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'infiltre 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 pelleteuse 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.

Les perturbations se résorbent

Dans le cas des essais menés dans le Rhin alpin, le marquage aux gaz rares a donné entièrement satisfaction. Comme l'indiquent les scientifiques dans un article paru dans la revue *Frontiers in Water*, les résultats étaient aussi précis que les essais de marquage à la fluorescéine menés en parallèle. De plus, les mesures effectuées pendant plus de six mois ont montré que les perturbations occasionnées par l'arrachage de la couche superficielle du fond du lit se résorbent avec le temps car les grands espaces interstitiels se remplissent à nouveau de particules fines.

De nouvelles applications pour l'analyseur de gaz portatif

Au-delà du suivi des eaux souterraines, le marquage des liquides avec des gaz rares et la rapidité d'analyse au cours même des processus géochimiques ou géophysiques ouvrent de toutes nouvelles perspectives. Dans une étude qui vient d'être publiée dans la revue *Nature*, des scientifiques de l'Eawag et d'autres instituts de recherche montrent comment ils ont pu suivre le cheminement et le comportement de CO2 liquide injecté par pression dans des couches géologiques profondes. Le captage et stockage du CO2, également appelé séquestration du CO2, est l'une des pistes envisagées pour réduire à long terme les teneurs de ce gaz à effet de serre de l'atmosphère. Pour que cette technique fonctionne, il faut notamment qu'il n'y ait pas de « fuites » vers les couches situées au-dessus et en dessous de la couche de stockage. Et cela peut être contrôlé avec l'analyseur de gaz.

Photo de couverture: Une pelleteuse entame le fond du lit du Rhin alpin pour observer les effets que cela peut avoir sur la nappe phréatique. (Photo : Matthias Brennwald, Eawag)

Article original

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, 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, 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