III — GOUFFRE DE JOURET EL AABED

Coordonnées: X = 163,635 km
Y = 248,580 km
Z = 1490 m
Carte de Douma au 1/20.000 (0-6)
Profondeur −244 m. Développement 254 m

III.1 — Situation

Le gouffre de Jouret el Aabed a été signalé pour la première fois en 1972 par Alain MAROUN. Il a connu depuis un certain nombre de visites dont la dernière en date remonte au mois de septembre 1988 et dont le but était de compléter une topographie jusqu'ici partielle.

Ce gouffre se situe à 300 mètres au nord et en aval de la perte de Baatara (fig.14). Un micocoulier et un genévrier qui se trouvent à la limite de la caillasse et des premières cultures de pommiers en indiquent l'emplacement.

Deux ouvertures en permettent l'accès, l'une supérieure et l'autre située sur le côté sud dans une partie déclive recouverte de cailloux provenant de l'épierrement d'un champ contigu.

III.2 — Topographie (fig.33a et 33b)

Cette cavité est constituée d'une succession de quatre puits de quarante mètres chacun, séparés par des couloirs horizontaux ou accusant de fortes pentes. Elle semble avoir subi plusieurs stades d'évolution correspondant à un écoulement temporaire sous pression et à un écoulement en zone épinoyée. Une période inactive laisse apparaître des concrétions du type classique telles que: stalagmites, draperies, parterre de petits gours ou planchers de calcite dont certains (ph.34) ont été repris par l'érosion. Le sol évidé de son argile s'est largement répandu au-delà, rendant le parcours extrêmement glissant et nécessitant l'installation fixe de mains courantes.

Le fond du gouffre est caractérisé par un puits de 7.5 m colmaté par de l'argile visqueuse. Signalons, enfin, une faille de direction NE repérable entre le 2° et le 3° puits.

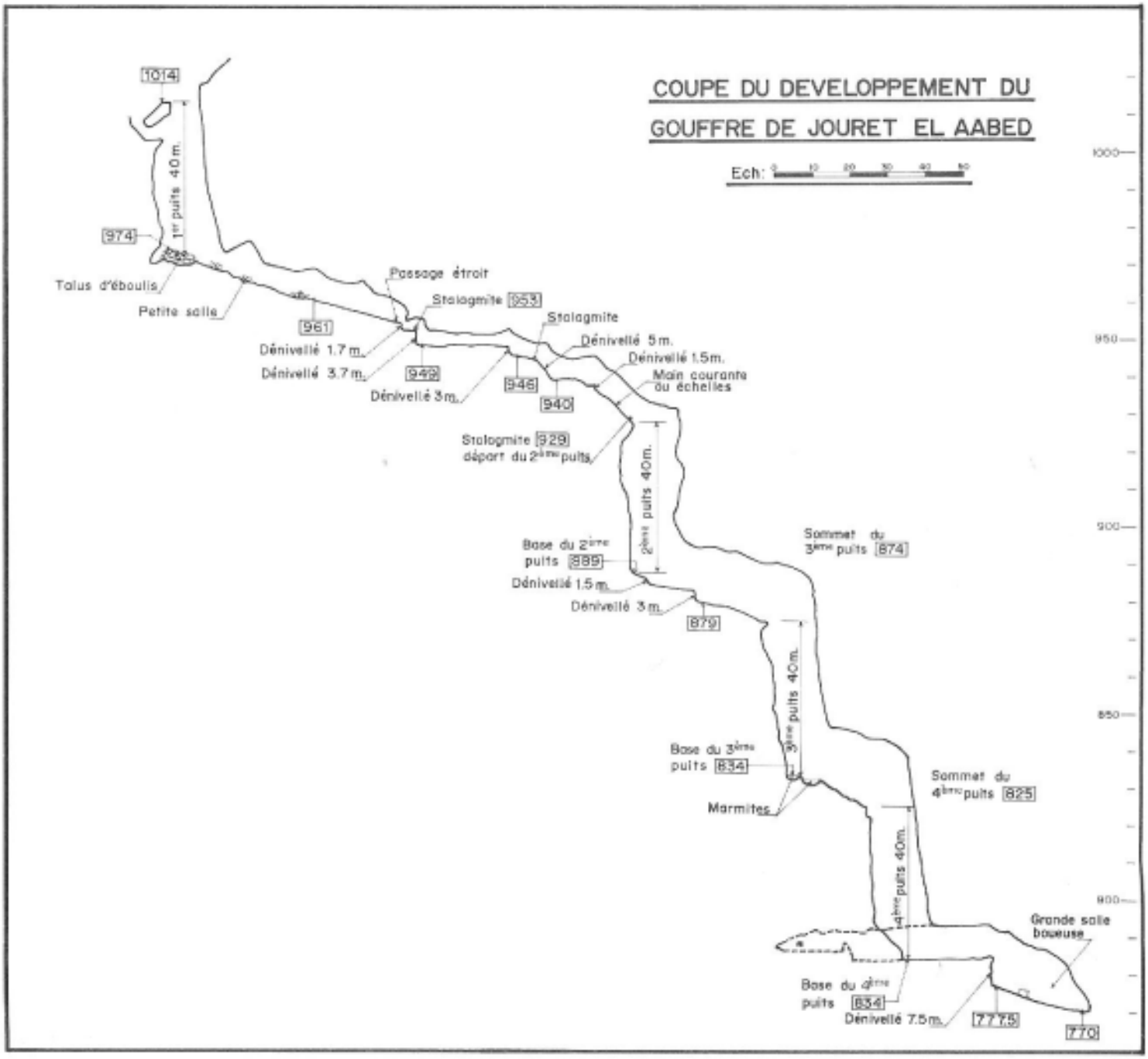


Figure 33: Jouret el Aabed .

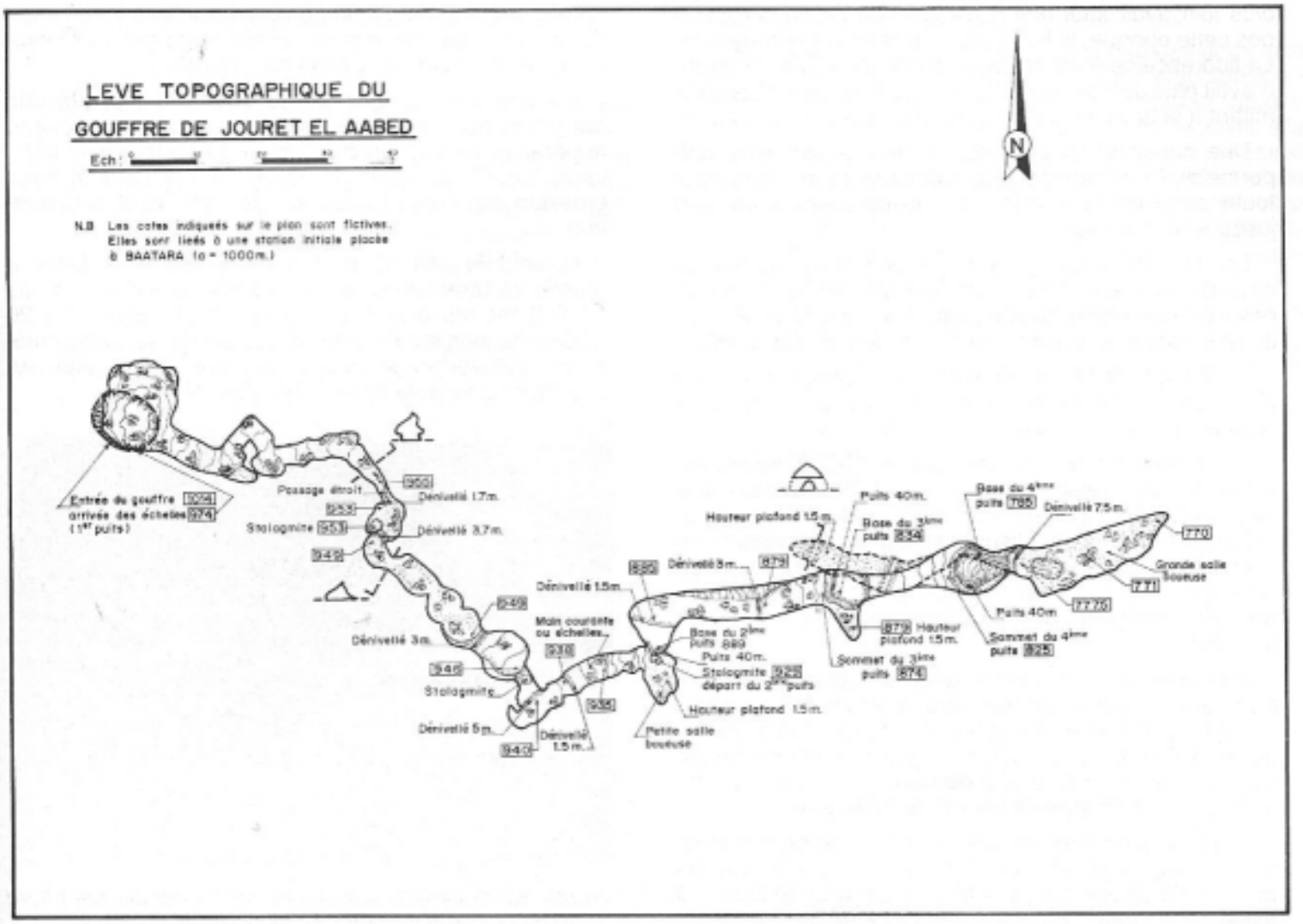


Figure 33: Jouret el Aabed.

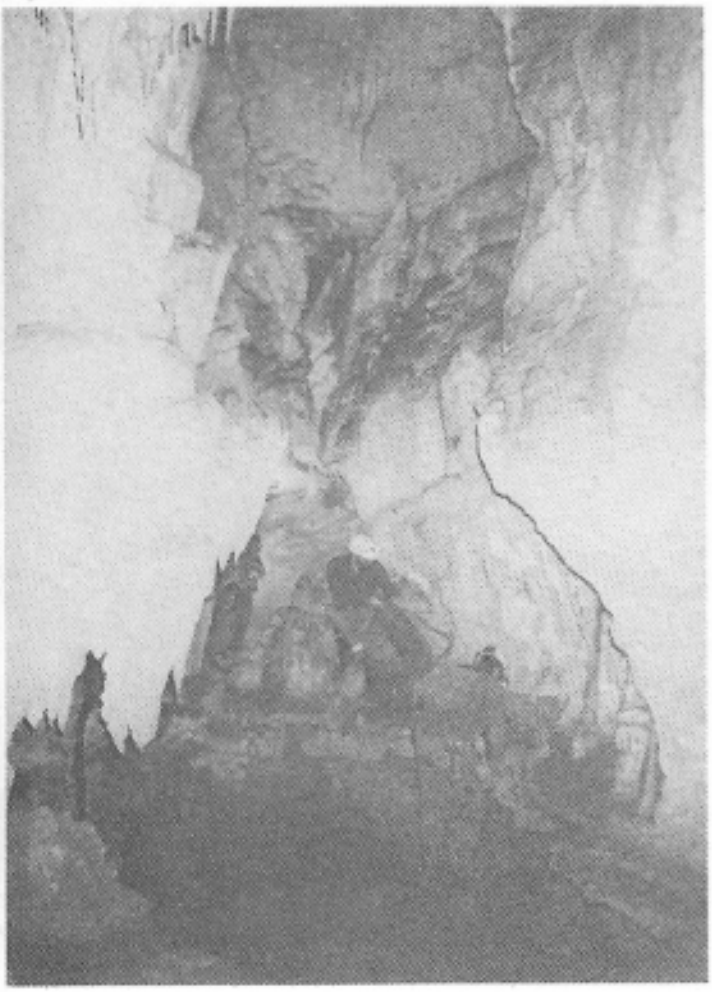


Photo 34: Jouret el Aabed est l'ancienne perte de Ouadi Baatara. Le gouffre se développe en une suite de quatre puits de quarante mètres chacun. Les galeries qui les séparent révèlent des formes de surcreusement d'écoulement libre. Le plancher calcifié a été repris par la corrosion révélant un sol argileux.

IV — MGHARAT GHAOUAOUIT

(Kfar Hilda), Hugues **BADAOUI,** André **BECHARA,** Joseph **ZGHEIB.**
Coordonnées Lambert: X = 161,250, Y = 253,320, Z = 620m
Carte de Douma au 1/20.000e (0-7)
Développement: 233m

IV.1 — Situation

Mgharet Ghaouaouit, souvent confondue toponymiquement avec Mgharet Kfar Hilda, s'ouvre sur la rive droite du Nahr Ouadi Tannourine à environ 1200 mètres au SE du pont du village de Kfar Hilda. Un bon chemin carrossable mène jusqu'à Nabaa Dalli (captage actuel fig.30), d'où l'on peut remonter à pied sur environ trois cents mètres pour atteindre le porche d'entrée de la grotte légèrement en retrait du lit de la rivière.

IV.1.1 — Topographie et morphologie

Cette grotte a été explorée pour la première fois par le S.C.LIBAN en 1954 et à la demande du Service hydraulique (Al Ouat'Ouate N°2 1958). La petite rivière souterraine qui apparaissait dès l'entrée pour se perdre dans une fissure imperméable quelques mètres

plus loin avait subi une coloration de reconnaissance dès cette époque; le but était de localiser la résurgence. La fluorescéine étant réapparue à Nabaa Dalli, la grotte n'avait plus depuis reçu que quelques rares visites se limitant à la branche est, origine apparente de la source.

Une canalisation en béton a depuis été construite permettant un captage plus rationnel devant contrôler toute perte éventuelle le long du parcours souterrain jusqu'à Nabaa Dalli.

En fait, cette grotte joue le rôle en période de hautes eaux de source de trop-plein donnant naissance à une **résurgence intermittente** alimentant la rivière de Ouadi Tannourine (voir supra étude de Michel Majdalani).

Le réseau souterrain se développe suivant deux axes principaux, le troisième étant l'exutoire permanent du premier axe et intermittent du second.

– Le premier axe est une galerie (100°N) au sol bétonné qui suit fidèlement le miroir de faille repérable dès l'entrée (ph.35). Il mène à un petit lac de 24m^2. Un canot pneumatique est indispensable pour aller visiter une cheminée de 3m de haut qui se prolonge par un boyau étroit sur une vingtaine de mètres. A son extrémité on aperçoit émergeant du plafond des racines d'arbres non identifiées.

Au niveau de l'eau l'exploration de 1954 a permis à partir d'une chatière de rejoindre le deuxième axe au niveau de la galerie en T (fig.35). Il est tout à fait probable qu'en raison de l'aménagement entre-temp effectué, la canalisation ait joué le rôle de barrage et que l'eau en remontant ait masqué cette étroite ouverture.

– Le second axe est une galerie large de 4 mètres dont le cheminement sur 70 mètres présente tous les aspects de galerie du type «trou de serrure» (ph.36). Au milieu de ce parcours une chatière mène à un embranchement dont la partie amont est bloquée, alors que la partie aval impénétrable laisse entendre le bruit très distinct d'un cours d'eau. Il est fort probable que nous soyons dans la partie parcourue en 1954 par S.Karkabi et signalée dans le Ouat'Ouate N°2 1958.

Il est à signaler que sur les premiers 70 mètres, apparaissent de nombreux dépôts sableux et argileux. Il faut croire que **ce secteur** subit en période de hautes eaux un régime en zone épinoyée.

Au niveau des stalagmites, on observe d'une part une forte accumulation de sable et d'autre part un amoncellement de galets de basalte provenant de l'évidage d'une brèche voisine, et qui entraînés par l'eau, se déversent dans le réseau de l'exutoire.

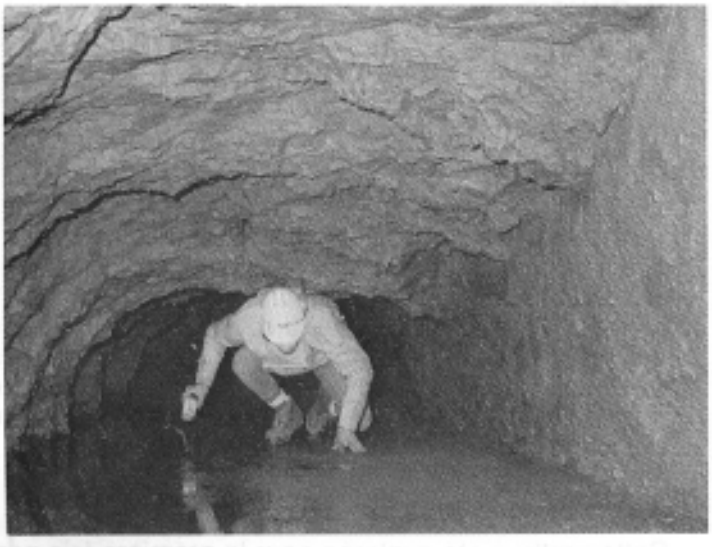


Photo 35: La grotte de Ghaouaouit. La galerie qui mène au premier siphon est creusée sous forme de conduite forcée. Elle est appuyée sur la faille de direction 100°N.

Au-delà, un changement de direction implique une transformation morphologique de la galerie. Le réseau apparaît taillé régulièrement entre deux strates horizontales (ph.37) et subit un régime à écoulement sous pression ne laissant aucune trace de dépôt sédimentaire.

Au bout de cent mètres sur un trajet sans incidents, la galerie se termine par deux regards sur un plan d'eau situé 8 mètres plus bas. De forme elliptique, il a 20 mètres de long sur 6 de large. Les parois sont uniformément recouvertes de boue et laissent transparaître sur la gauche une faille de direction 280°N.

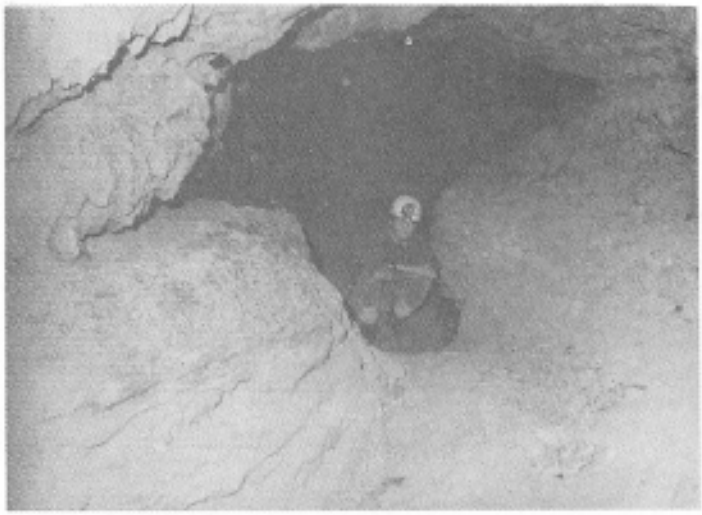


Photo 36: Galerie à surcreusement d'écoulement libre dans la partie mitoyenne du circuit souterrain.

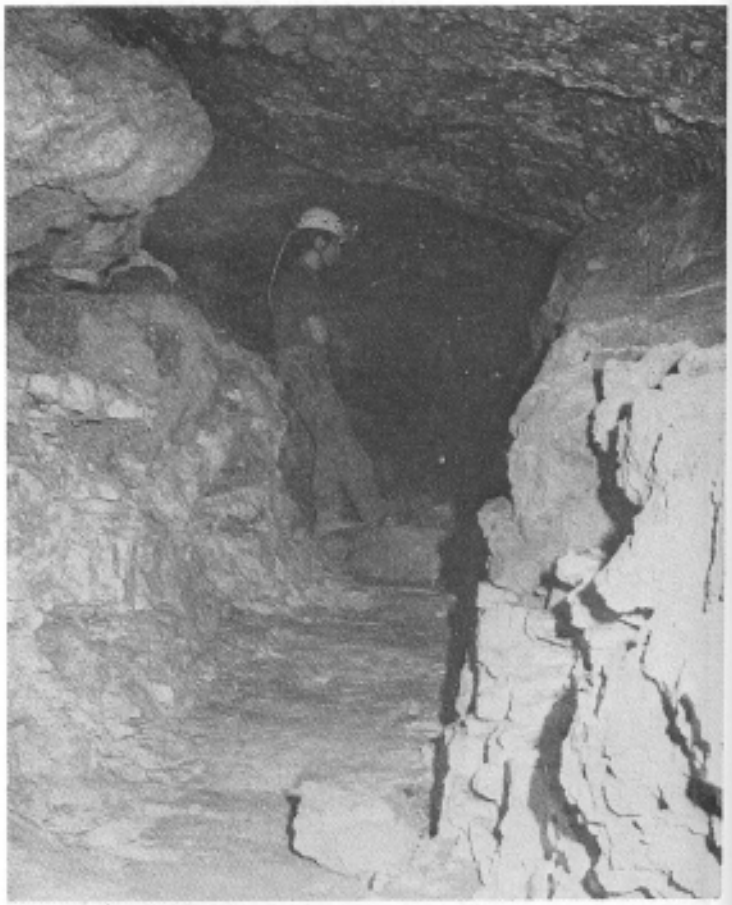


Photo 37: Galerie à surcreusement d'écoulement libre précédant le second siphon.

IV.2 — Mode d'écoulement de l'eau dans la grotte (fig.34)

Le cheminement de l'eau dans la grotte de GHAOUAOUIT change selon les saisons. **En période d'étiage,** quand la charge hydraulique dans le système karstique est à son niveau le plus bas, l'eau du premier lac coule entièrement dans la canalisation en béton qui mène à la vanne murale située 70 m à l'aval[1]. Une partie du débit continue son trajet vers la station de traitement, l'autre est déviée par un déversoir latéral vers la «fissure impénétrable» qui mène à la source de DALLI (V. parag. V.1.1).

Il est à noter que les niveaux de l'eau dans le premier et le second lac sont à la même cote. Lorsque la charge dans le système augmente, le puits de 8 m joue le rôle de «cheminée d'équilibre». Tout pousse à croire par conséquent que ces deux lacs sont en communication. Ceci reste à vérifier par plongée.

En période de crue, le niveau de l'eau des deux lacs hausse progressivement et le débit augmente sensiblement. La canalisation ne pouvant absorber qu'une quantité limitée d'eau et la galerie dans laquelle elle coule étant de section réduite, un engorgement s'ensuit et l'eau profitant des fissures existantes rejoint la «salle à la stalagmite» (fig.34). De là elle s'écoule vers la «fissure impénétrable» et le trop-plein qui n'a pu être absorbé sort de la grotte qui joue dès lors le rôle de résurgence intermittente.

Si les crues sont exceptionnelles, le niveau du second lac déborde à son tour et l'eau se met à couler du fond transformant toute la partie souterraine pénétrable en réseau noyé sous pression.

(1) Dans la tour en béton située à l'entrée de la grotte.

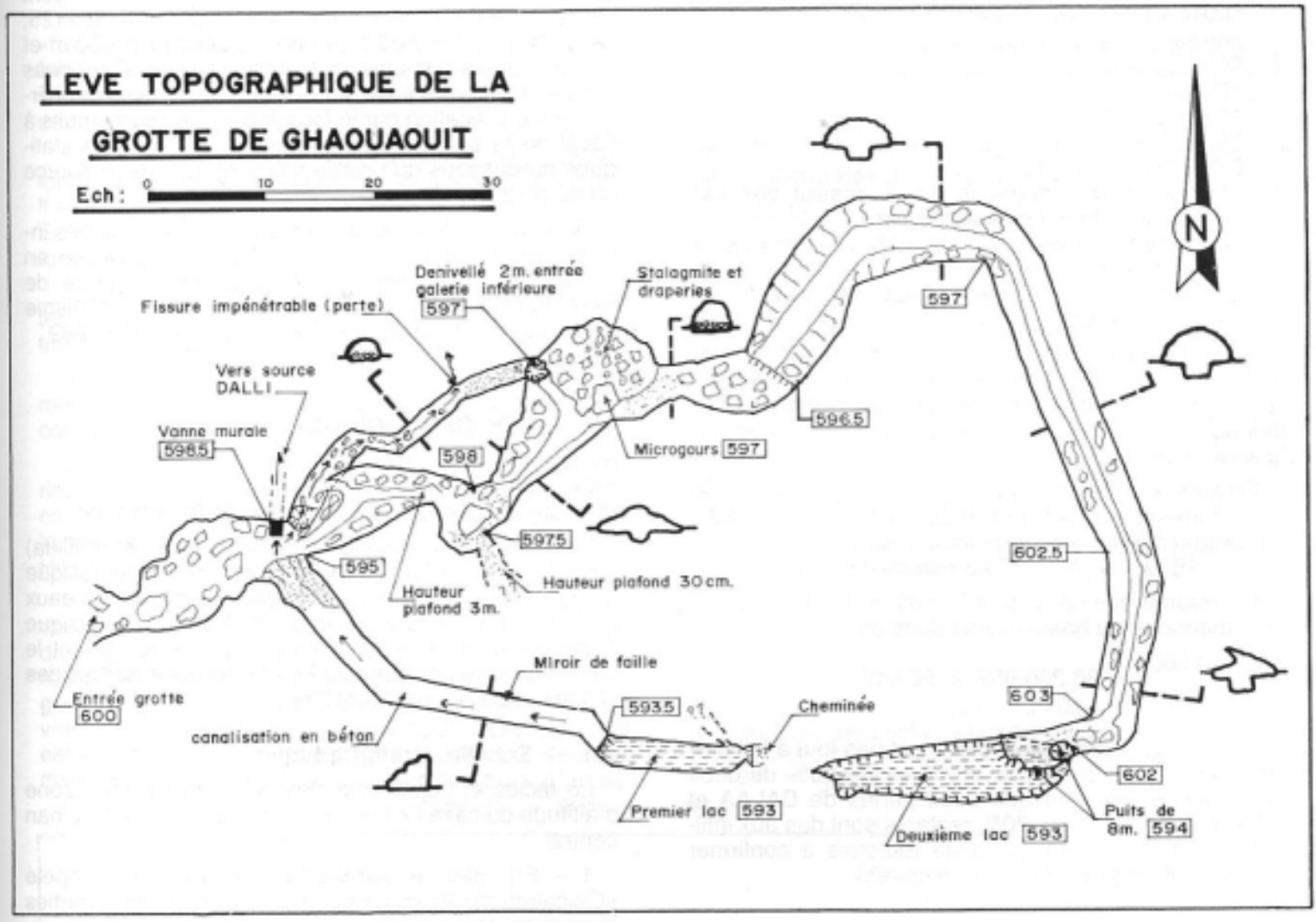


Figure 34: Plan de la grotte de Ghaouaouit.

IV.3 — Aperçu hydrogéologique et problèmes que pose l'aquifère du bassin versant de Kfar Hilda - Michel MAJDALANI.

La grotte de GHAOUAOUIT constitue un réseau karstique intéressant du point de vue de l'écoulement souterrain et du mode de résurgence.

En effet, la configuration du réseau et les travaux de captage entrepris par le ministère des Ressources hydrauliques et électriques nous permettent d'observer différents cheminements de l'écoulement selon l'importance de la crue, donc de la charge hydraulique dans le système (Réf. exploration de la grotte).

Du point de vue hydrogéologique, la source jaillit au contact des calcaires Jurassique avec les couches sus-jacentes, argilo-gréseuses, du Crétacé, qui forment un écran imperméable (Voir coupe géologique fig.31). Elle draine les eaux infiltrées dans le massif calcaire et dolomitique de TANNOURINE et LAQLOUQ où se situent d'ailleurs les pertes de BALAA et BAATARA. L'écoulement entre ces deux pertes et la source qui s'effectue dans un conduit karstique unique ne signifie pas que les eaux infiltrées partout ailleurs dans le massif ne rejoignent pas cette source.

Nous avons constaté le jour de la coloration, que le

débit d'eau qui s'engouffre dans ces deux pertes est de 1.8 m^3/sec environ alors que le débit total de la source n'est que de 2.2 m^3/sec.

La différence de 400 l/sec provient sûrement des infiltrations mais pourrait-elle représenter la restitution de l'ensemble du volume d'eau infiltré dans le massif, tout en sachant que ce dernier est recouvert en hiver d'une épaisseur moyenne de 1 mètre de neige? Il faut pour cela établir le bilan de l'aquifère en prenant en considération les précipitations (pluie et neige), l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration.

Or, en se référant aux travaux et études réalisés par les Nations Unies dans le cadre du «Programme des Nations Unies pour le Développement» (P.N.U.D.) - LIBAN - Etude des eaux souterraines», on peut établir un bilan très provisoire de la nappe aquifère. En fait, on constate que:

1 - Le volume total des eaux écoulées de la source de NABAA DALLI est de 60 millions de mètres cubes, correspondant à un débit moyen de 1.9 m^3/sec.
2 - 90% du débit total s'écoulent en hiver, et à peine 10% au cours de la période d'étiage qui s'étend du 15 juin au 15 septembre.
3 - Le coefficient de tarissement est de l'ordre de 0.0107 soit 1.07×10^{-2}.
4 - La pluviométrie moyenne sur le massif des calcaires Jurassique est de 1450 mm.
Les infiltrations représentent 43% des apports, le ruissellement 9%.
Le déficit d'écoulement (évapotranspiration + fuites) est donc de: 48%

Partant de ces constatations et considérant que le volume écoulé de la source correspond effectivement au volume d'eau infiltré sur le bassin, on peut calculer indirectement la surface du bassin hydrogéologique de la source de DALLI.

En effet, étant donné que le pourcentage des infiltrations correspond à 43% de la précipitation, il est donc équivalent à une hauteur de lame d'eau égale à:

$$1650 \times 43\% = 623.5 \text{ mm ou } 0.6235 \text{ m}$$

En volume elle correspond à: 60×10^6 m^3. La surface théorique du bassin serait donc de:

$$\frac{60.000.000}{0.6235} = 96.230.952 \text{ ou } 96 \text{ km}^2.$$

Mais, cette façon de calculer n'est pas tout à fait précise parce que l'on sait qu'en moyenne 80% du débit de la source provient des deux pertes de BALAA et BAATARA[2] et que les 20% restants sont dus aux infiltrations. (Ce pourcentage reste toutefois à confirmer par de plus longues séries de mesures).

Donc, le volume d'eau infiltré sur le massif des calcaires Jurassiques serait de: $60.000 \times 20\% = 12.000.000$ m^3. En répétant le même calcul mentionné ci-dessus, on obtient une superficie de bassin égale à:

$$\frac{12.000.000}{0.6235} = 19.246.190 \text{ soit } 19 \text{ km}^2 \text{ ou environ } 20 \text{ km}^2$$

Il est entendu que les chiffres avancés ci-dessus sont provisoires et ne peuvent en aucune façon servir à tout programme d'exploitation avant de les vérifier par d'autres mesures hydrométriques et climatiques (précipitation et évaporation) sur le massif.

Une tentative d'évaluation des réserves dynamiques résiduelles en fin de tarissement a été effectuée par le P.N.U.D. où ils ont obtenu un volume de 4 millions de mètres cubes, calculés à partir du 15 septembre.

Si cela est confirmé par les jaugeages, ça signifie que la source pourrait être surexploitée à un débit supérieur à son débit moyen d'étiage à condition que ces réserves puissent être restituées par les apports d'eau infiltrée.

Finalement, les indications sur l'éventuelle présence d'un karst noyé au-dessous du niveau d'émergence de la source sont celles obtenues de 2 forages exécutés par le ministère des Ressources hydrauliques et électriques (No 229/10 et 230/10). En effet, selon la carte des opérations du projet du P.N.U.D. «Etudes des Eaux Souterraines» au 1/200.000, le forage No 229/10 dont les coordonnées sont les suivantes: X = 161125; Y = 253400; Z = 603 m a une profondeur de 70 m et se caractérise par un écoulement artésien. Ceci nous prouve, par conséquent, à condition de vérifier et confirmer cette indication par le forage d'un deuxième puits à l'aval de la source, qu'il existerait des réserves statiques au-dessous du niveau d'émergence de la source ou au-dessous du plan d'eau de la grotte.

Néanmoins, à l'échelle spéléologique, il serait très intéressant de tenter des explorations par plongée en scaphandre dans les lacs à la fin de la grotte de GHAOUAOUIT pour mieux comprendre le mécanisme d'émergence de la source, ce qui sera fait l'été 1989.

V — ETUDE GEOLOGIQUE

Bahzad **HAKIM**
Professeur à l'Université libanaise
Membre de l'Association française de karstologie

Le bassin d'alimentation du Nabaa Dalli (Kfar Hilda) s'étend dans les calcaires et dolomies du Jurassique moyen (J4a et J4b) (fig.31). Il reçoit de même les eaux restituées par les couches imperméables du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur qui se réinfiltrent le long des pertes et des gouffres en formant parfois des vallées aveugles (fig.31 et 32).

V.1 — Échelle stratigraphique

Le faciès et l'épaisseur des couches de cette zone d'altitude du caza de Batroun diffèrent de ceux du Liban central.

1 — En effet le **Jurassique moyen (J4)** appelé «Calcaires du Kesrouane» est divisé en deux parties bien distinctes (fig.31):

a) **La base (J4a)** est formée essentiellement de dolomies pures qui deviennent friables par endroits. **Son épaisseur apparente varie entre 250 et 350m,** et occupe surtout le fond des vallées (Ouadi Tannourine) où l'érosion linéaire a pu l'atteindre. De toute façon ces dolomies jouent un rôle hydrogéologique important et forment un type spécial d'aquifère.

b) **Le sommet (J4b)** est constitué de calcaires dolomitiques et de calcaires **(épaisseur moyenne 225m).** Il affleure presque partout dans les Jabal Jaj, Foghri, Ghaïmoun... et forme les grandes falaises, les ressauts et les flancs des canyons. Sa karstification est intense. Les formes de surface sont très belles et les grottes et gouffres y sont nombreux. Enfin, c'est le grand réservoir d'eau d'où part le Nabaa Dalli.

(2) Il n'existe pas de pertes dans la rivière, à l'amont de la source.

2 – **Le Jurassique supérieur** est représenté par les matériaux volcaniques de l'Oxfordien (J5) et une falaise de calcaires du Kimméridjien (J6).

a) L'Oxfordien J5 (fig.31).

Il s'agit de matériaux volcaniques divers (basaltes, tufs, cinérites). Son domaine d'affleurement est bien indiqué sur la figure 31. Son épaisseur varie selon l'activité et le voisinage des appareils volcaniques de l'époque et selon l'érosion jurassique qui a pu l'atteindre. Cette épaisseur est de 200m à Balaa et moins de 50m ailleurs.

Ces matériaux sont généralement interstratifiés mais des intrusions très nettes peuvent occuper le cheminement des grandes failles comme dans le poljé de Foghri (fig.31 et 32). Le complexe du J5 est considéré comme étant une **unité imperméable.**

b) Le Kimméridjien (J6)

Il forme ailleurs une falaise calcaire unique appelée «falaise de Bikfaïya», mais à Balaa il est formé d'une **falaise double** constituée de deux bancs de calcaires séparés par un banc marneux. Son épaisseur totale est de 50m.

Son domaine d'affleurement est autour de Balaa où il forme l'aquifère des sources de Chaïkh et de Moghraq. Il est à noter que le J6 n'existe pas au nord de la faille E-W de Foghri. S'agit-il d'une érosion ou d'une lacune formationnelle du J6?

Localement, le J6 est surmonté d'une couche de matériaux volcaniques qui prend de l'ampleur au sud du terrain cartographié dans la vallée de Baatara.

3 – Le grès de la base du Crétacé est réduit seulement à 30m de grès blanchâtre non fossilifère. Par contre il atteint plus de 200m dans le Liban central.

La suite de l'échelle stratigraphique du Crétacé inférieur est comparable à celle du Liban central avec recrudescence de l'activité volcanique. Ce Crétacé joue le rôle de barrière imperméable dans le secteur de Kfar Hilda et favorise le jaillissement de la source de Dalli.

Il est donc clair que la couche la plus karstifiable est celle du sommet du Jurassique moyen (J4b), et que le développement des phénomènes karstiques internes reste dépendant de son épaisseur et son étendue. **Les gouffres de Balaa, Baatâra et Jouret el Aabed** s'ouvrent tous au sommet de cette couche. **Leur genèse est en liaison avec le sapement du J5 et le dégagement du J4b, en profitant presque toujours d'un accident tectonique transverse qui permet l'engouffrement des eaux de surface** (voir infra étude de S.KARKABI).

V.2 — La structure

Deux flexures de regards contraires et une faille décrochante constituent l'armature de la structure du système Balaa Dalli.

1 – La faille de Foghri (voir fig. 30 et 31).

C'est une partie de la faille de Tartej-Harissa qui atteste un mouvement horizontal (un décrochement) de l'ordre de 1.600m entre Tartej et Aassoula (Douma). Elle est grossièrement de direction W-E et son regard sur la carte 31 est orienté vers le nord, avec Jabal Foghri comme bloc affaissé. Son rejet est variable et elle est injectée de matériaux volcaniques du J5 dans le poljé de Foghri (fig.30 et 31).

2 – La flexure occidentale (II, fig.30)

C'est une partie de la flexure occidentale du Liban affectée par la faille de Foghri. Il s'agit d'une portion de direction SW-NE qui va de Aassoula et bute contre la faille du Ouadi Tannourine. Son rejet est réduit (moins de 200m) et le pendage des couches reste inférieur **à 40°[1]. Cette flexure dirige les eaux vers Nabaa Dalli.**

3 – La flexure orientale (III, fig.31)

Il s'agit de la flexure est du Jabal Jaj-Tartej, de direction grossièrement méridienne qui bute contre la faille de Foghri. Son rejet est de l'ordre de 450m à Balaa. Son pendage peut dépasser les 90°. Elle est affectée au sud de Balaa par une faille inverse de 106° d'inclinaison.

Comme nous le voyons, la structure du secteur étudié est loin d'être simple. Un réseau serré de failles[2] vient se greffer sur cette structure. **Elles rayonnent dans toutes les directions et décident parfois du sens de la circulation souterraine.**

Les failles transverses et de direction grossièrement E-W localisent les gouffres de Baatâra et Abed.

(1) A Tartej le rejet est supérieur à 400m. Le pendage atteint 90° avec des contre-pendages fréquents.
(2) Seules certaines failles sont cartographiées sur la figure 31.

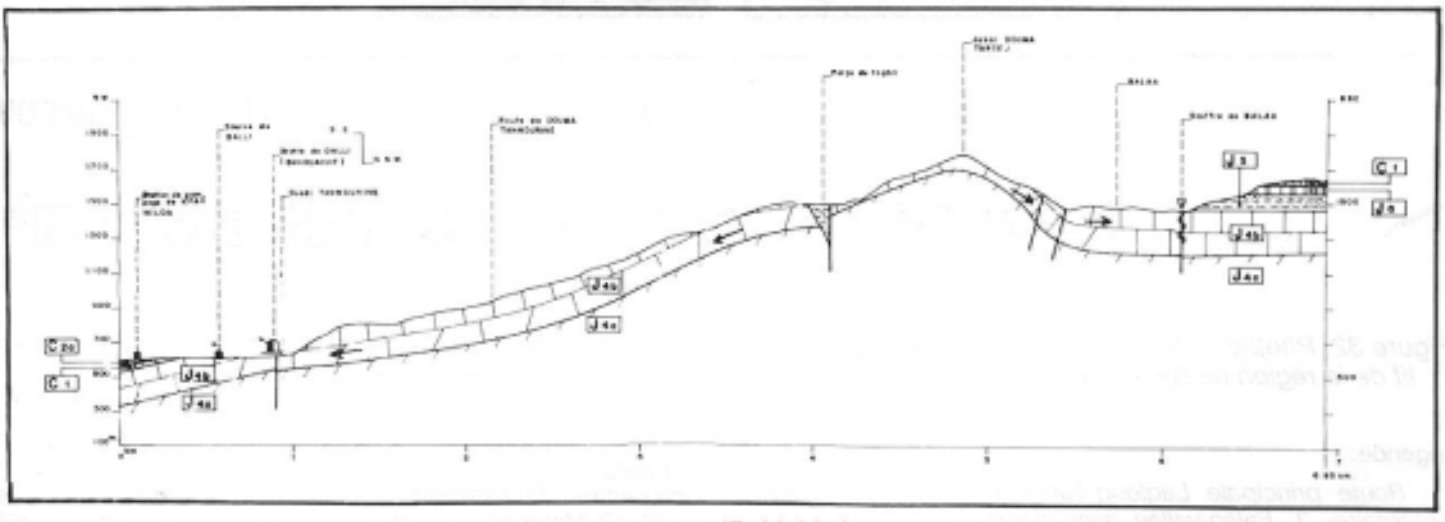
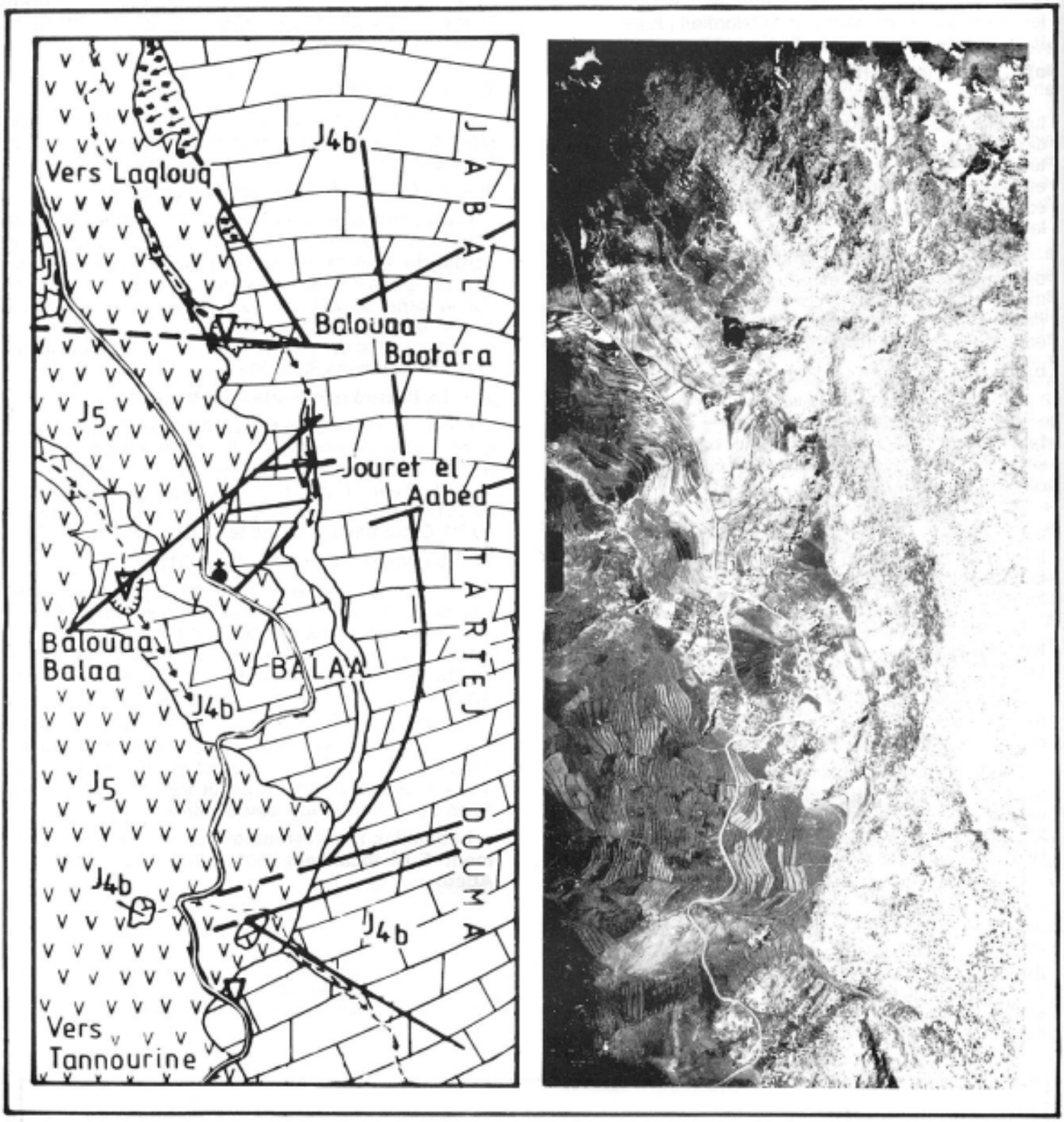


Figure 31: Coupe géologique du système Balaa-Dalli (B. Hakim).



(Interprétation B. HAKIM)

N

Echelle 1/10.000

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Figure 32: Photographie aérienne et croquis interprétatif de la région de Balaa (B. Hakim).

(Cliché 514, Mission 004/100, Année 1956, direction des affaires géographiques - Liban).

Légende:

1: Route principale Laqlouq-Tannourine-2: Cours d'eau temporaire- 3: Paléo-vallée avec tracé de l'ancien cours d'eau- 4: Gouffre-5: Vallée aveugle-6: Vallon karstifié-7: Faille- 8: Faille supposée- 9: Limite des affleurements- 10: Eboulis de pente- 11: Calcaires et marnes du Jurassique supérieur (J6). 12: Matériaux volcaniques du Jurassique supérieur (J5)- 13: Calcaires et calcaires dolomitiques de la partie sommitale du Jurassique moyen (J4b).

REMARQUES

Les eaux infiltrées sur la partie orientale du Jabal Tartej-Douma se dirigent obligatoirement vers l'est en suivant la direction du pendage le long de la flexure orientale (III). Elles participent à l'alimentation du Nabaa Dalli, **mais assurent surtout un potentiel de karstification à la charnière inférieure de la flexure et même dans les parties encore couvertes par les matériaux volcaniques de l'Oxfordien (J5).**

Le pied de la flexure orientale paraît donc comme une zone de concentration d'eau dont l'écoulement est multiforme et dont la karstification a commencé bien avant l'ouverture des gouffres connus en surface.

Les conditions tectoniques (faille inverse, failles transverses et l'élargissement des fissures à la charnière de la flexure...), les conditions climatiques (précipitations annuelles de l'ordre de 1600 mm), ainsi que les conditions hydrologiques (appel et concentration des eaux), sont autant d'éléments favorables à la création d'un karst souterrain bien développé.

La direction de l'écoulement souterrain s'effectue de Balaâ-Baatâra vers Dalli comme il vient d'être prouvé. Mais le cheminement exact de l'eau est difficile à connaître. Il est certain que les eaux infiltrées et perdues dans le J4b se dirigent vers le Nord en suivant la charnière inférieure de la flexure orientale. Elles se frayent un chemin quelconque à travers la faille de Foghri (II) en profitant d'une structure très chahutée. Mais une fois les eaux abouchées au bloc affaissé du Jabal Foghri, elles se dirigent rapidement vers Dalli en suivant le plus grand pendage et les zones de faiblesse matérialisées par les failles.