

INFLUENCE DE LA DECOMPRESSION SUR LE COMPORTEMENT HYDROGEOLOGIQUE DES MASSIFS CRISTALLINS EN BASSE MAURIENNE (SAVOIE, FRANCE)

Par Marc CRUCHET*

RESUME. - Dans le cadre d'une étude hydrogéologique d'un secteur des Massifs Cristallins Externes (Basse Maurienne, Savoie), les observations faites aussi bien en galerie qu'en surface montrent que les circulations d'eaux sont faibles sur les grands accidents, zones de déformations intenses ; elles empruntent plutôt les milieux moins déformés à lithologie favorable. Des phénomènes de décompression dus à la poussée au vide et à la néotectonique augmentent les capacités aquifères de ces milieux. Ces phénomènes ont été observés sur les parties hautes des massifs, mais il est difficile d'évaluer l'ampleur de la zone décomprimée et parfois de faire la distinction entre la néotectonique et les processus morphologiques. Parce qu'elle favorise l'infiltration et l'emmagasinement de l'eau, la décompression des roches s'avère jouer un rôle primordial au même titre que la lithologie et la fracturation dans le comportement hydrogéologique de l'ensemble cristallophyllien étudié.

ABSTRACT. - A hydrogeological framework studied in an area through the "Massifs Cristallins Externes" of Lower Maurienne (Savoie, France) suggests that the water circulations associated with highly deformed zones are low and contrast to a higher water circulation in less deformed zones having propitious lithology. It seems that some decompression phenomena due to neotectonic processes and morphological products tend to increase the aquiferous capacity within the surrounding lithologies. Although these phenomena have been proved in the upper part of the area studied, it is still difficult to precise the limit of the whole deformed zones and to define if they are exactly linked to neotectonic processes or to morphological products. As a result, decompression influences may play an important role, as much as lithological factor and fracturation controles, in favorising the infiltration and water accumulation into crystalline massifs of the area studied.

L'étude hydrogéologique proposée ici concerne un secteur des Massifs Cristallins Externes des Alpes françaises. A partir des données hydrogéologiques recueillies dans la galerie E.D.F. Arc-Isère et d'un inventaire des sources de la région, nous avons essayé de déterminer les paramètres qui contrôlent les circulations d'eau dans ces milieux fissurés. La compréhension de tels systèmes aquifères résulte de la connaissance du contexte lithologique et de la fracturation du magasin. Il est aussi fondamental d'examiner l'ouverture des fractures qui définissent les capacités d'emmagasinement et de circulation de l'eau dans les roches cristallophylliennes. Les phénomènes de décompression, liés à une morphologie particulière ou à des contraintes distensives, sont donc à prendre en considération dans une telle étude.

* Laboratoire d'Hydrogéologie, Université Scientifique et Médicale, Grenoble.

I - CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE (fig. 1)

Les observations ont été faites de part et d'autres de la vallée de l'Arc (Savoie) qui sépare le massif de Belledonne au Sud-Ouest du massif de la Lauzière au Nord-Est, entre les villages de la Chambre au Sud et d'Epierre au Nord. Ces massifs culminent à très hautes altitudes (Pic de St Rémy 2105 m, le Grand Miceau 2619 m, Pic de la Lauzière 2829 m) et sont recouverts de neige une grande partie de l'année et soumis à une très forte pluviosité (1000 mm dans la vallée et 2500 mm sur les sommets à 2000 m d'alt.).

D'un point de vue géologique, le domaine étudié se situe dans le rameau interne des Massifs Cristallins Externes limité au Nord-Ouest par le "Synclinal Médian" qui le sépare de la Série Satinée (ensemble monotone de séricitochloritoschistes), et au Sud par "l'Accident Bordier" qui le met en contact avec les assises sédimentaires mésozoïques de la zone dauphinoise orientale. Ces ensembles sont allongés selon une direction N 30 à N 40 E et découpés en une série d'amygdales d'échelle kilométrique par de grands accidents, souvent très anciens et vraisemblablement hercyniens.

Le rameau interne est constitué du Nord au Sud :

- du granite d'Epierre (terminaison nord du granite des Sept-Laux),
- de séries cristallophylliennes gneissiques et amphiboliques (gneiss de St Rémy ; séries des Bois de Ravères, série verte, ...),
- des complexes orthogneissiques de Montjoie et de St Colomban,
- du complexe granitique de la Lauzière au Sud-Est.

II - DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

Les sources sont très nombreuses sur les flancs de ces massifs ; bon nombre d'entre elles sont captées pour l'alimentation des villages situés dans la vallée. Parmi les sources recensées, certaines sont positionnées sur la figure 3. Il s'agit d'eaux issues du substratum cristallophyllien et non des formations superficielles morainiques qui peuvent aussi constituer des aquifères et donner des sources à fort débit dans les vallées suspendues (Grande Pierraille à St François Longchamp ; Vallon de la Lescherette ; Combes des Villards).

Les données hydrogéologiques recueillies dans la galerie E.D.F. Arc-Isère qui traverse le massif de Belledonne à l'altitude de 500 mètres ont été mises à notre disposition. Cette galerie est actuellement en exploitation et donc noyée ; les eaux drainées autour de celle-ci sont captées et détournées vers l'Arc par la fenêtre d'attaque de St Etienne de Cuines. Le débit d'exhaure fluctue entre 250 et 500 l/sec. Les informations recueillies pendant les travaux (1976 à 1978) sont regroupées sur la figure 2 ; les principales venues y sont reportées et à partir des jaugeages effectués dans la galerie, nous avons pu calculer les débits spécifiques en l/sec/m qui ne sont qu'un ordre de grandeur ; les venues sont parfois très localisées et leurs débits varient au cours de l'année.

1) Le contexte lithologique

Dans la galerie Arc-Isère, il apparaît une relation entre la lithologie et l'abondance des venues d'eau. Les débits spécifiques sont les plus élevés dans le complexe de St Colomban et le granite des Sept-Laux, tandis que dans les séries schisteuses et gneissiques, ces débits sont très faibles. Les valeurs obtenues pour les granites sont voisines de celles observées dans la galerie du Trient (massif du Mont Blanc) (5) où les débits spécifiques étaient compris entre 0,12 et 0,15 l/sec/mm et dans le tunnel routier du Mont Blanc où ils valaient 0,07 l/sec/mm (4), dans des granites. Les débits d'exhaure de la galerie Arc-Isère (amont) proviennent pour 30 % du granite des Sept-Laux et 60 % du complexe de St Colomban. Dans la partie aval de cette galerie, il convient de mentionner l'absence de venue d'eau dans la série satinée où le débit s'est stabilisé à 20 l/sec sur 10 kilomètres.

FIG. 1 SCHEMA GEOLOGIQUE (D'après R. Aumaître et E. Poncerry)

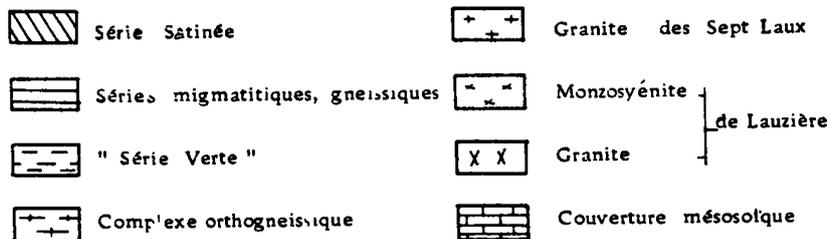
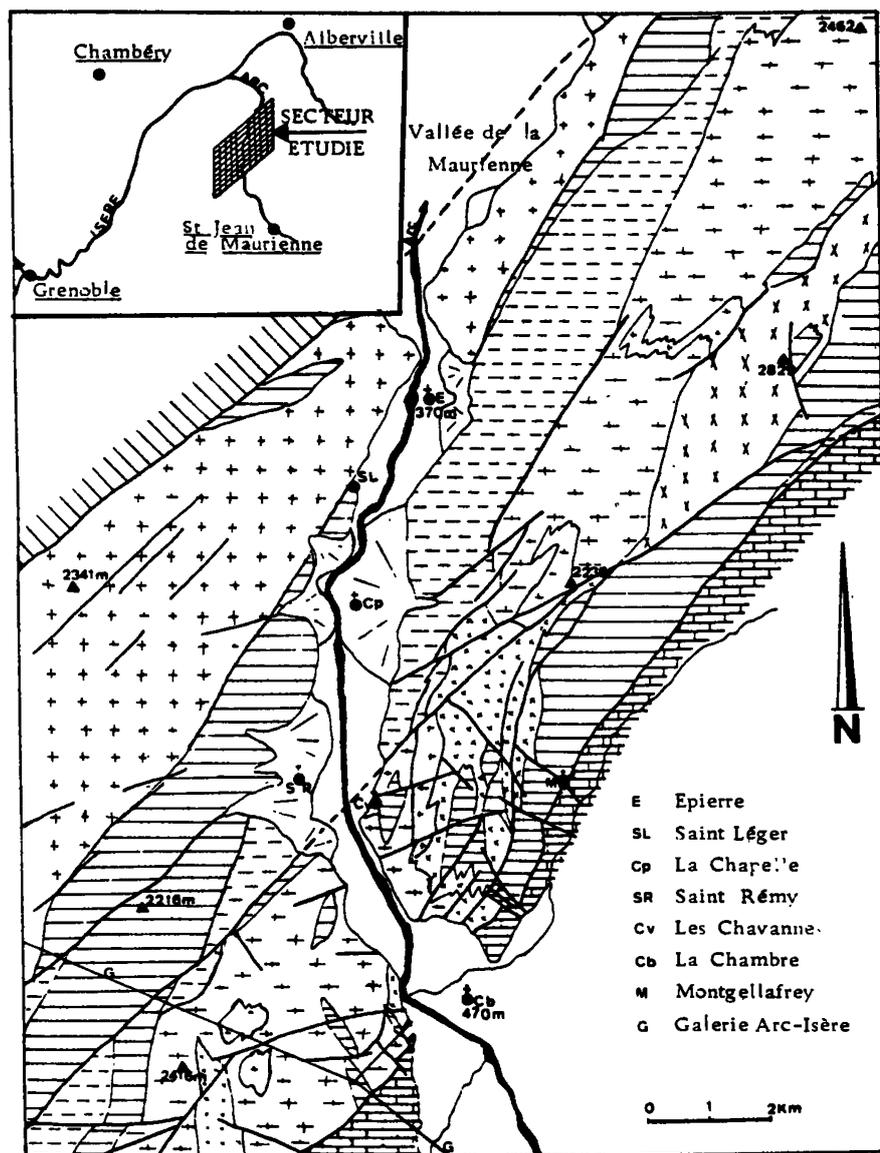
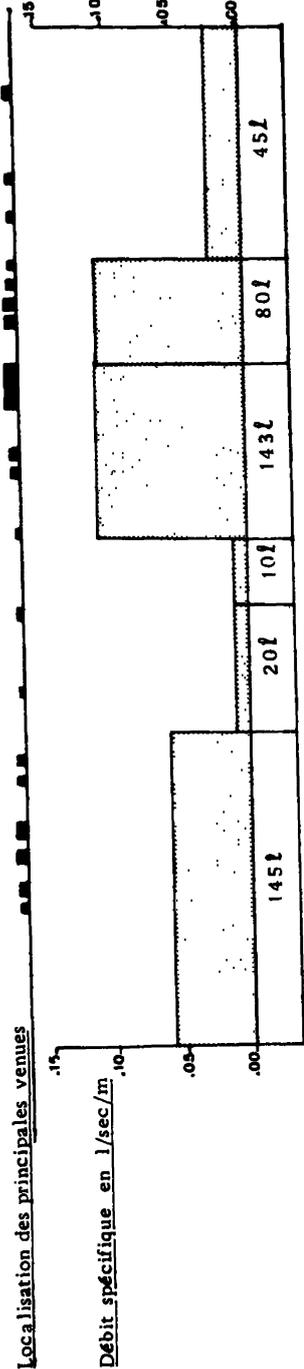
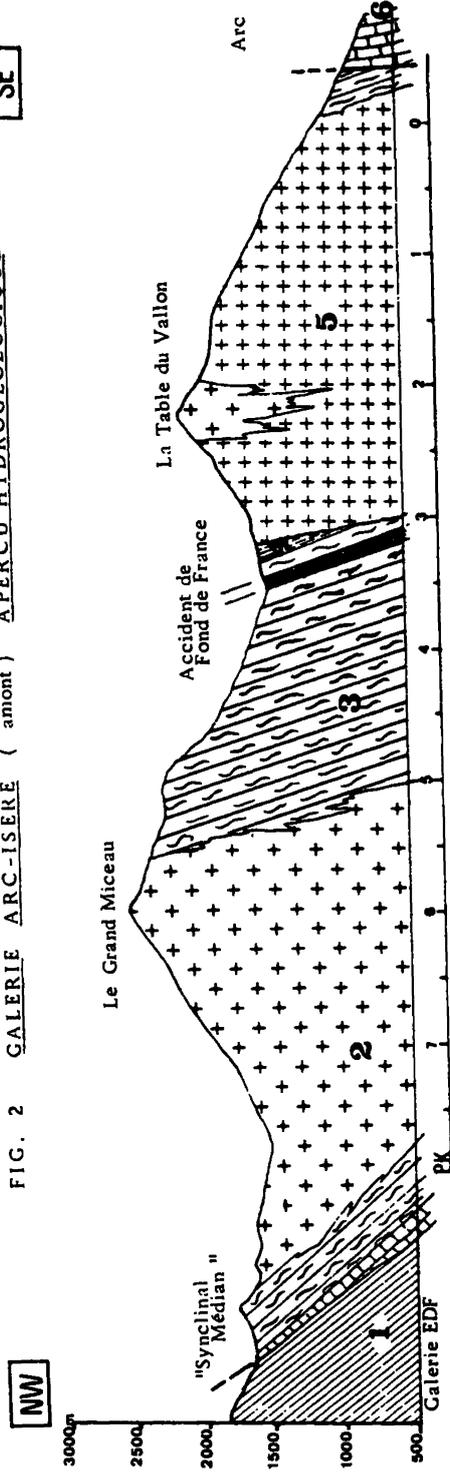


FIG. 2 GALERIE ARC-ISERE (amont) APERCU HYDROGEOLOGIQUE

SE



- LEGENDE:
- 1 Série Satinée (micaschistes)
 - 2 Granite des Sept Laux
 - 3 Série gneissique, amphibolique, leptynitique
 - 4 Série schisteuse
 - 5 Complexe orthogneissique de St Colomban
 - 6 Couverture mésozoïque (lias)

En surface, l'étude de la répartition des sources confirme la faiblesse, voire l'absence des circulations dans les séries cristallophylliennes schisteuses. On n'observe que de petites sources qui sont souvent des suintements dans les niveaux amphiboliques (source de Tigny à la Chapelle). Par contre dans ces séries, le réseau hydrographique est bien marqué et les formations quaternaires développées donnent des sources qui ne sont pas à rattacher à la nature du substratum.

Dans les formations granitiques, les sources sont nombreuses et présentent pour certaines de très forts débits atteignant plusieurs dizaines de litres par seconde. De telles sources se rencontrent dans le granite des Sept-Laux (source du Merle à St Léger), dans les granitoïdes de Lauzière (source de la Grande Rigole à Montgellafrey, source de Brisson aux Chavannes) et dans le complexe de Saint Colomban. Si les circulations sont plus importantes dans les granitoïdes, elles sont localisées sur certaines fractures et des zones y sont totalement sèches comme on le constate dans les galeries. Il ne s'agit pas d'une perméabilité intrinsèque de la roche, mais d'une perméabilité liée à son état de fissuration.

2) Tectonique et fracturation

Lors du cycle hercynien, des tectoniques polyphasées ont façonné la structure des massifs cristallins. Elles correspondent à des déformations souples avec migmatisation témoignant d'un niveau structural profond, à des intrusions granitiques et des tectoniques cassantes tardihercyniennes.

La tectonique alpine est également cassante et correspond à un niveau tectonique de plus en plus superficiel. Il est très probable que la structuration hercynienne a influencé les déformations alpines, en particulier par le rejou d'un grand nombre de décrochements hercyniens.

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés au rôle hydrogéologique des grands accidents et à la fracturation cassante des diverses unités.

Les grands accidents

Ces failles orientées N 30 à N 50 E correspondent en fait à des couloirs mylonitiques qui ont subi des rejeux successifs au cours des diverses phases tectoniques. Il s'agit du "Synclinal Médian", de l'accident de Fond de France et de leurs satellites. Les faciès observés sur l'accident de Fond de France sont complètement laminés, cataclasés ; ils évoluent en minéraux argileux et les roches granitiques, lorsqu'elles sont affectées, perdent leur structure équante. Ces couloirs de déformations ont été étudiés par D. GASQUET (2) dans la galerie Arc-Isère où l'on observe des écaillages liés aux décrochements. Les mylonites y sont quelquefois difficiles à distinguer des schistes.

Lors du percement de cette galerie, aucune venue importante ne s'est produite sur ces fractures (Fond de France, synclinal médian et accident bordier). Les accidents N 30 à N 50 ne correspondent donc pas aux directions drainantes du massif.

En pratique, les venues d'eau en galeries se localisent à l'intérieur des lentilles délimitées par ces discontinuités majeures et en surface les sources qui leur sont liées sont rares et de faibles débits. Ainsi, contrairement à ce que l'on aurait pu penser, les grands accidents très mylonitisés de cette région des massifs cristallins ne sont pas des systèmes favorables aux circulations d'eaux ; ils délimitent simplement des ensembles dont les capacités aquifères sont étroitement liées à leur organisation fissurale.

Les tectoniques cassantes

Nos relevés de la fracturation montrent, comme les travaux antérieurs (3) (7), que nous sommes en présence d'un régime de décrochement régional s'effectuant suivant la direction axiale des massifs cristallins. La fracturation observée correspond au réseau d'ordre multiple développé dans un tel système de déformation. On observe des fractures N 20 à N 30 E qui jouent un décrochement dextre, des fractures N 70 E environ

développées dans les niveaux compétents, des fentes d'ouvertures N 90 à N 110 et des mouvements dextres de faible ampleur N 140 à N 150. Cette fracturation peut varier d'un secteur à l'autre, mais les ouvertures les plus nettes se situent selon les directions N 110 à N 130 qui sont celles des principaux torrents issus des crêtes granitiques (érosion importante) et des venues d'eau dans la galerie Arc-Isère.

En surface, ces fractures sont drainantes, la plupart des sources se situent sur ces accidents qui simulent une compartimentation du massif (fig. 4). En fait, ces failles correspondent à des mouvements essentiellement subverticaux effectués à un niveau très superficiel.

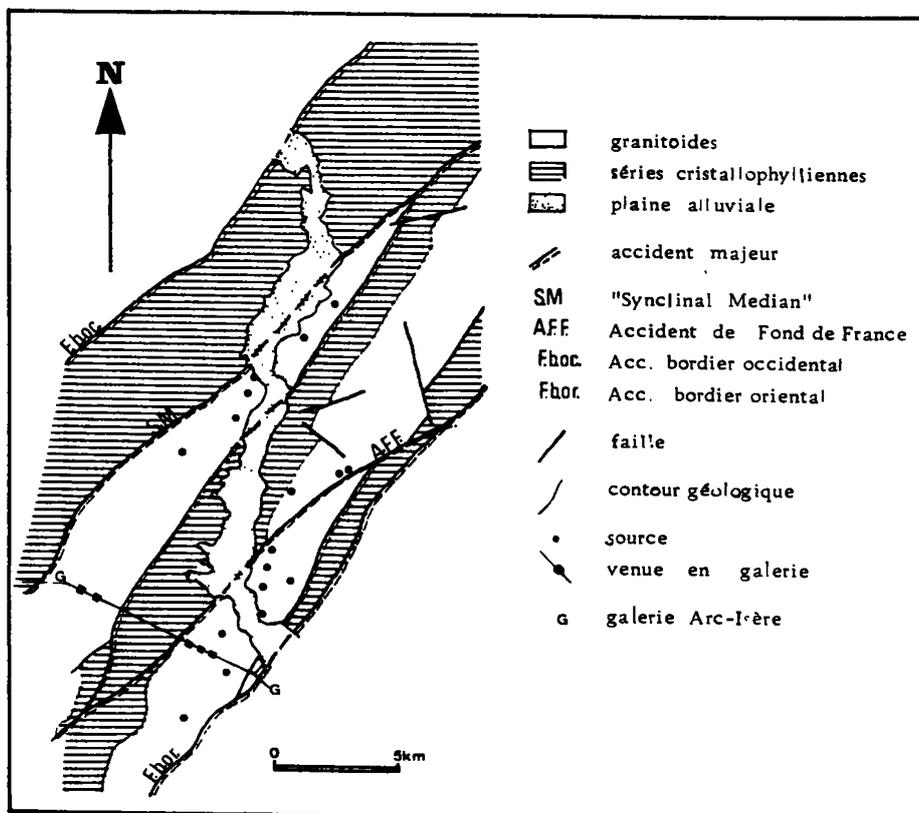


Fig. 3 : Rôle hydrogéologique des accidents tectoniques majeurs.

Parmi les diverses phases cassantes, les dernières déformations semblent primordiales ; elles sont peu observables dans le détail (à l'affleurement), mais se manifestent plus par des marques morphologiques. Dans l'étude de la fracturation, il est utile de distinguer les phases tectoniques précoces pénétratives, qui vont déterminer le bâti structural, des tectoniques cassantes tardives qui se surimposent au réseau de fractures préexistant et conditionnent l'écoulement des eaux.

Dans ces roches cristallines, les fissures nombreuses ne peuvent emmagasiner de l'eau que si elles sont ouvertes. Comme le montre l'étude de la fracturation, l'ouverture des failles drainantes est à relier aux directions de distension au cours des phases cassantes, mais nous devons évoquer le rôle de la décompression dans l'ouverture des fissures et la constitution d'aquifère.

3) Décompression morphotectonique

La décompression des milieux fissurés a plusieurs origines et se manifeste de diverses façons.

Du fait de l'absence de surcharge et de contraintes latérales, on assiste généralement en surface et spécialement dans les parties hautes des massifs à une décompression des roches qui se traduit par une tendance à l'ouverture des fissures, fractures et diaclases, mais le phénomène peut être amplifié, dans le cas de reliefs montagneux, par des basculements de versants ou "poussée au vide". L'ouverture des fissures se fait alors selon une direction sensiblement perpendiculaire à la ligne de pente. Aux affleurements, cette décompression se matérialise par des fauchages dans les séries schisteuses ou des basculements dans les roches à structures équantes. Bien souvent, l'ensemble des fissures, joints et diaclases est affecté par le phénomène et toutes les discontinuités s'ouvrent peu à peu.

La décompression gravitaire, morphologique, ne suffit cependant pas pour interpréter la présence de certains couloirs d'effondrement, de certaines dépressions comblées par du matériel morainique ou d'écroulements récents d'échelle décamétrique dans les zones centrales des hauts massifs. L'existence de telles structures ne peut s'expliquer que par une néotectonique subactuelle liée au jeu de failles vivantes dont l'existence se manifeste aussi par le soulèvement actuel des massifs cristallins externes chiffrés en moyenne à 1 mm par an (6). Ce soulèvement n'étant pas uniforme, certains compartiments de taille variable se soulèvent plus vite que d'autres, ce qui entraîne des mouvements relatifs entre blocs par réactivation d'anciennes fractures.

Bien que de tels phénomènes soient souvent masqués par le recouvrement quaternaire ou végétal et confondus avec des phénomènes gravitaires, des failles vivantes ont été décrites par P. BORDET sur les crêtes du massif de Belledonne où elles décalent des formations morainiques récentes dans la région des Grands Moulins. Nous avons pu observer des faits identiques tant dans la partie sud du massif de la Lauzière qu'au Nord du Grand Miceau que l'on peut rattacher à l'activité sismique de la vallée de l'Arc, responsable en particulier de l'écroulement de la Chapelle au 15^{ème} siècle.

La formation récente, néotectonique, de fossés d'effondrement dans les parties hautes des massifs est donc un élément dont on ne peut négliger l'importance du point de vue de l'infiltration des eaux en profondeur.

Dans le secteur des Chavannes-Montgellafrey, une esquisse de l'hydrogéologie est proposée en figure 4. Elle tient compte d'un état de décompression très marqué du massif qui se signale par une morphologie particulière. On observe des dépressions fermées (lac de la Léchère), des couloirs d'effondrements (Le Grand Pré, Roc Rouge), des écroulements décamétriques (Bois de l'Ours). De plus, des sondages miniers ont rencontrés des fractures ouvertes jusqu'à 100 mètres de profondeur.

Les sources issues de ce massif apparaissent au pied ou à mi-pente des versants ; elles sont absentes sur le plateau. Les sources les plus hautes présentent les plus forts débits (5 à 10 l/sec) ; elles drainent une grande partie de la zone décomprimée, tandis que les sources basses ont des débits plus faibles (1 à 3 l/sec). Cette limite, très hypothétique, ne correspond pas à un niveau de base mais à une diminution de la perméabilité en profondeur qui est à relier en partie à une moins grande ouverture des fissures. Des observations analogues peuvent être faites dans le granite des Sept-Laux et dans les granitoïdes de St Colomban, où les sources les plus importantes sont situées à mi-pente sur les versants.

La décompression favorise ainsi l'infiltration et augmente les capacités d'emmagasinement de l'eau dans ces milieux fissurés. Les réserves d'eau ainsi formées pourraient alimenter les fissures aquifères plus profondes assurant une bonne tenue des débits à l'étiage des sources qui en sont issues. Dans cette zone décomprimée, les conditions hydrauliques telles que des vitesses de circulation élevées peuvent entraîner des décolmatages argileux dans les parties très hautes et augmentent ainsi la perméabilité.

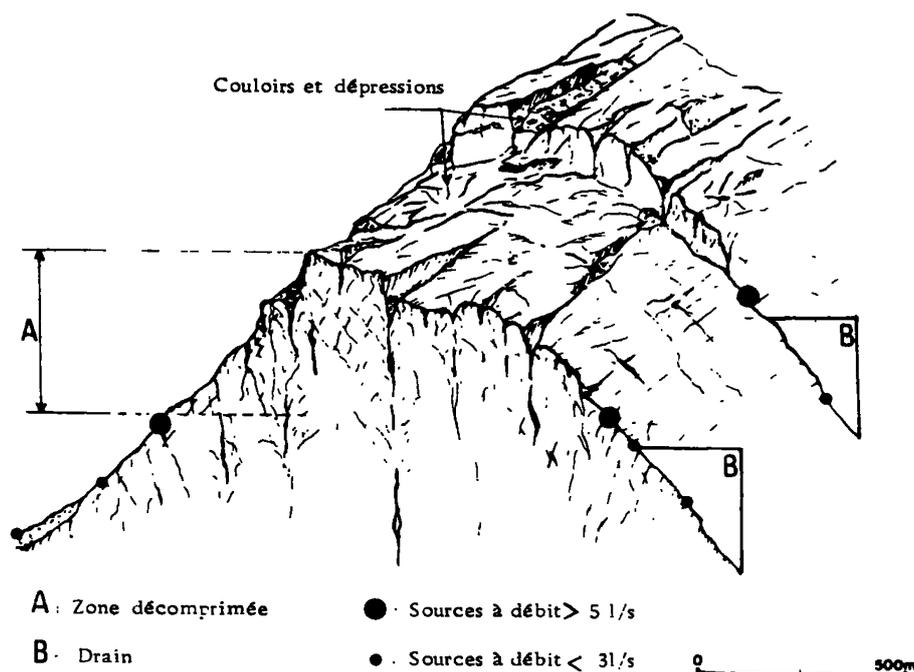


Fig. 4 : Représentation schématique de la zone décompressée et esquisse hydrogéologique.

Ces roches cristallophylliennes contiennent également de nombreux filons de carbonates (calcite, dolomie, ...) anciens qui sont soumis à la dissolution par les eaux percolant dans le massif. Ce phénomène engendre une plus forte perméabilité de ces fissures à carbonates. Bien qu'il ne s'agisse pas d'un paramètre majeur, il mérite d'être signalé et est confirmé par les très fortes teneurs en bicarbonates des eaux.

CONCLUSION

Dans cette région du massif cristallin de Belledonne, les réserves en eau et les circulations se localisent dans les ensembles granitiques, les séries schisteuses étant défavorables à la constitution d'aquifères. Les directions drainantes de ces massifs correspondent aux directions de distension créées au cours d'un régime de décrochement régional et non aux grands accidents majeurs hérités de tectoniques anciennes profondes. Parmi tous les paramètres qui interviennent au niveau de l'hydrogéologie, les phénomènes de décompression sont primordiaux tout comme les dernières phases cassantes tardives. Il apparaît que les réserves en eau sont très fortement amplifiées dans ces zones à tectonique vivante par la présence de fissures ouvertes.

La décompression des massifs dont l'existence n'est souvent ressentie qu'intuitivement est peu abordée dans l'étude des milieux fissurés. Le massif cristallin de Belledonne offre des exemples probants de sa réalité et de son importance dans l'infiltration et l'accumulation de l'eau.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) AVIAS J. (1982). - Sur la méthodologie d'étude de la décompression superficielle, morphologique et tectonique des milieux fissurés. Les milieux discontinus en hydrogéologie. Jubilé Castany. BRGM, 1982, 47-51, Orléans.
- (2) BORDET P. (1970). - Des failles vivantes du Massif des Grands Moulins, Géologie Alpine, 1970, t. 46, 43-47, 5 fig.
- (3) GASQUET D. (1979). - Etude pétrologique, géochimique et structurale des terrains cristallins de Belledonne et du Grand Châtelard traversés par les galeries E.D.F. Arc-Isère, Thèse 3ème cycle, géol. appli., 227 p., USMG Grenoble.
- (4) GUDEFIN H. (1967). - Observations sur les venues d'eau au cours du percement du tunnel sous le Mont Blanc. Bull. BRGM, sect. 4, 97-107, Orléans.
- (5) JAMIER D. (1975). - Etude de la fissuration, de l'hydrogéologie et de la géochimie des eaux profondes dans les massifs du Mont Blanc et de l'Arpille, thèse 3ème cycle, 153 p., Neuchatel.
- (6) MENARD G. (1979). - Relations entre structures profondes et structures superficielles dans le Sud-Est de la France. Essai d'utilisation de la géophysique, thèse 3ème cycle, USMG Grenoble.
- (7) PONCERRY E. (1981). - Contribution à l'étude géologique des granitoïdes de Vallorcine, Beaufort, Lauzière, de leur encaissant et des minéralisations uranifères associées. Thèse 3ème cycle, géol. appli., USM Grenoble.