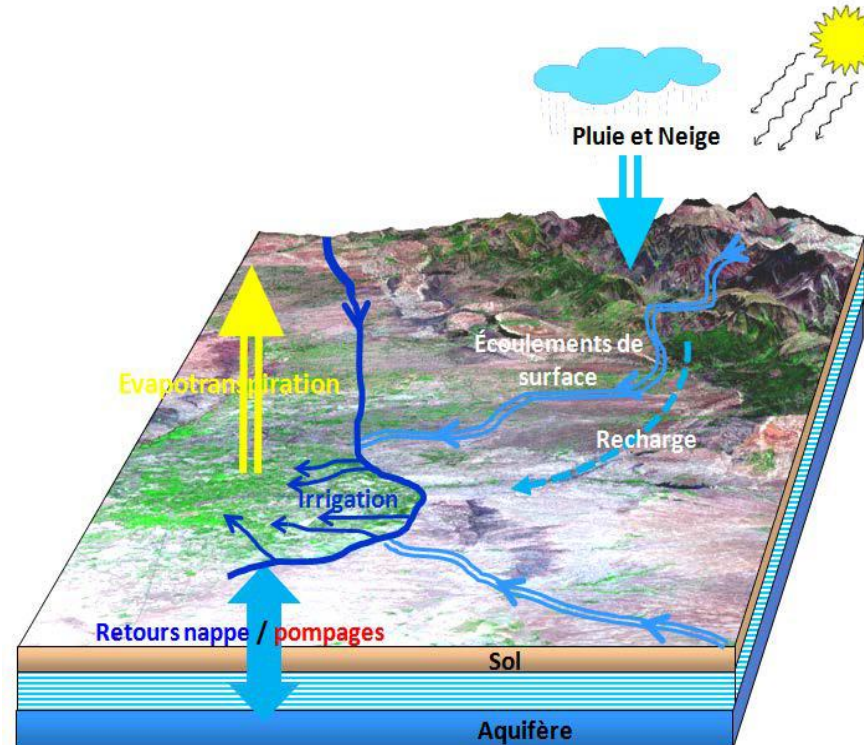
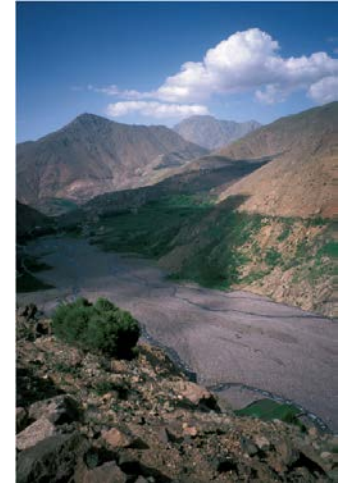


## Fonctionnement hydrologique des zones méditerranéennes

- **Production d'eau principalement en montagne**, notamment sous forme de neige.
- **L'agriculture irriguée est le principal utilisateur** de l'eau dans la plaine
- **Aquifères surexploités** (agriculture, usage domestique)



Au-delà du ruissellement de surface bien visible, **une part importante des précipitations s'infiltr**e en profondeur et va **recharger les aquifères** situés sous les plaines en aval.



Il est donc crucial de **comprendre le fonctionnement hydrologique** de ces systèmes et en particulier les processus de recharge des aquifères depuis l'amont, notamment dans la perspective d'étudier **l'impact du changement climatique.**

## Enjeux socio-économiques

- Quel sera l'impact des changements globaux sur la ressource en eau ?
- Quelle est la vulnérabilité et la résilience des agro-hydro-anthropo-systèmes ?
- Quelles sont les répartitions soutenables des usages de l'eau ?

## Questions scientifiques

- Comment quantifier et modéliser les échanges surface-nappe en différentes zones d'un bassin versant ? (montagne / piémont / plaine)
- Quelle est la relation entre la surface, la zone non saturée et la nappe (en plaine), notamment à partir de quelle profondeur l'eau perdue par infiltration est considérée une recharge de l'aquifère.
- Quelles ont été les évolutions hydro-climatologiques récentes du bilan des nappes ? (échelle siècle ou décennie)

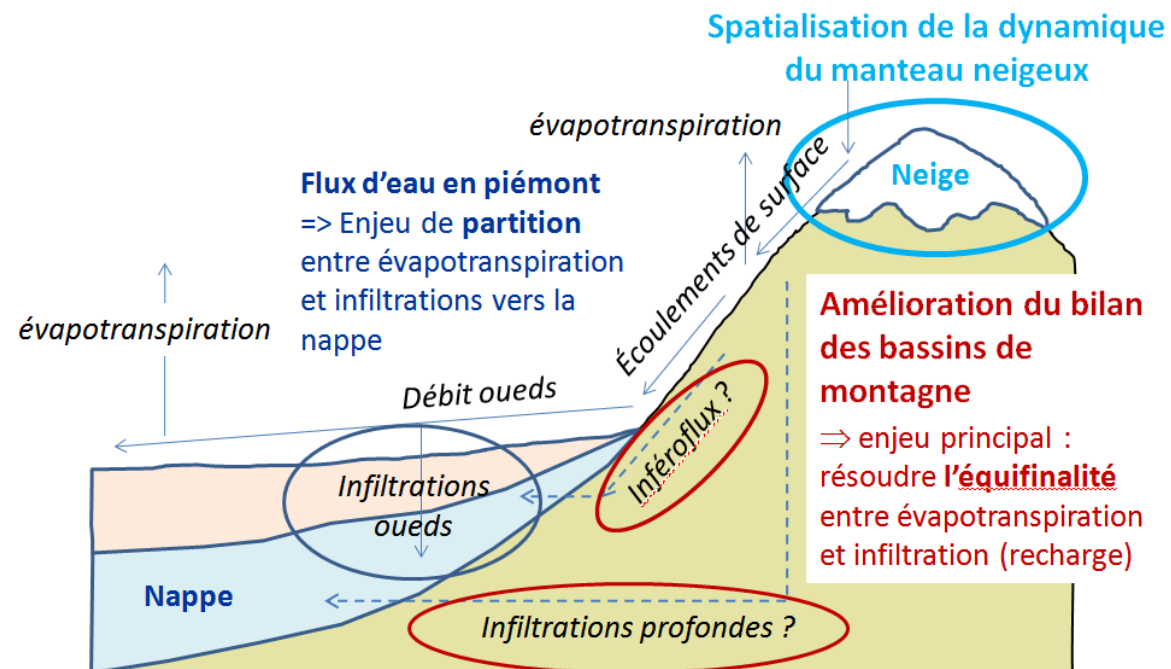


## Recharge très mal connue car :

- Complexité des processus
- Impossibilité d'observer directement les flux souterrains

=> Néanmoins, des approches indirectes sont possibles :

- **L'étude de la composition chimique et isotopique de l'eau** donne des informations sur son cheminement souterrain et sur les interactions entre les différentes masses d'eau. Cette composition est influencée, entre autres, par l'altitude de chute des précipitations, ainsi que par le taux d'évaporation subi avant de s'infiltrer.
- **La résolution du bilan hydrique d'un bassin.** A partir de la connaissance des précipitations, des débits de surface et de l'évapotranspiration, il est possible de déduire la fraction infiltrée en profondeur grâce à l'équation de fermeture du bilan hydrologique.



=> Passer d'une modélisation **Pluie-Débit**  
à une modélisation **Précipitation - Evapotranspiration - Débit - Infiltration**

# Quantification des processus de recharge des aquifères en Méditerranée semi-aride, un enjeu majeur du changement climatique



Introduction

Approches

Evapotranspiration  
montagne

Gravimétrie satellitaire

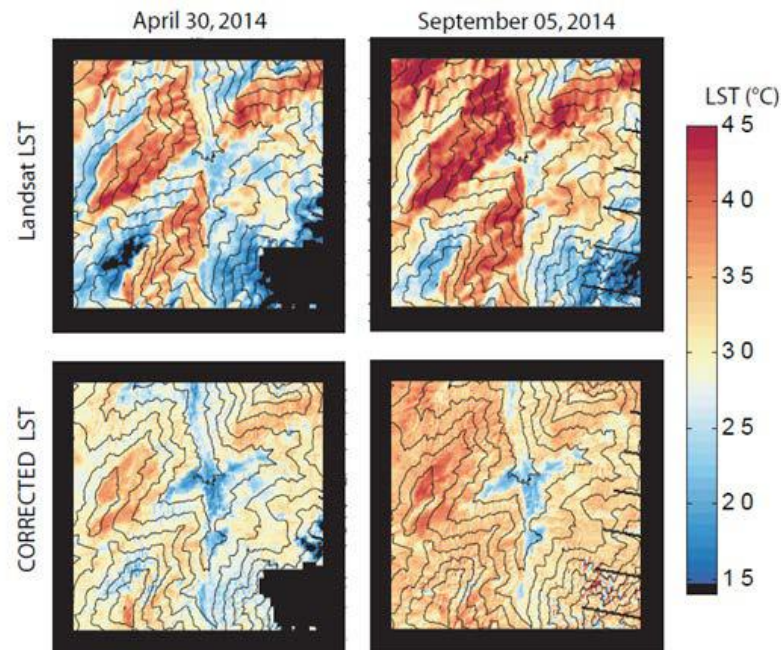
Traçage isotopique

Conclusion

Principal verrou au bouclage du bilan hydrique en montagne, **l'évapotranspiration (ET)** est très difficile à mesurer et mal modélisée à cause du relief.



- **Estimation de l'évapotranspiration par télédétection Infrarouge thermique (bilan d'énergie)**  
=> nécessité de corriger les effets de relief (Malbeteau et al. )



**Dispositif original de mesure de l'évapotranspiration en montagne**  
Plateau de la Tazaghart (3850 m)



⇒ Calibration / Validation des modèles d'évapotranspiration (+ estimation de la sublimation de la neige)

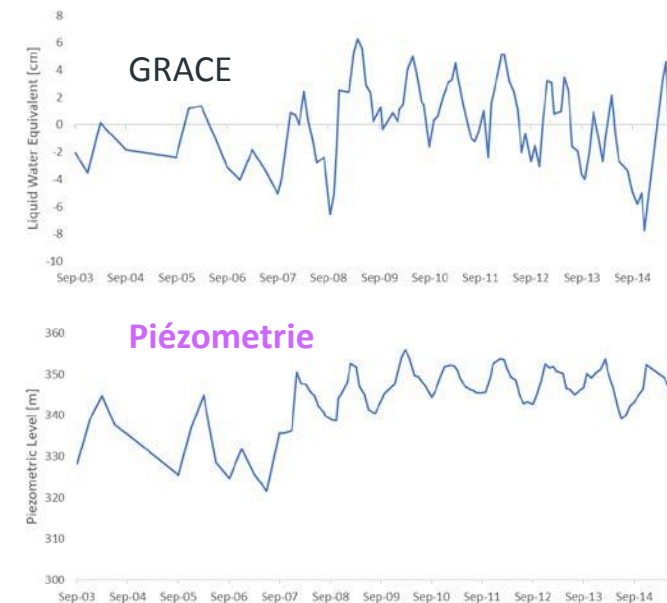
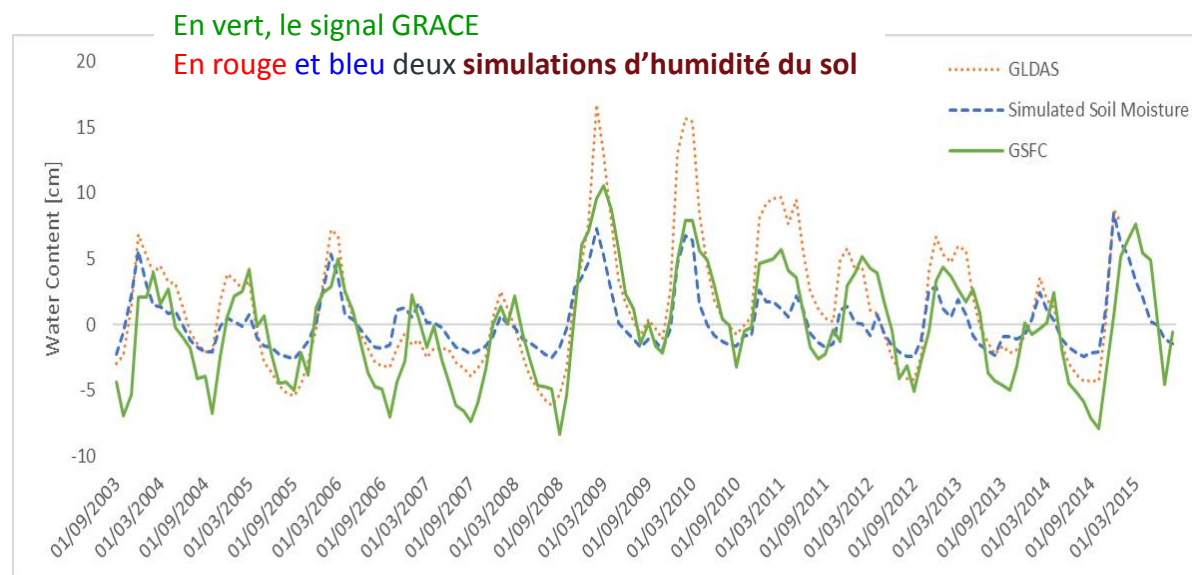
## ESES - « Evaluation et tendance des Stocks d'Eau Souterraine des bassins d'Oum Er-Rbia et Tensift à partir des données spatiales »

*Univ. de Beni Mellal, UMR EMMAH Avignon*

Evaluation des données satellitaires GRACE pour suivre la dynamique du stock total d'eau en lien avec les variables agro-hydro-climatologiques

### Résultats

Lien entre signal GRACE et l'humidité des sols ainsi que la piézométrie, malgré la faible surface de ces aquifères (environ 150\*100 km)



# Quantification des processus de recharge des aquifères en Méditerranée semi-aride, un enjeu majeur du changement climatique



Introduction

Approches

Evapotranspiration montagne

Gravimétrie satellitaire

Traçage isotopique

Conclusion

**ISREM** - « Isotopes Stables pour l'évaluation de la Recharge des ressources en Eau en zone de Montagnes : Cas des Bassins de Souss et Tensift et du Moyen Atlas »  
 Univ. d'Agadir, Univ. de Marrakech, UMR Hydroscience Montpellier, UMR CEREGE Aix

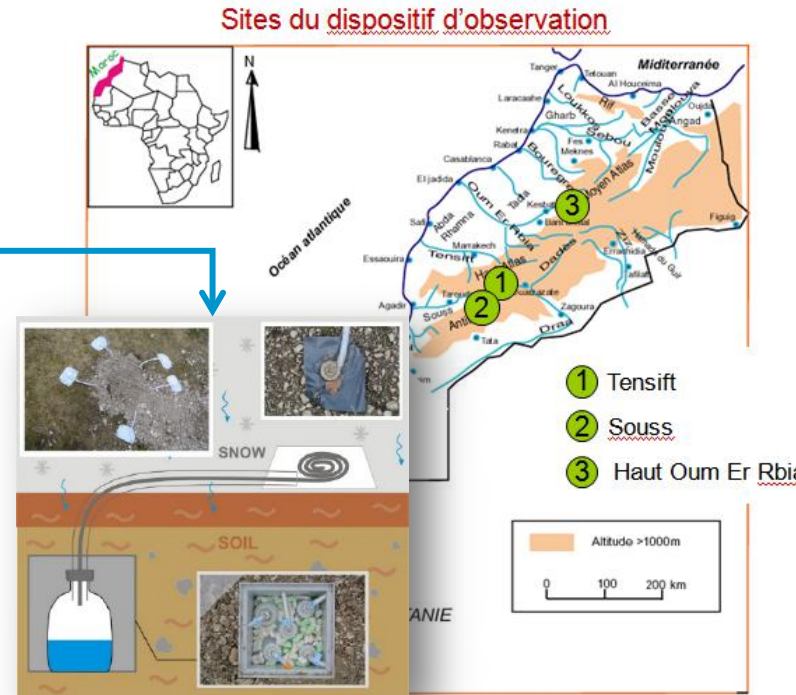
Dispositif de suivi isotopique/géochimique :  
 précipitations (neige, pluie), ruissellement (sources, oueds), nappe

## Schéma de collecte par bassin

- 1 dispositif de prélèvement de neige (Passive Capillary Sampler (PCS))
- 3 pluviomètres collecteurs (amont, inter., aval)
- Echantillonnage de sources, oueds, lacs...
- Echantillonnage de forages dans la nappe

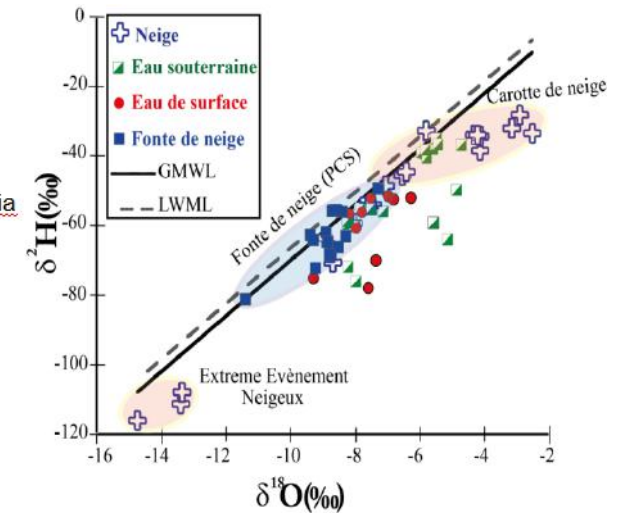
## Variables

- Isotope eau (Oxygène 18 + Deutérium) comme traceur de processus (évaporation, recharge, échange, ...)
- Tritium, gaz anthropiques (CFCs, HCFCs, SF6) pour les temps de résidence



Collecteur de pluie

Exemple de résultat Oukaimeden (3200 m), (N'da et al., 2016)



Introduction

Approches

Evapotranspiration  
montagne

Gravimétrie satellitaire

Traçage isotopique

Conclusion

## ❑ Estimation de la recharge grâce à une complémentarité d'approches

- Traçage isotopique / géochimique
- Estimation de l'évapotranspiration de montagne (approche originale)
- Amélioration du bilan hydrique des bassins de montagne

## ❑ Variable nécessaire aux outils de gestion des ressources en eau

=> Détermination des répartitions soutenables des usages tenant compte des changements climatiques en cours.

## ❑ Importance de maintenir des observatoires pérennes

Mesure des variables météorologiques, les débits des rivières, l'hydrochimie, le niveau des nappes, etc.

=> indicateurs d'état + Calibration / validation des outils de modélisation