

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles  
**Band:** 100 (1977)

**Artikel:** Fissuration et orientation des dépressions karstiques (Jura neuchâtelois / Suisse)  
**Autor:** Jamier, Daniel / Mathey, Bernard  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-89114>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# FISSURATION ET ORIENTATION DES DÉPRESSIONS KARSTIQUES (JURA NEUCHÂTELOIS / SUISSE)

par

**DANIEL JAMIER et BERNARD MATHEY**

AVEC 2 FIGURES, 1 PLANCHE ET 1 TABLEAU

---

## 1. INTRODUCTION

### *1.1. But de l'étude*

Dans un précédent travail (L. KIRALY, B. MATHEY et J.-P. TRIPET 1971), les auteurs ont démontré qu'il existait des relations entre l'orientation des galeries d'une cavité souterraine et les éléments de la structure géologique au voisinage de la cavité.

Le but du présent travail est de faire une étude analogue entre des éléments de morphologie karstique et la structure géologique, en particulier l'orientation des fissures conséquentes du plissement jurassien.

La démarche de l'étude est la suivante :

- a) On teste l'isotropie ou l'anisotropie de l'orientation des éléments de la morphologie karstique.
- b) On effectue la même opération sur les fissures de la roche pour un certain nombre d'affleurements de la région étudiée.
- c) On compare la distribution des deux ensembles étudiés sous *a* et *b*.
- d) On propose une interprétation génétique des analogies et des différences mises en évidence entre la distribution des deux ensembles.

### *1.2. Situation générale*

La région étudiée comprenait au départ les deux premières chaînes du Jura helvétique plissé du Jura neuchâtelois, entre le décrochement de la Tourne à l'ouest et l'anticlinal de Chasseral à l'est. La direction des axes des plis n'étant pas régulière, l'étude comparative a dû être limitée à l'anticlinal de Tête-de-Ran - Mont-Racine entre la Vue-des-Alpes et la Tourne, ce qui représente une surface de 18 km<sup>2</sup>, dont les quatre cinquièmes sont constitués par des calcaires du Malm. Au cœur de l'anticlinal affleurent des formations du Dogger.

## 2. ÉTUDE DE L'ORIENTATION DES DÉPRESSIONS KARSTIQUES

### 2.1. Relevé cartographique

Le terme « dépression karstique » comprend ici toutes les formes karstiques orientées qui peuvent être observées soit sur une carte topographique à grande échelle, soit sur photo aérienne : ravins, reculées, vallées sèches, cluses, alignement de dolines, dolines développées irrégulièrement, etc. Failles et décrochements, s'ils se marquent dans la morphologie, entrent également en considération.

Chaque dépression karstique est repérée puis représentée sur une carte topographique au 1:25.000 par un ou plusieurs segments de droites. Simultanément on complète le lever par un repérage photo-aérien (planche IV).

### 2.2. Etude de la répartition directionnelle des éléments karstiques

Longueur et azimut de chaque élément linéaire ont été lus au coordi-natomètre, enregistrés, puis traités numériquement à l'aide du programme ELKAL qui donne immédiatement la longueur cumulée des éléments karstiques répartis par secteur de 10°.

Les éléments étant pondérés par leur longueur, on peut alors tester l'isotropie de la répartition des éléments dans chaque secteur. Si N est la longueur totale des éléments karstiques, et que le cercle équatorial sur lequel on reporte ces derniers est divisé en K arcs égaux dont la longueur des éléments vaut  $n_i$ , on peut faire l'hypothèse que  $n_i$  est une variable aléatoire distribuée normalement autour de la moyenne  $n = N/K$ .

Le test de A. B. VISTELIUS (1966, p. 99), qui est une forme modifiée du test de STUDENT, permet de rechercher un intervalle de confiance défini par les limites  $m_1$  et  $m_2$  à l'intérieur duquel l'hypothèse de départ (isotropie de la distribution des longueurs des éléments karstiques cumulés par secteur) puisse être acceptée comme vraie.

L'anisotropie d'un secteur K sera donc d'autant plus marquée que  $n_i$  s'écarte de l'intervalle de confiance  $m_1, m_2$ .

On a

$$m_{1,2} = \frac{N (2n + t^2) \pm \sqrt{t^4 N^2 + 4t^2 Nn (N - n)}}{2 (t^2 + N)}$$

où  $t$  est la variable réduite (déviations par rapport à la moyenne exprimée en unités standards).

Si  $t = 2$ , on définit un intervalle de confiance plus grand que 97,5% ; il dépasse 99,5% si  $t = 3$ . Toute valeur s'écartant de  $m_{1,2}$  pour  $t = 3$  sera donc très fortement anisotrope.

En appliquant ce test aux éléments linéaires karstiques on obtient :

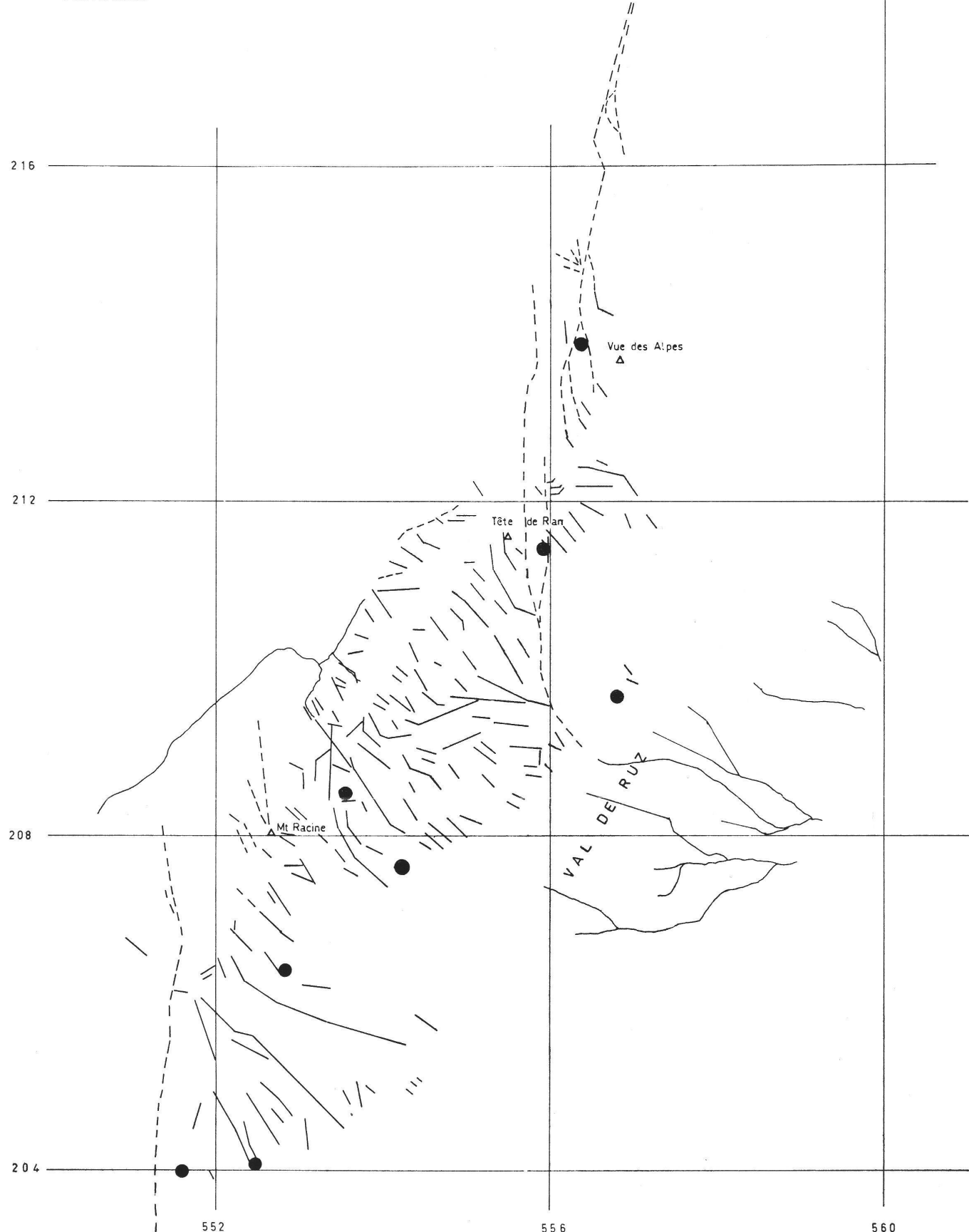
si $t = 2$	$m_1 = 5,19$ km limite supérieure
	$m_2 = 2,77$ km limite inférieure
si $t = 3$	$m_1 = 6,024$ km limite supérieure
	$m_2 = 2,37$ km limite inférieure

# ANTICLINAL DE TÊTE de RAN - M<sup>t</sup> RACINE

ORIENTATION DES DEPRESSIONS KARSTIQUES ET FISSURATION

● Station de mesure de la fissuration

--- Décrochement



Répartition des éléments linéaires karstiques et emplacement des stations de lever de la fissuration.

où  $N = 69,029$  km (longueur totale des éléments karstiques)  
et  $n = 3,834$  km (longueur moyenne par secteur de  $10^\circ$ )

*Présentation des résultats*

Les résultats du test nous permettent de distinguer un certain nombre de groupes suivant leur degré d'anisotropie (fig. 1).

FIG. 1 :  
DISTRIBUTIONS DE  
L'ORIENTATION DES  
ELKALS ET DES PLANS  
DE FISSURES

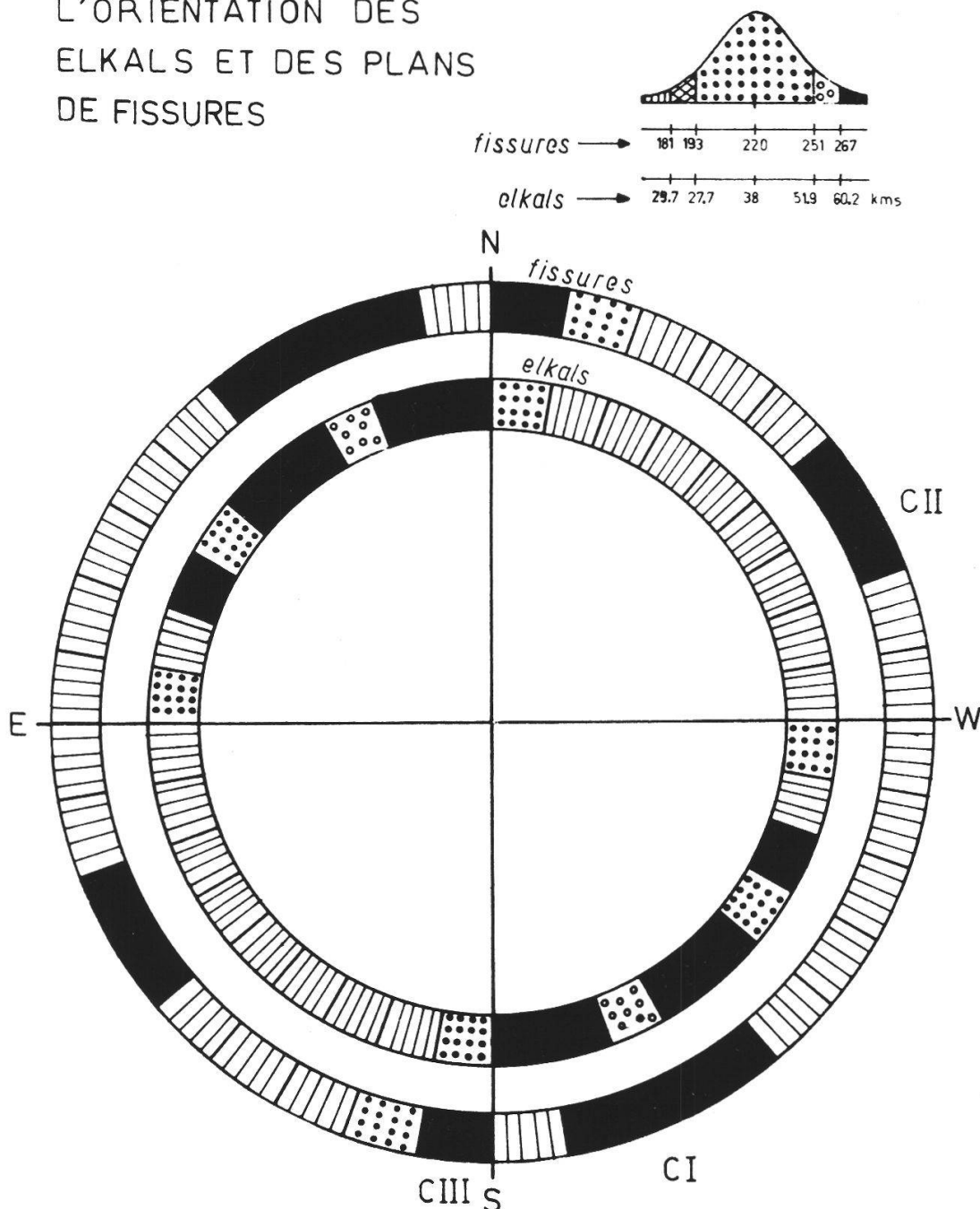


Fig. 1. Distribution de l'orientation des fissures et des éléments karstiques linéaires.  
Représentation graphique du test de A. B. VISTELIUS.

1. Zone où la fréquence des éléments karstiques est anormalement faible ;  $n_i$  est inférieur à  $m_2$  pour  $t = 3$ . On peut rejeter l'hypothèse d'une répartition isotrope.
2. Zone de transition où la densité des éléments est encore très faible ;  $n_i$  est compris entre les deux valeurs de  $m_2$  pour  $t = 3$  et  $t = 2$ .
3. Zone où la répartition des éléments peut être considérée comme isotrope ;  $n_i$  est compris entre  $m_1$  et  $m_2$  pour  $t = 2$ .
4. Zone de transition où la fréquence des éléments est très forte ;  $n_i$  est compris entre les deux valeurs de  $m_1$  pour  $t = 2$  et  $t = 3$ .
5. Zone où la fréquence des éléments karstiques est anormalement élevée ;  $n_i$  est supérieur à  $m_1$  pour  $t = 3$ . On rejettera l'hypothèse d'une répartition isotrope.

Cette distribution est représentée par la figure 1. Dans les secteurs N 130 à N 150 et N 160 à N 180, la fréquence des éléments karstiques est très élevée. Ces secteurs englobent les 53,2% de la totalité des éléments pondérés par leur longueur.

### 3. ÉTUDE DE LA FISSURATION DES CALCAIRES

#### 3.1. Mesures de terrain

La méthode utilisée pour ces levés est celle mise au point par L. KIRALY (1969), d'après L. MÜLLER (1963). Les stations de mesures, au nombre de huit, sont toutes situées dans le Malm, ensemble géologique dans lequel sont développés les éléments karstiques linéaires. En chaque station sont installées une ou plusieurs lignes de levés. Tous les éléments plans, interceptant ces lignes, sont repérés par leur direction et pendage.

#### 3.2. Méthode d'élaboration des mesures

Les éléments plans mesurés à une station sont représentés par leurs pôles sur un diagramme de Schmidt (projection équisurface, hémisphère supérieur). Les accumulations unimodales de pôles sont séparées, et pour chacune d'elles, le programme DIAC 1 calcule le pôle moyen et la fréquence réelle par unité de longueur de 10 m (d'après une technique mise au point par L. KIRALY 1969), d'après A. E. SCHEIDEGGER.

L'ensemble des pôles moyens, obtenus pour toutes les stations, est ensuite reporté sur un diagramme de Schmidt identique (fig. 2). Les concentrations unimodales de pôles moyens sont séparées après l'élimination des pôles moyens isolés.

Quatre groupes ont été distingués (fig. 2). D'après l'orientation des structures géologiques on peut également préciser la nature mécanique de chacun de ces systèmes.

FIG. 2: SYSTEMES DE FISSURES D1

hémisphère supérieur  
projection équisurface

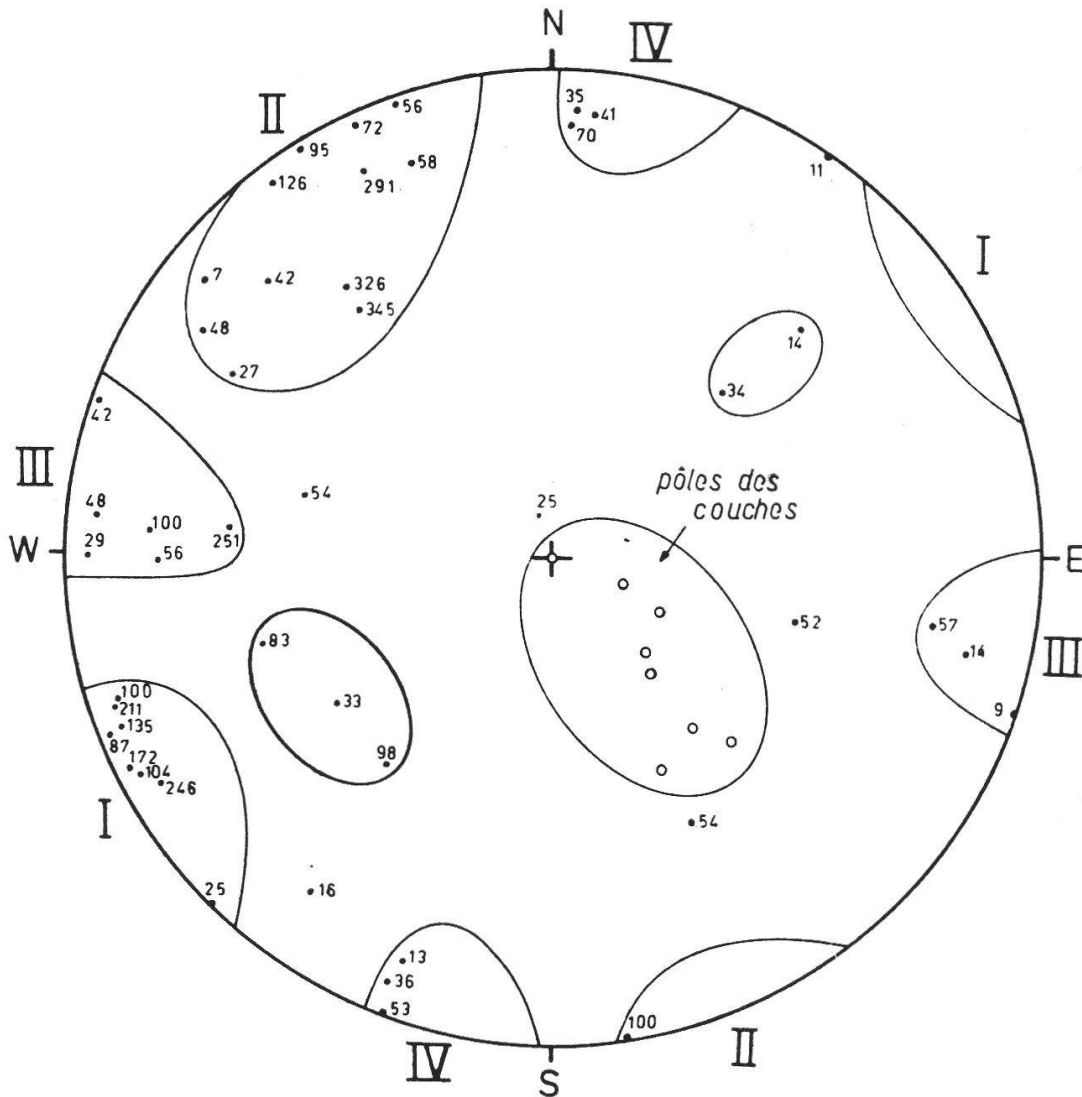


Fig. 2. Représentation des pôles moyens des fissures en groupes numérotés de I à IV. Projection équisurface, hémisphère supérieur. La fréquence par 10 mètres suivant la normale aux fissures est indiquée pour chaque pôle.

TABLEAU I

Groupe	Nature	Fréquences moyennes / 10 m
I	Tension	135
II	Tension	199
III	Cisaillement senestre	75.8
IV	Cisaillement dextre	31

Les deux systèmes prédominant par leur fréquence sont donc les tensions I et les tensions II.

### 3.3. *Présentation des résultats*

Les accumulations de pôles moyens de la figure 2 étant situés près du plan équatorial, on admettra que les plans moyens de chacun de ces groupes sont verticaux.

L'interception d'un plan moyen avec le plan équatorial est donc matérialisé par une droite.

L'anisotropie de la distribution de ces éléments linéaires, pondérés par leur longueur, a été étudiée grâce au test de VISTELIUS, comme pour les éléments linéaires karstiques.

Trois zones de concentration ont ainsi pu être distinguées (fig. 1, couronne extérieure) :

- La concentration C I correspond au système de tension I (entre N 140 et N 170).
- La concentration C II correspond au système de tension II (entre N 50 et N 70).
- La concentration C III représente le groupe des fissures de cisaillement senestre.
- Le groupe des fissures de cisaillements dextre n'est pas représenté ici.

Les stations de mesures étaient situées sur le flanc sud de l'anticlinal du Mont-Racine entre les décrochements senestres de la Tourne et de Tête-de-Ran - La Ferrière. Quatre des huit stations étaient à moins d'un kilomètre de ces derniers.

Il est donc raisonnable que la fréquence du système de cisaillement senestre soit deux fois plus forte que celle du conjugué dextre dont les manifestations tectoniques sont moins importantes.

## 4. COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS DE LA FISSURATION ET DES ÉLÉMENTS LINÉAIRES KARSTIQUES

### 4.1. *Analyse*

La zone de concentration maximum des éléments linéaires karstiques (N 130° à N 180°) correspond bien à la zone de concentration C I de la fissuration (N 140° à N 170°), perpendiculaire à l'axe des plis mais avec une extension angulaire un peu supérieure (fig. 1).

De part et d'autre (N 110°-N 130° et N 170°-N 10°), les éléments linéaires karstiques présentent encore une fréquence anormalement élevée, qui coïncide avec les directions des fissures de cisaillement. En revanche, on constate que la densité des éléments karstiques est plus forte suivant la direction des fissures de cisaillement dextre, bien que celles-ci soient moins fréquentes que leurs conjuguées senestres.

Le secteur de concentration C II, représentant les fissures de tension II parallèles à l'axe des plis, correspond à un secteur de densité anormalement faible d'éléments morphologiques. Cette absence de corrélation est un des faits marquant de cette comparaison. On tente d'expliquer ci-dessous ce résultat inattendu.

#### 4.2. *Interprétation des résultats*

Dans leur travail sur l'étude de l'orientation des galeries d'une cavité karstique (KIRALY, MATHEY et TRIPET *op. cit.*), les auteurs avaient fait l'hypothèse que le degré de karstification dans la zone noyée dépendait de l'effet conjugué de la fissuration et du vecteur de vitesse de filtration  $\vec{q}$  de l'écoulement souterrain.

L'hypothèse d'une karstification en surface, due uniquement à la fissuration telle qu'elle est faite dans cette étude, met en évidence certaines anomalies importantes.

On est donc amené à faire intervenir un facteur complémentaire analogue au vecteur de filtration  $\vec{q}$  à la surface du karst ou tout au moins dans la zone non saturée. Des facteurs physico-chimiques provoquant l'ablation karstique, la pente du terrain semble être un des éléments déterminant s'accordant avec les résultats de l'analyse comparative.

L'ablation karstique dans la zone non saturée dépendrait donc d'une part du vecteur de vitesse de ruissellement  $\vec{r}$ , lui-même dépendant surtout de la direction de la ligne de la plus grande pente du terrain et du vecteur de vitesse d'infiltration  $\vec{i}$  lié à la gravité et à l'orientation de la fissuration.

Les résultats de la présente étude s'accordent parfaitement avec cette hypothèse :

- Les fissures de tension parallèles à la chaîne anticlinale (composante de  $\vec{r}$  très petite) n'apparaissent pas dans le développement d'éléments karstiques linéaires.
- La zone de concentration des éléments karstiques linéaires (N 130-180) (fig. 1) recoupe les faisceaux de concentration des fissures de tension I (perpendiculaires à l'axe) et cisaillements dextres et senestres (composante de  $\vec{r}$  grande).

### 5. CONCLUSIONS

1. Les dépressions karstiques ne sont pas régulièrement développées dans toutes les directions. (Leur développement est anisotrope.)

2. L'orientation des dépressions karstiques est influencée par la direction des principaux groupes de fissures et par la direction de la ligne de plus grande pente du terrain.
3. Une étude ultérieure de même type mais comprenant un test de l'anisotropie des gradients de pente devrait permettre de montrer l'influence réciproque de ces deux facteurs en fonction de la morphologie générale (monoclinal, plateau karstique).

#### Remerciements

Cette étude entre dans le cadre des recherches financées par le Fonds national suisse pour la recherche scientifique.

#### Résumé

L'analyse comparée de la fissuration et de l'orientation des éléments morphologiques d'un massif karstique mettent en évidence l'importance de la fissuration dans le développement de la morphologie. L'explication de certaines anomalies oblige cependant à faire intervenir la pente du terrain qui conditionne le gradient hydraulique comme facteur complémentaire dont l'importance doit varier avec le type de morphologie.

#### Summary

Fracture analysis and analysis of the morphological features show the importance of fracturation morphogenesis. It appear also that the general dip of the topographic surface seems to be another complementary factor while conditioning the direction of the hydraulic gradient.

#### BIBLIOGRAPHIE

- KIRALY, L. — (1969). Statistical Analysis of Fractures (Orientation and Density). *Geol. Rundschau* 59 (1) : 125-151.
- KIRALY, L., MATHEY, B. et TRIPET, J.-P. — (1971). Fissuration et orientation des cavités souterraines (Région de la grotte de Milandre, Jura Tabulaire). *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.* 94 : 99-114, 5 fig.
- MATHEY, B. et SIMEONI, G. — (1972). Etude de la vitesse de circulation de l'eau dans un aquifère calcaire par essais de traçage (Bassin de la Serrière/NE). *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.* 95 : 173-180, 5 fig., 2 pl.
- MÜLLER, L. — (1963). Der Felsbau. Theoretischer Teil. 624 pp., 307 fig., 22 pl., *Stuttgart*.
- SCHEIDEGGER, A. E. — (1965.) On the Statistics of the Orientation of Bedding planes, Grain Axes, and Similar Sedimentological Data. *U.S. Geol. Survey Prof. Paper* 525-C : 164-167, 1 fig.
- SPIEGEL, M. R. — (1961). Theory and Problems of Statistics. 359 pp. (Schaum Publishing Co.).
- VISTELIUS, A. B. — (1966). Structural Diagrams. 178 pp. (Pergamon Press).