

Projet GEM (LEFE 2014)

Groundwater in Earth system Models

Réunion de lancement
5 mars 2014



Ordre du jour

- Tour de table
- Présentation générale du projet
- Volets et calendrier prévisionnel
- Budget
- Obligations
- Compléments
- Exposés de Mathilde et Ana
- Discussion

Participants

Tableau 2. Liste des participants et implications dans les différents volets du projet et sa coordination.

Participants	Statut	Spécialités (en plus de modélisation)	ETP/an	V1	V2	V3	V4	Coord.
Sisyphé			170%					
Ducharne, A.	DR2 CNRS	Hydrologie, processus de surface, climat	35%	x	x	x	x	x
Jost, A.	MCF UPMC	Hydrogéologie, géologie	15%	x	x	x	x	
Baro, A.	IE2 CNRS	Systèmes d'information géographique	20%				x	
Schneider, A.	Doctorante	Hydrogéologie, hydrologie	100%	x	x	x	x	
LSCE			100%					
Mouche, E.	IR CEA (HDR)	Hydrogéologie, hydrologie	20%	x				x
Mügler, C.	IR CEA (HDR)	Hydrogéologie, transport réactif	25%	x	x			
Ottlé, C.	DR2 CNRS	Processus de surface, télédétection	5%		x	x	x	
Maquin, M.	Doctorante	Hydrogéologie	50%	x	x		x	
LMD			60%					
Chérut, F.	CR1 CNRS	Climat, couche limite	25%		x	x		x
Ghattas, J.	IR2 CNRS	Informatique, gestion de codes	20%		x	x	x	
Polcher, J	DR2 CNRS	Processus de surface, hydrologie, climat	10%		x	x		
Hourdin, F.	DR2 CNRS	Climat, méthodes numériques	5%			x		

2 thèses dans le projet :

- Ana Schneider à 100% (V1, V3, V4)
- Mathilde Maquin à 50% (V2)

Présentation générale

Le projet GEM vise une description cohérente du rôle des eaux souterraines (ES) dans la dynamique du système Terre.

Problématique :

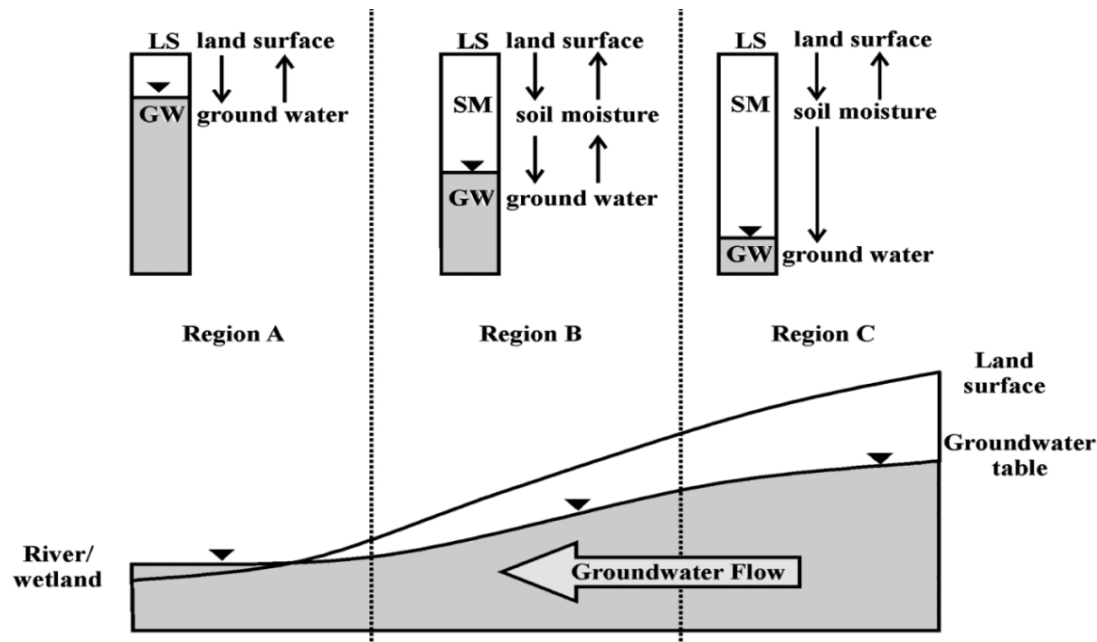
- Les ES constituent 30% des ressources en eau douce exploitables actuellement, avec des temps de résidence importants, permettant de tamponner les contrastes saisonniers des débits mais pouvant aussi de renforcer la variabilité interannuelle.
- Là où elles sont suffisamment proches de la surface continentale, les ES peuvent aussi augmenter l'humidité des sols et l'évapotranspiration (ET), avec un impact possible sur les températures et les précipitations, en terme de valeurs moyennes mais aussi de variabilité (cycle diurne et déclenchement de la convection, persistance des événements extrêmes, variabilité interannuelle).
- Elles pourraient même influencer l'évolution du climat sous l'effet de l'augmentation des gaz à effet de serre, notamment l'amplitude du réchauffement régional (sensibilité climatique).

Présentation générale

Le projet GEM vise une description cohérente du rôle des eaux souterraines (ES) dans la dynamique du système Terre.

Cadre d'étude :

- 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)



Présentation générale

Le projet GEM vise une description cohérente du rôle des eaux souterraines (ES) dans la dynamique du système Terre.

Outils :

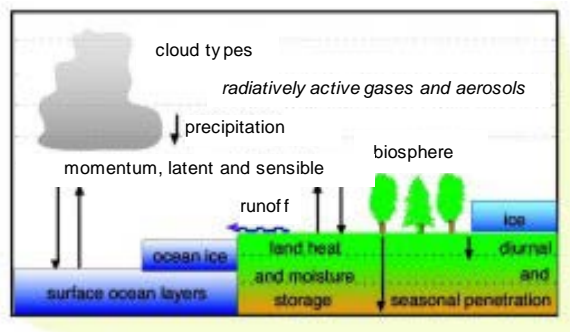
- Modèle du système Terre de l'IPSL, notamment modèle LMZOR, couplant modèle surface continentale ORCHIDEE et modèle atmosphérique LMDZ, avec des mailles de 100 km de côté ou plus
- Plateforme numérique CAST3M permettant la modélisation hydrogéologique 3D à haute résolution

Objectifs :

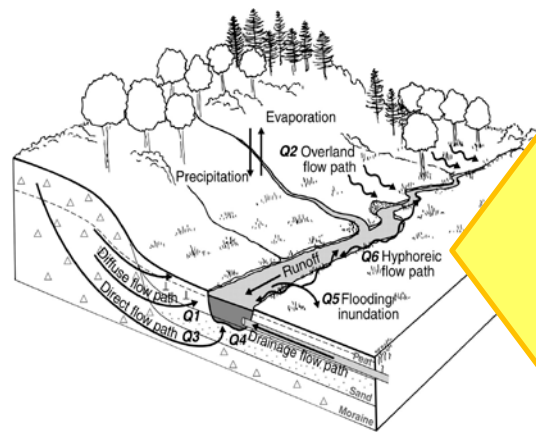
- Développer une paramétrisation permettant de décrire les ES à l'échelle globale, là où elles existent, avec une description réaliste des temps de résidence et de la variabilité sous-maille de la WTD
- Evaluer l'influence de ces ES sur le climat simulé

Présentation générale

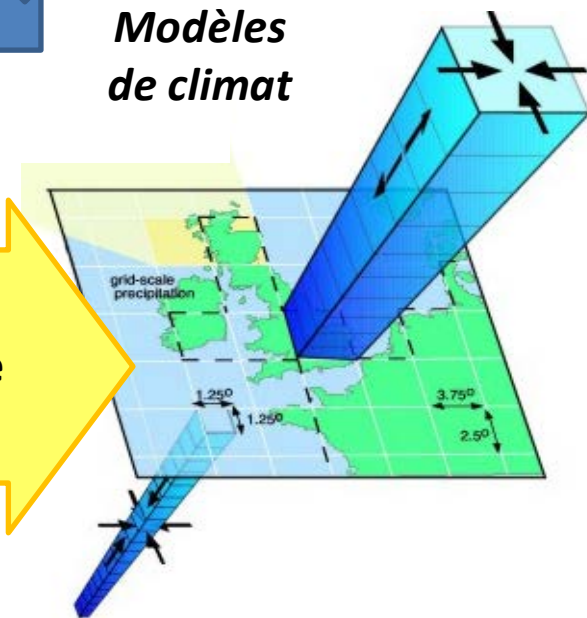
Modèles de surface continentale



Modèles de bassin versant



Modèles de climat



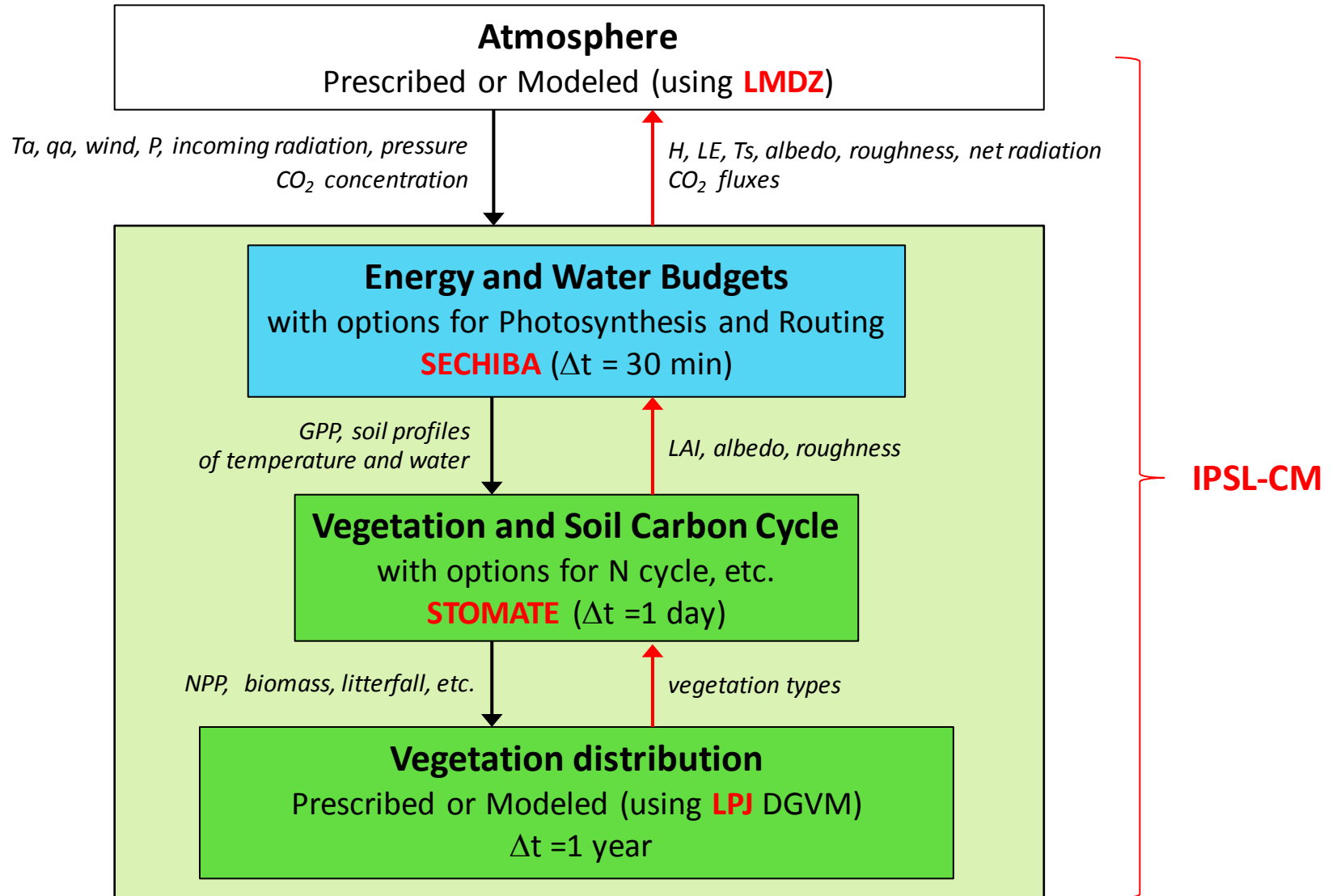
**Intégration des eaux souterraines
dans la modélisation du système Terre
et des changements globaux**

Volets et calendrier prévisionnel

Actions	S1	S2	S3	S4	S5	S6
V1. Développement d'une paramétrisation des eaux souterraines dans ORCHIDEE						
V1.1 Développement du code	■	■	■	■	■	■
V1.2 Evaluation en mode forcé et modifications	■	■	■	■	■	■
V2. Modélisation hydrogéologique pour le changement d'échelle						
V2.1 Validation/amélioration du modèle en N colonnes équivalentes	■	■	■	■	■	■
V2.2 Mise à l'échelle d'ORCHIDEE	■	■	■	■	■	■
V3. Influence des eaux souterraines sur le climat simulé						
V3.1 Sensibilité du climat à différentes profondeurs de nappe	■	■	■	■	■	■
V3.2 Evaluation de la paramétrisation des ES en couplé	■	■	■	■	■	■
V3.3 Changement climatique	■	■	■	■	■	■
V4. Acquisition et traitement de données						
V4.1 Données hydrogéologiques et topographiques	■	■	■	■	■	■
V4.2 Autres données de forçage et validation	■	■	■	■	■	■
V4.3 Prélèvements	■	■	■	■	■	■

Tableau 1. Calendrier des différentes actions, en 6 semestres sur 3 ans, et principales articulations inter-volets.

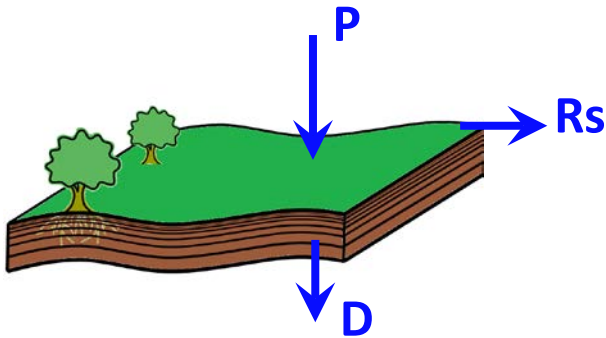
Volet 1. Paramétrisation ORCHIDEE



ORCHIDEE

Hydrologie du sol

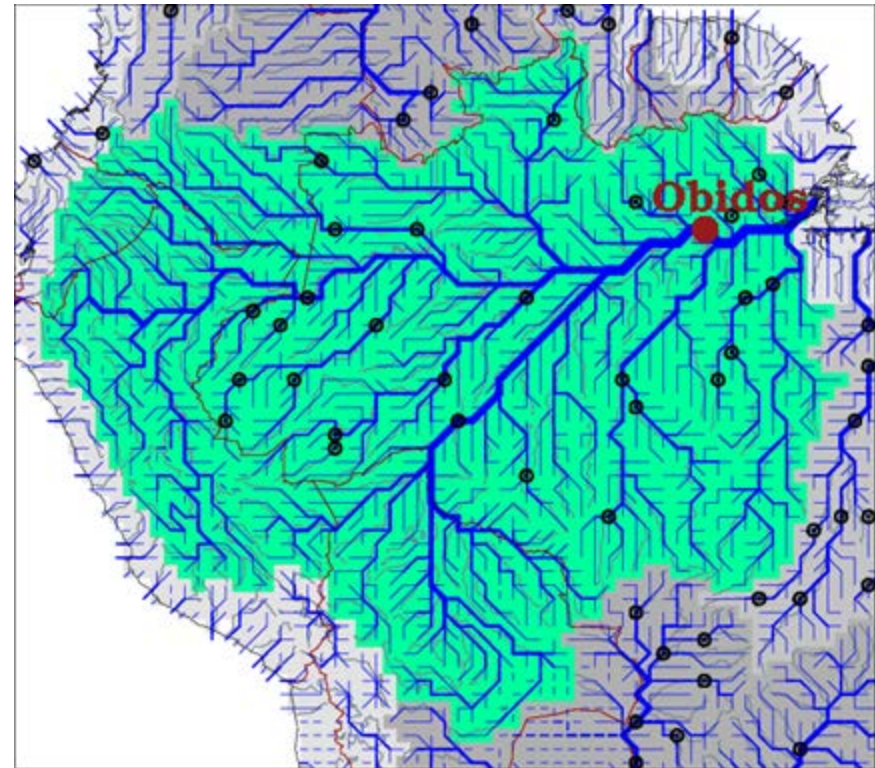
de Rosnay et al., 2002; d'Orgeval et al., 2008



- **Physically-based description of soil water fluxes using Richards equation**
- **2-m soil and 11-layers**
- Formulation in θ , with $K(\theta)$ and $\psi(\theta)$ from van Genuchten-Mualem
- Related parameter based on texture
- Surface runoff = $P - E_{sol} - \text{Infiltration}$
- **Free drainage at the bottom, or reduced drainage, or saturation at a prescribed level**

Routage des écoulements

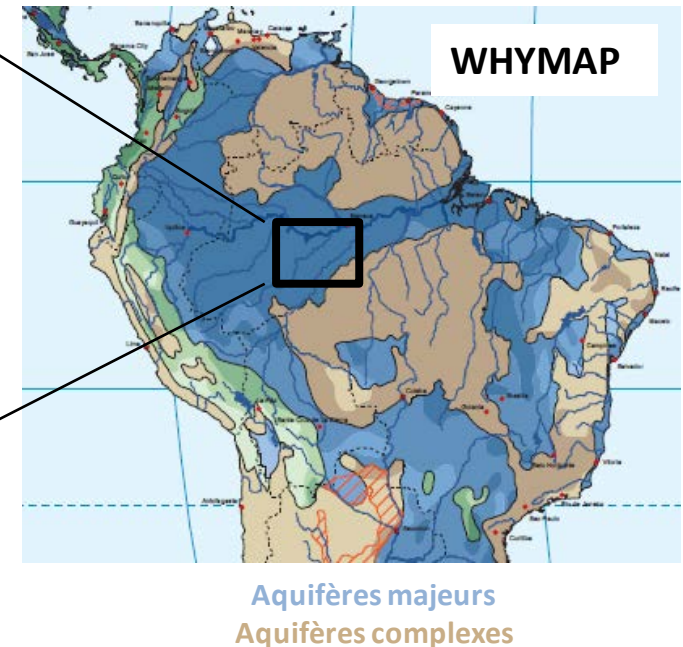
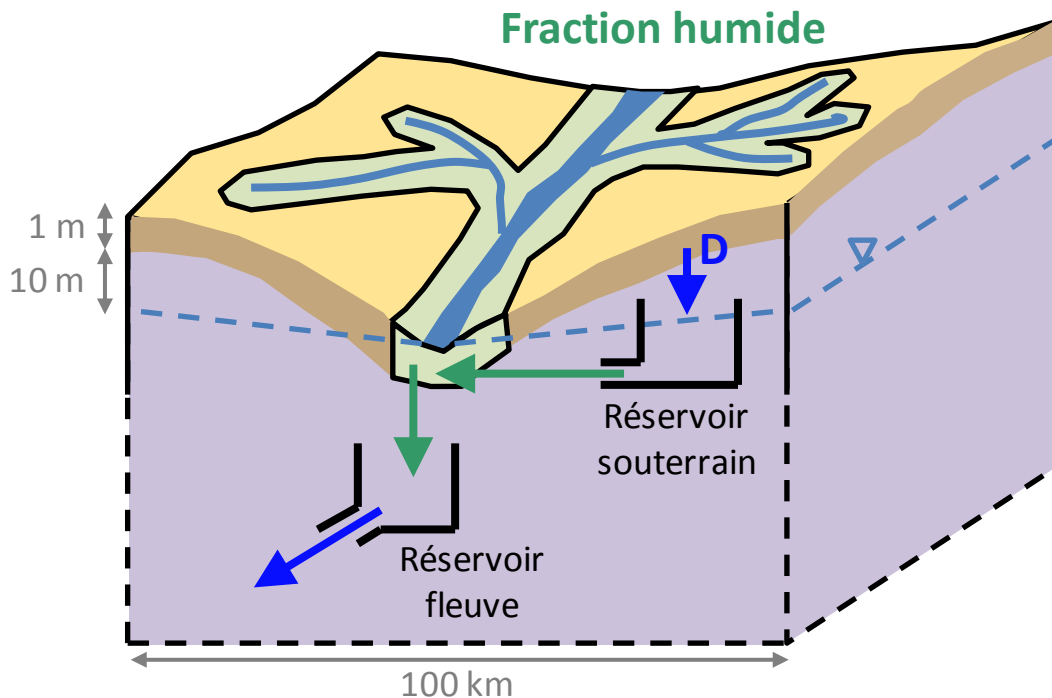
Polcher 2003; Guimberteau et al., 2012



- **Cascade de réservoirs linéaires**
- **Dans chaque maille, un réservoir « cours d'eau », rapide, et lent**

Principes initiaux

1. Pas d'échanges souterrains entre mailles ORCHIDEE
2. Transferts souterrains dépendant de présence/nature des nappes
3. Transferts souterrains basés sur les réservoirs lents (souterrains) du routage
4. 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)
5. Validation « off-line » (V1.2)

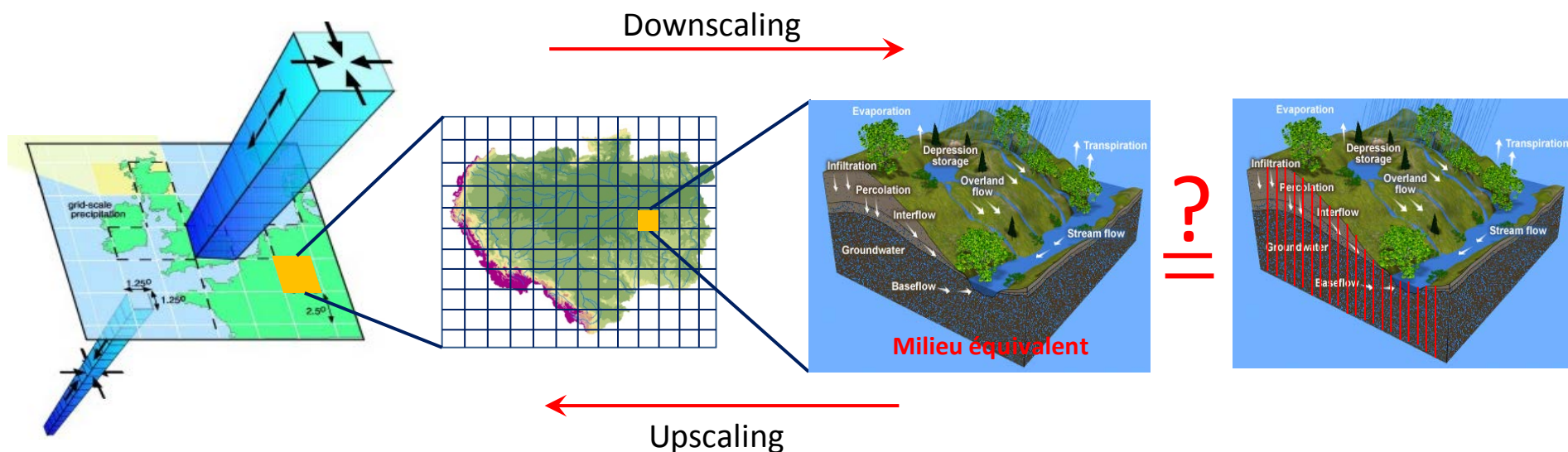


Volet 2. Changement d'échelle

Principes

1. Travail à l'échelle du versant
2. Simplifier le fonctionnement 3D en N colonnes 1D équivalentes avec puits d'ET identiques à ORCHIDEE
3. Ecoulement souterrain d'une colonne à la rivière : proportionnel à la différence de charge et à un paramètre de transfert $K_s/(\omega_d \lambda^2)$

K_s est la perméabilité du milieu saturé, ω_d la porosité de drainage, λ la distance au cours d'eau



Volet 2. Changement d'échelle

Principes

1. Travail à l'échelle du versant
2. Simplifier le fonctionnement 3D en N colonnes 1D équivalentes avec puits d'ET identiques à ORCHIDEE
3. Ecoulement souterrain d'une colonne à la rivière : proportionnel à la différence de charge et à un paramètre de transfert $K_s/(\omega_d \lambda^2)$
 K_s est la perméabilité du milieu saturé, ω_d la porosité de drainage, λ la distance au cours d'eau

V2.1 Validation/amélioration du modèle à N colonnes équivalentes

- Différentes épaisseur de nappe sous la rivière, structures topographiques et hydrogéologiques, climats

V2.2 Mise à l'échelle d'ORCHIDEE

- Passage à 1 colonne équivalente versant ? (convolution des colonnes locales par une distribution de $K_s/(\omega_d \lambda^2)$)
- Passage à 1 colonne équivalente ORCHIDEE ?

Volet 3. Climat

V3.2 Evaluation de la paramétrisation V1+V2 en mode couplé

V3.3 Changement climatique

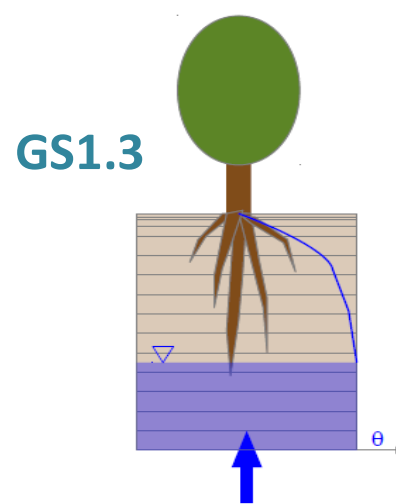
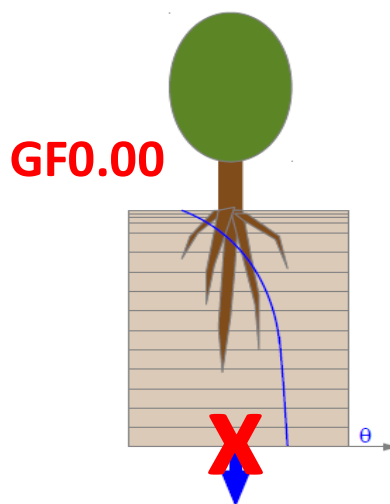
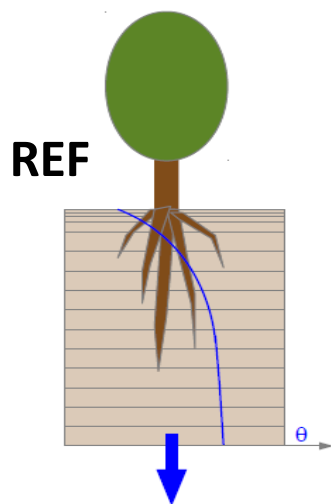
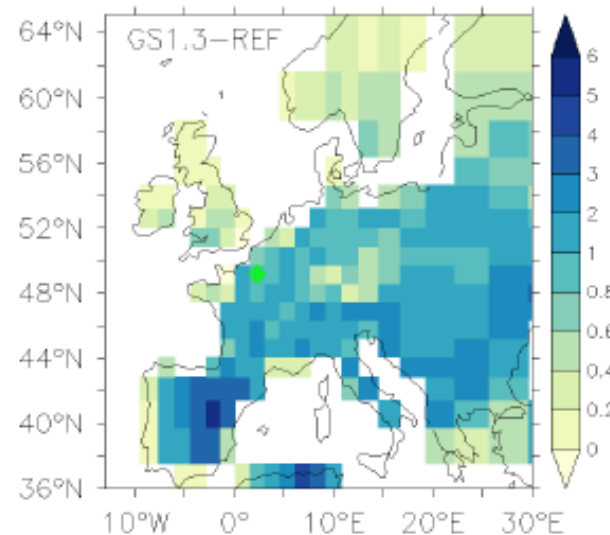
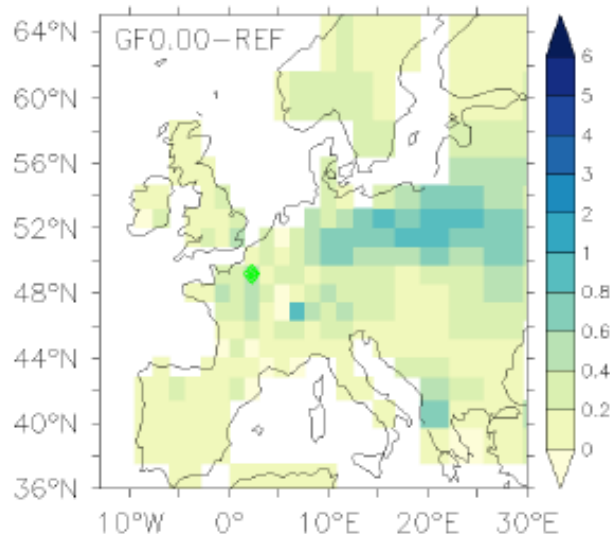
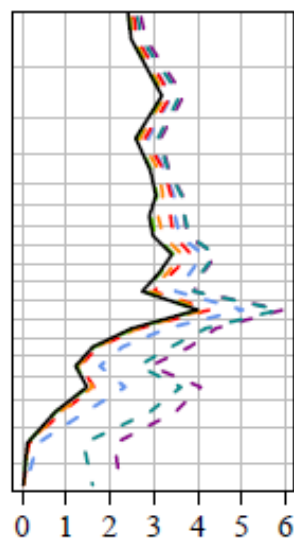
- Effet des ES sur l'évolution future du climat : intensité du réchauffement, régimes des précipitations, variabilité.
- Impact du CC sur les ressources en eau (ES + débits) : crues et étiages.

V3.1 Sensibilité du climat à WTD

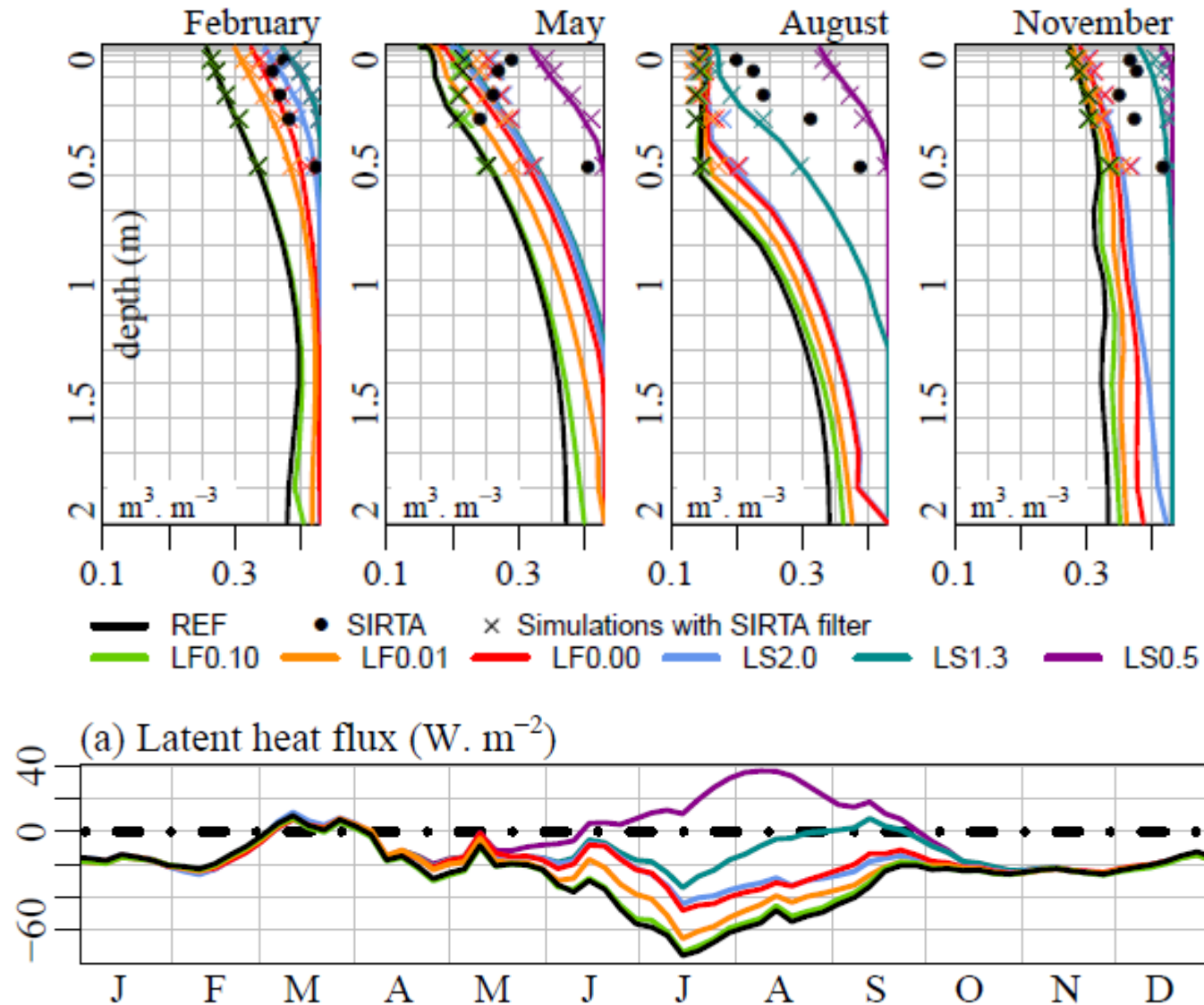
- Sensibilité du climat simulé à plusieurs WTP prescrites dans le sol (> 2m)
- Variations géographiques de la WTD « seuil », sous laquelle climat insensible
- Nappe prescrite uniquement sur une zone pour identifier les impacts en « aval » de la circulation générale dominante
- Généralisation du travail de Campoy 2013

Sensibilité à WTD en zoomé/guidé

Précipitations estivales (JA, mm/j)



Comparaison aux obs. SIRTA



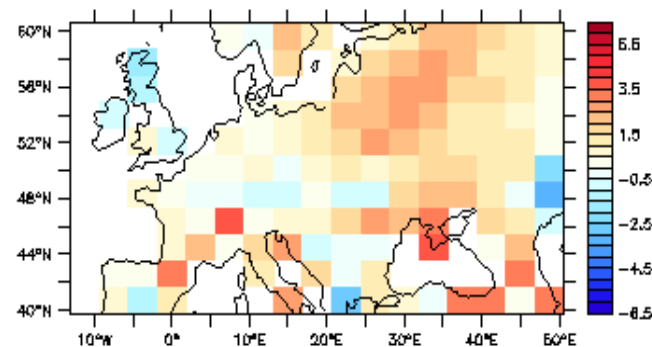
Global couplé à LMDZ (sans nappe)

➡ Réduction avec ORC11 du biais chaud en Europe en été

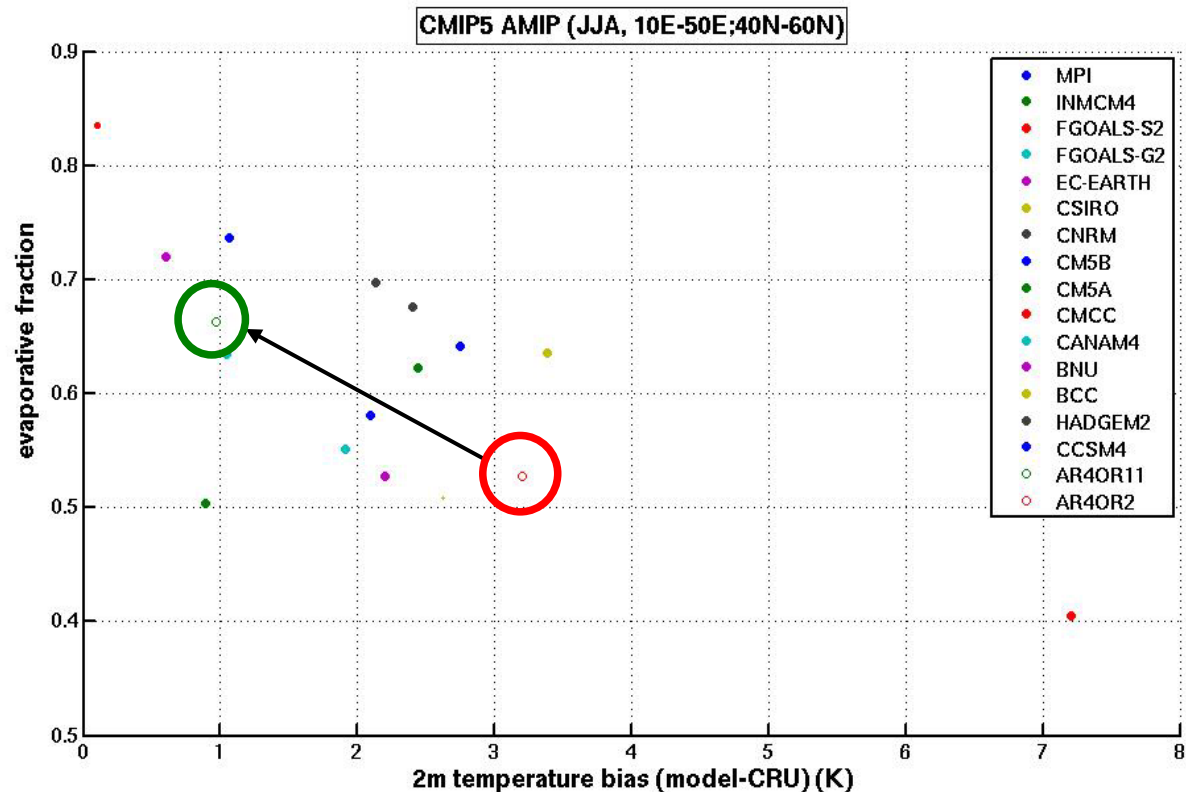
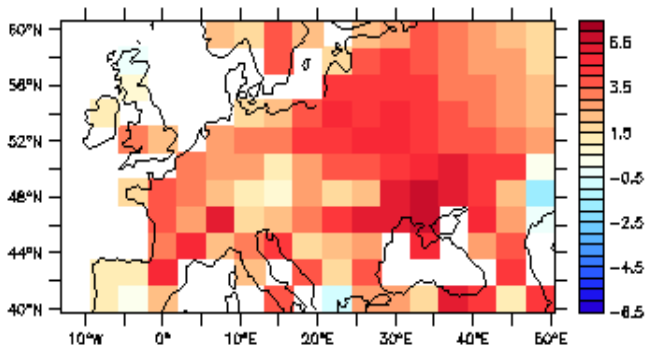
Simulations AMIP avec modèles de CMIP5

Biais T2m simulée - CRU

AR4-ORC11



AR4-ORC2



Volet 4. Données

V4.1 Données hydrogéologiques et topographiques

- Bases de données hydrogéologiques à couverture globale : séparation des formations aquifères ; identification des paramètres hydrodynamiques
- Topographie à haute résolution : construction des réseaux hydrographiques, identification des « fractions potentiellement humides »
- Niveaux et/ou profondeurs piézométriques

V4.2 Données de forçage et validation disponibles à l'IPSL

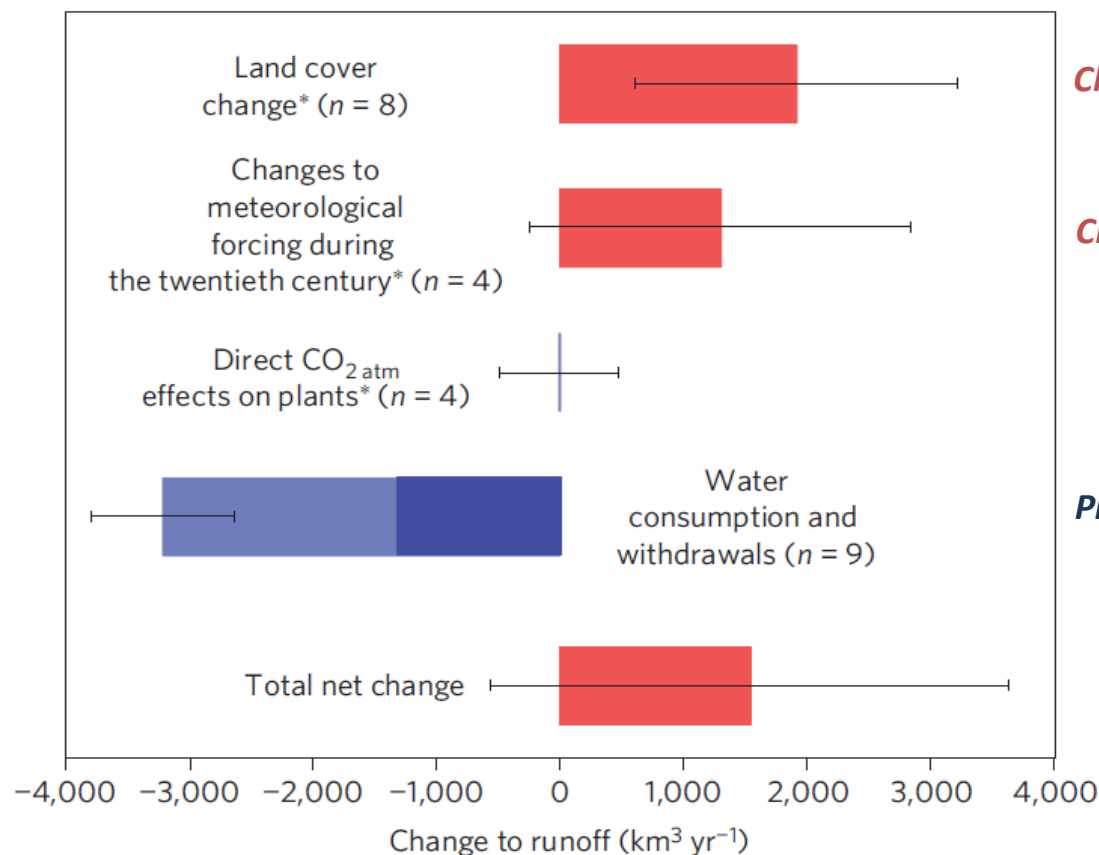
V4.3 BD mondiale des prélèvements anthropiques dans les eaux souterraines et de surface

- Pour analyse ultérieure de l'influence de ces prélèvements sur débits voire climat

Volet 4. Données

Synthèse de la littérature scientifique sur les changements de débit au 20^{ème} siècle

➡ 3 facteurs antagonistes



Changements d'occupation des terres

Changement climatique lors du 20^{ème} siècle

Prélèvements en eau

Calendrier et coordination

Actions	S1	S2	S3	S4	S5	S6
V1. Développement d'une paramétrisation des eaux souterraines dans ORCHIDEE Ducharne						
V1.1 Développement du code						
V1.2 Evaluation en mode forcé et modifications						
V2. Modélisation hydrogéologique pour le changement d'échelle Mouche						
V2.1 Validation/amélioration du modèle en N colonnes équivalentes						
V2.2 Mise à l'échelle d'ORCHIDEE						
V3. Influence des eaux souterraines sur le climat simulé Chérucy						
V3.1 Sensibilité du climat à différentes profondeurs de nappe						
V3.2 Evaluation de la paramétrisation des ES en couplé						
V3.3 Changement climatique						
V4. Acquisition et traitement de données Baro						
V4.1 Données hydrogéologiques et topographiques						
V4.2 Autres données de forçage et validation						
V4.3 Prélèvements						

Tableau 1. Calendrier des différentes actions, en 6 semestres sur 3 ans, et principales articulations inter-volets.

Est-ce possible ?

Budget

- Demande initiale = 51 kE pour 3 ans
Au prorata des ETP pour chaque partenaire
- Financement accordé = 36 kE pour 3 ans
Au prorata des ETP + reventilation annuelle LSCE

	ETP	2014	2015	2016	Total
Total	3,3	9	12	15	36
Sisyphé	1,7	3,8	7	7,7	18,5
LSCE	1	3,5	2,8	4,6	10,9
LMD	0,6	1,7	2,2	2,7	6,6

- Infos nécessaires par labo: **Code UMR + N° de gestion**

Obligations

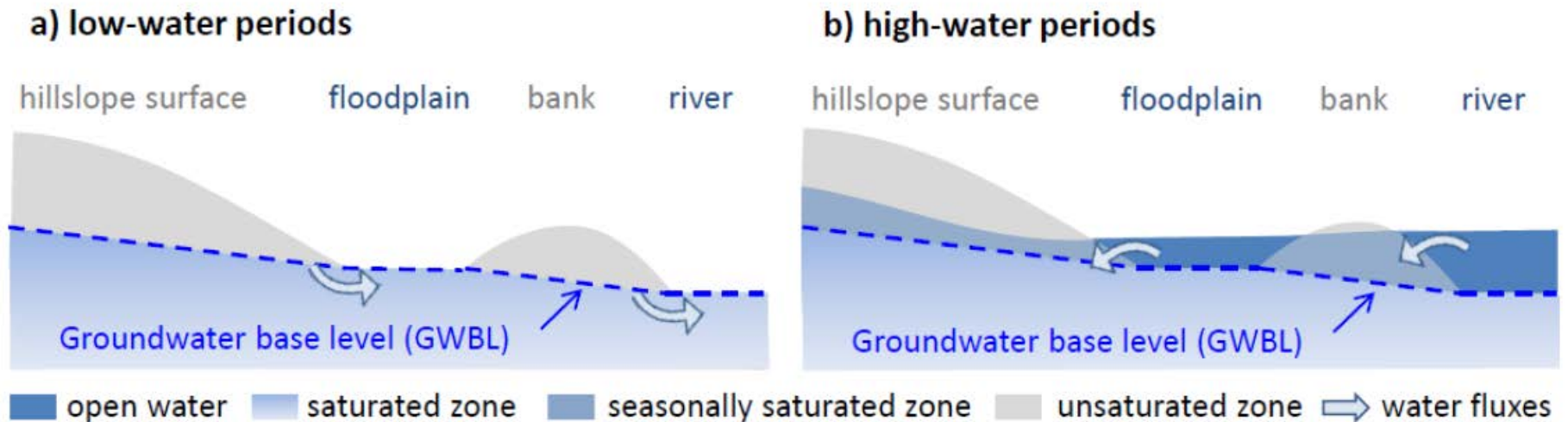
- Courte fiche d'avancement annuelle, qui deviendra fiche bilan à la fin du projet
- Mentionner le soutien de LEFE dans toute communication écrite ou orale :
« This work was supported by the French national programme LEFE/INSU »

Compléments

- Projet I-GEM soumis à l'ANR
 - Plus climatique
 - Généralisation de V3 par intercomparaison de 3 modèles ES + LSM + Atmo
 - Avec LMD, CNRM et Taiwan
 - 4 ans
 - Pas encore évalué...
- Visite de Min-Hui Lo en septembre 2014

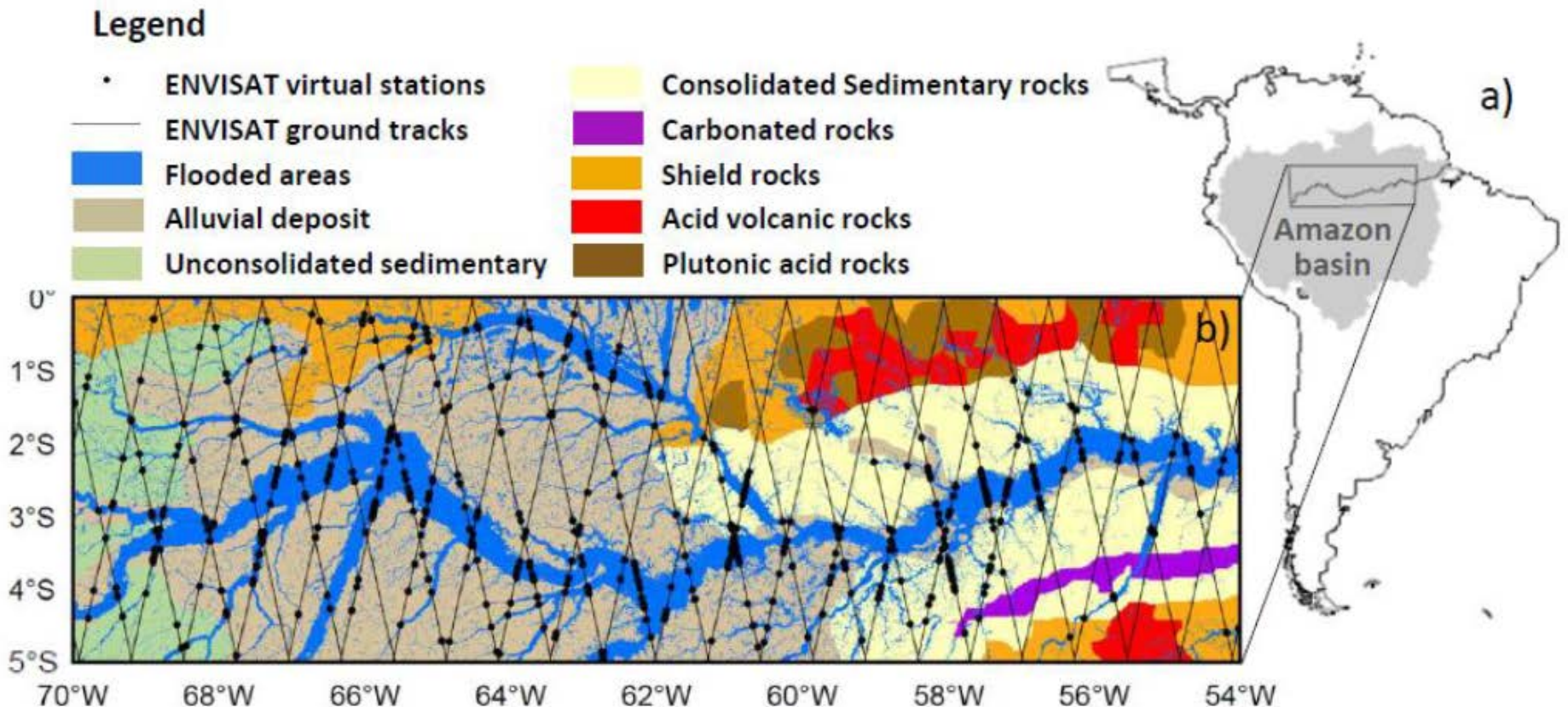
GWBL from spatial altimetry

- GWBL = GW base-level
- Pfeffer et al., GRL, 2014, in press (LEGOS +GET)
- Corridor central de l'Amazone et station virtuelles ENVISAT



GWBL from spatial altimetry

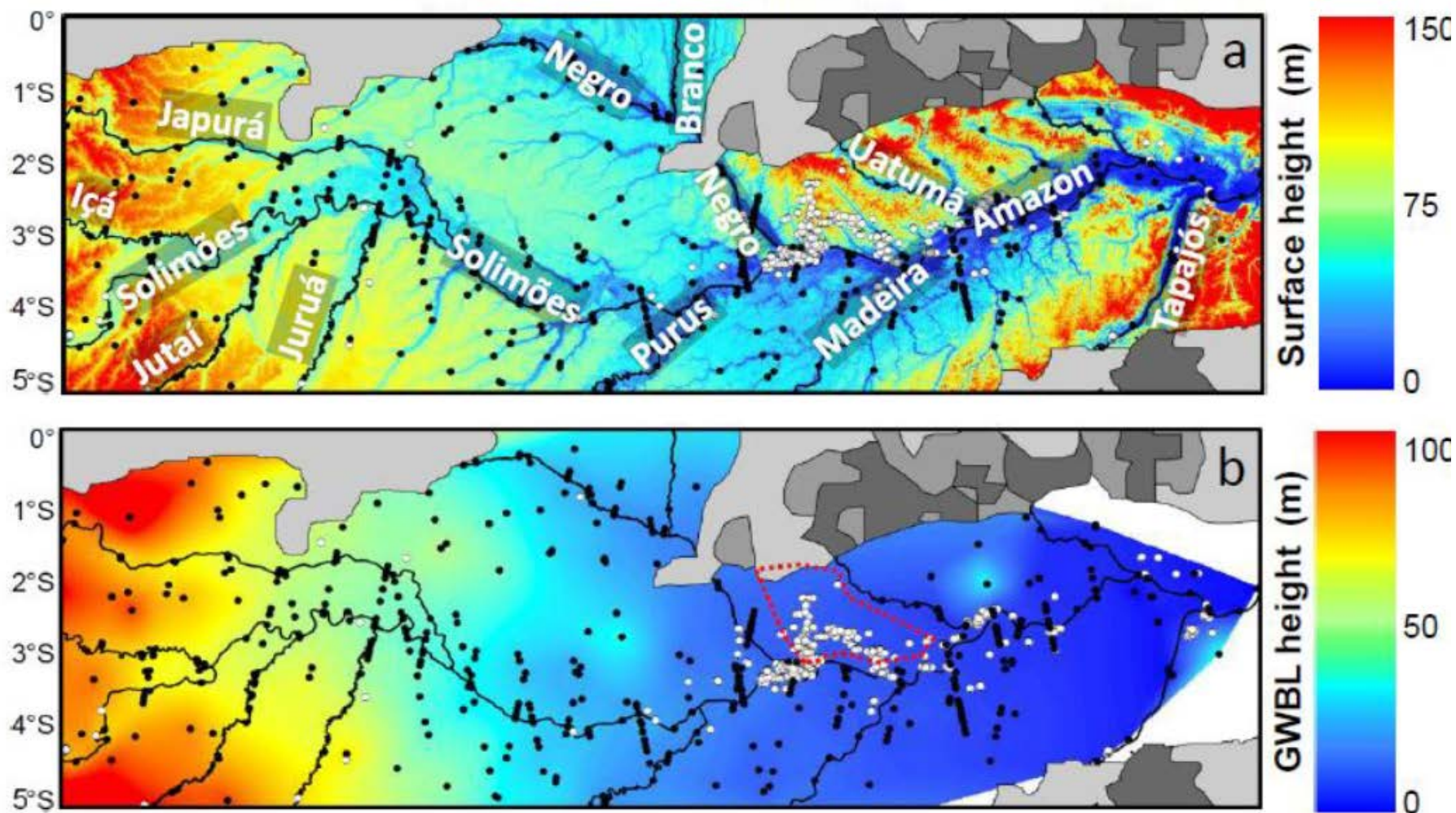
- GWBL = GW base-level
- Pfeffer et al., GRL, 2014, in press (LEGOS +GET)
- Corridor central de l'Amazone et station virtuelles ENVISAT



GWBL from spatial altimetry

○ Groundwater well ● Virtual altimetry station

■ Volcanic rocks ■ Plutonic rocks □ Shield rocks



GWBL from spatial altimetry

Comparaison aux données de 1540 « wells » from Fan et al. 2013
(en rouge en excluant une zone à topo particulière)

