

Distinction de divers habitats phréatiques à l'aide du radon utilisé comme traceur

Les zones alluviales abritent un réseau complexe d'habitats aquatiques alimentés aussi bien par des eaux de surface que par des eaux souterraines. A l'aide de la méthode au radon, il est possible de reconnaître les habitats influencés par les eaux souterraines. Dans la «zone alluviale moyenne» de la Vallé de Blenio, cette méthode complétée par une détermination simultanée des concentrations de sulfates nous a permis de distinguer trois types d'eaux souterraines caractérisées par différents taux d'eau de surface d'infiltration récente.

Les zones alluviales des fleuves représentent des zones d'écosystèmes aquatiques régulièrement inondées par des eaux [1]. On les trouve souvent dans les fonds graveleux de vallée et elles abritent des communautés animales et végétales caractéristiques qui varient en fonction du niveau piézométrique de la nappe phréatique ainsi que de la durée et de la fréquence des périodes d'inondation. Les zones alluviales sont le lieu d'échanges importants entre l'eau de surface et l'eau souterraine: l'eau de surface peut s'infiltrer dans l'eau souterraine et inversement, l'eau souterraine peut effluer.

Le radon comme traceur dans l'eau souterraine

Les habitats phréatiques des zones alluviales sont alimentés par des eaux contenant des taux variables d'eau souterraine et

Le radon

Le radioisotope radon 222 (durée de demi-vie de 3,8 jours) se forme à partir du radium 226 dans la chaîne de désintégration naturelle radioactive de l'uranium 238. D'un point de vue chimique, le radon est un gaz rare peu réactif. Il possède une grande capacité de pénétration: Là où une roche poreuse contient de l'uranium et/ou du radium, du radon peut être libéré par diffusion ou émanation. Il atteint de cette manière les eaux souterraines ou les nappes de gaz, à partir desquels il finit par se dégager dans l'atmosphère.

La radioactivité se mesure par le nombre de désintégrations par seconde et s'exprime en Becquerel (Bq). La concentration d'activité dans les eaux souterraines s'exprime en Bq/l.

d'eau de surface et sont caractérisés par des durées variables de séjour de ces eaux mixtes en leur sein [1]. A l'aide du traceur naturel qu'est le radon, il est possible d'estimer ces deux variables. L'eau souterraine contient naturellement des concentrations mesurables de radon, gaz rare radiocatif (isotope Rn 222, ci-après Rn; voir encadré). Par contre, l'eau de surface ne contient pratiquement pas de Rn, car celui-ci diffuse dans l'atmosphère. Lors de son transport dans le sous-sol, le Rn se concentre dans l'eau récemment infiltrée pour atteindre une teneur constante au bout d'env. 15 jours (Fig. 1) [2].

Influence des eaux souterraines dans les zones alluviales de la Vallé de Blenio

Une étude de cas de l'EAWAG menée dans la «zone alluviales moyenne» de la Vallé de Blenio (Acquarossa – Ponto Valentino, Canton du Tessin; Fig. 2) avait pour but d'évaluer dans quelle mesure les habitats aquatiques de ces zones humides étaient influencés par les eaux souterraines. Une partie des zones alluviales moyennes est alimentée par les afflux latéraux [3]. Les afflux latéraux sont constitués d'eaux souterraines qui s'écoulent le long des rives vers le fond de la vallée et qui surgissent dans les zones alluviales ou dans les cours d'eau sous forme de sources. C'est par exemple ce qui se produit dans les éboulis de pente de l'Uregn, un cours d'eau latéral du Brenno. On trouve d'autre part des sources ou autres émergences aussi bien dans le lit du Brenno que sur ses berges qui

sont, elles, alimentées par la nappe alluviale du fleuve. Ces eaux sont caractérisées par une forte proportion d'eaux de surface d'infiltration récente.

A trois dates différentes (en juillet et en octobre 1999, et en avril 2000) 9 points d'étude sélectionnés dans la zone alluviale moyenne ont fait l'objet de prélèvements. Sur ces sites, de l'eau a été prélevée par pompage dans des tubes de prélèvements

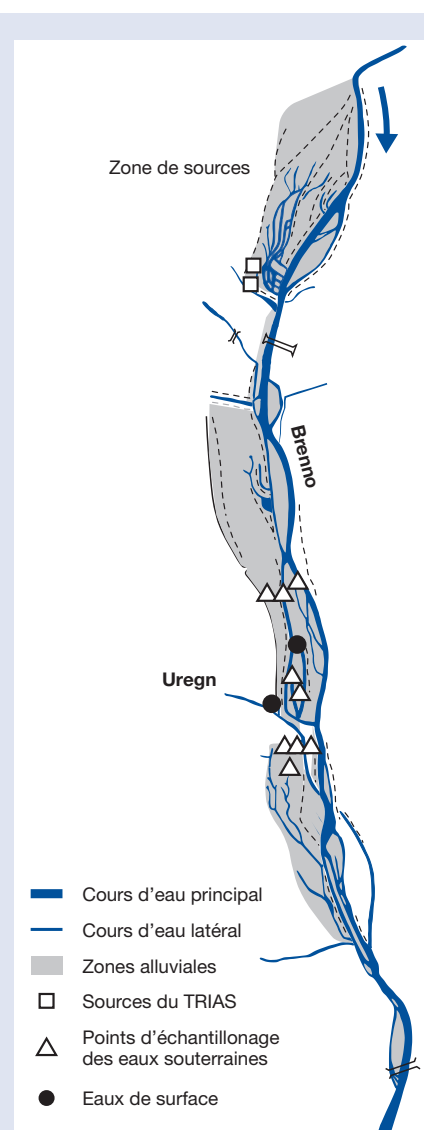


Fig. 1: Extrait de la carte de la zone alluviale moyenne de la Vallé de Blenio (Canton du Tessin) indiquant les points de prélèvement.

permettant de récolter des échantillons jusqu'à 10 m de profondeur. A titre de comparaison, l'étude a également porté sur de l'eau provenant de deux sources émergent de roches du Trias riches en sulfates ainsi que sur les eaux superficielles de l'Uregn et du chenal principal du Brenno (Fig. 1). Les concentrations en Rn des échantillons d'eau ont été déterminées sur le terrain à l'aide d'un détecteur semiconducteur.

Trois types d'eaux souterraines

Les concentrations en Rn que nous avons mesuré étaient comprises entre 5 et 45 Bq/l (explication de l'unité Bq: voir encadré). Comme prévu, les eaux de surface du Brenno et de l'Uregn ne contenaient presque pas de Rn. Par contre, les échantillons prélevés dans les deux sources du Trias présentaient des concentrations élevées en Rn (>33 Bq/l), ce qui n'est pas surprenant car il s'agit là d'une eau souterraine ancienne et non mélangée. Les échantillons

issus des 9 sites de prélèvement d'eaux souterraines contenaient de l'eau mixte présentant des teneurs en Rn allant de 5 à 33 Bq/l. Etant donné la grande dispersion des valeurs mesurées, il est impossible de dégager un schéma explicatif commun aux échantillons d'eaux mixtes. Sur certains points de mesure, les teneurs en Rn variaient même entre deux dates de prélèvement.

Pour mieux comprendre s'il s'agissait de différents types d'eaux souterraines, nous avons procédé à une analyse des concentrations en sulfate (SO_4^{2-}). L'eau du Brenno est réputée pour ses concentrations en SO_4^{2-} relativement élevées qui résultent de la dissolution des gypses et des anhydrites du Trias qui se produit dans la partie supérieure de son bassin versant [4, 5]. Effectivement, les teneurs en SO_4^{2-} de la plupart des échantillons étaient comprises entre 1 et 2,5 mmol/l. Par contre, certains échantillons d'eau souterraine et d'eau de l'Uregn présentaient des teneurs très faibles en SO_4^{2-} (<1 mmol/l). La figure 3 montre qu'en mettant en relation les concentrations en Rn et en SO_4^{2-} , on peut distinguer trois types d'eaux souterraines: Le premier groupe comprend des échantillons présentant des teneurs faibles en SO_4^{2-} et moyennes en Rn. Il semble s'agir ici d'eaux souterraines assez anciennes probablement alimentées par les afflux latéraux des éboulis de pente de l'Uregn. Les faibles teneurs en SO_4^{2-} indiquent un faible taux d'infiltration d'eau de surface. Le deuxième groupe rassemble des échantillons présentant des concentrations moyennes en SO_4^{2-} et faibles en Rn. Cette combinaison trahit des eaux mixtes relativement récentes caractérisées

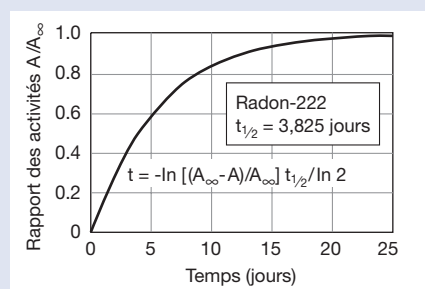


Fig. 2: Loi expliquant l'augmentation temporelle des concentrations en radon: Au bout de 15 jours (env. 4 demi-vies, $t_{1/2}$), la concentration atteint 94% de la concentration d'activité constante (A_∞). A partir de la concentration A mesurée dans un échantillon d'eau, on peut calculer avec la formule indiquée le rapport des concentrations d'activité A/A_∞ et donc la durée de séjour t de l'échantillon concerné.

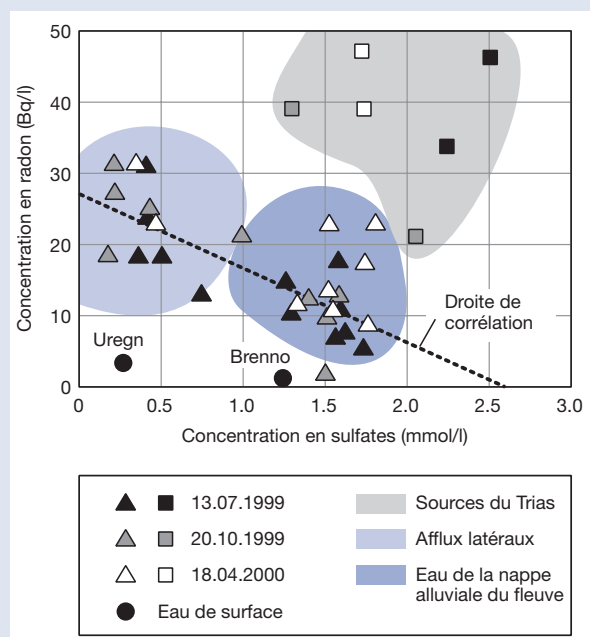


Fig. 3: Détection de différents types d'eaux souterraines à l'aide du radon et des sulfates.
Triangle: Echantillons de sites d'eaux souterraines. **Carrés:** Echantillons de sources de Trias.
 ■ **Nuage bleu clair:** Eau mixte assez ancienne comprenant un faible taux d'eau de surface et un taux élevé d'eau souterraine (11 échantillons sur 4 sites).
 ■ **Nuage bleu foncé:** Eau mixte relativement jeune comprenant un taux élevé d'eau de surface et un faible taux d'eau souterraine (18 échantillons sur 8 sites).
Droite de corrélation pour l'ensemble des 29 valeurs:
 $y = -9.5x + 27$; $r = 0.68$
 ■ **Nuage gris:** Eaux souterraines anciennes non mélangées provenant de sources du Trias (6 échantillons sur 2 sites).



La «zones alluviales moyennes» de la Vallée de Blenio, Canton du Tessin.

par une infiltration assez importante des eaux du Brenno. Le troisième groupe, enfin, comprend les échantillons provenant des sources du Trias qui sont caractérisés par des concentrations élevées à la fois en SO_4^{2-} et en Rn.

La concentration en radon, combinée ici avec la teneur en sulfates, permet donc d'évaluer l'âge et le taux de mélange des eaux souterraines. Suivant la qualité de l'eau souterraine, on s'attend à rencontrer dans ces habitats phréatiques des biocénoses différentes. Une caractérisation complète des habitats phréatiques doit donc comprendre des études biologiques et géochimiques détaillées en plus des aspects hydrologiques présentés ici.



Eduard Hoehn, hydrogéologue et chercheur à la division «Ressources aquatiques et eau potable», dirige le groupe «Zones alluviales» dans le projet «Eco-électricité». Domaines de recherche: Echanges entre eaux souterraines et eaux de surface, pollution des eaux souterraines, méthodes utilisant des traceurs.

Coauteurs: Tom Gonser, Doris Hohmann, Ruth Stierli

[1] Brunke M., Gonser T. (1997): The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. *Freshwater Biology* 37, 1–33.
 [2] Hoehn E., von Gunten H.R. (1989): Radon in groundwater – a tool to assess infiltration from surface waters to aquifers. *Water Resources and Research* 25, 1795–1803.
 [3] Holocher J., Matta V., Aeschbach-Hertig W., Beyerle U., Hofer M., Peeters F., Kipfer R. (2001): Noble gas and major element constraints on the water dynamics in an alpine floodplain. *Ground Water* 39, 841–852.
 [4] Mazor E., Vuataz F. (1990): Hydrology of a spring complex, studied by geochemical time-series data, Acquarossa, Switzerland. *Applied Geochemistry* 5, 563–569.
 [5] Pastorelli S., Marini L., Hunziker J.C. (1999): Water chemistry and isotope composition of the Acquarossa thermal system, Ticino, Switzerland. *Geothermics* 28, 75–93.