

ETUDE STRUCTURALE DU SITE KARSTIQUE DU TROU MANTO (BEN AHIN). INCIDENCE SUR UN PROJET D'EXPLOITATION DES CALCAIRES VISEENS

par

C. POPESCU¹ & J. PEL¹

(6 figures et 2 tableaux)

RESUME.- La grotte du Trou Mantô est localisée dans la bande des calcaires carbonifères de la Vallée de la Meuse (rive droite), à proximité immédiate de la faille de Boussale.

Les observations de terrain ont permis de préciser les facteurs lithologiques et tectoniques qui ont présidé aux phénomènes karstiques.

Plusieurs systèmes de joints et fractures recoupant la stratification orientent le réseau karstique, modifiant la direction ou la pente des chenaux, la largeur des zones dissoutes étant en rapport direct avec l'intensité de la fracturation des calcaires les plus riches en CaCO_3 .

Cette analyse permet de résoudre le problème de l'exploitation intensive des calcaires calcifiables viséens du site du Trou Mantô, en tenant compte de l'intérêt que présente, sur les plans géologique et écologique, la conservation de la grotte.

ABSTRACT.- "La Grotte du Trou Mantô" is developed in a band of Carboniferous limestones in the Meuse Valley (right bank). It is very close to the Boussale fault.

Lithologic and tectonic controls of the karst development were determined by field studies. Several systems of joints and fractures cut the strata, orienting the cave network, modifying the direction or gradient of channels. The extent of dissolution is directly related to density of fracturing within the zones of limestone that are richest in CaCO_3 .

This analysis allows us to resolve the problems posed by intensive commercial exploitation of the calcifiable limestones at Trou Mantô, taking into account geological and ecological desires to conserve the cave.

1.- INTRODUCTION

Une grotte dont l'intérêt scientifique-géologique, minéralogique ou biologique - est incontestable, constitue un patrimoine naturel qu'il convient de protéger ou de classer. Toutefois, lorsque la cavité karstique est située dans des couches de calcaires calcifiables dont l'intérêt économique a été reconnu par le législateur, un compromis entre les intérêts scientifique et économique doit être recherché : la grotte du Trou Mantô en est un exemple spécifique et d'actualité.

Les observations de terrain ont permis de préciser les facteurs lithologiques et tectoniques qui ont présidé aux phénomènes karstiques, de saisir l'influence de l'exploitation des massifs calcaires sur la grotte et la circulation des eaux et d'en déduire une méthode d'exploitation assurant la conservation de la grotte.

2.- SITUATION GENERALE

a) Géographique

La grotte du Trou Mantô (fig. 1) est localisée dans le versant E du ruisseau de Solières, qui se jette dans la Meuse entre Andenne et Huy (rive droite).

Ses deux orifices, dénommés Trou Mantô et Saint Etienne, sont situés à 45 - 50 m au-dessus du niveau de la rivière. La grotte fait partie d'un site où les phénomènes karstiques contrôlant la circulation des eaux souterraines et superficielles sont particulièrement abondants.

¹ Laboratoires de Géologie Générale et Appliquée, Faculté des Sciences Appliquées, Université de Liège.

LEGENDE

- TM Projection à la surface de la zone de Grotte Trou Manto
- ST.ET TM. Entrée Trou Manto
ST.ET. Entrée Saint Etienne

⋯ Vides karstiques dans le lit du ruisseau

o Grottes

A Site de Longue Vâ

B Site du Trou Manto

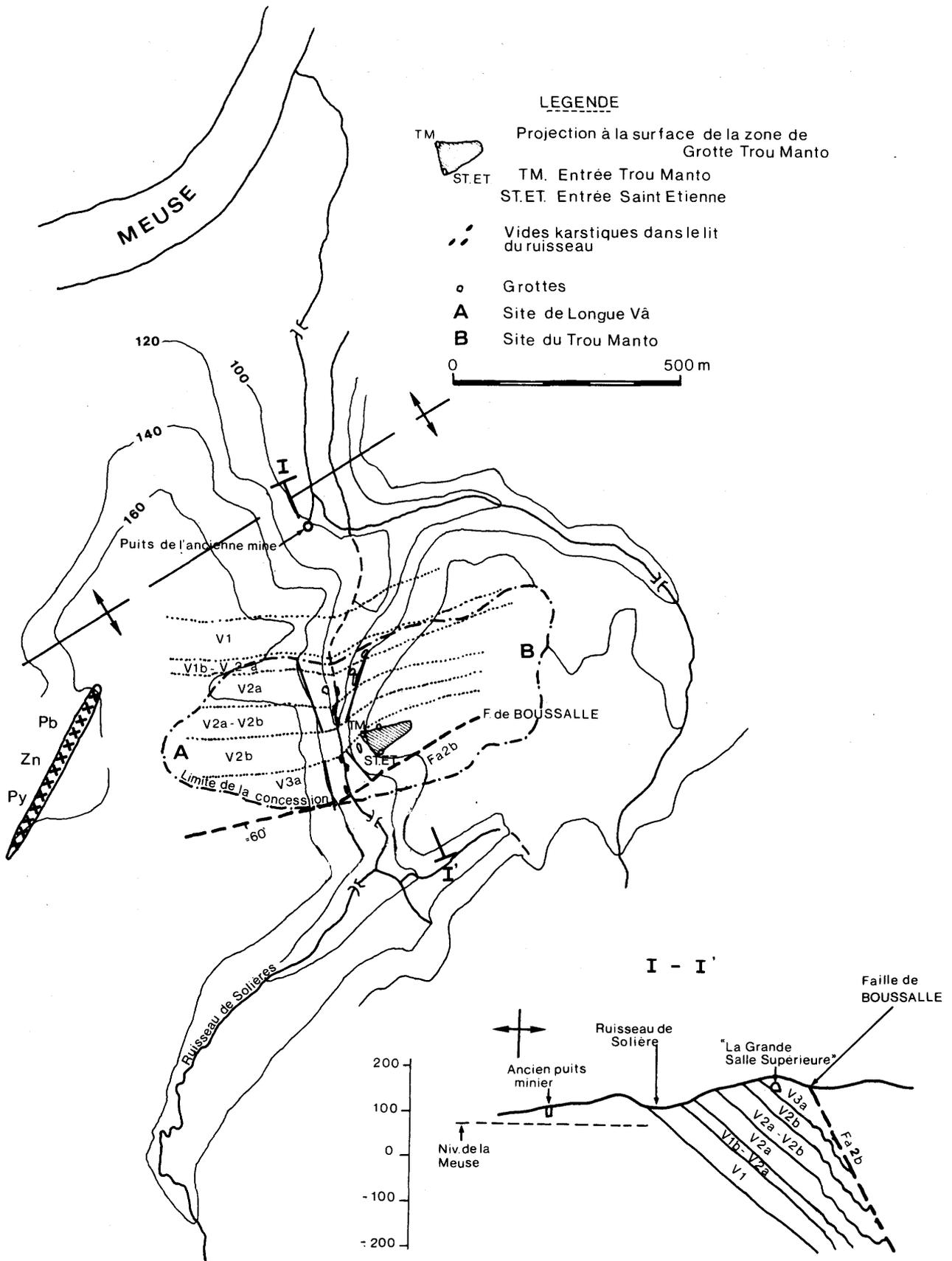


Figure 1

b) Géologique

Localisée dans la bande des calcaires carbonifères de la vallée de la Meuse, elle fait partie des calcaires viséens du flanc sud de l'anticlinal de Lovegnée.

Au voisinage de la grotte, passe la faille de Boussale de direction N/50°/E et de pendage 60° S.E., mettant en contact les roches arénacées du Famennien (Formation de Montfort) orientées NE/SW - 60° S et les calcaires du Viséen de même orientation mais de plus faible pendage (35° à 60° S).

Comme nous le montrerons dans l'analyse structurale, les épontes de la faille de Boussale, psammites comme calcaires, sont intensément tectonisées, les calcaires étant de plus affectés de plis secondaires.

La brèche de faille, d'une épaisseur de 30 à 40 m, facilite le passage des eaux souterraines, des psammites aux calcaires.

3.- INFLUENCE DE LA LITHOLOGIE SUR LE DEVELOPPEMENT DES PHENOMENES KARSTIQUES

Rappelons brièvement la nature lithologique des calcaires du Viséen au site du Trou Mantô (du Nord au Sud) :

- V_{1b} : calcaires organoclastiques fins, dolomités et quartzifères, et calcaires cryptocristallins clairs
- V_{2a} : calcaires massifs, clairs, oolithiques et cryptocristallins à veinules calcitiques
- V_{2a} - V_{2b} : transition comportant des calcaires clairs - s'apparentant aux couches V_{2a} - alternant avec des calcaires organoclastiques peu dolomités à la base, dolomitiques et microquartzifères au sommet
- V_{2b} : calcaires organoclastiques plus ou moins dolomités et microquartzifères à lits de cherts
- V_{3a} : calcaires cryptocristallins ou grumeleux très clairs sans dolomie ni quartz.

Ce sont les calcaires en bancs particulièrement épais - 1 à 4 m - de la base du V_{3a} qui contiennent la cavité du Trou Mantô : celle-ci s'y enfonce en direction E de 50 m environ, sur une distance horizontale de 90 m.

Les calcaires de teinte beige et plus ou moins recristallisés (biosparites ou biomicrites pures) sont

constitués par :

1. de la micrite (< 20 μ) : 15 à 30 0/o
2. de la microsparite (20 - 60 μ) : 10 à 20 0/o
3. de la sparite (60 à 250 μ) : ≥ 50 0/o
4. quartz de substitution ou détritique : < 1 0/o.

L'extension vers le N des phénomènes karstiques est arrêtée par les calcaires à sédimentation rythmique du V_{2b}, présentant une légère recristallisation, avec début de silicification et de dolomitisation. De couleur gris-foncé, ils contiennent 5 à 10 0/o de quartz (4 à 7 0/o de quartz cryptocristallin de substitution, le reste - 1 à 3 0/o - de quartz détritique).

Quelques cavités karstiques de petites dimensions existent dans les calcaires V_{2a} et V_{2a-b} qui ressemblent par leur couleur claire et leur faible teneur en quartz et en argile aux calcaires du V_{3a} mais en diffèrent par leur nature oolithique. L'extension de ces cavités est limitée vers le bas par les calcaires foncés V_{1b}, semblables aux calcaires V_{2b}. Dans le lit du ruisseau de Solières, nous avons observé une série de puits et galeries karstiques localisés également dans les mêmes niveaux de calcaires les plus purs. En décembre 1978, les eaux du ruisseau disparaissaient dans le V_{2a} supérieur.

Il est donc manifeste que les calcaires les plus purs du Viséen - V_{2a} - V_{2a-b} et plus spécialement V_{3a} - ceux-là même qui par leur teneur très élevée en CaCO₃ sont intensivement exploités pour l'industrie chaufournière - contrôlent particulièrement bien le développement des phénomènes karstiques.

Les calcaires du Viséen V_{1b} et V_{2b}, hétérogènes du point de vue minéralogique, sont, par leur teneur élevée en silice (quartz détritique ou lits de cherts), plus résistants à la dissolution. C'est aussi pour la même raison que leur valeur économique est très faible.

4.- INFLUENCE DE LA TECTONIQUE SUR LE DEVELOPPEMENT DES PHENOMENES KARSTIQUES

D'après le lever topographique de VANDERSLEYEN, repris à l'Atlas des Grottes de Belgique, l'ensemble karstique du Trou Mantô se compose de :

1. un conduit septentrional - entrée principale dite Trou Mantô - de direction générale E-SE.
2. un conduit secondaire situé à 50 m au Sud - entrée dite Saint Etienne - d'orientation générale N.E.

3. La "Grande Salle Supérieure" située à l'intersection des deux conduits précités et à quelques mètres sous le niveau des entrées.
4. à l'extrémité N.E., le "Puits", la "Salle du Puits" et les "Galeries de Fond", ces dernières situées 50 m plus bas que les conduits d'entrée.

L'observation directe, là où elle est possible, montre que l'activité karstique s'est surtout développée dans les discontinuités tectoniques.

Il convenait toutefois d'en vérifier le bien-fondé pour l'ensemble de la grotte par l'analyse comparative des directions principales du karst avec celles des discontinuités sédimentaires (stratification) et tectoniques (joints, failles, ...) dans les parties occidentale et centrale, où les dénivellées sont très faibles. Les directions du karst ont été établies d'après le lever topographique déjà cité et les discontinuités tectoniques, par un lever structural minutieux.

LES DIRECTIONS DU KARST

L'orientation du réseau karstique est contrôlé par six directions principales (fig. 2 et 3), de proportions variables (tab. 1).

Les deux orientations a et b sont dominantes dans les conduits d'entrée, dont la jonction se réalise par le biais des directions c et d, de moindre extension. Les directions a, b, c et d représentent 79 % de l'ensemble du réseau karstique. Si, par ailleurs, on calcule les valeurs par tronçon de chacune des directions, on obtient pour a, b, c et d des pourcentages moyens compris entre 2,16 % et 5 %, pour e et f, 1,1 % à 1,66 % ce qui démontre la validité d'application de la méthode à l'ensemble du réseau karstique dans un massif tectoniquement homogène puisque les tronçons les plus longs correspondent, d'une manière générale, aux directions les mieux représentées.

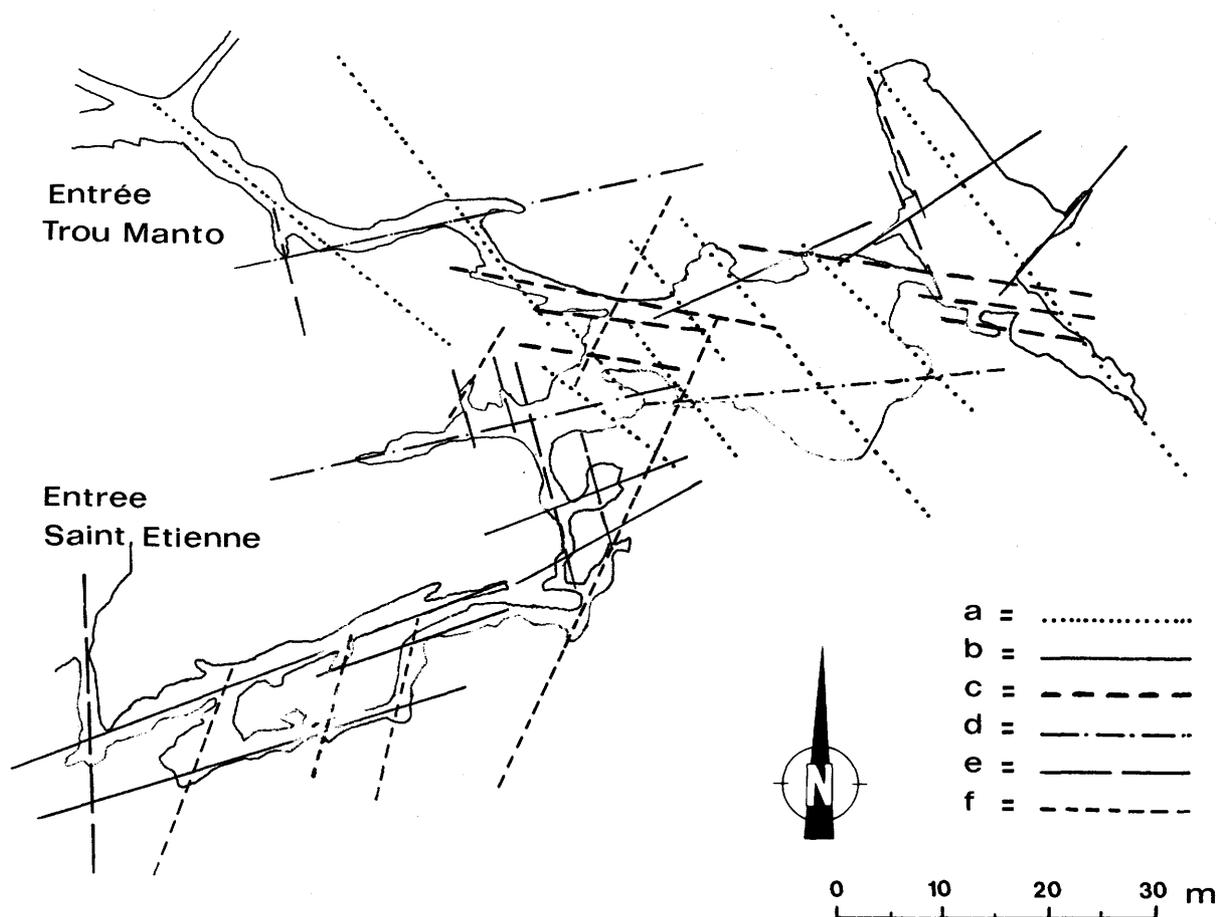


Figure 2.- Directions du réseau karstique.

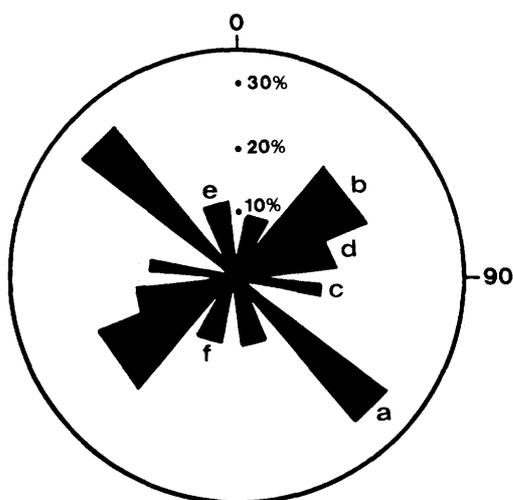


Figure 3.- Orientations des chenaux karstiques et leurs pourcentages

LES DISCONTINUITES

Malgré l'allure générale monoclinale des formations, la structure tectonique est quelque peu compliquée par la faille de Boussale. Parmi les nombreuses discontinuités tectoniques mesurées sur le terrain et reportées en diagramme polaire (fig. 4), il est possible d'y distinguer un premier ensemble de longitudinales (L), diagonales (droites Dd et gauches Dg) et transversales (T) appartenant à une phase principale du plissement hercynien, et un second ensemble de diagonales

(D 1d et D 1g) et de longitudinales inverses (Li) appartenant probablement à une étape de la même phase. L'absence quasi totale de remplissage des failles et fractures a facilité la circulation des eaux et la formation du karst.

La stratification joue un rôle important par sa fréquence élevée (1 à 3 m dans le conduit Saint-Etienne; 2 à 4 m dans le conduit Trou Mantô, à la base du V3a) et sa "réactivation" tectonique due à la faille de Boussale, se traduisant par de nombreux glissements banc sur banc qui résultent de la formation de plis secondaires et de mouvements d'étirement dans le massif chevauché.

CORRESPONDANCE ENTRE LES DIRECTIONS DU KARST ET LES DISCONTINUITES

Le tableau 2 donne la correspondance entre les différentes discontinuités sédimentaires et tectoniques et les directions dominantes du réseau karstique, avec la valeur de l'écart moyen. Nous y avons inclus dans ce tableau l'intensité de fracturation i_f (1) (VIALON, RUHLAND, GROLIER, 1977), indicatrice du développement des dissolutions en prenant l'échelle suivante :

- i moyenne (M) = 0,1
- i forte (Ft) = 5 à 10

(1) $i_f = F_f/F_c$ F_f = fréquence des fractures; F_c = fréquence des couches.

Tableau 1.- Orientation des chenaux karstiques

Sigle	Direction	Taux	Localisation
a	N/127° à 140°/E	29%	Trou Mantô
b	N/40° à 68°/E	22%	Saint-Etienne
c	N/96° à 100°/E	13%	Saint-Etienne
d	N/68° à 83°/E	15%	Zone centrale
e	N/337° à 357°/E	11%	Intersection des 2 conduits d'entrée
f	N/15° à 30°/E	10%	

Tableau 2.- Intensité de la fracturation et fréquence de la stratification

Discontinuités		if (St-Etienne)	if (Trou Mantô)	Direction karstique	Ecart moyen
Dg	N/5° -20°/W - 75°-85°W	Cf	> Ft à Cf	e	0,5°
Dd	N/45°-55°/W - 67°-88°NE	Cf	< Fb	a	3,5°
T	N/30°-35°/W - 78°-80°NE	Cf	> Ft à Cf		
L	N/40°-60°/E - 60°-85°NW	M à Fb	> M	b	4°
D1g	N/ 5° /W - 80°E	M	< Fb		
D1d	N/70°-80°/W - 70°-77°NNE	Ft à Cf	< Cf	c	7°
Li	N/ 45° /E - 32°NW	M	< Cf		
S	N/60°-80°/ -30°-80°SSE	0,3-1/m (fréquence)	0,25-0,5/m	d	5,5°

- clivage de fracture (Cf) : 20 à 50
- fractures et failles avec broyage : (Fb) (2) : 50 à 100.

On constate que :

1. les directions dominantes du réseau karstique (sauf cas de f) correspondent particulièrement bien avec certains types de discontinuités, l'écart moyen variant entre 0,5° et 7° : Trou Mantô D 1d, D 1g, Dg et Li (fig. 5); Saint-Etienne Dd, T et L (fig. 6).
2. les phénomènes de dissolution se sont développés le long des discontinuités tectoniques là où l'intensité de fracturation était maximale (Cf et Fb) et/ou le long de la stratification lorsque sa fréquence était élevée; accessoirement, à l'intersection de discontinuités tectoniques (direction f, à l'intersection des joints T, D 1g et Dd).

5.- CONCLUSIONS

Les phénomènes karstiques de quelque ampleur sont localisés dans les calcaires calcinables du V3a et dans une moindre mesure dans ceux du V2a. En revanche, ils sont absents dans les calcaires siliceux et/ou dolomitiques du V2b et du V1b.

(2) Fb introduite par nous pour tenir compte des particularités tectoniques du site.

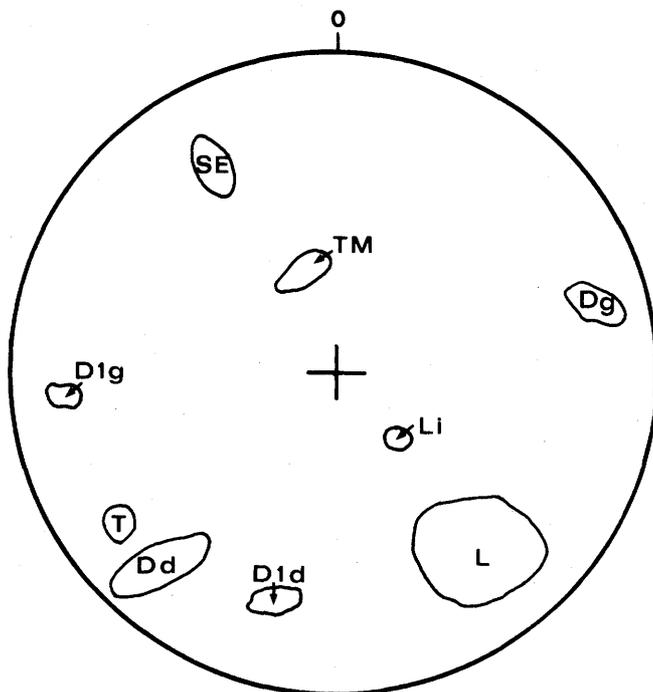


Figure 4.- Maximas polaires des discontinuités

stratification : TM - dans le conduit Trou Mantô
SE - dans le conduit Saint-Etienne
fractures : diagonales, Dd, Dg, D 1d, D 1g
transversales, T
longitudinales, L, Li.

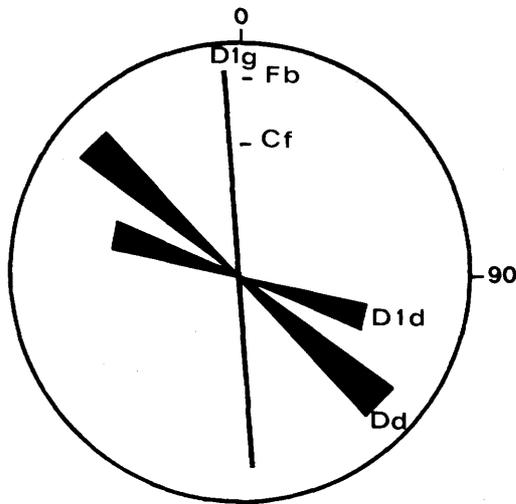


Figure 5.- Orientation des principaux systèmes de joints et failles dans le conduit Trou Mantô et intensité de fracturation.

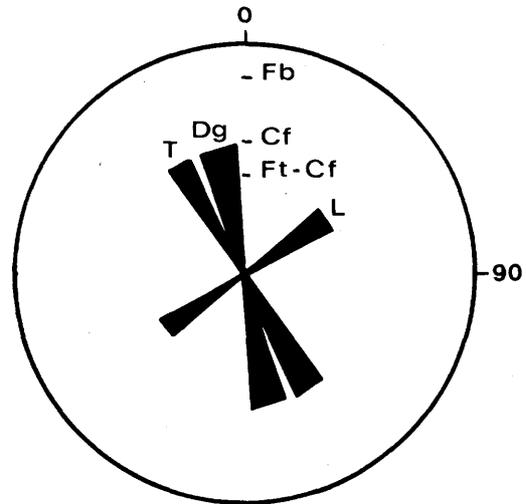


Figure 6.- Orientation des principaux systèmes de joints et failles et intensité de fracturation dans le conduit Saint-Etienne.

De même, plusieurs puits et chenaux localisés dans les V_{3a} et V_{2a} évacuent, pendant une partie de l'année, la totalité du débit du ruisseau de Solières. La géométrie du réseau karstique y est directement fonction de la tectonique cassante représentée par des joints ou des fractures parfois exagérées en failles.

De l'entrée de la grotte jusqu'à la Grande Salle Supérieure, le karst s'est développé le long des discontinuités tectoniques ou à leur intersection là où l'intensité de fracturation était maximale.

Au-delà et jusqu'au niveau hydrostatique actuel, la dissolution s'est développée verticalement en atteignant le sommet du V_{2b} grâce aux différents types de discontinuités et tout particulièrement Dd, L et D 1d.

Les analyses lithologique et tectonique permettent donc de définir une méthode d'exploitation des calcaires calcinables en garantissant la grotte par un

massif de protection d'une cinquantaine de mètres d'épaisseur (V_{2b} au N, V_{3a} à l'E) et par un plan de tir (qualité et quantité d'explosifs, choix des microretards, ...) tenant compte, selon leur position, des discontinuités qui joueront partiellement le rôle d'écran à la propagation des ondes de choc d'autant que, dans le massif de protection, la fracturation de leurs éponges en atténuera les effets.

BIBLIOGRAPHIE

VANDERSLEYEN, Paul. Atlas des Grottes de Belgique (1ère partie), Centre National de Recherches Scientifiques Souterraines.

VIALON, P., RUHLAND, M. & GROLIER, J., 1976. Eléments de tectonique analytique, Ed. Masson, Paris.

