Influence de la fracturation sur la circulation des eaux : l'exemple de la région de la Grande Eau, Préalpes suisse

Autor(en): **Mauro, Armando**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **79 (1988-1989)**

Heft 1

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-279219

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles
Vol. 79, fasc. 1, 1988

BULLETIN N° 297 des Laboratoires de Géologie, Minéralogie, Géophysique
et du Musée géologique de l'Université de Lausanne

Influence de la fracturation sur la circulation des eaux. L'exemple de la région de la Grande Eau, Préalpes suisses

Bot 12
ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH Sto.

PAR

ARMANDO MAURO[1]

Résumé.- MAURO A., 1988. Influence de la fracturation sur la circulation des eaux. L'exemple de la Grande Eau, Préalpes suisses. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 79.1:* 1 –12.

Dans cet article on examine l'état de la fracturation des terrains de la vallée de la Grande Eau près d'Aigle.

Nous décrivons les divers types de fractures rencontrées.

L'étude de l'attitude des fractures subverticales montre la présence de deux systèmes principaux distribués de manière uniforme dans les différents terrains de la région.

La comparaison entre les orientations de ces fractures et celles du drainage superficiel fournit de bons arguments pour envisager un contrôle structural sur le système hydrologique superficiel.

Mots-clés: Géologie structurale, fracturation, hydrogéologie, Préalpes médianes, gypse.

Abstract.- MAURO A., 1988. Structural control on drainage patterns. The Grande Eau valley exemple. Aigle-Switzerland. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 79.1:* 1-12.

The fracture pattern of the Grande Eau valley outcrops (Prealps of Switzerland) is investigated.

A structural control on the drainage pattern of this area is proposed, based on the attitude of the two main vertical fracture systems.

Some hypotheses are formulated about the morphologic and structural features of the evaporite outcrops of the Bois de la Glaive area.

Keywords: Structural geology, fractures, hydrogeology, Prealps of Switzerland, gypsum.

INTRODUCTION

L'étude de la déformation des roches se révèle, généralement, un bon outil aussi bien pour l'analyse des processus dynamiques auxquels une région donnée est soumise (p.ex.: risque de séismes) que pour des buts strictement appliqués comme l'étude de la migration des fluides souterrains (en recherche minière ou pétrolière ou en hydrogéologie).

[1] Institut de Géologie et de Paléontologie, BFSH-2, CH-1015 Lausanne

Cette note, basée sur l'exemple de la région de la Grande Eau, tente de montrer le rôle que la fracturation peut jouer vis-à-vis de l'écoulement des eaux.

Toutefois, elle n'est fondée que sur l'analyse de données de surface. Toute extrapolation au système d'écoulement souterrain demeure dans le domaine des hypothèses.

SITUATION GÉOLOGIQUE

La région étudiée comprend des terrains appartenant à trois grands domaines structuraux (fig. 1).

Le secteur nord est situé dans le flanc renversé du synclinal de Leysin lui-même faisant partie de la nappe des Préalpes Médianes Plastiques. Il comprend une succession de terrains calcaires, dolomitiques et marneux, allant des Dolomies Blondes du Norien aux Couches Rouges du Crétacé supérieur et de l'Eocène.

Au Sud affleure l'Ecaille de la Grande Eau, appartenant aux Préalpes Rigides Externes Inférieures (BAUD 1972). Elle est constituée essentiellement de calcaires et dolomies du Trias moyen, avec localement au sommet quelques couches de "Complexe bréchique" carnien et à la base,

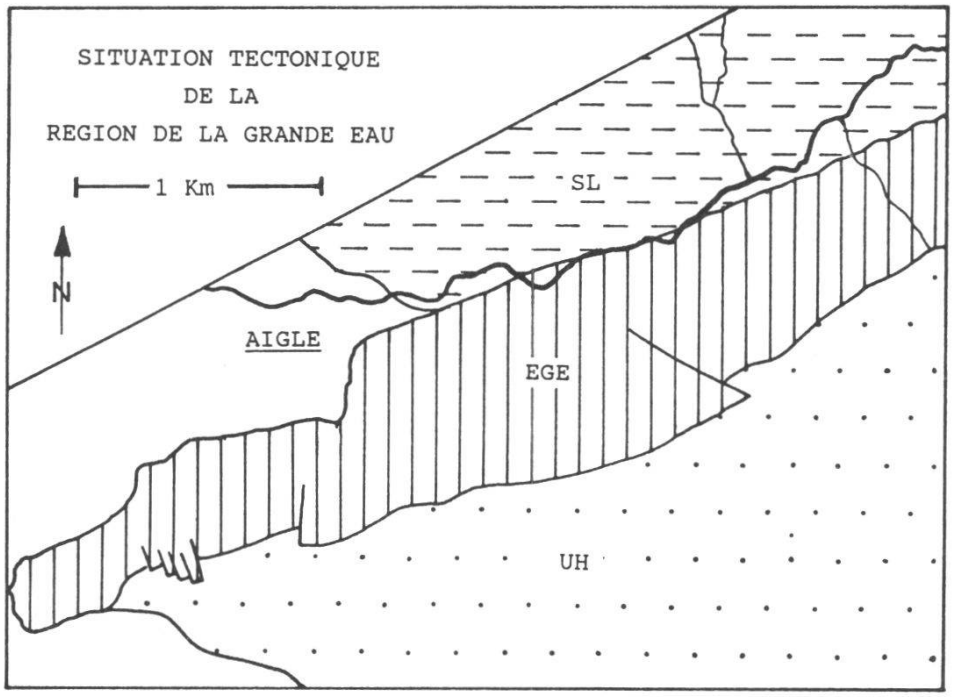

Figure 1. – Situation tectonique de la région étudiée.
SL: Synclinal de Leysin
EGE: Ecaille de la Grande Eau
UH: Nappe Ultrahelvétique et Zone submédiane

en contact tectonique, un copeau de quartzites du Trias inférieur.

Le secteur au sud de l'Ecaille de la Grande Eau est surtout composé d'anhydrite rubanée triasique (gypse en surface) et, localement, de flysch éocène . Son appartenance tectonique est discutée: classiquement attribué à l'Ultrahelvétique, il semble en réalité se rattacher au moins en partie à la Zone Submédiane (WEIDMANN *et al.* 1976).

Deux bandes de cornieule constituent les limites entre les trois domaines tectoniques. La "Cornieule inférieure" borde au sud l'Ecaille de la Grande Eau. La "Cornieule supérieure" sépare cette dernière du synclinal de Leysin.

DESCRIPTION DE LA FRACTURATION

Les données provenant de neuf stations d'observation et de mesure ont été retenues comme étant représentatives de l'état global de la fracturation. L'orientation des fractures est illustrée dans le diagramme de densité de la figure 2. On y constate la présence de plusieurs systèmes avec un maximum absolu concernant un système vertical de direction NNW-SSE.

A l'affleurement les fractures paraissent être de quatre types principaux :

a. *Fentes d'extension*

Elles ont une longueur variable (du cm au m) et présentent un remplissage de cristaux fibreux de calcite syntectonique. Leur croissance observée sur les surfaces de stratification est le plus souvent perpendiculaire aux marges des fractures. Les fentes d'extension les plus inclinées sont parfois disposées "en échelon" et comprises dans des zones de cisaillement simple qui sont responsables de leur extension et rotation. Les moins inclinées, visibles surtout dans les calcaires anisiens et étroitement liées aux failles conjuguées et aux stylolites parallèles à la stratification, seraient à mettre en relation avec les structures décrites par BAUD et MASSON (1975).

b. *Fractures cisaillantes avec indicateurs cinématiques de type fibres ou stries*

Ce sont des fractures généralement verticales, dont les surfaces montrent des fibres de calcite ou des stries mécaniques qui traduisent un mouvement le plus souvent horizontal, généralement sénestre. De telles structures, de direction à peu près méridienne, affectent le flanc renversé du synclinal de Leysin où elles sont à mettre en relation avec les glissements dextres qui se produisent le long des surfaces des couches (MAURO 1986). Ces derniers

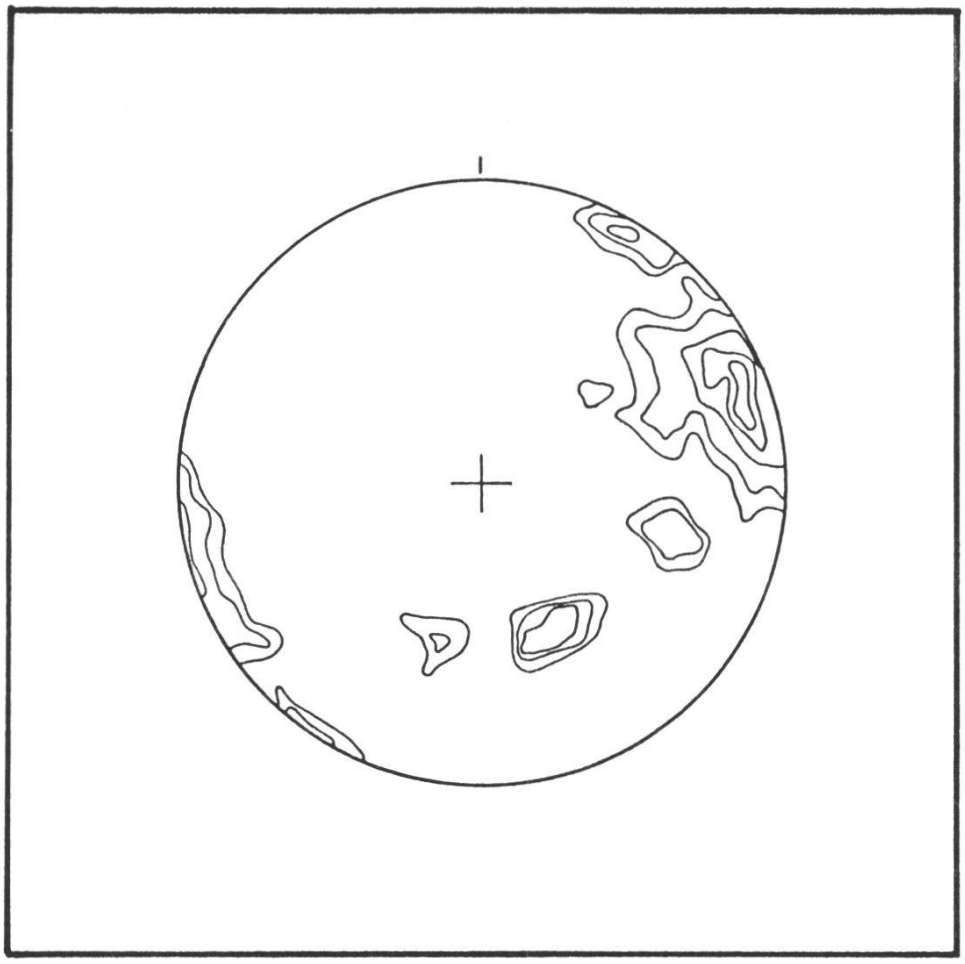

Figure 2. – Orientation des fractures dans la région de la Grande Eau.
Courbes d'isodensité: 2%, 3%, 5%, 7%, 8,85%, n= 226.
(Canevas de Schmidt, hém. inf., pôles de surfaces).

sont également visibles dans les affleurements triasiques (p. ex.: calcaires rubanés ladiniens) où, toutefois, ils sont plutôt marqués par des stries mécaniques.

c. *Fractures cisaillantes sans indicateurs cinématiques particuliers*

Elles sont bien développées dans le trias de l'Ecaille de la Grande Eau. Elles se présentent généralement en systèmes conjugués; elles sont associées de façon plus ou moins complexe aux stylolites parallèles à la stratification. A Saint-Triphon, elles ont été interprétées comme provoquées par les phases distensives jurassiques qui ont affecté le domaine de sédimentation briançonnais (BAUD et MASSON 1975).

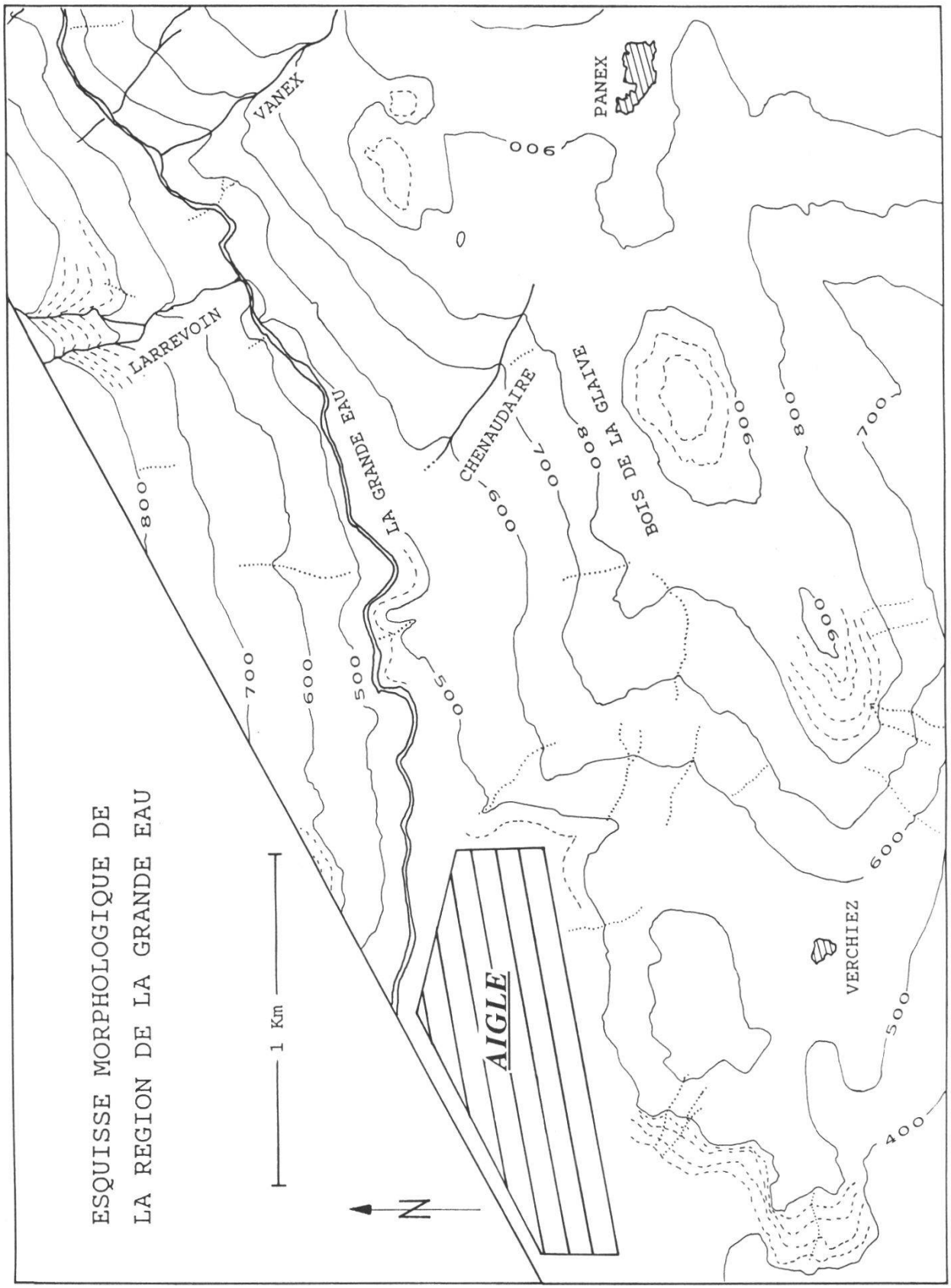

Figure 3. – Morphologie de la région de la Grande Eau.

d. Fractures sans remplissage (diaclases)

Elles sont les plus répandues. Par endroits, elles peuvent former plusieurs systèmes dont l'ordre chronologique n'est pas reconnaissable à l'affleurement puisqu'aucun signe de mouvement n'est décelable. Leur pendage est variable de vertical à subhorizontal. Elles coupent la stratification sous un angle proche de 90°.

La déformation cataclastique n'est pas spécialement traitée dans ce travail. Toutefois il faut signaler que dans les terrains calcaro-dolomitiques de l'Ecaille de la Grande Eau, ce type déformation est fréquent et donne lieu à des zones broyées parfois liées aux fractures plus inclinées (paroi du Petit Plantour, chemin de Vanex, etc.).

RELIEF ET STRUCTURE DANS LA RÉGION DE LA GRANDE EAU

L'étude structurale et géologique de la région (MAURO 1986) a montré que les couches forment un monoclinal de direction moyenne ENE - WSW et qu'en dépit de cela, le seul linéament érosif développé le long de ces "zones de faiblesse" paraît être la vallée de la Grande Eau qui d'ailleurs constitue l'élément morphologique le plus important (fig .3). En outre, il faut signaler que la déformation propre au synclinal de Leysin aboutit d'une part à la formation d'un clivage de dissolution bien développé dans les termes lithologiques les plus argileux et d'autre part à l'apparition de vrais lits stylolitiques observés dans les couches calcaires plus compétentes. Ces structures peuvent être considérées comme globalement parallèles à la stratification (fig. 4); dans le flanc renversé du synclinal, elles pourraient, en théorie, offrir une possibilité ultérieure aux eaux de s'ouvrir des chemins suivant leur direction. On remarque, au contraire, que seuls les éléments morphologiques de premier ordre (Grande Eau) ont une direction proche de celle des couches. En particulier cette dernière se développe, en gros, le long de la Cornieule supérieure qui est censée marquer un contact tectonique majeur, et qui, à cause de ses caractères lithologiques, est très facilement érodée.

Les cours d'eau mineurs et en général, les linéaments d'érosion entaillent le monoclinal avec un angle assez grand, sans jamais suivre une direction proche de la stratification, plus ou moins parallèle à celle d'une partie des structures de second ordre.

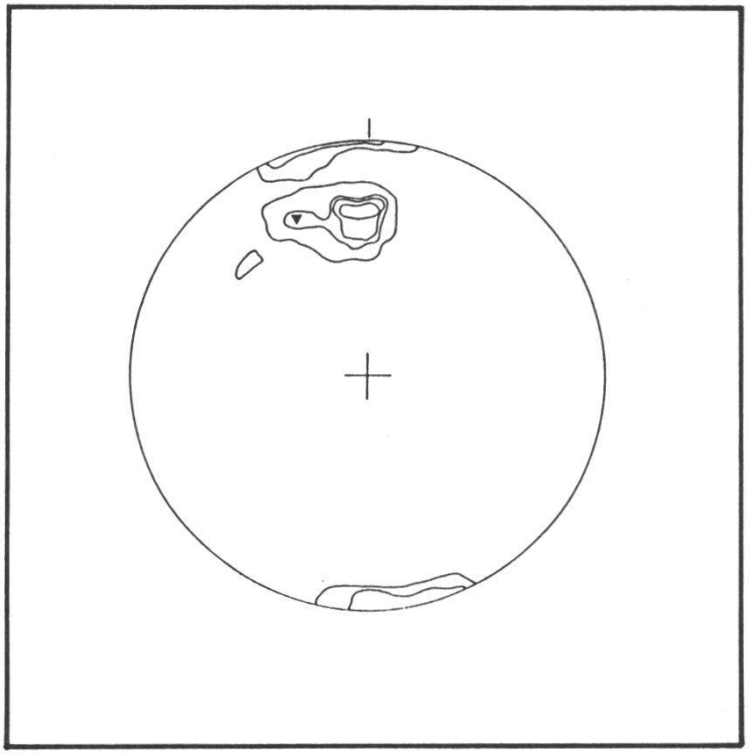

Figure 4. – Orientation du clivage dans le flanc inverse du synclinal de Leysin.
(▼ = orientation moyenne de la stratification).
Courbes d'isodensité: 4%, 10%, 18%, 23%, n = 90.
(Canevas de Schmidt, hém. inf., pôles des surfaces).

LES FRACTURES VERTICALES

J'ai comparé l'orientation des fractures verticales dans les deux écailles de la Nappe des Préalpes Médianes au N et au S de l'affleurement de Cornieule supérieure (censée marquer le contact tectonique) (BAUD 1972). La figure 5 exprime graphiquement l'orientation de ces structures en pourcentage. Ce diagramme montre deux pics de fréquence plus dévelop-pés. Ces deux classes d'orientation sont les mêmes pour les deux écailles, on peut donc dire qu'un même réseau de fractures verticales est bien développé dans toute la zone étudiée, aussi bien dans le synclinal de Leysin (Plastiques) que dans l'Ecaille de la Grande Eau (Rigides) (fig. 6).

Quant aux observationS de terrain, lorsque les relations d'intersection sont claires on observe que les systèmes les plus inclinés sont les plus récents (MAURO 1986).

On conclut qu'une grande partie, sinon la plupart, des fractures verticales sont tardives, c'est-à-dire qu'elles se sont développées après la mise en place des nappes préalpines en tant que telles.

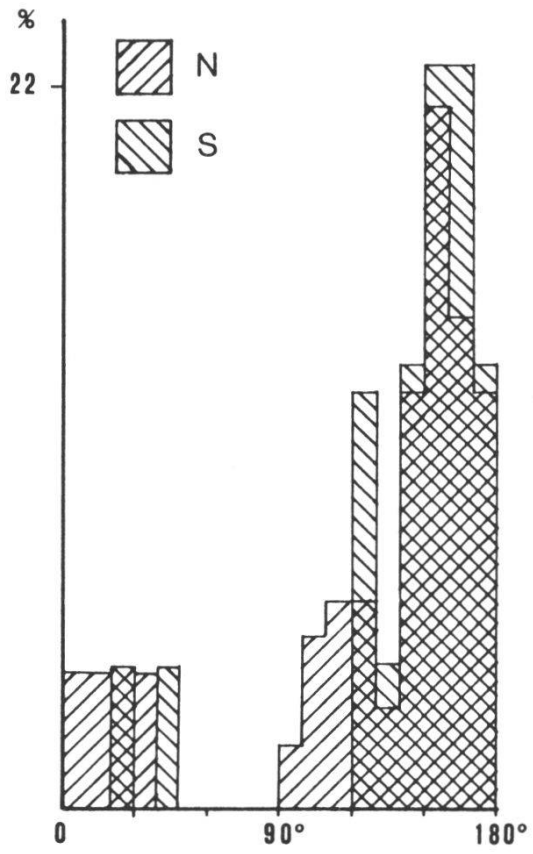

Figure 5. – Histogramme de la répartition des fractures verticales au S et au N de la Cornieule supérieure.

RELATIONS ENTRE LA FRACTURATION VERTICALE ET L'ÉCOULEMENT DES EAUX SUPERFICIELLES

En surface, la région étudiée est parcourue par de nombreux linéaments d'écoulement d'ordre mineur. Ces cheminements peuvent être soit de vraies vallées, profondément entaillées dans le monoclinal (Vanex, Larrevoin), soit de petites incisions érosives. A première vue, ils coupent les formations rocheuses sous un angle assez constant. Ceci peut être mieux compris en observant la carte topographique de la région (Aigle, 1:5000). Pour exprimer cette observation en termes quantitatifs, une "rectification graphique" du cours des incisions d'ordre mineur et des ravins les plus évidents (cartographiables) a été faite selon une version modifiée de la méthode proposée par SCHEIDEGGER (1980) pour les bassins fluviaux.

Un diagramme de fréquence d'orientation a été construit avec les mesures de direction des incisions (fig 7a). Ce diagramme indique l'existence d'une direction préférentielle d'écoulement superficiel : en effet toutes les mesures sont comprises dans le quadrant NW, où elles

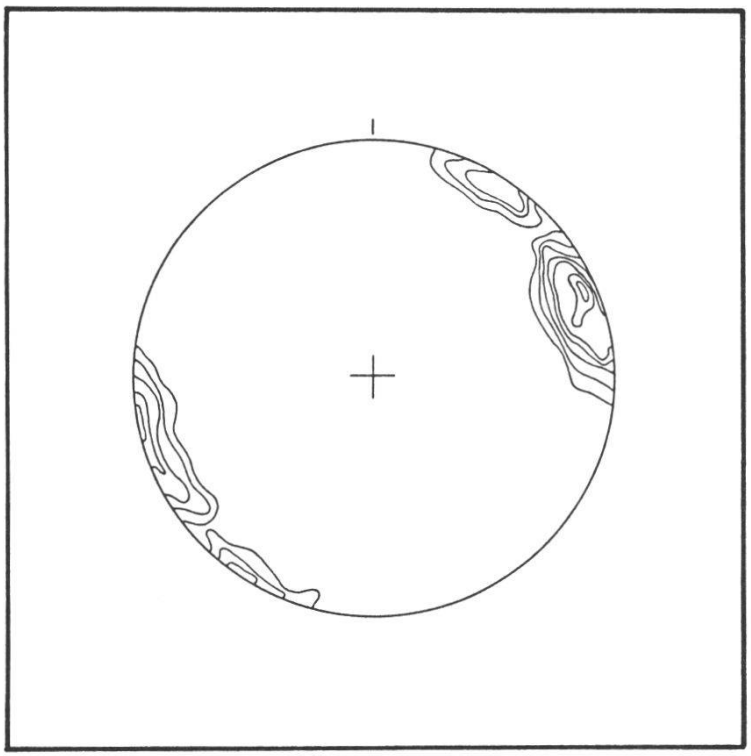

Figure 6. – Orientation des fractures avec inclinaison comprise entre 71° et 90°. Courbes d'isodensité: 3%, 5%, 7%, 10%, 12%, 17%, 18,69%, n=107. (Canevas de Schmidt, hém. inf. pôles des surfaces).

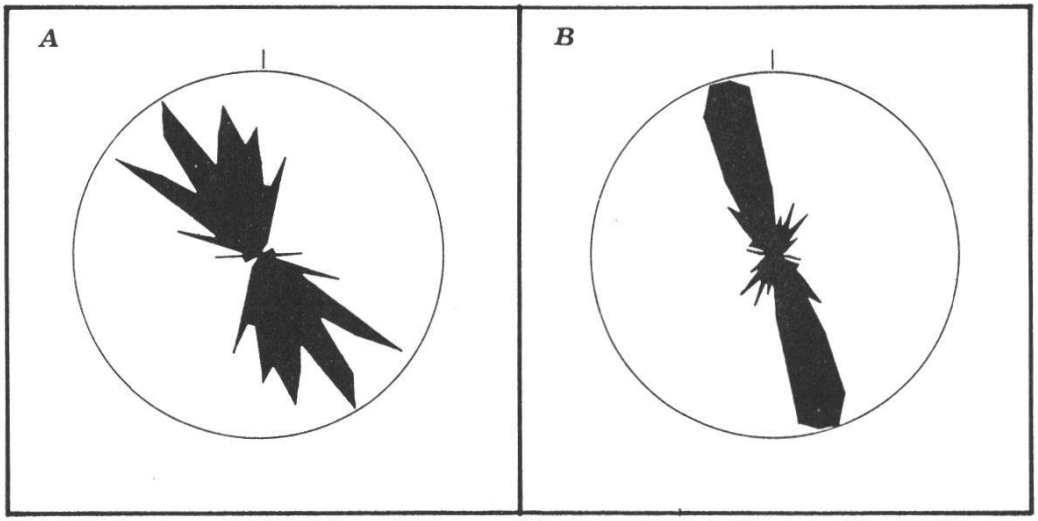

Figure 7.a. – Orientation des linéaments érosifs dans le monoclinal de la nappe des Préalpes médianes.
Rayon du cercle = 18%, n=138.
b. – Orientation des linéaments érosifs dans les affleurements de gypse du Bois de la Glaive. (Nappe Ultrahelvétique).
Rayon du cercle = 16%, n=114.

déterminent trois pics plus développés. Si l'on compare ces données à celles de la fracturation verticale (fig. 6), on observe une bonne correspondance entre les trois classes de fréquence prédominantes dans le diagramme en rosette de fig. 7a et les classes de fractures verticales marquées par les maxima de la fig. 6. Dans les deux cas, en effet, les directions les plus représentées sont : N 110°-120°E, N 140°-150°E et N 160°-170°E.

Pour les affleurements de gypse du Bois de la Glaive la même approche graphique a été tentée. Le diagramme en rosette de la fig. 7b montre l'allure (rectifiée) des incisions. Il en ressort que les directions sont localisées dans le quadrant NW à l'intérieur d'une bande très bien marquée.

DISCUSSION

D'un point de vue hydrogéologique, l'influence de la fracturation sur la circulation des eaux dans les terrains calcaires est un phénomène reconnu dans les processus de formation des grandes structures morphologiques associées à l'écoulement (vallées symétriques, conduits karstiques, etc.).

Dans les terrains calcaires, la fissuration est sûrement un des facteurs principaux affectant la perméabilité. Là où le système de fractures est bien développé, il y a de fortes probabilités que le réseau hydrologique profond, qu'il soit karstique ou d'autre nature, se superpose à ce système. Ce qui est moins évident est la relation entre fractures et évolution morphologique superficielle.

Dans l'exemple étudié une correspondance entre les directions préférentielles des incisions et celle des fractures verticales semble être démontrée (fig. 6-7a).

La rivière de la Grande Eau est l'élément drainant de première importance de la région. Elle constitue une profonde incision de direction NE-SW suivant à peu près la bande de Cornieule supérieure. Son drainage détermine une circulation d'eau bien développée dans les terrains à perméabilité élevée (aquifères) comme les calcaires compacts du Malm, de l'Hettangien, les calcaires et dolomies triasiques, etc., par l'intermédiaire de conduits karstiques ou le long de systèmes de fracture (BADOUX 1979). Il est vraisemblable que son activité de drainage est aussi responsable du développement des lignes érosives de surface imposées le long des systèmes structuraux les plus représentés.

Pour supporter les hypothèses proposées on peut invoquer trois exemples très clairs de contrôle structural sur le drainage superficiel :

a. le torrent du Vanex,
b. le torrent de Larrevoin,
c. le torrent de la Chenaudaire.

Ces trois grands cours d'eau sont imposés sur des zones de faille bien évidentes (MAURO 1986).

Dans les affleurements de gypse du Bois de la Glaive, une direction préférentielle très nette des directions d'écoulement a été observée (fig. 7b), elle aussi concordante aux directions moyennes des fractures verticales.

Ceci conduit à penser que l'évolution morphologique du gypse est contrôlée par un réseau de fractures analogue à celui de la fig. 6, développé probablement dans l'anhydrite sous-jacente dont les propriétés physico-chimiques en font une roche bien plus dure. En effet, étant donné la profondeur à laquelle se trouve cette masse d'anhydrite, les conditions de basse température et de basse pression confinante auxquelles elle est vraisemblablement soumise, suggèrent un comportement mécanique de type cassant, comme le prouveraient les observations de LAUBSCHER (1984) et les expériences de MÜLLER et BRIEGEL (1977, 1978).

CONCLUSIONS

En ce qui concerne la déformation de la région étudiée, cette étude a mis en évidence les faits suivants:

1. Existence de plusieurs systèmes de fractures (fig. 2) appartenant à quatre types principaux :
   a. fentes d'extension,
   b. fractures cisaillantes avec indicateurs cinématiques de type fibres ou stries,
   c. fractures cisaillantes sans indicateurs cinématiques particuliers,
   d. diaclases sans aucun remplissage.

Les relations d'intersection montrent que, généralement, les systèmes les plus inclinés sont les plus récents; lorsque leur origine est claire ils sont associés à une extension ou à des cisaillements horizontaux (types "a" et "b"). Les systèmes les moins inclinés seraient associés soit aux différentes phases de mise en place de la nappe, soit, lorsqu'ils sont liés aux stylolites parallèles à la stratification, aux phases distensives précoces reconnues dans ces unités (BAUD et MASSON 1976).

2. Présence d'un clivage bien développé dans les termes les plus marneux du flanc inverse du synclinal de Leysin.

Ce clivage qui coupe les couches sous un angle faible, est du type dit de dissolution (MAURO 1986).

3. Présence d'un même réseau de fractures subverticales développé dans les domaines structuraux étudiés.

4. Correspondance entre l'orientation des fractures verticales et la direction moyenne des linéaments érosifs mineurs (vallées et ravins) dans la région de la Grande Eau.

5. Dans le gypse du Bois de la Glaive, le parallélisme des directions des linéaments érosifs avec les orientations observées dans la région avoisinante permet de supposer que l'érosion est réglée par le même système de fractures verticales.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé dans la préparation de ce travail, en particulier M. Sartori, les Professeurs C. Bauchau et H. Masson qui en ont lu le manuscrit et qui m'ont donné des conseils et des suggestions très utiles. M. P. Thélin a examiné et critiqué la dernière version du travail. J. Savary m'a introduit aux secrets de ses programmes pour le traitement des données en tectonique, je lui en suis reconnaissant.

BIBLIOGRAPHIE

BADOUX H., 1979. Carte hydrogéologique du Canton de Vaud (1:25000). Notice explicative. Non publié.

BAUD A., 1972. Observations et hypothèses sur la géologie de la partie radicale des Préalpes médianes. *Eclogae geol. Helv. 65.1:* 43-55.

BAUD A. et MASSON H., 1975. Preuves d'une tectonique liasique de distension dans le domaine briançonnais: failles conjuguées et paléokarst à Saint-Triphon (Préalpes Médianes, Suisse). *Eclogae geol. Helv. 68.1:* 131-145.

LAUBSCHER H.P., 1984. Sulfate deformation in the upper triassic of the Belchen tunnel (Jura Mountains, Switzerland). *Eclogae geol. Helv. 77.2:* 249-259.

MAURO A. 1986., Etude cartographique et tectonique de la région de la Grande Eau, Aigle-VD. Institut de Géologie et Paléontologie, Université de Lausanne. Non publié.

MÜLLER W.H. et BRIEGEL U., 1977. Experimentelle Untersuchung an Anhydrit aus der Schweiz. *Eclogae geol. Helv. 70.1:* 685-699.

MÜLLER W.H. et BRIEGEL U., 1978. The rheological behaviour of Policristalline anhydrite. *Eclogae geol. Helv. 71.2:* 397-407.

SCHEIDEGGER A. E., 1980. Alpine joints and valleys in the light of the neotectonic stress field. *Rock Mechanics, suppl. 9:* 109-124.

WEIDMANN M., HOMEWOOD P., CARON C., BAUD A., 1976. Réhabilitation de la " Zone Submédiane " des Préalpes. *Eclogae geol. Helv. 69.2 :* 265 - 277.

Manuscrit reçu le 20 septembre 1987