

Planche 8.2 Coupes géologiques et hydrogéologiques, 1^{ère} partie: géologie

Introduction

Nos connaissances sur les conditions géologiques régnant dans le soubassement profond de la Suisse étaient demeurées très lacunaires, il y a encore quelques décennies. En effet, les géologues ne pouvaient s'appuyer que sur des observations et des mesures faites en surface, ainsi que sur leur projection en profondeur, pour tracer des coupes dans le terrain et parvenir ainsi à restituer une image tridimensionnelle. Mais ensuite, les progrès de la technique de forage ont permis d'acquérir, sur des sites choisis, des informations jusqu'à une profondeur d'environ 6000 m (par exemple le sondage Thoune-1). Ces travaux de sondage étaient menés à bien à la suite d'importantes campagnes de prospection sismique, dont les résultats n'ont été accessibles à la recherche que tout récemment.

Entre 1985 et 1995, grâce à un programme national de recherche (PNR 20, [4]), la structure profonde de la Suisse a été explorée à l'aide de méthodes géophysiques (en particulier la sismique réflexion). C'est ainsi qu'ont pu être mis en évidence divers traits de l'architecture profonde du territoire, par exemple la limite entre la croûte et le manteau (discontinuité de Mohorovičić).

En raison des nombreux résultats nouveaux acquis lors de ces travaux, il a paru opportun de présenter dans l'«Atlas hydrologique» des coupes tectoniques nouvelles à travers la Suisse (fondées sur [4]). Comme la «Carte tectonique de la Suisse au 1:500 000» [5] se trouve actuellement en cours de révision, on a joint à la planche 8.2 une esquisse tectonique simplifiée qui comprend les tracés des trois coupes.

La structure géologique de la Suisse

Les Alpes résultent de la collision de deux plaques lithosphériques, la plaque européenne au nord et la plaque adriatique au sud. C'est au cours de cette collision que des fragments de la croûte supérieure se sont empilés les uns sur les autres sous forme de nappes, et que la plaque adriatique a chevauché la croûte inférieure et le manteau lithosphérique de la plaque européenne, laquelle fut ainsi en partie subductée. Au cours des dernières phases de la collision, la plaque adriatique s'est imbriquée dans la plaque européenne.

Coupe 1

Au nord se trouve la molasse du Plateau, affectée par quelques failles; elle est percée par des cheminées volcaniques dans le Hegau et dans la région de Bischofszell. La molasse subalpine est faite d'une succession d'écaillés décollées de leur substratum et imbriquées les unes sur les autres. Plus au sud et reposant au-dessus de la molasse, se trouvent les nappes helvétiques faites de sédiments d'âges paléozoïque supérieur, mésozoïque et tertiaire; ces nappes ont été transportées vers le nord après avoir été arrachées à leur soubassement primitif, le massif de l'Aar méridional et le massif du Gothard. Leur structure interne se caractérise par deux étages tectoniques: les calcaires crétacés furent séparés des sédiments jurassiques par un plan de décollement secondaire et furent ensuite déplacés plus loin vers le nord. L'Infrahelvétique comprend les unités sises au-dessous du plan de chevauchement principal des nappes helvétiques; il s'agit notamment de la couverture sédimentaire du cristallin prétriasique du massif de l'Aar, couverture replissée et répétée par des chevauchements internes. Les nappes penniques consistent en une pile de nappes de socle qui sont séparées par de minces pellicules de sédiments; les couvertures sédimentaires originelles de ces nappes de socle ont été décollées et empilées en complexes de nappes indépendantes. Les plans de chevauchement sont replissés: c'est le résultat d'une déformation alpine qui s'est déroulée en plusieurs phases. Au-dessus des nappes penniques, la klippe du Piz Toissa est une relique des nappes austro-alpines supérieures

qui sont l'élément tectonique le plus élevé de tout l'édifice alpin. La partie méridionale des nappes penniques est transpercée par l'intrusion de la Bregaglia. Dans le domaine des Alpes méridionales, au sud de la ligne insubrienne, d'épaisses écailles de socle cristallin prétriasique et de sédiments mésozoïques s'empilent en nappes dirigées vers le sud.

L'édification de l'architecture complexe des nappes alpines s'est réalisée en plusieurs étapes. Tout d'abord, dans la région illustrée par la coupe 1, les nappes austro-alpines ont été poussées en direction de l'ouest au cours du Crétacé. Les nappes penniques et helvétiques furent ensuite déplacées vers le nord au cours de l'Eocène–Oligocène et de l'Oligocène–Miocène, respectivement. Ces déplacements dirigés vers le nord se succèdent dans le temps depuis le domaine de la collision jusqu'aux domaines externes; c'est pourquoi les nappes mises en place au commencement dans le domaine interne se retrouvent ensuite au-dessus de celles qui se sont formées plus tard. De façon similaire, mais en direction du sud, s'est édifié l'empilement des nappes sudalpines (Alpes méridionales). Au cours de l'Oligocène, c'est-à-dire en même temps que se déplaçaient les nappes penniques, le pluton de la Bregaglia a fait intrusion. L'écaillage de la molasse subalpine, de même que l'activité volcanique dans le Hegau et dans le bassin molassique, date du Miocène.

Coupe 2

Partant de la partie supérieure du fossé rhénan, la coupe traverse le massif soulevé de la Forêt Noire, puis les sédiments mésozoïques plissés et écaillés du Jura oriental. Les bordures du fossé permo-carbonifère situé sous le Jura plissé sont des secteurs de plus faible résistance qui ont déterminé la position des plis et des chevauchements dans la couverture. L'édification et la structure de la molasse du Plateau et de la molasse subalpine ressemblent ici à ce que l'on a vu en Suisse orientale. Dans les nappes helvétiques, on peut également distinguer un étage tectonique crétacé et un étage tectonique jurassique; dans ce dernier (nappe de l'Axen), les plis de grande dimension sont dûs à l'épaisseur considérable des schistes incompetents du Dogger. Dans l'Infrahelvétique, le flanc méridional redressé et renversé des massifs de l'Aar et du Gothard manifeste les fortes compressions subies par ces deux blocs surélevés du socle. Le massif de l'Aar est allochtone, chevauchant sur l'avant-pays. Le secteur sud des nappes penniques est très replissé et redressé à la verticale. Au sud de la ligne insubrienne, grâce à d'importants mouvements de soulèvement et de refoulement, affleure un profil presque complet à travers la croûte supérieure découpée en nappes et la croûte inférieure de la plaque adriatique (zone d'Ivrée). La partie supérieure du manteau est ainsi remontée et se situe à faible profondeur. Les roches du socle, ainsi que leur couverture sédimentaire d'âges mésozoïque et tertiaire, sont affectées par des chevauchements alpins à vergence méridionale.

La chronologie de mise en place des nappes alpines est ici comparable avec celle de la Suisse orientale. Toutefois, la coupe 2 recoupe une ancienne structure: la ligne de Pogallo. Cette ligne affecte le complexe intrusif permien du granite de Baveno et elle est considérée comme étant un accident distensif mésozoïque lié à l'ouverture de l'océan téthysien. C'est pendant le Crétacé que les roches de la zone de Sesia, appartenant à l'Austro-alpin inférieur, se sont mises en place au-dessus de la zone pennique de Zermatt–Saas Fee, qui constitue une relique de l'océan téthysien. Les nappes penniques se sont déplacées au cours de l'Eocène–Oligocène, les nappes helvétiques à l'Oligocène–Miocène et les écailles de la molasse subalpine datent du Miocène. Le plissement du Jura s'est fait au Miocène supérieur et au Pliocène, alors que l'effondrement du secteur méridional du fossé rhénan est à rapporter surtout à l'Oligocène.

Coupe 3

Depuis le fossé bressan jusqu'au Jura externe, la coupe traverse un secteur tabulaire de la plateforme épivarisque. Le Jura externe montre des secteurs où la couverture mésozoïque, allochtone, n'est pas déformée (Jura des Plateaux); ces secteurs sont bordés par d'étroites zones fortement tectonisées (Faisceaux). La localisation de ces faisceaux est dictée par la présence des fossés permo-carbonifères du socle. C'est dans le Jura plissé (Jura interne) que se manifeste clairement le raccourcissement de la couverture par des plis et des chevauchements. Contrairement à ce qui

se voit sur les coupes 1 et 2, la molasse subalpine est directement recouverte par les nappes sédimentaires préalpines, d'origine pennique, qui se sont ici déplacées beaucoup plus loin vers le nord-ouest. Les nappes helvétiques sont au contraire restées relativement loin en arrière; elles occupent en Suisse occidentale un volume moins important, car il faut noter que la nappe helvétique la plus élevée (nappe du Wildhorn) a été largement érodée. La nappe de Morcles est faite d'un grand pli couché, en partie dicté par les puissantes assises schisteuses du Lias et du Dogger. Le massif des Aiguilles Rouges est séparé de celui du Mont Blanc par une étroite zone de sédiments mésozoïques. L'édifice des nappes penniques valaisannes montre un style de déformation caractérisé par des plis en retour de grande envergure. Le plissement en retour a repris et déformé les plans de chevauchement de l'empilement des nappes penniques. Au-dessus de ces dernières repose la klippe de la nappe austro-alpine inférieure de la Dent Blanche, qui ne représente plus qu'une modeste relique du «couvercle» de l'édifice orogénique alpin, primitivement épais de plusieurs kilomètres, et dont l'érosion a livré les matériaux détritiques constituant les poudingues et les grès du bassin molassique.

Les nappes austro-alpines furent déplacées en direction de l'ouest au cours du Crétacé, tout comme les nappes penniques supérieures, dont l'édification s'est faite en étroite liaison avec celle des Alpes occidentales franco-italiennes. Les nappes penniques inférieures sont issues au cours de l'Eocène–Oligocène d'un mouvement de resserrement de direction SE–NW. A l'Oligocène–Miocène se forment les nappes helvétiques; c'est dans le même temps que se dessinent les plis en retour des nappes penniques. L'écaillage de la molasse subalpine, ainsi que le rétrécissement et la surrection du massif des Aiguilles Rouges, se réalisent au cours du Miocène, le plissement du Jura intervient au Miocène supérieur–Pliocène, alors que l'effondrement du fossé bressan datait de l'Oligocène.

De la géologie à l'hydrogéologie

Les circulations des eaux souterraines sont largement tributaires des conditions géologiques. Nous avons représenté l'organisation des écoulements souterrains de manière plausible sur la planche 8.3, grâce notamment aux données tirées d'un des modèles mathématiques tridimensionnels des écoulements du nord de la Suisse, réalisé dans le cadre d'une étude précédente [3]. Le tableau 1 de la planche 8.2 illustre le passage de la géologie à l'hydrogéologie en attribuant à chacune des formations géologiques des caractéristiques spécifiques. Nous proposons également des valeurs chiffrées de perméabilité qui correspondent à celles retenues pour établir les coupes hydrogéologiques de la planche 8.3. Ces valeurs ont été estimées à partir de différentes études hydrogéologiques, en se basant notamment sur les données lithologiques et sur les résultats des essais de pompage existants. Elles ont de plus été vérifiées et ajustées lors de la réalisation de différents modèles mathématiques tridimensionnels.

Literatur/Bibliographie

- [1] **Bouzelboudjen, M., Király, L.:** Contribution inédite. Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel, Neuchâtel.
- [2] **Escher, A. et al. (1997):** Geologic framework and structural evolution of the western Swiss-Italian Alps. In: Pfiffner, O.A. et al. (Eds.): Deep Structure of the Swiss Alps. Results of NRP 20: 205–221, Basel.
- [3] **Kimmeier, F. et al. (1985):** Simulation par modèle mathématique des écoulements souterrains entre les Alpes et la Forêt Noire; Partie A: Modèle régional, Partie B: Modèle local (Nord de la Suisse). Nagra Technischer Bericht NTB 84-50, Baden.
- [4] **Pfiffner, O.A. et al. (1997):** Deep Structure of the Swiss Alps. Results of NRP 20, Basel.
- [5] **Schweizerische Geologische Kommission (Hrsg.) (1980):** Tektonische Karte der Schweiz, 1:500 000, Wabern–Bern.