Revue Belge de Geographie
106e année — 1982 — Fascicule 1

Manuscrit déposé en juillet 1982

L'Anou Boussouil, témoin privilégié de l'évolution géologique récente du Djurdjura

par Bernard COLLIGNON
Lycée Mixte de Boudouaou, Alger

Bruno GOERGLER
Inforba - Rouiba, Alger

Yves QUINIF,
Laboratoire de Minéralogie-pétrographie de la Faculté Polytechnique de Mons

RESUME. — *Le Parc National du Djurdjura (Nord de l'Algérie) recèle un gouffre-perte très important, l'Anou Boussouil, dont les explorations récentes ont révélé à la fois la taille importante et la genèse complexe. Nous décrivons ici ce gouffre, en insistant particulièrement sur tous les faits qui montrent son évolution polyphasée, depuis des épisodes noyés hydrothermaux qui remontent peut-être au Miocène jusqu'à des surcreusements subcontemporains dans un contexte karstique haut-alpin. Cette histoire complexe fournit de bonnes indications sur la position orographique du Djurdjura au cours des temps, sur l'évolution de sa fracturation et celle de son climat.*

SUMMARY. — *The Djurdjura National Park (North of Algeria) hides a very deep cave called Anou Boussouil. The late explorations (1981) bring up its big dimensions and the complexity of its formation. This is its description with the emphasis put on all the facts that have showed its multiphase development, since its hydrothermal flooded stage wich might be dated back to the Miocene up to its very recent deepening in the context of higt mountain karst. This complex history tells us about the ancient altitude of the Djurdjura, the evolution of its faulting and its vegetation.*

Spéléo Club Constantine

I. Cadre géographique (fig. 1)

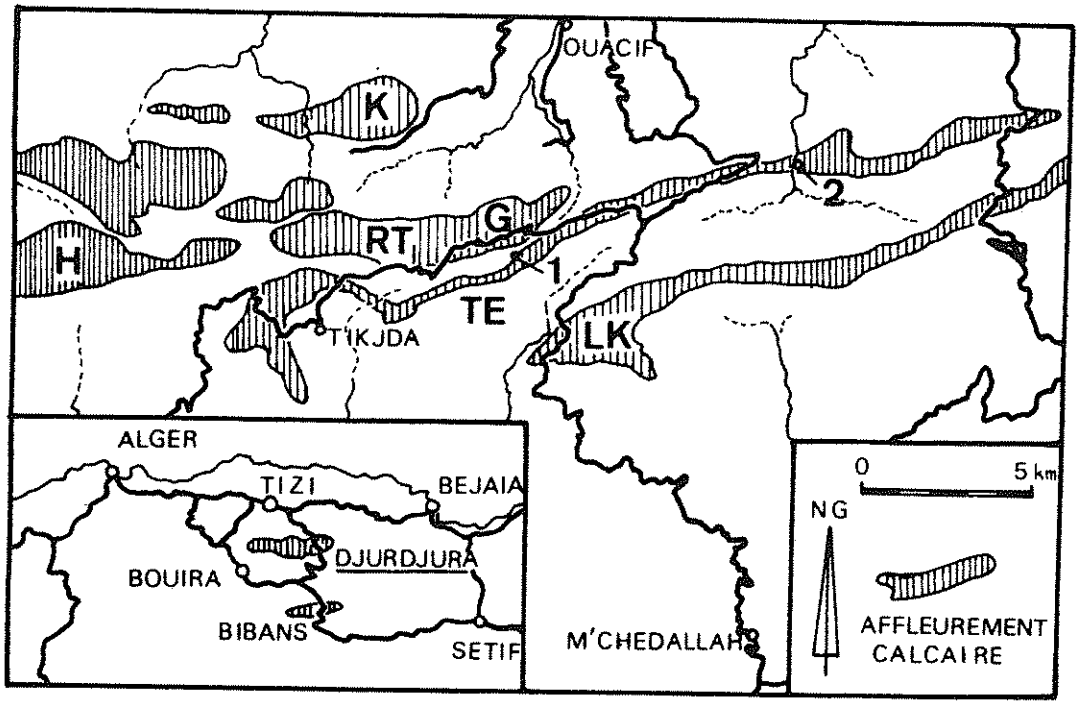

Fig. 1. Localisation du Djurdjura et de ses principaux affleurements calcaires. On notera la disposition en bandes parallèles, de direction WSW-ENE
H : Heidzer
R T : Ras Timédouine
K : Djebel Kouriet
G : Azerou Gougane
TE : Terga M'ta Roumi
L K : Lalla Khedidja
1. Anou Boussouil
2. Tala El Hammam Boudrar

Le Djurdjura présente une série de crêtes calcaires, de 1.600 à 2.300 m d'altitude, qui arrêtent les vents humides venus de la Méditerranée. Il en résulte des précipitations assez abondantes (plus de 2 m par an à partir de 1.700 m d'altitude), notamment sous forme de neige. Les affleurements calcaires du massif forment de beaux karsts de type haut-alpin, au couvert végétal très réduit.

Spéléo Club Constantine

II. Cadre géologique (fig. 2 et 3)

La massif a été formé par le charriage, du Nord vers le Sud, de plusieurs grandes écailles dont l'ossature est constituée par des calcaires massifs (Lias Inférieur à la Terga M'ta Roumi). Cet écaillage a commencé dès la fin de l'Oligocène (première phase alpine), mais il a été très accentué au Miocène moyen (deuxième phase alpine) alors que les accidents E-W séparant les écailles prenaient une grande ampleur (FLANDRIN, 1952; COUTELLE, 1979)

L'évolution post-miocène est marquée par le développement d'un réseau de fractures verticales (rejeu d'accidents antérieurs, apparition de nouvelles failles NW-SE et ENE-WSW). Leur rôle morphologique est fondamental : elles sont responsables du sillon de la Soumman et provoquent la segmentation des écailles djurdjuriennes. C'est à ce type d'accidents qu'appartiennent les failles au détriment desquelles est creusé le réseau actif de l'Anou Boussouil.

La conjonction de ces divers accidents et de joints de stratification souvent redressés à la verticale multiplie les points d'absorption des eaux et empêche une réelle intégration des réseaux karstiques proches de la surface. Dans ce contexte, le gouffre que nous étudions fait figure d'exception.

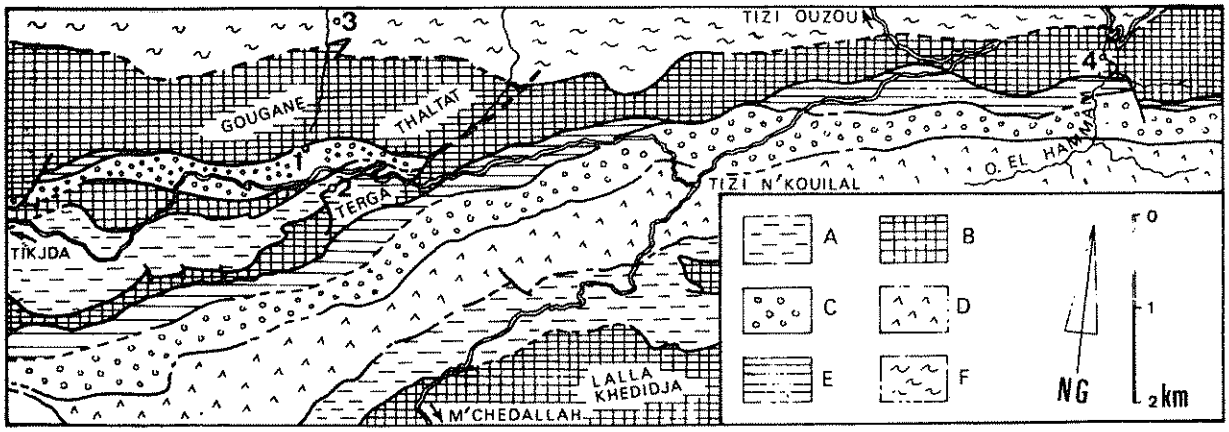

Fig. 2. (d'après FLANDRIN - 1952)
Carte géologique de la partie centrale du Djurdjura, simplifiée (plusieurs étages ont été regroupés et on a supprimé tous les affleurements quaternaires en extrapolant les limites d'affleurement masquées).
A : Tertiaire (Oligocène principalement) : grès, marnes
B : Lias : calcaires massifs dont les affleurements forment l'essentiel des karsts de cette zone
C : Trias : grès rouges, calcaires dolomitiques
D : Carbonifère : schistes, grès, conglomérats
E : Infralias (Rhétien-Hettangien) : dolomies, argiles
F : Schistes cristallins, phyllades, gneiss,...
1 : Anou Inker Temdat
2 : Anou Boussouil
3 : Ansor Arbaïlone, résurgence permanente des eaux enfouies à l'Anou Inker Temdat
4 : Tala El Hamman Boudrar, résurgence permanente des eaux enfouies à l'Anou Boussouil

Spéléo Club Constantine

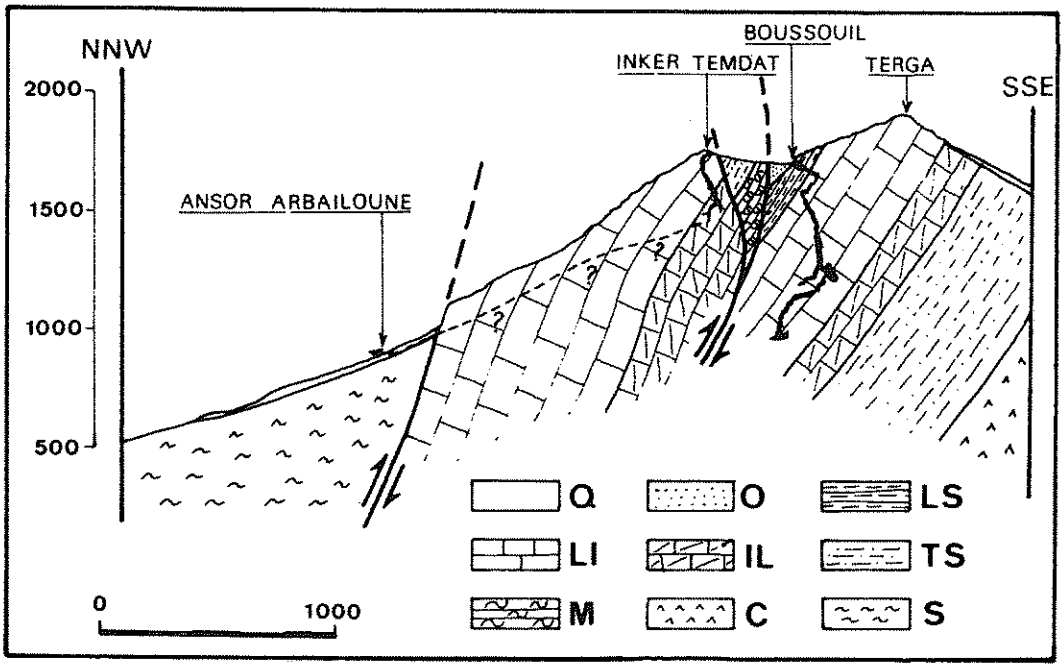

Fig. 3. Coupe géologique NNW-SSE à travers le Djurdjura (d'après Flandrin-1952), situation des deux gouffres d'absorption du Djurdjura et percée hydrogéologique de l'Anou Inker Temdat.
Q : Quarternaire : éboulis de pente
O : Oligocène : grès, marnes
LS : Lias supérieur : calcaires à silex et faciès marneux rouge à ammonites.
IL : Infralias : dolomies litées
TS : Trias Supérieur : grès rouges
M : Muschelkalk : calcaires
C : Carbonifère : schistes, psammites
S : Schistes cristallins

III. Hydrogéologie

Les calcaires karstifiés affleurent sur 18 km² dans l'unité de la Terga M'ta Roumi. L'essentiel des 2 à 2,5 m de précipitations annuelles s'enfouit rapidement (couvert végétal réduit; calcaires très fissurés). Cela représente un débit moyen potentiel important (1,1 à 1,4 m³/s), concentré à la grosse résurgence de Tala El Hammam Boudrar. Les autres émergences qui bordent la massif (Tal ou Defel, Tala n-Sert, Tala n-Tamezouert, ...), dont le débit n'excède pas quelques l/s, ne récoltent que les eaux collectées dans un petit périmètre proche de la limite des affleurements calcaires.

Pour préciser le cheminement des eaux enfouies dans la cuvette de l'Anou Boussouil (environ 40 ha situés essentiellement sur des marnes oligocènes), les services de l'hydraulique ont fait en 1948 un traçage à la fluorescéine (BIREBENT, 1948a, 1953) :

Spéléo Club Constantine

point d'injection : Anou Boussouil (alt. 1700 m),
débit à la perte : 10 l/s (avril 1948),
point d'émergence : Tala el Hamman Boudrar (alt. 740 m),
débit à l'émergence : environ 1 m^3/s,
dénivellation : 960 m,
temps de parcours : 182 h,
vitesse moyenne : 44 m/h.

Les explorations de 1981 ont permis d'accéder par un réseau à forte prédominance verticale à un petit collecteur, 777 m sous l'entrée. De là, l'eau doit donc encore parcourir 8 km avec une pente moyenne de 2,3 % (COLLIGNON, 1981).

La grande vitesse de transit indique un drain majeur, sans retenue d'eau importante. Le grand débit de la résurgence provient des eaux collectées tout au long de l'arête calcaire, notamment celles dues à la fonte des innombrables névés souterrains (« tessereft »). La résurgence se fait au point bas de l'affleurement des calcaires, au niveau d'une grande faille dextre NNW-SSE qui décale l'arête de 200 m.

IV. Description du réseau (Fig. 4 et 5)

A. *Actif amont (ancien réseau).*

Morphométrie :
dénivellation = 460 m; longueur topographiée = 800 m
pente moyenne = 38°; indice de verticalité = 90 %.

Il s'agit donc d'un réseau formé essentiellement de larges puits. Il est creusé aux dépens de deux failles bien visibles sur le plan :

de 0 à — 60 N155E70W
de — 80 à — 470 N120E70E

La seconde de ces failles constitue le toit des trois grands puits (inclinés de 70 à 85°). Elle montre vers — 150 un petit rejet dextre (1 cm, compartiment Est descendant à 45°) très récent puisqu'il décale le fond de petites coupoles de paroi, quelques dm au-dessus du niveau actuel de l'eau.

B. *Actif aval (nouveau réseau)*

Morphométrie :
dénivellation = 220 m; longueur topographiée = 400 m
pente moyenne = 54°; indice de verticalité = 77 %.

Cette section est morphologiquement semblable à la précédente, mais les grands accidents n'apparaissent clairement que vers le fond où l'on retrouve la faille des grands puits. La rivière y a longuement évolué en écoulement libre, par surcreusements successifs, sur plusieurs dizaines de mètres de haut.

Spéléo Club Constantine

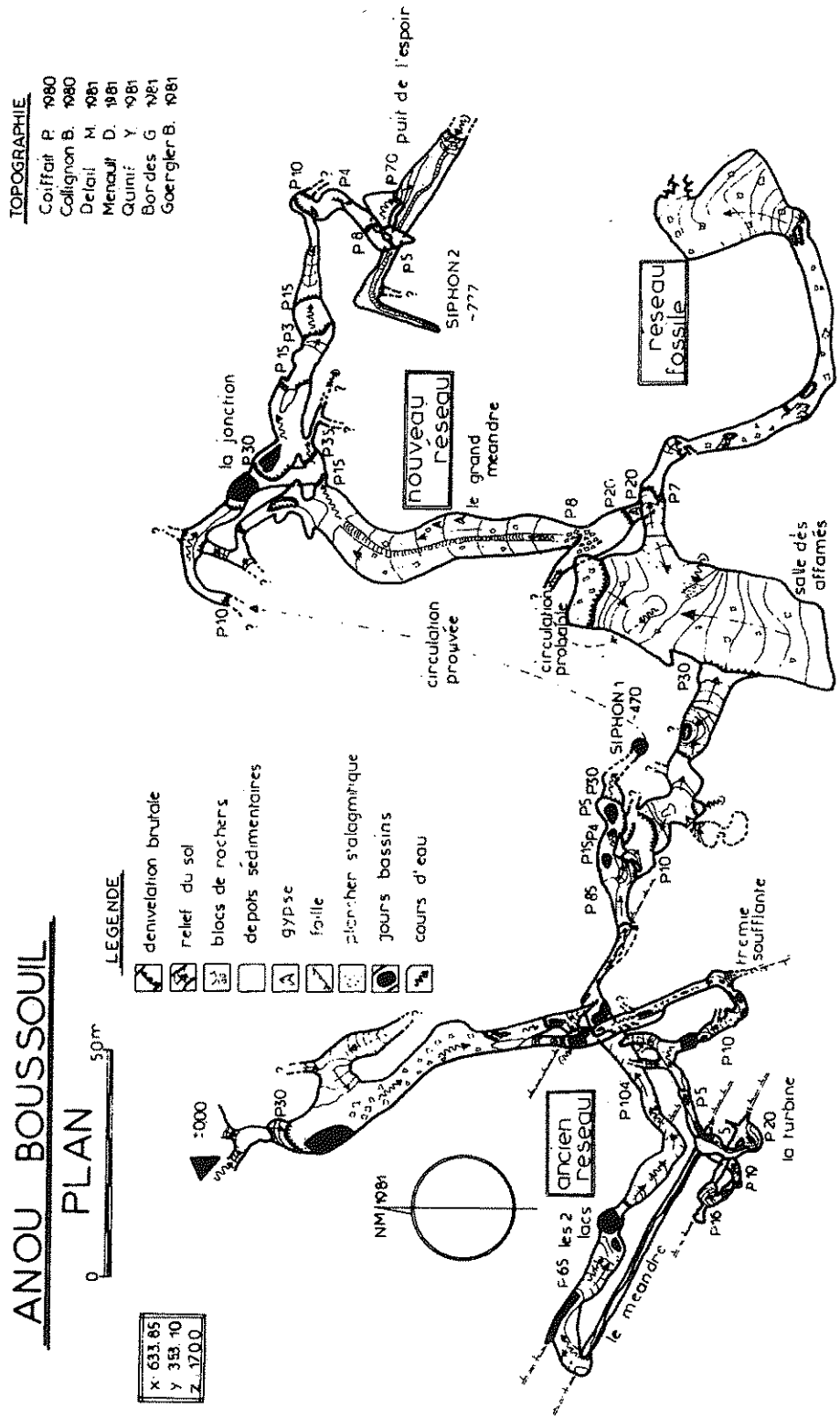

Fig. 4. Plan du réseau de l'Anou Boussouil

Spéléo Club Constantine

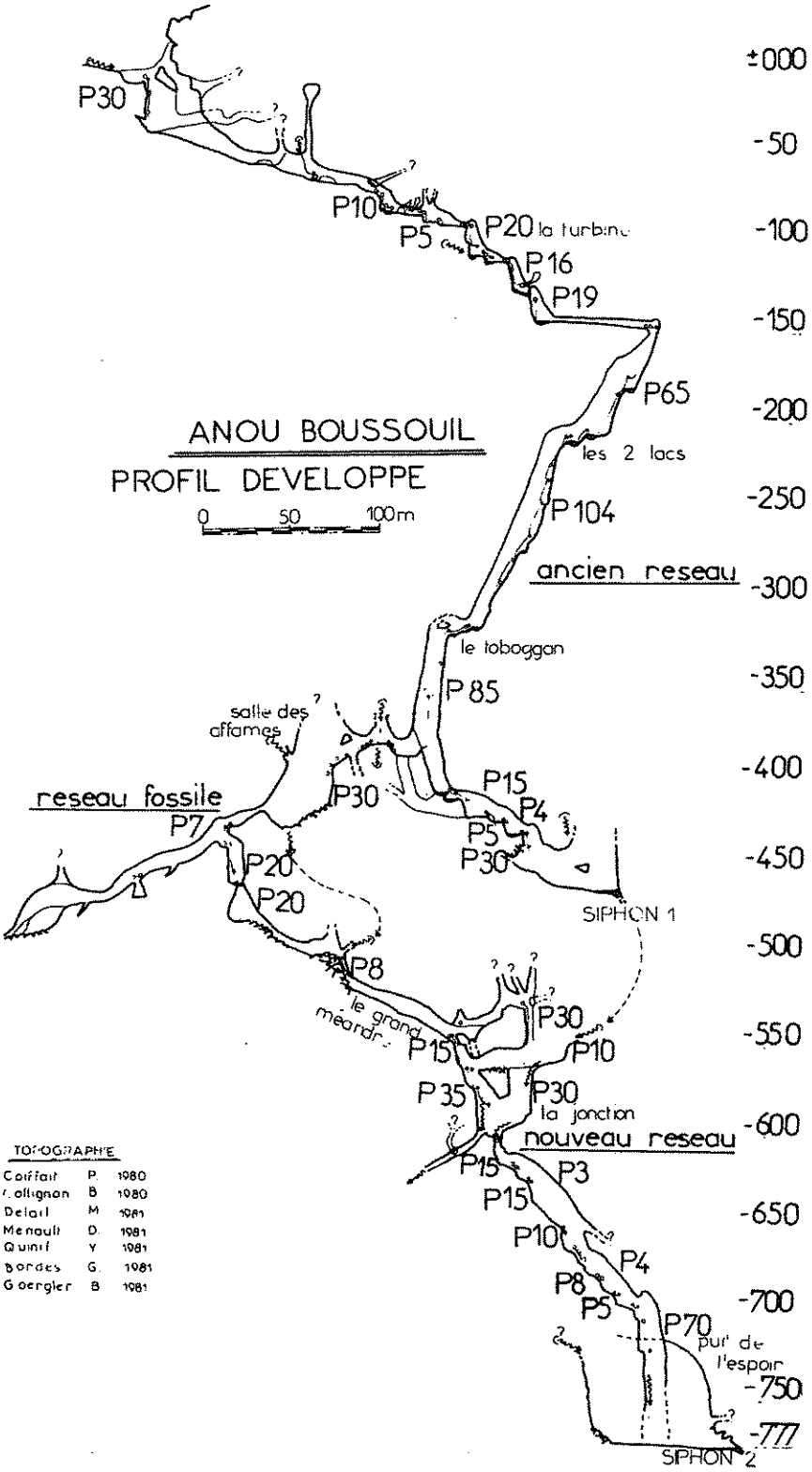

Fig. 5. Coupe développée du réseau de l'Anou Boussouil.

Spéléo Club Constantine

Le sol du réseau actif est recouvert de sédiments détritiques assez grossiers et bien roulés, sauf dans cette dernière galerie où apparait une sédimentation argileuse due à un important affluent qui provoque une mise en charge lors des crues. L'eau de cet affluent est nettement plus agressive que celle du réseau exploré (pas de concrétionnement, corrosion en cupules).

C. *Le grand méandre*

Le fond de cette grande galerie quasi-fossile est surcreusé par un petit écoulement venu apparemment de la Salle des Affamés. Cette eau est très minéralisée et chaque rupture de pente provoque la formation d'une margelle de calcite.

Cette galerie est la seule du gouffre qui ait exploité un joint de stratification (N120E35E), dans un niveau où le calcaire est moins massif et se débite en plaquettes irrégulières de 0,5 à 2 cm d'épaisseur. Elle ignore, comme la partie suivante, les grandes failles, pourtant toutes proches, où s'est développé le réseau actif. Il est probable que la majeure partie du réseau fossile est plus ancienne que les grandes fractures transversales à l'écaille (Mio-Pliocène ?).

D. *Réseau fossile hydrothermal*

Ce vaste réseau fossile (topographie en cours) est axé sur un gros conduit sec, divagant, au sol argileux, qui débouche au plafond d'une énorme salle d'effondrement (terminus actuel) délimitée par deux failles (N20E et N115E).

Un fort courant d'air froid y descend, provoquant la formation de brouillards au contact de l'air plus chaud de la salle. Ce courant d'air pose un problème intéressant : il ne peut pas y avoir de communication avec l'extérieur à l'altitude de la grande salle (1.000 m), si ce n'est loin dans le prolongement de la Terga, du côté de la résurgence (et cela provoquerait une perte de charge incompatible avec le débit observé). Cet air doit donc se réchauffer au niveau des parties thermales de la cavité (voir ci-dessous) et remonter par des conduits supérieurs à ceux actuellement explorés. Ce mouvement de l'air est permanent car le sens de la différence de température ne s'inverse jamais.

V. Microformes, aspect des parois, remplissages

Les parties actives et fossiles du gouffre permettent d'opposer nettement deux types de réseau formés à deux époques distinctes dans des contextes fort différents.

A. *Réseau actif actuel*

1°) *Dynamique intense*

Les planchers de méandres sont taraudés de marmites de géant parfois énormes (3 ou 4 m^3) et toutes les parois sont couvertes de coups de gouge. Ceux-ci se sont formés indépendamment de tout remplissage détritique, suivant l'écoulement

Spéléo Club Constantine

tourbillonnaire des eaux. On en rencontre même sur les parois des grands puits, où ils doivent se former pendant les grandes crues. Comme beaucoup de surfaces sont concrétionnés (voir ci-dessous) et que la phase actuelle est nettement érosive, il y a des interactions intéressantes entre les coups de gouge et la couverture stalagmitique (fig. 6a et 6b).

La surface très polie de la roche évoque une érosion mécanique importante (par des éléments quartzeux arrachés au Trias et à l'Oligocène de la cuvette dénudée) qui masque les effets de la dissolution par des eaux pourtant très froides (3,4°C à 4,5°C tout au long de l'année).

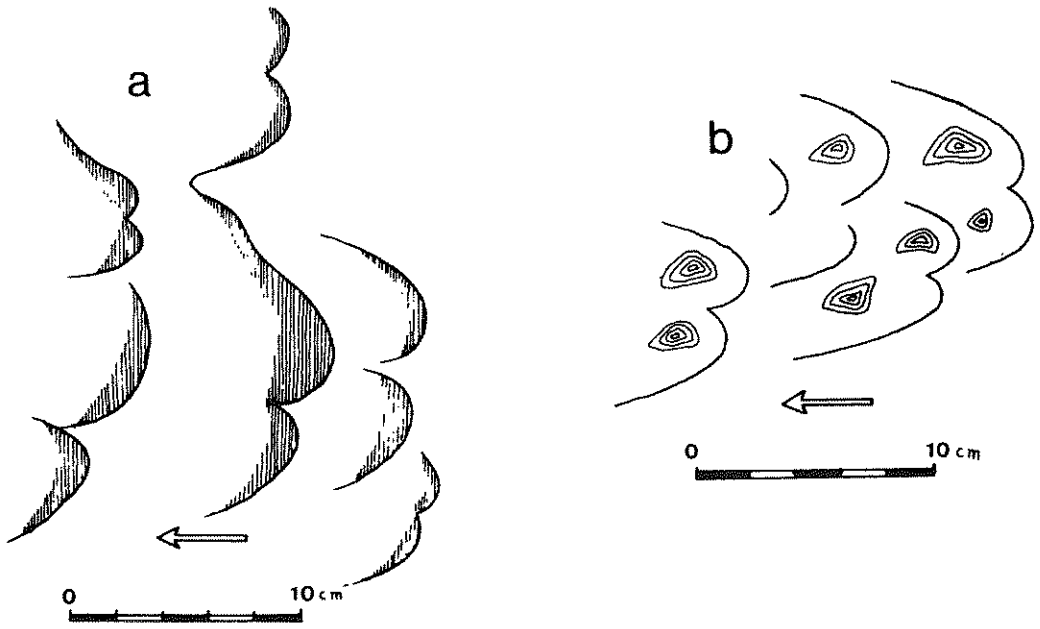

Fig. 6. Coups de gouge contenant des traces d'ancien concrétionnement carbonaté.
6a - le concrétionnement subsiste à l'amont de la vague d'érosion, en couches minces, sans stratification visible. Les vagues d'érosion actuelles en reprennent donc d'anciennes.
6b - le concrétionnement subsiste au plus profond de la vague où il forme une petite protubérance qui laisse apparaître la stratification originelle.

2°) *Concrétionnement généralisé*

Les grands puits sont en grande partie occupés par d'énormes coulées stalagmitiques stratifiées brunes, à la surface altérée (couche « savonneuse »). En profondeur, on distingue bien les microgours centimétriques qui devaient recouvrir la coulée, mais celle-ci ne semble plus croître actuellement, si ce n'est quelques pendeloques en bas du Puits de l'Espoir (— 775). Au contraire, ces concrétions sont entaillées de chenaux et de cannelures le long des écoulements actuels. Il est probable que ce stade érosif ait été précédé de plusieurs autres comme l'indiquent certains recouvrements calcitiques complexes où se lisent plusieurs phases concrétionnantes (fig. 7).

Spéléo Club Constantine

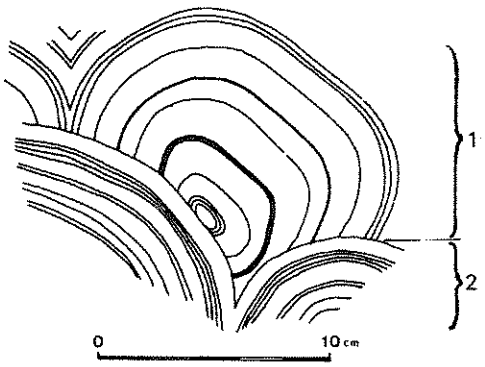

Fig. 7. Recouvrement calcitique dans un puits (— 80). Le décapage récent par une érosion avant tout mécanique fait apparaître deux phases de concrétionnement (1 et 2) identifiables aux stratifications entrecroisées.

Les coulées sont nettement stratifiées (présence de couches argileuses plus friables) et les fragments montrent des stries d'accroissement (annuelles ?) millimétriques. Un décompte partiel (111 couches sur 4 cm d'épaisseur) donnerait à la formation de telles coulées une durée de quelques milliers au maximum (2.000 dans ce cas précis).

On est donc conduit à admettre que ce réseau actif a connu pendant la fin du Quaternaire une suite alternante de phases concrétionnantes et érosives, probablement liées à des variations climatiques et végétales. La figure 8 donne une idée de cette évolution complexe dans un grand puits.

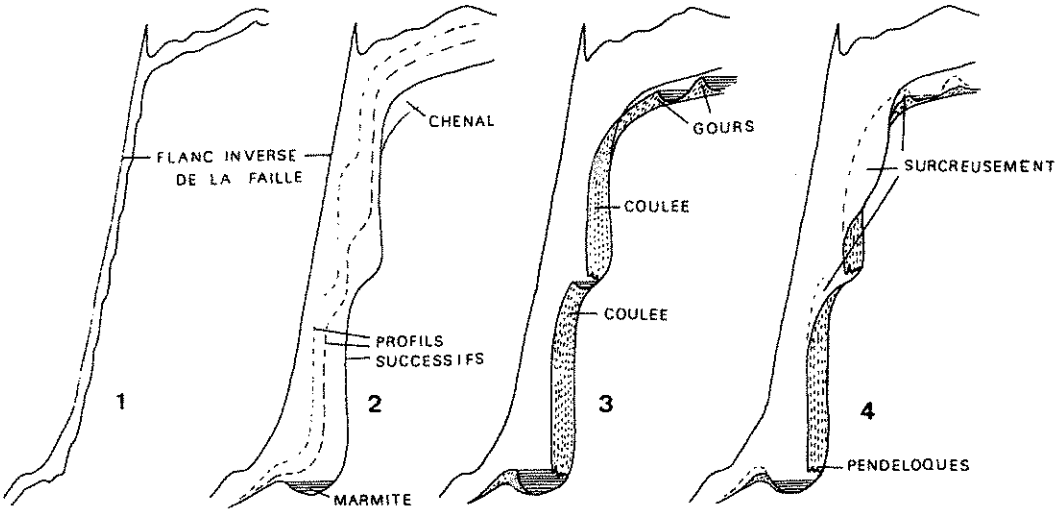

Fig. 8. Evolution typique d'un grand puits de l'Anou Boussouil

1. Creusement du puits par simple élargissement de la faille principale.
2. Elargissements successifs, formation d'une suite de ressauts sur le flanc normal de la faille, formation d'un chenal dans le méandre supérieur et d'une marmite de fond de puits.
3. Phase concrétionnante : le bord de la marmite est rehaussé par une margelle de gour.
4. Recreusement, sédimentation détritique dans la vasque, le recreusement redéblaie l'ancien chenal mais les pendeloques continuent à se développer.

Spéléo Club Constantine

3°) *Surcreusement*

Tous les conduits horizontaux présentent un fort surcreusement dans les remplissages calcitiques ou dans la roche elle-même. Ces surcreusements sont assez étroits (20 à 50 cm de large). Cela correspond au très faible débit d'étiage (moins de 5 l/s pendant 8 à 10 mois par an). On en arrive ainsi dans certaines galeries à des profils à banquettes. Il est intéressant de noter que la plupart du temps, le surcreusement reprend de préférence le concrétionnement (plus tendre que la roche). Il remet ainsi à jour d'anciens chenaux.

L'énergie de l'écoulement est donc limitée (faibles débits) et il semble qu'avant les phases concrétionnantes, les galeries aient subi une évolution à l'air libre assez poussée. Elles ont alors acquis l'essentiel de leur forme propre. L'érosion actuelle n'y apporte que de petites retouches.

B. *Réseau fossile hydrothermal*

Dans la partie supérieure de la Galerie des Toulousains, toutes les parois sont littéralement rongées de coupoles métriques coalescentes. C'est l'indice sûr d'un creusement en régime noyé. Cinquante kilomètres plus au Sud, on rencontre le même faciès, encore exacerbé, dans les cavités d'origine hydrothermale des Bibans. (COIFFAIT, QUINIF, 1977).

Cette similitude est confirmée par l'altération profonde de la roche (pulvérulente sur 2 à 20 cm de profondeur : elle s'écrase entre les doigts pour donner une poudre blanchâtre, farineuse), qui met en évidence la nature hétérogène du plafond de cette galerie, brèche à éléments décimétriques légèrement arrondis. Une analyse récente aux R.X. nous a montré que cette couche pulvérulente est en fait constituée presque exclusivement d'ankérite, carbonate complexe de magnésium, calcium et fer, preuve de l'influence de l'hydrothermalisme qui, seul, peut générer ce minéral. L'influence du thermalisme se montre enfin dans la patine noire qui recouvre de nombreux massifs stalagmitiques.

Comme ce réseau est bien perché par rapport au réseau actif (qui montre une longue évolution à l'air libre près de 200 m plus bas), il doit lui être très antérieur. Il doit aussi avoir été formé avant que la Terga ne domine d'aussi haut le sillon de la Soumman (on imagine mal les exurgences thermales se faire sur de hautes crêtes comme celles du Djurdjura actuel).

De nombreux blocs éboulés et des pans de paroi à cassure « fraîche » (altération sur quelques mm de profondeur seulement) portent de petites fleurs de gypse assez fines. Il n'y a pas d'étage géologique riche en gypse dans la région (le Trias est essentiellement gréseux) et il est possible que ces fleurs de gypse proviennent de la percolation d'eaux qui se sont chargées au contact d'anciens dépôts gypseux hydrothermaux (très fréquents dans les grottes des Bibans).

VI. Gradient thermique actuel

Le gradient spéléothermique est très fort dans la Galerie des Toulousains (3°C en 100 m de dénivellation et d'éloignement au versant). Ce gradient était pourtant

Spéléo Club Constantine

tempéré à l'époque de la mesure (novembre 81) par un fort courant d'air froid descendant, estimé à 10 m^3/s. Ainsi donc, cette partie du réseau est encore fortement influencée par le thermalisme. Le flux géothermique y reste important alors que toutes les circulations d'eau chaude ont cessé à ce niveau depuis longtemps (à titre indicatif, l'apport thermique nécessaire pour réchauffer de 3°C la masse d'air froid descendant correspond à un flux de 10 microcal/S cm^2 sur toute la surface actuellement connue du réseau, valeur considérable puisque le flux moyen à la surface de ce genre de chaîne ne dépasse guère 2 microcal/S cm^2 en général).

Ce flux est peut-être simplement l'expression du refroidissement lent d'énormes masses rocheuses chauffées lors des phases thermales. Comme les écoulements d'eau sont actuellement extrêmement faibles (et rien ne permet de penser qu'il en a été différemment pendant tout le Quaternaire récent : pas de chenaux, sédiments argileux à peine retouchés par la chute de quelques gouttes d'eau, peu de concrétions,...), ils ne modifient que fort peu ce bilan d'ensemble (le seul gour de la galerie est d'ailleurs en équilibre thermique avec celle-ci).

Conclusion

La Terga M'ta Roumi a connu plusieurs épisodes de karstification, dont le réseau de l'Anou Boussouil garde des témoignages.

Phase alpine récente : L'actif de l'Anou Boussouil se trouve en connection morphologique avec la chaîne actuelle. Le creusement utilise quelques fractures écailles (failles qui rejouent encore actuellement) : cette spéléogenèse doit vraisemblablement leur être antérieure. Elle se situe au Miocène supérieur ou au Pliocène. Notons que le thermalisme se fait encore sentir par un fort gradient spéléothermique.

Phase alpine récente : L'actif de l'Anou Boussouïl se trouve en connection morphologique avec la chaîne actuelle. Le creusement utilise quelques fractures postérieures aux phases précoces. Il est probable que le développement de cette importante percée hydrogéologique a été facilitée par la réutilisation, au niveau du drain profond, d'anciens conduits datant de phases précédentes. Ceci explique la grande vitesse des eaux (44 m/h sur un parcours de 8 km et une pente de quelques 2 %,), et la formation de la cuvette par un soutirage accéléré. L'Anou Inker Temdat voisin (QUINIF, 1978) constitue l'exemple d'une cavité tout à fait pareille (gouffre-perte) mais qui a évolué sans utiliser des conduits antérieurs : galeries et puits plus modestes, faible profondeur, cuvette moins développée malgré une superficie voisine de celle du Boussouil.

Enfin, plusieurs épisodes alternant de concrétionnement - érosion dans les puits de l'Anou Boussouil suggèrent des fluctuations climatiques (entraînant des modifications du couvert végétal) influençant le chimisme des eaux, leur débit, leur charge solide.

BIBLIOGRAPHIE

BELIN A., MARICHAL R., SACCARDY L., TROUILLEUR J., VERGE H. (1974), « Notes spéléologiques sur le Djurdjura », *Bull. Serv. Carte Géol. Alg., 3e série, fasc. 7.*

Spéléo Club Constantine

BELIN A. (1948), « Trois abîmes du Djurdjura », *Ann. de Spéléol., t. III*, pp. 145-152.

BIREBENT J. (1948a), « L'Anou Boussouil », *Terres et Eaux, n° 2*, 44-50.

BIEREBENT J. (1948b), « Explorations souterraines en Algérie », *Ann. Speléol, t III, fasc. 2-3*, pp. 49-114.

BIREBENT J. (1953), « Explorations souterraines en Algérie », *Ann. Spéléol., t. VIII*, pp. 9-62 et 70-172.

COIFFAIT P.E., QUINIF Y. (1977), « La karstification de l'Azérou-el-Kébir (Algérie du Nord). Approche globale de la spéléogenèse d'un massif », *Bull. Soc. Hist. Nat. d'Afr. du Nord, 68, 1 et 2*, pp. 79-100.

COLLIGNON B. (1981), « Explorations spéléologiques dans le Djurdjura », *Spelunca, n° 3*, pp. 35-40.

COURBON P. (1972), *Atlas des grands gouffres du monde.*

COUTELLE A. (1979), *Géologie du Sud-Est de la Grande Kabylie et des Babor d'Akabou*, Th. Doct. d'Etat, 567 pp., 128 fig.

FLANDRIN (1952), « La chaîne du Djurdjura », *XIXe Cong. Geol. Int., Monogr. Région. n° 19.*

QUINIF Y. (1976), « Quelques aspects du karst du Djurdjura : les zones de Tizi Boussouïl et du Djebel Haïzer. Leurs dépressions fermées », *Rev. Géogr. Phys et de Géol. Dyn., XIX*, pp. 137-148.

QUINIF Y. (1978), « Contribution à l'étude des cavités karstiques du Djurdjura », *Int. Jour. Spel., 10, 2*, pp. 113-155.

Spéléo Club Constantine