

Projet GEM

Groundwater in Earth system Models

METIS: A. Ducharne, A. Jost, A. Schneider, P. Marty, A. Baro

FIRE : M. Silvestre

LSCE: E. Mouche, C. Mugler, M. Maquin, C. Ottlé

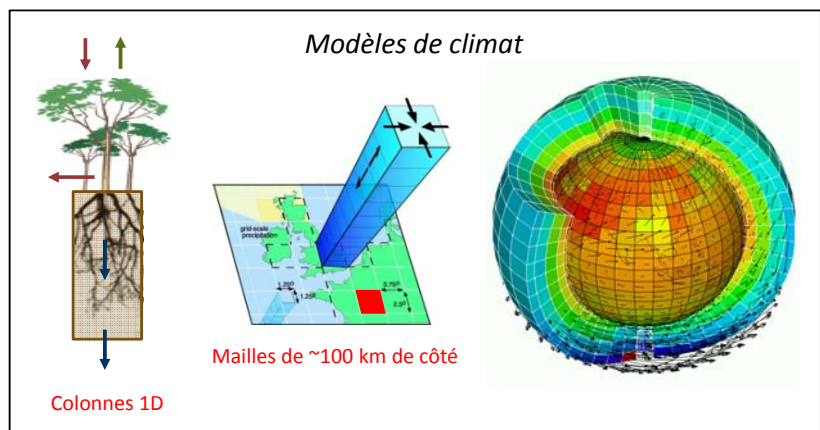
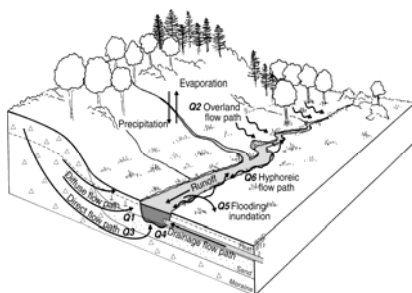
LMD: F. Cheruy, J. Polcher

Financé pour 3 ans par LEFE/INSU (2014-2016)



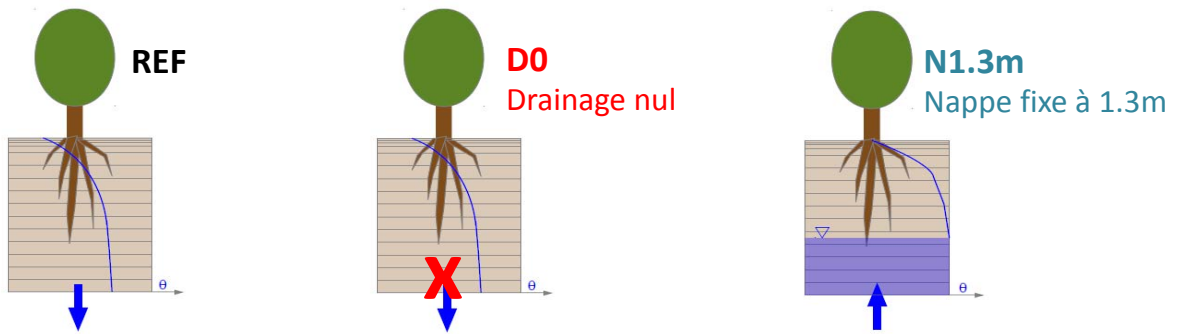
Quels effets des eaux souterraines (ES) dans le « système Terre »?

- **Hydrosystèmes continentaux** → ressources en eau, régimes hydrologiques, zones humides, dénitrification, etc.
- **Système climatique** → circulation thermo-haline, zones humides et CH4
+ influence sur ET, P et T ?

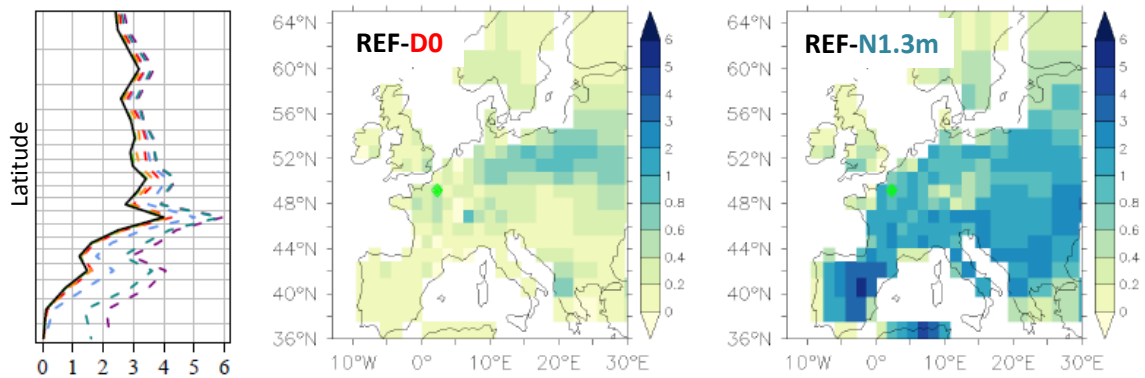


Sensibilité du climat à la prise en compte d'une nappe

Simulations LMDZ + ORCHIDEE (Campoy et al., 2013)

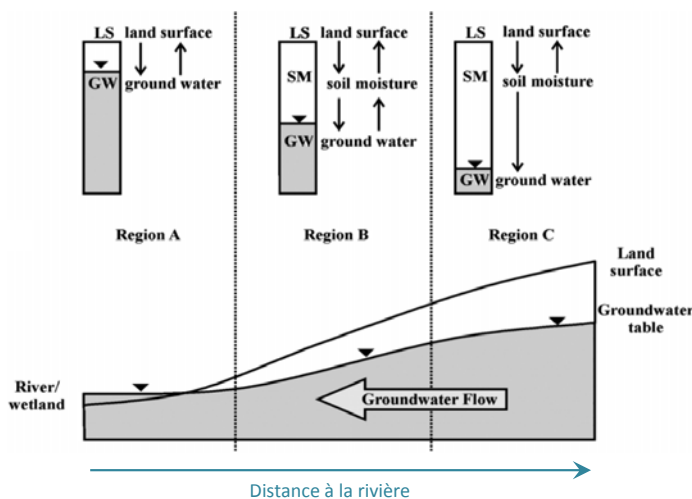


Précipitations estivales en Europe (JA, mm/j)

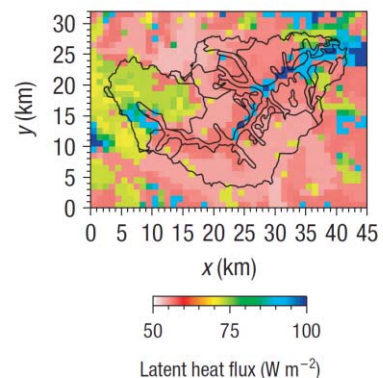


Bien sûr les nappes ne sont pas fixes...

- La profondeur de la nappe (WTD) joue un rôle très structurant pour les interactions nappes / surface / atmosphère
- Cette profondeur est très variable dans l'espace (et le temps)

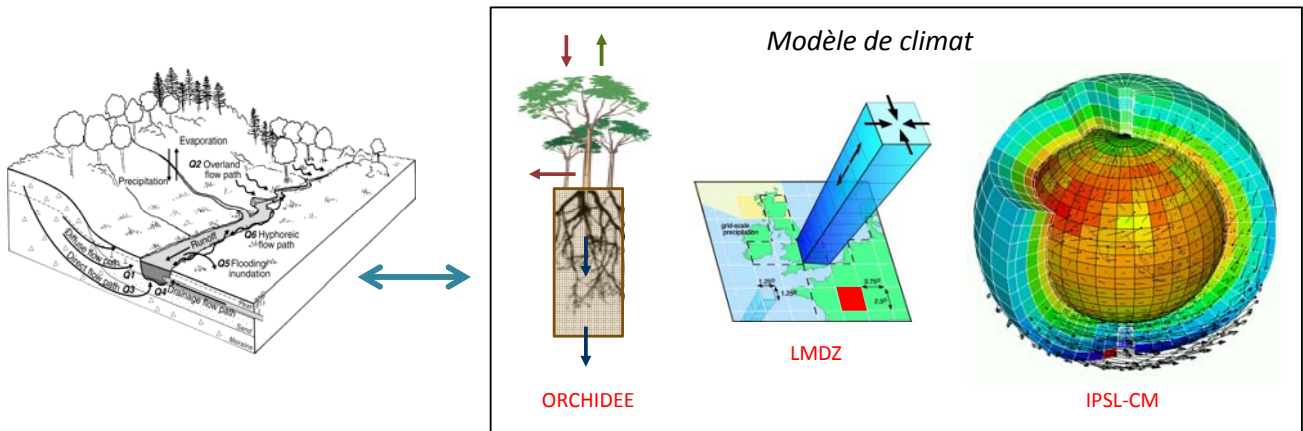


Bassin de Little Washita ($\approx 100 \text{ km}^2$)
Distribution spatiale du flux moyen annuel de chaleur latente



Objectifs

Le projet GEM vise une description cohérente du rôle des eaux souterraines (ES) dans le modèle du système Terre de l'IPSL.

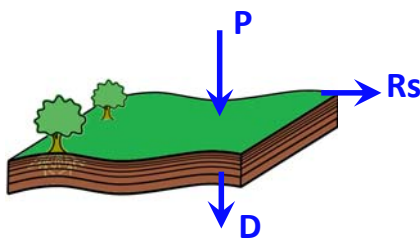


- Développer une paramétrisation pour décrire les ES à l'échelle globale, avec une description réaliste des temps de résidence et de la variabilité sous-maille de la profondeur de la nappe
- Evaluer son influence sur le climat simulé, présent et futur

Au départ : ORCHIDEE

Hydrologie du sol

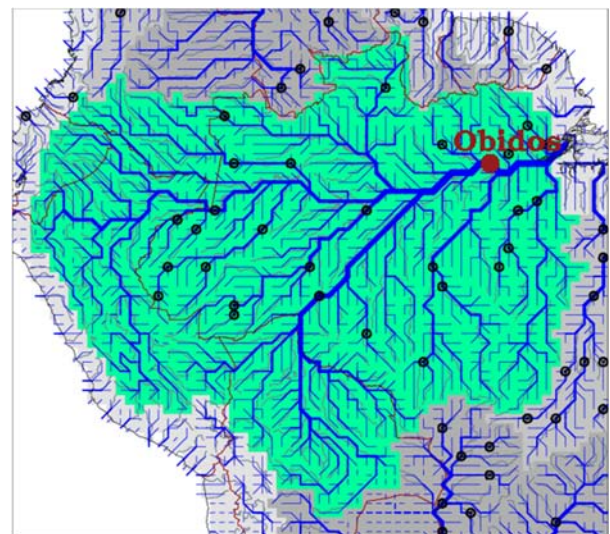
de Rosnay et al., 2002; d'Orgeval et al., 2008



- **Ecoulements verticaux selon l'équation de Richards (non saturé)**
- Formulation en θ , avec $K(\theta)$ et $\psi(\theta)$ selon van Genuchten-Mualem
- Paramètres associés basés sur la texture
- Ruissellement = $P - E_{sol} - Infiltration$
- **Au fond: drainage libre, ou drainage réduit, ou saturation forcée sous une profondeur donnée (Campoy et al. 2013)**

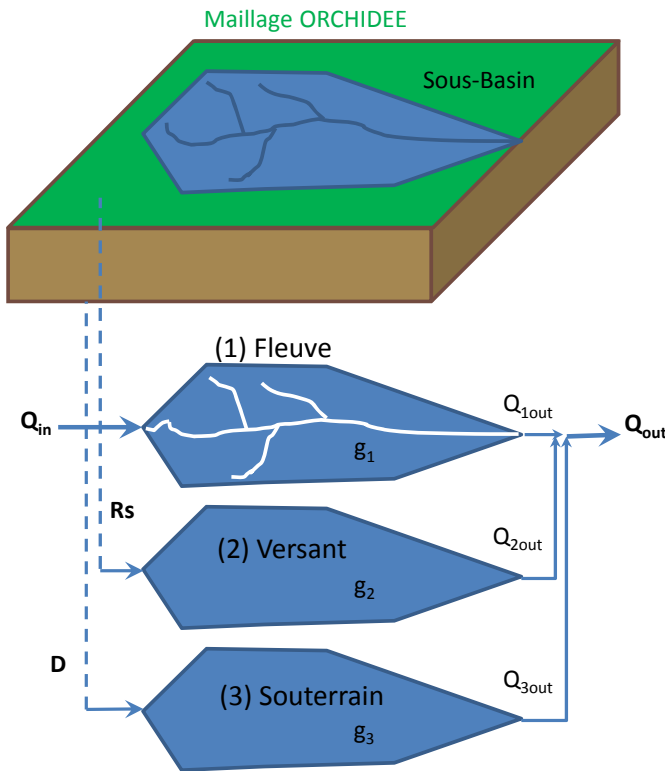
Routage des écoulements

Ngo-Duc et al., 2007; Guimberteau et al., 2012



- Cascade de réservoirs linéaires
- Trois réservoirs par maille

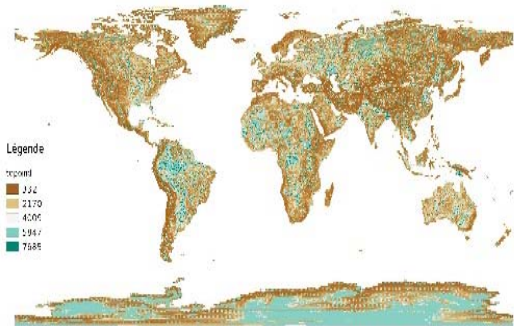
Les trois réservoirs du routage



$$Q_{i_{out}} = S_i / (k_{topo} * g_i)$$

[m³/d] [m³] [km] [d/km]

$$k_{topo} = d / v_{slope}$$

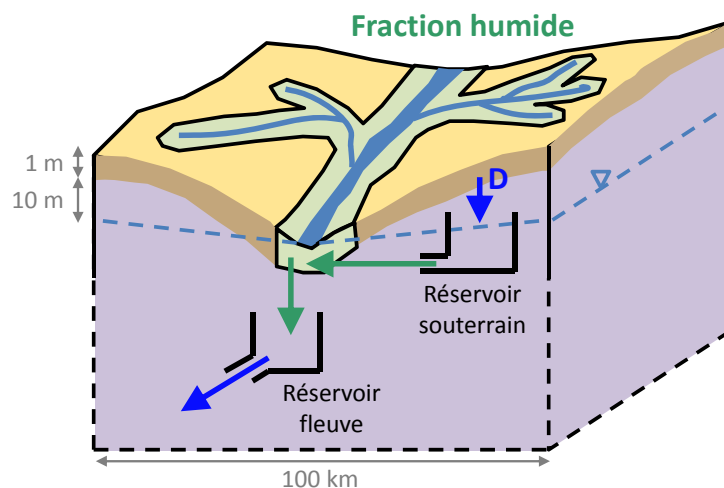


From 0.5° DEM by Vorosmarty et al. (2000)

- (1) Fleuve $g_1 = 0.24$
- (2) Versant $g_2 = 3$
- (3) Souterrain $g_3 = 25$

Volet 1. Amélioration de la paramétrisation des ES dans ORCHIDEE

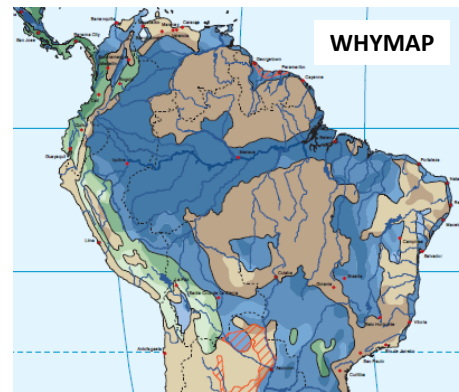
1. Transferts souterrains basés sur les réservoirs lents/souterrains du routage, mais en dépendant de présence/nature des nappes
2. Nappes libres, sans échanges souterrains entre mailles ORCHIDEE
3. Introduction d'une fraction de maille « potentiellement humide »
 - caractérisée à partir de topographie (et autres infos ?)
 - avec possibilité d'une nappe (ZS dans le sol ORCHIDEE)



Travail réalisé

Première année de thèse d'Ana Schneider (METIS)

- Prise en main du code ORCHIDEE
- Acquisition des données nécessaires
 - **Bases de données hydrogéologiques à couverture globale** : formations aquifères (WHYMAP) ; paramètres hydrodynamiques (Gleeson et al. 2014) ; profondeur de nappe 1°x1° (Fan et Miguez-Macho, 2013)
 - **Calage/Validation** : débits GRDC en plus de 1000 stations, gravimétrie spatiale GRACE
 - **Topographie à haute résolution** (HydroSHEDS) : amélioration du réseau hydrographique, identification des « fractions potentiellement humides »

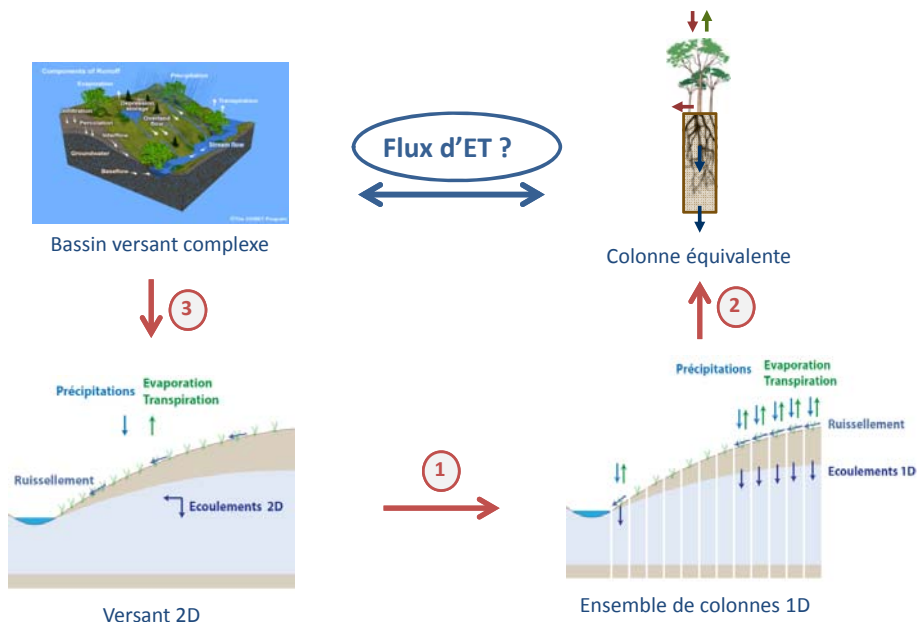


Aquifères majeurs Aquifères complexes

Volet 2. Apports de la modélisation hydrogéologique

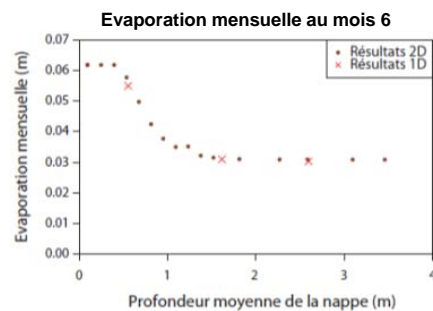
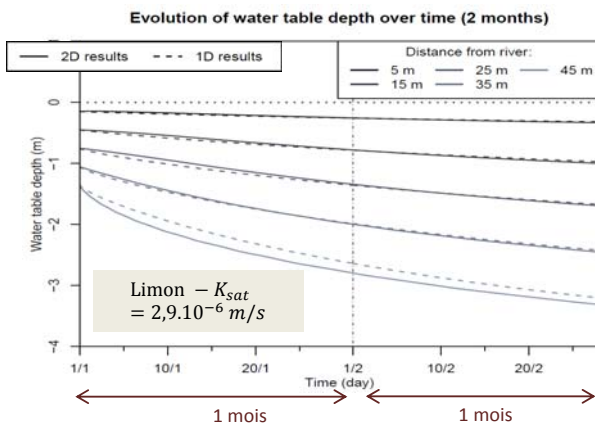
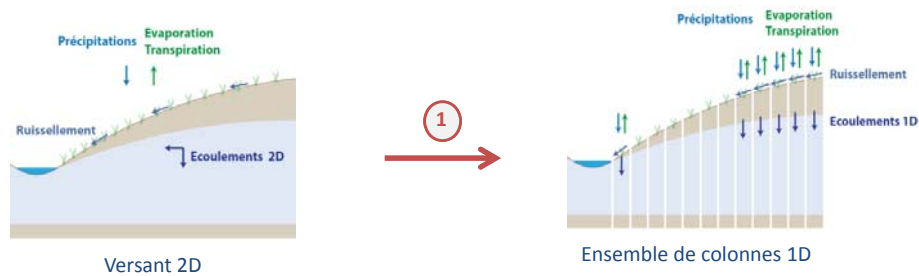
Pourquoi ? Vérifier l'adéquation des principes précédents, ou les faire évoluer

Comment ? Modélisation hydrogéologique distribuée (plateforme CAST3M du LSCE), et mise à l'échelle (upscaling) à l'échelle du versant puis du bassin



Travail réalisé

Première année de la thèse de Mathilde Maquin (LSCE)



Volet 3. Climat

- **Evaluation de la paramétrisation V1+V2 en climat présent**
- **Changement climatique**
 - Effet des ES sur l'évolution future du climat : intensité du réchauffement, régimes des précipitations, variabilité.
 - Impact du CC sur les ressources en eau (ES + débits) : crues et étiages
- **Sensibilité du climat à WTD**
 - Généralisation du travail de Campoy 2013
 - Sensibilité du climat simulé à plusieurs WTP prescrites dans le sol (> 2m)
+ Nappe prescrite sur une fraction des mailles (cf. V1)
 - Variations géographiques de la WTD « seuil », sous laquelle climat insensible

Projet I-GEM soumis à l'ANR

avec B. Decharme (CNRM) et MH Lo (Taiwan)

Comparaison de trois modèles climatiques + ES sur les points ci-dessus