



rassegna speleologica italiana

Organo ufficiale di stampa dei Gruppi Grotte Italiani
e della Società Speleologica Italiana

Direzione e Redazione: **Salvatore Dell'Oca** (direttore responsabile)
Via Mentana 22, - Como

Amministrazione: **Rodolfo Pozzi**
Via Diaz, 36 - Como

Consiglio di Redazione: **A. Binda**
A. Cigna
L. Boldori
V. Fusco
C. Conci
M. Pavan
A. Sartorio
R. Tomaselli

- (6) G. TREBBI, *Fenomeni Carsici nei Gessi del Bolognese - La Risorgente dell'Acqua Fredda*, «Giorn. di Geol.», Annali del R. Museo di Geologia di Bologna, Serie 2^a, Vol I, 1926.
- (7) L. FANTINI, *Le Grotte Bolognesi*, Tip. Combattenti, Bologna, 1934.
- (8) G. BADINI, *Attività del Gruppo Speleologico*. Boll. Sez. di Bologna del C.A.I., 1960, n. 1.
- (9) G. BADINI, *Attività del Gruppo Speleologico*. Boll. Sez. di Bologna del C.A.I., 1960, n. 3.
- (10) G. BADINI, *Attività del Gruppo Speleologico Bolognese dal 1956 al 1960*. Atti del Conv. della S.S.I. di Finale Ligure, 1960.

CAMILLE EK

LA GENESE D'UNE CAVITE POLYCYCLIQUE
LA GROTTA SAINTE ANNE A TILFF

ABSTRACT

Sainte Anne Cave opens in the Ourthe valley; it consists of five superposed passage-ways.

These nearly horizontal galleries were successively hollowed out by the streamlet which is now running in the lowest stage.

In an attempt to a genetic view on the hollowing of the cave, the following features are pointed out:

- 1) the smooth gradient of the longitudinal profiles of the galleries, owed to backward erosion;
- 2) the relations between the levels in the cave and the fluvial terraces of the valley;
- 3) the lack of balance between the remnants of phreatic features and the traces of the vadose work, the latter strongly prevailing;
- 4) the effects of the polycyclic erosion waves on the way of the subterranean stream.

The Author concludes that Sainte Anne Cave appears as a type of polycyclic cave, due to the backward erosion of a streamlet tending to the establishing of a graded profile; this development was interrupted by the erosion waves of the main surface river which caused, at every cycle, a sudden driving down of the streamlet.

RESUMÉ

La grotte étudiée, située à flanc de vallée, présente cinq couloirs superposés.

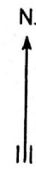
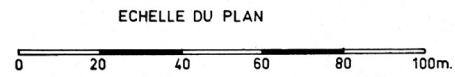
Ces conduits ont été creusés successivement par le ruisseau qui occupe maintenant l'étage inférieur.

Dans un essai de morphogénèse, l'Auteur étudie successivement:

- 1) le profil longitudinal des galeries, que l'Auteur considère comme formées par érosion régressive;
- 2) les relations entre les niveaux des étages de la grotte et les terrasses fluviales de la vallée de l'Ourthe;
- 3) la proportion des traces de l'activité « phréatique » et de l'activité « vadose », cette dernière prédominant très fortement;
- 4) les effets sur le trajet de l'eau souterraine des reprises d'érosion cycliques.

En conclusion, la grotte Sainte Anne apparait comme un type de grotte polycyclique, formée par érosion régressive d'un ruisseau tendant à l'établissement d'un profil d'équilibre, cette évolution étant interrompue lors des reprises d'érosion cycliques de la rivière épigée.

LA GROTTESAINTE ANNE A TILFF



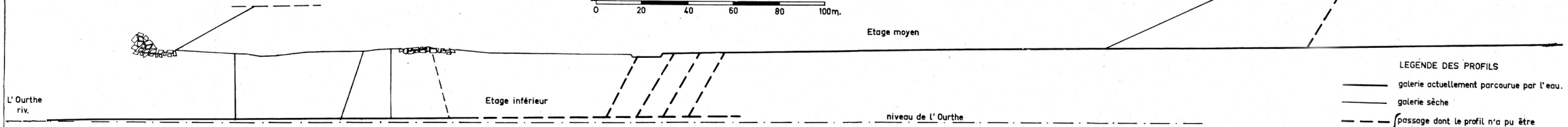
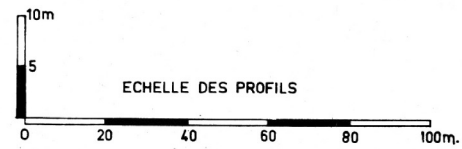
PLAN DE LA PARTIE AMONT DE L'ETAGE SUPERIEUR

A et A' représentent le même point. B est à la verticale de B'

PLAN DES ETAGES MOYEN ET INFERIEUR

en pointillé: l'étage inférieur

PROFILS DES GALERIES



LEGENDE DES PROFILS

- galerie actuellement parcourue par l'eau.
- galerie sèche
- - - passage dont le profil n'a pu être levé avec précision.

L'Ourthe riv.

LOCALISATION

50° 34' 45" lat. N.; 5° 33' 22" long. E. Greenw.; alt. entrée: 91 mètres au-dessus du niveau de la mer. Commune de Tilff. Province de Liège, Belgique.

A une quinzaine de kilomètres au Sud de Liège se trouve une grotte très connue, bien qu'elle ne soit ni très longue ni remarquablement jolie.

C'est la grotte Sainte Anne à Tilff. Son entrée se trouve dans une carrière, presque au bord de la route qui longe l'Ourthe à cet endroit.

C'est l'exploitation de la carrière qui, à la suite d'un coup de mine, mit à jour en 1837 l'entrée de la cavité. Celle-ci est formée d'une superposition de longs couloirs à peu près horizontaux. Un ruisseau parcourt la grotte, et se jette dans l'Ourthe, au bord de laquelle se trouve sa résurgence.

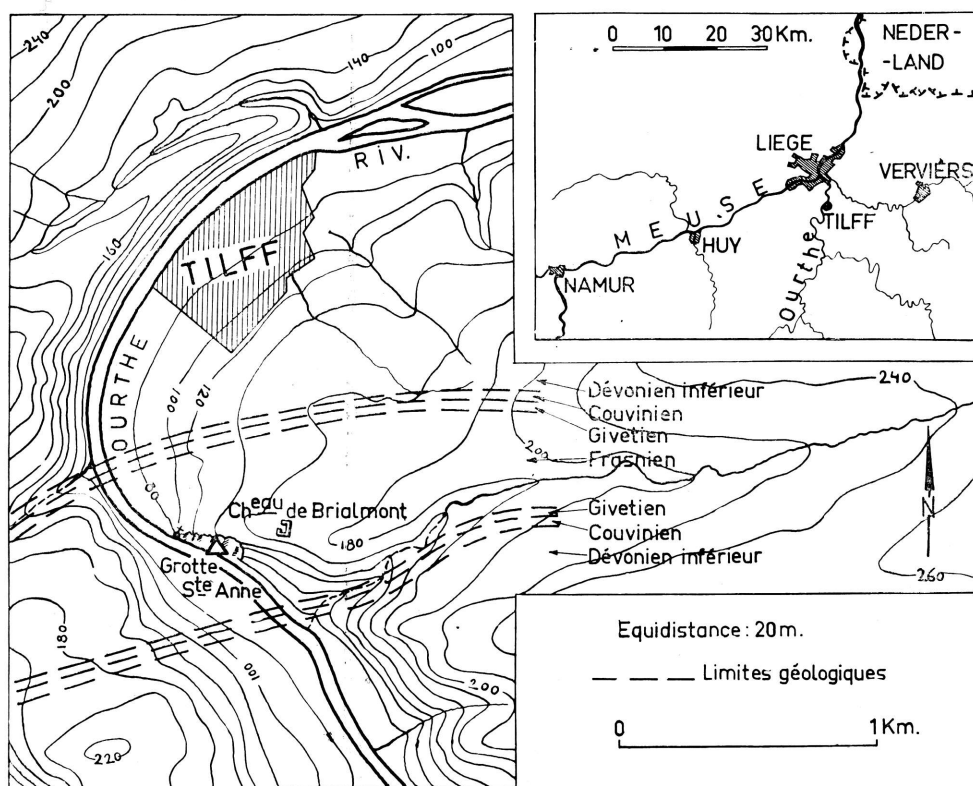


Fig. 1 - Situation de la grotte Sainte Anne.

SITUATION TOPOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

La grotte s'ouvre dans le versant de rive droite de l'Ourthe (fig. 1). Le flanc de la vallée, sapé par l'Ourthe, est très escarpé en cet endroit.

La carrière dans laquelle débouche la grotte est creusée dans les bancs massifs du calcaire frasnien (Dévonien supérieur). Le calcaire frasnien forme en effet un large synclinal d'orientation Ouest-Est, bordé par les formations du Dévonien moyen et inférieur, surtout gréseuses et schisteuses.

La direction générale de la grotte est Ouest-Est, parallèle à la direction des couches.

Le pendage est de l'ordre de 70°, et les conduits superposés sont tous établis dans le même ensemble de bancs (fig. 4).

Dans le sol du plateau qui domine l'Ourthe s'ouvre une petite grotte, située juste au-dessus de la grotte Sainte Anne. C'est la grotte de Brialmont dont la genèse est étroitement liée à celle de la grotte Sainte Anne.

LES « ETAGES » DE LA GROTTTE

La grotte Sainte Anne est formée par la superposition de trois couloirs à pente faible et parallèles entre eux: l'étage inférieur est parcouru dans toute sa longueur par un affluent de l'Ourthe; l'étage moyen est aussi parcouru par l'eau dans sa partie amont; l'étage supérieur est en très grande partie sec (fig. 2).

L'eau qui parcourt la grotte provient du ruisseau de la Chaweresse, qui s'engouffre sous terre non loin de la cavité (fig. 3, A).

Au-dessus des trois étages, et parallèlement à eux s'allonge la grotte de Brialmont. Elle était formée jadis de deux étages, mais ne forme plus qu'une haute galerie unique, par suite de l'effondrement du plancher du couloir supérieur, dont les débris jonchent maintenant le sol de l'étage sous-jacent.

Le développement des étages des deux grottes est presque exclusivement longitudinal: peu de salles, nulle salle large, peu de diverticules importants.

Chacun des étages des grottes Sainte Anne et de Brialmont s'avère ainsi faire partie des « cavités à développement longitudinal » de la classification de Segre (1948⁽¹⁾) et Nangeroni (1958).

Mais, au sein de cette unité de caractères, il faut distinguer ce qui, dans la morphologie actuelle, particularise chacun des étages.

a) *Le conduit inférieur*: d'une largeur partout inférieure à deux mètres, de hauteur très variable, en plus d'un point inférieure à un mètre, l'étage inférieur est un long boyau en pente très faible, dans lequel le ruisseau souterrain dépose des alluvions sableuses et limoneuses. Ce conduit débouche dans l'Ourthe au niveau même de la rivière, dans laquelle se jette le ruisseau souterrain; aussi, en période de crue, ce couloir est-il complètement sous eau. Des fissures très irrégulières, résultant de l'élargissement de joints de stratification, relient ce conduit à l'étage moyen. Les étages superposés se sont formés dans un même plan, parallèle au plan de stratification; le rôle des diaclases est très mineur; c'est ce qu'a observé aussi, dans un autre type de grottes, Finocchiaro (1958).

b) *L'étage moyen*: s'ouvrant dans l'ancienne carrière Sainte Anne, l'étage moyen est un couloir de 625 mètres de long, à peu près horizontal. Le couloir est à sec sur les deux cents premiers mètres à partir de l'entrée, mais, au delà, un ruisseau le parcourt; c'est ce ruisseau qui se jette dans l'étage inférieur. La galerie est ici beaucoup plus spacieuse, d'une largeur moyenne de cinq mètres, haute par places de plus de six mètres; en d'autres endroits, par contre, la galerie a conservé une section elliptique et n'est guère haute que d'un mètre ou deux. Les concrétions, sans être absentes, sont relativement rares et d'un volume total assez modeste. Les alluvions, par contre, tapissent le sol à peu près partout, alluvions limoneuses, sableuses, et par endroits caillouteuses. Ces alluvions existent jusqu'à la sortie de l'étage moyen, témoignant de l'ancien passage de l'eau dans la partie aval, maintenant asséchée du fait de la descente des cours d'eau dans l'étage inférieur.

c) *Les galeries supérieures*: au-dessus de l'étage moyen, et en relation avec lui par des puits et des fissures parallèles à la stratification, se trouvent plusieurs galeries dont la mieux développée se trouve à dix mètres au-dessus de la section amont de

(1) Voir les références bibliographiques *in fine*.

l'étage moyen. Ces passages sont encombrés par de nombreuses concrétions, d'autant plus nombreuses que l'on est plus haut. Le sol s'étant fissuré ou effondré en plusieurs points, il est impossible de faire une coupe précise ou de retrouver un dépôt alluvial permettant de vérifier si cet étage a bien été formé comme les deux inférieurs par un cours d'eau coulant vers l'Ourthe.

d) *La grotte de Brialmont*: au-dessus des galeries de la grotte de Tilff, deux autres galeries se sont encore développées, mais il n'y a pas actuellement de passage praticable à l'homme entre les deux grottes. Cependant la grotte de Brialmont s'oriente parallèlement à la grotte Sainte Anne et s'est développée, au-dessus d'elle, dans les mêmes bancs de calcaire frasnieux. La grotte était jadis formée de deux couloirs superposés; l'effondrement du plancher naturel qui les séparait en a fait une seule galerie.

L'abondance extrême des concrétions fait que l'on peut se demander si ce n'est pas leur poids qui est à l'origine de l'effondrement du mince plancher calcaire, et d'autre part, si l'extrémité aval de la grotte de Brialmont n'est pas un simple « rideau » stalactitique derrière lequel se trouve la continuation d'un long couloir (2).

SPELEOGENESE

L'existence d'une série de couloirs superposés et parallèles ne laisse pas de doute sur le mode de formation de la grotte: celle-ci est due à l'action d'un cours d'eau s'enfonçant progressivement sous terre. C'est ce qu'avaient déjà vu Martel, Van den Broeck et Rahir lorsqu'ils écrivaient en 1910 que les couloirs de la grotte de Tilff s'étaient formés « suivant la loi d'enfouissement progressif des eaux au sein des massifs calcaires ».

Il reste cependant à savoir comment le creusement a produit les longs couloirs presque horizontaux de la grotte, à quels moments se sont développés les étages successifs, quelle est la part du travail « phréatique » par rapport au creusement « vadose » et suivant quels processus s'est opéré le passage d'un étage à l'autre.

C'est à chacune de ces quatre questions que les quatre paragraphes suivants s'attachent à apporter une contribution.

1) *Le profil en long des galeries.*

Le premier trait fondamental des galeries de la grotte de Tilff est de présenter une pente très faible et très régulière. La pente moyenne de l'étage moyen est d'environ 0,70 pourcent; celle de l'étage inférieur est de moins de 0,50 pourcent; ces pentes sont remarquablement continues dans les sections de galeries actuellement parcourues par l'eau; la pente est plus irrégulière dans les endroits asséchés de longtemps, où les éboulements et les dépôts récents altèrent le profil primitif. Dans les étages supérieurs, il est impossible de reconstituer la pente originelle, à cause du concrétionnement et des éboulements; il semble cependant que la pente était de l'ordre de 0,75 pourcent dans les galeries supérieures de la grotte de Tilff.

La pente de la partie aval, maintenant asséchée, de l'étage moyen, a dû être très faible, de l'ordre de 0,1 pourcent.

Ces mesures appellent déjà certaines conclusions.

Tout d'abord, la régularité des profils en long et, dans le mieux développé — celui de l'étage moyen —, la diminution de pente à l'aval, indiquent que le creusement souterrain s'est effectué d'une façon toute semblable à celle dont se fait le creusement des cours d'eau épigés: *par érosion régressive* et avec une tendance à l'établissement d'un *profil d'équilibre*.

(2) On trouvera une description plus détaillée de chacun des étages de la grotte dans Ek, 1961.

Ensuite les mesures montrent que la pente du cours d'eau devient de plus en plus faible au fur et à mesure de l'enfoncement du cours d'eau à des niveaux de plus en plus bas sous la surface du plateau.

Ces deux observations infirment, en ce qui concerne la grotte de Tilff, la théorie du *lateral flow* de Swinnerton (1932) concernant la genèse des cavités karstiques. Swinnerton attribue le creusement des grottes au glissement lent vers les rivières de la partie superficielle de la nappe aquifère.

On ne voit pas comment le déplacement de l'eau de la surface d'une nappe donnerait systématiquement naissance à des conduits présentant un fond à pente régulière et couvert d'alluvions; en outre, on ne voit pas pour quelle cause, dans le bassin étudié, la nappe aquifère se serait abaissée plus vite que la rivière qui la draine.

Les profils en longs successifs sont donc de mieux en mieux adaptés au niveau de base que constitue la rivière épigée, l'Ourthe, dans laquelle se jette le ruisseau souterrain.

La première cause en est une efficacité et une concentration croissantes du drainage. Le plafond de l'étage supérieur présente en effet des formes intermédiaires entre les *pendants* et les *bedding-plane anastomoses* de J. H. Bretz (1942). Il s'agit de chenaux profonds, anastomosés, mal hiérarchisés, incisés dans le plafond de la grotte; ils sont la trace d'un stade primitif d'écoulement, antérieur au rassemblement de l'eau dans un conduit unique. De telles formes, bien développées à l'étage supérieur, sont rares dans la galerie moyenne et absentes de l'étage inférieur: au fur et à mesure de la descente du cours d'eau dans le massif, le drainage s'est concentré pour ne plus comporter qu'un tronc unique.

La diminution de pente moyenne des cours d'eau des étages successifs appelle cependant une autre remarque.

Dans le bassin de l'Ourthe, comme dans celui de la plupart des rivières notablement encaissées dans un substratum de roches cohérentes, les affluents de surface présentent à l'aval une pente forte, d'autant plus forte que la rivière principale s'encaisse: l'érosion dans les affluents est « en retard » par rapport à la vallée principale, du fait notamment que l'étendue des versants des ruisseaux devient disproportionnée avec leur puissance érosive.

Les ruisseaux souterrains, au contraire, n'ont pas de grands versants; la charge qu'ils ont à transporter reste, du moins dans le type de cours d'eau décrit ici, plus ou moins constante. Aussi non seulement le ruisseau souterrain est capable de suivre la rivière épigée dans son encaissement mais, de plus, comme la rivière elle-même se trouve entre des versants de plus en plus élevés, et élargit de plus en plus difficilement sa vallée, le ruisseau hypogé peut établir des profils successifs de plus en plus proches du profil d'équilibre ⁽³⁾.

C'est là, assurément, un des facteurs-clés de l'évolution du karst dans une région où les rivières épigées sont encaissées entre des versants importants.

2) Phases de stabilité et phases d'enfoncement.

Une étude précédente (EK, 1957) a montré qu'en fait chacun des étages successifs de la grotte se raccorde dans la vallée de l'Ourthe, à un niveau de terrasse quaternaire. Il ne fait donc pas de doute que chacun des profils du ruisseau souterrain s'est établi en fonction de la rivière extérieure, tenant lieu de niveau de base (fig. 3).

Ce fait qui s'observe très nettement dans l'hydrographie actuelle de la grotte de Tilff, est cependant de plus en plus difficile à démontrer rigoureusement lorsqu'on

(3) On ne peut donc, en ce qui concerne Sainte Anne, être d'accord avec P. Birot (1954) lorsqu'il parle de « la paresse de l'érosion régressive souterraine (...) ralentie par le manque de galets pour les conduits à pression normale ».

monte, au sein du massif, vers des étages de plus en plus anciens, qui sont aussi de plus en plus mal conservés, comme il a été dit au chapitre précédent.

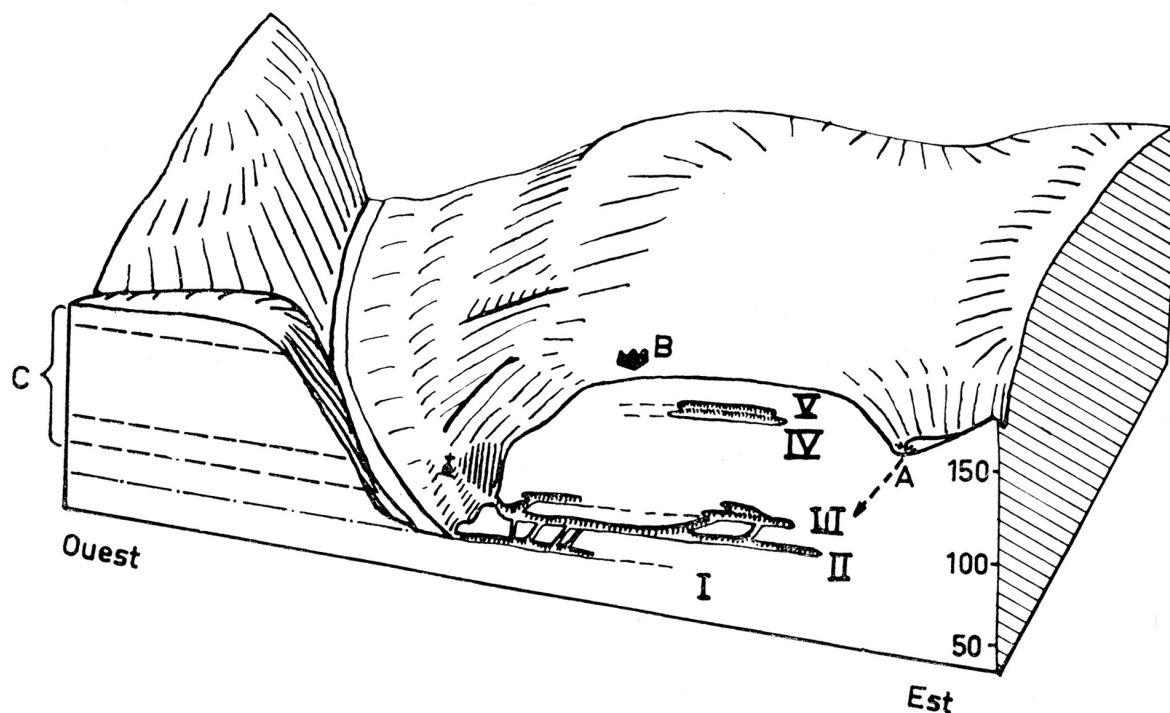


Fig. 3 - Les étages de la grotte et les niveaux de terrasses correspondants.

Sigles: I à V - étages de la grotte.

A - Perte de la Chawetresse.

B - Château de Brialmont.

C - Altitude des terrasses correspondant aux étages.

Le caractère polycyclique de la grotte permet cependant d'accorder nos vues aux travaux récents de Llopis-Llado (1953), Warwick (1953 et 1958), Sweeting (1960) et Zötl (1960).

La relation évidente entre les cours d'eau hypogé et épigé est d'une importance particulière en ce qui concerne la datation absolue des couloirs puisqu'on peut considérer la fin du creusement de chaque galerie comme à peu près contemporaine de la fin de la terrasse correspondante.

Il y a cependant une dizaine de terrasses quaternaires dans le bassin de l'Ourthe, et la grotte ne présente que cinq couloirs étagés. Aucune solution satisfaisante n'a encore été trouvée à ce problème. Certains cycles se sont-ils développés trop brièvement? Ont-ils présenté des conditions climatiques différentes? Ou, plus probablement, n'a-t-il pas manqué, dans certains cycles d'érosion, une phase climatique favorable à l'érosion karstique?

3) *Eaux phréatiques et eaux vadoses.*

Nous adoptons ici la terminologie courante qui appelle *phréatiques* les phénomènes se passant dans la zone de saturation en eau, donc sous la surface piézométrique, et *vadoses* l'eau circulant au-dessus de cette zone (« water that is in the zone of aeration and therefore usually on its way down from the land surface to the zone of saturation ». W. Davis, 1930, citant Meinzer).

Si l'on accepte ces définitions, il est évident que la plus grande partie du creusement est due aux eaux vadoses, car la localisation linéaire de l'eau, sa vitesse relativement grande d'écoulement et le fond alluvial régulier de son lit, ne permettent pas d'y voir une expression banale de la nappe aquifère.

Les traces d'un travail phréatique sont rares, souvent douteuses, et surtout peu importantes. On peut attribuer ceci au fait que l'eau phréatique qui a pu circuler dans

le massif a réparti son action dans de nombreux joints, et que l'importance même du travail vadose, masque les traces des stades antérieurs; il est très probable, notamment, que plusieurs fissures verticales présentant des traces d'une corrosion énergique et situées entre les niveaux vadoses successifs, sont des vestiges de cavités d'origine phréatique.

4) *Les processus d'enfoncement.*

Comment réagissait le ruisseau hypogé lorsque par suite du recreusement de l'Ourthe, il se trouvait « suspendu » au-dessus de la rivière?

Il reste plusieurs vestiges des chemins suivis par l'eau à ces moments. La plus ancienne des traces nettes est le long couloir à pente forte (plus de 10%) qui relie, à 400 mètres de l'entrée, l'étage moyen à l'étage supérieur (fig. 2).

Ce couloir présente par endroits dans son plafond des traces d'une érosion intense, et, au bas de la pente, un tourbillon violent a imprimé sa marque dans la roche.

D'autres passages entre les étages se présentent sous la forme de puits, d'autres encore sont des fissures provenant de l'élargissement de joints de stratification (fig. 4).

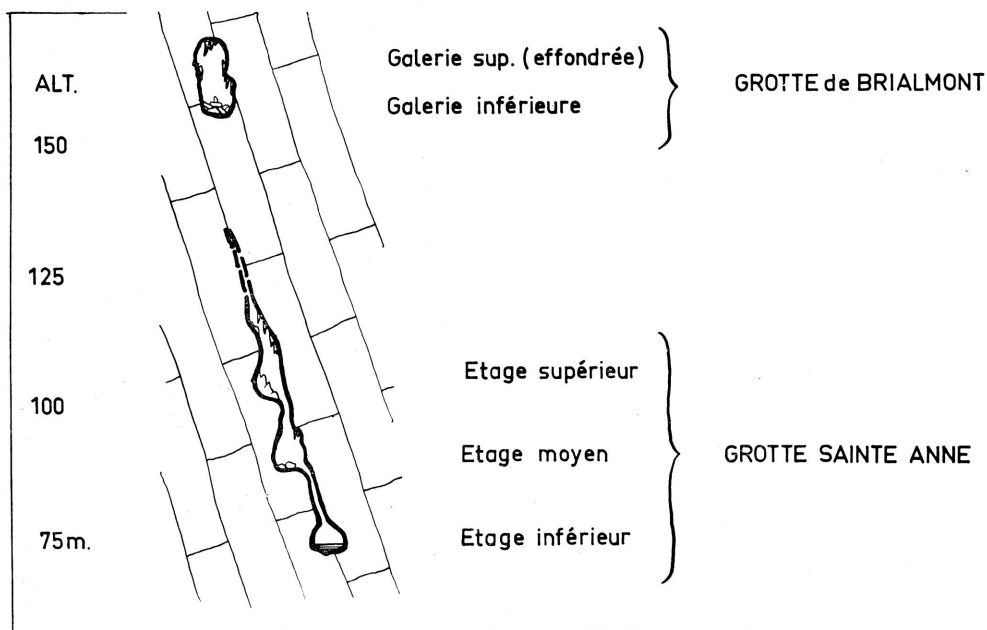


Fig. 4 - Coupe transversale schématisée de la grotte.

Ces communications entre les étages sont très probablement l'œuvre des eaux de la zone de saturation qui, sous le ruisseau, préparent, par leur action de dissolution, la voie vers les futurs niveaux inférieurs.

Peut-être peut-on conclure de ce fait que les périodes d'activité du cours d'eau souterrain ne sont pas synchroniques des périodes de creusement des grandes rivières épiogées (voir à ce sujet Alexandre, 1960) (4): sinon, en effet, les cours d'eau souter-

(4) Dans un cycle d'érosion quaternaire, entre la phase de solifluxion, où par suite des basses températures, l'anhydride carbonique se dissout abondamment dans l'eau, et la phase de climat tempéré où la végétation fournit à son tour un taux important d'anhydride carbonique à l'eau de ruissellement, la phase de ruissellement, — située entre les deux autres et qui voit, d'après J. Alexandre (1960) le recreusement des rivières principales, — représente un stade où l'anhydride carbonique est en quantité moindre dans l'eau. De là, peut-être, la réduction de l'activité karstique.

rains auraient tenté de suivre l'érosion verticale des rivières et on observerait à l'aval des conduits une tranchée de creusement, ce qui n'est pas le cas.

La descente des eaux vers un niveau inférieur, se fait au contraire par étapes successives, d'aval vers l'amont: le processus est semblable à celui de l'enfouissement des cours d'eau superficiels dans des chantoirs successifs: le chemin actuel de l'eau dans la grotte en témoigne clairement (fig. 2).

Ceci montre que le travail des eaux de la zone de saturation est insuffisant pour donner passage à la totalité du débit du ruisseau souterrain. Il n'en reste pas moins qu'au moment où la rivière s'encaisse, c'est par l'exploitation et l'élargissement des passages « phréatiques » que le ruisseau gagne un niveau inférieur où il s'établit. Là est le rôle fondamental des eaux de la zone de saturation.

CONCLUSIONS

La Grotte Sainte Anne met en évidence d'une façon particulièrement frappante la correspondance entre les problèmes hypogés et l'évolution de la morphologie sub-aérienne.

Les relations qui unissent ces deux groupes de phénomènes sont nombreuses et complexes, et le type de grotte ici décrit est fertile en enseignements à ce sujet.

On notera en particulier que si le système hydrographique souterrain évolue plus rapidement que les ruisseaux de surface, c'est cependant l'évolution de la rivière épigée principale qui règle les transformations majeures du réseau hypogé étudié.

En ce qui concerne le mode de formation de la grotte, il est conforme aux vues générales de W. M. Davis sur un creusement phréatique d'abord, vadose ensuite, mais la prédominance des stades vadoses est très nette, alors que Davis accorde au contraire une importance plus grande à l'époque phréatique (5). L'hypothèse d'une formation due au glissement d'une nappe aquifère vers la rivière — *lateral flow* — n'explique ni les profils en longs ni la forme des conduits; le stade de remplissage défini par J. H. Bretz et que celui-ci situe entre l'époque phréatique et l'époque vadose, ne s'observe pas avec évidence.

L'explication des formes de la grotte se trouve dans un creusement polycyclique par un cours d'eau tendant à l'établissement d'un profil régulier.

Cette conclusion n'a pas de caractère général; cependant, l'étude de deux autres petites grottes horizontales (Ek, 1961) a montré que les formes qui sont largement développées à Tilff se sont amorcées aussi dans des petites grottes où l'absence d'une concentration suffisante de l'eau a empêché qu'une évolution analogue se produise.

Aussi semble-t-il bien que les facteurs qui ont dirigé l'évolution de la cavité étudiée ont une existence générale — on ne voit pas pourquoi ils seraient particuliers à la grotte — mais qu'ils sont en général cachés par d'autres facteurs. A la grotte de Tilff, au contraire, ils ont été mis en évidence d'une façon remarquable.

(Laboratoire de Géologie et de Géographie physique, Université de Liège)

OUVRAGES CITES (6)

ALEXANDRE J., 1960. *La Succession probable des Phases morphologiques au cours d'un Cycle cli-*

(5) On ne peut dans une telle question parler de contradiction entre le point de vue de Davis, qui est très général, et les conclusions d'une étude monographique; on ne peut non plus, d'autre part, appliquer ici la critique fréquente que les actions « phréatiques » sont sous-estimées du fait qu'elles sont inaccessibles à l'observation directe, puisque chacun des stades vadoses étudiés est établi dans un milieu qui, peu avant, était sous le niveau de la rivière principale.

(6) *Note ajoutée pendant l'impression*: bien qu'il ne s'agisse pas d'établir ici une bibliographie exhaustive, on ne peut omettre de citer aussi, à propos des relations entre grottes et terrasses fluviales, les travaux de A. Cavaillé (in: Congrès intern. de Spéléol., Paris 1953), B. Gèze (in: Congrès intern. de Spéléol., Bari 1958), et A. Droppa (in: Congrès intern. de Spéléol., Vol. A, Vienne 1961).

- matique quaternaire en Haute Belgique*. In: « Le Périglaciaire préwurmien ». Congrès et Colloques de l'Université de Liège, vol. 17, pp. 63-72, Liège.
- BIROT P., 1954. *Problèmes de Morphologie karstique*. « Ann. de Géogr. », n. 337, pp. 161-192.
- BRETZ J. H., 1942. *Vadose and phreatic Features of Limestone Caverns*. « Journ. of Geol. », vol. L, pp. 675-811.
- DAVIS W. M., 1930. *Origin of Limestone Caverns*. « Bull. of the geol. Soc. of America », vol. 41, pp. 475-628.
- EK C., 1957. *Les Terrasses de l'Ourthe et de l'Amblève inférieures*. « Ann Soc. géol. de Belg. », t. LXXX, pp. 333-353.
- EK C., 1961. *Conduits souterrains en Relation avec les Terrasses fluviales*, « Ann. Soc. géol. de Belg. », t. LXXXIV, pp. 313-340.
- FINOCCHIARO C., 1958. *Le Grotte di La Val*, « Atti dell'VIII Congresso Nazionale di Speleologia », Como 1956, Mem. IV, tomo II, 11 p., Como.
- LLOPIS-LLADO N., 1953. *Karst holofossile et méro-fossile*. Premier Congrès intern. de Spéléol., Paris 1953, Tome II, pp. 41-50.
- NANGERONI G., 1958. *Dei criteri per la classificazione delle cavità naturali*. « Riv. geogr. ital. », annata LXV, pp. 372-377.
- SEGRE A. G., 1948. *I fenomeni carsici e la speleologia del Lazio*. Public. Ist. Geogr. Univ. di Roma, serie A, n. 7.
- SWEETING M. M., 1960. *The Caves of the Buchan Area, Victoria, Australia*. « Zeitschrift für Geomorphologie », Supplementband 2, Göttingen 1960, pp. 81-91.
- SWINNERTON A. C., 1932. *Origin of Limestone Caverns*. « Bull. Geol. Soc. Amer. », vol. XLIII, pp. 663-94.
- WARWICK G. T., 1953. *Polycyclic Swallow Holes in the Manifold Valley, Staffordshire, England*. Premier Congrès intern. de Spéléol., Paris 1953, Tome II, pp. 59-68.
- WARWICK G. T., 1958. *Some Observations on by-passed Swallow Holes in the Lesse and Meuse Valleys*. Colloque intern. de Spéléol., Bruxelles 1958, pp. 66-72.
- ZÖTL J., 1960. *Zur Frage der Niveaubundenheit von Karstquellen und Höhlen*. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 2, Göttingen 1960, pp. 100-102.