

Karsts non carbonatés au Cameroun méridional L'exemple des grottes de Mfoula

Par Luc WILLEMS, André POUCKET et Jean-Paul VICAT

Zusammenfassung

Während einer Forschungsreise wurde in Süd-Kamerun vor kurzem eine Gruppe von Höhlen in metamorphen Gesteinen entdeckt. Ihre Untersuchung erlaubt es, zwei ursprünglich unabhängige Karstsysteme zu unterscheiden, die nachfolgend mehr oder weniger stark miteinander verbunden wurden. Darüberhinaus erlaubt die Studie ein besseres Verständnis der geomorphologischen Entwicklung der Region.

Abstract

In southern Cameroon, various caves and cavities appeared into gneissic rocks. Some are due to real karst system formely generated by dissolving and transfer of material inside the silico-aluminous substratum. The caves came to light because of the recent regional epeirogenic upward. Others result from sub-actual erosions which differentially affect joints and fracture zones of boulders at the top of hills. Their study allows a better understanding of the geomorphologic evolution of the area.

Résumé

Au sud du Cameroun, des grottes et cavités diverses se sont formées dans des roches gneissiques. Certaines sont dues à de véritables karsts anciennement générés par dissolution et transfert de matériaux au sein du substratum silico-alumineux. Les cavités ont été exondées à la suite du soulèvement épéirogénique récent de la région. D'autres résultent d'érosions sub-actuelles affectant différemment les joints et les plans de fracturation des blocs rocheux aux sommets des collines. Leur étude permet de mieux comprendre l'évolution géomorphologique de la région.

1. Introduction

Depuis quelques années une série de grottes et autres phénomènes karstiques a été répertoriée au Cameroun (Lips et al., 1995; Vicat et al., 1996). Leur originalité

tient principalement à la nature des roches dans lesquelles on les rencontre, roches métamorphiques, plutoniques ou sédimentaires peu ou non carbonatées.

Nous avons étudié plus particulièrement la zone de Mfoula, située à 80 km au nord-est de Yaoundé, dans le département de la Haute Sanaga (Fig. 1). L'analyse de trois cavités permet de préciser les conditions de genèse de ces phénomènes, ainsi que l'évolution géomorphologique générale du paysage de cette région.

2. Contexte géographique et géologique

La région de Mfoula se caractérise par un ensemble de collines culminant vers 900 mètres et dominant les vallées de plusieurs centaines de mètres. A l'est de cette zone de reliefs s'étale une plaine mollement ondulée dont l'altitude avoisine les 600 mètres. Une forêt plus ou moins dégradée occupe une grande partie du paysage. Seuls une partie des sommets et quelques flancs abrupts laissent apparaître la roche en place.

Le climat est de type équatorial tempéré par l'altitude. Au cours de l'année, les températures maximales et minimales journalières avoisinent, respectivement 29 °C et 19 °C. Les précipitations annuelles atteignent environ 1600 mm, ce qui entraîne une humidité relative constamment élevée (80 % en moyenne).

Les formations géologiques appartiennent à la nappe panafricaine de Yaoundé (Fig. 1) et sont constituées principalement de roches métamorphiques (micaschistes, gneiss, quartzites, granulites et migmatites). Elles proviennent de la transformation de sédiments et de plutonites formés au Néoprotérozoïque entre 1 milliard et 600 millions d'années, puis structurés et charriés, lors de l'orogénèse panafricaine, vers le sud sur le craton archéen du Congo (Penaye et al., 1993; Toteu et al., 1994).

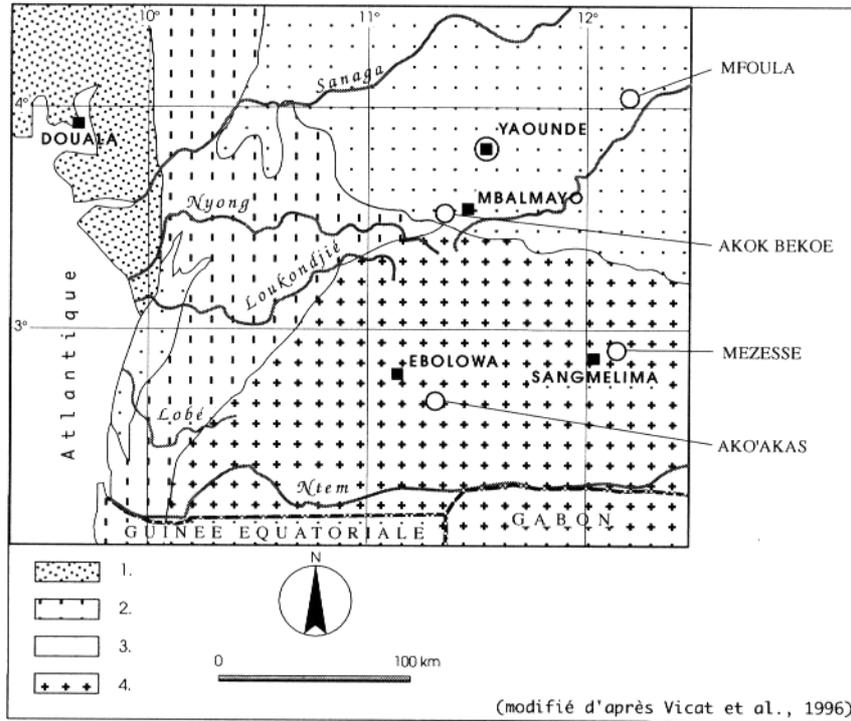
3. Description des sites

Trois grottes ont été étudiées : Mfoula (ou Mfouda), Mbasbekon et Angoula. Les deux premières se situent dans la même colline; la troisième à quelques kilomètres plus à l'est, à proximité du village d'Ebolboumou.

Le site de Mfoula est constitué par une colline arrondie aux flancs plus ou moins escarpés et au sommet rocheux dénudé, à peine recouvert de mousses et de lichens. Le flanc méridional forme une falaise allongée ESE-WNW. Cette orientation est parallèle à l'axe d'une large vallée s'ouvrant en contrebas. Cette dernière n'est occupée que par un écoulement temporaire.

La grotte de Mfoula a été initialement cartographiée et étudiée par Vicat (Vicat et al., 1996). Son volume (3000 m³) en fait la deuxième grotte en importance

Fig. 1 : Localisation et géologie de la zone étudiée (d'après Vicat et al., 1996)
 1. dépôts phanérozoïques; 2. Série du Bas-Nyong; 3. Nappe de Yaoundé; 4. Complexe du Ntem.
 Fig.1 : Localisation and geology of the studied area (after Vicat et al., 1996)
 1. Phanerozoic deposits; 2. Bas-Nyong Series; 3. Yaoundé nappe ; 4. Ntem Complex.



connue à ce jour au Cameroun. Elle s'ouvre au bas de la falaise, son entrée dominant d'une cinquantaine de mètres le fond de la vallée.

Le site de Mbasbekon („grotte des fantômes“) se situe presque à l'aplomb de celui de Mfoula, environ 60 mètres plus haut. La grotte d'Angoula se localise à proximité du sommet d'une autre colline résiduelle. Elle s'ouvre sur le rebord ouest d'un canyon aux parois subverticales et se développe principalement le long d'un grande fracture subhorizontale.

4. Description morphologique des cavités

4.1 La grotte de Mfoula

La grotte de Mfoula se développe dans des formations orthométamorphiques résultant de la transformation de granitoïdes divers aux confins de la catazone.

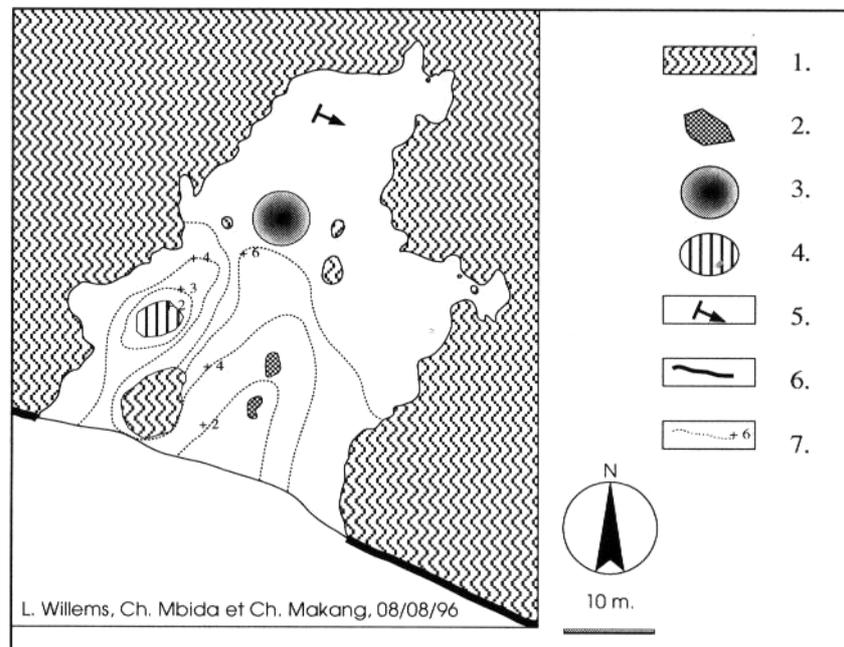
[Une foliation est en légère pente vers le SE se marque dans toute la grotte. Les analyses pétrographiques montrent que les roches de la partie inférieure de la cavité sont constituées d'une formation orthogneissique à amphibole, biotite et grenat, injectée de passées migmatitiques dans le plan de la foliation et accompagné d'un cortège de filons pegmatitiques et aplitiques. Les roches de la partie supérieure de la grotte présentent un faciès granulitique avec prédominance de granulites à grenat, amphibole, biotite, orthopyroxène, feldspath potassique, plagioclase sodique et quartz. La transition entre ces deux faciès principaux se fait par une formation orthogneissique plus franchement litée à lits quartzo-feldspathiques à texture en mosaïque et lits à amphibole-biotite et pyroxène. Toutes ces formations métamorphiques présentent une foliation majeure sub-horizontale à faiblement pentée vers le sud-est.

D'une longueur d'une soixantaine de mètres pour une trentaine de large, la

Fig. 2: Plan de la grotte de Mfoula.

1. roche en place; 2. blocs effondrés; 3. voûte en dôme; 4. dépression formant une petite mare; 5. direction et pendage de la foliation; 6. rebord de la falaise; 7. courbe de niveau relative.

Fig. 2: Map of the Mfoula cave. 1. bedrock; 2. collapsed block; 3. dome; 4. water; 5. foliation direction; 6. cliff; 7. relative contour line.



cavité atteint par endroits une hauteur de près de 10 mètres. L'orientation générale de la grotte est SSW-NNE soit perpendiculairement à la falaise. Mfoula est caractérisé par la quasi-absence de blocs effondrés hormis quelques débris décimétriques près de l'entrée (Fig. 2). Le plancher, taillé dans les gneiss, a un aspect relativement lisse alors que le plafond, au niveau des granulites, présente une surface plus irrégulière avec par endroits une coloration brun foncé due aux oxydes de fer provenant de l'altération des grenats.

Les caractéristiques morphologiques majeures sont les suivantes:

- des piliers résiduels, de section décimétrique à plurimétrique,
- des cloches de dissolution hémisphériques sur les parois subverticales,
- une voûte en dôme de près de 6 mètres de diamètre au tiers postérieur du plafond de la grotte,
- une dépression fermée d'environ 2 mètres de diamètre, développée dans un replat surélevée par rapport au niveau l'entrée de la grotte. L'eau percolant le long de la falaise extérieure tombe dans un petit chenal d'écoulement qui remplit d'eau cette mare.

Aucun spéléothème n'a été observé. Les cloches de dissolution sont surtout abondantes sur le côté nord-ouest. Des seuils entre les piliers compartimentent quelque peu la grotte. D'une façon générale, la hauteur diminue du porche d'entrée vers la terminaison nord de la cavité. Le fond de la grotte, surélevé par rapport à l'entrée, est en pente vers le SE selon une surface structurale correspondant aux plans de foliation des gneiss. A l'exception du chenal aboutissant à la mare, aucunes traces d'écoulement n'est visible à l'intérieur de cette cavité.

4.2 La grotte de Mbasbekon

Située à proximité du sommet, au-dessus de la falaise, le site de Mbasbekon se développe dans le même contexte lithologique que celui de Mfoula. Il est constitué d'un rocher-champignon reposant sur un bloc largement fracturé. Le rocher est à l'origine d'un surplomb de près de 5 mètres de haut sur autant de large (Fig. 3).

Deux cavités (1 et 2), l'une sous le rocher champignon, l'autre sur sa bordure est, ont des dimensions modestes. La première est constituée d'une fissure verticale ouverte sur un à deux mètres aux endroits les plus larges et allongée d'une dizaine de mètres. Sa direction NW-SE est parallèle au bord de la falaise en cet endroit. Le fond est encombré par de nombreux blocs anguleux. La fissure ne semble pas se prolonger dans le toit de la cavité. Perpendiculairement partent d'autres fissures verticales de largeur réduite qui donnent à l'ensemble un aspect

Fig. 3 : Plan schématique de la grotte de Mbasbekon (A) et coupe verticale du site (B)
 1. roche en place; 2. dalle effondrée; 3. blocs effondrés; 4. fracturation verticale; 5. surface du sol; 6. poche de dissolution.

Fig. 3 : Sketch map of Mbasbekon cave (A) and vertical section (B) of the site
 1. bedrock; 2. collapsed slab; 3. collapsed block; 4. vertical fracturation; 5. soil surface; 6. dissolving pocket.

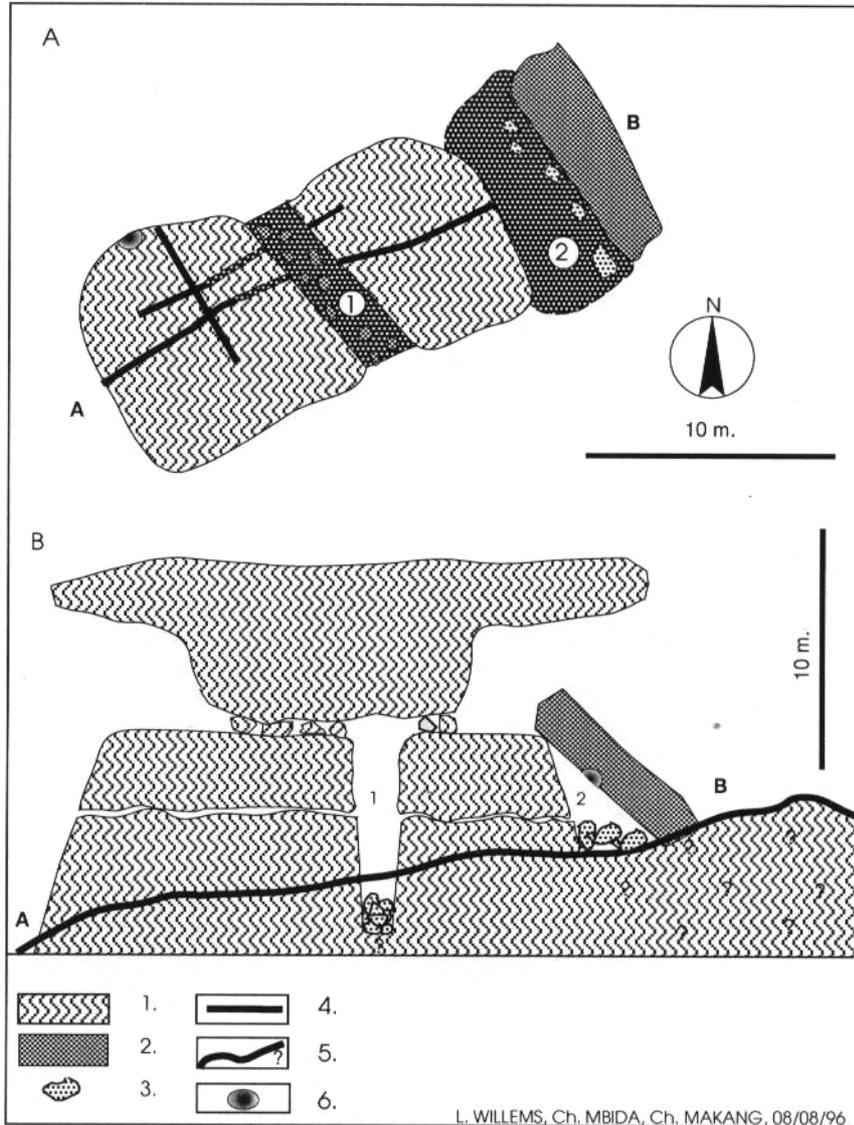
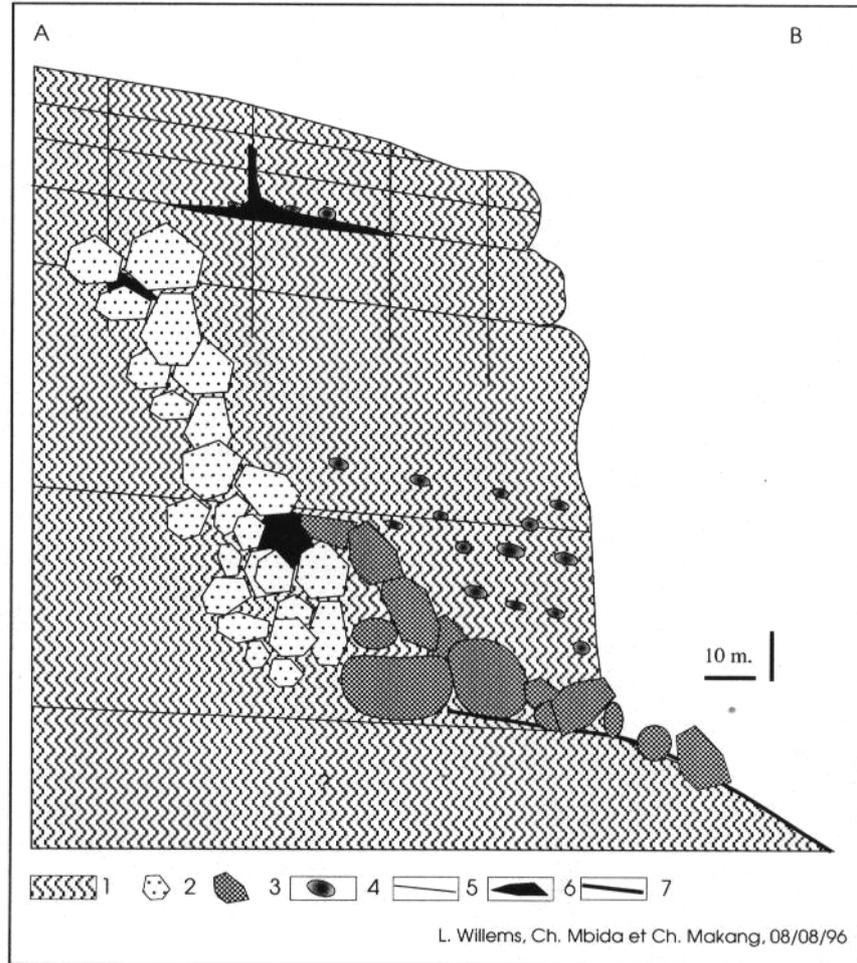


Fig. 4 : Vue générale du canyon d'Angoula

1. blocs effondrés libres; 2. roche métamorphique et schistosité; 3. poche de dissolution; 4. blocs effondrés et coincés; 5. niveau érodé; 6. fracturation; 7. cavité d'Angoula; 8. fracturation.

Fig. 4 : General view of the Angoula canyon

1. free collapsed blocks; 2. metamorphic rocks and schistosity; 3. dissolving pocket.; 4. stucked and collapsed blocks; 5. eroded level; 6. fracturation 7. Angoula cave; 8. fracturation.



de fracturation en damier. Une importante fissure horizontale est ouverte entre le rocher-champignon et son substratum. Elle est occupée par des blocs apparemment résiduels de quelques décimètres à quelques mètres de diamètre.

La seconde cavité est formée par l'effondrement d'une large dalle détachée du surplomb principal et posée sur le flanc du blocs rocheux sous-jacent.

Toutes ces cavités sont sèches et ne montrent pas de spéléothèmes. Toutefois, sur les parois subverticales des rochers du site de Mbasbekon ainsi que sur le plafond de la seconde cavité, on observe des cloches de dissolution comparables à celles signalées 60 mètres plus bas, dans la grotte de Mfoula.

4.3 La grotte d'Angoula

La grotte Angoula Biyoo Yezou (ou grotte de l'ancêtre Yezou) (Figs. 4 et 5) s'ouvre sur le flanc très escarpé d'un canyon profond d'une centaine de mètres et orienté nord-sud. La cavité s'ouvre dans les granulites de la formation de Yaoundé, le long d'un plan de fracture sub-horizontale faiblement penté vers le nord-ouest. Cette disposition est conforme à la schistosité sub-horizontale très marquée dans les roches de la nappe de Yaoundé.

Le porche d'entrée de la cavité fait environ 3 mètres de haut et donne directement sur la falaise du canyon. La hauteur de la grotte se réduit rapidement pour devenir inférieure au mètre au bout d'une trentaine de mètres d'extension. Les parties plus profondes de la cavité deviennent alors inaccessibles. Le plancher est couvert de dalles effondrées du plafond. Dans la partie sud, une fissure d'environ un mètre de large sur 5 mètres de long et autant de profondeur s'ouvre dans le plafond. Son orientation est parallèle à l'axe nord-sud du canyon. Les parois de cette large fissure présentent des strates décimétriques d'érosion différentielle en saillies et en dépressions qui semblent être couvertes de spéléothèmes ressemblant à des „cave popcorns“. Des analyses ultérieures devraient confirmer leur nature. Sur le plafond du porche d'entrée se retrouvent également des cupules hémisphériques de quelques dizaines de centimètres de diamètre. On note par ailleurs des suitements d'eau le long des plans de schistosité sur les flancs de toute la grotte.

5. Discussion

5.1 Grotte de Mfoula

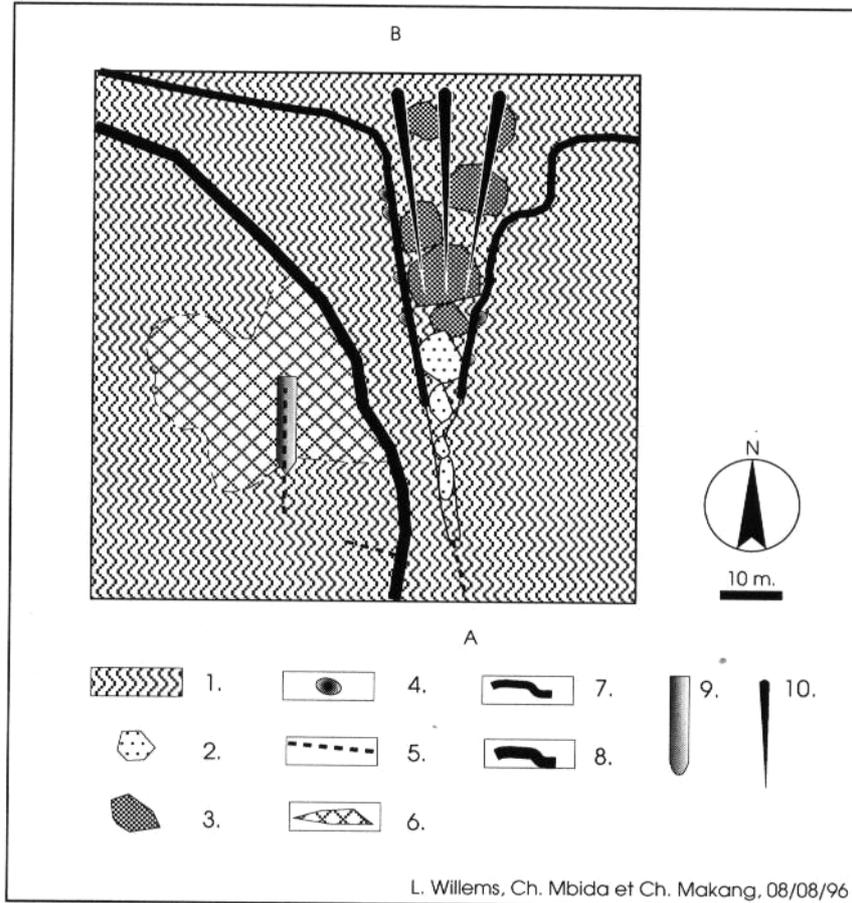
Pour Vicat (Vicat et al., 1996) la formation de la grotte de Mfoula résulterait de l'infiltration des eaux pluviales le long de plans de fracturation sub-verticaux et du drainage horizontal dans des fissures conformes aux plans de schistosité. Ainsi apparaissent des conduits par dissolution et entraînement mécanique de la circulation hydrique. La coalescence de plusieurs conduits forme alors des

Fig. 5 : Schéma de la grotte d'Angoula

1. roche en place; 2. blocs effondrés et coincés; 3. blocs effondrés libres; 4. poche de dissolution; 5. joint ou fracturation; 6. grotte; 7. limite inférieure de la falaise; 8. limite supérieure de la falaise; 9. large fissure verticale; 10. ligne de plus grande pente. down slope.

Fig. 5 : Sketch of the Angoula cave

1. parent rock; 2. stucked and collapsed blocks; 3. ree collapsed blocks; 4. solution pocket; 5. joint or fracturation; 6. cave; 7. lower limit of cliff; 8. upper limit; of cliff; 9. wide vertical fissure in the roof; 10. down slops



Tab. 1 : Analyses chimiques de Mfoula (Analyses par ICP, Service d'analyses de l'Université d'Orléans)

MF-S, gneiss granulitique sain; MF-4, gneiss granulitique altéré prélevé dans une fissure. * Le soufre analysé est compris dans la perte au feu (PF). Il n'a pas été trouvé de carbone ni d'azote. La norme est calculée sur la base du rapport Fe₂O₃/FeO de 0.23

Tab. 1 : Chemical analysis of Mfoula

MF-S, fresh granulitic gneiss; MF-4, weathered granulitic gneiss sampled from a fissure. * The analysed sulfur is included in fire loss. No carbon or nitrogen have found. The norm is calculated with a Fe₂O₃/FeO ratio of 0.23.

			Norme CIPW		
	MF - S	MF -4		MF - S	MF -4
SiO ₂	62,51	56,39			
TiO ₂	1,58	0,26			
Al ₂ O ₃	16,41	9,87	Quartz	23,71	31,28
Fe ₂ O ₃	1,32	1,36	Orthose	6,94	12,29
FeO	5,86	5,93	Albite	20,56	14,98
MnO	0,11	0,02			
Anorthite	27,42	2,94			
MgO	3,21	0,88	Hypersthène	15,20	11,57
CaO	5,68	1,02	Magnétite	1,90	1,97
Na ₂ O	2,44	1,77	Ilménite	2,99	0,49
K ₂ O	1,18	2,08	Corindon	1,02	3,63
P ₂ O ₅	0,11	0,36	Apatite	0,24	0,79
Total	100,41	79,94	Total	100,00	79,94
P.F.	0,10	18,02			
S		3,66*			

cavités. A partir d'une certaine dimension, une cavité peut s'agrandir par exfoliation du plafond et entraînement de matériaux et par dissolution du plancher au cours d'un drainage horizontal. Ainsi des grottes de type karstique peuvent se former dans des roches silico-alumineuses réputées peu solubles comme les gneiss et les granulites du Sud-Cameroun.

Pour tester la nature de la dissolution, nous avons analysé la roche saine de Mfoula, un gneiss granulitique du flanc de la grotte, et une roche altérée sous forme d'un résidu jaunâtre prélevé dans une fissure sub-horizontale débouchant sous une marche du plancher : échantillons MF-S et MF-4 du tableau 1. La roche altérée est d'abord caractérisée par une importante perte au feu de 18,02% qui

correspond à quelques sulfates (S = 3,66%) mais surtout à l'eau des minéraux secondaires hydroxylés (argiles diverses). En effet, il n'a été trouvé ni carbone, donc pas de carbonates, ni azote. L'analyse modale correspondant à la composition minéralogique virtuelle de la roche saine et de la roche altérée, en excluant les minéraux secondaires, montre clairement que ce sont principalement les plagioclases (association albite et anorthite) qui ont fait les frais de la dissolution sélective. Cette constatation est conforme à l'observation pétrographique des roches altérées sur les parois : les plagioclases se transforment rapidement en argiles qui sont entraînées par les eaux et laissent autant de petites cavités.

Concernant Mfoula, la question qui se pose est de savoir si la grotte s'est formée et continue de se former dans sa situation actuelle, à flanc de vallée, ou bien si elle n'est qu'un élément d'un karst exhumé.

Plusieurs arguments viennent à l'appui de la seconde hypothèse :

- Le peu de blocs effondrés montre que cette grotte est très stable dans sa morphologie et n'évolue plus sous les conditions actuelles de surface. La seule exception à ce constat est la corrosion qui semble se produire au niveau de la vasque d'entrée où l'eau stagnante produit une altération des roches du plancher.
- La terminaison en cul-de-sac de cette grotte avec la diminution progressive de la hauteur vers le fond de cette cavité et l'absence de trace d'écoulement indiquent une action érosive qui s'est développée de l'ouverture actuelle vers l'intérieur de la colline.
- Les multiples poches de dissolution parfois imbriquées les unes dans les autres montrent que l'altération chimique s'est produite dans une cavité pleine d'eau.
- Le dôme en cloche de dissolution du plafond de la grotte résulte également d'une altération hydrique. Des formes analogues observées dans les karsts calcaires ont donné lieu à plusieurs hypothèses génétiques : érosion de tourbillons d'eau ou dissolution à la jonction d'un système croisé de fractures sont évoqués. Ces explications ne conviennent pas à Mfoula; le conduit se terminant en cul-de-sac n'a pu subir de courant turbulent et aucune grande fracture n'apparaît à l'endroit de la cloche. Une autre hypothèse est suggérée par C. Ek (communication personnelle), celle d'une poche d'air prisonnière d'une nappe d'eau et mise sous pression de façon prolongée et continue. Les vides peuvent être originellement de forme irrégulière. Si le niveau piézométrique est parfois plus bas que le vide en question et s'il s'élève occasionnellement plus haut, l'air de la cavité est mis sous pression. Par conséquent, à ces moments, la pression partielle de CO₂

augmente aussi. L'action de la corrosion sur une échelle de temps suffisamment longue permettrait d'éliminer les irrégularités des parois préexistantes pour aboutir à terme à un dôme très régulier.

- La vallée actuelle peut être considérée comme formée dans l'axe d'une zone de fracturation majeure du substratum, servant de drain auquel se raccorderait les cavités qui débouchent actuellement à flanc de coteaux

Nous proposons le schéma général suivant de mise en place du site de Mfoula: Une zone de fracturation subverticale située à l'emplacement de la vallée sèche actuelle draine les eaux de surface vers la profondeur. Le long des parois de ce drain, des fronts de dissolution se mettent en place latéralement. Leur développement est guidé par les joints de schistosités sub-horizontaux. Les différences de lithologie ont également pu jouer un rôle comme le montre le développement de Mfoula à l'interface de deux faciès pétrographiques différents. La présence d'hétérogénéités à l'intérieur de la roche avec l'importance variable de minéraux plus ou moins altérables (plagioclases faciles à hydrolyser ou grenats faciles à oxyder) a pu faciliter localement l'élargissement des cavités. La coalescence de plusieurs cavités, dont témoignent les poches observées dans la paroi occidentale, a finalement produit la large grotte actuelle. L'abaissement des talwegs lié notamment à la surrection régionale a finalement asséché les cavités qui apparaissent maintenant sur les flancs des collines. Après l'exondation de la grotte, seule l'eau suintant du porche d'entrée et s'accumulant dans l'une ou l'autre irrégularité a pu jouer un rôle érosif quelconque.

5.2 Grotte de Mbasbekon

Fortement influencée par la présence de fractures, la grotte de Mbasbekon a été également le siège d'une altération chimique indubitable. En atteste, la présence de poches hémisphériques à la fois sur les parois verticales extérieures et sur le plafond de la grotte sous la dalle effondrée. Par ailleurs, la présence du niveau démantelé sur lequel repose le rocher-champignon ne peut s'expliquer que par une altération chimique qui s'est propagée le long d'un drain horizontal. Les blocs résiduels du plan de fracture horizontal se disposent de façon aléatoire, sans forme particulière. Ils sont certainement peu à peu disloqués par le poids du monolithe sus-jacent.

La grotte montre un stade d'évolution intermédiaire entre celui des grottes de type karst issues principalement de l'altération chimique telle que celle de Mfoula et celui des simples surplombs dûs à l'érosion différentielle ou des cavités dans des chaos de blocs. Nous pensons que l'état actuel résulte d'un double processus : d'abord l'existence de cavités karstiques, puis l'effondrement de blocs mis en porte à faux par l'érosion régressive.

5.3 Grotte d'Angoula

La grotte d'Angoula souligne la connection entre les joints subverticaux et subhorizontaux. L'observation de banquettes d'érosion (dans la fissure verticale) et de dalles effondrées montrent le rôle respectif de la schistosité et des plans de fracturation en cisaillement de la roche dûs à la structuration générale en nappe de charriage.

Contrairement aux deux autres grottes, un suitement est visible dans cette cavité. Celui-ci serait responsable de l'érosion du niveau de fracturation et donc de l'apparition et du développement de la cavité.

6. Conclusion

Les différentes observations effectuées sur les trois sites nous permettent de conclure à la présence de deux modes de développement de cavités. Le premier, et certainement le plus ancien, se forme dans un karst profond, noyé, et lié à de grands plans de drainage subverticaux que peuvent être les fractures, les failles, ... La grotte de Mfoula serait le produit de ce type de karst. Les contours irréguliers de la cavité, l'absence de traces d'écoulement anciennes, la présence, sur les parois, de poches hémisphériques emboîtées les unes dans les autres, les piliers résiduels attestent de la prédominance de la dissolution chimique dans sa genèse.

Le second mode de développement de grottes, s'il se raccorde également à ces plans de drainage, se développe à proximité de la surface, à l'air libre, à la faveur de niveaux de fracturation subhorizontaux. Ces derniers, parcourus par des eaux d'infiltration, sont érodés peu à peu. Les cavités qui en résultent présentent une morphologie d'effondrement dominante, issue de la dislocation de ces niveaux. Angoula en est l'exemple type : dalles de plafond démembrées et encombrants le plancher, suintements à travers la grotte, absence de grandes poches de dissolution à l'exception de celles se situant dans le porche d'entrée en sont les caractéristiques principales.

S'il est vrai que nous avons rencontré le plus souvent des grottes issues d'un amoncellement de dalles effondrées, les observations réalisées à Mbasbekon montrent que leur origine peut être due, à l'origine, à l'altération chimique des formations cristallines silico-alumineuses.

L'un et l'autre modes de développement de cavité soulignent l'importance et la pérennité de plans de drainage subverticaux dans la mise en place du paysage actuel de la zone de Mfoula. Ces plans guident le façonnement général du relief et sont à l'origine des grandes falaises, des vallées sèches et des rebords abrupts des collines résiduelles de la région.

Nous pouvons donc envisager l'étude de cette région d'Afrique comme celle d'un véritable modelé karstique non-carbonaté.

Bibliographie

- LIPS B. (1995). Spéléologie au Cameroun – Gouffre de Mbilibekon (Trou des Fantômes). *Echo des Vulcains*, n° 51, p. 24-30
- PENAYE J., TOTEU S.F., VAN SCHMUS W.R., NZENTI J.P. (1993), „U-Pb and Sm-Nd preliminary geochronologic data on the Yaoundé series, Cameroon ; re-interpretation of the granulitic rocks as the suture of a collision in the „Centrafrican“ belt. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 317, Série II, p. 789-794.
- TOTEU S.F., VAN SCHMUS W.R., PENAYE J., NYOBE J.B. [1994]. U-Pb and Sm-Nd evidence for Eburnian and Pan-African high-grade metamorphism in cratonic rocks of southern Cameroon. *Precambrian Res.*, 67, p.321-347.
- VICAT J.P., LIPS B., POUCKET A., LEGER J.M., WILLEMS L. (1996). Phénomènes karstiques dans les roches plutoniques et métamorphiques du Sud du Cameroun. *Karstologia*, sous presse.

Remerciements : Les auteurs remercient Monsieur C. Ek pour son aide à la réalisation de cet article ainsi que MM Pecher et Dehan de la société Hach Europe s.a. pour leur appui logistique à cette recherche.

Par Luc WILLEMS,
Laboratoire de Géomorphologie, Département de Géographie Physique,
Université de Liège, B-11, B-4000 Liège, Belgique

Camille EK,
Département des Sciences de la Terre et UMR 6530, UFR Sciences,
Université d'Orléans, 45067 Orléans Cedex, France

Jean-Paul VICAT,
Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences. B.P. 812,
Yaoundé, Cameroun.