



Flairer le cheminement de l'eau souterraine avec les gaz rares

9 novembre 2023 | Andri Bryner

Catégories: Eau potable | Écosystèmes | Polluants | Changement climatique & Énergie

Dans les 20 ans à venir, la Suisse et l'Autriche investiront plus d'1,4 milliards de francs dans des projets de protection contre les crues et de revalorisation écologique concernant le Rhin alpin. En plus d'une protection moderne de la vallée contre les inondations, l'objectif est une gestion raisonnée de la ressource d'eau souterraine. Avec une toute nouvelle méthode, des scientifiques de l'Eawag et de l'université de Neuchâtel aident les responsables de la Régulation internationale du Rhin dans leur travail de planification.

La Suisse tire 80 % de son eau potable des eaux souterraines. Beaucoup de captages de grande importance se situent en bordure des grands cours d'eau. Si leur écoulement est retenu par des barrages hydroélectriques ou modifié suite à des mesures de protection contre les crues ou des revalorisations écologiques, des changements peuvent se produire au niveau du cheminement et de la durée de séjour de l'eau dans le sous-sol entre la rivière et le captage. Les responsables craignent par exemple des infiltrations subites de grandes quantités d'eau superficielle qui atteindraient rapidement les captages. La durée de séjour dans l'aquifère, au cours de laquelle l'eau se purifie en traversant le substrat sablo-graveleux, pourrait alors être trop courte.

Des études complexes

Il est ardu de découvrir où l'eau s'infiltré dans la nappe, et inversement, où elle ressurgit, de connaître les voies de transit vers les captages et de savoir quelles quantités transitent et en combien de temps. Tout d'abord, bien sûr, parce que les phénomènes qui se déroulent dans le sous-sol ne sont pas visibles, mais aussi parce que les caractéristiques géologiques, et donc les conditions physiques, peuvent très fortement varier sur de très courtes distances. Les modèles hydrauliques, comme celui qui

a été construit au 1:50e pour le Rhin alpin dans un hangar à Dornbirn (Autriche), ne peuvent pas représenter les écoulements souterrains. De même, les modèles numériques atteignent là leurs limites. Restent les essais sur le terrain. Dans le Rhin alpin, la couche superficielle du fond du lit a ainsi été arrachée à la pelleuse pour simuler ce qui pourrait se produire en cas d'un élargissement du fleuve aujourd'hui fortement corseté.

Vidéo sur l'utilisation de l'analyseur de gaz portatif GE-MIMS (mini Ruedi) au Rhin alpin.

Des gaz rares au lieu de sel ou de colorants

Jusqu'à présent, les essais de ce genre étaient réalisés en ajoutant des colorants ou de grandes quantités de sel à l'eau de la rivière. Leur dilution mesurée au niveau des captages permettait par exemple de calculer à quelle vitesse et en quelle quantité l'eau avait transité dans la nappe. L'Eawag travaille depuis plusieurs années sur une nouvelle méthode qui consiste à marquer l'eau des rivières, et ponctuellement aussi l'eau souterraine, non plus avec des colorants ou du sel, mais avec de petites quantités de gaz rares (hélium, krypton, xénon) dissoutes dans l'eau. Grâce à un analyseur de gaz portatif et ultrasensible, également développé à l'Eawag (le GE-MIMS ou « mini Ruedi »), les concentrations et le temps de transit peuvent être mesurés directement sur place dans l'eau souterraine captée, ce qui permet de calculer les rapports de volumes.



L'eau souterraine a été pompée et analysée à de tels puits sur le lit majeur.
(Photo : Régulation internationale du Rhin)

De multiples avantages

La nouvelle méthode a plusieurs avantages. Tout d'abord, les gaz rares ne constituent pas une pollution de l'eau : ils ne modifient ni son odeur ni son goût et n'influencent pas son activité biologique. Ensuite, l'eau peut être additionnée de différents gaz à différents endroits en même temps. Les mesures permettent alors de décrypter les situations les plus complexes. Enfin, grâce au spectromètre de masse portatif, les analyses sont très rapides : elles se déroulent quasiment en temps réel sans perte de temps pour le transport des échantillons et le travail de laboratoire.

the caprock, temporal changes in fluid geochemistry can reveal fundamental information on migration mechanisms and induced fluid–rock interactions. Here, we present the results from a unique in-situ injection experiment, where CO₂-enriched fluid was continuously injected in a faulted caprock analogue. Our results show that the CO₂ migration follows complex pathways within the fault structure. The joint analysis of noble gases, ion concentrations and carbon isotopes allow us to quantify mixing between injected CO₂-enriched fluid and resident formation water and to describe the temporal evolution of water–rock interaction processes. The results presented here are a crucial complement to the geophysical monitoring at the fracture scale highlighting a unique migration of CO₂ in fault zones.'

(1074 chars) serialnumber => protected'2045-2322' (9 chars) doi => protected'10.1038/s41598-023-43231-6' (26 chars) uid => protected32037 (integer) _localizedUid => protected32037 (integer)modified _languageUid => protectedNULL _versionedUid => protected32037 (integer)modified pid => protected124 (integer) 1 => Snowflake\Publications\Domain\Model\Publicationprototypepersistent entity (uid=25085, pid=124) originalId => protected25085 (integer) authors => protected'Brennwald, M. S.; Peel, M.; Blanc, T.; Tomonaga, Y.; Kipfer, R.; Brunner, P.; Hunkeler, D.'

(130 chars) title => protected'New experimental tools to use noble gases as artificial tracers for groundwater flow' (84 chars) journal => protected'Frontiers in Water' (18 chars) year => protected2022 (integer) volume => protected4 (integer) issue => protected'' (0 chars) startpage => protected'925294 (8 pp.)' (14 chars) otherpage => protected'' (0 chars) categories => protected'hydrogeology; recharge; groundwater test; travel time; dating; flow line' (72 chars) description => protected'Labeling groundwater by injecting an artificial tracer is a standard and wid

ely used method to study groundwater flow systems. Noble gases dissolved in groundwater are potentially ideal artificial tracers, as they are not subject to biogeochemical transformations, do not adsorb onto the aquifer matrix, are colorless, and have no negative impact on the quality of groundwater resources. In addition, combining different noble-gas species in multi-tracer tests would allow direct analysis of the spatio-temporal heterogeneity of groundwater flow systems. However, while the handling of noble gases is safe and straightforward for injection into groundwater, conventional methods to analyse dissolved noble gases tend to be impractical for groundwater tracer tests. The sampling and subsequent lab-based analysis of dissolved noble gases are laborious, expensive and time intensive. Therefore, only researchers with access to specialized noble-gas labs have attempted such tracer tests. The recently developed gas-equilibrium membrane-inlet mass spectrometers (GE-MIMS) allow efficient on-site analysis of dissolved gases at high temporal resolution. The GE-MIMS instruments thereby eliminate most of the analytical and logistical constraints of conventional lab-based techniques and therefore provide new opportunities for groundwater tests using artificially injected gases. We used a GE-MIMS to systematically test the applicability of He, Kr, and Xe as artificial groundwater tracers. These gas species were injected into groundwater as Dirac-like pulses at three piezometers located at various locations upstream of a pumping well, where dissolved gas concentrations were continuously monitored with the GE-MIMS instrument. The groundwater trav

el times observed in these tracer tests ranged from a few hours to several weeks, and were consistent with the groundwater flow field at the experimental test site. Travel times determined from the noble gas tracer tests were also consistent with those...' (2034 chars) serialnumber => protected" (0 chars) doi => protected'10.3389/frwa.2022.925294' (24 chars) uid => protected25085 (integer) _localizedUid => protected25085 (integer)modified _languageUid => protectedNULL _versionedUid => protected25085 (integer)modified pid => protected124 (integer) Weber, U. W.; Rinaldi, A. P.; Roques, C.; Wenning, Q. C.; Bernasconi, S. M.; Brennwald, M. S.; Jaggi, M.; Nussbaum, C.; Schefer, S.; Mazzotti, M.; Wiemer, S.; Giardini, D.; Zappone, A.; Kipfer, R. (2023) In-situ experiment reveals CO2 enriched fluid migration in faulted caprock, *Scientific Reports*, 13(1), 17006 (14 pp.), [doi:10.1038/s41598-023-43231-6](https://doi.org/10.1038/s41598-023-43231-6), [Institutional Repository](#)
Brennwald, M. S.; Peel, M.; Blanc, T.; Tomonaga, Y.; Kipfer, R.; Brunner, P.; Hunkeler, D. (2022) New experimental tools to use noble gases as artificial tracers for groundwater flow, *Frontiers in Water*, 4, 925294 (8 pp.), [doi:10.3389/frwa.2022.925294](https://doi.org/10.3389/frwa.2022.925294), [Institutional Repository](#)

Links

Projet de protection contre les crues du Rhin alpin (projet Rhesi)

Ancienne spin-off de l'Eawag Gasometrix

Entracers GmbH:

CHYN:

21. - 23.11.2023 MiniRuedi-Symposium at Eawag

Contact



Matthias Brennwald

Tel. +41 58 765 5305

matthias.brennwald@eawag.ch



Rolf Kipfer

Tel. +41 58 765 5530

rolf.kipfer@eawag.ch



Andri Bryner

Responsable médias

Tel. +41 58 765 5104

andri.bryner@eawag.ch

<https://www.eawag.ch/fr/portail/dinfo/actualites/news-archives/detail-de-larchive/flairer-le-cheminement-de-leau-souterraine-avec-les-gaz-rares>