COLORATIONS DU GOUFFRE DE FAOUAR DARA ET DE LA GROTTE DES KASSARAT (CAZA DU METN NORD-LIBAN)
1965 - 1967 - 1969

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

et

Sami **KARKABI**

RESUME:

Le 24 juillet 1965 à 15 heures, 50 kg de fluorescéine furent injectés dans le ruisseau terminal (−622 m) du gouffre de Faouar Dara. Dix jours plus tard, le colorant apparaissait aux sources du Faouar Antélias.

Le 3 juillet 1967, 50 kg de fluorescéine furent précipités dans le talweg du Ouadi el-Manzoul, à cinquante mètres de l'entrée du gouffre du Faouar Dara. Le traceur réapparaissait fidèlement 11 jours plus tard aux sources du Faouar Antélias.

Dès lors, une étude approfondie du bassin d'alimentation du Faouar Antélias le plaçant dans son contexte hydrogéologique et spéléologique s'imposait.

ABSTRACT

July 24, 1965, at 3:00 P.M., 50 kg of fluorescein were injected in the underground river course of the Faouar Dara pot-hole. The colouring appeared, ten days later, at the Faouar Antelias water springs.

July 3rd, 1967, 50 kg of fluorescein were precipitated in the Ouadi el Manzoul creek, 50 meters from the entrance of the Faouar Dara pot-hole. Eleven days later, the dye reappeared at the Faouar Antelias water springs.

Since then, a thorough study, placing the Faouar Antelias river catchment in the proper hydrogeological and speleological context, had to be carried out.

تجارب التلوين في هوة فوار دارة ومغارة الكسارات
قضاء المتن الشمالي ـ لبنان
١٩٦٥ ـ ١٩٦٧ ـ ١٩٦٩

ملخـــص

تقع هوة فوّار دارة شرق بلدة مجدل ترشيش في قضاء المتن الشمالي وهي تنفتح على ارتفاع ١٦٢٠ م ويبلغ تعمقها ٦٢٢ م داخل الطبقات الكلسية العائدة للجوارسي الأوسط.

تجربة التلوين جرت بواسطة خمسين كلغرام من الاورانين (أو الفليورسيين السهل الذوبان) في قاع هوة فوار دارة يوم ٢٤ تموز ١٩٦٥ الساعة الثالثة بعد الظهر. وقد ظهر الملوّن بعد عشرة أيام في ينابيع فوار انطلياس، عند الشاطىء اللبناني أي على بعد ٢١,٣ كلم وارتفاع ٣٠ م.

تلوين آخر قام به النادي اللبناني للتنقيب عن المغاور يوم ٣ تموز ١٩٦٧، ليس في قاع الهوة انما على مدخلها عند السطح. كانت النتيجة شبه مماثلة للتجربة الأولى، اذ ظهر الملوّن بعد إحدى عشر يوماً وفي نفسه المكان.

في هذا المدى الجوفي الممتد من دارة الى انطلياس انفتحت في مقالع كسارات انطلياس مغارة مهمة جرى اكتشافها يوم ٢٤ شباط ١٩٦٩ وتتابع التنقيب فيها في تموز من نفس السنة. وأظهر الاستقصاء وجود مغارة طولها الاجمالي أكثر من ٢٩٠٠ م، مع نهر جوفي يبلغ صبيبه متر مكعب واحد في الثانية.

تلوين هذا النهر في ٢٥ تموز ١٩٦٩ أظهر اتصالاً مباشراً مع ينابيع الفوار (المسافة ٩٠٠ م وقد استغرق مرور الملوّن ست ساعات الا ربعاً).

تعرض الدراسة لشرح واف معزز بالصور والمصورات لهوة فوار دارة ومغارة الكسارات، إضافة الى نتائج تجارب التلوين المختلفة. كما تعطي المعلومات الجيولوجية والمائية اللازمة لفهم حوض تغذية فوار انطلياس مع الخرائط التفصيلية.

INTRODUCTION

Au cours de ses recherches sur le karst libanais, le Spéléo-Club du Liban avait découvert le gouffre le plus profond du Levant (Dara, – 622m). La présence d'un cours d'eau au fond de ce gouffre incita à une première coloration en 1965 suivie d'une seconde en 1967. Le but étant de connaître la destination de l'eau et le sens de son écoulement. Curieusement le traceur est apparu dans les sources du Faouar Antélias situées à 21,3 km à vól d'oiseau. Ce qui fait supposer la présence d'un réseau souterrain assez important, que rien ne confirmait autour des griffons du Faouar.

Ce n'est qu'en février 1969 que la grotte des Kassarat était apparue suite aux travaux des carrières. Une première incursion en février de la même année fait découvrir un réseau de trop-plein suivie de la découverte de la rivière souterraine et parcourue sur 1,3 km.

Nous supposons que les eaux perdues à Dara suivent le cheminement de cette rivière dans leur trajet vers Faouar Antélias.

Ce système très karstifié de Dara-Antélias nous a incités à reprendre les résultats des différentes colorations, de donner le point sur les explorations spéléologiques parfois inédites et de placer le système dans son contexte géologique et hydrogéologique avec des plans et des cartes détaillées.

TABLE DES MATIERES:

Colorations du Faouar Dara et de la grotte des Kassarat
Résumés (français, anglais, arabe)
I-Exploration spéléologique et coloration du gouffre de Faouar Dara
I.1-Topographie et morphologie
I.2-Coloration
II-Exploration spéléologique et traçage de la grotte des Kassarat
II.1-Exploration spéléologique
II.2-Traçage et mesures de débit
II.3-Observations
III-Développement du karst entre Dara et Antélias
IV-Etude géologique et hydrogéologique
IV.I-Géologie
IV.1.1-Echelle stratigraphique
IV.1.2-Structure et tectonique
IV.2-Etude hydrologique
Bibliographie

I — EXPLORATION SPELEOLOGIQUE ET COLORATION DU GOUFFRE DU FAOUAR DARA

Sami KARKABI

Ce gouffre, dénommé par les chasseurs: Houet el-Hamam (gouffre aux pigeons), se trouve entre le Harf Sannine et le Jabal Knaissé, à l'est d'une croupe appelée Dahr el-Mtaïn, situé à l'est de Majdel Tarchich (fig.1). Ses coordonnées Lambert sont les suivantes: X = 159.590 km; Y = 217.650 km; Z = 1.620 m. Il prend naissance dans le Jurassique moyen et a été exploré jusqu'à la cote – 622m. Repéré et signalé en mai 1955 par Sami Karkabi, il fut visité dès cette année par les membres du Spéléo-Club du Liban et ce jusqu'en 1968[1]. D'autres visites eurent lieu en 1972 et 1973 par une équipe conjointe libano-belge et par les Polonais.

Le gouffre du Faouar Dara n'est en fait que le collecteur de toutes les eaux de pluie et de fonte de neige du bassin versant du Ouadi el-Manzoûl qui vient s'y perdre.

Ces eaux de surface forment un torrent impétueux qui charrie de gros blocs calcaires, galets, terre ou sable. Le gros éboulis de l'entrée joue le rôle de filtre, arrêtant les premiers (blocs calcaires) et laissant passer les suivants.

Ce torrent très important, pénétrant sous terre, parcourt les galeries horizontales souvent en conduite forcée, les puits verticaux en chute libre (fig.7), dévale toboggans, ressauts, galeries aux marmites (dont la plus importante en dénombre plus de trente), dépose çà et là au gré des changements de direction de petites plages de sable pour finalement se jeter dans la «Galerie du Paradis» (fig 7) et se perdre dans le siphon terminal à – 622 m. Il réapparaît aussi fougueux dix jours plus tard au Faouar Antélias.

I.1 — Topographie et morphologie

Le gouffre de Faouar Dara est un «gouffre propre» et sans boue (ph.12). Il est composé d'un réseau horizontal et d'un réseau vertical. Le premier prend naissance à l'éboulis, là où se perd le torrent du Ouadi el-Manzoûl et se développe en galerie unique, large et sinueuse. Le centre est encombré de blocs rocheux et le sol est tapissé de sable ou d'argile. Cette galerie prend brutalement fin au pied d'un aven, sans doute provoqué par l'effondrement de la lèvre nord d'une superbe doline. Celle-ci se trouve à environ 200 m au sud de l'éboulis. Le réseau vertical et les difficultés d'exploration commencent en ce point.

Les parois du gouffre, et nous pouvons sans crainte généraliser, sont de bout en bout parfaitement lisses. C'est pourquoi, pour l'aménagement des puits grands et petits, il fallait constamment pitonner pour amarrer cordes ou échelles. Ceci est sans aucun doute dû aux sables quartzeux et aux galets charriés par l'eau polissant systématiquement les parois ainsi qu'à la très forte corrosion qui a réussi jusqu'à affecter les influences structurales.

A part les minces lits foncés de silex apparaissant clairement et soulignant la stratigraphie (ph.13), seuls quelques rares silex en saillie et de très nombreux scalops (coups de gouge) animent la régularité des parois (ph.14).

Au-delà de – 400 m, des lits plus épais à silex provoquent un phénomène apparaissant généralement en bord de marmite et que nous appellerons: un ressaut structural (ph.15).

De plus, la stratigraphie du Jurassique dans le Faouar Dara est pratiquement horizontale. Elle expliquerait la morphologie des galeries dites «rectangulaires» à angles arrondis, qui seraient dues au fait qu'elles sont prises entre deux lits subhorizontaux plus résistants.

Quant à la topographie, elle nous a permis de constater que le gouffre se développait verticalement suivant une forme hélicoïdale (fig.7). Les grands changements de direction sont dus à des phénomènes tectoniques et se caractérisent par des parcours en diaclases étroites

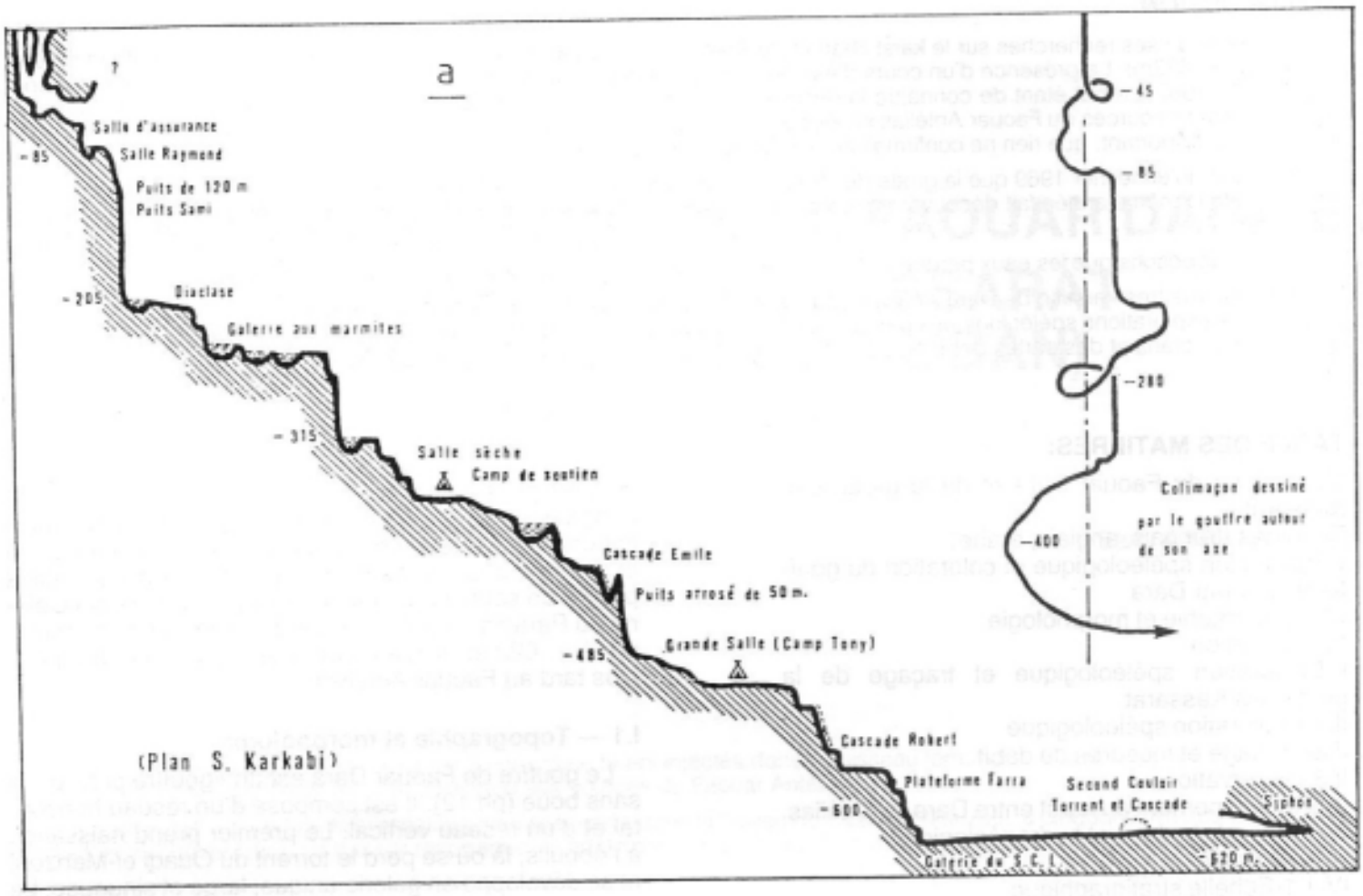
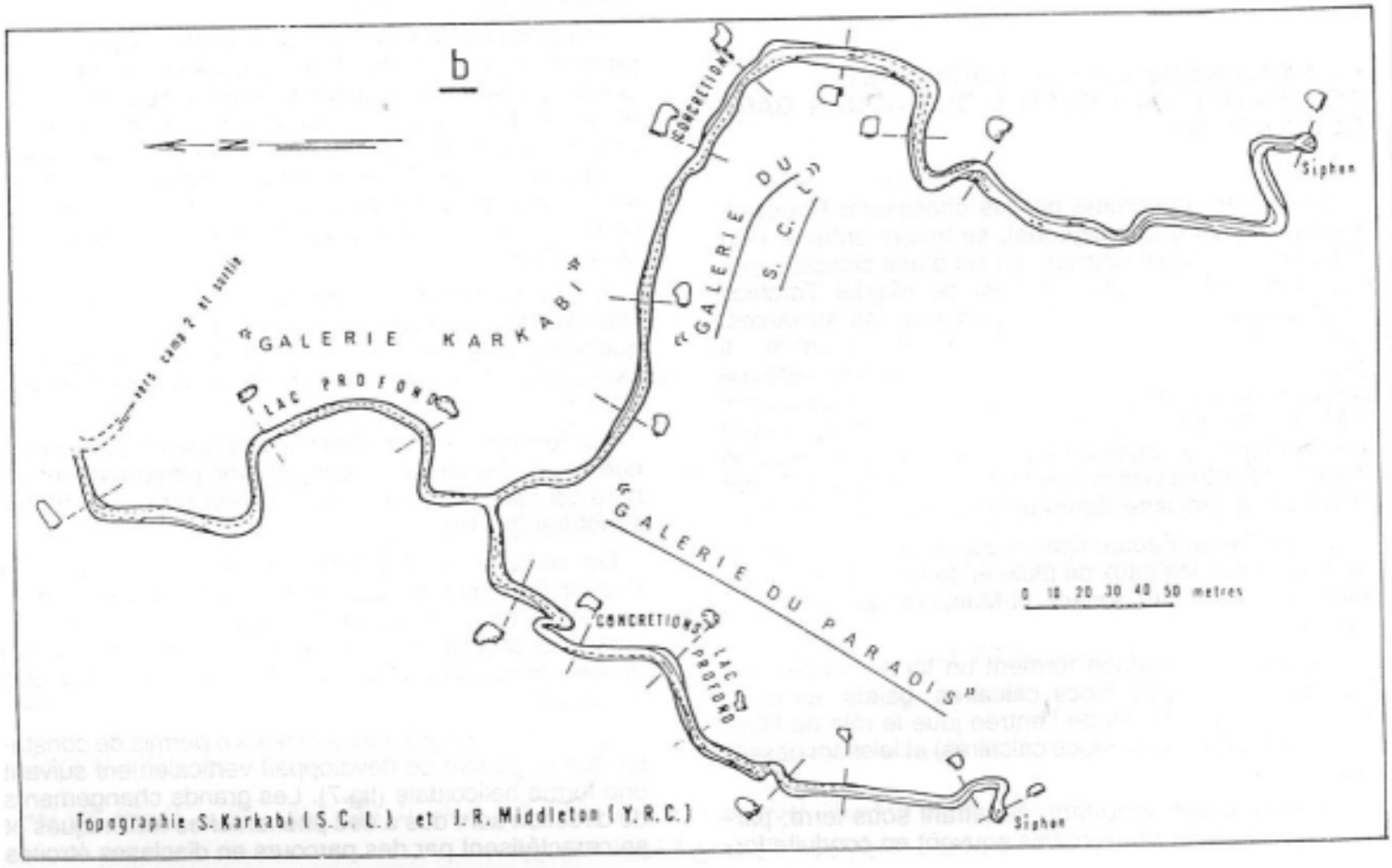


Fig.7 - GOUFFRE DU FAOUAR DARA
Exploration du Spéléo-Club du Liban
1955 - 1968

a - Profil général du gouffre
b - Plan du système actif permanent à - 622 m.



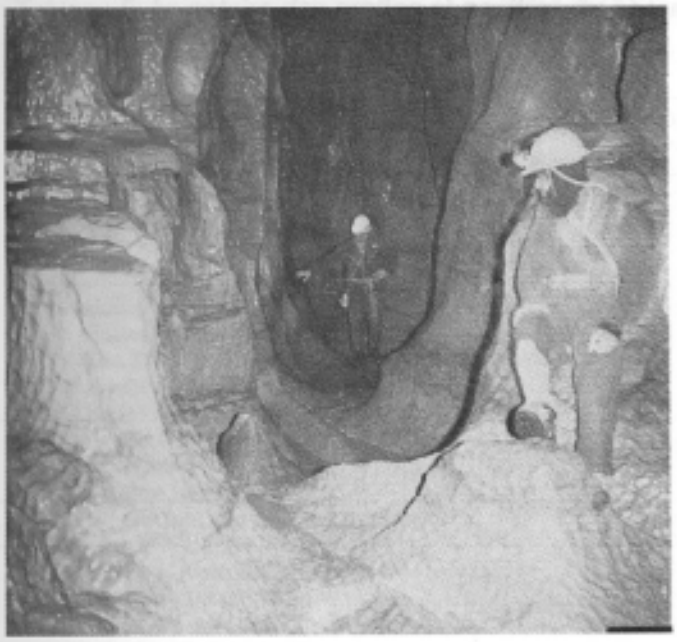


Photo 12: Le gouffre de Faouar Dara est un gouffre «propre» et sans boue, aux couloirs horizontaux prenant souvent l'allure de conduite forcée.

(ph.16), toujours suivis par des couloirs qu'entrecoupent une série de marmites (fig.17).

Les puits arrosés apparaissent dès – 300 m et à part une insignifiante source à – 385 m, nous n'avons à aucun moment pu observer une arrivée d'eau.

Au fond du gouffre, coule un cours d'eau souterrain de faible débit, estimé à 20 l/s, temp. de l'air 7°C, de l'eau 6°5. Deux galeries principales en font le principal intérêt (ph.18). Les siphons qui bloquent leurs extrémités sont impénétrables.

De nombreuses concrétions tapissent les parois et les corniches de la galerie du S.C.L., tandis que nous n'avons observé que de grandes pendeloques garnissant les abords de la «Galerie du Paradis».

I.2 — Colorations

Deux grands traçages à la fluorescéine sodique (ou uranine) sont effectués à la surface et au fond du gouffre de Dara (tabl.5).

Le premier a eu lieu le 24 juillet 1965 à 15h. Les 50 kg d'uranine patiemment dissous dans les dinghies du Spéléo-Club du Liban sont jetés au fond du gouffre au niveau du siphon terminal à – 622 m de profondeur et à environ 1.000 m d'altitude absolue (fig.7). Dix jours plus tard (le 3.08.65 à 13h), le colorant est apparu aux sources du Faouar Antélias situées à environ 21,3 km à vol d'oiseau (fig.1). Le traceur continuait à être évacué pendant plusieurs jours. Nous ne possédons pas la courbe de restitution de la fluorescéine, aucune analyse et aucun échantillonnage n'ont été pratiqués.

Rappelons seulement que la vitesse théorique d'apparition[2] du colorant est de 89,5 m/h. De plus, des taches de couleur ont été signalées en mer au sud de Jounieh par les pilotes de l'Aéro-Club du Liban. Les spéléos n'ont pas pu observer le phénomène.

Deux ans plus tard, le 3 juillet 1967, à 15h, une autre coloration a été pratiquée dans le talweg du Ouadi el-Manzoul[3] donc en surface et à presque 1.625 m. 50 kg d'uranine, dissous dans l'eau, ont été également utilisés.

Le colorant est réapparu après 11 jours (fig.8) aux sources du Faouar Antélias, avec une vitesse théorique d'apparition[4] de 83,3 m/h.

(1) Détails de l'exploration dans S.KARKABI, 1971 (Voir Bibliographie)
(2) Il s'agit d'une vitesse d'apparition apparente calculée à partir de la distance approximative à vol d'oiseau, car il est impossible de connaître la distance exacte du cheminement souterrain de l'écoulement des eaux.
(3) Qui coulait toujours à cette époque (débit estimé à 200 l/s), l'année 1967 ayant été très humide.
(4) Cette vitesse correspond en **temps de transit** des particules d'eau les plus rapides, matérialisé par les premières traces de colorant à l'exutoire. Il est de 264h dans l'exemple de Dara (fig.8)

Photo 13: Très forte corrosion et minces lits de silex apparaissent et soulignent la stratigraphie.

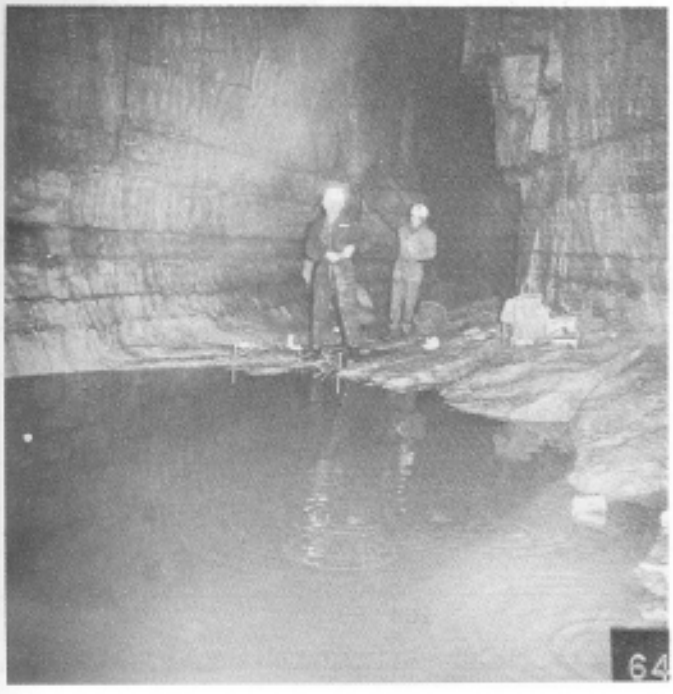


Photo 14: De nombreux scalops animent la régularité des parois.

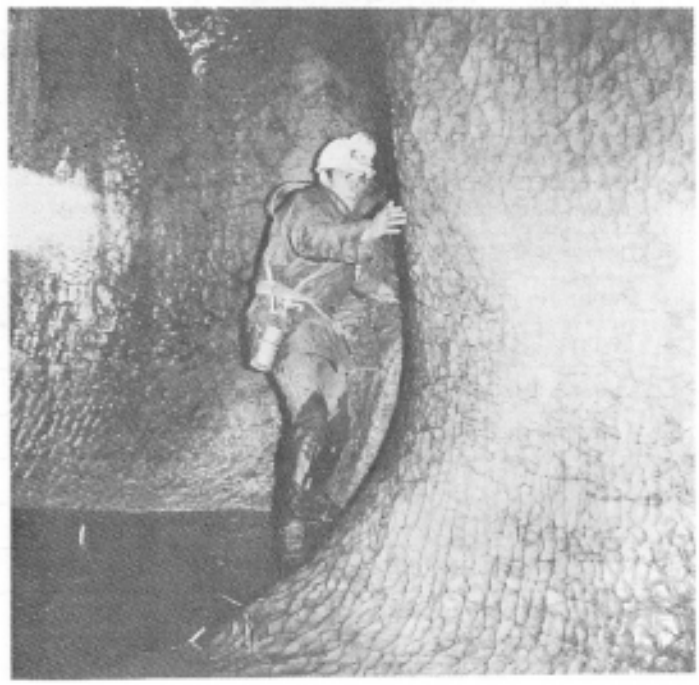


Tableau 4: Fiche signalétique des colorations du gouffre de Faouar Dara.

INJECTIONS

LIEU	Dénomination	Faouar Dara (fond du gouffre)	Faouar Dara (Talweg du Ouadi el Manzoul)
	Carte au 1/20.000e	Aaïntoura (K-6)	Aaïntoura (K-6)
	Coordonnées Lambert	X = 159,000 km Y = 217,000 km Z = 998 m	X = 159,000 km Y = 217,720 km Z = 1625 m
Auteurs		Membres du S.C.LIBAN A.Boustany, Y Deshay, G.Farra, E.Ghanem, S.Karkabi.	Membres du S.C.LIBAN J.Loiselet, R.Kasparian, S.Karkabi, H.Yédid
Date		24 juillet 1965	03 juillet 1967
Heure		15 h	12 h
Nom du traceur		Uranine	Uranine
Quantité du traceur		50 kg dissous dans l'eau	50 kg dissous dans l'eau
Géologie		Calcaires du Jurassique moyen (J3-4)	Calcaires du Jurassique (J4)
Conditions d'injection		Fond du gouffre (siphon terminal)	Surface: ruisseau du Ouadi el Manzoul
Débit d'eau en l/s		20 l/s	200 l/s (estimation)

RÉAPPARITION

LIEU	Dénomination	Sources du Faouar Antélias	
	Carte au 1/20.000e	Beyrouth (K-4)	
	Coordonnées Lambert	X = 138,000 km Y = 219,550 km Z = 30 m	
Date et heure de la première réapparition		03 août 1965 à 13h	14 juillet 1967 à 12 h
Débit en l/s		–	–
Géologie		Calcaires du Jurassique moyen et supérieur	

RÉSULTATS

Distance théorique en mètre	21300	22000
Dénivellation théorique en m	968	1595
Pente théorique en %	4,55	7,25
Temps d'apparition en heure	238	264
Vitesse théorique d'apparition en m/h	89,5	83,3
Temps modal en heure	–	359
Vitesse théorique modale en m/h	–	61,3
Temps moyen en heure	–	382
Vitesse théorique moyenne en m/h	–	57,6
Durée approximative de la restitution du traceur en heure	–	264

Tableau 5: Inventaire des grottes et gouffres du bassin d'alimentation du Faouar Antélias (fichier du S.C.LIBAN).

N°	DENOMINATION ET LOCALITÉ LA PLUS PROCHE	COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES X km	Y km	Z m	CARTE au 1/20.000	Profondeur ou développement en m.
1	Houet Faouar Dara (Majdel Tarchich)	159,590	217,650	1620	Aaïntoura	- 622
2	Houet Maqlaa el Blät (Tarchich)	160,340	216,700	1750	Aaïntoura	- 40
3	Les 3 grottes de la Dame de Pique (Tarchich)	160,000	216,700	1640	Aaïntoura	30,15 et 15m.
4	Houet ez Zeigh (Tarchich)	156,500	216,200	1350	Aaïntoura	- 25
5	Houet Rached (Aaïntoura-Metn)	155,500	216,400	1100	Aaïntoura	- 25
6	Grotte Dahr el Mghara (Majdel Tarchich)	156,000	217,000	1420	Aaïntoura	15
7	Mgharet el Heddédé (Aaïntoura)	154,580	217,400	1320	Aaïntoura	40
8	Gouffre Hani (Aaïntoura)	153,500	217,190	1240	Aaïntoura	- 20
9	Houet Qalaat el Hamra (Aaïntoura)	153,330	216,400	1120	Aaïntoura	- 40
10	Gouffre Souhaïl (Aaïntoura)	153,070	217,420	1180	Aaïntoura	- 55
11	Houet el Kechk (Zaârour)	154,600	219,540	1530	Aaïntoura	- 22
12	Houet el Blaïtat (Zaârour)	154,830	219,600	1520	Aaïntoura	- 125
13	Houet Machmiché (Zaârour)	155,300	219,600	1515	Aaïntoura	- 140
14	Houet el Ballout 1 (Zaârour)	154,650	219,750	1460	Aaïntoura	- 20
15	Houet Alain (Zaârour)	155,100	219,880	1490	Beskinta	- 116
16	Houet el Ballout 2 (Zaârour)	154,900	220,000	1470	Beskinta	- 12
17	Houet el Ballout 3 (Zaârour)	154,900	220,200	1460	Beskinta	- 40
18	Houet el Mraddé (Zaârour)	156,900	220,800	1560	Beskinta	- 15
19	Mgharet Ouaked (Btighrine)	153,200	221,300	880	Beskinta	10
20	Houet el Qalaa (Btighrine)	152,430	221,200	980	Beskinta	- 93
21	Houet Georges el Murr (Btighrine)	152,100	221,200	985	Beskinta	- 25
22	Houet es Soued (Btighrine)	152,100	220,500	1010	Beskinta	- 30
23	Houet ech Chitâne (Mrouj)	151,300	219,500	1130	Dhour ech Choueir	- 50
24	Houet Aïn el Kharroubé	147,440	221,360	750	Bikfaïya	- 14
25	Gouffre de Baït Chabab	144,720	220,700	680	Bikfaïya	- 18
26	Houet el Aatchané 1	143,100	219,600	780	Dhour ech Choueir	- 15
27	Houet el Aatchané 2	143,000	219,600	780	Dhour ech Choueir	- 50
28	Gouffre de Mar Chaaïya (Mzakké)	143,100	217,600	725	Dhour ech Choueir	- 20
29	Perte de Bsalim	138,700	218,400	530	Beyrouth	xm.
30	Mgharet el Kassarat (Antélias)	138,800	219,600	60	Beyrouth	3000
31	Abri Ksar el Aaqil (Antélias)	138,800	219,400	60	Beyrouth	Abri
32	Mgharet Nabaa el Chataoui (Antélias)	138,250	219,000	50	Beyrouth	600

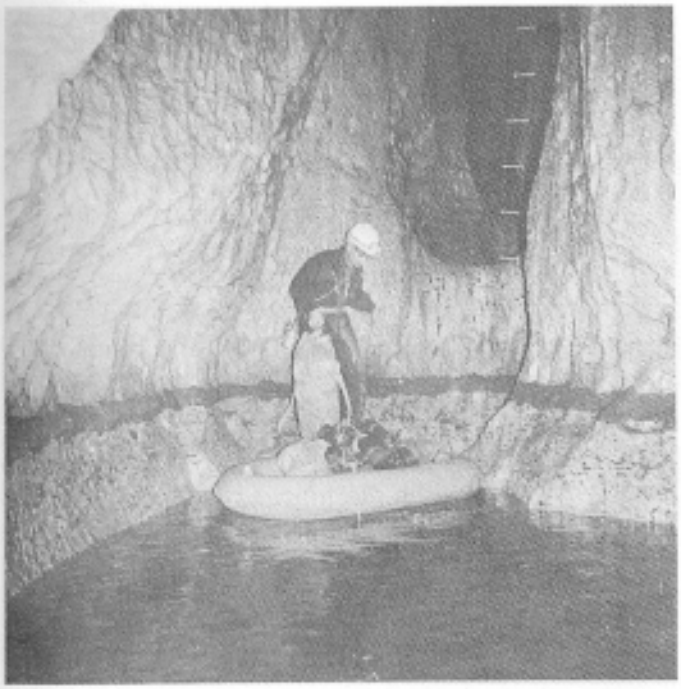


Photo 15: Lit épais de silex et ressaut structural.

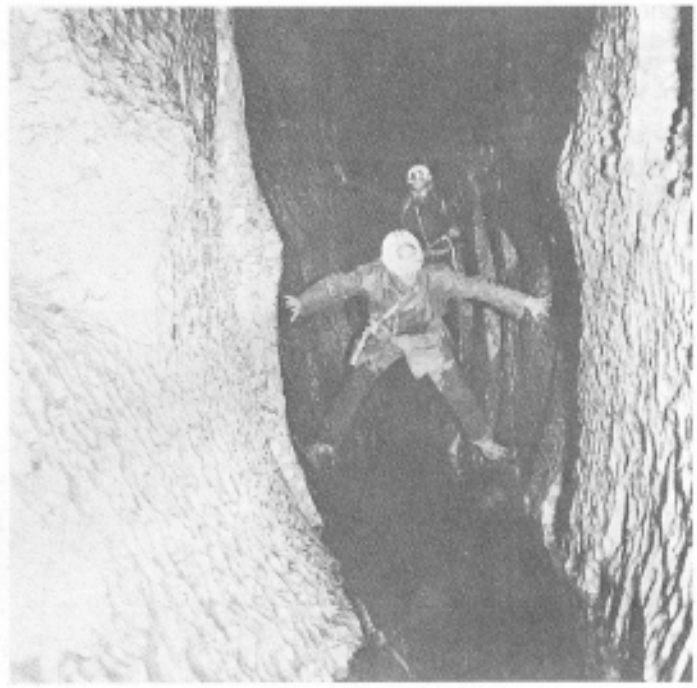


Photo 16: Progression dans la diaclase (−205m).

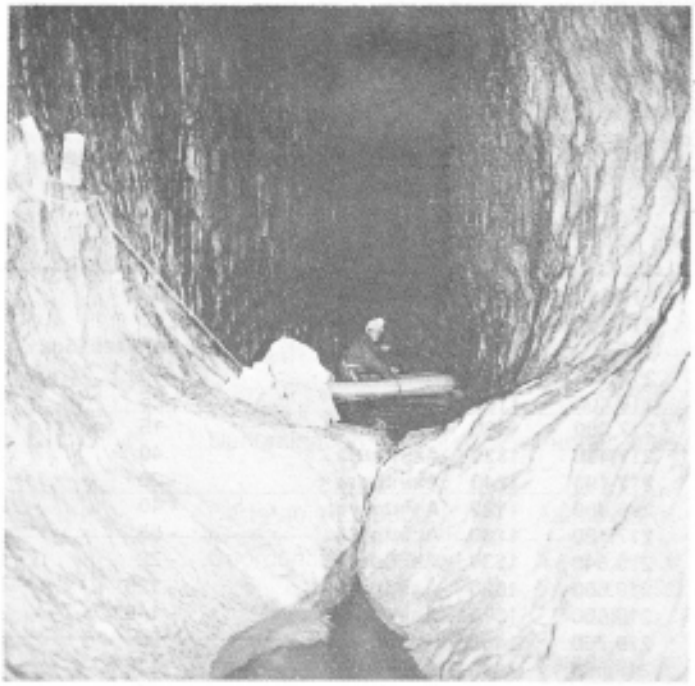


Photo 17: La galerie aux marmites nécessite souvent l'emploi de canot pneumatique.

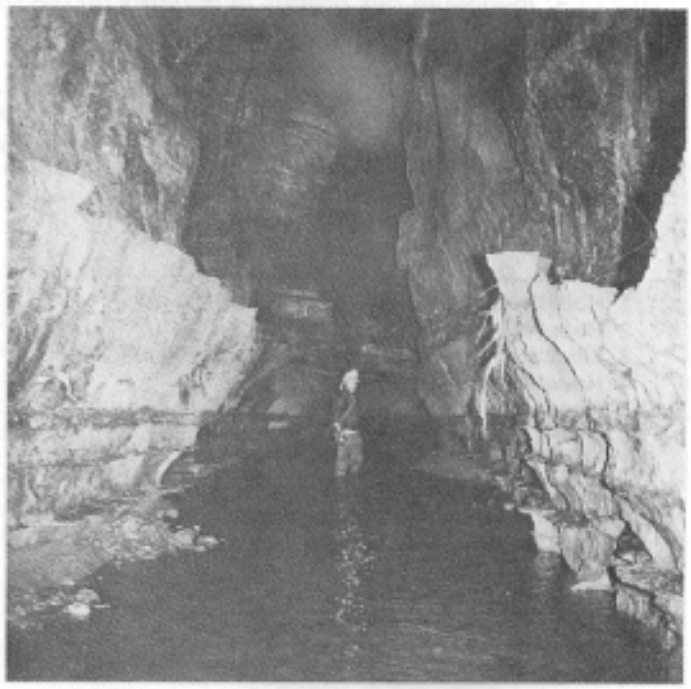


Photo 18: La Galerie du Paradis au niveau du siphon (−622m).

La courbe de restitution de l'uranine à la source du Faouar Antélias (fig.8) a permis de calculer des paramètres très intéressants, y compris la vitesse théorique modale[5] (61,3 m/h) et la **vitesse théorique moyenne**[6] (57,6 m/h) ainsi que la durée approximative de la restitution.

La vitesse moyenne apparente de l'écoulement souterrain est évaluée à 58 m/h ou 1,39 km/jour. **Ce qui prouve l'importance du karst profond.**

Pendant cette deuxième coloration nous n'avons rien observé en mer. Les minimes différences entre les deux traçages sont dues à un aquifère mieux chargé pendant l'année 1967 particulièrement pluvieuse; d'où une vitesse théorique d'apparition moins attestée en 1967 malgré le trajet subvertical de l'eau en début de chemin.

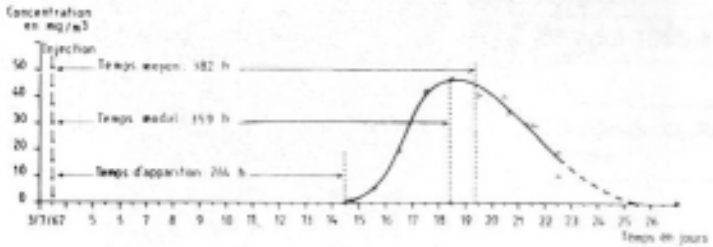


Figure 8: Coloration de Dara 1967: courbe de restitution de l'uranine à Faouar Antélias.

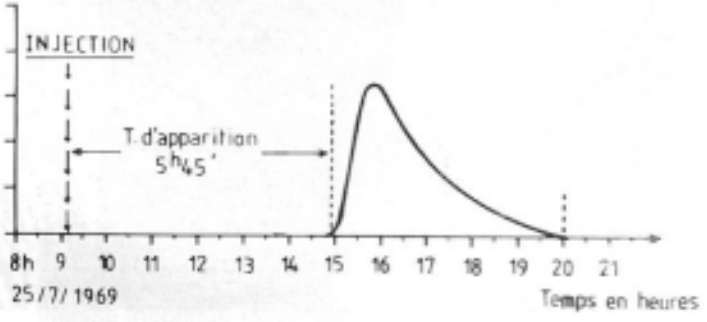


Figure 9: Coloration de la grotte des Kassarat: courbe de restitution de l'uranine.

II — EXPLORATION SPELEOLOGIQUE ET TRAÇAGE DE LA GROTTE DES KASSARAT

Sami KARKABI

C'est le 18/2/1969 que M.E.SALAME signale à S. KARKABI la présence d'une cavité dans les carrières d'Antélias. Le 22/2/1969, le S.C.L. pénètre pour la première fois dans ce qui devait être baptisé: Mgharet el-Kassarat.

II.1 — Exploration spéléologique

C'est en fait grâce à l'effondrement de la voûte en deux endroits que l'accès en devenait possible. La première ouverture (ph.19) fait 14m de diamètre pour 20m de profondeur. Il n'a fallu cependant que 13m d'échelle pour atteindre le sommet de cône d'éboulis provoqué par l'effondrement du plafond. La seconde ouverture de 4m de diamètre et distante de cinquante mètres de la première était impraticable en raison de l'instabilité de ses bords rendus branlants par les nombreuses déflagrations de l'exploitation de la carrière. Au pied de l'éboulis se développait de part et d'autre (W-SE) une galerie de 230m de long sur une moyenne de 20m de large et de haut. En amont, elle se rétrécissait brusquement et seul un rideau stalagmitique (ph.20), avec ouverture en son milieu, permettait l'accès à un couloir de boue et à une salle circulaire noyée par un plan d'eau.

En aval, et à partir du trou d'accès, le réseau se prolonge sur 600m extrêmement argileux, glissant et agrémenté d'un lac de boue et de nombreux toboggans. A l'extrémité aval de ce réseau, une escalade sur un épais bouchon d'argile donne accès à une étroite plateforme sur laquelle a été trouvé le reste d'un squelette d'animal, dont une dent porterait à croire que ce serait un ours des cavernes (fig.10).

(5) La vitesse théorique modale est calculée à partir du **temps modal** qui correspond au sommet de la courbe de restitution. Il est de 359h dans la deuxième coloration de Dara (fig.8 et tabl.4)

(6) La vitesse théorique moyenne correspond au **temps moyen,** donné par l'abscisse du centre de gravité de la courbe de restitution. Il est de 382h dans l'exemple de Dara (fig.8 et tabl.4).

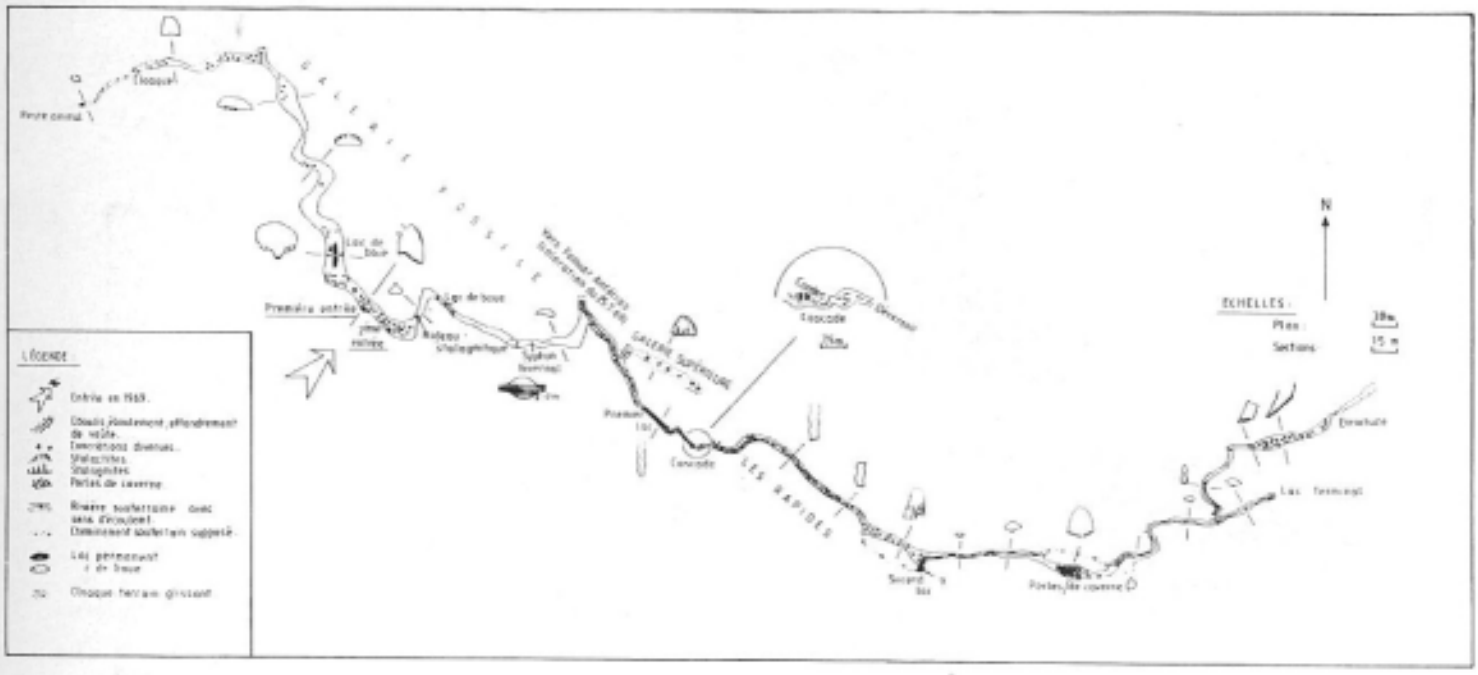


Figure 10: Plan topographique de la grotte des Kassarat (S.C.LIBAN- J. Middelton).

Le 24/7/1969, une nouvelle incursion a pour but un relevé topographique de la zone explorée et une reconnaissance en amont. Le plan d'eau du lac de boue avait été partiellement résorbé laissant apparaître une étroiture de laquelle nous parvenait le bruit familier d'une rivière souterraine.

Pour franchir ce boyau, il est nécessaire de se tremper entièrement. Au-delà et quelques mètres plus bas, la galerie s'évase atteignant dix mètres de large. Il faut encore franchir une cuvette remplie d'eau, jouant le rôle de siphon hivernal, pour finalement rejoindre la rivière souterraine impétueuse en cet endroit.

C'est dans un bruit assourdissant qu'elle se perd dans un toboggan impénétrable. En amont elle arrive violente, coulant entre les blocs rocheux encombrant son lit. L'usage du canot pneumatique est indispensable. Sur la rive gauche, et à l'endroit de l'embarquement, s'ouvre à 2m de hauteur une galerie sèche très richement décorée dont le développement est proche de cent mètres. En certains endroits, le sol est uniformément recouvert de calcite en travers duquel on aperçoit de nombreux «vers de terre» pétrifiés.

En remontant en dinghy la rivière, le courant devient rapidement violent. Il faut débarquer sur la rive droite,

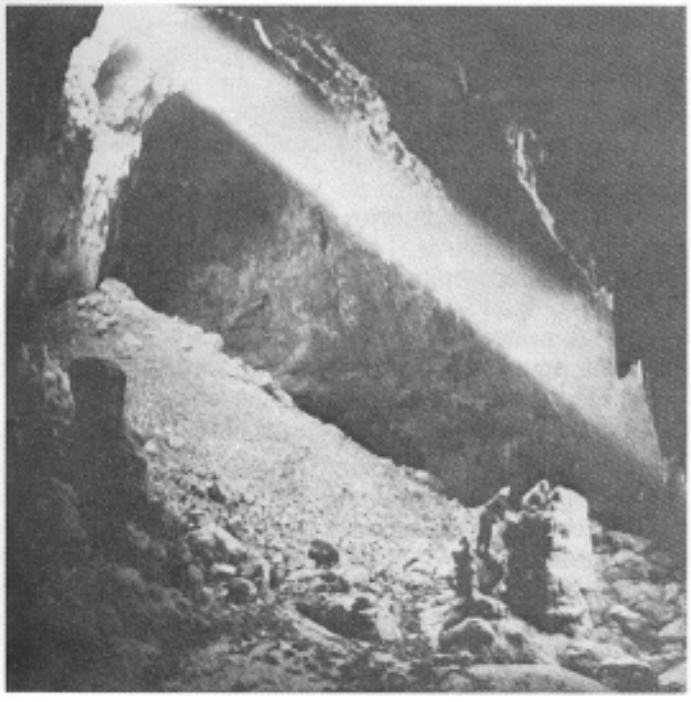


Photo 19: Entrée de la grotte des Kassarat en 1969.

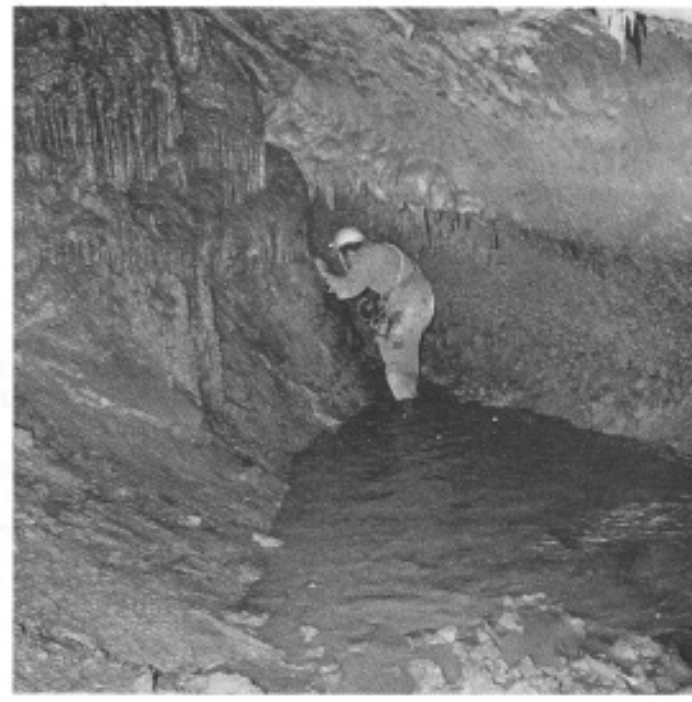


Photo 20: Salle circulaire noyée par un plan d'eau.

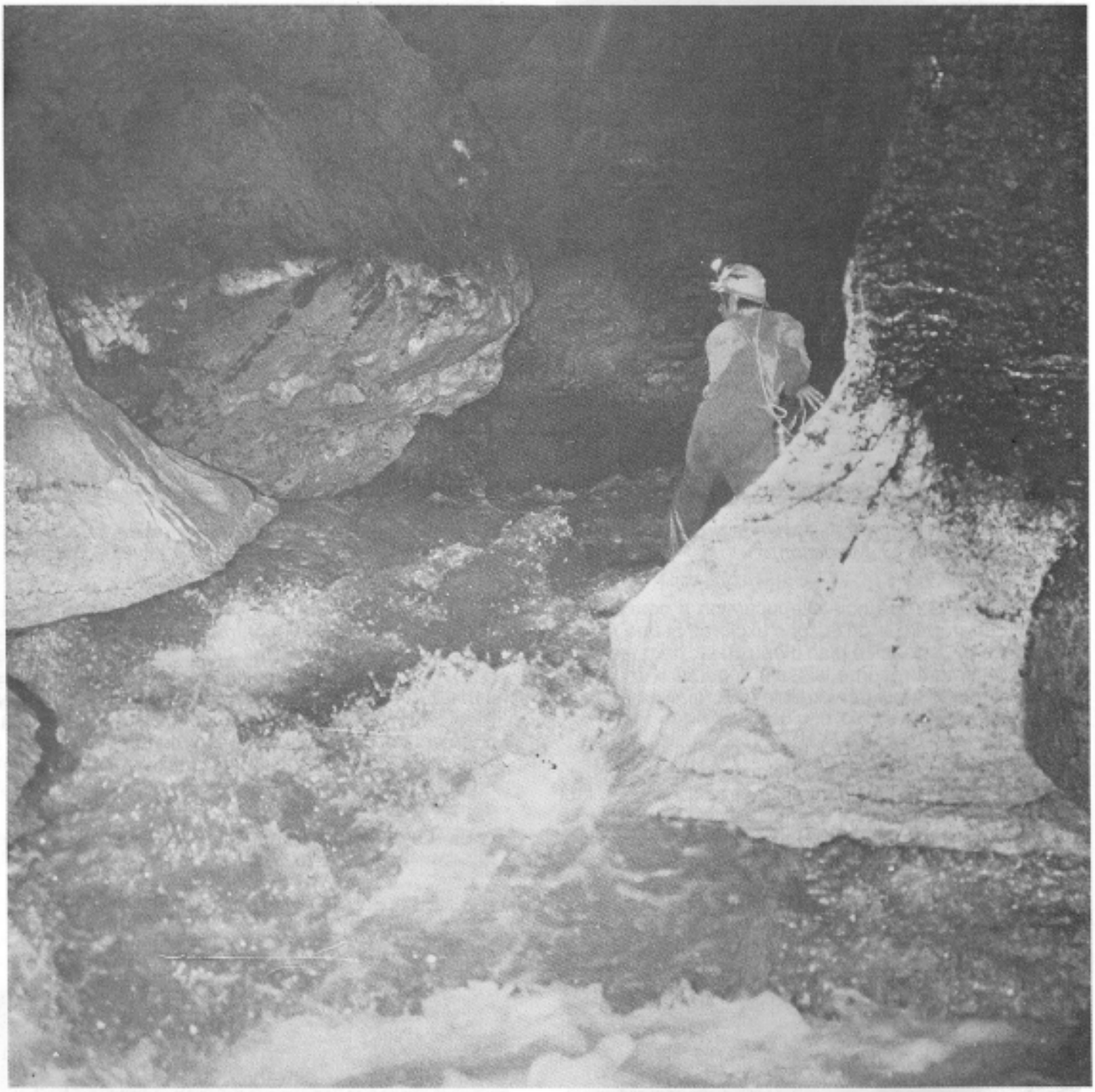


Photo 21: Rapides en amont de la cascade.

franchir quelques ressauts et en escalade contourner une cascade de trois mètres de haut. Au-delà, la rivière coule impétueuse (ph.21) et force à quelques précautions.

La grotte apparaît alors comme étant une succession de réseaux secs et humides. La rivière souterraine chemine tantôt sur la rive droite et tantôt sur la rive gauche recoupant les galeries sèches. Certaines d'entre elles offrent une très grande richesse de concrétionnement, dont un fabuleux parterre de «perles des cavernes» (ph.22).

Dans la partie terminale, la rivière assagie et profonde nécessite à nouveau l'emploi du canot pneumatique (ph.23). Un diverticule sur la rive droite est appuyé sur un remarquable miroir de faille. Il finit par une étroiture. Signalons qu'en cet endroit, nous avons nettement entendu les explosions dues aux charges de dynamite employées dans les carrières d'Antélias[7].

En octobre de la même année, une tentative de plongée (Farid ZOGHBI, Sami KARKABI) a permis de reconnaître sur 20m un couloir noyé au fond sablonneux que rien ne semblait obstruer. Le développement total des galeries de Mgharet el-Kassarat dépasse 2.900m. La dénivellation entre le siphon terminal et la perte est de l'ordre de 15m. La pente moyenne est de l'ordre de 0,7%.

(7) Expédition menée en collaboration avec le «Yorkshire Rambler's Club» (voir bibliographie).

Photo 22: Nombreux nids et grand parterre de perles de cavernes.

II.2 — TRAÇAGE ET MESURES DE DÉBIT

La coloration a été effectuée le vendredi 25 juillet 1969 à 9h10 par les membres du S.C.L.: S.Karkabi, G.Srouji et F.Zoghbi (tabl.6). Le prélèvement d'eau et les dosages ont été effectués par Georges SROUJI.

Deux kilos d'uranine ont été versés à la perte de la rivière souterraine de la grotte des Kassarat (fig.8 et 11), à presque 900m de la source principale du Faouar et environ 60m d'altitude absolue.

Le débit à la perte était de 1.000l/s, la température de l'eau 15,5°C et de l'air 16°C.

La première réapparition du colorant a eu lieu à 14h55 du même jour (tabl.6) à Faouar Antélias et à la source de Tannour (fig.11- couleur hors texte) après une durée de 5h34'. De même, il est réapparu aux sources de Mqasbiyé et Saltané (fig.11) 15 minutes plus tard[8]. Le colorant est disparu le même jour à 20h à Faouar Antélias.

Nous regrettons de ne pas posséder les résultats des dosages qui permettent de reconstituer la courbe de restitution. Les archives du S.C.L. sont muettes sur cette question. Le compte rendu de G. Srouji, dont une photocopie est déposée chez B.HAKIM, donne uniquement les pourcentages de l'uranine restitué à chaque source[9]. Le total s'élève à 73,4%. Il conclut que «compte tenu de l'absorption et adsorption du colorant par les matériaux formant le lit de la rivière souterraine, on peut considérer que tout est sorti(!)».

En se basant sur ce rapport, nous avons essayé de dresser une courbe de restitution schématique qui illustre ce traçage (fig.9). Il paraît très net qu'il est possible de calculer le temps d'apparition au Faouar Antélias (5h45') et de là, la vitesse d'apparition (156,5m/h ou 3,75km/jour) sans possibilité de connaître les vitesses moyennes et modales.

(8) Température de l'eau de toutes ces sources: 15,75°C. Débits respectifs: Faouar Antélias: 512 l/s; Tannour 107 l/s; Mqasbiyé 54 l/s; Seltané 305 l/s.

(9) 0,768 au Faouar; 0,161 à Tannour; 0,081 à Mqasbiyé; 0,458 à Saltané. Total 1,468 kg.

Photo 23: La rivière souterraine des Kassarat navigable au niveau du siphon.

II.3 — OBSERVATIONS

La grotte des Kassarat comprend deux réseaux: l'un de trop-plein et l'autre actif.

Les travaux de la carrière ont transformé le paysage spéléologique. Il ne reste plus de la grande galerie qu'un mur témoin recouvert de quelques concrétions stalagmitiques. L'amont est méconnaissable et le rideau stalagmitique disparu. Le réseau de trop-plein n'a subi d'altération que dans la grande galerie d'accès. Le reste du réseau est inchangé.

La rivière souterraine est restée protégée, mais jusqu'à nouvel ordre inaccessible. Il reste à redécouvrir une voie d'accès, à reprendre l'exploration du siphon terminal et à explorer plus systématiquement le diverticule où apparaît nettement le miroir de faille.

La coloration de la rivière souterraine a prouvé sa liaison étroite avec toutes les sources du Faouar grosses et petites. De même le traçage de Dara a prouvé cette connexion. Il est donc légitime de penser que l'essentiel des eaux de Dara passe par la rivière de la grotte des Kassarat. Mais pour plus d'assurance et pour satisfaire la curiosité scientifique, il faudrait procéder à une autre coloration de Dara, une fois la rivière des Kassarat retrouvée. Le but étant de prouver le passage des eaux à la grotte des Kassarat, d'effectuer une coloration quantitative et de contrôler plus intimement la mer en face de Jounieh.

III — DEVELOPPEMENT DU KARST SOUTERRAIN ENTRE DARA ET ANTELIAS

Le bassin d'alimentation du Faouar Antélias s'étend donc de la côte (+20) jusqu'au gouffre du Faouar Dara (1.620m) et plus loin encore jusqu'à Dahr el-Tillajé-Sannine (2.073m) qui fait partie du bassin versant du Ouadi el-Manzoul et la dépression de Dara.

Les limites de ce bassin sont difficiles à retracer. Mais il semble englober le bassin superficiel du Nahr Antélias avec une partie des bassins des Nahrs el Kalb et Beyrouth. Il couvre une superficie supérieure à 125km^2 dans une région fortement karstifiée.

Il nous a semblé intéressant de compléter cette recherche par l'inventaire des cavernes visitées par les membres du S.C.LIBAN. Elles sont rassemblées au tableau 5 et localisées sur la figure 11.

Les grottes sont de développement insignifiant ou bien bouchées dès l'entrée. La profondeur des gouffres varie entre 20 et 140m. Signalons qu'au moins l'un d'eux sert d'effluent d'égout pour la municipalité de Mzakké.

Ne figurent pas sur notre tableau les abris sous-roches ou avens de faible profondeur ainsi que les pertes localisées tout le long des torrents et ruisseaux.

Nous n'avons pas signalé non plus les fentes élargies et non pénétrables le long des failles et des fractures, ainsi que les fissures élargies au fond des lapiès.

Tous ces phénomènes montrent l'importance de **l'infiltration rapide** vers l'intérieur du karst et cela sur toute l'étendue du bassin d'alimentation.

A côté de ce passage rapide on connaît un autre type d'infiltration, à savoir la **percolation lente** qui s'effectue à travers les microfissures ou les sols et les formations tendres qui bouchent ou recouvrent les fentes du karst. Ce dernier type d'infiltration peut durer jusqu'en pleine saison sèche et produit des eaux fortement concentrées du point de vue chimique.

On s'aperçoit que l'arrière-pays du Faouar Antélias jouit d'un fort **degré de cavernement** et que l'alimentation des nappes souterraines se déroule, d'une part, de manière rapide et torrentielle le long d'innombrables ouvertures verticales disposées entre Antélias et Faouar Dara et, d'autre part, de manière plus lente où l'eau peut s'égoutter à partir de la surface et sur toute la superficie du bassin d'alimentation.

Tableau 6: Fiche signalétique du traçage de la grotte de Faouar Antélias.

INJECTION

LIEU	Dénomination	Grotte des Kassarat (Carrières d'Antélias)
	Carte au 1/20.000e Coordonnées Lambert	Beyrouth (K-4) X = 138,900 km Y = 219,350 km Z = 60 m
Auteurs		S.Karkabi, G. Srouji et F. Zoghbi
Date		25 juillet 1969
Heure		9 h 10'
Nom du traceur		Uranine
Quantité du traceur		2 kg dissous dans l'eau
Géologie		Calcaires du Jurassique moyen (J4)
Condition d'injection		Rivière souterraine, perte infranchissable
Débit d'eau en l/s		1000 l/s

RÉAPPARITION

LIEU	Dénomination	Sources du Faouar Antélias (Faouar Tannour, Mqasbiyé, Saltané)
	Carte au 1/20.000e	Beyrouth (k-4)
	Coordonnées Lambert (de la source principale)	X = 138,000 km Y = 219,550 km Z = 30 m
Date et heure de la première réapparition		25 juillet 1969 à 14h55'
Débit en l/s		978 l/s
Géologie		Calcaires du Jurassique moyen et supérieur

RÉSULTATS

Distance théorique en mètre	900
Dénivellation théorique en mètre	30
Pente théorique en %	3,3
Temps d'apparition en heure	5 h 45'
Vitesse théorique d'apparition en m/h	6
Temps modal en heure	–
Vitesse théorique modale en m/h	–
Temps moyen en heure	–
Vitesse théorique moyenne en m/h	–
Durée approximative de la restitution du traceur en heures	6h

IV — ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

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

Nous avons jugé utile de donner quelques précisions sur la géologie du complexe Dara-Antélias afin de comprendre l'hydrogéologie et le fonctionnement du système.

Le système hydrogéologique du Faouar Antélias est contenu dans les calcaires et calcaires dolomitiques du Jurassique.

IV.1 — La géologie

Les roches en effleurement appartiennent au Jurassique moyen et supérieur, ainsi qu'au Crétacé inférieur et moyen (fig.6). Les couches sont atteintes par de nombreuses failles et surtout par la flexure occidentale du Liban.

IV.1.1 — Echelle stratigraphique

Le Jurassique moyen (J4) est formé de plus de 800m de calcaires et de calcaires dolomitiques. Il devient franchement dolomitique à la base et dans certains horizons. Il est appelé «Calcaires du Kesrouane» selon la nomenclature locale de Louis DUBERTRET.

– L'Oxfordien (J5) ou le «Niveau volcanique de Bhannès» est constitué habituellement d'argiles, de marnes et des intercalations de bancs calcaires jaunâtres. Il présente presque toujours des matériaux volcaniques interstratifiés ou individualisés sous forme de basaltes, de brèches volcaniques ou de cinérites. Son épaisseur atteint en moyenne 100m.

– Le Kimméridjien (J6) ou la «Falaise de Bikfaïya» est formé de 60-80m de calcaires gris à silex.

– Le Portlandien (J7) ou les «Calcaires de Salima» est fait de calcaires ocre parfois oolithiques, s'alternant avec des bancs de marnes. Son épaisseur varie entre 50 et 100m.

Les J5, J6 et J7 appartiennent au Jurassique supérieur qui dénote une stratigraphie complète dans le bassin d'alimentation du Faouar Antélias.

– Le Crétacé inférieur débute par le «Grès de base» (C1), formé de grès quartzeux d'origine granitique. Son épaisseur atteint plus de 200m. Il continue dans l'Aptien (C2 - épaisseur 150-250m) qui est subdivisé en Aptien inférieur (C2a-maximum 160m, formé de grès argileux entrecoupés par des bancs calcaires divers et des lits de marnes) et en Aptien supérieur (C2b-épaisseur 90m) constitué par la célèbre «Muraille de Blanche» et une suite de couches marneuses et argileuses entrecoupées par des matériaux volcaniques.

– Le Crétacé moyen débute par les marnes vertes et les argiles de l'Albien (C3 -max. 150m) intercalant avec des calcaires craquelés. Il continue dans le Cénomanien (C4) qui est subdivisé en Cénomanien inférieur (C4a-épaisseur 80-100m, où les dolomies compactes dominent), Cénomanien moyen (C4b-épaisseur 80m, faciès à dominante marneuse) et le Cénomanien supérieur (C4c-plus de 400m, fait surtout de calcaires).

– Enfin sous les alluvions du Sahl Antélias, on a pu mettre en évidence la présence du Turonien (C5) barré vers la mer par les couches de marnes crayeuses du Sénonien (C6).

IV.1.2 — Structure et tectonique

Le bassin d'alimentation du système Dara-Antélias est fracturé par d'innombrables failles de directions multiples (fig.11). Les failles N-S à l'est de la carte sont rattachées au grand accident de Yammouné, les autres sont plutôt de direction W.SW-E.NE, ou carrément E-W. Il s'agit de failles transverses perpendiculaires à celle de Yammouné. Les rejets peuvent atteindre 150 et parfois 200m avec souvent des mouvements décrochants (faille du Faouar Antélias, (fig.13 couleur hors texte). Les zones de fractures sont nombreuses et aident à la localisation des galeries souterraines.

L'accident tectonique majeur est, sans doute, celui de la flexure occidentale du Liban (fig.11, 12 et 13), de direction méridienne et de rejet dépassant 1.500m. Le pendage des couches augmente à son approche. Il atteint 30° dans les couches du Jurassique, 80° dans l'Albien de Haret el-Ghouarni et revient à la verticale dans la série cénomanienne, avec toutes les conséquences hydrogéologiques que cette position peut entraîner.

IV.2 — Etude hydrogéologique

La carte de la figure 11 et la coupe de la figure 12 montrent les données lithologiques (couches perméables, imperméables et semi-perméables), hydrologiques (cours d'eau, limite des bassins-versants, sens d'écoulement des eaux souterraines, les sources et les résultats des différents traçages), avec une idée sur la structure et les phénomènes karstiques internes.

Les faits marquants que nous pouvons noter sont les suivants:

1 – Les terrains perméables constituent plus de 70% des roches en affleurement. Les couches imperméables et semi-perméables dominent les terrains précédents et forment des bassins de surface qui restituent leurs eaux de pluies et de fonte de neige au karst de l'aval.

2 – Aucune exurgence de taille n'existe entre Faouar Dara et Faouar Antélias (21km à vol d'oiseau). L'exutoire de ce système semble être la zone sourcière d'Antélias seule. Les petites sources de Zaarour, Aaraar, Naas, etc. ne dépassent que rarement les 20 l/s et sont liées à des nappes locales provenant de calcaires de la falaise de Bikfaïya (J6), ou bien des grès de base (C1).

3 – Les eaux souterraines de toute l'aire du Jurassique, comprise entre Dara et Antélias, se dirigent donc vers Faouar Antélias. Elles convergent, après avoir traversé la zone d'infiltration, **vers un drain axial** qui les transite vers un exutoire unique (la zone sourcière d'Antélias).

Ce drain se situe à Dara et se trouve à des profondeurs variables par la suite.

Nous connaissons très bien le début de ce drain collecteur (Galeries du Paradis du S.C.L. -fig.7) et sa fin dans la grotte des Kassarat, 2900m (fig.10). Sa pente moyenne est de l'ordre de 4,5%. Il est bien hiérarchisé au sein de la zone du karst noyé et se rattache à des **cellules annexes,** véritables réservoirs d'eau, qui l'alimentent et sont alimentées par lui. Ces cellules-réservoirs s'organisent des deux côtés de la rivière souterraine principale et se maintiennent à différents niveaux.

4 – Le système hydrogéologique à exutoire unique, ainsi que l'évolution poussée des phénomènes karstiques internes et superficiels, sont les indices d'un «HOLOKARST» ou karst complet. Les conditions climatiques, lithologiques et structurales sont (et ont été) adé-

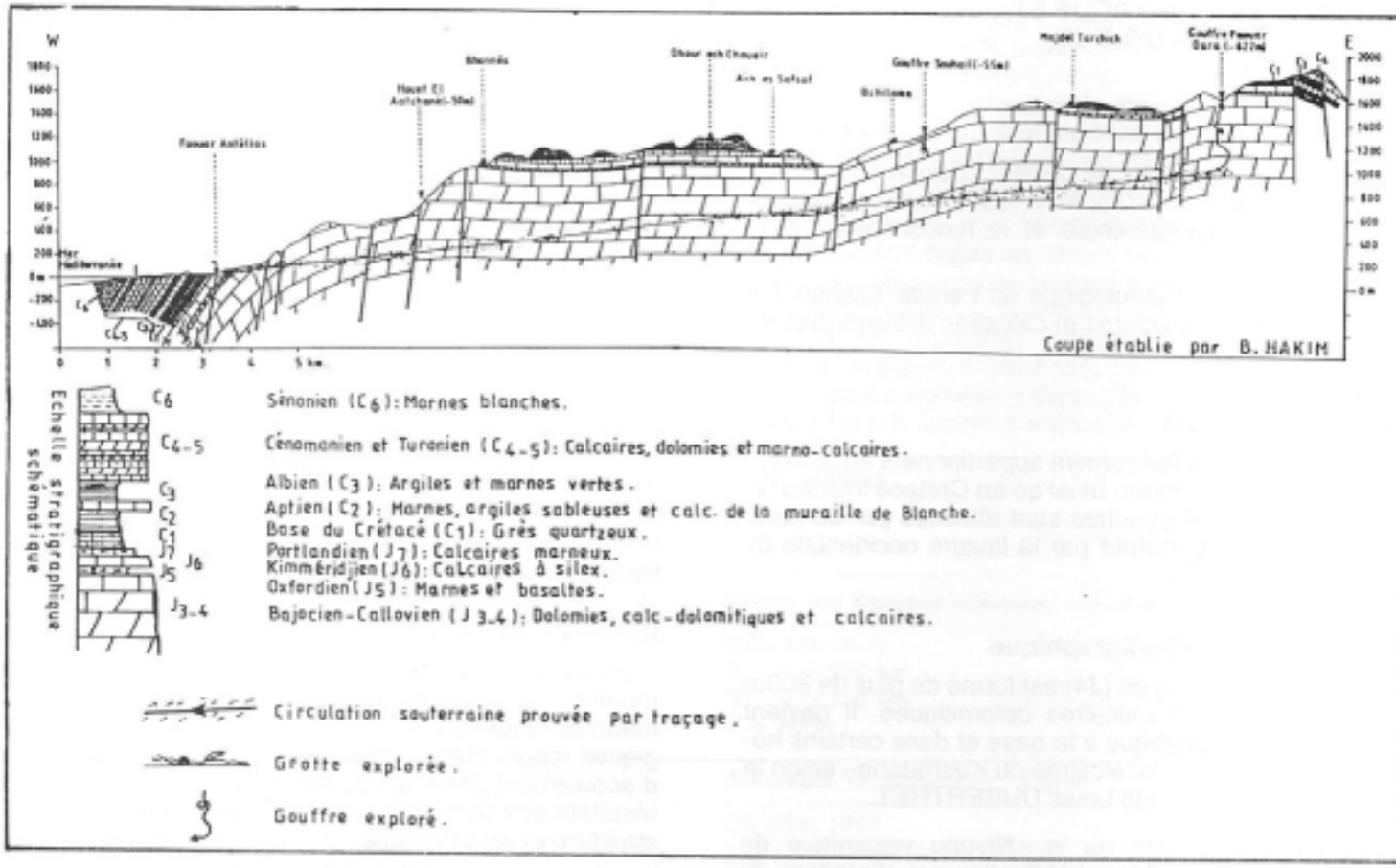


Figure 12: Coupe hydrogéologique du système Dara-Antélias (B. Hakim).

quates à cette évolution.

Enfin, si nous observons ce qui se passe à Jiita d'une part, et au Nabaa Dachouniyé d'autre part, nous nous apercevons qu'il s'agit de systèmes hydrogéologiques quasi indépendants, disposés dans le sens E-W et organisés grossièrement autour des failles transversales de même direction.

La carte au 1/10·000 (fig.13) de la zone sourcière d'Antélias, et la région des carrières, montre bien l'emplacement des sources permanentes et temporaires d'Antélias, précise le mode de jaillissement et localise la rivière souterraine et ses galeries.

Par ailleurs, les effets néfastes des carrières (représentées en rouge) sur une zone à potentialité hydrique élevée sont bien mis en évidence. La démolition du site risquerait fort de dévaster les galeries du cours d'eau souterrain et de provoquer un changement substantiel et irréversible dans le régime d'alimentation des sources du Faouar. Elles peuvent, au moins, changer d'exutoire et même tarir complètement, avec dispersion et perte des eaux dans les carrières.

La figure 13 indique, en outre, la disposition lithologique et structurale. De ce fait il devient facile d'expliquer le jaillissement des sources qui est dû au **débordement par contact stratigraphique et par faille.**

La source du Faouar Antélias proprement dite est la plus puissante résurgence de ce système. Elle jaillit au contact des calcaires du J4 et des matériaux imperméables du J5. Elle sourd à 30m d'altitude et fournit en moyenne 800 l/s par an.

A cette source principale s'ajoutent trois sources permanentes situées à l'aval:

– Nabaa Tannour (altitude 27m, débit moyen annuel de l'ordre de 200 l/s) jaillit sous la grande salle du Casino el Faouar.

– Les deux sources de Mqasbiyé et Saltané (altitude 20m, débit moyen respectif annuel: 75 et 300 l/s) sourdent à 200m à l'ouest du Faouar. Leur aquifère est celui du J6 mais elles profitent du J4 qui les alimente tout le long de la faille du Faouar (fig.13).

Pendant les périodes de hautes eaux, le niveau de la nappe peut s'élever d'une manière sensible derrière la flexure occidentale, formant barrière. Nous remarquons, alors, l'apparition de plusieurs sources temporaires, véritables sources de trop-plein (fig.13).

Avant les grandes destructions intervenues dans les carrières, il n'y avait que deux importantes sorties de trop-plein: Nabaa Zaïtouné (40m d'altitude) et Nabaa Chataoui (60m). Elles continuent à fonctionner l'hiver et au début du printemps malgré les remblais qui dérangent la première et le grand éboulement qui a bouché l'entrée de la grotte de Chataoui.

Actuellement, après l'approfondissement des carrières, le défoncement du massif et l'effondrement des cavités, nous assistons à l'extension de la zone sourcière vers l'amont, de sorte que nous pouvons localiser plus de sept nouvelles sources temporaires situées entre 50 et 80m d'altitude (fig.13).