

Planche 8.4 Principaux types d'aquifères

Introduction

Les eaux souterraines contribuent pour plus de 80 % à l'alimentation en eau de la Suisse. C'est la raison pour laquelle leur exploitation optimale et leur protection sont une tâche prioritaire des collectivités publiques. La circulation des eaux souterraines est très complexe. Au contraire des eaux de surface, on n'arrive presque jamais à les observer directement. Leur écoulement dépend de la structure géologique souvent peu connue dans le détail. Les eaux, une fois infiltrées, vont circuler dans les interstices du sous-sol avant d'apparaître à un exutoire: sources ou puits de pompage. On appelle aquifère une formation géologique qui peut contenir et conduire dans ses pores de l'eau souterraine en quantité appréciable. Les pores peuvent être de petits interstices entre les grains du sous-sol ou des fractures ouvertes ou encore des cavités de grande taille comme dans les roches karstiques. Lorsque ces pores sont remplis d'eau (zone saturée), on parle d'une nappe souterraine. Vu la complexité des conditions naturelles, cette planche de l'Atlas ne représente que des situations hydrogéologiques simples pour que l'on puisse comprendre les modes de circulation des eaux souterraines dans les principales roches réservoirs du sous-sol suisse. Sommairement, on peut distinguer parmi les gisements d'eau souterraine de Suisse, six types d'aquifères majeurs. Ils sont représentés par des éléments exemplaires dans les coupes et les graphiques de la planche, et commentés ci-dessous. On donne dans chaque cas les principes du fonctionnement de l'aquifère et son occurrence en Suisse. La composition chimique de l'eau est caractérisée par les sels minéraux acquis au contact de la roche aquifère. Le cas des eaux thermales complète les six exemples d'aquifères.

Alluvions fluviales récentes

Beaucoup de vallées ont été creusées par les glaciers du Quaternaire. Lors du retrait, des sédiments lacustres fins se sont d'abord mis en place. Puis, les rivières ont construit une plaine alluviale faite de graviers et sables grossiers. Cette succession de dépôts lacustres et alluviaux ainsi que leur structure sédimentaire sont bien visibles dans l'exemple de la plaine du Rhin à Oberriet [1]. Les graviers des basses terrasses présentent des conditions hydrogéologiques comparables. Les alluvions des plaines constituent des aquifères très importants en raison de leur grande productivité. En effet, leur perméabilité est élevée ainsi que leur porosité d'interstice (environ 150 l/m^3). Comme la nappe souterraine communique avec le lit du fleuve, des transferts d'eau sont possibles entre eux. Dans des conditions d'étiage, la nappe alimente le fleuve. Durant les crues, au contraire, une partie des eaux du fleuve s'infiltrer vers la nappe. Ce phénomène permet de remplir rapidement la réserve souterraine. L'eau très douce du fleuve contribue aussi à diminuer la minéralisation de l'eau de la nappe. Cette dernière est naturellement hydrogénocarbonatée calcique dans les bassins où affleurent des roches calcaires. Des proportions importantes de sulfates peuvent apparaître quand des roches évaporitiques (par exemple le gypse) sont en contact avec les alluvions. Les aquifères des plaines sont malheureusement très vulnérables. La qualité de l'eau y est fortement influencée par l'occupation du sol (agriculture, industries, habitat), car le niveau de l'eau est à quelques mètres de la surface, sans couche de protection étanche.

Dépôts fluvioglaciers

Ce sont des terrains semblables aux alluvions récentes mais qui comblent d'anciennes vallées périglaciaires. Les gisements sont plus rares et souvent couverts par des moraines qui peuvent masquer complètement leur présence, comme c'est le cas dans l'exemple de Urdorf [8]. Les parties graveleuses de ces dépôts sont plus discontinues que dans les alluvions récentes. Le fonctionnement hydrodynamique est très différent de celui observé dans les alluvions. La recharge de l'aquifère ne se fait que par les précipitations. Lorsque les graviers sont recouverts de moraine peu perméable, seule une faible partie de l'eau s'infiltrer. Ceci explique pourquoi la nappe est par endroits en charge, voire artésienne comme au puits de Badwies. Les eaux sont stockées en

profondeur et bien protégées par la moraine contre d'éventuelles pollutions. Leur composition chimique est du même type que celle des alluvions, mais avec une minéralisation plus élevée en raison d'un long temps de séjour de l'eau dans l'aquifère.

Roches molassiques

Les roches molassiques qui forment le Plateau suisse et les premiers contreforts préalpins (v. planche 8.2) sont de nature très variée, allant des argiles et marnes aux conglomérats en passant par les grès. Seules ces deux dernières roches peuvent contenir de l'eau en suffisance pour alimenter des captages. L'eau circule dans la Molasse par des fissures et des joints de stratification. Dans les grès, l'altération superficielle a provoqué la dissolution du ciment calcaire sur une dizaine de mètres d'épaisseur. Ceci confère à la roche une porosité d'interstices qui favorise le stockage d'eau souterraine. L'exemple de Lenzburg [5] montre comment l'eau s'infiltré depuis le haut de la colline et s'écoule vers les versants. On trouve souvent un recouvrement de terrains glaciaires sur ces collines. Les sources apparaissent au contact entre la Molasse aquifère et des horizons à faible perméabilité, comme les marnes. Bien que de faible débit, elles sont très nombreuses et constituent globalement une ressource non négligeable. Leur régime est variable si l'eau circule dans des discontinuités; il est plus régulier si elle provient des pores des grès, ce qui produit aussi une eau de bonne qualité microbiologique. La composition de ces eaux est hydrogencarbonatée calcique et magnésienne en raison du ciment calcaire du grès.

Roches karstiques carbonatées

Les calcaires et dolomies forment des aquifères caractérisés par une perméabilité extrêmement hétérogène. L'eau circule à la fois dans les petites fissures et les pores de la roche ainsi que dans des conduits et des cavités de dimensions parfois importantes. Ces conduits résultent de la dissolution de la matrice carbonatée sous l'action du gaz carbonique dissous dans l'eau et qui provient de l'atmosphère et surtout du sol. Dans les discontinuités de petite taille, la perméabilité est faible mais le volume total d'eau accumulé est relativement important. Dans les conduits karstiques, au contraire, la perméabilité est très grande avec un faible volume du réservoir. Des ruisseaux disparaissent même entièrement dans ce type de conduits pour réapparaître quelques kilomètres plus loin. Le débit varie énormément selon les conditions météorologiques. En raison de leur circulation très rapide, les eaux karstiques sont souvent de qualité bactériologique médiocre en hautes eaux. On doit dans ces cas les désinfecter, voire les filtrer. Dans certaines régions du Jura ou des Alpes, elles constituent des ressources irremplaçables. L'eau captée par des forages profonds est en général de meilleure qualité. Le contact de courte durée avec la roche confère aux eaux karstiques une faible minéralisation bicarbonatée calcique. L'Areuse à St-Sulpice est un exemple de source karstique bien connu en Suisse [12]. Cette source est alimentée par les calcaires du Malm, épais de quelque 350 mètres. Les marnes de l'Argovien constituent le plancher de l'aquifère. C'est la structure de ce plancher qui détermine le bassin d'alimentation et non pas la topographie.

Roches karstiques évaporitiques

Sous le nom d'évaporites, on entend ici essentiellement les roches contenant des sulfates. En Suisse, ces roches sont présentes dans la plupart des séries du Trias. Dans le Jura, elles forment le cœur des anticlinaux. Dans les Alpes, ce sont plutôt des panneaux peu épais qui se suivent sur des dizaines de kilomètres. Près de la surface, le gypse encore plus que le calcaire, a tendance à se dissoudre. La roche est ainsi parcourue de conduits à haute perméabilité. A quelques dizaines ou centaines de mètres de profondeur, le gypse passe à l'anhydrite qui est imperméable. La composition chimique de l'eau est marquée par les sulfates de calcium. La minéralisation très élevée leur confère un caractère d'eau minérale, comme dans l'exemple de la source des Bouilllets à Nendaz [4]. Ce cas représente un captage moderne et performant par galerie et drains forés, à l'aval de la couche de gypse aquifère. Grâce aux résidus insolubles occupant les conduits, la filtration de l'eau est suffisante pour assurer une bonne qualité microbiologique.

Roches cristallines silicatées

La tectonique est le facteur déterminant pour la circulation des eaux dans les massifs cristallins. En effet, les diverses roches silicatées (par exemple granites, gneiss, serpentinites) ne sont ni poreuses ni solubles. Ce sont les discontinuités (failles, diaclases, décrochements) qui donnent à ces massifs une perméabilité fissurale faible et très hétérogène. La perméabilité de l'aquifère est accrue dans une zone épidermique de quelques dizaines de mètres, car on y trouve de nombreuses fractures ouvertes dues à la décompression postglaciaire des versants de vallée et à l'altération, où l'eau peut circuler facilement. Cette zone à perméabilité relativement élevée a été rencontrée lors du percement du tunnel entre Mappo et Morettina à Locarno [11]. En profondeur, sous une couverture importante, les venues d'eau sont plus modestes puisqu'elles ne sont liées qu'à quelques fractures communiquant avec la surface. En raison de la basse solubilité des roches, la minéralisation des eaux reste très limitée. Notamment, la faible concentration en hydrogénéocarbonates rend les eaux légèrement acides. Il arrive que ces eaux soient chargées de sulfates, dans le cas présent dus à l'oxydation de la pyrite contenue abondamment dans la roche (jusqu'à 300 mg/l de sulfates dans certaines venues d'eau du tunnel Mappo – Morettina). Ces aquifères sont présents dans les régions cristallines des massifs de l'Aar et du Gothard, ainsi que dans les Alpes valaisannes, tessinoises et grisonnes. Les sources y sont nombreuses mais généralement de faible débit.

Systèmes géothermiques

Bien qu'ils ne constituent pas un aquifère type proprement dit, les systèmes géothermiques ont été associés à cette représentation en raison du grand intérêt des eaux thermales. Ils sont caractérisés par la température élevée des eaux aux exutoires, en raison du flux géothermique. Il s'agit soit d'eaux d'origine profonde soit d'eaux infiltrées en surface et ayant cheminé à des profondeurs suffisamment grandes pour être réchauffées. L'exemple de Lavey-les-Bains appartient à cette seconde catégorie [2]. Dans ce cas, les études ont montré que les eaux transitent à une profondeur d'environ 2000 m sous le niveau de la mer, où elles atteignent une température de quelque 100 °C. La remontée des eaux à la surface doit être rapide, à la faveur d'accidents tectoniques, pour qu'elles ne se refroidissent pas notablement. Grâce à ces conditions thermodynamiques particulières, les eaux acquièrent une minéralisation élevée. En Suisse, on distingue 15 zones thermales où les eaux ont des températures supérieures à 25 °C [13].

Remerciements

La rédaction de cette feuille de l'Atlas a été possible grâce aux informations fournies par les auteurs des études des sites présentés. Elle a bénéficié du soutien de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.

Bibliographie

- [1] **Amt für Wasser- und Energiewirtschaft des Kantons St. Gallen (1984):** Grundwasseruntersuchungen in der Rheinebene zwischen Rüthi und Au. Hydrogeologischer Bericht über das Untersuchungsprogramm vom Winter 1983/84 und dessen Ergebnisse. Büro für Technische Geologie AG, Bericht Nr. 3348, Sargans.
- [2] **Bianchetti, G. (1994):** Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bulletin du Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel, No.13, Neuchâtel.
- [3] **Doerfliger, N., Zwahlen, F. (1995):** EPIK: A New Method for the Delineation of Protection Areas in Karstic Environment. Introduction of Symposium on Karst Waters and Environmental Impacts, 10–20 September 1995, Antalya, Turkey.

- [4] **GEOLEP (1994):** Commune de Nendaz – Recaptage de la source des Bouillets, rapport hydrogéologique préliminaire. Etude No. 8716, Laboratoire de géologie (GEOLEP), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne.
- [5] **Hesske, S. (1995):** Typologie des eaux souterraines de la Molasse entre Chambéry et Linz (France, Suisse, Allemagne, Autriche). Thèse de doctorat No. 1417, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne.
- [6] **Jäckli, H. (1966):** Geologischer Atlas der Schweiz, Erläuterungen zum Blatt 1090, Wohlen. Hrsg. Schweizerische Geologische Kommission, Bern.
- [7] **Jäckli, H. (1967):** Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:500 000. In: Atlas der Schweiz: Tafel 16, Eidg. Landestopographie, Wabern–Bern.
- [8] **Kempf, Th. et. al. (1986):** Die Grundwasservorkommen im Kanton Zürich (Erläuterungen zur Grundwasserkarte 1:25 000). Hrsg. Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich, gemeinsam mit der Schweizerischen Geotechnischen Kommission, Bern.
- [9] **Mandia, Y. (1991):** Typologie des aquifères évaporitiques du Trias dans le bassin lémanique du Rhône (Alpes occidentales). Thèse de doctorat No. 948, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne.
- [10] **Schweizerische Geologische Kommission (Hrsg.) (1980):** Geologische Karte der Schweiz, 1:500 000, 2. Ausgabe, Wabern–Bern.
- [11] **Studio di geologia Dr. A. Baumer (1991):** Idrogeologia, Petrografia, Geomeccanica, Interpretazione dei dati. Rapporti preliminari 2–1991 e 3–1991, Ascona.
- [12] **Tripet, J.-P. (1972):** Etude hydrogéologique du bassin de la source de l'Areuse. Thèse de doctorat, Université de Neuchâtel, Neuchâtel.
- [13] **Vuataz, F.-D. (1983):** Hydrology, Geochemistry and Geothermal Aspects of the Thermal Water from Switzerland and Adjacent Alpine Regions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 19:73–97, Amsterdam.
- [14] **Vuataz, F.-D. et. al. (1993):** Programme Géothermoval: Résultats d'une prospection des ressources géothermiques du Valais, Suisse. *Bulletin du Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel*, No. 12:1–37, Neuchâtel.
- [15] **Wildberger, A. (1990):** Karstgebiete in der Schweiz. Unveröffentlichter Bericht mit Karte der Arbeitsgruppe «Karst und Schutzzonen», Geotechnisches Büro Dr. von Moos AG, Zürich.