

# Cartographie isotopique de la pollution et de la réalimentation des eaux souterraines

Par Joel Podgorski, Michael Berg et Rolf Kipfer

La croissance démographique, la surexploitation des réserves d'eau, l'utilisation des terres et les changements climatiques font qu'il est de plus en plus difficile d'obtenir des eaux souterraines de qualité pour la consommation, l'industrie et l'agriculture. À l'échelle mondiale, la moitié de l'eau potable et 43 % de l'eau utilisée pour l'irrigation proviennent des réserves souterraines mais les aquifères situés près de la surface terrestre sont facilement contaminés par les engrais et les pesticides, les déversements de produits chimiques et les eaux usées. En outre, la surexploitation et le prélèvement incontrôlé de l'eau des aquifères peuvent entraîner une baisse rapide du niveau d'eau et provoquer ainsi une perte de ressources.

Des cartes de la vulnérabilité des aquifères peuvent aider les gestionnaires de l'eau à protéger et à préserver les eaux souterraines en leur indiquant les zones particulièrement sensibles à la contamination et à la surexploitation, éclairant ainsi les politiques de gestion de l'eau et les mesures d'assainissement. Elles sont également primordiales pour la réalisation de l'objectif de développement durable n° 6 (ODD n° 6) : garantir l'accès de tous à des services d'alimentation en eau gérés durablement, en particulier à l'eau potable (cible 6.1), et assurer la gestion intégrée des ressources en eau (cible 6.5).

## Vulnérabilité des aquifères

D'un point de vue technique, il existe plusieurs façons d'évaluer la vulnérabilité des aquifères à la pollution et à la surexploitation. Autrefois, on utilisait les caractéristiques géologiques de base, les données de forage et les informations hydrologiques régionales mais celles-ci sont souvent imprécises ou inexactes, ou même simplement absentes. Des modèles informatiques complexes ont aussi été utilisés mais ils nécessitent des données précises et pâtissent souvent de coûts élevés et du manque de données, et se limitent donc généralement à des études portant sur de petites zones.

Des indicateurs chimiques et des analyses statistiques peuvent être utilisés pour faire le lien entre les données environnementales disponibles et la vulnérabilité des eaux souterraines. C'est le cas du nitrate, polluant issu essentiellement de l'activité agricole, qui peut être mesuré facilement et à faible coût. Pour élaborer des cartes prévisionnelles fiables et précises de la vulnérabilité des eaux souterraines, il faut disposer de données sur sa présence ou sur l'indicateur de vulnérabilité dans la zone considérée.



Joel Podgorski, Michael Berg et Rolf Kipfer travaillent au Département des ressources aquatiques et de l'eau potable (W+T) de l'Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau (Eawag).

L'Eawag est un institut helvétique de recherche sur l'eau qui s'intéresse aux concepts et aux technologies permettant de gérer de manière durable les milieux aquatiques et l'eau en tant que ressource. En collaboration avec des universités, d'autres instituts de recherche, des organismes publics, le secteur industriel et des organisations non-gouvernementales, l'Eawag œuvre à harmoniser les intérêts écologiques, économiques et sociaux en matière d'utilisation de l'eau.

## Cartographie en ligne

Pour démontrer l'efficacité de la cartographie statistique de la vulnérabilité des aquifères, on a analysé une nouvelle fois les données d'une carte de vulnérabilité du Canada sur la plateforme gratuite d'évaluation des eaux souterraines en ligne [Groundwater Assessment Platform (GAP), [www.gapmaps.org](http://www.gapmaps.org)]. Une carte prévisionnelle indiquant avec précision les probabilités de forte vulnérabilité des aquifères a ainsi pu être établie sans devoir collecter une grande quantité de données sur toute la zone étudiée.

## Utilisation du tritium pour cartographier la vitesse de réalimentation des eaux

Le tritium est un radio-isotope présent naturellement en quantité infime dans l'eau de pluie à cause d'une interaction du rayonnement cosmique dans la haute atmosphère. Lors des essais nucléaires en surface effectués entre 1952 et 1962, du tritium a été libéré en grande quantité dans le cycle hydrologique, devenant de ce fait un indicateur mesurable de la vitesse de réalimentation des eaux souterraines contemporaines. Sa concentration dans l'eau de pluie a depuis lors retrouvé son niveau naturel à l'échelle mondiale mais nous pouvons encore détecter sa présence avec précision à l'aide d'outils analytiques de pointe.

Un des principaux avantages du tritium ( $^3\text{H}$ ) en matière de cartographie est que, comme il est l'un des éléments de base de la molécule d'eau ( $^1\text{H}^3\text{HO}$ ), il est présent dans l'eau de pluie. Toute quantité détectable dans d'autres éléments du cycle hydrologique (rivières, lacs, eaux souterraines) indique



qu'ils contiennent de l'eau de pluie tombée récemment et donc que l'eau examinée date de quelques dizaines d'années. On peut ainsi déterminer directement si les aquifères sont susceptibles d'être contaminés par l'eau de pluie et les cartographier, même si les eaux souterraines n'ont jamais été contaminées.

Les méthodes de cartographie statistique de la vulnérabilité des aquifères au moyen du tritium ne sont pas encore utilisées à grande échelle car le tritium n'est généralement pas pris en compte dans les études des eaux souterraines et que cette analyse reste coûteuse. D'autres indicateurs de la qualité de l'eau et d'autres paramètres isotopiques faciles à obtenir peuvent être utilisés pour cartographier la vulnérabilité. Par exemple, le carbone 14, la composition isotopique stable de l'eau ( $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ ), le nitrate et le chlore peuvent aussi servir à évaluer l'âge des eaux souterraines ou à déterminer si elles ont été exposées à la contamination.

La cartographie statistique en ligne de la vulnérabilité des aquifères et de la vitesse de réalimentation des eaux souterraines au moyen d'isotopes et de produits chimiques constitue une avancée considérable et une application pratique du tritium et des traceurs isotopiques naturels associés.

Comme la cartographie géostatistique décrite ci-dessus, les ensembles de données mondiaux exhaustifs de l'AIEA sur le  $^3\text{H}$ , le  $^2\text{H}$  et le  $^{18}\text{O}$  offrent de grandes possibilités face aux problèmes de quantité et de qualité des eaux souterraines et des eaux de surface à l'échelle mondiale. En coopération avec l'Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau (Eawag), l'AIEA s'emploie depuis peu à évaluer et à cartographier toutes les ressources d'eau potable de la planète sur la base de données factuelles. La cartographie isotopique devrait aussi aider les experts du monde entier à gérer les eaux souterraines de manière équilibrée et durable.

*Cet article a été rédigé en collaboration avec des spécialistes de l'hydrologie isotopique de l'AIEA.*

**Une étude sur l'indice de vulnérabilité des aquifères de l'ouest du Canada (à gauche) a été comparée à une nouvelle carte de régression logistique de ces indices sur la plateforme en ligne GAP (à droite). Les zones les plus vulnérables apparaissent en rouge et les zones moins vulnérables ou bien protégées contre la contamination superficielle en vert.**

(Image : Eawag)

