

**APPORT DU TRACAGE ARTIFICIEL ET DES METHODES
GEOPHYSIQUES A LA COMPREHENSION DES FLUX AU SEIN DE LA
ZONE NON SATUREE DU KARST (SITE DE ST FERRON, FRANCE)**

**MARTIN A.¹, CHAMPOLLION C.², DOERFLINGER E.², COTTEUX E.³,
KAUFMANN O.¹**

¹ Service de Géologie Fondamentale et Appliquée, Faculté Polytechnique de Mons, Rue de Houdain 9, B-7000 Mons, Belgique, aurelie.martin@umons.ac.be

² Géosciences Montpellier, CNRS, Univ. Montpellier, UA, Montpellier, France

³ Irstea – Centre de Montpellier, Rue Jean-François Breton 361, BP-5095, 34196 Montpellier Cedex 5, France

RÉSUMÉ

Les méthodes géophysiques permettent d'imager la structure de l'épikarst, mais l'étude des transferts dans la zone non saturée reste une tâche difficile. Les traçages sont dès lors utilisés pour remédier à ce problème et relier les écoulements aux structures géologiques. Ces études sont d'autant plus importantes que l'épikarst est une zone vulnérable, présentant d'importants stocks d'eau. Afin de valider les hypothèses émises sur la base des méthodes géophysiques, un multi-traçage a été réalisé sur le site de St Ferron (Larzac, France). L'étude montre l'importance d'utiliser des traçages en complément des méthodes géophysiques pour valider les hypothèses sur les écoulements et ainsi mieux connaître l'épikarst et son fonctionnement.

Mots clés : Larzac, épikarst, traçage artificiel, hydrogéologie

ABSTRACT

**CONTRIBUTION OF ARTIFICIAL TRACING AND GEOPHYSICAL
METHODS TO UNDERSTANDING FLOWS IN THE NON-SATURATED
AREA OF KARST (ST FERRON SITE, FRANCE)**

Geophysical methods allow imaging the structure of the epikarst. However, studying groundwater transfer in a non-saturated zone is still a challenging task. Tracing is then used to remedy this problem and to relate water flow with geological structures. These studies are all the more important than the epikarst is a vulnerable area with important water reserve. In order to validate the hypotheses issued on the basis of the geophysical methods, a multi tracer experiment was realized on the St Ferron site (Larzac, France). The study showed the importance of using tracing in addition to geophysical methods to validate the hypotheses on the flows and thus better know the epikarst and its functioning.

Key words: Larzac, epikarst, artificial tracing, hydrogeology

.1 INTRODUCTION

Les méthodes géophysiques permettent d'imager les structures de l'épikarst mais l'étude des écoulements y est une tâche difficile. Des essais de traçages sont dès lors utilisés (Arbel *et al*, 2010 ; Kogovsek et Petrec, 2014). La mise en place de ces traçages nécessite une connaissance préalable du site afin de déterminer la position des points d'injection et d'échantillonnage, limiter les problèmes d'adsorption, de bruit de fond ou de contamination. Ces traçages permettent, entre autres, de vérifier les hypothèses d'écoulement émises après des études géophysiques. Dans cette optique, un multi-traçage a été réalisé sur le site de St Ferron dans le Causse de Campestre (Larzac, France) où un tunnel, creusé dans le calcaire du Tithonien, relie une doline à un abîme sous l'épikarst. Ce traçage a pour but de vérifier la possibilité d'un transfert horizontal dans la zone et d'étudier l'impact des variations spatiales de l'épikarst sur les écoulements.

.2 ÉTUDE GEOPHYSIQUE REALISEE SUR LE SITE

À St Ferron, des mesures électriques (Fores *et al.*, 2018) et gravimétriques (Fores, 2016) ont été réalisées et permettent une interprétation des propriétés du milieu. Ces études montrent des variations spatiales des propriétés (densité, porosité et résistivité électrique) interprétées comme témoins de la présence de zones plus ou moins altérées, fracturées ou argileuses. Une forte variabilité temporelle et spatiale du stockage est aussi attendue.

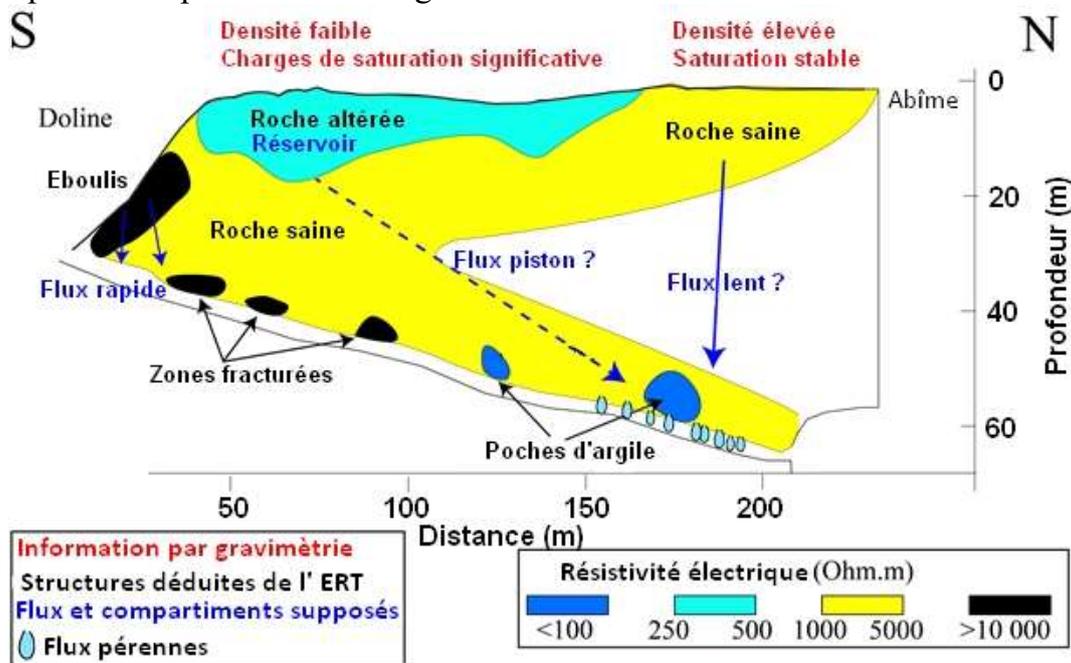


Fig. 1- Interprétation des données gravimétriques et électriques sur le site de St Ferron. D'après Fores et al (2018)

L'interprétation conjointe de ces études géophysiques et de l'observation des écoulements visibles dans le tunnel a permis de poser des hypothèses sur les écoulements présents (cf. Fig. 1). Sur cette base, une expérience de multi-traçage

a été conçue afin de vérifier la relation entre la roche altérée, envisagée comme un réservoir (Zone Doline) et les écoulements pérennes présents dans le tunnel (Zone Abîme) ainsi que les vitesses des écoulements dans la zone.

.3 ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE PAR TRAÇAGE

Le 16 mars 2018, après une période de pluie, deux traceurs ont été injectés simultanément en deux points d'injection séparés (cf. Fig. 2) de 100m, choisis sur base des études géophysiques (750g de Fluorescéine dans la roche altérée - Zone Doline et 250g de Sulforhodamine B dans la roche saine - Zone Abîme). Ces deux traceurs sont facilement détectables (même à très faible concentration de l'ordre du µg/l), peu adsorbés, sans interférences, mais sensibles à la lumière (Käss, 1994). Quinze litres d'eau ont ensuite été ajoutés pour chasser les traceurs hors du sol, vers l'épikarst et limiter leur adsorption.

Afin d'avoir une bonne résolution spatiale, les percolations dans le tunnel ont été échantillonnées manuellement tous les 10 à 20 m environ. L'échantillonnage est effectué, en fonction du débit, en un point ou plusieurs points rapprochés. Le jour de l'injection, l'échantillonnage a été réalisé au minimum toutes les heures. Du 19 au 22 mars, un échantillonnage journalier a été effectué, puis de plus en plus espacé (7/04, 13/04 et 22/05). Tous les échantillons prélevés ont été conservés à l'abri de la lumière jusqu'au 23 mai, date à laquelle ils ont été analysés à l'aide d'un spectrofluorimètre de l'IRSTEA (PerkinElmer LS45). Les longueurs d'onde pour la Fluorescéine sont 490nm pour l'excitation et 515nm pour l'émission. Pour la Sulforhodamine B, elles sont respectivement de 565nm et 586nm.

.4 RESULTATS DES TRAÇAGES (CF. FIG.2) ET CONCLUSION

Le traçage à la fluorescéine a mis en évidence un transfert lent (~1m/j), vertical et une concentration maximale de traceur faible (0.2-0.3µg/l). La possibilité d'un transfert rapide et quasi vertical dans la Zone Doline n'est pas confirmée. En effet, la connaissance limitée des variations du bruit de fond et la fréquence d'échantillonnage ne permettent pas de conclure sur ce point.

Le traçage à la Sulforhodamine B ne présente pas d'augmentation significative de l'intensité de fluorescence par rapport au bruit de fond même si un léger pic (0.3-0.4 µg/l) est visible à l'aplomb du point d'injection. En effet, il apparaît en parallèle un pic pour la fluorescéine, ce qui est interprété comme une variation du bruit de fond. Une arrivée simultanée et fugace des deux traceurs est peu probable au vu de la disposition des points d'injections et d'échantillonnage. D'autres fluctuations plus faibles du même type sont d'ailleurs visibles, même à l'échelle horaire.

Finalement, il est possible de conclure à l'absence de transferts horizontaux entre les points d'injections et le tunnel sur la durée du traçage (2 mois ½). Les

transferts observés sont toujours relativement verticaux. Un suivi prolongé du traçage est envisagé afin de vérifier l'absence de transfert horizontal très lent.

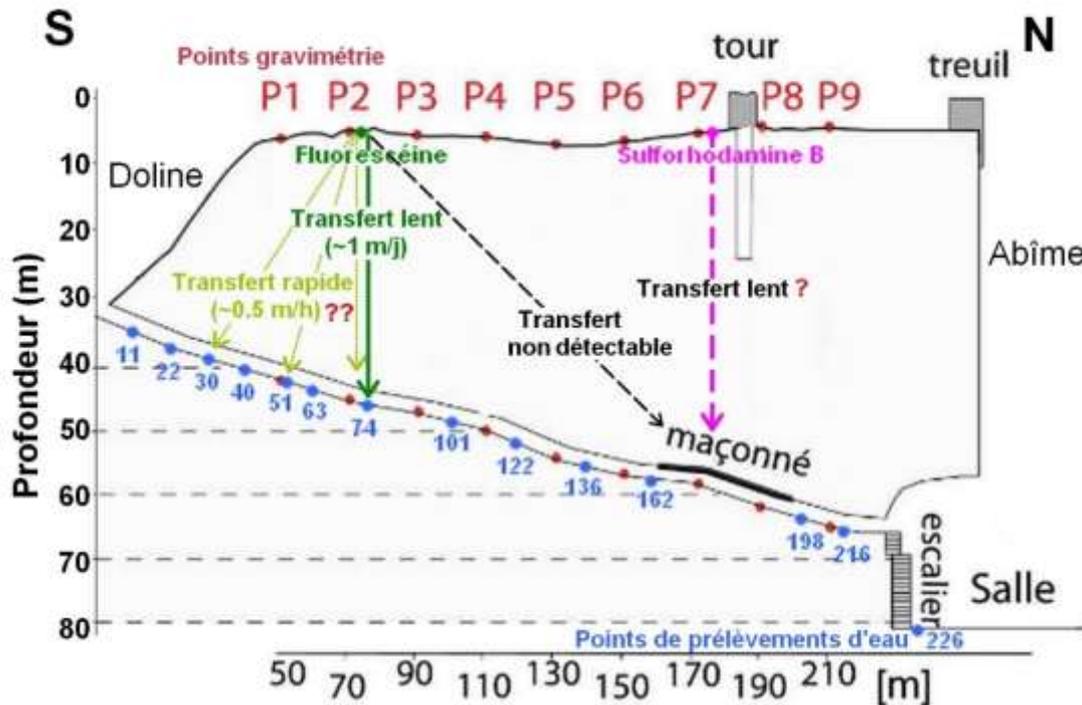


Fig. 2 – Vue en coupe du tunnel avec les informations du traçage

En conclusion, cette étude a mis en évidence l'importance de réaliser des études géophysiques et des traçages sur un tel site. Les études géophysiques permettent d'identifier les zones d'intérêt susceptibles de présenter des mécanismes de transfert différents. Les traçages permettent de valider les hypothèses sur ces transferts. Ensemble, ces méthodes caractérisent l'épikarst et son fonctionnement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARBEL Y., GREENBAUM N., LANGE J., INBAR M., 1994** – Infiltration processes and flow rates in developed karst vadose zone using tracers in cave drips. *Earth Surface Processes and Landforms*, 35(14),1682-1693.
- FORES B., LESPARRE N., CHAMPOLLION C., NGUYEN F., 2018 (publication en cours)** – Variability of the water stock dynamics in karst: insights from geophysics.
- FORES B., 2016** – Gravimetry and passive seismic monitoring for hydrological modeling in karstic areas. Application to the Durzon basin (Larzac, France). *Thèse de doctorat de l'université de Montpellier*
- KÄSS W.A., 1994** – Hydrological tracing practice on underground contaminations. *Environmental Geology*, 23(1),23-29.
- KOGOVSEK J., PETRIC M., 1994** – Solute transport processes in a karst vadose zone characterized by long-term tests (the cave system of Postojnska Jama, Slovenia). *Journal of Hydrology*, 519,1205-1213.