



**HAL**  
open science

# Gravimétrie et sismologie : la balance et le chronomètre au service de la zone critique !

Cedric Champollion, Benjamin Fores

## ► To cite this version:

Cedric Champollion, Benjamin Fores. Gravimétrie et sismologie : la balance et le chronomètre au service de la zone critique!. 2017, 7-8 <https://www.resif.fr/publications/lettre-dinformation/>. hal-03712685

**HAL Id: hal-03712685**

**<https://hal.science/hal-03712685v1>**

Submitted on 11 Jul 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## GRAVIMÉTRIE ET SISMOLOGIE : LA BALANCE ET LE CHRONOMÈTRE AU SERVICE DE LA ZONE CRITIQUE !

Auteurs : Cédric Champollion et Benjamin Fores

En hydrogéologie, la mesure de la vitesse des transferts des eaux souterraines est essentielle pour comprendre et modéliser la dynamique et le stockage des ressources en eau. La vitesse de transfert des eaux souterraines dépend principalement de deux paramètres : le gradient de pression et la conductivité hydraulique. L'accès à la zone saturée en eau grâce aux forages permet d'estimer dans de très nombreux cas, même complexes, la conductivité hydraulique. Dans les cas où le milieu n'est pas saturé (on parle aussi de "zone critique"), estimer la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sous-sol est non trivial. Dans certains cas (nappe proche de la surface, vitesse d'infiltration importante), l'impact de la zone non saturée n'est pas significatif. A l'inverse, dans certains karsts ou aquifères de socle (l'épaisseur de la zone non saturée peut alors atteindre des dizaines, voire des centaines de mètres) ou pour des études sur les échanges eau-sol-atmosphère, la zone critique peut avoir un rôle majeur. Or la zone non saturée est souvent extrêmement hétérogène. Et le volume représentatif des appareils de mesure de la teneur en eau du sol (classiquement basés sur les méthodes diélectriques ou des tensiomètres) est petit de l'ordre du  $\text{cm}^3$ . Bref, les paramètres hydrauliques de la zone critique ne peuvent pas être toujours négligés et restent pourtant peu accessibles avec les techniques actuelles.

Depuis plusieurs années, l'observatoire GEK (Géodésie des Eaux Karstique, Figure 1) soutenu par l'OSU OREME (<https://oreme.org/services/observation/hplus/gek>) et le SNO H+ (<http://hplus.ore.fr/larzac>) est dédié à l'observation géophysique et géodésique des processus hydrologiques et à la métrologie. L'observatoire est situé dans le sud des Grands Causses sur un plateau dolomitique karstique où l'épaisseur de la zone non saturée est supérieure à 100 m. Le contexte hydro-météorologique est suivi en temps réel par une tour de flux dédiée à la mesure de l'évapotranspiration et par deux pluviomètres. Une des idées initiales de ce projet est d'appliquer des méthodes géophysiques issues de la communauté terre solide à l'hydrogéologie.

*Fig.1) L'observatoire GEK (zoom à droite), abrite un gravimètre supraconducteur (iGrav) depuis 2011. Un sismomètre large bande a également été hébergé pendant un an (2015) en attendant une*



*future station permanente de RESIF. A l'extérieur, deux pluviomètres au auget et une tour de flux (zoom de gauche) permettent d'obtenir des mesures météorologiques précises et locales.*

Dans ce cadre, la gravimétrie permet de suivre les variations du stock en eau souterraine y compris dans ce type de milieu karstique hétérogène. Ce résultat est basé sur des séries de mesures gravimétriques réalisées avec les instruments du parc RESIF-GMOB et notamment un gravimètre absolu FG5. L'hydrogéologue dispose ainsi d'une balance adaptée à la zone critique mais reste myope : la gravimétrie n'apporte aucune contrainte sur la localisation des stocks en eau et donc sur les transferts. Afin de mesurer des vitesses de transferts de l'eau souterraine, il est nécessaire de disposer d'un chronomètre sensible à la profondeur : la sismologie passive. La mesure passive des variations de vitesse sismique par inter-corrélation de bruit ambiant est continue et simple à mettre en œuvre. La vitesse des ondes sismiques est de plus dépendante de la densité et donc de la saturation en eau. Mais surtout, choisir les fréquences du bruit sismique ambiant fixe une profondeur d'investigation (ou plutôt la sensibilité en fonction de la profondeur). Ainsi le site de l'observatoire s'est enrichi de deux sismomètres large bande séparés par une distance de 400 mètres pour une expérience d'un an. L'observatoire GEK est ainsi, peu à peu, devenu un observatoire géophysique complet puisqu'il accueille aujourd'hui en permanence un gravimètre supraconducteur, un récepteur GNSS et un sismomètre large-bande.

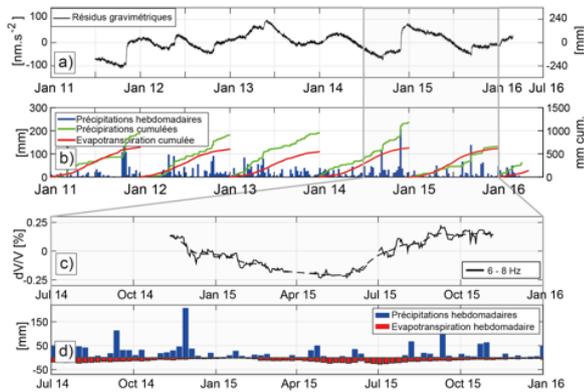


Fig.2) Données météorologiques et hydro-géophysiques de l'observatoire. En haut (a), les 5 années de résidus gravimétriques permettent de connaître avec précision les variations du stock en eau du sol, en lame d'eau équivalente (échelle de droite). La pluviométrie hebdomadaire et les cumuls annuels d'évapotranspiration sont donnés sur la même période en b). En bas (c), les variations de vitesse sismique sont induites par des variations de saturation en profondeur (entre 20 et 60 m à 6-8 Hz). L'important déphasage avec les fortes précipitations (plusieurs mois) montrent une infiltration très lente dans le milieu en d).

Que retenir de l'expérience de sismologie passive appliquée à l'hydrogéologie karstique ? Des variations

de vitesse clairement liées à des variations hydrogéologiques ont été mesurées (Fig.2). Ces variations de vitesse à une fréquence donnée (ici 6-8 Hz) peuvent être utilisées comme un chronomètre pour mesurer les temps de passage d'un front d'infiltration à une certaine profondeur (ici ~ 40 m). Et donc remonter aux vitesses de transfert de l'eau en zone non saturée. De plus, ces travaux ont montré l'intérêt de chaque méthode géophysique et leur complémentarité dans l'établissement de modèles hydrologiques.

Avec le développement des nouveaux gravimètres portables et en combinaison avec la sismologie passive, il sera possible dans un futur proche, de mener des expériences (observation d'une pluie naturelle ou simulée) sur des sites karstiques (entre autres) où les méthodes classiques en hydrogéologie ne sont pas adaptées. On pourra ainsi estimer les temps d'infiltration de manière quantitative et mieux contraindre la vulnérabilité de la ressource en eau souterraine.

**Contact :** Cédric Champollion, Géosciences Montpellier ([cedric.champollion@um2.fr](mailto:cedric.champollion@um2.fr))