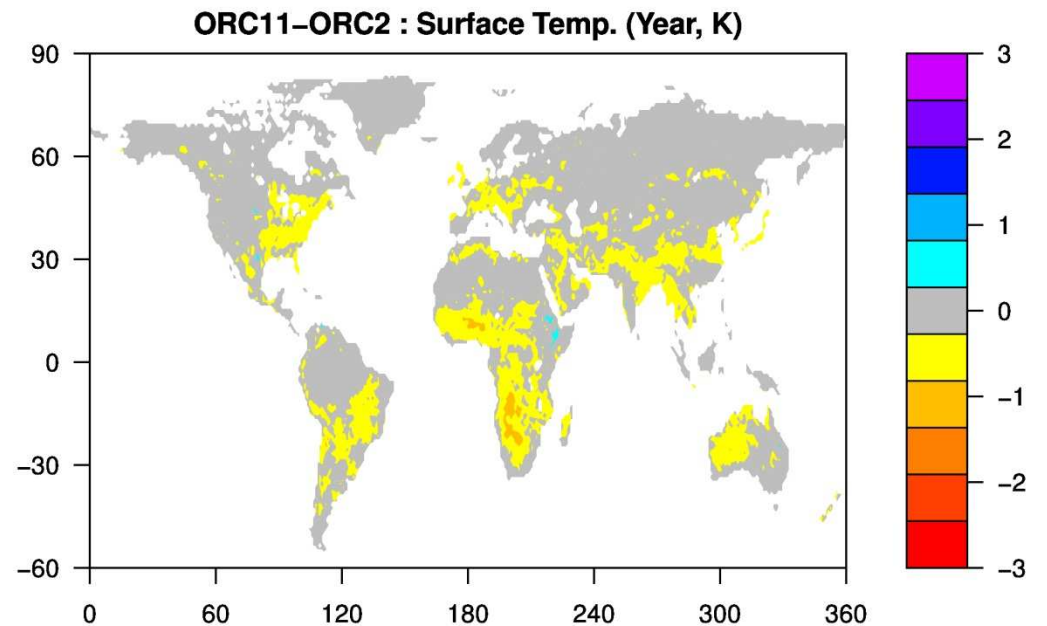


L'évapotranspiration augmente dans les zones pluvieuses  
sauf en Amazonie (ET non limitée par humidité)

# 1. Global forcé

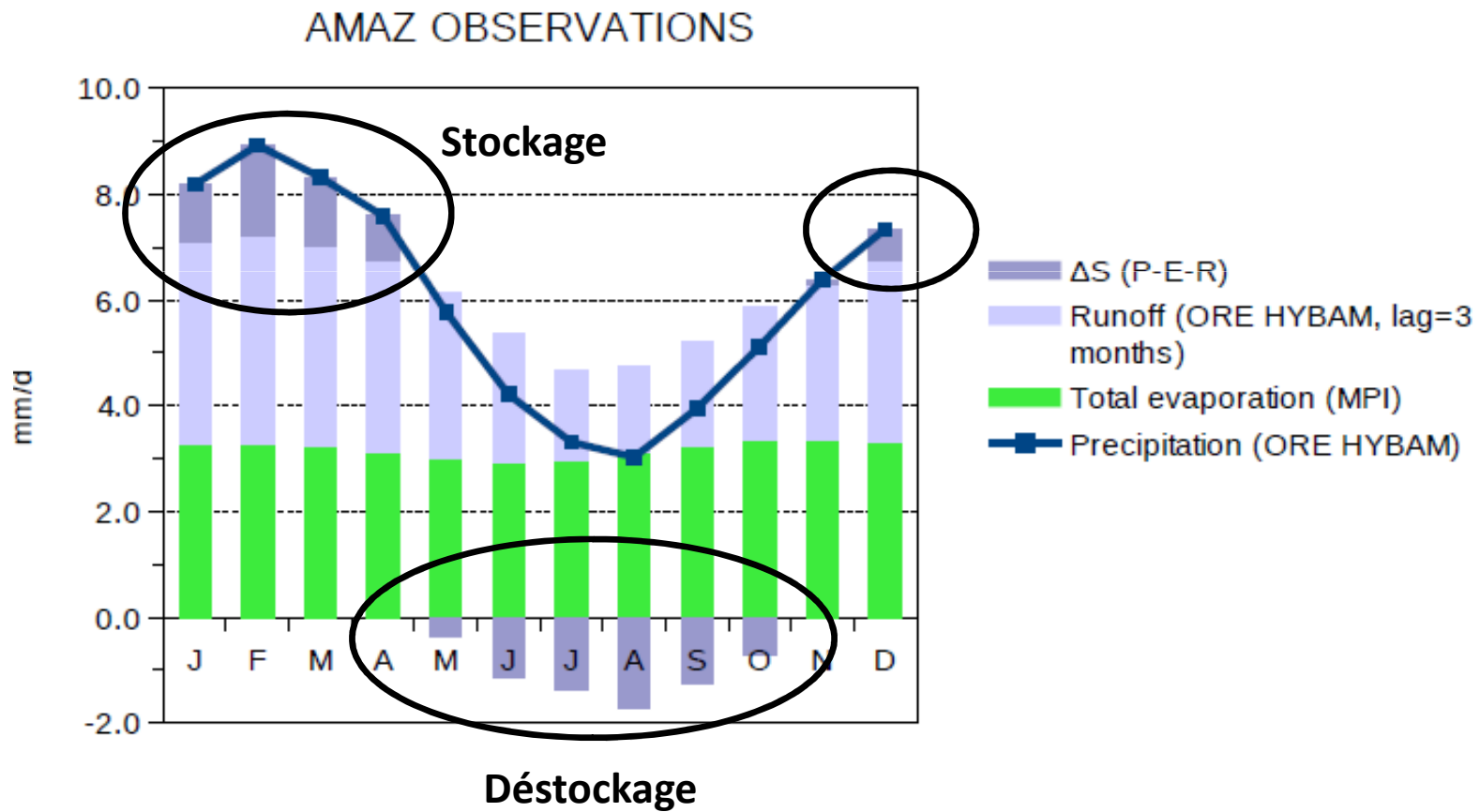


Runoff et Température de surface  
baissent dans les zones sensibles  
pour ET.



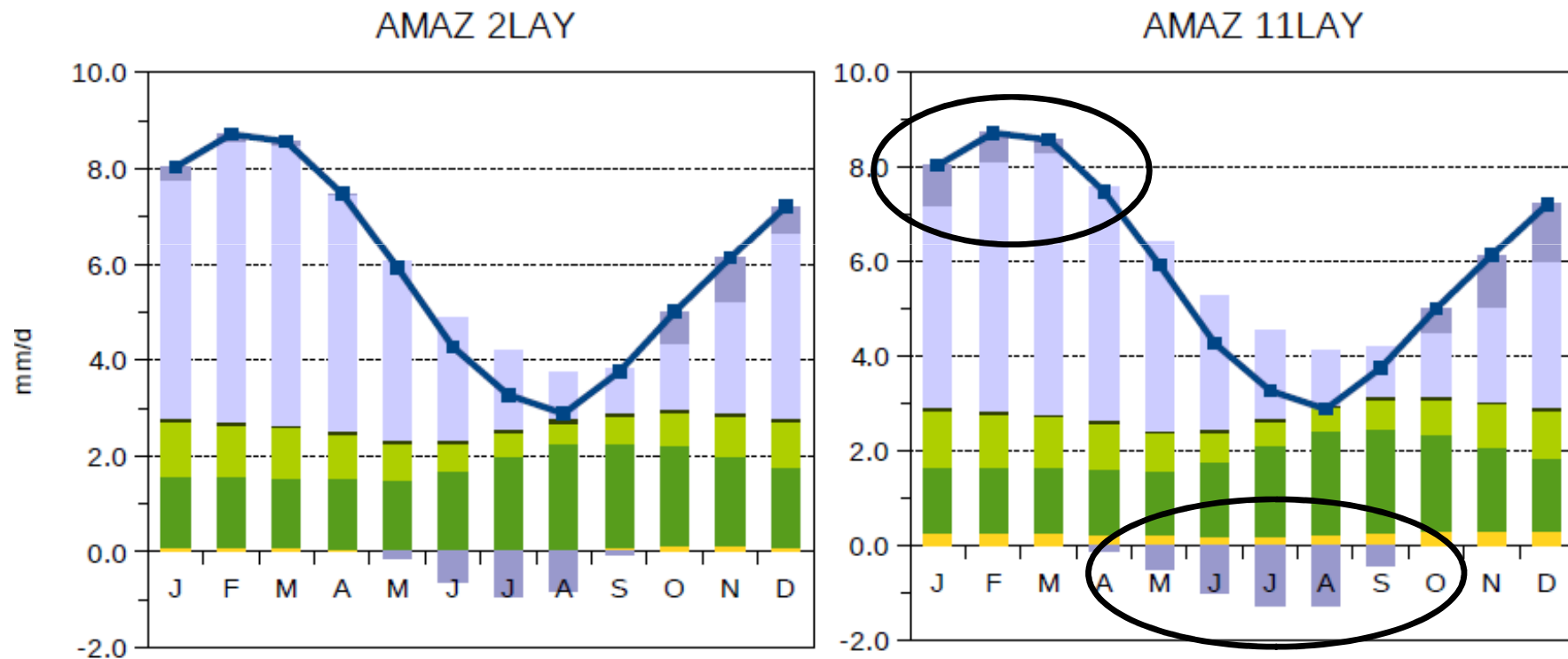
# 2. Amazone forcé

➡ Reconstruction des variations de stock d'eau continentale



## 2. Amazone forcé

➡ Reconstruction des variations de stock d'eau continentale



La plus grande amplitude dans ORC11 est plus réaliste

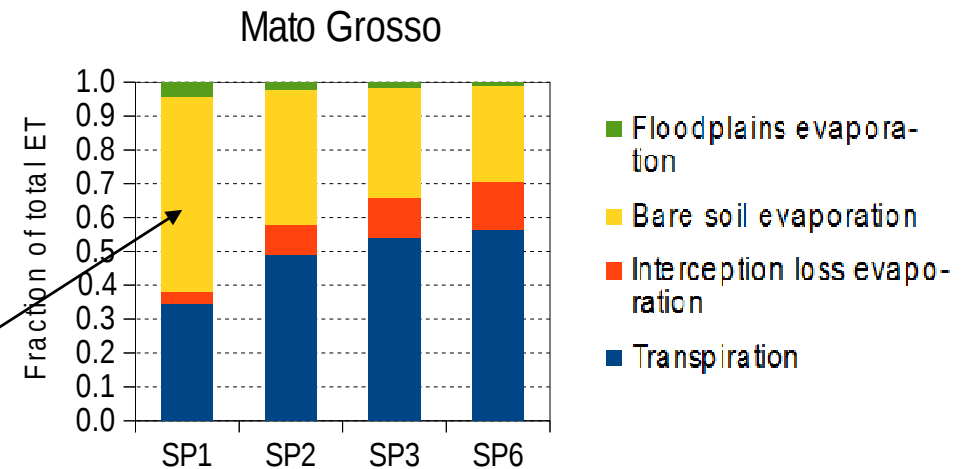
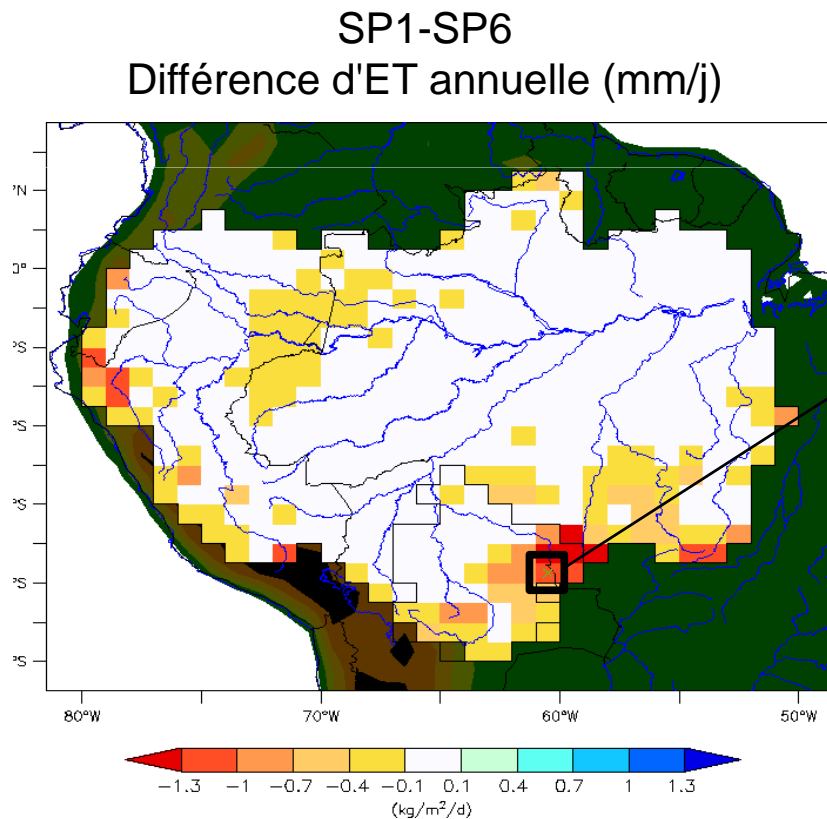
# 2. Amazone forcé

## ➔ Impact de l'intensité des précipitations dans ORC11

Distribution temporelle du cumul des précipitations sur 3h

**SP6** : réparti uniformément sur les 6  $\Delta t$  ORCHIDEE

**SP1** : distribué sur le premier  $\Delta t$  seulement



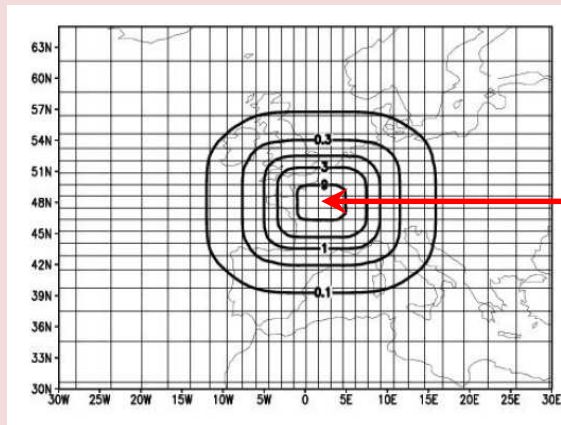
Quand l'intensité des pluies est forte :

- Infiltration donc humidité baisse
- Transpiration baisse
- Avec STOMATE, le LAI baisse

+

# 3. Couplé à LMDZ zoomé/guidé

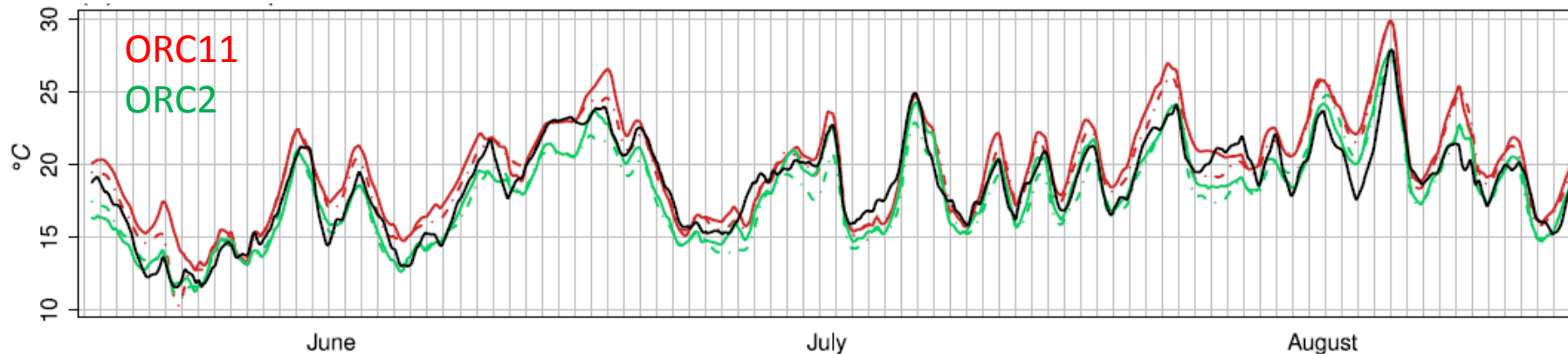
**LMDZ**  
zoomed and nudged



Multi-instrumented  
observatory  
**SIRTA**



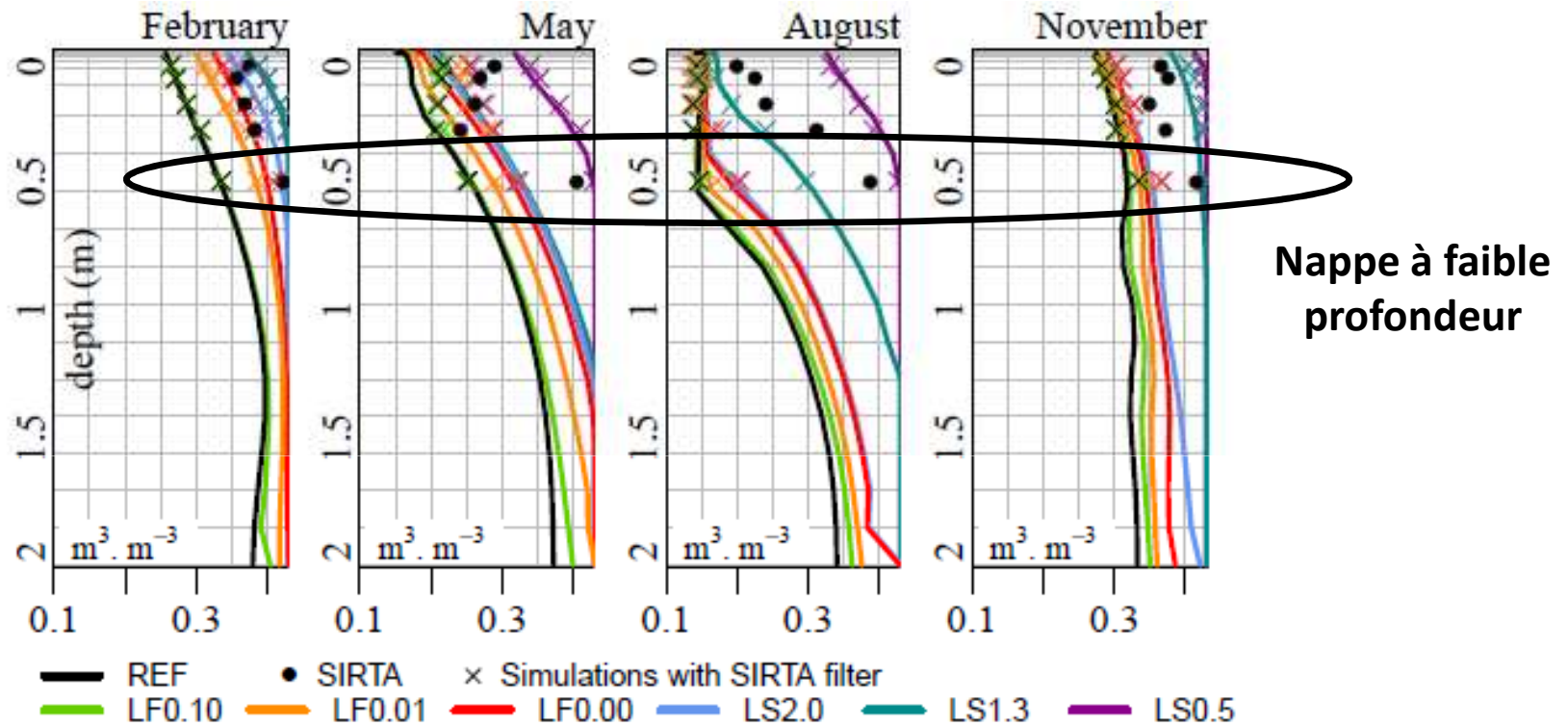
**T2m – August 2009**



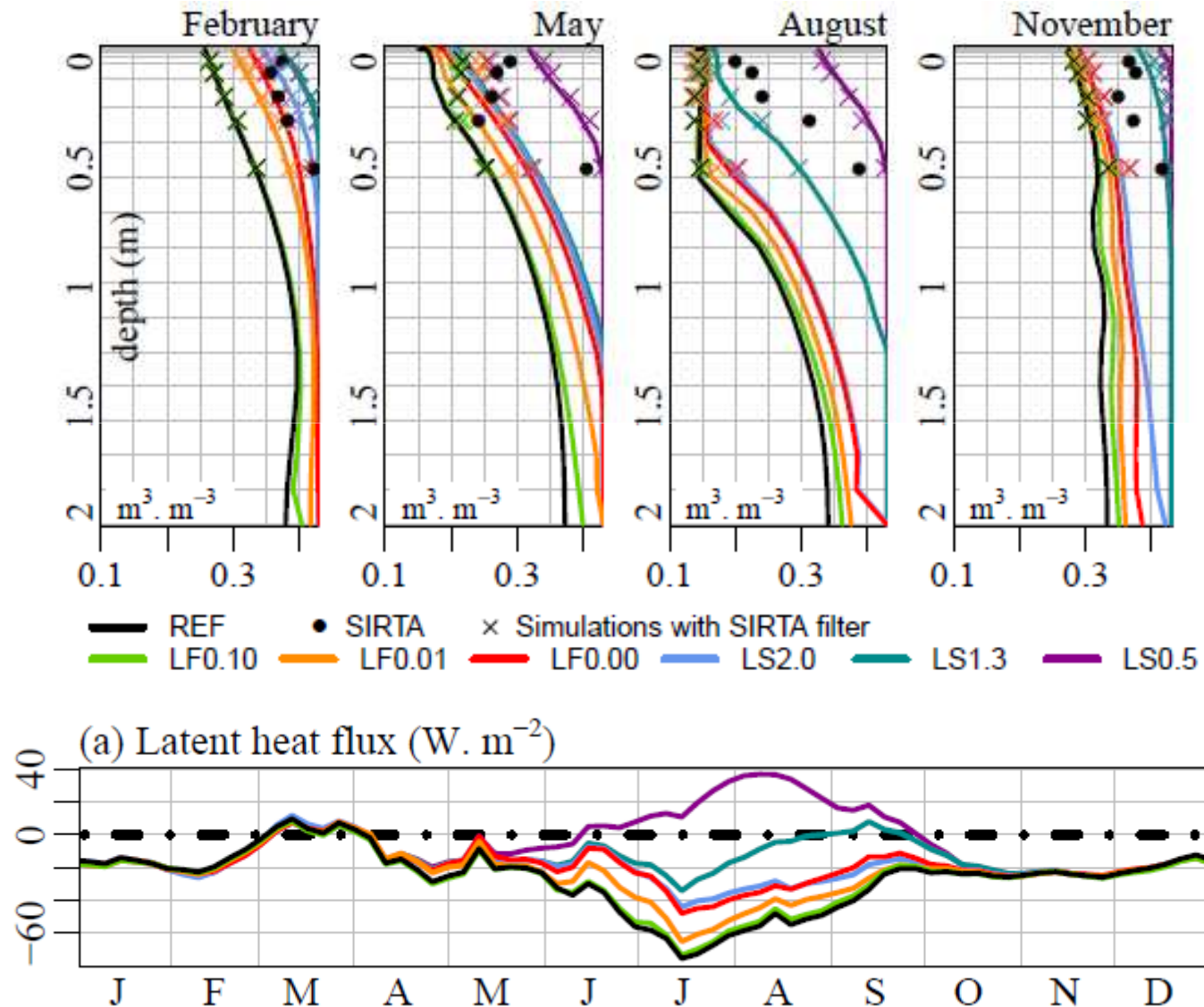
*Chéruy et al., 2012*



### 3. Couplé à LMDZ zoomé/guidé

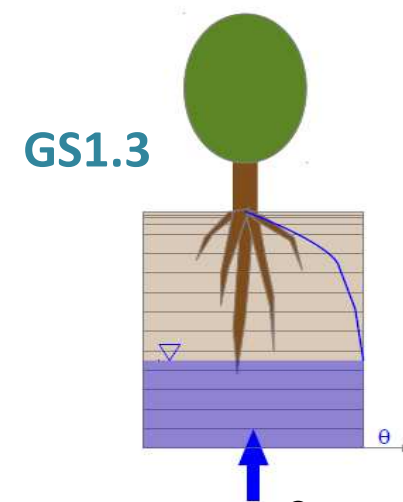
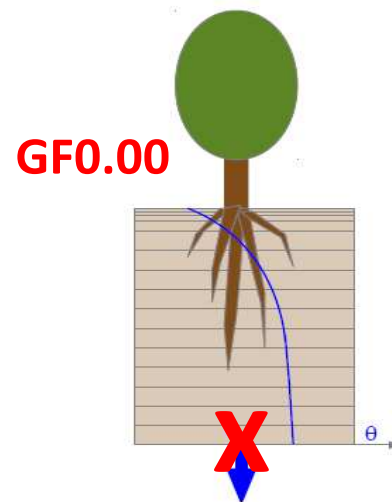
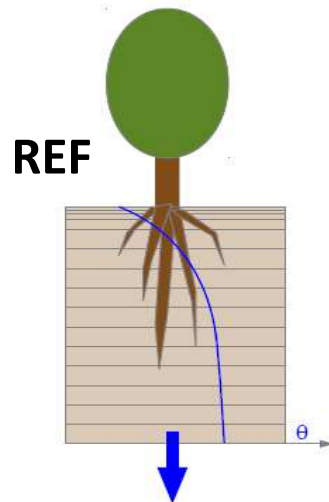
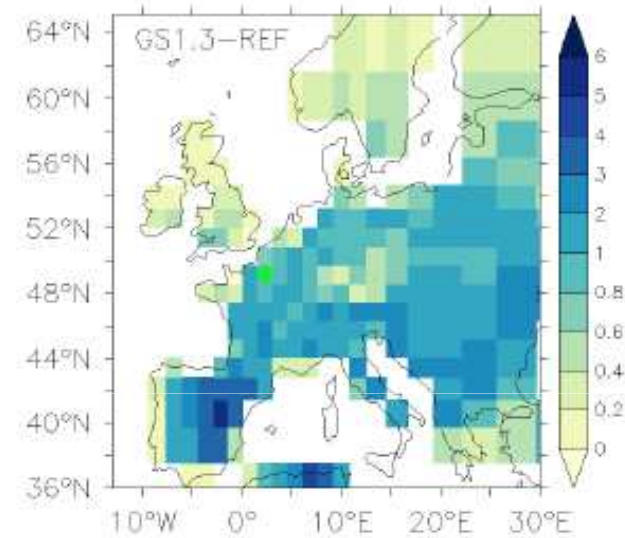
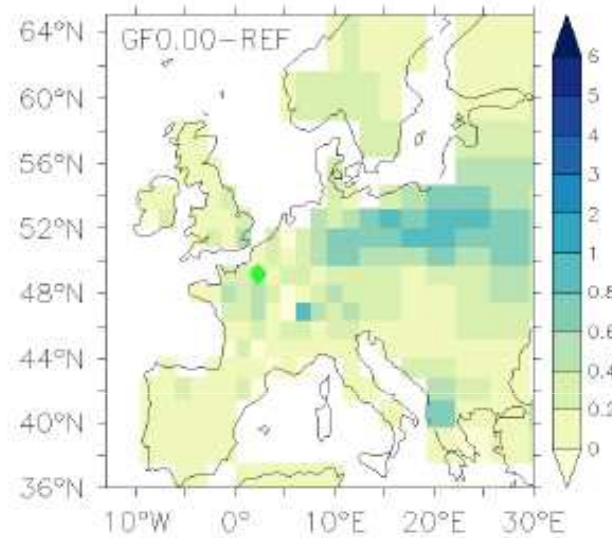
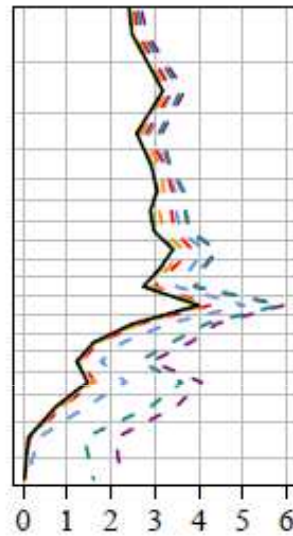


### 3. Couplé à LMDZ zoomé/guidé



# 3. Couplé à LMDZ zoomé/guidé

Précipitations estivales (JA, mm/j)



*Campoy et al., subm.*

# Conclusions

## Inclusion d'une hydrologie du sol à bases physiques dans ORCHIDEE & IPSL-CM

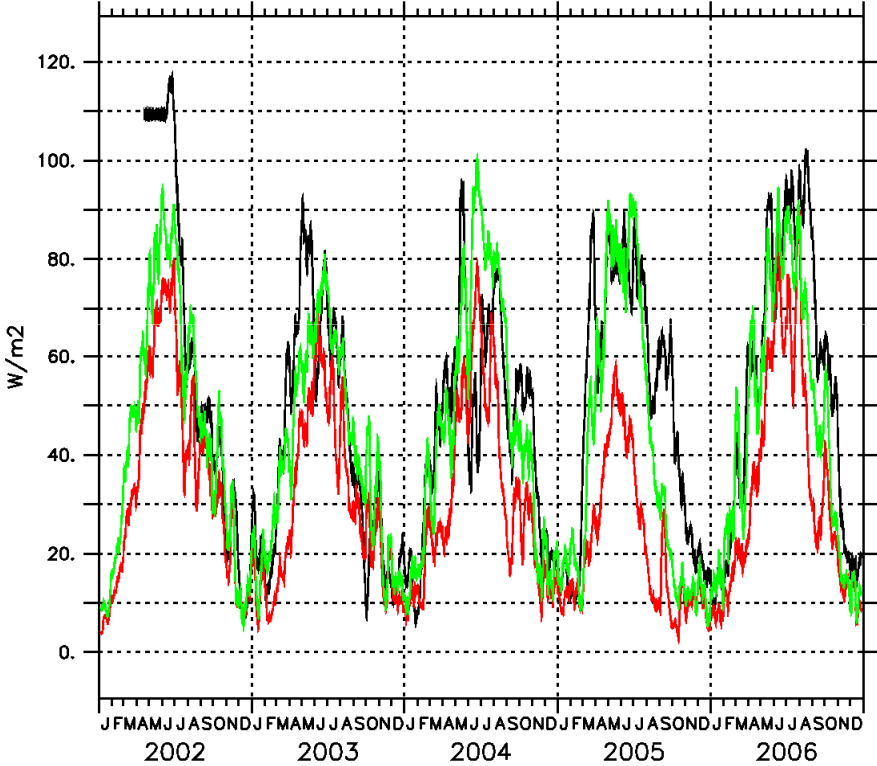
- **Processus long** : 2002, 2011, ...
- **Résultats intéressants sur** :
  - Amplitude de stockage de l'eau du sol
  - Réduction des biais en zones pluvieuses
  - Interactions avec STOMATE
- **Permet de décrire de nouveaux processus** :
  - Sensibilité de l'infiltration à l'intensité des précipitations
  - Saturation dans la colonne de sol
    - couplage avec un module de nappe
- **Validation encore parcellaire à renforcer**
  - Variations des stocks d'eau vs. GRACE
  - Dynamique des débits
  - Evaporation du sol
  - Stress hydrique sur Transpiration et Physiologie Végétale

**Merci de votre attention**

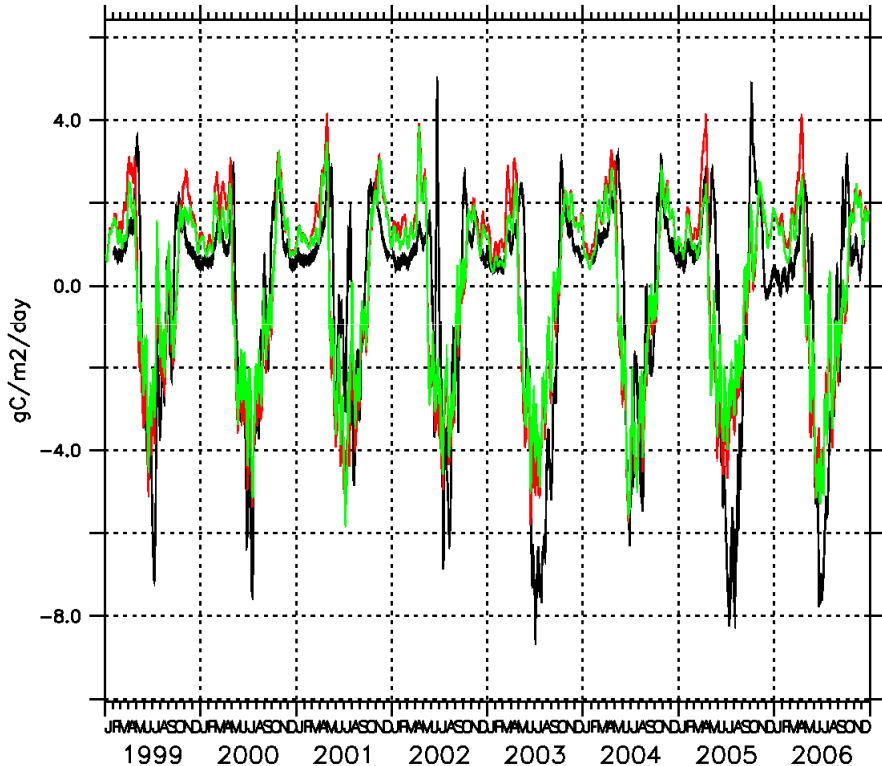


# FLUXNET couplé à STOMATE

Flux de chaleur latente  
Italie



NEE (Net Ecosystem Exchange)  
USA

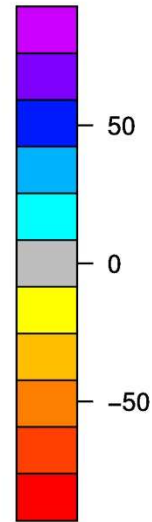
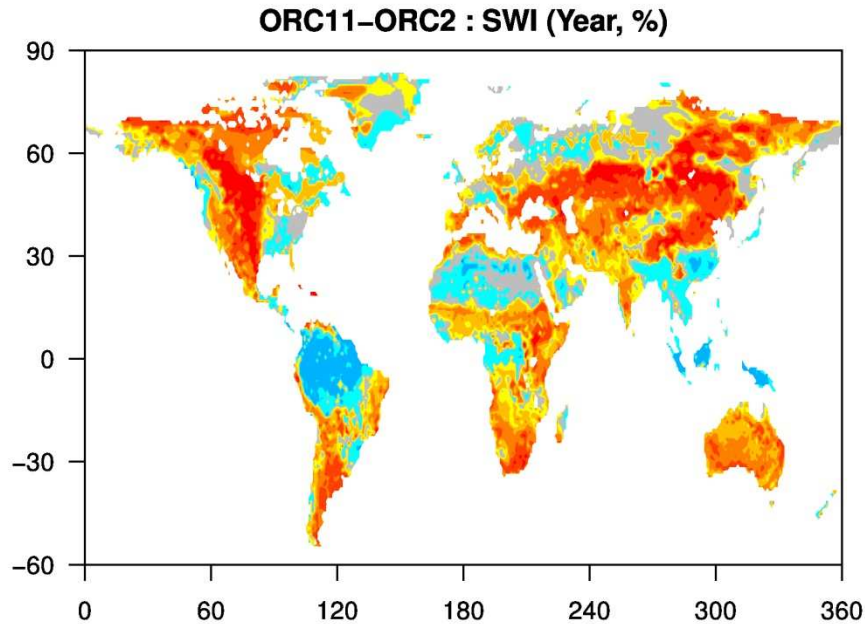


OBS

ORC2

ORC11

# 1. Global forcé

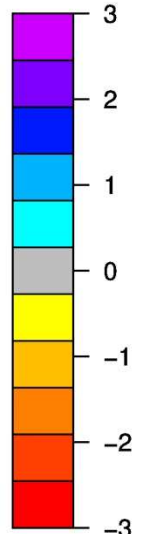
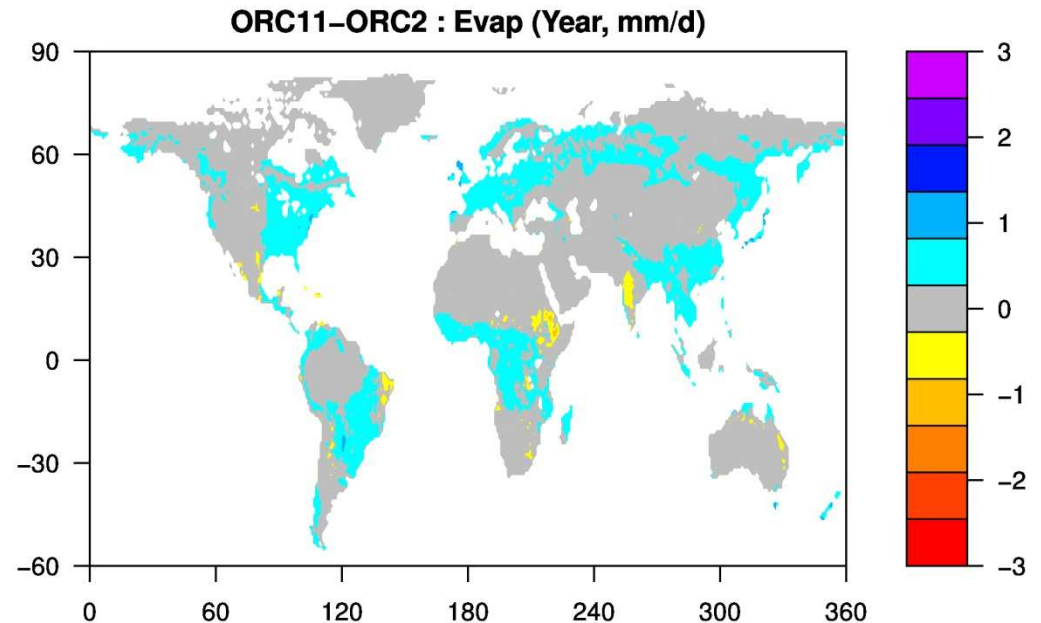


L'humidité moyenne

- augmente dans les zones pluvieuses (sauf Chine)
- baisse dans les zones aride (sauf Sahara)

L'évapotranspiration baisse où l'humidité augmente sauf :

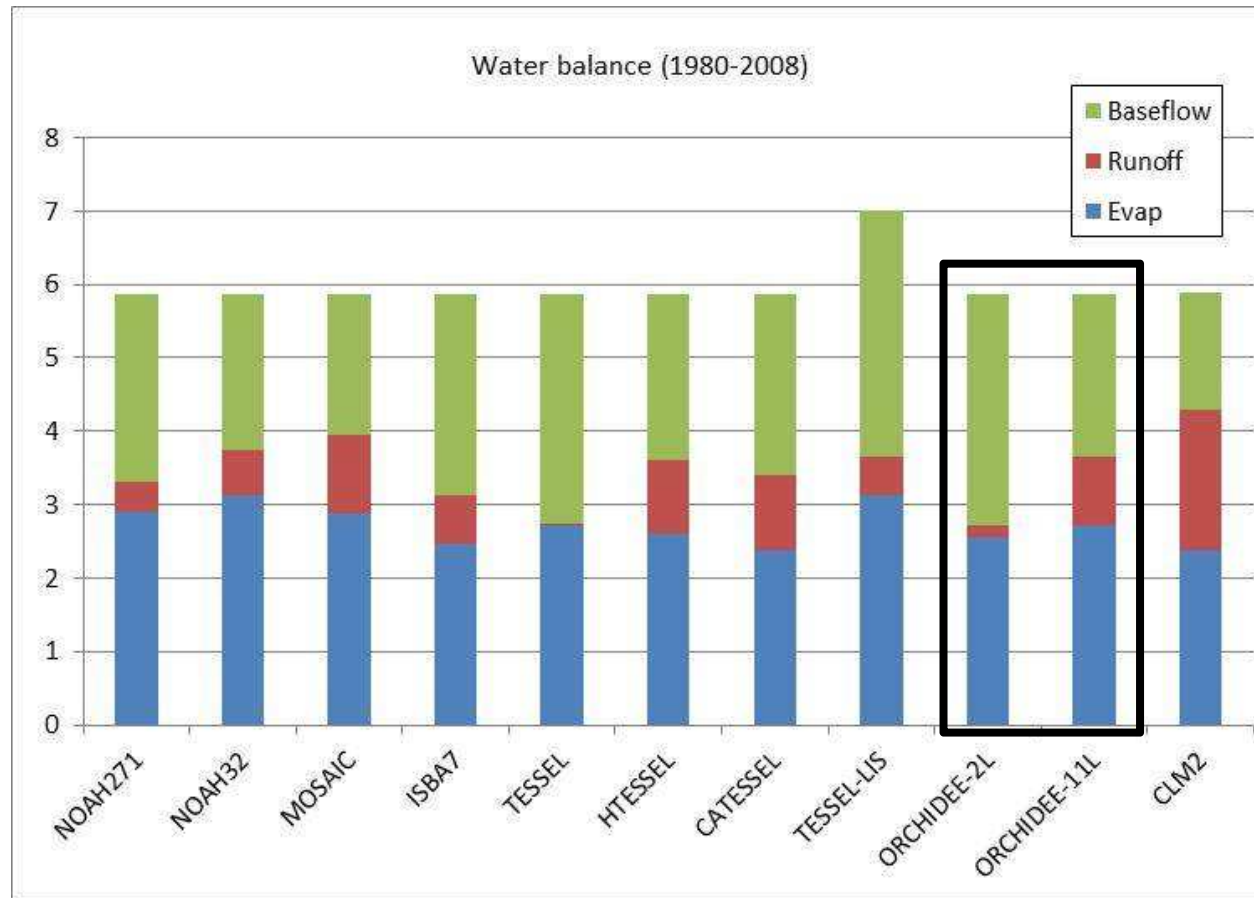
- Sahara (humidité reste limitante)
- Amazonie (ET non limitée par humidité)





## 2. Amazone forcé

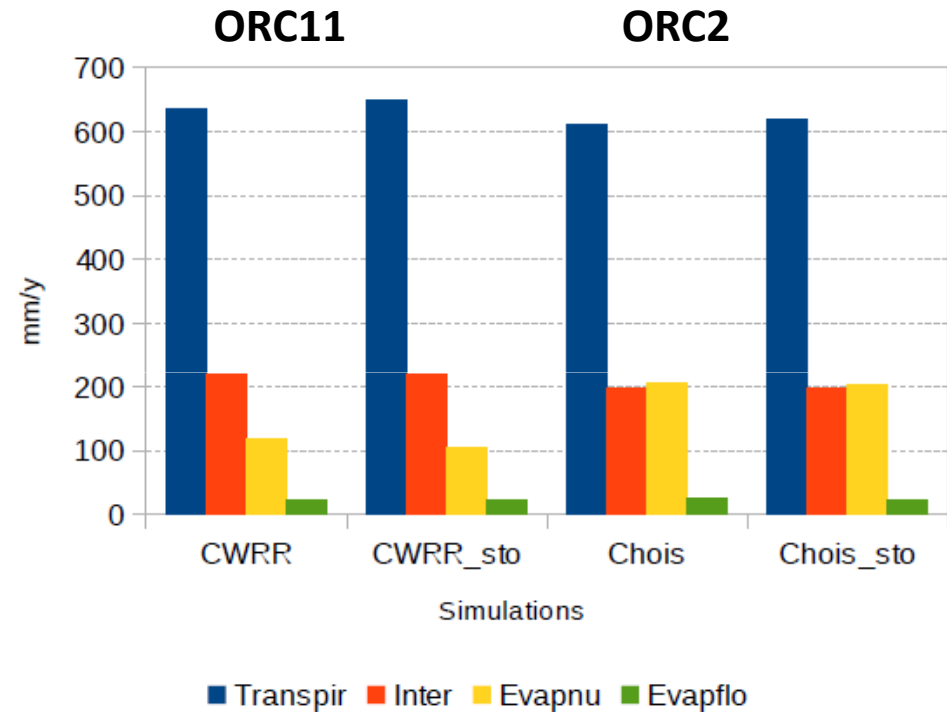
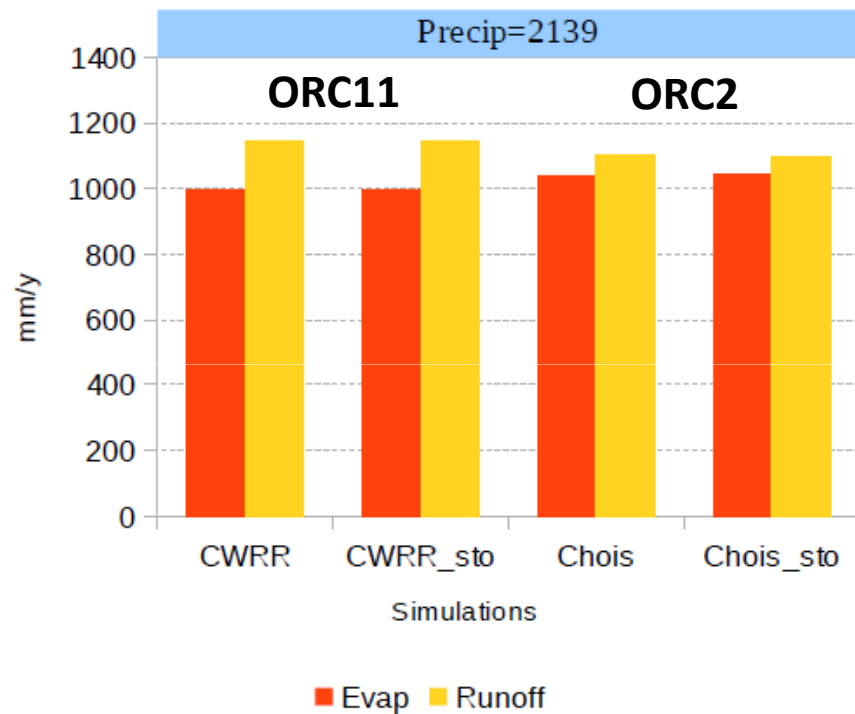
### Simulations globales sans STOMATE



Ici  $E(\text{ORC2}) < E(\text{ORC11})$ , alors que c'est le contraire dans les simulations régionales...  
Lié aux différences de forçage ?



## 2. Amazone forcé

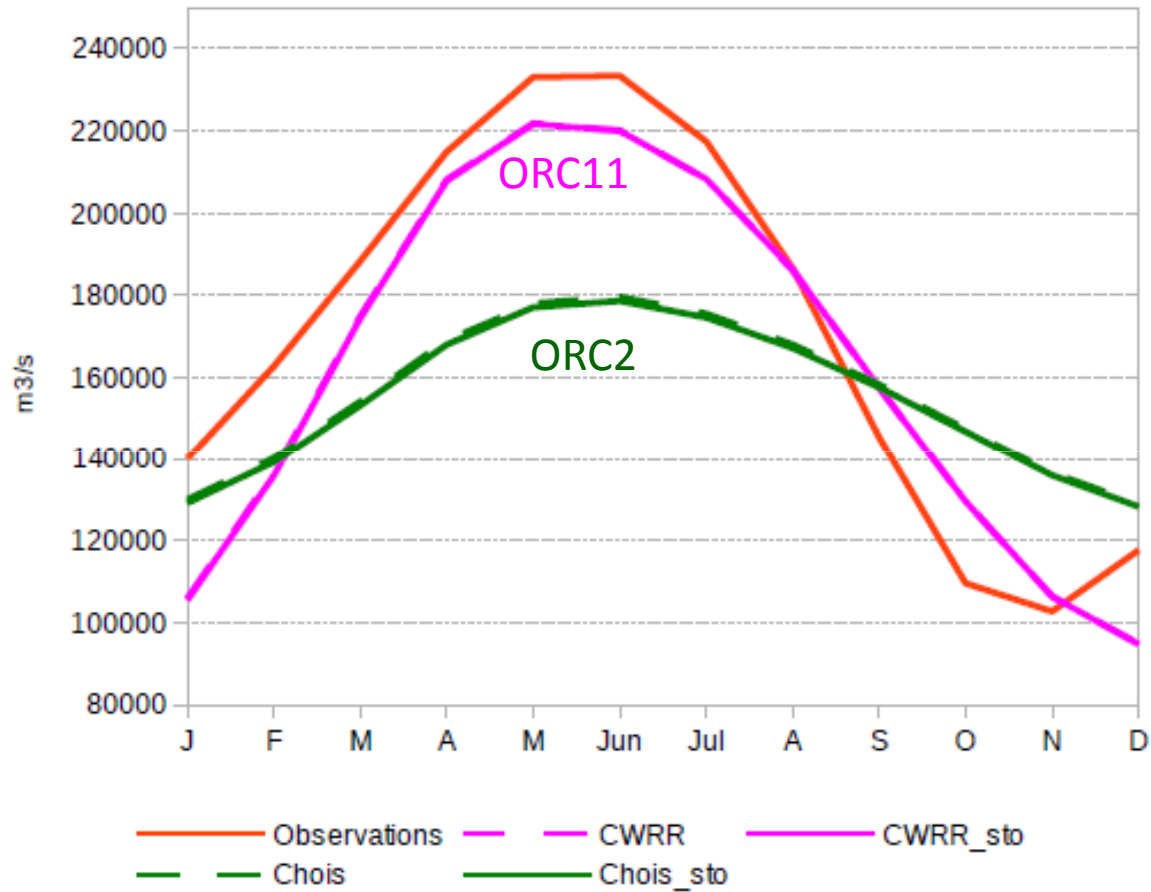


Faibles changements moyens  
des bilans d'eau

- entre ORC2 et ORC11
- avec et sans STOMATE

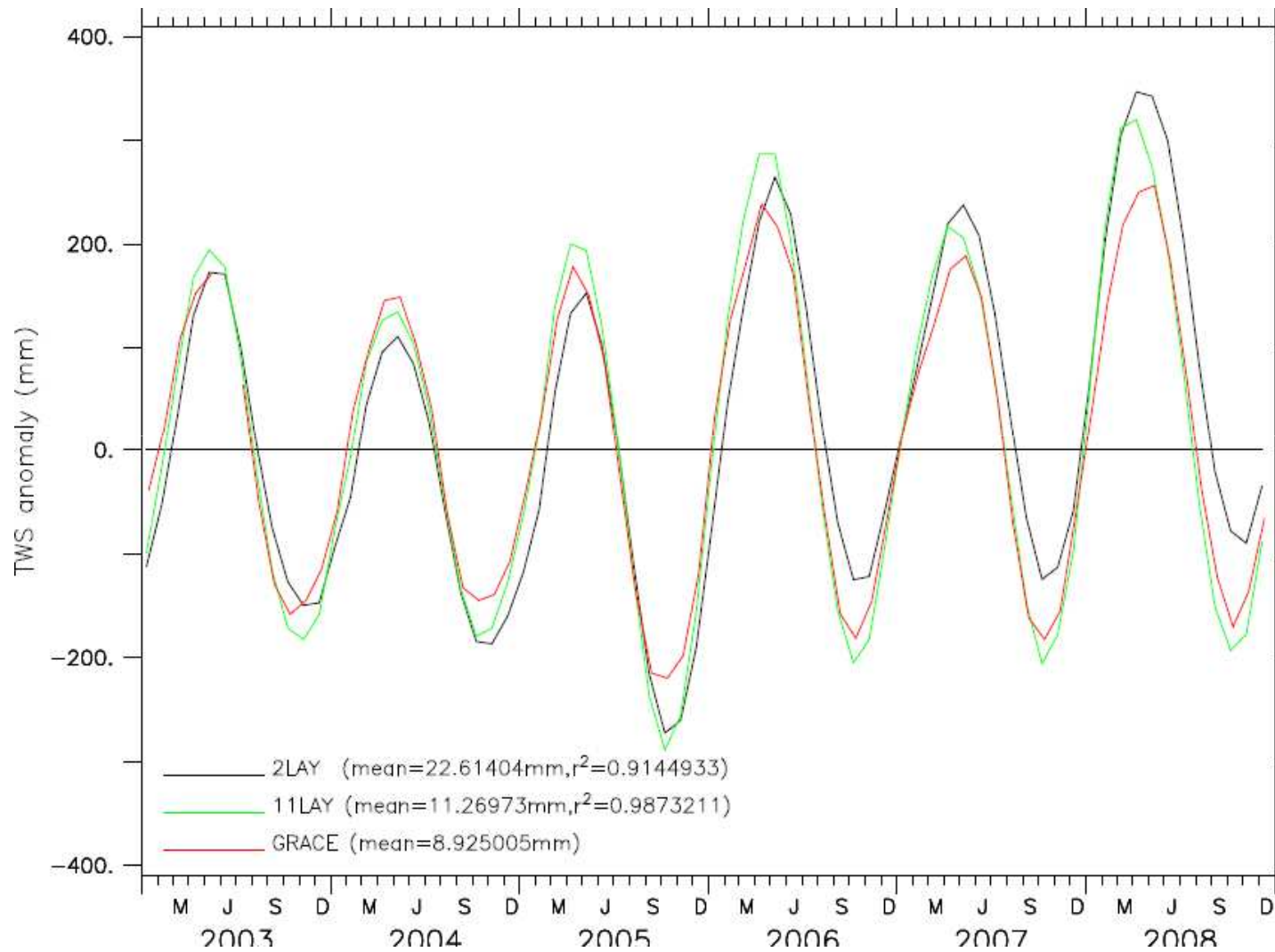
ORC11 tend à augmenter Tr/E

## 2. Amazone forcé



La dynamique des débit est aussi plus réaliste dans ORC11

## 2. Amazone forcé



On dirait que ORC2 n'est pas bien centré...

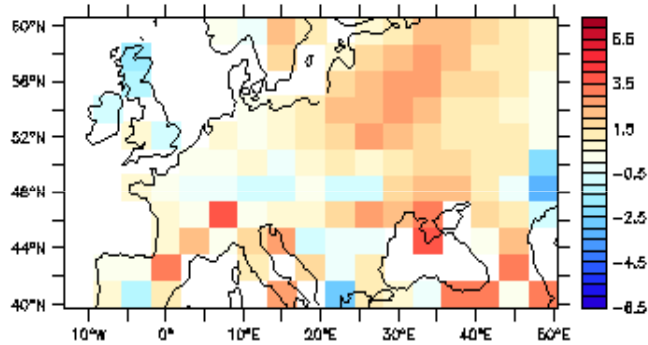
# Global couplé à LMDZ

➔ Réduction avec ORC11 du biais chaud en Europe en été

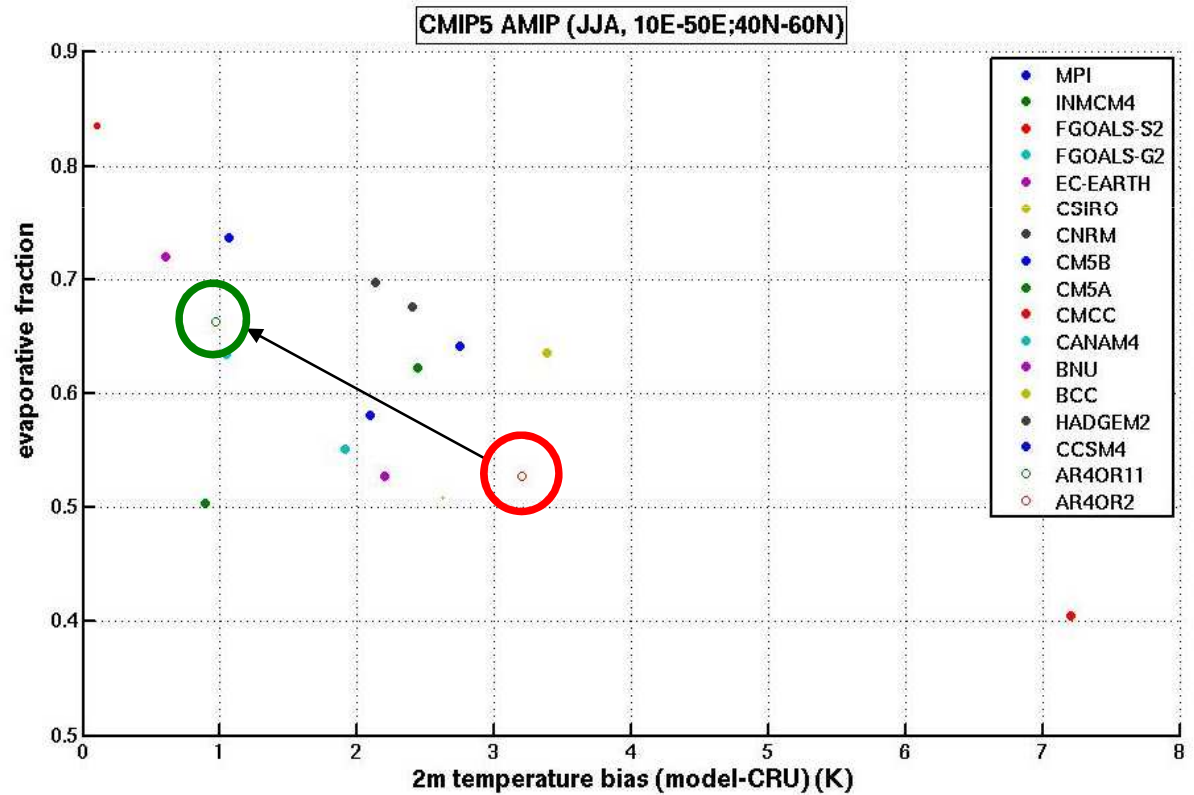
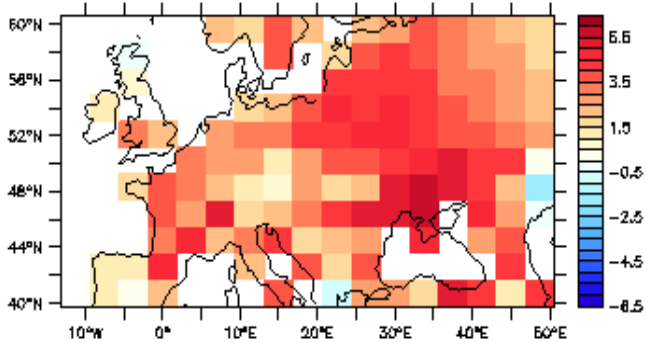
Simulations AMIP avec modèles de CMIP5

Biais T2m simulée - CRU

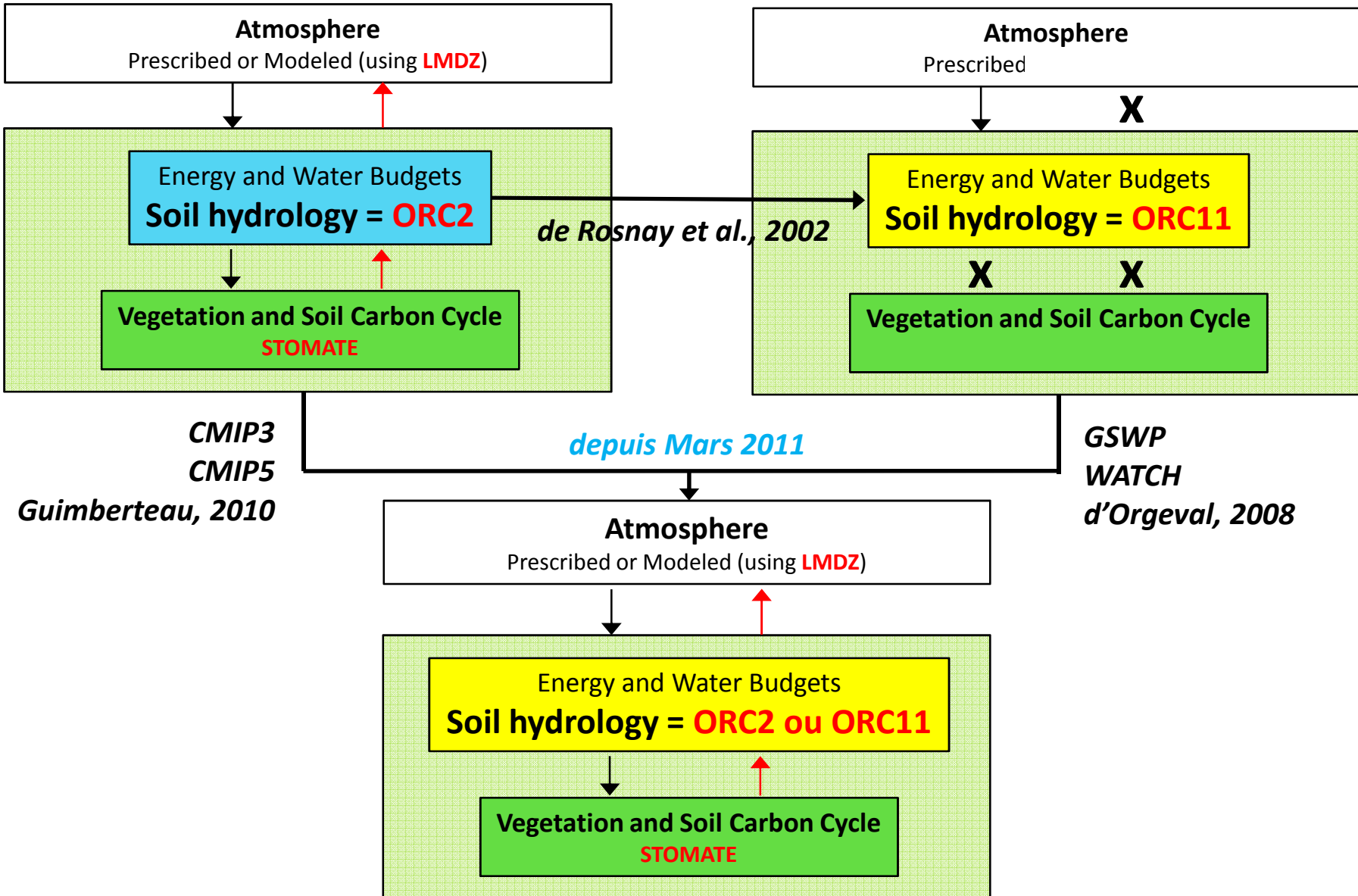
AR4-ORC11



AR4-ORC2



# Le « merge »



# Why is « land hydrology » important ?

## Climate :

- Soil moisture controls the energy budget (via ET and *albedo*)
- Soil moisture controls the water cycle (P vs ET)
- Soil moisture influences the C cycle (WUE, wetlands)
- Soil moisture influences land use

## Water resources

- Defined by river discharge + groundwater
- Essential to most human activities
  - including agriculture (« green water »)
  - related to withdrawals (e.g. irrigation) or regulations (e.g. reservoirs)
- Social demand for correct quantification, under present and future climate

## La question de la CL au fond

**Dans tous les cas, à l'échelle de grandes mailles, il n'est pas réaliste de négliger la composante horizontale de l'écoulement.**

En effet, par continuité, l'écoulement au fond de la colonne de sol correspond à l'écoulement vers les cours d'eau (ou les océans).

