

ALOUAT'OUATE

الوطْ وَاوَاتْ



**STAGE 1991**

*FORMATION AUX TECHNIQUES D'EXPLORATION*

REVUE LIBANAISE DE SPELEOLOGIE  
ET DE KARSTOLOGIE  
Nouvelle série N° 6 - 1991

المجلة اللبنانية للتنقيب  
عن الغاور وعلم الكارست  
السلسلة الجديدة - العدد السادس، ١٩٩١

## SPELEO-CLUB DU LIBAN

FONDE EN 1951 (AUT. MIN. N° 90 DU 17-1-57)  
CITÉ A L'ORDRE DU CÈDRE (N° 512 DU 24-2-69)  
RECONNU D'UTILITÉ PUBLIQUE (D. N° 14262 DU  
28-11-63)

### AI OUA'TOUATE

REVUE LIBANAISE DE SPELEOLOGIE  
ET DE KARSTOLOGIE

Nouvelle série N° 6 - 1991.

### COMITE DE LECTURE

Bahzad **HAKIM**

Professeur à l'Université libanaise

Membre de l'Association française de karstologie

Sami **KARKABI**

Membre fondateur du S.C. Liban.

Jacques **LOISELET**

Professeur à la Faculté de médecine (U.S.J.)

Michel **MAJDALANI**

Hydrogéologue

#### Photo de couverture :

Le pont naturel de Muzraa Khardibiane,  
Entraînement aux jumars (S. Karkabi).

#### Photo de couverture (page 2) :

Ecole spéléo - Gouffre de Balaa. **PANGATA**

#### Hors texte :

carte hydrogéologique du bassin de Daichouniyé -  
Établie par Michel MAJDALANI et le B.T.D.

Cette revue est éditée et distribuée par le  
**SPELEO-CLUB DU LIBAN**,  
B.P. 70-623, ANTELIAS - LIBAN.

بصدرها ويوزعها النادي اللبناني للتقطيب عن المغاور  
ص.ب. ٧٠٩٢٣ - أنطلياس - لبنان

Pour tout contact avec le S.C. Liban  
adressez-vous à :

Joseph ZGHEIB : tél. 04-927065

Michel MAJDALANI : tél. 01-333250-335428

## النادي اللبناني للتقطيب عن المغاور

تأسس عام ١٩٥١ (علم وغير رقم ٩٠ تاريخ ١٩٥٧/١/١٧)  
حامل وسام الأرز (رقم ٥١٢ تاريخ ١٩٦٩/٢/٢٤)  
جمعية ذات منفعة عمامة المرسوم (رقم ١٤٢٦٢ تاريخ  
١٩٦٣/١١/٢٨)

### الوطواط

المجلة اللبنانية للتقطيب عن المغاور وعلم الكارست  
السلسلة الجديدة، العدد السادس، ١٩٩١

### SOMMAIRE :

Editorial

Recherches récentes sur le karst de la Sainte-Baume  
(Provence, France) - Jean **NICOD**.

Contribution à l'étude du réseau karstique des  
sources de Daichouniyé dans la vallée de Nahr  
Beyrouth - Michel **MAJDALANI**.

Les phénomènes de dissolution à petite échelle : le  
cas des galets à modelé polarisé - Jacques  
**BESANÇON**.

Perles des cavernes cubiques et polyédriques -  
Jacques **CHOPPY**.

La perle de caverne hexagonale - Sami **KARKABI**  
Nabaa el Mghara (suite) - Sami **KARKABI**.

Souvenirs libanais - Bernard **GEZE**.

Bramabiau ou l'imaginaire du paysage spéléologique  
- Sami **KARKABI**.

Ecole spéléo - Formation aux techniques d'explora-  
tion et initiation aux techniques de sauvetage. Une  
rencontre franco-libanaise. - André **BECHARA**.

Plongée à la grotte de Ghaouaout (Kfarhilda) -  
André **BECHARA**.

Les activités du S.C. Liban : les nouvelles explora-  
tions.

Mise au point - Sami **KARKABI**.

PRODUCTION FBR

## EDITORIAL

Quel meilleur gage de confiance et d'amitié que celui de nous accorder le privilège de publier dans notre revue des articles signés : Jacques BESANÇON, Jacques CHOPPY, Bernard GEZE et Jean NICOD.

Ce N° 6 du *Al Ouat'Ouate* devait commémorer l'après-cinquantenaire de la spéléologie libanaise. Ce n'était que sur tous les plans et par une collaboration internationale que l'on pouvait célébrer un tel événement.

C'est chose faite et les activités de terrain (1991) sont là pour le prouver.

S'alignant aux critères internationaux, les jeunes ont adopté cette année (1991) les nouvelles techniques d'exploration. Cela leur permettra dans un proche avenir d'envisager explorer certaines ouvertures jugées par les anciens impossibles à atteindre.

C'est grâce à la collaboration de la FFS (Fédération française de spéléologie) et à la EFS (Ecole française de spéléologie) que cette étape a été franchie.

Il fallait une dose de courage et un esprit altruiste pour ceux qui, hors du Liban, ont suivi par voie de presse ou de TV les événements qui ont secoué notre pays pour consentir à y venir.

Ce stage était prévu pour 1990. Le sort devait en décider autrement. Ce n'est qu'au mois de mai 1991, lors du congrès national de spéléologie se déroulant à Montpellier, que la décision fut prise par les responsables français d'accéder à nos désirs.

Le programme ayant été esquissé à Montpellier, la confirmation ne devait se faire cependant qu'au mois de juillet.

Nous avons procédé de part et d'autre à l'envoi de nombreux FAX, suivis d'appels téléphoniques. Georges FARRA, notre dévoué pilote-spéléo (MEA), était chargé de transmettre nos messages lorsqu'il y avait urgence. De nombreux malentendus dus à une « logique libanaise » provoquèrent la confusion la plus totale.

C'est ainsi que le matériel collectif expédié de France et devant servir au stage, libellé en admission temporaire, avait été expédié avec bien de difficulté une semaine à l'avance, alors qu'il était convenu qu'il serait accompagné, ce qui aurait facilité sa sortie de douane.

Il fallut attendre trois jours pour rentrer en sa possession et bien entendu acquitter des taxes prohibitives.

Et dire que Georges Farra avait pris la peine de se rendre ce 4 août à Paris en « extra crew » pour accompagner les spéléos français et faciliter les formalités de douane.

Comble d'ironie, ce matériel expédié en « admission temporaire » devait rester au Liban, puisque racheté par nous...

L'encadrement français était composé de 5 moniteurs et d'un coordinateur (voir le compte-rendu du stage en page 74). Le déroulement des différentes activités a été dans l'ensemble un succès et nous ne pouvons que nous féliciter non seulement des connaissances acquises mais également de l'ambiance de camaraderie et d'amitié que cette rencontre a suscitée.

Nous n'aurions pu réaliser ce stage de formation aux techniques spéléologiques sans l'aide de la Fédération française de spéléologie, du Conseil national du Tourisme, de la MEA, de la Société Générale Libano Européenne de Banque, d'INDEVCO, de Naoum KHALIFE et de bien entendu notre ami Georges FARRA, qui a servi constamment de courrier ambulant et a permis une parfaite coordination entre l'équipe française et le Spéléo-Club du Liban.

Qu'ils en soient tous remerciés ici.

# RECHERCHES RECENTES SUR LE KARST DE LA SAINTE-BAUME

(Provence, France)

## Présentation d'une carte hydro-géomorphologique et de vulnérabilité à la pollution

par Jean NICOD\*

Le massif de la Sainte-Baume se situe dans le Midi de la France à une trentaine de kilomètres à l'est de Marseille. L'article présente une carte hydrogéomorphologique et de vulnérabilité à la pollution dans un karst provençal assez complexe et fragile. Après le rappel des conditions structurales et climatiques, l'étude des formes karstiques est entreprise ainsi que le fonctionnement hydrologique et les caractéristiques hydrochimiques.

Les sources pérennes sont situées à l'ouest du massif dans la vallée de Saint-Pons et surtout au nord, alimentant les cours d'eau permanents. Le versant sud en est totalement dépourvu.

Le bilan d'eau atteste un déficit global d'écoulement de 1m<sup>3</sup>/a, ce qui permet d'étayer l'hypothèse d'un drainage souterrain en direction du sud-ouest, vers les résurgences sous-marines de Port-Miou et du Bestouan dans le golfe de Cassis.

La plupart des sources étant captées pour l'alimentation en eau potable des bourgades voisines, les systèmes aquifères pourraient être davantage sollicités par pompage, d'où l'intérêt de protéger la potabilité des eaux.

La pollution actuelle est limitée, parce que la forêt domaniale de la Sainte-Baume est très étendue, les sources sont peu minéralisées et les espaces agricoles sont exigus (taux de nitrates dix fois inférieur à la concentration limite).

La pollution biologique paraît inquiétante lors des premières pluies d'automne (effet de Chasse). Une assez forte pollution provient du Plan de Mazaugues : terrils et exhaustes des mines de bauxite, dépôts d'ordures et fonctionnement parfois défectueux des stations d'épuration.

L'auteur présente à la fin sa légende pour une carte de synthèse qui permet de visualiser les risques sur les différents secteurs du massif karstique. De telles cartes permettraient de convaincre les responsables et de guider leur choix et leur décision pour l'implantation de nouvelles activités et l'octroi de permis de construire.

*This text introduces a hydro-morphological map adjusted to problems of the pollution. The Sainte-Baume range is the most important calcareous massif of the Basse-Provence. Its structure result of the pyreneo-provençal tangential tectonics (upper Eocene), and its actual relief mainly from oligocene and upper-miocenic vertical movements.*

*Main important caves and karst features, i.e. giant karren and the poje of Plan d'Aups are at it recognised. The drainage is mainly karstic, by way of several springs in western, northern and eastern sides of the range. By the hydrological studies (hydrodynamics and geochemistry) of COULIER (1985) and Ph. MARTIN (1991), the running of various groundwaters are studied and the diversions proved. It allows to define the own characteristics of each aquifer, showing the heterogeneity of the karstification. The attempted water balance show a global deficit, supporting the hypothesis of a deep drainage towards the submarine spring of Port-Miou and other submarine exurgences. Because the forest cover, particularly the state forest of Sainte-Baume, and the diffusion of pollutants in the aquifers of low transmissivity, the Sainte-Baume range is relatively preserved from the pollution, except any special area (new settlements near Plan d'Aups, Nans-les-Pins, old bauxite-mines and quarries etc.).*

منطقة ولا سانت بوم، تقع في الجنوب الغربي غير بعيد عن مدينة مرسيليا. والمقال يعرض الخريطة المائية والترافوجية إضافة إلى القابلة على التثوث في منطقة كارستية شديدة الخطر.

يشغل البروفيسور جان نيكود أولاً الظروف البيئية والمناخية ليستعرض فيما بعد الأشكال الكارستية السطحية والباطنية ويوصل إلى المعلومات الهيدروجيولوجية والخصائص الهيدروجيولوجية لمياه الينابيع. وهذه الأخيرة للتركز خاصة غرب منطقة سانت بوم، وبتحديد في وادي سان بونس، وكذلك شمال المنطقة حيث تعذي عدة مجاري مائية دائمة الجريان. بينما الجانب الجنوبي محروم من الينابيع القوية.

وبعد دراسة الخصصة المائية يظهر أن هناك حوالي المتر الكعب في الثانية تتسرع دون أن يُعرف مكانها، مما يدعو إلى الاعتقاد أنها لتلجج جوفياً نحو الجنوب الغربي لتعذي الينابيع البحرية الموجودة في بيور بيور، وفي بيستوان، عند خليج ماسيسوس.

وبما أن غالبية الينابيع تساعد في تأمين مياه الشفة لتجمعات السكانية الموجودة غربها. وربما أن الأنظمة الكارستية الجوفية يمكن أن تساعد في هذه التغذية عن طريق الأبار، لذلك لا بد من السهر على صلاحية هذه المياه وحمايتها من كل تلوّث ممكن. وبعد التشويق وبعد وضع الخريطة القوية الترافجة لهذا التنس يظهر أن التثوث الحالي محصور في بعض الأماكن وذلك لوجود مساحات غابوية كثيرة لا سكن فيها ولا تلوّث وكذلك لعدم وجود مساحات زراعية كثيرة بحيث أن نسبة التثورات في المياه الجوفية قليلة للغاية وتنقص بعدة مرات عن النسبة المتسوح بها.

غير أن التثوث البيولوجي يكون قوياً في كافة الينابيع خاصة عند انطار الخريف الأول. ولذا فإن غسبة سائر عو، تعتبر مصدراً لتثوث مهم مصدره مطاق البيوكسيد هناك والتكمام القمامة وأحياناً ينتج التثوث عن انطال في محطات تكرير مياه البحار.

ولزيد من الفائدة يعطي الكاتب التفاصيل اللازمة لفهم دليل خريطته المشغلة على معلومات كثيرة بحيث يمكن رؤية الاخطار المحددة والكارست بشكل واضح ويمكن معه اقتراح السؤراين المتلائم في الاخطار بحيث تعفي الخريطة خباراتهم والنسبة لاستقبال المنطقة.

\*U.R.A. 903 du C.N.R.S., Institut de Géographie, 29 Av. Robert Schuman, 13 621 Aix-en-Provence.

# RECHERCHES RECENTES SUR LE KARST DE LA SAINTE-BAUME

(Provence, France)

par Jean NICOD

Le massif de la Sainte-Baume constitue la plus importante des unités calcaires de Basse-Provence, par son altitude et son volume montagneux : la Haute-Chaine atteint 1 042 m à l'W, au Pic de Bretagne, et 1 147 m à l'E, au Signal des Béguines. D'une très grande complexité structurale, elle est formée surtout de calcaires et dolomies, très inégalement karstifiés. C'est un château d'eau, alimentant trois fleuves « côtiers » : l'Huveaune, l'Argens et le Gapeau, ainsi que la source sous-marine de Port-Miou. C'est un massif forestier, partiellement protégé, mais dont toute la partie occidentale a été ravagée par les incendies, et soumis en de nombreux points à la pression des activités anthropiques. Aussi la sauvegarde de ses eaux pose problème et la présente carte a pour but d'en donner une vision synthétique.

## 1 - Historique des recherches.

Chaîne de type pyrénéo-provençal, la Sainte-Baume a fait l'objet de plus d'un siècle d'études géologiques, parfois passionnées en ce qui concerne l'interprétation tectonique (CORROY 1939, GUIEU 1968, GOUVERNET, GUIEU & ROUSSET 1971). L'étude des formes karstiques, initiée par GALLOCHER 1952, a fait l'objet de plusieurs mémoires : (NICOD 1967, OLIVE 1971, GUILLET & NAVARRO 1974, MAZET 1984). Les inventaires spéléologiques sont maintenant publiés (ACQUAVIVA et al. 1985, 1987) et dès 1983, MONTEAU et COURBON avaient pu présenter une première synthèse. L'étude et la cartographie de la végétation avaient fait l'objet dès 1935 des travaux de R. MOLINIER. Mais en raison du manque de données, l'étude hydrologique systématique n'a pu être effectuée que récemment par COULIER (1985) et Ph. MARTIN (1991) : nous tiendrons compte particulièrement de ces derniers travaux. Enfin les problèmes de dégradation de l'environnement, abordés par JURAMY & MONFORT (1981) et de la vulnérabilité à la pollution des aquifères ont été envisagés par NICOD et al. (1987) et Ph. MARTIN (1991).

## 2 - Structure et tectogenèse.

Le massif est constitué de trois unités principales (fig.1) :

- un ensemble allochtone, constituant au S le bassin synclinal du Beausset, mais poussé vers le N et enveloppant la chaîne à l'W (Bassan) : sa semelle triasique apparaît localement (vallon du Fauge...);

- une écaille paraautochtone, en série renversée, et apparaissant en fenêtre : c'est la Haute-Chaine avec son grand escarpement de calcaires urgoniens chevauchant le synclinal du Plan d'Aups (fig.2, ph. 1 et 2 ;

- un ensemble autochtone, avec le dôme de la Lare et les plateaux constitués de calcaires et dolomies du Jurassique supérieur qui le prolongent vers l'E. Le synclinal du Plan d'Aups et de Mazaugues fait partie de cet autochtone, mais il conserve des klippes (calcaires et dolomies) du Lias de la première unité. C'est à elle qu'appartient aussi à l'E le massif dolomitique de l'Agnis chevauchant le synclinal de Mazaugues.

La mise en place de ces unités remonte à la phase tagetienne de l'Éocène supérieur ; mais les mouvements verticaux ont été très importants au cours et à la fin de l'Oligocène (déposés et déformations synoro-

géniques dans le bassin d'Aubagne). Si des mouvements postérieurs sont attestés par la déformation et l'emboîtement des surfaces d'aplanissement (cf. 3 infra), ils sont difficiles à dater chronologiquement (faute de dépôts miocènes dans le secteur...).

Une karstification importante est conditionnée par la puissance des séries carbonatées, en particulier celle de la Haute-Chaine (Urgonien-Jurassique supérieur de la série renversée) et de l'autochtone (calcaires et dolomies du Jurassique supérieur du dôme de la Lare et de ses prolongements). Plusieurs directions de fractures sont exprimées dans les lapiés et les réseaux souterrains, et les failles transverses N 140 pourraient avoir eu des rejeux récents. Notons aussi l'importance de deux zones de broyage longitudinales : celle du poly de Cupes et celle de l'Huveaune en amont de St Zacharie ; toutes deux sont exploitées hydrologiquement.

## 3 - Evolution géomorphologique.

- Au début du Crétacé supérieur, une érosion a permis une puissante altération et le développement d'une karstification au contact des bauxites (poches à l'E de la Lare et surtout

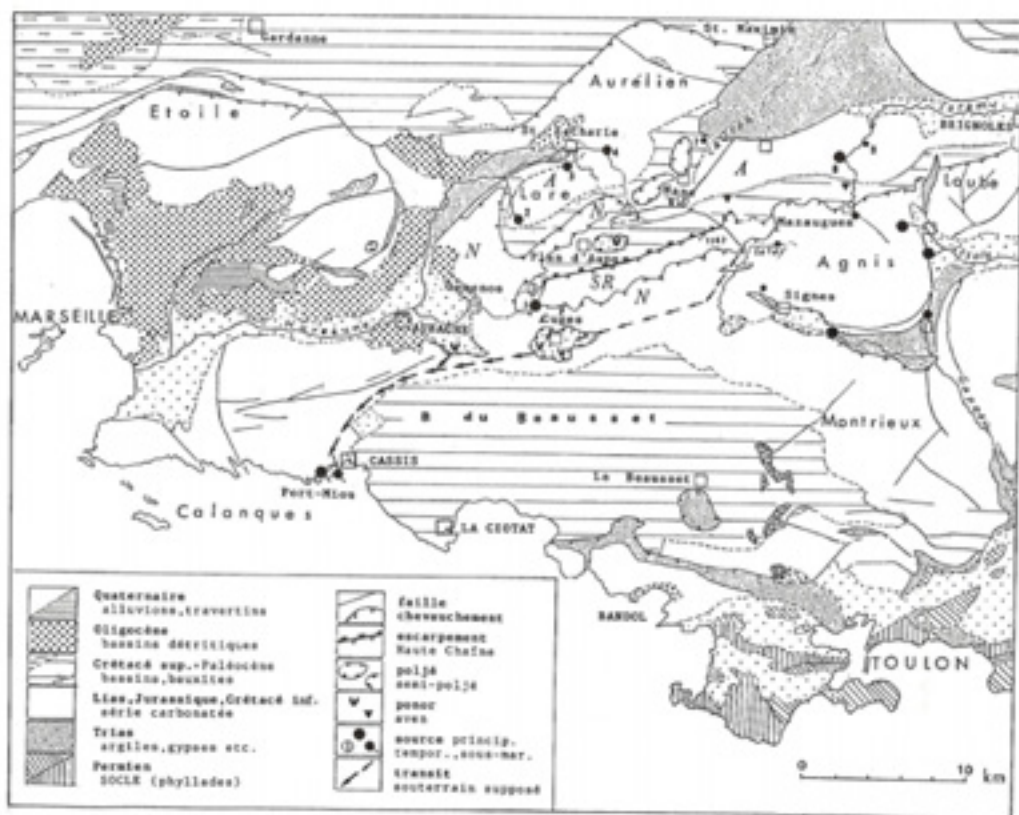


Fig.1-Le Massif de la Sainte-Baume, dans son contexte structural.

♠-Autochtone, ♢-Allochthone (nappe), ⚡-Série renversée de la Haute-Chaîne

Principales sources (cf. Tabl.1): 1-St. Yves; 2-Eocènes supérieurs; 3-Les Nègres; 4-Lasaze; 5-Route - Huveaune

6-Foux de Sane; 7-Font-Alaman; 8-La Figolière; 9-S. Lieutaud.

dépôts du synclinal de Mazaugues, sur un mur de calcaires dolomitiques corrodés du Jurassique supérieur).

- A la fin du Crétacé supérieur, comme dans le reste de la Basse-Provence, se produit une érosion intense des premiers reliefs nés de la phase de plissement maastrichtienne (poudingues bégudiens).

- Après la phase tangentielle de l'Eocène supérieur et en fonction des mouvements tectoniques ultérieurs, plusieurs surfaces d'aplanissement ont été successivement réalisées. Parmi les plus nettes se trouve le lambeau perché en altitude sur Roqueforcade (Plan des Vaches, 860 m)

(NICOD 1967, fig. 69). Le niveau le plus continu forme banquette au N de la Lare, vers 430-420 m, par l'enselement de la Sambuc, on peut le relier aux aplanissements des environs de St-Maximin, au voisinage du lac vindoborien de Seillon. C'est incontestablement une surface de corrosion, marquée par de nombreuses poches de terra-rossa (J. MAZET 1984); on reste dans le doute en ce qui concerne une éventuelle invasion marine au Miocène supérieur.

- Le creusement des canyons et l'organisation des réseaux karstiques se sont produits simultanément, comme l'ont montré les recherches

de Ph. MARTIN (1991, liv. 2). Mais faute d'arguments, on ne peut préciser les étapes du creusement: il serait utile de faire des recherches sédimentologiques dans certaines grottes haut perchées, totalement déconnectées. Par ailleurs le creusement de la vallée de l'Huveaune et des ravins affluents a pu être amorcé lors de la régression messinienne, et probablement aussi le soutirage des aquifères karstiques vers le S..., mais on manque d'arguments.

- Lors des crises climatiques du Quaternaire moyen et récent, le rôle de l'érosion mécanique dans les canyons est bien attesté par l'impor-

# RECHERCHES RECENTES SUR LE KARST DE LA SAINTE-BAUME

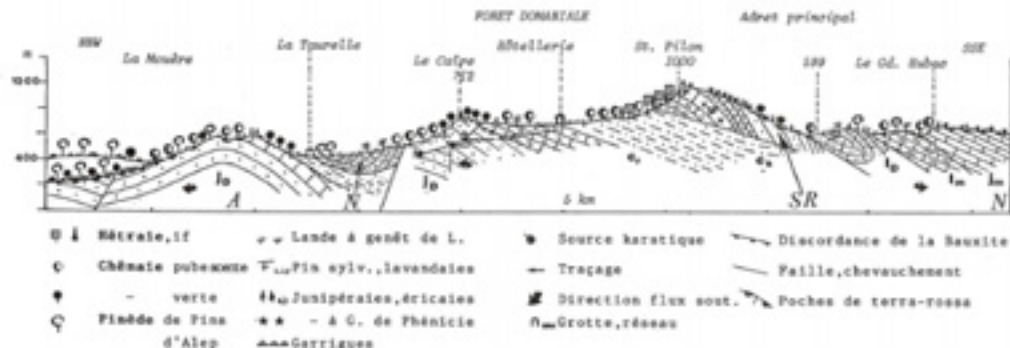


Fig. 2 - Transect à travers la partie centrale du massif de la Sainte-Baume.

Sigles géologiques: J<sub>D</sub> - Jurassique supérieur dolomitique; C<sub>2</sub> - Crétacé sup. (Santonien, calc. à rudistes),  
 C<sub>1</sub> - Crétacé sup. argilo-sableux; U - Urgonien de la série renversée; D - Lias dolomitique; L<sub>m</sub> - Lias marneux  
 J<sub>m</sub> - Jurassique moyen marneux; A - Autochtone; B - Nappe; S - Série renversée.

tance des apports détritiques de matériaux grossiers (d'origine cryo-clastique) dans le bassin d'Aubagne (cône détritico du Fauge à l'aval de Gémenos), le poché de Cuges et celui de Chibron (combié surtout par les apports du Latay, J. NICOD 1967, p. 373). En altitude, éboulis périglaciaires (Roqueforcade), mouvements de masse (paquets glissés à l'E du Baou des Glacières et niches nivo-karstiques sur les falaises de la Haute-Chaine sont à mettre en rapport avec les dernières phases froides).

## 4 - Les formes karstiques.

### a) Les cavités.

Des recherches spéléologiques échamées et quelques circonstances heureuses ont permis de découvrir et d'étudier d'importantes cavités (R. MONTEAU & P. COURBON 1983, G. ACQUAVIVA et al. 1985; 1987).

Plusieurs émergences temporaires ou occasionnelles correspondent à des cavités importantes: la Tourne de St-Pons dans la haute vallée du Fauge, la Grotte de Castelette, source de trop-plein de la Haute-Huveaune, qui comporte une vaste salle souterraine de 110 x 55 m et 8 m de haut,

l'émergence vauclusienne de la Grande Foux de Nans, reconnue en grande partie par plongée jusqu'à - 110 m. La grande découverte a été celle du réseau Sabre, topographié sur 4 268 m (G. ACQUAVIVA et al. 1987, p. 50) grâce aux accès possibles par les travaux miniers et la galerie du Canal de Provence. Enfin l'Aven du Petit-Saint-Cassien, ensemble de puits (- 321 m), aboutit à un collecteur actif, situé non loin de la Grande Foux de Nans, mais sans relation directe avec elle (fig. 3).

### b) Les champs de laplès.

Le champ le plus important est constitué par les « Calres », laplès géants des calcaires santonien à rudistes, quasi continus depuis le Roc de la Caire (712 m) au N de l'Hôtelierie, jusqu'au Caire de Sarrazin, de part et d'autre du canyon du Caramy. Ensemble de formes importantes, couloirs ou Karstgassen déterminés par la fracturation, c'est un ensemble épikarstique majeur, en relation avec le cavement (Gouffre Loubens dans le réseau Sabre) et une surface d'absorption directe. La porosité de ces calcaires permet aussi le développement de nombreuses formes de détail dues au ruissellement et à la bio-corrosion (J. NICOD 1967, J.

GUILLET & R. NAVARRO 1974) (ph 3).

Sur la Haute-Chaine, au contraire, les laplès sur l'Urgonien sont de petite taille et fréquemment affectés par la gélivation, donnant des « clapiers ». La seule exception est constituée par les couloirs du Baou de Glacières, mais il s'agit de fentes de décollement ayant évolué en niches nivo-karstiques.

Les champs de laplès les plus ubiquistes sont constitués par les formes arrondies (Rundkarren) dégagées de la terra-rossa ou des sols bruns, et soumis aux actions météoriques. La dégradation du couvert végétal (cf. infra) a considérablement étendu les surfaces occupées par ce type de laplès. Leur évolution cryptogène est lente: d'après les mesures effectuées par J. MAZET (1984, p. 95) avec la méthode des plaquettes, le taux d'ablation n'excède pas 6 à 8 mm par 10<sup>4</sup> ans dans les cas les plus favorables, c'est-à-dire dans des vieux sols ferralitiques très décarbonatés et franchement acides des vieilles surfaces (N. de la Lare, la Sambuc). Toutefois les mesures ont été effectuées dans une période hydrologiquement défavorable (mai 1981-juin 1983).

### c) Les dépressions majeures, le poîlé du Plan d'Aups.

Dans l'ensemble le Massif de la Sainte-Baume est pauvre en dépressions fermées, dolines et ouvalas : c'est une très grande différence avec le plateau dolomitique de l'Agnis qui le prolonge et surtout avec le Massif de Montrieux. Sur les vastes plans au S de la chaîne principale, on ne peut guère citer que l'ouvala des Espèces, au NE du poîlé de Cuges (J. NICOD 1967, fig. 70 a).

La seule forme notable est constituée par le petit poîlé structural du Plan d'Aups, dépression fermée au contour indécis (courbe 665 m), inondable par obstruction des ponons, les « Tourmes ». Cette dépression s'inscrit dans une forme plus vaste, entaillée par la reculée de Castelette (J. MAZET 1984, p. 24-27). En concentrant les eaux de ruissellement du versant NW de la Haute-Chaine, ce bassin fermé joue un rôle hydrologique important ; le dispositif structural est en

faveur de l'écoulement préférentiel vers les sources de la Haute-Huveaune dans la reculée de Castelette ; mais aucun traçage n'a été réussi, peut-être en raison des bouchons argileux encombrant le réseau de la Grande Tourne (ph.4).

Le plan de Mazaugues aurait pu fonctionner comme poîlé avant l'organisation de la percée subaérienne du Caramy dans le Caire de Sarrazin (J. OLIVE 1972). Actuellement, on assiste à un soulfrage du Grand Gaudin, ancien affluent possible de ce paléo-

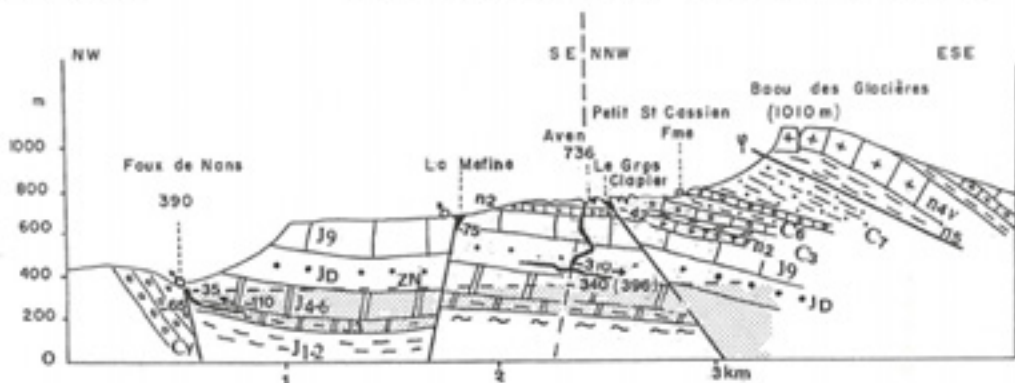


Fig. 3 : Coupe à travers la partie orientale de la Sainte-Baume, montrant la disposition des principaux avens et de la Foux de Nons d'après R. MONTEAU et P. COURBON 1983. Sigles de la carte géologique au 1/50000<sup>e</sup> CUERS. ZN : Sommet de la zone noyée (étiage).



Ph. 3 - Lapié géant du Caire. Dalle de calcaires sarthoniens, bûrnée par la dissolution. (Cliché J. NICOD, 1984)





Ph. 4 - La Grande Toume, ponor principal du Plan d'Aups. Au fond, l'escarpement de la Haute-Chaine, ubac forestier. Au 1<sup>er</sup> plan, le ponor, en partie coimaté par l'argile apportée par le petit cours d'eau, la Maire, et encombré par la végétation, ce qui rend possible l'inondation de ce bassin fermé. (Cliché J. NICOD, 1984).

poïé vers les sources des gorges du Caramy (Ph. MARTIN 1991). D'une manière plus générale, les écoulements superficiels dans la zone synclinale du Plan d'Aups-Mazaugues et leurs pertes posent le problème de la part du ruissellement dans le fonctionnement hydrologique du karst de la Sainte-Baume (infra § 6).

#### 5 - Les conditions bio-climatiques.

Grâce à son volume montagneux important, le Massif de la Sainte-Baume est le plus typique de la Basse-Provence calcaire.

##### a) Un massif bien arrosé.

Grâce aux stations pluviométriques permanentes (Gémenos, Plan d'Aups - Les Béguines et Mazaugues) et plusieurs stations complémentaires, C.COULIER et Ph.MARTIN ont pu établir des cartes d'isohyètes plus précises. Celle pour les années 1984 (MARTIN 1991, fig.6) avec un fort noyau pluviométrique (900-1 000 mm) sur l'E du massif correspond assez bien aux valeurs moyennes (fig.4) ; car les écarts sont importants entre les années.

D'une manière générale, on constate que l'effet de l'exposition au vent pluvieux du secteur SE se combine avec l'altitude, donnant le

maximum de pluie sur le plateau au SE de Nans (isohyète de 1 000 mm, fig. 4). Et l'effet de l'altitude est moins sensible les années sèches, où la Haute-Chaine n'est guère avantagée (cf. le tracé de la courbe 800 mm pour la période mai 83-avril 84).

Le tableau I montre que la variabilité interannuelle est tout aussi sensible en altitude, avec un record de précipitations au Plan d'Aups en 1951 (1 565 mm) et de sécheresse en 1929 (218 mm) ; ce dernier est d'autant plus exceptionnel qu'il s'insère dans une suite d'années sèches (1928-1930), mais il y a eu depuis 1967-68 et 1989-90. On ne saurait trop insister sur le caractère dramatique de ces

épisodes de sécheresse, entraînant la vidange de la plupart des aquifères, l'assèchement prolongé des cours d'eau, le dessèchement extrême de la végétation et des sols, et la généralisation des incendies de forêts.

Toutefois, si le régime est méditerranéen, la sécheresse estivale est souvent interrompue par de violents orages en juillet et août ; le maximum pluvieux se situe en octobre (416 mm au Plan d'Aups, 429 à Mazaugues pendant la période d'observation). Des averses violentes sont possibles, sans atteindre les abatements énormes des Cévennes : 215 mm en 48 h au Plan d'Aups et une probabilité centennale de 250 mm (par la loi de

Tableau I- La pluviosité annuelle sur le Massif de la Sainte-Baume ( principalement d'après les données de Ph.MARTIN,1991,p.24 et 32)

Station O.S.E	altitude	période d'observat.	P moyenne 1965-89 <sup>**</sup> mm	maximum connu		minimum connu	
				mm	durée de retour (ans)	mm	durée de retour(ans)
Gémenos	135 m	(28 ans)	703,3	1000,3	318,9	(100)	
Plan d'Aups <sup>**</sup>	679 m	(34)	974,4	1545,2	218,0	(263)	
Mazaugues	398 m	(22)	880,9	1212,1	571,1	(16)	

\* période homogène pour les 3 stations, \*\* Plan d'Aups village, puis Les Béguines.

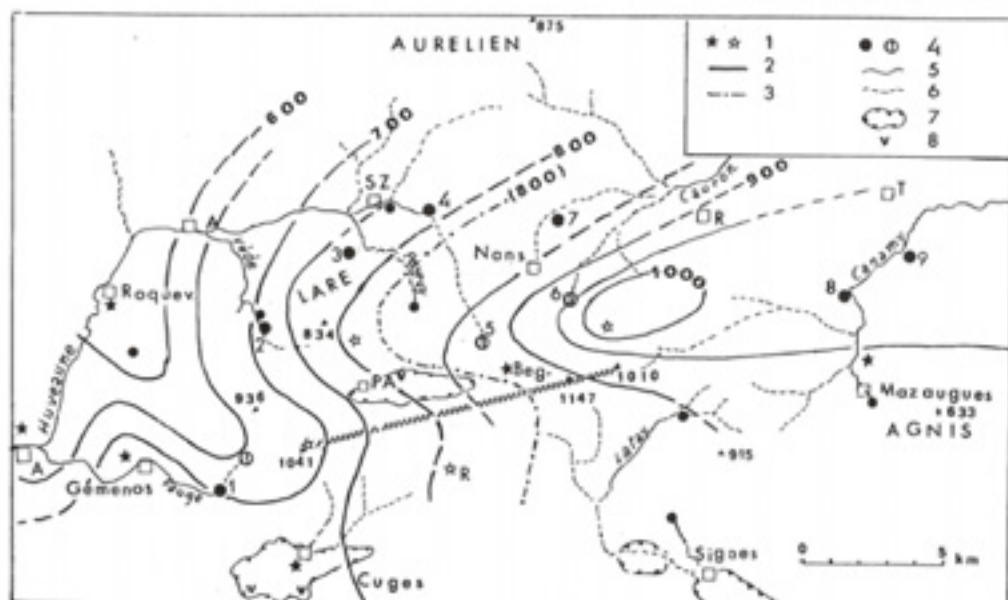


Fig. 4 - Les précipitations moyennes annuelles sur le Massif de la Sainte-Baume.

- 1 - Stations pluviométriques ONM et temporaires SRAE.
- 2 - Isohyètes de la période 1964-86, d'après Ph. MARTIN (1991, fig. 6).
- 3 - Isohyète 800 mm, mai 1963-avril 84, d'après C. COULIER, 1985, fig. 15.
- 4 - Sources permanentes et temporaires.
- 5 - Cours d'eau pérenne.
- 6 - id. temporaire.
- 7 - Poïg.
- 8 - Ponet.

Numerotation des sources :

- 1 - Saint-Pons.
- 2 - Encarnaux supérieurs.
- 3 - Les Nayes.
- 4 - Lazines.
- 5 - Haute-Huveaune.
- 6 - Grande Four de Nans.
- 7 - Fort-Alaman.
- 8 - Figuière.
- 9 - Lieutaud.

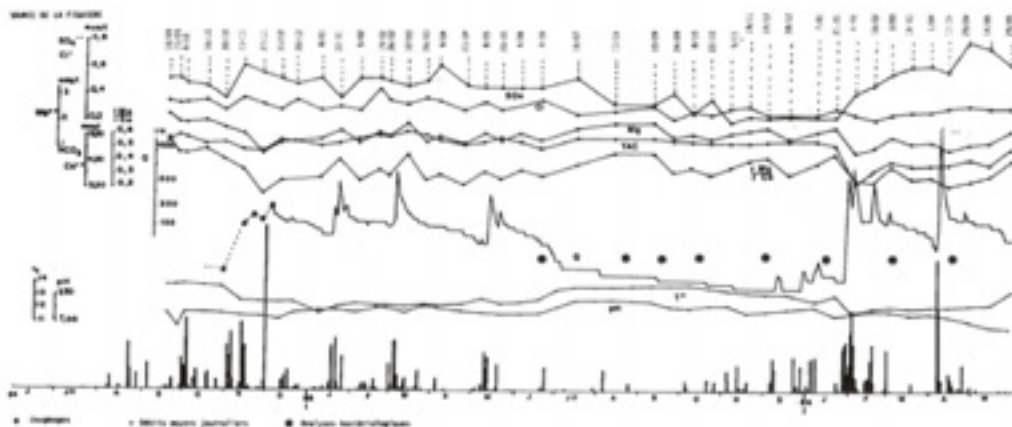


Fig. 5

Paramètres hydrologiques, hydroclimatiques et hydrobiologiques de la source de la Figuière, sur le Reul Caray, commune de Lourdes (Hautes-Pyrénées).

GUMBEL, Ph. MARTIN 1991, p. 35).

Le gel est un phénomène fréquent au Plan d'Aups, de décembre à mars, et la neige peut stationner plusieurs semaines les hivers froids (1953, 1956, 1985). Le mistral est aussi un facteur limitant de la végétation, surtout sur les versants N et W et sur les crêtes.

**b) Un massif forestier, très dégradé au S et à l'W.**

Le massif de la Sainte-Baume donne un exemple remarquable de l'étagement des associations végétales en fonction de l'altitude, du gradient de pluviosité W-E et de l'exposition adret-ubac, comme le montrent les cartes dressées par R. MOLINIER (1935, 1966) et le transect (fig. 2). La hêtraie est relictuelle et protégée depuis plusieurs siècles. La chénaie de chêne pubescent s'étend largement à l'E du Plan d'Aups et sur des ubacs ou dans des fonds de vallon; souvent sa localisation est édaphique, sur des sols profonds assurant une réserve hydrique suffisante (ph. 2). La chénaie de chênes-verts ou *illigae* constitue encore de nombreux taillis au NE du massif; partout ailleurs elle n'était plus qu'à l'état résiduel, au milieu des pinèdes de pin d'Alep et des formations buissonnantes (garrigues sur calcaires, landes à genévriers sur terrains argileux, éricales sur les dolomies arénisées). Déjà S. JURAMY et I. MONTFORT (1981) avaient pu montrer l'état extrêmement dégradé du couvert végétal du fait de récents incendies sur toute la partie W de la chaîne et les progrès du ravinement dans le haut bassin du Fauge. La situation s'est encore aggravée lors des incendies de l'été 1989. De plus, un nouveau secteur a été ravagé par le feu, celui de la haute vallée de l'Huveaune, où seule la ripisylve a été épargnée.

Si un effet immédiat de cette dégradation du couvert végétal en milieu karstique est immédiatement perceptible, par le dégagement des champs de lapies (exhumation des Rundkarren), on a peu de données sur les effets hydrologiques (augmentation de l'infiltration dans l'épikarst sur les

plateaux et au contraire progression du ruissellement direct sur les pentes et dans les vallons) et sur les modifications hydrochimiques.

**6 - Hydrologie : les sources et les aquifères.**

La Sainte-Baume est un château d'eau, mais d'une grande complexité, partagé entre une douzaine d'aquifères, de caractères différents et de limites imprécises, malgré les récents travaux de C. COULIER (1985) et Ph. MARTIN (1991).

**a) Le fonctionnement hydrologique (tabl. II).**

On notera d'abord qu'à part quelques zones aréiques (les crêtes, les Calires) ou endoréiques (le poché du Plan d'Aups), écoulement superficiel dans les ravins et drainage karstique sont concurrents, mais aussi interdépendants. Certains ruisseaux sont à éclipses, absorbés dans leur lit, comme le Peyruis dans la traversée du dôme de la Lare, la Haute-Huveaune entre Castelette et la source Lazare, le Grand Gaudin au N du Plan de Mazaugues, le Latay en amont de Chibron. Mais inversement, des alimentations brutales sont effectuées dans ces ravins par la mise en charge des exurgences temporaires comme la Tourne de St-Pons, les Brailles dans les Encanaux, Castelette et à l'état naturel la Grande Foux de Nans pour le Cauron. Dans l'état de saturation des réservoirs karstiques, ces

écoulements superficiels de la Sainte-Baume ont joué un rôle dans la crue subite de l'Huveaune des 16-17 janvier 1978.

Les sources pérennes sont situées à l'W du massif, dans la vallée de Saint-Pons, et surtout au N, alimentant les cours d'eau permanents. Le versant S en est totalement dépourvu, sauf le haut Latay, à l'extrême E. Les débits moyens sont modestes (tabl. I) avec toutefois une importance plus grande de St-Pons (somme des 3 exutoires, 196 l/s); il en est de même des volumes dynamiques, sauf pour la source Lieutaud dans les gorges du Caramy.

L'analyse hydrologique et hydrochimique, ainsi que quelques traçages montrent que dans l'ensemble les sources situées altimétriquement le plus bas soutirent les aquifères plus élevés: ainsi St-Pons pour la Haute-Chaine, la Figuière aux dépens de l'aquifère de la Foux de Nans. Les bilans hydrologiques, calculés par C. COULIER (1985) et Ph. MARTIN (1991) permettent d'envisager un déficit global d'écoulement de l'ordre de 1 m<sup>3</sup>/s, par rapport aux quantités infiltrées, donc d'étayer l'hypothèse du drainage souterrain vers le SW, vers les résurgences sous-marines de Port-Miou et du Bestouan dans le golfe de Cassis (fig. 1). Toutefois ces bilans hydrologiques manquent de fiabilité, en ce qui concerne l'estimation de la pluie efficace (infiltration très variable en fonction des sols et de l'état de surface du karst, part sous-estimée du ruissellement superficiel).

Tableau II - Sources sur les principales arêtes de Massif de la Sainte-Baume (principalement d'après Ph. MARTIN, 1991).

	S. Pons (1)				S. Calires (2)				S. Tourne (3)				S. Lieutaud (4)			
	St-Pons (1)	Encanaux (2)	Rayes (3)	Cauron (4)	Encanaux (2)	Rayes (3)	Cauron (4)	Encanaux (2)	Rayes (3)	Cauron (4)	Encanaux (2)	Rayes (3)	Cauron (4)	Encanaux (2)	Rayes (3)	Cauron (4)
Altitude (m)	200	200	270	300	475	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Cote (m)	1980-88	1980-88	1980-88	1970-88	1980-88	1980-88	1980-88	1980-88	1980-88	1980-88	1980-88	1980-88	1980-88	1980-88	1980-88	1980-88
Q moyen (l/s)	75 (1943)	34	30	27	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Q maximum (l/s)	100	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Q minimum (l/s)	200	270	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
coeff. de variation	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024	0,2024
Q max. moy. (l/s)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Q min. moy. (l/s)	2,7 (1913)	2,9	2,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Q max. (1989) (l/s)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Temp. moyenne (°C)	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8	11°/9-10°/8
Humidité (g/m <sup>3</sup> )	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
- 10°/11	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
- 10°/12	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Diff. moyenne	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000	-0,2000
± 0°/10 à 5°/10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

1 - Station Pons, jumeau des Fontaines; 2 - source des Encanaux; 3 - source des Rayes; 4 - source de Cauron. Les données de température, de la pluie, de l'humidité et de l'évaporation sont issues de la station de la Sainte-Baume, gérée par le Service National de l'Hydrologie et de la Qualité de l'Eau.





**Ph. 1** – La coupe classique de la Sainte-Baume : le Pic de Bretagne (1 010 m) à l'extrémité W de la Haute-Chaine, écaïlle de calcaires urgoniens de la série renversée, chevauchant les lames de calcaires santoniens du synclinal

du Plan d'Aups. Extrême dégradation de la végétation, permettant les processus de ruisselement et ravinement. (Cliché. J. NICOD, 1980).



**Ph. 2** – Partie orientale du Plan d'Aups, dominé par l'escarpement de calcaires urgoniens de la Haute-Chaine. Au premier plan, la reculée de Castelette. A droite, sapin géant du Cairn. Forêt de chênes pubescents

(couleur claire) sur le Plan d'Aups, taillis de chênes-verts et pubescents sur les versants de Castelette. (Cliché J. NICOD, automne 1982).



Ph. 5 - Cascade émeragée, à tufs de mousse, dans le Parc de Saint-Pons (déversoir du Moulin, à 250 m environ de la source). (Cliché J. NICOD, 1987).



Ph. 6 - Le Cairn, grandes lentes absorbantes, suivant la fracturation des calcaires santoniens ; oisures de détail. Chênaie verte d'adret. (Cliché J. NICOD, 1997).

Les analyses montrent aussi que les aquifères sont de types très différents (classification de A. MANGIN, 1984). Certains, comme les Encains supérieurs ou la Grande Foux de Nans, avec des crues violentes et sans réserves notables, sont très tansmissifs, de type « Allou » ; d'autres, au contraire, ne présentant qu'une réponse différée et atténuée par rapport aux épisodes pluvieux, comme St-Pons, les Nayes, Font-Alaman, sont capacitifs, de type « Torcal », et susceptibles de compensation interannuelle. La Figuière a un régime composé, avec réponse rapide aux averse, mais aussi débit d'étiage soutenu, de type « Fontestorbes ».

#### b) Les caractères hydrochimiques.

L'homothermie et l'homogénéité des paramètres physico-chimiques sont de règle, surtout sur les sources de nappes de type « Torcal ». Toutes les eaux sont bicarbonatées calciques, les taux de Mg traduisant d'une manière permanente les aquifères dolomitiques, et saisonnièrement la sortie des eaux profondes qui ont eu un long contact avec la roche : cf la croissance du rapport  $mMg/rCa$  lors des étiages sur la source de la Figuière, mais aussi lors de certaines crues, par effet de piston-flow (fig. 5). Les sulfates sont présents, mais en petite quantité ; leur provenance peut être rapportée à deux origines : pollution atmosphérique, et profonde, par contact avec le Trias. Une minéralisation plus importante a été constatée à Font-Alaman, liée semble-t-il à la venue d'eau plus profonde et à l'afflux possible de  $CO_2$  d'origine endogée (Ph. MARTIN 1991, p. 259).

#### c) Quelques conséquences géomorphologiques.

Minéralisation élevée et importance de la lame d'eau écoulée donnent un taux de dissolution spécifique, évalué aux exutoires, de l'ordre de 25 à 30  $m^3/km^2/an$  ou  $mm/10^6ans$  ; mais si on tient compte aussi de l'écoulement superficiel, connu dans le bassin du Haut-Caramy, on atteindrait dans ce

bassin 51  $m^3/km^2/an$ , valeur élevée en rapport avec la pluviosité et la densité du couvert végétal producteur de  $CO_2$  de la partie orientale de la chaîne.

Par ailleurs le calcul minutieux du  $\Delta pH$  ( $pH$  mesuré- $pH$  d'équilibre calculé) montre que les eaux de toutes les sources oscillent autour du point de saturation : de fait, des périodes de corrosion sont possibles (valeurs négatives de  $\Delta pH$ ). Aussi J. MAZET (communication orale) a pu mettre en évidence par la méthode des plaquettes l'efficacité de la dissolution dans la Grande Foux de Nans.

A l'extérieur, après un parcours qui permet un dégazage du  $CO_2$ , ces eaux accumulent des tufs calcaires, soit sous forme de barrages dans les lits, donnant ainsi l'escalier pittoresque de vasques de l'Huveaune à l'aval de la source Lazare (études de J. MAZET 1984 et VANIE-BI 1989), ou les cascades aménagées du Parc de Saint-Pons (ph. 5). Dans ce dernier site, les accumulations anciennes ont été importantes, antérieurement à la construction de l'abbaye cistercienne, fondée en 1205 ; elles auraient été arrêtées par les apports torrentiels liés aux défrichements dans le haut bassin du Fauze (Ph. MARTIN 1986, 1991). D'une manière générale, les accumulations travertineuses sont très sensibles aux dégradations de l'environnement et à la pollution (J. VAUDOUR et al. 1988) ; elles constituent aussi, dans leurs multiples aspects (cascades, vasques, ripisylve exubérante, écotopes...), des milieux qui doivent être particulièrement protégés : c'est le cas pour le Parc départemental de Saint-Pons, mais pas hélas ailleurs ! Déjà, à Saint-Zacharie et en aval, les constructions algaires sont mortes en raison de la pollution chimique de l'Huveaune (J. CASANOVA, 1986).

#### 7 - La vulnérabilité à la pollution.

Les possibilités des aquifères du massif de la Sainte-Baume pour l'alimentation des bourgades voisines sont importantes. La source de Saint-Pons est partiellement captée pour Gémenos, la Brise et la Foux (en aval de la s. Lazare) pour Saint-Zacharie,

Font-Alaman pour le secteur N de Nans, les Lèques pour Tourves. La Grande Foux de Nans alimente conjointement cette localité et le Plan d'Aups par pompage et refoulement. Et pour Cuges des sondages ont été forés dans les vallons de la Madeleine et de Dausserand, dans un aquifère vraisemblablement tributaire de Port-Miou. Des débits importants restent disponibles (spécialement ceux de grosses sources du canyon du Caramy) et les aquifères pourraient être davantage sollicités par pompage. Aussi l'intérêt de protéger la potabilité de ces eaux est-il de toute évidence.

#### a) Une pollution actuelle limitée et localisée.

Remarquons d'abord que l'extension des espaces forestiers, en particulier celui de la Forêt domaniale de la Sainte-Baume, agrandi par des acquisitions successives à partir du noyau originel de 400 ha, représente dans la partie orientale de la chaîne - la mieux arrosée - un facteur favorable de préservation des eaux.

Au niveau des sources, d'autres éléments favorables sont notés (Ph. MARTIN 1991, p. 273 et st) : les eaux sont fraîches (maximum 15°4 à la galerie de captage de St-Pons) et les teneurs minérales (TH, etc.) très en dessous des normes de potabilité. En raison de l'exiguïté des espaces agricoles, les concentrations en nitrates sont faibles (dix fois inférieures à la concentration limite, sauf dans quelques cas).

Seule la pollution biologique pose quelques problèmes : non qu'elle soit intense et continue (le taux d'oxydabilité en 5 jours, DBO5, est faible en général), mais au contraire localisée et épisodique. Il s'agit surtout de la prolifération des streptocoques fécaux, à Castelette mais aussi aux sources de Saint-Zacharie (Lazare, les Nayes). Cette pollution varie considérablement dans le temps en fonction des conditions hydrologiques. A Castelette, elle correspond lors des premières pluies d'automne à un effet de chasse, des polluants concentrés dans l'aquifère. A la source des Nayes, au contraire, en

raison des caractères de l'aquifère, de type « Torcal », la pollution diminue en période hivernale de hautes eaux, probablement par dilution.

Le haut Caramy pose un problème spécifique, en raison de la coexistence de l'écoulement subaérien et souterrain, par ailleurs interdépendants (fig. 6). La pollution provient du Plan de Mazaugues et a des causes

et aspects multiples : terrils et exhaure des mines de bauxite, dépôt d'ordures, fonctionnement parfois défectueux de la station d'épuration, etc. En eaux normales, la charge bactériologique du Caramy est auto-épurée par le parcours cascade dans le canyon. A l'étiage les eaux sont absorbées par les infiltrations dans le karst, et il ne reste dans les gorges

que des vasques nauséabondes. Par contre, aux sources, cette pollution est diluée grâce au jeu des réserves karstiques, qui assurent un débit soutenu d'eau.

#### b) Principe d'une compréhension globale : carte de synthèse.

L'exemple du haut Caramy nous incite à examiner les facteurs de pollution au niveau de la surface et de

(noir)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indications topographiques et géomorphologiques</li> <li>- Linéaments tectoniques</li> <li>- Lithologie (simplifiée)</li> <li>- Formations superficielles</li> </ul>	POLLUTION ± Effet filtre des dolomies... - id - des alluvions
(rouge)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phénomènes karstiques de surface, lapies</li> <li>- id - majeurs : dolines, poisés</li> <li>- Ponors</li> <li>- Cavités souterraines : grottes, avens</li> <li>- Terra-rossa</li> </ul>	Zone d'absorption directe (pollution atmosphérique) id - + ruissellement Points d'absorption privilégiés Effet inhibiteur
(bleu)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hydrologie de surface</li> <li>- Sources</li> <li>- Tracés</li> <li>- Galerie Canal de Provence</li> </ul>	Poll. par ruissellement Transfert par aquifère
(vert)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Couverture forestière</li> <li>- Formations dégradées</li> </ul>	Protection en fonction de sa densité
(jaune)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terres cultivées (peu étendues en altitude), niches</li> </ul>	Pourtant pollution par engrais sur Hte Huveaune (J. CASANOVA 1986)
(orange)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formations végétales discontinues dans lapies</li> <li>- Exploitations minières (bauxite)</li> </ul>	Absorption directe Poll.sp. liée abandon des chantiers
(violet)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centres urbains, habitat diffus</li> <li>- Points majeurs de pollution</li> </ul>	Pollution fosses septiques Risque élevé.

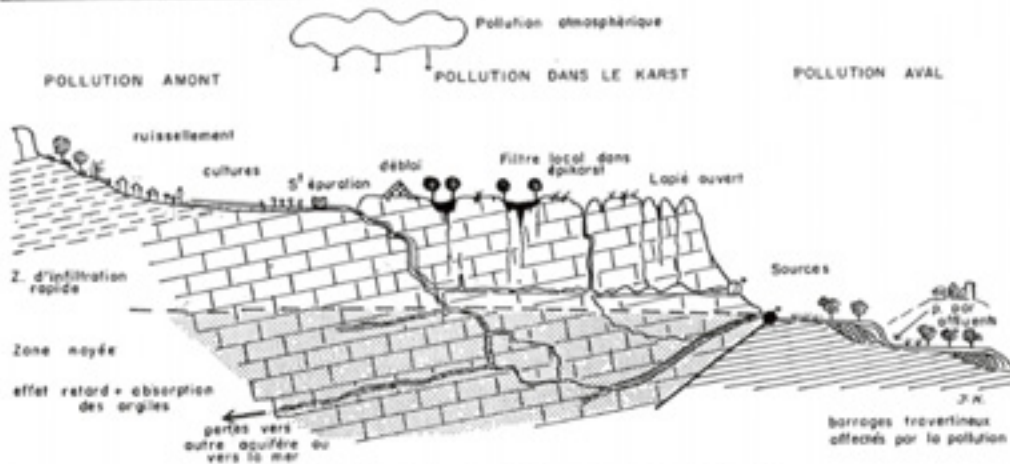


Fig. 7 - POLLUTION DANS LE GEOSYSTEME KARSTIQUE  
d'après les exemples fournis par les chaînes provençales.



l'épikarst, où existent d'ailleurs un grand nombre d'interactions (effet de retardement, de dilution, adsorption des argiles, auto-épuration, etc.) avant la pénétration définitive des polluants dans le karst. Une vision plus globale est nécessaire (fig. 7). Dans ce but, nous avons réalisé une carte synthétique au 1/50.000<sup>e</sup>, en utilisant des plages et signes de couleur, superposés à la carte hydrogéomorphologique de base, d'après les principes suivants :

(Voir page précédente)

Cette carte permet de visualiser les risques sur les différents secteurs du

massif. Certains sont bien protégés comme la forêt domaniale et les bois qui la prolongent à l'E, tant par l'absence de cultures et d'habitat important, que par le couvert végétal, les sols épais, le sous-sol (éboulis, argiles sableuses du Santonien généralement filtrant). Une exception toutefois, la zone des « Calres », où l'absorption est rapide, dangereuse du fait de la fréquentation (spécialement près de l'Hôtellerie). Au contraire, le risque est maximum dans les secteurs d'habitat pavillonnaire, aussi bien au cœur du massif (le Plan d'Aups), que sur ses bordures, parti-

culièrement dans la plaine de Nans, qui fait partie probablement de l'impluvium des sources pérennes de l'Huveaune (Lazare, et surtout la Brise et la Foux, captées par Saint-Zacharie) (Ph. MARTIN 1991, p. 288). De nombreuses zones présentent une vulnérabilité potentielle, en raison de la dégradation du couvert végétal, de la mise à nu des laplès : tout dépend des constructions et activités qui pourraient y être autorisées. Un bassin de lagunage, sur le Plan de Mazaugues, serait utile à l'auto-épuration et à la régularisation du Caramy.

#### Conclusion.

L'intérêt de ces études sur le massif de la Sainte-Baume est d'avoir démontré la complexité des problèmes et l'interaction des facteurs, tant au niveau de la surface et de l'épikarst, qu'à celui des aquifères. La coexistence et l'interdépendance de l'écoulement superficiel et souterrain, la diversité des aquifères, leur relation entre eux et avec les exutoires sous-marins ont rendu l'approche hydrologique particulièrement difficile. Grâce aux patientes recherches de C. COULIER et Ph. MARTIN, et à l'aide que leur ont apportée, sur le plan technique, le Service régional d'aménagement des eaux (S. R. A. E. Aix-en-Provence) et, pour le traitement des données, le Laboratoire du C. N. R. S. de Moulis, un énorme pas a été fait dans la connaissance de l'hydrologie de la Sainte-Baume. Espérons que les Pouvoirs publics sauront protéger à la fois le patrimoine forestier, les sites magnifiques et le potentiel d'eau potable, d'utilisation éventuellement modulable que représente le massif.

# CARTE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE DU

par J. NICOD, UA 903 du C.N.R.S.



0 2km



## VULNERABILITE A LA POLLUTION

- |  |                  |  |                        |
|--|------------------|--|------------------------|
|  | Sol nu           |  | Cultures               |
|  | Pelouse          |  | Fiches                 |
|  | Garrigues        |  | Habitat de habitant de |
|  | Pignades         |  | Habitat de habitant de |
|  | Chénale, taillis |  |                        |
|  | -- dense, hêtre  |  |                        |

## KARST, FORMES KARSTIQUES

- |  |                          |  |                              |
|--|--------------------------|--|------------------------------|
|  | Lapiés                   |  | Cours d'eau pérenne cascade  |
|  | Mégalapiés               |  | Source 100 l/s               |
|  | Chicots ruiniformes      |  | Source 20 à 100 l/s          |
|  | Dolines: cuvette, baquet |  | Source 20 l/s                |
|  | -- antonair, bogas       |  | Source temporaire            |
|  | Terra-rossa              |  | Source captée                |
|  | Poljé (contour actif)    |  | Harçage                      |
|  | Grotte                   |  | Zone inondable               |
|  | -- rivière souterraine   |  | -- absorbante                |
|  | Aven (prof. m)           |  | Cours d'eau absorbé          |
|  | Ponce                    |  | Tracé                        |
|  |                          |  | Souterrain Canal de Provence |

d'après les travaux de Ch. COULIER (1987), P. J. MAZET (1979-1984), Ph. MARTIN (en cours), J. NICOD (1967), P. OLIVE (1974). Lithologie géologique au 1/ 50 000<sup>e</sup> AUBAGNE, BRIGNOLES

Carte dessinée par Y. BARNIER

## REFERENCES

- ACQUAVIVA G., COULIER C., PELLEGRIN A. & P. 1985 - La Sainte-Baume souterraine : inventaire des cavités de la Sainte-Baume, t. 1, 138 p. (C. A. F. Marseille).
- ACQUAVIVA G., COULIER C., GARGUILO H., MAZET J., PELLEGRIN A. & P. 1987 - Inventaire... (idem), t. 2.
- BAKALOWICZ M. & MANGIN A. 1980 - L'aquifère karstique... Mém. A. S. Soc. Géol. F. n° 11, 71-79.
- CASANOVA J. 1986 - Perte du pouvoir encroûtant des cyanophytes... ; Méditerranée, 1-2, p. 79.
- CORROY G. 1939 - Le Massif de la Sainte-Baume... ; B.S. Carte Géol. F., n° 201, 194 p.
- COULIER C. 1985 - Hydrogéologie karstique de la Sainte-Baume occidentale ; Th. 3<sup>e</sup> cycle, Marseille, 400 p.
- COULIER C. 1986 - Le karst de la Sainte-Baume... Structure et évolution, l'approche hydrogéologique ; Karstologia n° 8, 7-12.
- COVA R. & DUROZOY G. 1983 - Carte hydrogéol. du Dept. du Var au 1/200 000, B.R.G.M. Marseille, 38 p., 2 cartes.
- FERRIER J.P. & JORDA M. 1973 - Géomorphologie et prise en compte globale du milieu naturel... ; Méditerranée, n° 4, 73-93.
- GALLOCHER P. 1952 - Introduction à l'étude hydro-spéleologique du massif de la Sainte-Baume ; Ann. de Spéol., t. VII-1, 115-141.
- GOVERNET C., GUIEU G. & ROUSSET C. 1971 - Provence (Guides géol. régionaux) Masson, Paris, 229.
- GUIEU G. 1968 - Etude tectonique de la région de Marseille ; Th. Etat, Marseille, 604 p.
- GUILLET J.L. & NAVARRO R. 1974 - Etude de géomorphol. et d'hydrologie karstique de la partie E du massif de la Ste-Baume ; Mém. maîtrise Aix, 60 p.
- JULIAN M. & NICOD J. 1989 - Les karsts des Alpes du Sud et de Provence ; Z. Geomorph. N.F., Suppl. Bd. 75, 1-48.
- JURAMY S. & MONTFORT I. 1981 - Evolution du paysage à l'W de la Sainte-Baume ; Mém. Maîtrise, Aix, 146 p.
- MANGIN A. 1984 - Pour une meilleure connaissance des systèmes hydrologiques... ; J. of Hydrology, 67, p. 25-43.
- MARTIN Ph. 1986 - Les travertins du valon de St-Pons... ; Méditerranée, 57, 1-2, 92-100.
- MARTIN Ph. 1991 - Hydromorphologie des géosystèmes karstiques des versants N et W de la Sainte-Baume ; Th. Aix, 412 p.
- MAZET J. 1984 - Recherche sur l'évolution du karst du massif de la Sainte-Baume ; Th. Univ. Aix - Marseille II, 138 p.
- MOLINIER R. 1935-1939 - Carte de la végétation de la Sainte-Baume au 1/50 000.
- MOLINIER R. & PIALOT H. 1950 - Carte de la forêt de la Sainte-Baume au 1/2 000, C.N.R.S.
- MONTEAU R. & COURBON P. 1983 - Le massif de la Sainte-Baume, Géol. et Hydrogéol. ; Spelunca mém. n° 13, 59-68.
- NICOD J. 1967 - Recherches morphologiques en Basse-Provence calcaire ; Th. Etat, Aix, 557 p.
- NICOD J. et al. 1987 - Détermination de la vulnérabilité à la pollution... de sources karstiques de Provence-Alpes-Côte d'Azur ; Rapport P.A.C.A., 55 p. + cartes.
- OLIVE J. 1972 - Les plateaux au N de l'Agnis, aspects morphol. et hydrol. ; Mém. Maîtrise, Aix, 105 p.
- RISER J. 1967 - Le plateau d'Agnis et ses bordures ; Mém. Maîtrise, Aix, 94 p.
- ROUSSET C. 1968 - Contribution à l'étude des karsts du SE de la France ; Th. Etat, Marseille, 533 p.
- ROUSSET C. 1988 - Apports de nouveaux forages à la connaissance de l'aquifère karstique de Port-Mou ; Ann. sc. Univ. Besançon, Géol. Mém. h.s. n° 6, 275-280.
- TABIKH B. 1986 - Haute vallée de l'Huveaune, essai hydrol. ; Mém. D.E.A., Aix, 61 p.
- VANIE-BI B.P. 1989 - Le milieu naturel de la Haute-Huveaune... ; id., 79 p.
- VAUDOUR et al. 1988 - Les édifices travertineux et l'histoire de l'environnement dans le midi de la France ; U.A. 903 du C.N.R.S., Travaux XVI, 280 p.

## CARTES

- Topographiques au 1/25 000 (I.G.N.) : 3344 est St Maximin ; 3345 est Aubagne - la Ciotat ; 3345 ouest Le Castellet.
- Géologiques au 1/50 000 (B.R.G.M.) : Aubagne - Marseille (1969), Brignoles (1979), Cuers (1979).
- Hydrogéologiques du Département du Var, au 1/200 000, par G. DUROZOY (B.R.G.M.).
- Groupements végétaux au 1/50 000, AUBAGNE, par R. MOLINIER (Fac. Sc. Marseille, Labo de phytosociologie et cartographie).
- Une partie des travaux présentés dans cet article, dont l'étude sur le Haut Carany et la carte hors-texte, ont fait l'objet d'une subvention du Conseil régional Provence - Alpes - Côte d'Azur (P.A.C.A. Programme 1983-87).

# CONTRIBUTIONS A L'ETUDE DU RESEAU KARSTIQUE DES SOURCES DE DAICHOUNIYE DANS LA VALLEE DE NAHR BEYROUTH

PAR MICHEL MAJDALANI – HYDROGEOLOGUE ET DIRECTEUR DU B.T.D.

Les études préliminaires relatives aux sources de DAICHOUNIYE ont été entreprises à la demande du ministère des Ressources hydrauliques et électriques. Il a été établi, en un premier temps, une carte géologique et hydrogéologique régionale qui nous a permis d'accorder une attention soutenue aux phénomènes karstiques caractérisant les lieux.

Dans l'impossibilité de développer ici même la quantité des renseignements acquis sur le terrain, nous nous contenterons de développer les grandes lignes rentrant dans le cadre de l'orientation scientifique de cette revue.

Nous subdiviserons cet exposé en trois chapitres comprenant notamment :

1 – La géologie et l'hydrogéologie régionale des sources de DAICHOUNIYE.

2 – Le phénomène qui caractérise le débit irrégulier de ces sources.

3 – Les colorations en insistant sur le lien intime qui existe entre les pertes du NAHR BEYROUTH et les sources du FAOUAR ANTELIAS.

Nous remercions le ministère des Ressources hydrauliques et électriques de nous avoir permis la publication de longs extraits de cette étude.

Michel MAJDALANI et le B.T.D.

The study of Daichouniye springs has been performed at the request of the Ministry of Water and Electrical Resources. It consisted, at a first stage in undertaking a regional geological and hydrogeological survey with an emphasis on the karst aquifers in general and on that of the springs in particular.

Since it is impossible to list all the field data and results obtained, we shall confine ourselves to develop only the results that meet the objectives of our journal.

This article is therefore subdivided into three chapters :

1 – The regional geology and hydrogeology of the Daichouniye springs.

2 – The description of the irregular flows that burst out from the spring.

3 – The results of the dye testings that have been performed with an emphasis on the water losses that have been observed in Nahr Beirut river and their relation with Antelias spring.

We would like to thank the Ministry of Water and Electrical Resources for having allowed us to publish some important parts of the study.

Michel Majdalani and the B. T. D.

انجزت الدراسات الأولية الخاصة بنباتع الدايشونية بناءً على طلب من وزارة الموارد المائية والكهربائية. تم في المرحلة الأولى وضع خريطة جيولوجية وهيدروجيولوجية للمنطقة مما سمح لنا بإيلاء انتباه مستمر للطغرات الكارستية التي تتصف بها هذه الأماكن.

نظراً لاستحالة التوسّع بالمعلومات المكتسبة نظراً ونسبها هنا وإذات. سوف نكتفي بتفصيل الخطوط الرئيسية التي تدخل في إطار التوكيد العلمي لهذه المرحلة.

سنقسم هذا العرض إلى 3 فصول تتلصق التالي:

1 – جيولوجية وهيدروجيولوجية ونباتع الدايشونية.

2 – الطغرات التي تتصف بها هذه النباتات وهي عدم انتظام منسوبها.

3 – نتائج التلوين مع التأكيد على العلاقة الوثيقة بين تدرب وضواغ مياه نهر بيروت ونباتع فوار انتلياس.

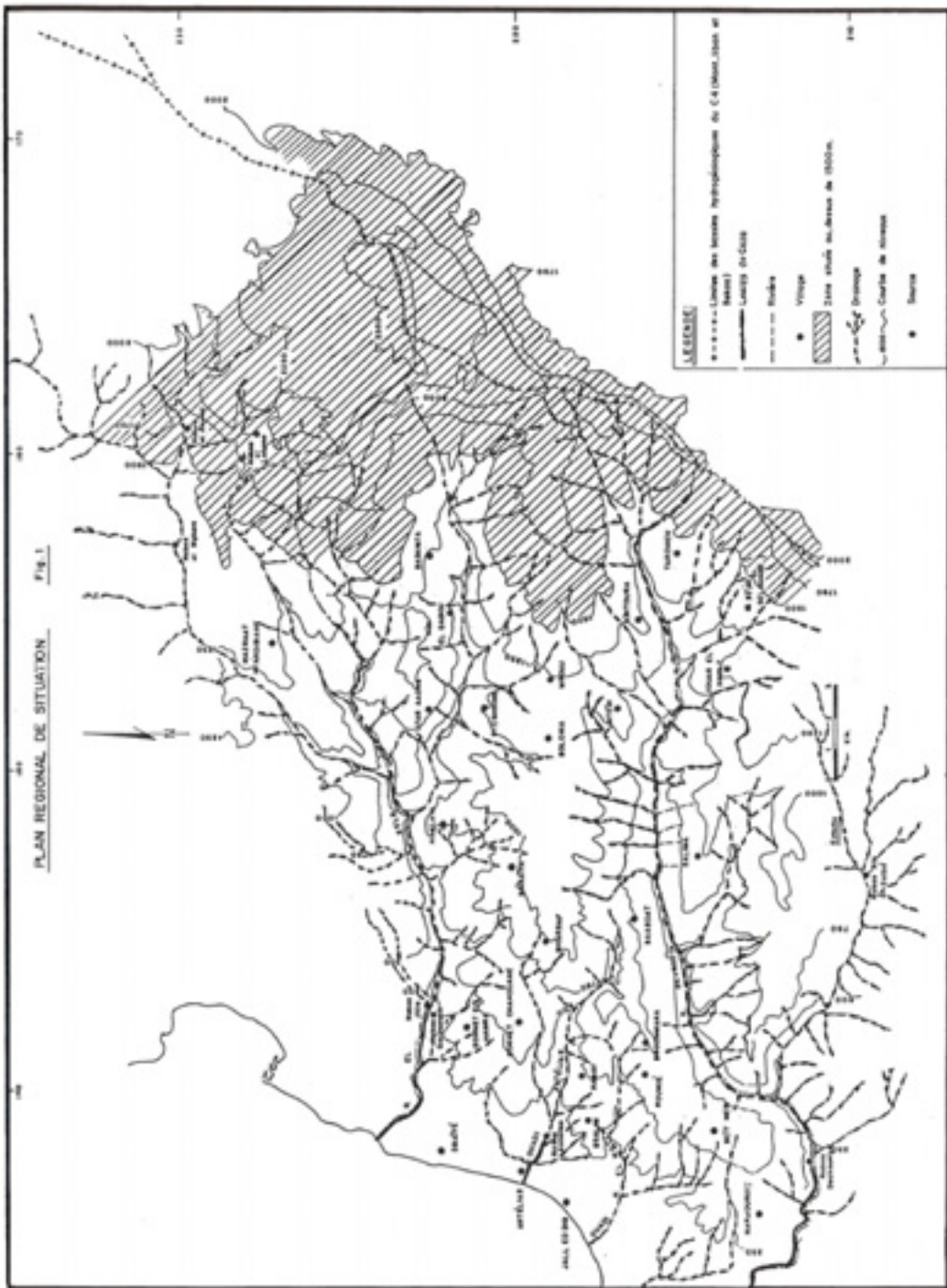
ونشكر وزارة الموارد المائية والكهربائية لأنها سمحت لنا بنشر مقتطفات مهمة من هذه الدراسة.

ميشال مجدلاني: هيدروجيولوجي ومدير الـ «B.T.D.»

CARTE HYDROGEOLOGIQUE – HORS TEXTE.

PLAN REGIONAL DE SITUATION

FIG. 1



## LES SOURCES DE DAICHOUNIYE

### Les sources de DAICHOUNIYE

Coordonnées (Source principale)

X = 137,120

Y = 211,840

Z = 98 m.

Carte de l'état-major

K4 - Beyrouth au 1/20 000

Les sources de DAICHOUNIYE jaillissent à une altitude de 98 mètres environ dans une zone d'éboulis, sur la rive droite de « NAHR BEYROUTH ». Ce dernier coule le long du flanc ouest de la montagne libanaise et débouche sur la Méditerranée à BEYROUTH, dans la banlieue nord. Il est principalement tributaire de « NAHR DJAIMANI » et de « NAHR EL METN ». La configuration de leur drainage est essentiellement dérivée (fig. 1).

Le bassin de « NAHR BEYROUTH » est limité, au nord, par les bassins de « NAHR ANTELIAS » et de « NAHR EL KELB » ; au sud, par le bassin de « NAHR GHADIR » et à l'ouest par la ligne de crête du Mont-Liban. En général, la partie amont de « NAHR BEYROUTH » coule sur les formations calcaires et marno-calcaires du Crétacé ; au centre, la rivière coule sur les calcaires du Jurassique et à l'ouest sur les formations récentes du quaternaire. Le tracé de son cours est conditionné par des facteurs tectoniques. En plusieurs endroits, il suit des lignes de faille, ou encore des zones fortement affectées par des failles. Là où la rivière coule sur les calcaires du Jurassique, la vallée est caractérisée par des gorges profondes, et là où elle coule sur des formations gréseuses ou argilo-gréseuses, elle accuse des pentes plus douces.

Le « NAHR BEYROUTH » est alimenté par deux sources principales (d'amont en aval) qui constituent l'origine de son écoulement en période d'étiage.

- AIN ED DELBE (sur le NAHR EL METN) (fig. 1)

- L'ensemble des sources de DAICHOUNIYE (sur le NAHR BEYROUTH).

Elles jaillissent au sein des « calcaires de KESROUANE » du Jurassique (J4) et leurs facteurs d'émergence sont principalement stratigraphiques et tectoniques.

## I - GEOLOGIE REGIONALE ET HYDROGEOLOGIE

### I. 1 - Géologie

Le levé géologique de la région (V, carte en annexe) a été constitué en rassemblant plusieurs levés partiels effectués par divers géologues (V, Bibliographie) et bureaux d'étude. Plusieurs corrections et rectifications secondaires sont à entreprendre, mais nous avons estimé que, pris à l'échelle du 1/50 000, il donne une idée assez précise des formations qui affleurent et de l'aspect tectonique régional. Nous avons jugé utile de

donner quelques précisions sur la géologie de la région pour mieux comprendre l'hydrogéologie du système karstique.

Les roches en affleurement appartiennent au Jurassique moyen et supérieur ainsi qu'au Crétacé inférieur et moyen. La série stratigraphique observée dans la vallée de NAHR BEYROUTH est la suivante (du bas vers le haut) (fig. 2).

#### a - Le Jurassique

- Le Jurassique moyen (J4) est formé de calcaires et de calcaires dolomitiques sur plus de 600 mètres d'épaisseur.

D'après la nomenclature proposée par M. L. DUBERTRET, il est appelé « calcaires de KESROUANE » et représenté par le symbole J4. Ces calcaires sont observés dans la vallée de BEIT-MERY sur une épaisseur visible de 550 mètres. Ils sont caractérisés par une succession monotone de bancs de calcaires massifs, bleutés, à grains fins, gris à la cassure fraîche, peu fossilifères.

Du point de vue hydrogéologique, cette formation constitue une couche aquifère karstique par excellence (forte perméabilité). L'eau circule dans les systèmes de fissures. Certains niveaux dolomitiques locaux pourraient jouer le rôle d'épave imperméable, quand ils sont massifs, compacts et peu fissurés.

- Le « complexe volcanique de BHANNES » de symbole J5 est constitué de couches mameuses et argileuses entrecoupées de fins bancs calcaires jaunâtres, détritiques, souvent associées à des matériaux volcaniques tels que le basalte, les cinérites et/ou le tuff volcanique. Quand ce niveau est entièrement formé de produits volcaniques, on lui attribue le symbole BJ5. Son épaisseur dans la vallée de NAHR BEYROUTH varie entre 50 et 60 mètres. Il est constitué de marnes schistifées, de couleur brun-chocolat où les intercalations de minces bancs calcaires jaunâtres sont rares.

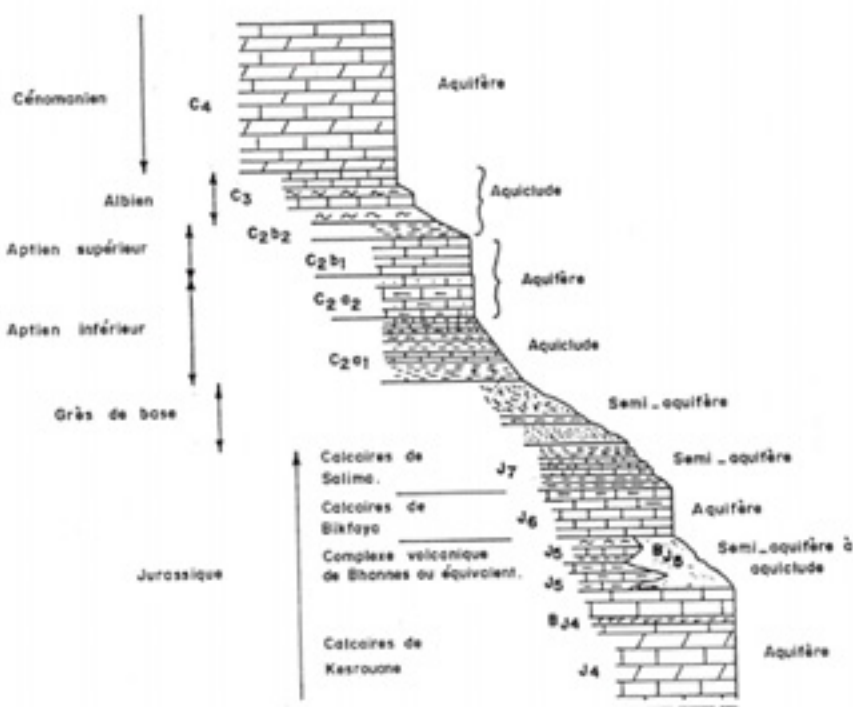
Du point de vue hydrogéologique, les roches karstiques dures et fissurées peuvent receler de l'eau et constituer une couche semi-aquifère de faible perméabilité. Par contre, les produits volcaniques, types tuffs, cinérites et basaltes altérés sont imperméables.

- La « falaise de BKFAYA » de symbole J6 est formée de calcaires gris, massifs, fissurés, comportant des nodules de silex à sa partie supérieure. Son épaisseur dans la vallée de NAHR BEYROUTH est de 60 mètres environ. Son épaisseur à BAABDATE est de 50 mètres, à DOUAR de 72 mètres et à DAICHOUNIYE de 61 mètres. Ces bancs de calcaires fissurés constituent une couche aquifère de bonne perméabilité. Le « complexe volcanique de BHANNES » leur sert d'épave de base.

- Les « Calcaires de SALIMA », de symbole J7, est représenté par des calcaires ocre, détritiques et jaunâtres, oolithiques, J'alternant avec des passages marnes jaunâtres. Son épaisseur dans la vallée de NAHR BEYROUTH est de 30 mètres environ. A

Coupe litho-stratigraphique montrant  
les niveaux aquifères et aquicludes

Fig.2



DAICHOUNIYE, elle est réduite à 5 mètres et en plusieurs endroits, ces calcaires ont été érodés.

**b - Le Crétacé**

- Le Néocomien-Barrémien, ou « Grès de base » ou encore « Grès du CHOUF », de symbole C1, occupe la position stratigraphique située entre le Jurassique terminal sous-jacent et l'Aptien inférieur sous-jacent. Ces grès sont à grains de quartz granitiques, à ciment ferrugineux (Hémathite). Ils sont disposés en strates lenticulaires formées de petits lits obliques. Les affleurements de surface sont souvent consolidés, durcis par cimentation. Les intercalations argileuses sont nombreuses et fréquentes : des lentilles de lignite pyriteuse leur sont associées.

L'épaisseur de ces grès dans la vallée de NAHR BEYROUTH varie entre 125 et 150 mètres. Leur faciès est fluvial et estuarien.

Du point de vue hydrogéologique, les grès contribuent à la formation de nappes semi-aquifères à multi-couches, de faible productivité.

- L'Aptien inférieur ou « formation de ABEIH », de symbole C2a, surmonte les « grès du CHOUF ». Il est constitué de sédiments marins déposés dans un milieu peu profond, composés d'alternance de grès, grès argileux, marnes, calcaires détritiques ou cochlithiques ocre, formant des conches caractéristiques au-dessous des « calcaires de MDEIREJ » (Aptien supérieur C2b1).

## LES SOURCES DE DAICHOUNIYE

Ils exhibent une partie inférieure (C2a1) à prédominance mamo-argileuse, hydrogéologiquement imperméable et une partie supérieure (C2a2) à prédominance calcaire. En effet, on observe à MKALLIES une suite presque ininterrompue de calcaires ocre, qui monte jusqu'à la falaise de MDEIREJ (C2b1).

- L'Aptien supérieur (C2b1) ou « calcaire de MDEIREJ », appelé aussi « Falaise de BLANCHE », est formé de calcaires massifs de teinte extérieure grisâtre mais à cassure blanchâtre. Ces cassures sont bien liées à la base et au sommet ; la partie moyenne est massive, parfois dolomitique. Leur épaisseur est de 60 à 80 mètres seulement. Ils constituent une couche aquifère karstique de bonne perméabilité.

- L'Aptien supérieur (C2b2) ou « DAHR EL BEIDAR member » fait partie avec le « KNEISSE member » (Aibien inférieur et moyen, C3) de la « formation de HAMMANA ».

En effet, au-dessus des « calcaires de MDEIREJ » (C2b1) se succèdent des argiles brunes bourrées de lamelibranches, des mamo-calcaires et des marnes à orbitolites, des basaltes et produits volcaniques de 40 à 50 mètres d'épaisseur. Cette unité lithologique présente une variation latérale de faciès très nette : sédimentaire au sud, elle devient complètement volcanique au nord du LIBAN. Du point de vue hydrogéologique elle est totalement imperméable.

- L'Aibien inférieur et moyen (C3) ou « KNEISSE member » fait partie de la formation de HAMMANA. Il débute par un niveau calcaire très détritifié et ferrugineux, riche en moules et coquilles de lamelibranches et gastéropodes. Ce niveau forme une petite falaise pouvant atteindre 10 à 12 mètres d'épaisseur, suivie d'une épaisse série de marnes et mamo-calcaires de teinte verdâtre. Hydrogéologiquement, il est considéré comme imperméable mais il devient semi-perméable s'il est bien fissuré.

### 1. 2 - Hydrogéologie

Les sources de DAICHOUNIYE n'émergent ni au contact des couches peu perméables du Crétacé inférieur avec les calcaires du Jurassique, ni au niveau de la flexure. Elles apparaissent à l'amont de celle-ci à une distance de 500 m, là où les calcaires de KESROUANE sont presque horizontaux (structure tabulaire). (V. carte hydrogéologique).

Ces calcaires sont affectés par de nombreuses fissures et failles transversales au sens de l'écoulement du fleuve et ont formé des zones très favorables au développement d'un réseau karstique. Les fissures ouvertes et les laplès dispersés sur toute leur surface sont le signe d'une absorption totale de ruissellement. Tout ce massif calcaire est donc parsemé de diaclases, qui, perpendiculaires ou parallèles à la stratification, découpent la roche en polyèdres plus ou moins réguliers. Les fissures parallèles à la stratification sont d'origine sédimentologique et les autres, subverticales, sont d'origine tectonique ; elles sont les conséquences

des failles. C'est dans ce système de fissures dispersées irrégulièrement sur l'ensemble du massif calcaire et des failles interconnectées que s'effectue l'écoulement de l'eau souterraine. Les précipitations atmosphériques sont absorbées par les fissures et coulent vers les failles qui, dans leur majorité, sont le siège d'écoulement privilégié.

L'aquifère des sources de DAICHOUNIYE est donc alimenté par les précipitations atmosphériques et par les eaux de surface qui coulent dans les rivières de NAHR BEYROUTH et NAHR EL METN (V. carte hydrogéologique). La zone source doit son origine à une faille oblique dont le rejet est de l'ordre de 25 m. Elle a une orientation d'abord N.O. - S.E., qui change ensuite pour devenir O.NO - E.S.E. Elle s'amortit dans la masse gréseuse du Crétacé inférieur. Les sources jaillissent le long du plan de cette faille, sur la rive droite.

Les sources de DAICHOUNIYE drainent donc l'aquifère des calcaires de KESROUANE (J4). Ces derniers affluent tout le long du cours de la rivière de NAHR BEYROUTH et de NAHR EL METN jusqu'à la perte de FAOUR DARA à l'extrémité Est.

Ces calcaires affluent aussi dans toute la zone de KFARSELOUANE, JOUAR EL HAOUZ et TARCHICH dans lesquels plusieurs gouffres et grottes ont été explorés par le Spéléo-Club du LIBAN. Les plus importants sont les suivants :

- Gouffre de FOUAR DARA qui constitue une perte temporaire, a été exploré jusqu'à la profondeur de 622 m. Les essais de traçage à la fluorescéine ont montré qu'il est en connexion avec le système karstique des sources de FOUAR ANTELIAI. (Voir AL OUA-T'OUATE, nouvelle série N°3 - 1988).

- Gouffre de TARCHICH exploré à la profondeur de 140 m. Il est actuellement colmaté.

- Grotte de RMEILE (BZEBDINE).

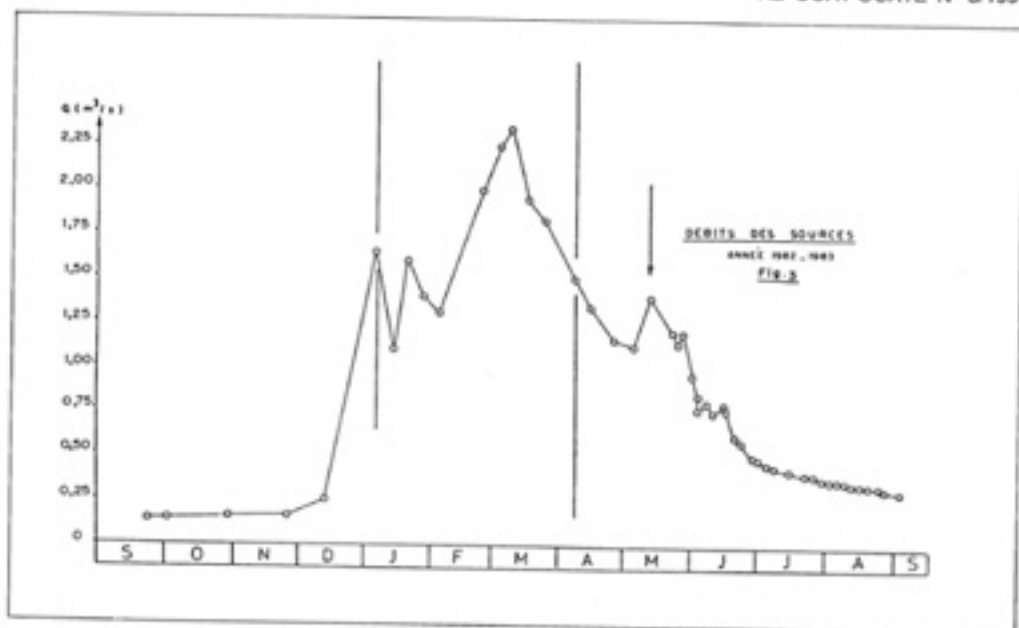
### 1. 3 - Hydrométrie

Les données hydrométriques disponibles sur les sources de DAICHOUNIYE sont rares. Cependant, une observation intéressante mérite d'être mentionnée. Elle a été faite par les ingénieurs du *Projet du Point IV* en 1957, dans le cadre de l'étude hydrologique préliminaire de la rivière de NAHR BEYROUTH.

L'analyse des mesures des débits enregistrés a permis de déceler des fluctuations irrégulières durant les périodes d'été et d'automne. Ce phénomène, exceptionnel dans son genre, se produit après la fonte totale des neiges sur le bassin et en l'absence de toute précipitation de pluie. Ils ont remarqué que le niveau d'eau haussait parfois de 10 cm seulement, mais d'autres fois, il haussait exceptionnellement de 1 mètre environ.

Après avoir entrepris des recherches, ils ont découvert que ces fluctuations sont principalement attribuées à des variations subites des débits des sources de





DAICHOUNIYE, qui constituent l'origine de l'écoulement permanent de la rivière durant les périodes d'été et d'automne.

13 mesures de débit ont été effectuées par les ingénieurs du Point IV à la station limnigraphique, durant la phase de changement de débit. Durant les 30 minutes de réalisation d'une de ces mesures, ils ont observé une hausse du niveau d'eau de 30 cm. Le 4 juillet 1957, une mesure de débit de la rivière a été effectuée durant la période croissante du débit de la source et le 20 août 1957, 2 autres mesures ont été effectuées durant la phase décroissante.

Aucun limnigraphe enregistreur n'a été installé dans la zone sourcière. Mais des mesures ponctuelles au moulinet ont été faites. Elles sont les suivantes :

- 17/06/1955 : 7,9 l/sec.
- 06/09/1957 : 124 l/sec.

Toujours d'après les ingénieurs du Point IV, ces sources sont caractérisées par le phénomène de variation du débit qui se produit à des intervalles irréguliers. Les fluctuations périodiques se produisent tous les 4 à 5 jours et même tous les 7 à 8 jours. Il arrive aussi, certaines fois, que la source débite, en période d'étiage et durant la phase croissante des fluctuations dont la durée est de 8 à 16 heures, un volume de 1 m³/sec.

Revenant aux recherches des ingénieurs du Point IV,

ceux-ci ont découvert, à l'amont de la zone sourcière de DAICHOUNIYE, une autre source (NABAA ZEITOUNE) qui jaillit dans la rivière. Ils ont également rapporté avoir entendu un **bruit d'écoulement torrentiel souterrain**, et ont, de ce fait, attribué le phénomène de fluctuations du débit à un système karstique dont l'exurgence est caractérisée par **des bassins en forme d'U** qui se remplissent et se vidangent, par effet de siphon. Cette zone a été plus tard localisée par les ingénieurs du B. T. D. qui ont entrepris une coloration à la fluorescéine et qui leur a permis de constater qu'elle aboutit aux sources de DAICHOUNIYE.

Il est à noter que les différents points d'eau de la zone sourcière, la **perte**, et la source de ZEITOUNE sont situés sur le tracé d'une faille qui semble, par conséquent, **être le siège d'un écoulement d'eau souterraine dans un système karstique développé**. Nous croyons aussi, sans toutefois l'affirmer, que l'exurgence de ce système a été obstruée par un éboulement survenu dans le passé, obstruant la résurgence principale de la rivière souterraine.

Une série de mesures de débits ponctuelles ont été réalisées durant l'année 1962-1963 par le B.T.D. Les valeurs obtenues varient entre 2 m³/sec environ en période de crue et 100 l/sec en période d'étiage. (V. figure 3 et tableau des mesures effectuées).

## LES SOURCES DE DAICHOUNIYE

### DEBIT TOTAL DES SOURCES DE DAICHOUNIYE 1982 - 1983

DATE	DEBIT	DATE	DEBIT
23/09/82	0.135	07/06/83	0.797
01/10/82	0.099	03/06/83	0.758
29/10/82	0.103	07/06/83	0.797
26/11/82	0.155	10/06/83	0.735
13/12/82	0.250	15/06/83	0.784
06/01/83	1.604	16/06/83	0.775
14/01/83	1.062	21/06/83	0.607
21/01/83	1.560	24/06/83	0.571
28/01/83	1.373	23/06/83	0.498
04/02/83	1.289	01/07/83	0.476
24/02/83	1.936	06/07/83	0.437
04/03/83	2.178	15/07/83	0.413
09/03/83	2.240	22/07/83	0.392
17/03/83	1.902	25/07/83	0.390
25/03/83	1.778	29/07/83	0.370
08/04/83	1.480	02/08/83	0.363
15/04/83	1.319	05/08/83	0.362
26/04/83	1.140	09/08/83	0.356
05/05/83	1.097	12/08/83	0.334
13/05/83	1.371	16/08/83	0.332
23/05/83	1.194	19/08/83	0.320
25/05/83	1.152	24/08/83	0.325
27/05/83	1.195	26/08/83	0.316
31/05/83	0.954	02/09/83	0.299
03/06/83	0.758		

## II - MECANISME D'EMERGENCE. HYPOTHESE

La cause de cette action oscillante est généralement attribuée à un « effet-siphon » naturel. Ce siphon vide probablement la réserve d'eau souterraine, après quoi, le débit diminue remarquablement jusqu'à l'emplissement qui survient suite à un apport d'eau provenant des canaux souterrains.

Il est probable que durant l'hiver et le printemps le débit des sources soit plutôt constant et intégré au débit du cours d'eau de surface ; ce qui fait que le changement dans le niveau d'eau à DAICHOUNIYE n'est pas aussi prononcé que durant la saison sèche.

Les sources de ce genre se trouvent normalement dans les formations calcaires. La seule autre source à jaillissement discontinu connue au LIBAN est celle de ANAJAR, dans la plaine de la BÉKAA (source principale du LITANI).

On peut imaginer le mécanisme d'émergence comme suit (fig. 4).

La zone sourcière est alimentée continuellement par plusieurs conduits karstiques interconnectés de faibles dimensions, assurant un débit continu au griffon, et par

un chenal de grandes dimensions en forme d'« U », communiquant avec les autres conduits, mais fonctionnant par intermittence en « siphon », causant ces oscillations périodiques des débits.

Toutes les fois que le chenal se remplit, il déborde au-dessus du point A et le système de vidange se produit par siphonnage. Il faut attendre un certain temps avant qu'il ne se remplisse à nouveau, pour que le même phénomène se reproduise. En même temps, le deuxième système, constitué par les petits conduits karstiques, continue à alimenter continuellement les griffons à un débit régulier.

### III - COLORATIONS

Deux campagnes comprenant une série de coloration ont été effectuées dans la rivière du NAHR BEYROUTH.

La première a été réalisée entre le 14 décembre et le 26 avril 1983, à des distances variant entre 200 et 400 mètres à l'amont des sources.

La deuxième campagne eut lieu entre le 21 mars et le 13 avril 1984, à une distance de 17,5 km à l'amont des sources.

#### III. 1 - Résultats de la première campagne de coloration

Le déroulement des opérations de coloration a eu lieu selon le calendrier suivant :

Date de la coloration	Date des mesures de débit	à l'amont des sources
14 décembre 1982	13 décembre 1982	44 l/sec.
15 janvier 1983	14 janvier 1983	360 l/sec.
25 février 1983	24 février 1983	1,15 m <sup>3</sup> /sec.
31 mars 1983	31 mars 1983	19,6 m <sup>3</sup> /sec.
15 avril 1983	15 avril 1983	9,17 m <sup>3</sup> /sec.
26 avril 1983	26 avril 1983	2,74 m <sup>3</sup> /sec.

Seules les sources de DAICHOUNIYE ont été surveillées.

L'injection du colorant a été effectuée instantanément. Le colorant utilisé était la fluorescéine. Sa dilution s'est faite selon le principe suivant :

— Chaque kg de colorant a été dilué dans 1 litre d'alcool dénaturé, 0,5 litre d'ammoniaque et 5 litres d'eau prélevés de la rivière.

L'ammoniaque a été versé sur l'alcool et la fluorescéine a ensuite été dissoute tout en ajoutant l'eau avec soin pour homogénéiser.

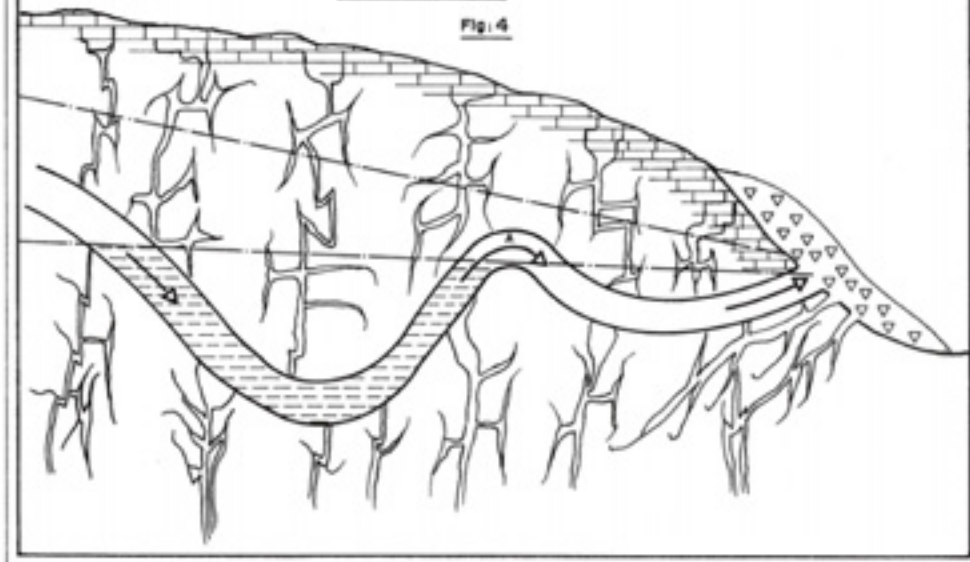
Les mesures de la fluorescence ont été effectuées sur le spectrophotomètre BECKMANN de l'Hôpital de l'Hôtel-Dieu de FRANCE.

## Première campagne d'essais de coloration

Date de l'essai	Quantité injectée	Débit de la rivière	Distance entre le point d'inj. et les sources.	Heure d'injection	Heure de la manifestation du colorant dans la rivière au niveau des sources.	Temps de parcours dans la rivière-	Heure de la manifestation du colorant dans la source.	Temps de parcours sous terre	Vitesse maximale du transfert souterrain	Observations
14/12/1982	6 kg	44 l/sec.	200 mètres	10 heures	Non mesurée	Non mesuré	--	--	--	Pas de manifestation du colorant. Observation: 48 h.
15/01/1983	7 kg	360 l/sec.	400 mètres	10 heures	--	--	--	--	--	Pas de manifestation du colorant. Observation: 48 h.
25/06/1983	10 kg	1,5 m/sec.	200 mètres	10 heures	--	--	--	--	--	Pas de manifestation du colorant. Observation: 48 h.
31/03/1983	5 kg	12,6 m/sec	200 mètres	10 heures	--	--	10h 15' 15 minutes	0,22 m/sec.		Manifestation du colorant confirmée. Observation: 26 h.
15/04/1983	10 kg	19,17 m/sec	200 mètres	10 heures	--	--	10h 30' 30 minutes	0,11 m/sec.		Manifestation du colorant confirmée. Observation: 23 h.
26/04/1983	5 kg	12,74 m/sec.	200 mètres	10 heures	--	--	--	--	--	Pas de manifestation du colorant. Observation: 23 h.

SCHEMA REPRESENTATIF DU MECANISME D'EMERGENCE DES SOURCES  
DE DAICHOUNIYE

Fig. 4



## LES SOURCES DE DAICHOUNIYE

Les essais de la première campagne de coloration ont montré ce qui suit :

Sur un tronçon de 200 mètres à l'amont des sources et

a) Pour des débits de la rivière inférieurs à 2,74 m<sup>3</sup>/sec., il n'existe aucune relation entre la rivière et les sources.

b) Pour des débits supérieurs à 9,17 m<sup>3</sup>/sec., il existe des communications entre la rivière et les sources.

c) Pour des débits compris entre 2,74 m<sup>3</sup>/sec. et 9,17 m<sup>3</sup>/sec., nous n'avons pas réalisé des essais.

Sur un tronçon de 400 mètres à l'amont des sources et

a) Pour un débit inférieur à 360 l/sec., il n'existe aucune communication entre la rivière et les sources.

De ces observations on peut conclure qu'il existe un lien intime entre la rivière et les sources, quand le niveau de l'eau atteint une certaine hauteur correspondant au débit de 9,17 m<sup>3</sup>/sec.

On peut aussi supposer que ces pertes sont localisées dans la zone d'éboulis mais ceci reste à confirmer.

Il faudrait néanmoins vérifier l'existence d'autres éventuelles pertes situées à l'amont du tronçon prospecté.

### III. 2 - Résultats des essais de la deuxième campagne de coloration.

Le déroulement des opérations eut lieu selon le calendrier suivant :

a - Première coloration : 21 mars 1984

b - Deuxième coloration : 2 avril 1984

c - Troisième coloration : 13 avril 1984.

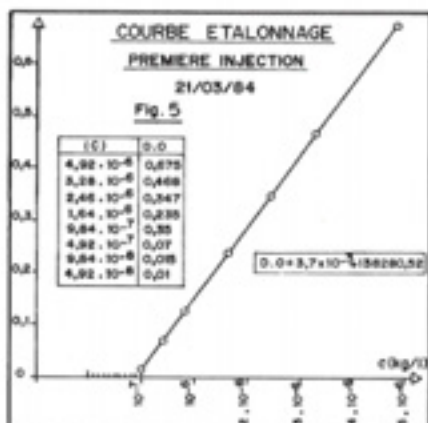
a) Coloration du 21 mars 1984

Une quantité de 50 kg de fluorescéine fut diluée dans 250 litres d'eau de la rivière, 50 litres d'alcool bleu et 25 litres d'ammoniaque, pour que la concentration finale de la solution mère soit de 0,154 kg/l (fig. 5).

Le colorant fut déversé à 12 heures dans la rivière, par-dessus le pont qui relie le village de MCHIKHA à BZEBDINE (v. carte hydrogéologique).

Le même jour, à 8 heures du matin (4 heures avant l'injection), deux fluocapteurs furent immergés dans l'eau de la source de FOUAR ANTELIAIS. Ils furent retirés à 12 heures, juste au moment de l'injection.

La même opération eut lieu dans la source S1 de DAICHOUNIYE. Ces fluocapteurs sont considérés comme des « blancs » pour le réglage du zéro du colorimètre, et comme références pour les mesures de la D.O. de l'eau qui sera absorbée par le charbon après l'injection du colorant.

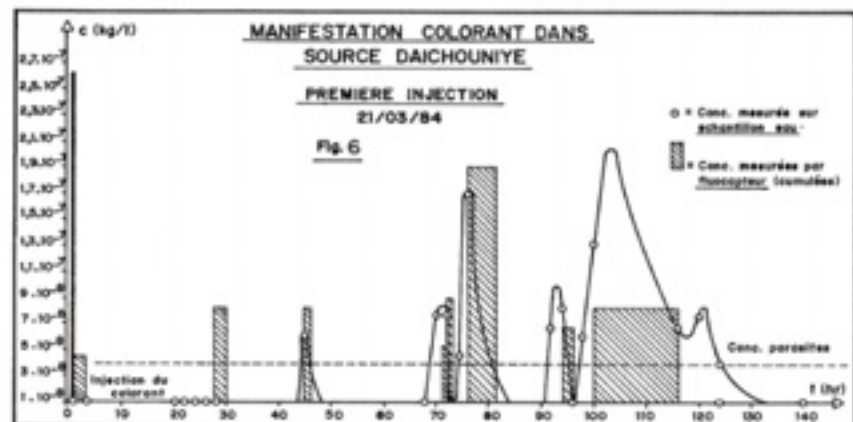


De plus, un échantillon d'eau fut prélevé de chacune des sources mentionnées ci-dessus pour le réglage du zéro de l'appareil.

### Prélèvements au niveau de la source S1 de DAICHOUNIYE

Deux types de prélèvements d'eau eurent lieu :

- Prélèvements par échantillons
- Prélèvements par fluocapteurs.



**Interprétation :** (Fig. 6)

Les graphiques qui représentent la manifestation du colorant dans la source S1 de DAICHOUNIYE, obtenus d'après des mesures faites sur les échantillons d'eau et sur les fluocapteurs, indiquent une série de pics représentant la manifestation du colorant à plusieurs temps après l'injection.

Avant d'interpréter les observations faites, il est important d'évaluer le pourcentage des erreurs dans les mesures. L'erreur principale est celle due à la turbidité de l'eau. En effet, il existait avant l'injection un contraste de turbidité entre l'eau de la source et celle de la rivière. Plus tard, quand il y a eu les fortes pluies, l'eau de la source s'est troublée de telle sorte qu'on n'arrivait plus à comparer les mesures entre elles. (Voir tableau ci-dessous). Il a donc été décidé, après plusieurs essais, de considérer toutes les concentrations égales ou inférieures à  $4,5 \times 10^{-4}$  kg/l, comme nulles.

Les autres erreurs commises dans la préparation de la solution, ou dans son injection ou encore dans la réalisation des dilutions, restent négligeables par comparaison avec celle due à la turbidité de l'eau.

**TABLEAU DES TURBIDITES**

Désignation	Date	Heure	(C)
S1	24/03	8h30	400 F.T.U.
Fleuve	24/03	8h30	400 F.T.U.

Le colorant a été injecté à 12 heures. Il s'est déplacé dans la rivière et a atteint la région de la zone soussol, à 15 heures. La distance parcourue étant égale à 17 500 mètres, la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau dans la rivière est de :

$$\frac{V}{T} = \frac{L}{T} = \frac{17500 \text{ m}}{(3 \times 3600)} = 1,62 \text{ m/sec.}$$

Cette vitesse est de loin supérieure à celle de l'écoulement souterrain. Mais la première manifestation du colorant dans la source eut lieu 30 minutes après le passage du colorant dans la rivière, au niveau des sources.

La consultation de la carte hydrogéologique de la région indique que les calcaires affleurent sur tout le parcours du colorant, jusqu'aux sources ; donc sur une distance de 17,5 km. Or, sur ce trajet, une série de pertes pourrait exister, dans lesquelles le colorant s'infiltrerait pour atteindre la couche aquifère. Par conséquent, la première manifestation de colorant dans la source S1 DAICHOUNIYE caractérise la perte la plus proche des sources, et la dernière apparition du colorant représente celle qui se situe à une grande distance des sources.

Il est impossible de calculer la vitesse réelle de l'écoulement souterrain du simple fait que les distances aux pertes sont inconnues.

**Prélèvements au niveau des sources de FOUAR ANTELIAS et de DAICHOUNIYE :**

Deux types de prélèvements d'eau eurent lieu dans cette zone :

- Prélèvements par échantillons.
- Prélèvements par fluocapteurs.

**Interprétation :**

Les graphiques représentant la manifestation du colorant dans la source de FOUAR ANTELIAS indiquent une série de pics, caractérisant des manifestations successives du colorant (fig. 7).

Nous avons considéré que toutes les concentrations égales ou inférieures à  $4,5 \times 10^{-4}$  kg/l sont pratiquement nulles en raison de la turbidité de l'eau et de la sensibilité de l'appareil.

La consultation de la carte géologique indique que le tronçon de la rivière où les calcaires du Jurassique affleurent, et dont la direction des fissures est orientée vers la source de FOUAR ANTELIAS, s'étend jusqu'à la faille est-ouest qui passe au sud du village de GORTADA. La distance qui sépare cette zone du lieu de l'injection est de 12 300 mètres environ, soit 12 km.

Il est donc très probable que plusieurs pertes existent tout le long de ce tronçon, et dans lesquelles le colorant s'infiltrerait pour se manifester dans la source de FOUAR ANTELIAS.

Nous savons que la vitesse moyenne de l'écoulement de l'eau de surface dans la rivière est de 1,6 m/sec. Elle est de loin supérieure à la vitesse de circulation de l'eau souterraine.

Par conséquent, la première manifestation de colorant dans cette source caractérise la perte située le plus loin du point d'injection, et la dernière apparition de la fluorescéine serait en relation avec la perte la plus proche du lieu d'injection.

Pour éliminer toutes les erreurs possibles dans l'évaluation des vitesses et des distances, nous avons considéré que les pics correspondent aux temps d'arrivée (vitesse moyenne approximative).

Or, l'analyse de la courbe de concentration permet de constater que le dernier pic s'est manifesté 173h30' après l'injection. Il correspond à la perte la plus lointaine de la source. En considérant que celle-ci se situerait à quelques centaines de mètres près du lieu d'injection, la vitesse approximative de circulation serait donc égale à :

$$V = \frac{L}{T} = \frac{14600}{\sqrt{(173h30' \times 3600)}} = 0,023 \text{ m/sec soit } 2,3 \text{ cm/sec.}$$

Cette vitesse moyenne est tout à fait identique à celle qui fut calculée lors des essais de coloration entrepris dans le gouffre de FOUAR DARA par le Spéléo-Club du Liban. Elle varie entre 2,4 cm/sec et 1,6 cm/sec.

## LES SOURCES DE DAICHOUNIYE

### Conclusions :

Le premier essai de coloration permet d'observer ce qui suit :

1 - Il existe dans la rivière de NAHR BEYROUTH une série de pertes qui sont en connexion avec la couche aquifère des sources de DAICHOUNIYE (fig. 6).

Les distances qui séparent ces pertes de la source S1 de DAICHOUNIYE varient entre 500 mètres environ et 14 500 mètres.

2 - La vitesse de circulation de l'eau souterraine dans la couche aquifère des sources de DAICHOUNIYE est de 4 cm/sec. en moyenne.

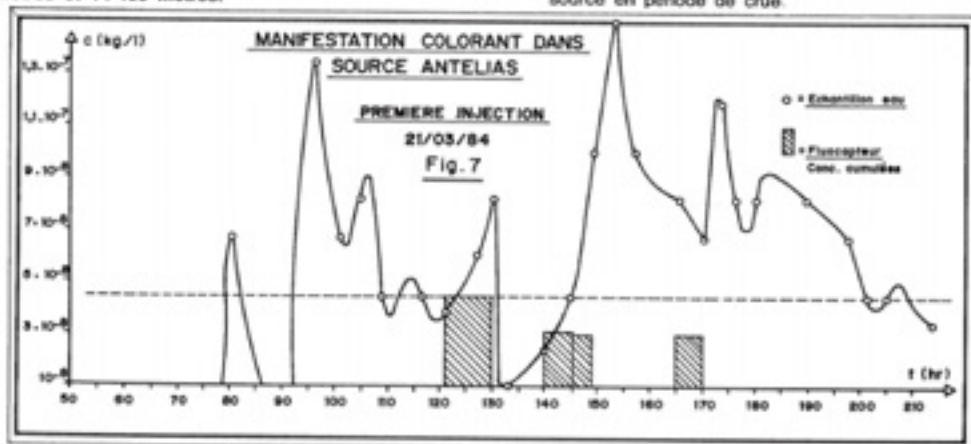
3 - Il existe dans la rivière de NAHR BEYROUTH une série de pertes dans lesquelles l'eau de surface s'infiltré pour alimenter la couche aquifère de la source de FOUAR ANTELIAS (fig. 7).

Les distances qui séparent ces pertes de la source de FOUAR ANTELIAS varient encore 8 000 mètres et 14 400 mètres.

Ces observations signifient que la zone de la rivière qui est en relation avec la source de FOUAR ANTELIAS est située bien à l'amont du pont de GORTADA. La limite serait aux environs du village d'ARBANIYE.

La vitesse d'écoulement de l'eau souterraine dans le réseau d'ANTELIAS est de 2,3 cm/sec. Par comparaison avec celle du réseau de DAICHOUNIYE, on peut conclure que ce dernier est vidangé plus rapidement.

Ces conclusions nous ont poussés à modifier le programme préalablement établi, afin d'obtenir le maximum de renseignements utiles. Nous avons donc décidé d'entreprendre le troisième essai, non plus à la jonction de NAHR EL DJAMANI et NAHR EL METN, mais bien plus à l'aval afin de localiser la perte située à 500 mètres à l'amont des sources de DAICHOUNIYE, et qui semble davantage influencer le régime de cette source en période de crue.



### b) Coloration du 2 avril 1984

Le deuxième essai de coloration eut lieu en date du 2/04/1984. Une quantité de 35 kg de fluorescéine fut diluée dans un volume de 232,4 litres d'eau prélevée de la rivière et fut mélangée à 1,980 litre d'alcool bleu et 11,265 litres d'ammoniaque pour que la concentration finale de la solution mère soit de 0,142 kg/l (fig. 8).

Le colorant fut déversé dans la rivière, à 9 heures du matin, à l'amont du pont qui relie MONTEVERDE à GORTADA.

Vingt-quatre heures avant l'injection, nous avons placé dans chacune des sources S1, S2 et S3 et dans la source de FOUAR ANTELIAS deux fluocapteurs. L'eau qui était en contact avec ces derniers, après traitement à la potasse alcoolique, fut utilisée comme solution de référence.

De même, nous avons pris de chacune de ces sources, et quelques minutes avant l'injection, des

échantillons d'eau que nous avons considérés comme « blancs ».

### Prélèvements au niveau des sources S1, S2 et S3 de DAICHOUNIYE :

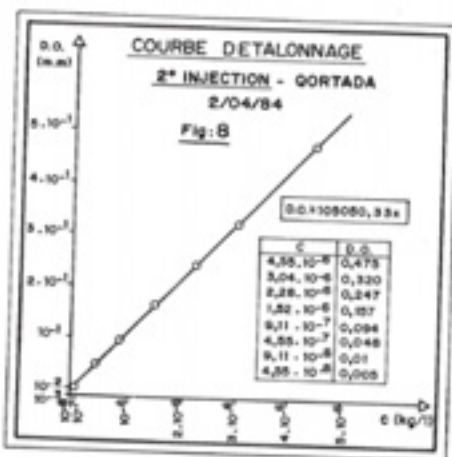
Deux types de prélèvements d'eau eurent lieu :

- Prélèvements par échantillons
- Prélèvements par fluocapteurs.

Les concentrations furent calculées en se servant de l'équation d'étalonnage préalablement établie (fig. 8).

Les résultats obtenus sont représentés sous forme de graphiques où les concentrations en kg/l ont été reportées sur l'axe des ordonnées et les temps en heures sur l'axe des abscisses (fig. 9).

Dans la méthode de la détection du colorant par les fluocapteurs, les concentrations mesurées sont des concentrations cumulées (fig. 9) à réduire.



#### Interprétation :

Le graphique qui représente la manifestation du colorant dans la source S1 de DAICHOUNIYE est très explicite. La fluorescéine a commencé à apparaître dans la source S1, quatre heures après l'injection, et le temps de passage du nuage a été de 2 heures environ.

Il en est de même pour les sources S2 et S3.

Il est à noter cependant que le colorant dans la rivière a atteint la zone où les sources jaillissent 3 heures 30 après l'injection, tandis que son apparition dans les sources a eu lieu 4 heures après l'injection, et la disparition, deux heures plus tard.

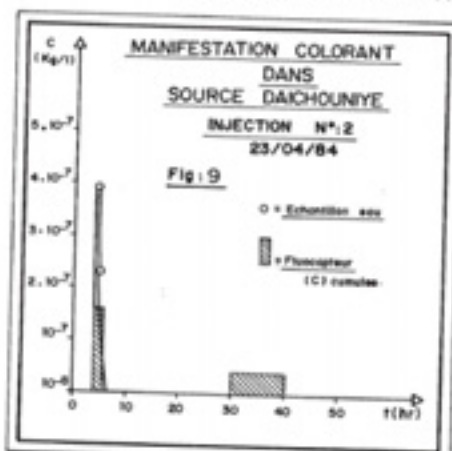
Cette constatation signifie tout simplement l'existence dans la rivière d'une perte, qui est en connexion directe avec les sources, et qui se situe à l'amont de ces dernières et toute proche d'elles.

Parallèlement, l'interprétation des mesures de la concentration totale de la fluorescéine absorbée par les fluocapteurs placés dans les sources S1, S2 et S3 confirme absolument ce qui a déjà été mentionné ci-dessus, mais indique aussi le passage d'un deuxième nuage de colorant qui a eu lieu en moyenne entre 30 et 47 heures après l'injection (fig. 9).

En effet, l'échantillon prélevé à la 47<sup>e</sup> heure affichait une concentration nulle et celui de 30 heures, pareil. Le colorant a donc dû disparaître avant la 47<sup>e</sup> heure et apparaître après la 30<sup>e</sup> heure. Nous avons supposé que l'apparition a eu lieu entre les deux, soit 38 heures après l'injection.

Cette deuxième manifestation du colorant est attribuée à la partie de l'eau de la rivière qui s'est infiltrée dans la couche aquifère, et qui a resurgi au niveau des sources.

La distance à vol d'oiseau qui sépare le point d'injection du point de prélèvement étant égale à 4 240 mètres, et en supposant que cette perte se situerait tout près du lieu de l'injection du colorant, la vitesse



d'écoulement de l'eau souterraine serait donc de :

$$V = \frac{L}{T} = \frac{4240}{(3 \times 3600)} = 0,0379 \text{ m,}$$

soit 0,038 m ou 3,8 cm/sec.

Cette vitesse est proche de celle calculée lors du premier essai. Elle était de 4,3 cm/sec, mais nous l'avons considérée égale à 4 cm/sec en moyenne.

Cette deuxième perte se situerait donc juste tout près du lieu de l'injection.

#### Prélèvements au niveau de la source de FOUAR ANTELIAS :

La concentration de fluorescéine dans tous les prélèvements d'eau effectués dans la source de FOUAR ANTELIAS est nulle.

Il en est de même pour les fluocapteurs. Ceci indique qu'il n'existe aucune recharge de la couche aquifère d'ANTELIAS par le fleuve de BEYROUTH, à partir du point d'injection de GORTADA.

Cette observation confirme la conclusion relative à la localisation de la limite de la zone de la rivière qui recharge l'aquifère d'ANTELIAS. (Voir conclusion du premier essai de coloration).

#### Pollution :

L'échantillon d'eau que nous avons prélevé du fleuve avant d'injecter le colorant était caractérisé par une odeur très désagréable.

Nous avons effectué au laboratoire une analyse chimique de cette eau. Les résultats sont les suivants :

- Dureté en calcium : 55 p.p.m.
- Dureté en magnésium : 15 p.p.m.
- Dureté totale : 70 p.p.m.
- Alcalinité totale (CaCO<sub>3</sub>) : 130 p.p.m.
- Nitrates : 0 p.p.m.
- Nitrites : 0,08 p.p.m.
- Ammonium : 5,6 p.p.m.
- Phosphates : 0,05 p.p.m.
- Fer total : 0,05 p.p.m.

## LES SOURCES DE DAICHOUNIYE

Il apparaît donc que cette odeur est due à la présence d'ammoniaque dans l'eau, ce qui a entraîné le développement de certains germes donnant des goûts désagréables.

Il est à noter que les normes européennes recommandent que l'eau de boisson n'en contienne pas plus de 0,05 mg/l. Cependant, d'autres pays considèrent qu'une eau brute destinée à la distribution ne devrait pas contenir plus de 0,5 mg/l.

L'eau de la rivière est donc extrêmement polluée par le processus de dégradation incomplète de la matière organique dont l'origine est principalement due aux rejets des égouts.

De plus, les nitrites qui sont de 0,1 mg/l environ sont aussi indicateurs de pollution. Ils proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Il est à noter que la réglementation française limite leur concentration à 0,1 mg/l.

### Conclusions :

Le deuxième essai de coloration effectué du pont de GORTADA indique ce qui suit :

1 - Confirmation de la présence de deux pertes dans la rivière de NAHR BEYROUTH dans le tronçon limité à l'amont par le point d'injection et à l'aval par les sources de DAICHOUNIYE. Une des pertes se situerait à quelques centaines de mètres à l'amont des sources, et l'autre tout près du lieu d'injection.

2 - Confirmation de la valeur de la vitesse approximative de l'écoulement souterrain de DAICHOUNIYE : 4 cm/sec. en moyenne.

3 - Confirmation que ce tronçon de la rivière n'alimente plus la couche aquifère de la source d'ANTELIAS.

### c) Coloration du 13 avril 1984

Le premier essai de coloration a permis de localiser les pertes qui se trouvent dans la rivière, et par lesquelles les couches aquifères d'ANTELIAS et de DAICHOUNIYE sont partiellement rechargées.

Le second essai de coloration permit de confirmer la présence des pertes situées à l'aval du point d'injection, et qui furent déjà détectées lors de la réalisation de la première coloration.

Le but du troisième essai est de localiser correctement la fameuse perte qui fut décelée par les deux premiers essais, et qui semble se trouver tout près des sources à quelques centaines de mètres à l'amont.

Pour cela, il a fallu entreprendre deux colorations, en raison de la configuration topographique des lieux.

En effet, à quelques centaines de mètres à l'amont de la station A, le cours principal de la rivière se divise en deux branches.

Il a fallu donc réaliser un premier essai dans la branche gauche pour vérifier l'existence d'une relation entre cette partie du fleuve et les sources, et répéter la même expérience dans l'autre branche.

Il est à noter que ces deux parcours se rejoignent à l'aval, au niveau de la source S4.

### Déroulement du premier essai :

Le premier essai de coloration eut lieu le 13 avril 1984, à 9h15.

Le colorant fut déversé dans la rivière, à 50 mètres à l'amont de la station topographique A sur la rive gauche.

Une quantité de 10 kg de fluorescéine fut diluée dans 50 litres d'eau, 10 litres d'alcool dénaturé et 5 kg d'ammoniaque pour que la concentration finale de la solution soit égale à 0,154 kg/l.

La distance à vol d'oiseau qui sépare le point d'injection de la source S1 est de 290 mètres. Des fluocapteurs ont été placés dans la source pour déceler le passage du colorant, et en même temps une équipe d'observateurs a prélevé des échantillons d'eau à des intervalles de temps réguliers.

Auparavant des « blancs » ont été prélevés pour servir comme solutions de références.

### Interprétation :

Le temps de parcours du colorant dans la rivière entre les points d'injection et de prélèvement étant de 6 minutes, la vitesse moyenne de l'écoulement serait donc de :

$$V_m = \frac{290}{(6 \times 60)} = 0,805 \text{ m/sec.}$$

Le débit de la rivière était le jour de l'injection du colorant de 1,2 m<sup>3</sup>/sec. Il a été calculé en mesurant la hauteur d'eau, sur la mire de référence placée dans la station de jaugeage, lors de la réalisation de l'étude hydrométrique des sources.

Le colorant s'est manifesté dans la source S1, vingt-trois minutes après l'injection, mais à des concentrations très faibles inférieures à  $2 \times 10^{-4}$  kg/l, impossible de détecter au colorimètre, mais qu'on a pu obtenir en effectuant les mesures sur le spectrophotomètre BECKMAN.

Pratiquement, on peut donc considérer l'importance de cette perte comme négligeable.

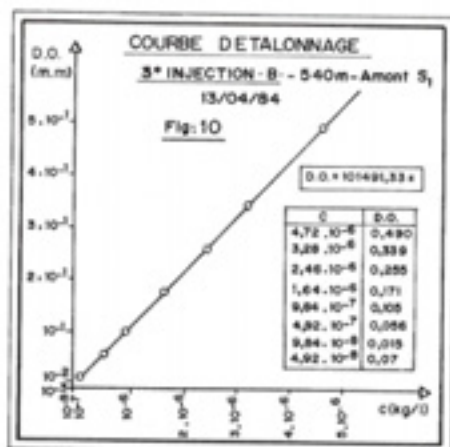
### Déroulement du deuxième essai :

La deuxième injection du colorant a été effectuée à 300 mètres, à l'amont de la station A et à l'amont de la zone où la rivière se divise en deux branches :

Sur le parcours, nous avons retrouvé la source de ZEITOUNE, qui est située juste au-dessous du rocher sur lequel est implantée la station A, sur la rive droite. Il a donc été décidé de l'observer dans le but de déceler toute apparition de colorant.

L'injection du colorant a été effectuée en déversant dans la rivière une solution constituée de 15 kg de fluorescéine dilués dans 75 litres d'eau, 15 litres d'alcool dénaturé et 7,5 litres d'ammoniaque. La concentration finale étant donc égale à 0,154 kg/l (fig. 10).



**Interprétation :**

Le colorant fut déversé dans la rivière à 11h15, le 13 avril 1984. Le temps qu'il a mis pour parcourir la distance séparant le lieu d'injection de la source S1 fut de 11 minutes. La vitesse est donc de :

$$V_m = \frac{540}{(11 \times 60)} = 0,81 \text{ m/sec, soit } 0,8 \text{ m/sec.}$$

C'est la même vitesse qui fut calculée précédemment.

Le colorant se manifesta dans la nouvelle source très visiblement, **vingt-trois minutes** après l'injection, et dans la source S1, **trente minutes** après l'injection, et à une concentration de l'ordre de  $2,5 \times 10^{-7}$  kg/l (fig. 11).

La distance qui sépare ces deux sources étant de 240 mètres, la vitesse approximative de parcours de

l'eau souterraine entre ces deux points est donc de :

$$V_m = \frac{240}{(32' - 19') \times 60} = 0,30 \text{ m/sec., soit } 30 \text{ cm/sec.}$$

A titre de comparaison, la vitesse dans le parcours compris entre le lieu d'injection et la source S1 est de :

$$\frac{540}{(32 \times 60)} = 0,28 \text{ m/sec., soit } 28 \text{ cm/sec.}$$

et la vitesse dans le parcours compris entre le lieu d'injection et la nouvelle source est de :

$$\frac{300}{(19 \times 60)} = 0,26 \text{ m/sec., soit } 26 \text{ cm/sec.}$$

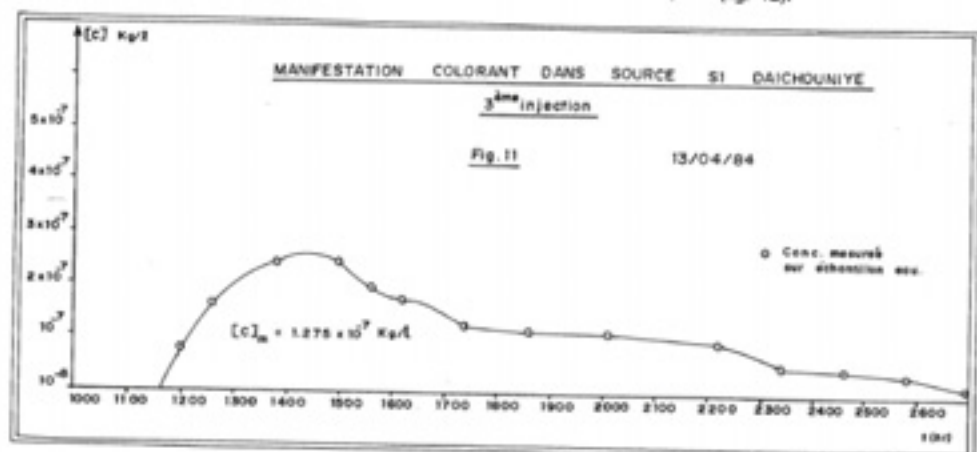
Ces valeurs étant très proches, on peut donc considérer que l'écoulement s'effectue à la vitesse de 30 cm/sec. C'est une valeur très élevée pour un écoulement souterrain. Elle indique qu'au niveau de la zone source ce écoulement s'effectue dans un **conduit karstique de dimensions importantes.**

A titre de comparaison, la vitesse d'écoulement de la rivière souterraine de la grotte de JITA, et pour un même ordre de débit (1,5 à 2 m<sup>3</sup>/sec), est de 14 cm/sec.

Le deuxième essai a donc permis de **confirmer la présence de la perte située à 500 mètres environ à l'amont de la source S1**, et de mettre en évidence l'existence d'un conduit karstique principal duquel plusieurs résurgences prennent naissance.

L'analyse de la courbe de restitution du colorant selon la méthode de JAMIER (décrite dans le AL QUATOUATE N°3 - 1988, pp. 55-56) nous a permis de calculer :

- La vitesse moyenne de parcours :  
 $U = 0,212 \text{ m/sec. ou } 763,14 \text{ m/h.}$
- La dispersion longitudinale :  $D1 = 0,39 \text{ m/sec.}$
- Le pouvoir filtrant ou le degré de complexité du système = 3,6 m (fig. 12).



## LES SOURCES DE DAICHOUNIYE

Le fait que la dispersion longitudinale D1 soit supérieure à 0,1 m<sup>2</sup>/sec. signifie que la liaison est hautement perméable. Le report sur l'abaque des valeurs de D1 et U nous a permis de constater que la possibilité d'avoir un écoulement dans un **chenal unique** est grande et plus importante qu'elle ne l'est dans les systèmes

karstiques de BALAA-GHAOUAOUIT ou DARA-ANTELIAS. En effet, en se référant au AL OUAT'OUATE N° 3 - 1988 (pages 55-56-57), nous constatons que les paramètres mentionnés ci-dessus sont particulièrement élevés.

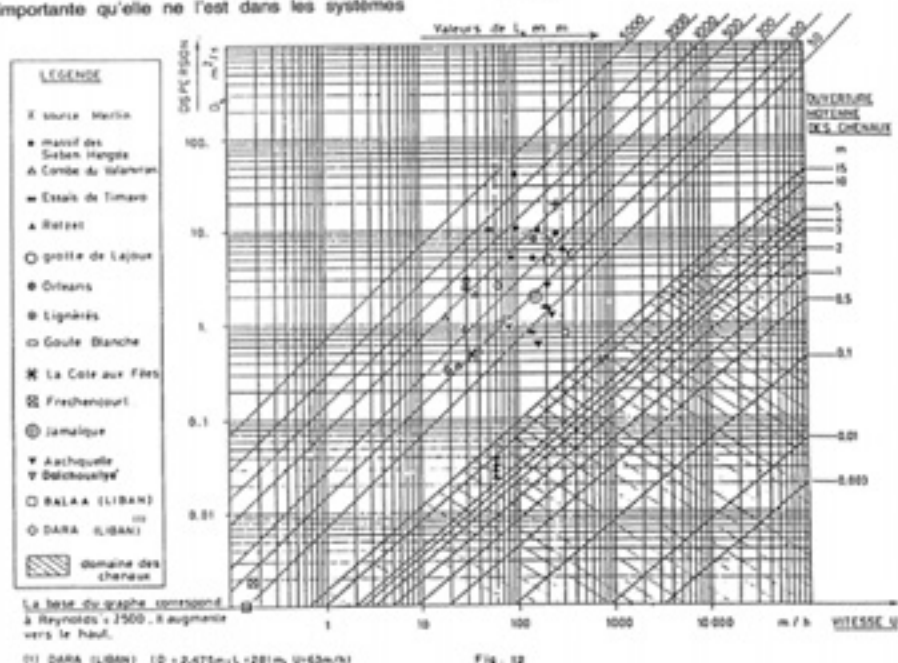


Fig. 12

DESIGNATION	VITESSE MOYENNE DE PARCOURS	DISPERSION LONGITUDINALE
Gouffre DARA - Source FAOUAR ANTELIAS	63 m/h	2,475 m <sup>2</sup> /sec
Gouffre BALAA - Source de DALLI GHAOUAOUIT	320,4 m/h	1,53 m <sup>2</sup> /sec
Perte située à 500 mètres à l'amont de la source de DAICHOUNIYE et source de DAICHOUNIYE.	763,14 m/h	0,39 m <sup>2</sup> /sec

## Bibliographie

- 1 - Etude des sources de DAICHOUNIYE à NAHR BEYROUTH. Ministère des Ressources hydrauliques et électriques. Rapport préparé par le B.T.D. en octobre 1963.
- 2 - Essais de coloration à la fluorescéine sur les sources de DAICHOUNIYE. Ministère des Ressources hydrauliques et électriques. Rapport préparé par le B.T.D. ; 1964.
- 3 - Water Resources Investigations for the NAHR BEIRUT Basin, Republic of Lebanon. Reconnaissance report. United States Department of the Interior - Bureau of reclamation. Point IV project.
- 4 - Traité pratique des Eaux souterraines. Paris. 1967. G. Costantini.
- 5 - Le régime de tarissement de la Fouz de la vis. Etude préliminaire - J. Forkasiewicz et H. Paloc. Actes du colloque de DUBROVNIK - Octobre 1965. Hydrologie des roches fissurées - vol. 1 - PP. 213-226.
- 6 - Contribution à l'étude des aquifères karstiques à partir de l'analyse des courbes de décharge et de tarissement, A. Mangin. 1970. Annales de géologie, t. 25, fasc. 3, P. 581 - 610 - 4 Fig.
- 7 - Notion de système karstique - A. Mangin, 1975. Mém. Spelunca, N° 8, t. 65 - 68.
- 8 - Les Eaux Souterraines - Schoeller 1962 - Masson et Cie, Paris.
- 9 - Avant-projet d'aménagement de Nahr BEYROUTH par ELECTRO WATT-Lahmeyer et N. ABOU HAMAD, C.E.G.P., 1965.
- 10 - Geological Map of the Western Metn Region, Mount Lebanon - by F. Kozma, 1972. A.U.B. M.S. Thesis.

# LES PNÉNOMÈNES DE DISSOLUTION À PETITE ÉCHELLE : LE CAS DES GALETS À MODELÉ POLARISÉ

Jacques BESANÇON,  
GREMO-URA 913,  
Maison de l'Orient, Lyon

Après avoir esquissé le cadre de l'érosion chimique des eaux percolant dans le sol et les formations superficielles, l'auteur se penche sur l'étude des modifications de la forme et de l'aspect des fragments rocheux incorporés dans le sol. Il rappelle le mécanisme de « l'altération pelliculaire » et nous dresse la liste des galets à modelé polarisé y compris pour les « galets à tête crayeuse » provenant de l'altération des dolomies, les « galets calcaires à vasque et à accretion », les « alvéoles en nid d'abeille » des grès calcaires, les « galets calcaires évidés » et plus rarement les « galets à peau de crocodile ». Les exemples sont essentiellement tirés de la EMqas (terrain de thèse de J. BESANÇON).

Les altérations sommitales et les accretions basales sont donc polarisées et le mouvement par descensus de l'eau percolante en est entièrement responsable.

L'article insiste dans un autre volet sur l'érosion biologique et l'action des micro-organismes pour poser à la fin le problème des sites allégés.

المؤلف جاك بزسانون هو أستاذ جيل من المرابطين البيزنطيين وقد أسس في لبنان جمعية خيرية عام 1960 لتدريس اللغة العربية بين سنتي 1960 و1970. أما أطروحة الدكتوراه دولة التي دافع عنها سنة 1974 فكان موضوعها سهل البقاع وجران في سلسلتي جبال لبنان الشرقية والغربية.

في هذا المقال يبدأ الكاتب برسم إطار بحثه ويحدده بالتحريبات الكيميائية التي تؤديها المياه المتسربة عبر طبقات من التربة أو داخل التكوينات السطحية. ويهتم هنا التركيز على التغيرات التي تتعرض لها القطع الصخرية المتناثرة في التربة وكيف أن عملية التحرية كاملة يمكن أن تتجسد في هذا الإطار الضيق وتعني بذلك تصغير التواء ونقلها وأرسلها على مسافات قصيرة.

يبدأ أولاً بعرض كيفية عمل التحرية الكيميائية التي تكلفها لأموري في أطروحة عن تربة لبنان سنة 1972 ثم يستعرض كافة أنواع الحمض ذات التشكيل المتكسب بعني المحافظة على اتجاه واحد كما سنرى.

في هذه الحمض تلك التي تحمل رأساً بطيورياً، وأساسها الصخر الدولوميتي المتعرض لإزالة مهمة من الأعلى، وكذلك الحمض الكلسية المتكونة من الأعلى والمحافظة على شكلها الأساسي من الأسفل توضع لتعودات كلسية قائمة من الأعلى. وصولاً إلى النوع الثالث الذي يكثر في مسور تحت الكلسي وهي حمض على شكل تجاوير دقيقة تذكر ببيوت التمل. ثم هناك الحمض الكلسية المتكونة وذلك التي تتكبر بين التماسيح.

الإزالة في القسم الأعلى من الحمض والتوضع في جزئها الأسفل يدعو إلى الاعتقاد أن حركة المياه كانت من أعلى إلى أسفل وإن هذه العملية لا تبدأ إلا بعد أن تكون التكوينات السطحية قد أخذت مكانها. ثم إن هذه العملية تتطلب بعض الوقت لذلك يلاحظ الكاتب أن كل التكوينات الجيولوجية الحديثة لا تعرف هذه الظاهرة.

ويشدد المقال قبل نهايته على التحرية البيولوجية الناتجة عن عمل الأحياء الجهرية التي تعيش على الصخر، ويشترط كيف أن الحمض الصوانية يمكن أن تلقد من وزنها بفقدان السيليس الذي تتفككه وأهميته ذلك على صعيد دراسات ما قبل التاريخ.

Envisagés dans le cadre de l'ensemble du Liban, les processus de dissolution des minéraux calcaires ne provoquent une ablation nette et définitive que dans la mesure où les solutions enrichies en carbonates se déversent en mer. Dans la réalité il existe de nombreuses occasions de ruptures de charge, à des distances variables par rapport au point de départ.

Au voisinage de la roche-mère (ou des débris incorporés dans les sols) il n'est pas rare que les minéraux solu-

bilisés se retrouvent à l'état solide à quelques décimètres ou même à quelques centimètres de l'endroit de leur prise en charge. Un pédologue dirait qu'ils n'ont pas été exportés « hors du profil ». De là peut résulter, par exemple, l'apparition d'un horizon alluvial enrichi en carbonate de calcium ou/et magnésium, voire en sulfate de calcium (gypse).

Toutefois il est rare que la totalité des minéraux mobilisés se redépose dans le « profil » : une certaine exportation a presque toujours lieu, dont le

volume dépend de la quantité des pluies, de la perméabilité et de la pente du terrain, de la nature des radicaux organiques contenus dans les solutions qui percolent, du temps de contact entre elles et les matériaux calcaires...

Enfin, il faut mentionner le fait que, dans ces conditions, les processus géochimiques n'affectent pas que les minéraux carbonatés, constituants essentiels des roches calcaires. Il en est de plus solubles et d'autres, au contraire, qui le sont si peu qu'on les

## LES PHENOMENES DE DISSOLUTION A PETITE ECHELLE :

qualité d'insolubles. Il existe, en laboratoire comme dans la nature, une échelle de solubilité qu'on peut résumer comme suit :

$K_2O-Na_2O > CaO > MgO > P_2O_5 > SiO_2 > Fe_2O_3 > Al_2O_3$

### 1 - Le cas des minéraux non carbonatés

Les analyses enregistrent souvent la présence de chlorure de sodium dans les eaux de ruissellement pluvial, des sources et des rivières des régions littorales. Dans certains cas elle résulte de l'intrusion de l'eau de mer dans les nappes d'eau douce soumises à des pompages excessifs (R. KAREH, 1967, 1968). Lorsqu'il s'agit de ruissellements ou de cours d'eau, la responsabilité en incombe aux pluies mêlées d'embruns en période de vent fort. Les travaux de J. LOISELET ont permis d'établir une corrélation étroite entre les chutes de pluie par vent d'ouest et l'élévation de la teneur en chlorure de sodium dans les eaux du Nahr el Kelb ou dans celles de la rivière souterraine de Jilta (1).

D'après l'échelle de solubilité, la silice, les oxydes ferugineux et surtout l'alumine sont les moins susceptibles de migrer selon le mode dissous. En multipliant les analyses avant et après décantation, suivie de centrifugation et filtrage, on a pu montrer que seule la silice peut se trouver réellement en solution dans les percolats des sols, alors que la moitié de l'alumine et les trois quarts du fer y sont à l'état colloïdal (M. LAMOUROUX, M. THIEBAUD et M. SAHYOUNI, 1968). Ces deux derniers minéraux, peu mobiles, sont donc exportés plutôt par lessivage (strict sensu) que par lixiviation. Ces observations, rapportées par des auteurs ayant procédé selon des méthodes différentes, ont le mérite d'attirer l'attention sur l'importance des migrations sélectives qui se produisent à l'intérieur et hors des sols par des processus autres que ceux de la dissolution. Leur intervention suppose, apparemment, que soient satisfaites certaines conditions touchant à la texture, à la structure (par ex. retrait

de dessiccation...), au pH... Il est parfois bien difficile de mettre en évidence la présence de ces pseudo-solutions dans les percolats. Elles participent, d'une manière qui varie fortement selon les minéraux et la saison, au soutirage initial que subissent la surface et la subsurface.

### 2 - Introduction à l'étude des modèles géochimiques des galets calcaires

Il est intéressant de se pencher sur les traces laissées par l'activité chimique des eaux de percolation dans les formations superficielles. Nous n'ouvrons pas ici le chapitre des accumulations localisées qui définissent les « sols à profil calcaire différencié ». Nous nous contenterons d'étudier les modifications de la forme et de l'aspect des fragments de roche incorporés dans les sols.

L'analyse morphoscopique des galets a jusqu'ici été moins approfondie que celle des sables (A. CAILLEUX et J. TRICART, 1959 ; G. EL-KAREH, 1990). On lit parfois quelques notations débordant les traditionnelles distinctions relatives à l'éroussé et à l'aplatissement : galets vermiculés, striés, gullochés... F. JOLY (1961) signale, dans le sud-est marocain, des galets « à picotés et colonnettes » et fait référence, à cette occasion, à K. BRYAN (1929) (2). Nos recherches en Béqaa, dans le reste du Liban et plusieurs localités de Syrie nous incitent à penser qu'il y aurait intérêt à accorder une attention toute particulière au façonnement des constituants macroscopiques des sols et sédiments quaternaires, notamment celui des fragments de roches carbonatées dont la sensibilité aux actions chimiques est élevée.

M. LAMOUROUX (1967, 1972) a été amené, en procédant à l'étude des sols rouges méditerranéens, à mettre en évidence l'intervention d'un processus qu'il baptise : altération pelliculaire des calcaires durs. Il observe que, dans toutes les régions du Liban qui reçoivent plus de 400 mm de précipitations annuelles, les débris de roches carbonatées inclus dans les sols ou formations à matrice argileuse (elle-même peu à non calcaire)

sont l'objet d'un « épluchage » répété, commandé par les variations de volume de l'argile. Après une pluie, celle-ci gonfle et adhère fortement à la surface des parois et des inclusions rocheuses. L'eau d'imbibition passe à l'attaque et réalise des effets limités de dissolution, notamment dans les micro-interstices (joints inter et intracristallins) du matériau carbonaté. Simultanément le plasma colloïdal fortement comprimé (3) pénètre à la manière d'un piston dans ces interstices agissant comme un coin. Ces deux processus individualisent une mince enveloppe (de quelques centièmes à quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur) où le calcaire, originellement compact, se résout en un agglomérat poreux de grains de calcite plus ou moins dissociés : cortex d'altération que l'ongle peut rayer. Lorsque le sol se ressuie, la rétraction de la matrice arrache la partie externe, la plus friable, de ce cortex laquelle reste collée au plasma. Sur une coupe, après avoir délogé le galet, la face interne de la cavité terreuse paraît comme badigeonnée d'un enduit blanchâtre et craquelé. Celui-ci est séparé du galet par un espace vide de l'ordre du millimètre. A l'occasion de l'averse suivante, les solutions du sol, qui percolent rapidement grâce aux fentes de dessiccation, empruntent cet interstice et font disparaître le badigeon : soit par mise en solution immédiate des grains de calcite dont la surface est très grande relativement à leur volume, soit par entraînement mécanique (lessivage). Après quoi l'imbibition de l'argile déclenche un nouveau gonflement et inaugure le cycle suivant.

Chacun des cycles aboutit donc à l'ablation d'une « tranche » de roche que l'on s'est efforcé de mesurer. Les résultats sont très variables selon la nature des cailloux (Tableau).

Tableau - Epaisseur de la pellicule en mm

Type de roche	Pellicule	Type de roche	Pellicule
Dolomie dure	0,027	Calcaire	
		moyennement dur	0,200
Calcaire dur	0,020	idem	0,300
idem	0,053	idem	0,630

Les résultats varient donc dans un rapport de 1 à 30. Les cycles peuvent se multiplier au cours de la saison des pluies à condition que s'intercalent des périodes sèches d'une dizaine de jours, condition parfaitement réalisée sous climat méditerranéen. On peut ainsi aboutir assez rapidement à la digestion du squelette calcaire (ou dolomitique) grossier des sols. Mais il faut que le drainage interne soit assuré, c'est-à-dire que la pluie ne se contente pas d'humecter le sol dans la seule tranche superficielle, soumise à l'aspiration capillaire. L'efficacité du mécanisme de l'épluchage, due aux effets de la compresse matricielle, est donc sous la dépendance directe des facteurs climatiques. Elle est en outre influencée par la texture du sol (notamment la proportion de « terre fine »), la nature minéralogique des argiles (plus ou moins gonflantes), les taux de matière organique et du carbonate de calcium total... Actuellement on peut considérer que c'est un mécanisme efficace en subsurface dans le périmètre des montagnes et en Bégaa méridionale et centrale, à l'exclusion de la Bégaa septentrionale.

En tout état de cause, l'épluchage ne modifie pas la forme des morceaux de roche auxquels il s'applique. Il amenuise leur volume d'une façon à peu près uniforme (4), comme un bonbon que l'on suce. Il n'en va plus de même dans les cas évoqués ci-dessus où le façonnement géochimique se traduit visuellement par divers micro-modèles (fig. A et B, photos 1 à 5).

### 3 - Les galets dolomitiques

Lorsqu'une formation caillouteuse ne possède qu'une matrice peu abon-

dante ou limono-sableuse, ou enrichie en carbonate de calcium particulaire (encroûtement farineux), même dans les régions recevant actuellement moins de 400 mm de pluie, on peut souvent observer des galets blanchâtres, d'aspect crayeux. On soupçonne dès l'abord qu'il s'agit de fragments de Sénonien ou de Paléocène. Il faut user du marteau pour se convaincre que l'enveloppe poreuse, friable, généralement située sur la face supérieure, n'a qu'un demi à quelques millimètres d'épaisseur. Au-dessous on reconnaît un calcaire dolomitique cristallin ou micro-cristallin, dur et compact. Cet héli-cortex, qui s'arminit sur les bords et disparaît avant que les flancs du galet changent de courbure, est le produit d'une altération du matériau et non d'un dépôt dû aux solutions du sol car la transition entre le cortex d'altération et la partie demeurée saine est progressive.

On trouve ces galets à tête crayeuse (fig. B-8) dans la chape conglomératique qui enveloppe le cône moyen du oûadi Faara (J. BESANÇON, 1969) : la coupe-type, au bord de la route, en laisse voir sur au moins trois mètres d'épaisseur, environnés par une matrice massivement encroûtée. Chacun de ces galets, une fois brisé en deux, montre un cortex poreux qui atteint son maximum d'épaisseur (jusqu'à 2 cm) à la verticale du lieu quelle que soit l'inclinaison individuelle du galet. On remarque aussi que la moitié supérieure, au-dessus du plus gros diamètre horizontal, est toujours moins bombée que la moitié inférieure : bien que convexe elle accuse une tendance au méplat. On peut donc supposer que le processus responsable de l'altération crayeuse s'accompagne d'une abla-

tion, il s'ensuit une diminution de la longueur mesurée selon la verticale et non pas nécessairement du plus grand axe du galet car celui-ci peut être couché, debout, oblique, relevant ou baissant, bien ou mal assis (5).

Ce type de micro-modèle polarisé a été retrouvé dans tout le nord-ouest de la Bégaa, de Harbata à Naira, sur les planissements d'ablation rabotant le Néogène. Le « méplat sommital » est encore plus accusé dans le cas des galets dolomitiques quaternaires qui constituent la terrasse moyenne du o. el Khal (Anti-Liban septentrional), ou un sol jaune fort mince. Dans ce cas le cortex crayeux est peu développé sinon inexistant.

### 4 - Les galets calcaires à modelé polarisé

Selon notre expérience, les cailloux purement calcaires (sans carbonate de magnésium) ne sont jamais dotés d'une véritable tête crayeuse, mais ils peuvent être également tronqués. On en voit qui présentent des sommets plats, ou très faiblement convexes et ceinturés par un chanfrein (fig. B-8). C'est le cas des gros galets, mal roulés, qui tapissent le lambeau de cône supérieur d'En Naira. Nous en avons également observé dans un banc néogène conglomératique, flexuré, près d'Et Taybeh, sur le versant droit du o. Jraibane. Les versants de l'Oronte dans le secteur de Faara-Faarouna font affleurer d'autres bancs néogènes, cette fois bien cimentés. Les très gros galets y sont tous décapités, l'espace lenticulaire béant ainsi ménagé atteignant jusqu'à 5 cm de hauteur.

Ailleurs, le tonçage produit une surface légèrement ou très nettement concave vers le ciel : ce sont les galets à vasque (fig. B-6). Lorsqu'elles sont bien creuses les vasques possèdent un rebord un peu saillant, formant comme un bourrelet déversé vers l'intérieur (photo 1). Sur la coupe offerte près des « barques » du Louket Ain el Amoud, à l'ouest de Talia, le creux de chacune des vasques semble proportionnel à la grosseur du galet, de sorte que les plus volumineux d'entre eux (5 à 10

cm) évoquent une cuillère ou une coquille d'œuf (photo 1). Le plan défini par les rebords de la vasque demeure parfaitement horizontal quelle que soit l'orientation du grand axe. Aucun galet n'est indemne sur toute la hauteur de la coupe, c'est-à-dire, ici, sur plus de deux mètres. Ces caractères sont visibles sur tous les profils ouverts le long de la route de Baalbek, qui suit le contact entre les aplanissements moyen et inférieur du cône de Taybeh.

En Béqaa septentrionale, près de Laboué, le Tatlet et Haoua a été évincé pour supprimer un coude dangereux de la route internationale. Cette butte appartient à un vieil aplanissement quaternaire (cône supérieur), ici taillé aux dépens du substratum sénonien, que surmonte un placage de conglomérats néogènes déformés. Dans ce dernier matériau, l'excavation de la partie sommitale des galets est si prononcée qu'ils ressemblent à s'y méprendre à des coquilles d'huîtres creuses. La vasque est bourrée d'un magma plâtreux assez semblable, par sa texture et sa composition, aux encroûtements farineux des horizons BCa de certains sols voisins. A proximité immédiate, les galets des dépôts quaternaires, en ravinement, sont tout au plus affectés par un méplat.

Parfois le plan de truncature ou la vasque sont irrégularisés par des micro-reliefs : picotés, colonnettes coniques et piquantes ou pinacles plus massifs. Les dimensions de ces deux dernières formes varient entre 1 mm et 5 cm pour la hauteur et 2 mm et 3 cm pour le diamètre (photo 4, fig. B-7).

Il faut encore signaler que les galets, calcaires ou dolomitiques, qui portent ces empreintes de la corrosion présentent en outre une autre particularité. L'extrémité opposée à la truncature (ou à la vasque) est ornée d'une excroissance arrondie : l'accrétion (fig. B, photos 1, 2, 3 et 5). Sur une coupe cette adjonction se différencie immédiatement, par sa couleur et sa pétrographie, du matériau constituant le galet originel, mais ressemble aux concrétions (photo 8) qui existent dans les niveaux illuviaux de

certaines sols à profil calcaire différencié.

De par leur localisation systématique et leur nature, les accrétions évoquent une accumulation combative : à l'ablation qui use le galet par son sommet correspondrait un dépôt à sa base. En fait rien ne prouve que le second est bien alimenté par la première car les volumes ne paraissent pas équivalents et il y a beaucoup de galets tronqués dépourvus d'accrétion (fig. B-7). Quand elle existe, celle-ci peut se limiter à une sorte d'enduit, de l'ordre du millimètre, ayant toutes les apparences d'une salissure blanche, beige, ocre ou rougeâtre. En y regardant de plus près on s'aperçoit que ce calcin adhère si fermement à son support qu'il est difficile de l'en détacher même à coups de marteau (ex. : le galet de basalte de la photo 2). La face interne des débris écaillés que l'on obtient alors est souvent noire. Dans d'autres cas, l'accrétion peut atteindre plusieurs centimètres. La coupe montre alors un aspect varvé, chaque lit se différenciant des voisins par sa couleur et son état plus ou moins cristallin. Leurs contacts sont éventuellement soulignés par un mince cône noir. En général les feuillets internes sont plus épais, plus forcés et plus compacts que les lits externes dans lesquels on peut observer des petites vacuoles arquées en forme de coups d'ongle.

Lorsque la matrice terreuse est pauvre en carbonate de calcium, la couleur est saumonée ou rouge, parfois lie-de-vin. Sinon elle est plus claire et son matériau, plus vacuolaire, semble moins homogène (fig. B-8). Il adhère moins intimement à la base du galet : on l'en détache plus facilement. Enfin, une accrétion très épaisse peut inclure quelques fragments détritiques, du grain de sable au gravillon : accrétion micro-conglomératique.

##### 5 - Autres types de modelés géochimiques

Les oblitérations géochimiques ci-dessus passées en revue ne se développent qu'aux dépens des galets de roches carbonatées dures et homo-

gènes. Les galets de pépite ou de grès calcaires fins sont plutôt taraudés d'alvéoles : en nid d'abeille (fig. A-4). Incorporés aux formations quaternaires, on peut difficilement les considérer comme les produits d'une corrosion éolienne, d'autant que les minces veinules de calcite secondaire, qui suivent les micro-diaclases, sont, en dépit de leur fragilité, les mieux respectées : elles dessinent parfois comme un squelette arachnéen qui évoque quelque peu les cargneules.

Il existe encore toute une gamme de galets évadés. La carie peut affecter les galets calcaires d'une formation profondément enfouie, baignée par une nappe phréatique (ex. : les puits de la zone de partage des eaux Litani-Oronte) : ils sont alors partiellement remplis d'un limon calcaire rougeâtre (fig. B-5) entrelardé de feuillets ou de perles de calcite recristallisée, translucide (photo 1). Elle a aussi vidé de leur contenu certains galets d'un encroûtement farineux au sommet de la butte appartenant au cône supérieur de Taybeh : ils ressemblent à une outre remplie de terre limono-argileuse et éclatent au moindre coup de marteau. Certains affleurements de pouddings tertiaires, bien cimentés, possèdent également des galets cariés pour partie (Pliocène du Gharbieh) ou presque sans aucune exception (vallée de l'Oronte à Ain Zarqa : gorge du o. el Bir), comme si le ciment avait mieux résisté à la corrosion que les galets qu'il embaile. Au bout du compte il peut ne plus subsister qu'une enveloppe courbe, réduite à moins d'un demi-centimètre d'épaisseur, qui donne l'impression d'avoir affaire à une lumachelle.

Enfin, quoique plus rarement, dans les sols caillouteux de la Béqaa centrale des galets guillochés (fig. A-3) ou à peau de crocodile (fig. A-2) (J. BESANÇON et Ph. MAHLER, 1966) : les sillons qui marquent leur surface s'alignent le long des veinules de calcite qui, dans la masse, sont tachées par des plages d'oxyde de fer (6). Il y a des galets de marnes crayeuses qui s'ornent d'écaillés de tortue (fig. A-2) qui desquament, sous lesquelles apparaît le liseré vert des

algues endolithes. Dans les alluvions de basse terrasse quelques galets ronds ou oblongs conservent de fines antennes de calcite (ex. : Otay).

## 6 - Conclusion

Les altérations ou ablations sommitales et les accrétions basales sont polarisées. Il est tentant d'en conclure que le mouvement *per descensum* de l'eau de percolation est responsable des unes comme des autres, puisque l'agressivité des solutions circulant dans le sol tend nécessairement à s'épuiser du haut vers le bas. Si le mécanisme de l'épluchage échappe à toute polarisation, le système « vase + accrétion » lui est entièrement subordonné, à tel point que la position individuelle du galet n'entraîne aucune conséquence. Il en résulte que ces micro-modèles ne peuvent être acquis que postérieurement à la mise en place des dépôts qu'ils affectent. Par ailleurs, il semble qu'il y faille du temps puisque les formations récentes (par ex. les alluvions des basses terrasses holocènes) sont indemnes, sauf le cas des galets empruntés à des formations plus anciennes.

En définitive, les oblitérations géochimiques des galets carbonatés sont conditionnées par la durée de l'exposition, la nature médiocrement perméable du matériau encaissant (encroûtement diffus intense, argile compacte, ciment abondant et massif), la distance à la surface et la lithologie (porosité, veinules, hétérogénéité...). Il n'y a pas de localisation préférentielle dans tel ou tel horizon du sol, contrairement aux galets calcaires du Languedoc dont les modes d'altération diffèrent selon qu'ils se trouvent dans les horizons A2 ou Bt (J.-M. LAPORTERIE et J.-L. MERCIER, 1972).

## 7 - Le rôle des micro-organismes

Nous avons précédemment signalé, à propos des galets à écailles de tortue, la présence d'algues endolithes. A la différence des plaques plus ou moins circulaires de mousses ou lichens, blanches, grises, noi-

râtres, verdâtres ou violacées, qui envahissent les laplès nus, il ne s'agit pas d'un recouvrement mais d'une intrusion biologique qui s'installe au-dessous de la surface. Elle n'est décelable qu'à la condition d'user du marteau. Alors apparaît un liséré vert clair, continu, d'une épaisseur maximum de 4 mm, localisé entre 3 et 6 mm de profondeur, qui imprègne les pores de la roche.

Nous en avons observé à toutes les altitudes depuis le voisinage du niveau de la mer jusqu'au Gomet et Saouda. Tantôt il n'affecte que la face supérieure des galets ou autres débris rocheux gisant à la surface du sol, tantôt il les enrobe complètement, tantôt il affecte les parois d'un lapiaz alvéolaire. Ce phénomène, relativement moins fréquent au niveau de la haute plaine de la Béqaa, semble sous la double dépendance du climat et de la lithologie, ce qui détermine à chaque étage le choix des gîtes (7).

A El Mghit (couloir du Dahr el Baldar, vers 1 450 m), le liséré vert semble correspondre au phénomène décrit par A. de FANTI (1971) dans les Alpes des Dolomites au-dessus de 2 200 m. Selon cet auteur, les petites alvéoles de 0,3 à 1 cm de profondeur sont tapissées d'une sorte de cendre blanchâtre dans les creux et, sur les bosses râpeuses, d'une « patine ». Etudiée au microscope, cette dernière laisse voir une structure complexe composée de feuilles de quelques dixièmes de mm d'épaisseur :

- un horizon inférieur, au contact de la roche saine, pénétré par des algues vertes unicellulaires : Chlorophycées et Cynophycées,
  - un horizon médian blanchi, poreux, friable et donc appauvri,
  - un horizon supérieur plus cohérent et gorgé de micro-organismes.
- Parmi ceux-ci on a relevé la présence de très nombreuses Bactéries, des filaments verdâtres de Rivulariacées (*Calothrix parietina*, *Rivularia minutula*), des organismes ronds contenant une gelée incolore ou rougeâtre présumés être des Crococcacées (*Glaucocapsa rupestris*, *g. sanguinea*) et quelques Diatomées.

Tout se passe comme si les algues endolithes de l'horizon inférieur

constituaient la vague pionnière et procédaient, grâce aux acides organiques qu'elles produisent, à un nano-quaternement, condition nécessaire à la circulation de l'air (oxygène et surtout gaz carbonique). Elles pénétreraient ainsi de plus en plus profondément, comme le laissent à supposer les prolongements dendritiformes, jusqu'à un niveau défini par la profondeur ultime de pénétration des rayons lumineux. Les horizons sus-jacents, devenus poreux et abandonnés, seraient alors plus ou moins complètement colonisés par des micro-organismes hétérotrophes, seconde vague de peuplement. C'est à la perte de cohésion enregistrée dans l'horizon médian, qui semble leur être inaccessible ou médiocrement habitable et qui demeure vacuolaire et peu cohérent, que l'on devrait, dans le cas des substrats marno-calcaires, le phénomène de l'écaillage (argilloclastie ?).

Nous avons ailleurs signalé la présence, dans le corps de certaines accrétions et concrétions pédogénétiques calcaires, d'un cème noir séparant certains de leurs feuillettes (photo 3) : or il possède la même épaisseur et émet les mêmes protubérances dendritiformes que les lisérés d'algues endolithes. Dans quelques échantillons de roches calcaires massives placés à l'abri de la pluie durant 3 ou 4 ans, les cèmes verts ont fini par perdre leur coloration due à la chlorophylle et sont devenus noirâtres. En l'attente d'analyses plus précises on peut donc émettre l'hypothèse que certains des cèmes noirs pourraient être l'héritage laissé par des lisérés endolithiques périrés (8).

## 8 - Observations complémentaires

Sans doute faut-il se garder de généraliser hâtivement : toutes les taches noires ne sont pas nécessairement des restes d'endolithes. On en observe par exemple, dans les nodules ou rognons calcaires nombreux au niveau du toit de la nappe phréatique (dalle de nappe, photo 6), et qui témoignent d'une hydromorphie saisonnière peu compatible avec les exigences de ces végétaux élémen-

## LES PHENOMENES DE DISSOLUTION A PETITE ECHELLE :

taires. Les analyses pédologiques signalent la présence de taches noires et pisolithes ferrugineuses ou ferro-manganifères dans beaucoup d'horizons illuviaux. Nous en avons nous-mêmes trouvés de nombreuses occasions :

- pisolithes friables, grosses comme des chevrotines, dans les formations meubles, à « nodules » calcaires de la Bèqaa méridionale,

- pustules et pastilles poreuses, de 2 à 3 cm de diamètre, à la base des argiles rouges décarbonatées (ex. : formation de Tef Hizzine, en Bèqaa centrale), tantôt libres, tantôt collées au sommet des galets de la ligne de gravats,

- enveloppement noir, de 1 à 3 mm d'épaisseur, autour de chacun des galets calcaires et des silex inclus dans l'encroûtement farineux conglomératique à la base des sols du Gharbiyeh (Bèqaa centrale) ou du Seham el Baidar (Bèqaa méridionale)...

Dans tous les cas cités, le fer mobilisé a précipité à l'intérieur ou au contact d'un horizon fortement enrichi en carbonate de calcium, au pH élevé et présentant, au moins saisonnièrement, une nette hydromorphie.

C'est souvent dans ces mêmes matériaux d'âge quaternaire qu'apparaît un type complémentaire d'oblitération géochimique, affectant les constituants grossiers. Il modifie la couleur des fragments de silex, naturels ou taillés par l'homme. En bref, nous avons noté que l'outillage acheuléen moyen, abondamment représenté en Bèqaa du sud, est systématiquement revêtu d'un vernis sil-

ceux brun (7,5 YR 5/6 en humide), un peu moins foncé que celui dont se pare le Paléolithique Supérieur de la Bèqaa centrale (ex. à Saalid : 7,5 YR 4/4), mais moins rouge que celui des artefacts de l'acheuléen récent (5 YR 6/6). En Bèqaa méridionale on trouve aussi une patine jaune-orangé (10 YR 7/8) notamment sur quelques grosses pièces Levallois. Par contre les outils néolithiques sont tout au plus saisis ou légèrement dépouillés, à la rigueur blancs (très mince cortex).

A ce propos, il faut se méfier des imprécisions sémantiques qui risquent de compliquer le dialogue par exemple entre les géomorphologues et les préhistoriens. Pour les seconds, toute altération superficielle de la couleur d'un silex est une patine, ou encore un vernis pour peu qu'elle soit lisse et luisante. Ils signaleront donc la « patine blanche » des artefacts néolithiques évoqués ci-dessus. Pour les premiers, dont les concepts ont été établis en régions arides, le vernis est le résultat de micro-migrations de la silice et d'oxydes métalliques, l'horizon d'accumulation se développant au-dessus de l'horizon appauvri. Dans cette perspective la patine (voire la patine-croûte, J. TRICART et A. CAILLEUX, 1969) désigne un vernis épais reposant sur un niveau partiellement déminéralisé et donc fragilisé. Toutefois il est peu probable que les « vernis » auxquels nous nous référons ici correspondent à une simple exsudation. Le film siliceux a plus probablement été emprunté aux solutions des nappes phréatiques. Avant même de disposer de données analytiques on peut affirmer qu'outre

la silice il contient des pigments ferrugineux ou ferro-manganifères, responsables de la diversité des teintes. D'ailleurs certains silex acheuléens moyens sont piquetés de points et taches noirs, irrégulièrement répartis, plus nombreux et plus couvrants sur le talon réservé que sur les faces d'enlèvement.

Les travaux de J.-M. LAPORTERIE et J.-L. MERCIER (1972), consacrés au Languedoc, nous ont conduits à élargir notre champ d'observation aux silex naturels et aux galets de grès siliceux. Si nous n'avons pas trouvé de caries dans les quartz, nous avons recensé des silex et grès à épais cortex déminéralisés (porosité accrue, teinte plus claire) ou avec des cernes et des micro-diaclases envahies par du fer (rouge ou noir) et même des galets siliceux allégés : ils ont perdu de leur poids (extraction des minéraux solubles) mais non de leur volume. Des invasions de fer, d'argile et même de néo-silice sont alors décelables. Ces divers matériaux rocheux suscitent un vif intérêt car ils peuvent avoir enregistré des oblitérations successives (= palimpsestes géochimiques) et survivre incomparablement plus longtemps que les galets carbonatés (J. BESANÇON, 1982).

Les basaltes, plus minoritaires, défontent une longévité intermédiaire. Ils peuvent s'envelopper d'un cortex déminéralisé et finir par être pourris à cœur. Cette évolution se produit plus rapidement dans un encroûtement farineux que dans une matrice argileuse. Isolés à la surface, ils résistent beaucoup mieux (9).

### Notes

- 1 - Une partie des données est reproduite dans le tableau IX de B. HAKIM (1972) et le tableau 27 de M. LAMOUROUX (1972).
- 2 - L.F. ARISTANAN (1971) y fait également allusion. A. RUELLAN (1967) signale, au Maroc, l'existence d'une « épaisseur assez forte de calcaire plus ou moins dur... accrochée à [la] partie inférieure des cailloux » (p.431). Même allusion dans P. BILLAUX, Ch. BALDY et S. BAYAN (1960, p. 21).
- 3 - En lumière polarisée le plasma présente des « cutanes de pression » disposées parallèlement à la surface du galet.
- 4 - Les études auxquelles nous nous référons ont porté sur des galets originellement émoussés. Des cailloux anguleux y perdent certainement leurs arêtes.
- 5 - Cette polarisation facilite l'identification des réemplois, c'est-à-dire des remaniements (photo 5) ou contaminations.
- 6 - Dans la même région nous avons récolté de rarissimes galets tronçonnés : chaque tranche est couverte, sur les deux faces, par cet enduit argilo-ferrugineux. On imagine fort bien que la dissolution sélective, qui s'attaque aux veinules de calcite des galets guilochés, puisse aboutir à ce résultat, d'autant que le plasma argileux du sol s'y introduit aussitôt. On voit ainsi se réaliser une fragmentation qui ne doit rien au gel.



- 7 - En Béqaa du sud, des liserés verts ont été observés dans des silex (Seham el Baidar).
- 8 - Les accrétoires ou concrétions possédant plusieurs cernes seraient donc bien polychroniques, ce que laisse déjà supposer l'hétérogénéité (couleur et pétrographie) des feuillets varvés qui les constituent.
- 9 - Si les galets de basaltes de la nappe mindélienne du Yahfouha, isolés à la surface, sont encore en bon état (sur l'apex du cône de Rayak), ceux qui parsèment une plus vieille surface rabotée par le Nahr el Bared à l'époque de sa capture tombent en poussière sous la simple pression du doigt (J. BESANÇON, 1977).

## Bibliographie

- 1 - L.F. ARISTANIAN, 1971 - On the definition of caliche deposits. *Zeitsch. für Geomorpho.*, 15/3, 274-289.
- 2 - J. BESANÇON, 1969 - Remarques sur la géomorphologie du piémont nord-occidental de la Béqaa (Liban) : l'exemple du ouadi Faara. *Hannon, Beyrouth*, IV, 1-52.
- 3 - J. BESANÇON, 1977 - A propos de certaines surfaces d'aplanissement localisées dans le secteur suborbital du Liban. *Hannon, Beyrouth*, VII-XII, 5-26.
- 4 - J. BESANÇON, 1982 - Les figures d'altération des silex du Liban et leurs implications. in « *Archéologie du Levant. Recueil à la mémoire de Roger Saidah* », Maison de l'Orient, Lyon, 21-32.
- 5 - J. BESANÇON et Ph. MAHLER, 1966 - Etude géomorphologique préliminaire de la région de Talia (Béqaa centrale, Liban). *Tell Amara*, 47.
- 6 - P. BILLAUX, Ch. BALDY et J. BAYAN, 1960 - Notice explicative pour la carte d'utilisation des sols de la région El Hermel-EI Kaa. *Tell Amara*, 48 p.
- 7 - K. BRYAN, 1929 - Solution-faceted limestone pebbles. *Amer. Journ. of Scien.*, XVIII, 193-208.
- 8 - A. CALLEUX et J. TRICART, 1959 - Initiation à l'étude des sables et galets. C.D.U., Paris, 75.
- 9 - G. EL-KAFIJEH, 1990 - Proposition d'une statistique morphométrique de l'usure des nattes liée à la résistance de la roche-mère. *Ann. de Géogr., Univ. St. Joseph*, 9, 75-96.
- 10 - A. de FANTI, 1971 - Forme di corrosione dovuta a microrganismi osservate nel gruppo del Civetta (Alpi Dolomitiche). *Bull. della Soc. Geogr. Ital.* ; XII, 10-12, 605-618.
- 11 - B. HAKIM, 1972 - Analyse du contenu dissous de certaines sources du Liban. *Mém. Fac. Pédag., Un. Lib.*, Beyrouth, 132.
- 12 - R. KAREH, 1967 et 1968 - Les sources sous-marines de Chekka (Liban-Nord). Exploitation d'une nappe karstique captive à exutoires sous-marins. *Hannon, Beyrouth*, II, 35-59 et III, 93-121.
- 13 - M. LAMOUROUX, 1967 - Altérations des roches dures carbonatées sous les climats humide et subhumide du Liban. *Coll. Interdisc. sur les calcaires du Liban, Hannon, Beyrouth*, II, 25-34.
- 14 - M. LAMOUROUX, 1972 - Etude de sols formés sur roches carbonatées (pédogenèse fersiallitique au Liban). *Mém. ORSTOM, Paris*, 266.
- 15 - M. LAMOUROUX, M. THIEBAUD et M. SAHYOUNI, 1968 - Roches carbonatées et eaux au Liban. *Magon, Tell Amara*, 22, 29.
- 16 - J.-M. LAPORTEFIE et J.-L. MERCIER 1972 - Contribution à l'étude des dépôts et des sols à l'est de Montpellier. *Thèse 3 Cycle, Strasbourg*, 230.
- 17 - J. TRICART et A. CALLEUX, 1969 - Le modelé des régions sèches. *SEDES, Paris*, 472.

## Légendes de photos

- Photo 1 - Oblitérations sur galets calcaires. A gauche, vasque simple et accrétoire mince et varvée. A droite, carie très avancée avec recristallisation secondaire de la calcite en mamelons.
- Photo 2 - Micromodèles calcaires, accrétoires moins développées. A gauche, galet de basalte avec calcaire décollable. Au centre, galet tronqué à puissante accrétoire rose en voie de destruction (inverser l'image). A droite, accrétoire blanche bourgeonnante comme celles en « choux-fleurs » des karsts internes.
- Photo 3 - Micromodèles calcaires (suite). A gauche, amas induré rose. Au centre, galet de dalle saumon, ultérieurement accrétoire ; remarquer les cernes noirs. A droite, galet de dalle de nappe, gris-jaune, à accrétoire enveloppante et cernes noirs.
- Photo 4 - Micromodèles calcaires (suite). Oblitérations sur galets calcaires : sommets tronqués. A gauche, avec chanfrein et pinacles. A droite, avec vasque et colonnettes. En bas, galet d'abord tronqué, puis carié.
- Photo 5 - Micromodèles calcaires (suite). Au centre, galet à accrétoire microcristalline rougeâtre varvée. A côté, deux galets à accrétoire ancienne (saumon à droite) qui ont été ensuite remaniés et tronqués.
- Photo 6 - Concrétions calcaires. A gauche, coprolithe rouge. A droite, croûte feuilletée blanche. Au centre : en haut, galet de dalle calcaire saumon ; en bas, fragment de dalle de nappe actuelle, jaunâtre à taches noires.

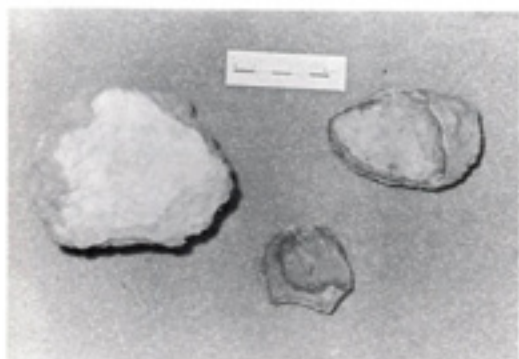
LES PHENOMENES DE DISSOLUTION A PETITE ECHELLE :



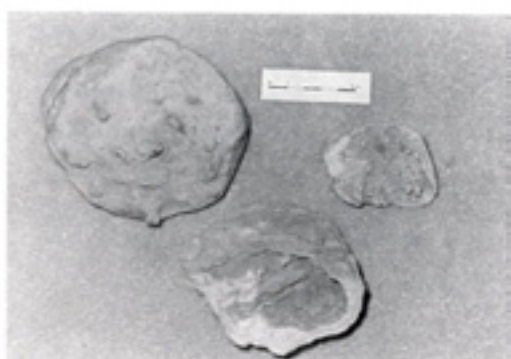
1 (clichés J. BESANÇON)



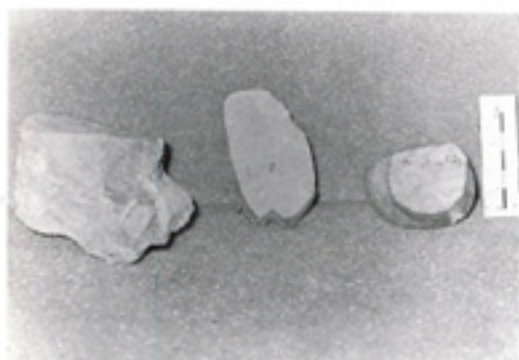
2



3



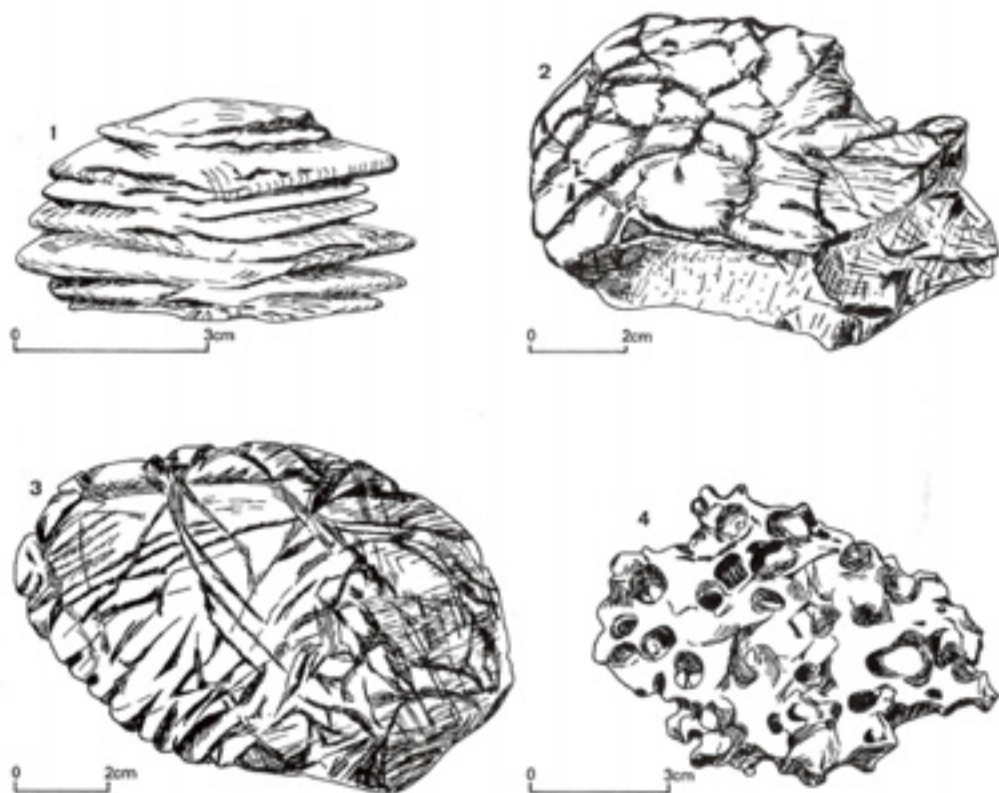
4



5



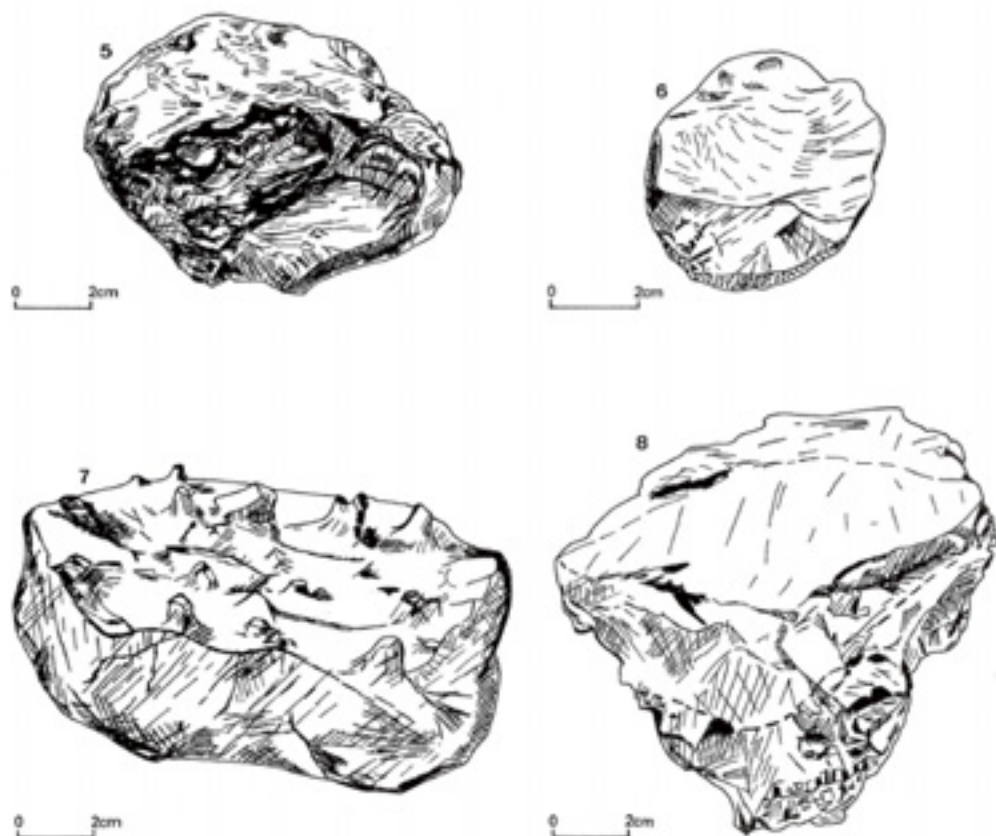
6



- 1- Fragment de calcaire marneux du Cénomarien supérieur. Le litage est mis en évidence par la corrosion nivale plus efficace que la cryoclastie. (O. er Rjoum, massif du Gornet es Saouda, vers 2900m).
- 2- Cailloux de marnes crayeuses (Sénonien-Paléogène). Modelé en «caille de tortue» sur la face supérieure. En coupe: matière blanche et poreuse, avec un liseré vert clair d'endolithes (figuré par de gros points noirs). (Haut de plémont, sur le cône de Talia, Béqaa centrale).
- 3- Galet «gulloché», révélant les veinules de calcite semi-transparente qui courent dans la roche. (Béqaa centre-orientale).
- 4- Galet perforé, en «nid d'abeilles». Autre effet de la corrosion nivale. Même appartenance et même localisation que le numéro 1.

Fig A – Quelques types de galets à altération géochimique

LES PHENOMENES DE DISSOLUTION A PETITE ECHELLE :



- 5- Galet de calcaire, tronqué, plus tard partiellement érodé et boursé de limon argileux rougeâtre. Très mince accrétion litée sur la face inférieure (Cœur de la Béga centro-septentrionale, dans un puits).
- 6- Galet calcaire tronqué en vasque avec accrétion basale litée, figurée par des points (Dans un épais horizon à encroûtement farineux, Loukat ain el Aamoud).
- 7- Galet calcaire tronqué, avec colonnettes, sans accrétion; gullochures embryonnaires surtout sur les flancs (Tafia).
- 8- Galet dolomitique, tronqué avec chanfrein et tête crayeuse. Puissante accrétion (au-dessous du tiré), plus ou moins vacuolaire et conglomératique (Chape du cône rasé de Oued Faara).

Fig B – Quelques types de galets à altération géochimique

## PERLES DES CAVERNES CUBIQUES ET POLYEDRIQUES.

Jacques CHOPPY  
Ingénieur-Consultant

182, rue de Vaugirard  
75015 PARIS

En 1989, nous avions repéré dans la grotte de Nabaa el Mghara quelques nids de perles de cavernes. Ils étaient groupés sur un sol stalagmitique de faible déclivité et arrosé d'un maigre fillet d'eau en provenance du plafond.

Dans l'un d'eux se présentaient, mélangées à des perles sphériques, des perles cubiques à angles arrondis.

A peu de distance, on observait une accumulation de pisolites de petites dimensions.

Il est bien possible que les perles cubiques observées par F. ZOGHBI proviennent de là (voir aussi « Le Liban Souterrain », N° 3 - 1991, pages 63 et 64).

Connaissant l'intérêt particulier que porte à ce genre de phénomène J. CHOPPY, nous lui avons demandé quelques précisions sur l'évolution de ces concrétions.

Nous publions ci-après la note qui nous est parvenue en remerciant son auteur pour les informations qui ne peuvent que compléter la très courte documentation que nous possédons à ce sujet.

Nous regrettons cependant de ne pouvoir illustrer ce texte de bonnes photographies, la qualité des photocopies qui nous ont été remises laissant à désirer.

In 1989 we noted the presence of pisolites in the Nabaa el Mghara cave. One of these groups of « cavern pearls » was a mixture of spherical shapes and of cubes with rounded angles. Nearly was another group of smaller pisolites. In the following note, Jacques CHOPPY, who has long been interested in such concretions, describes their evolution.

في سنة ١٩٨٩ عينا في مغارة نوع المغارة موضع الجيوب المتحوية على لآلئ المغاور. كانت هذه مجموعة من ارض قلبة الامتداد تكسوها السواعد وتسلفها حصى ماء شوية متساوية من السطوح.

كما لاحظنا في إحدى هذه الجيوب لآلئ كروية الشكل وهي مختلطة مع مثيلات لها مكنية ومدورة الزوايا. وترانكت على مسافة قريبة منها كومة من العروج الصخرية المصم. مما يقودنا إلى الاعتقاد ان هذا المكان هو مصدر لآلئ الكعب الذي رآه السيد ف. زحبي. (راجع مجلة لبنان الجيوب، العدد ٢، ١٩٩١، الصفحات ٦٢ و٦٤).

نظراً لمرغبتنا بالامسية الخامسة التي يربها السيد جاك شوبي لهذا النوع من الظواهر فانا طلبنا منه بعض المعلومات الدقيقة عن تطور هذا التكثف الكبي.

سننشر فيما يلي الكلمة التي وصلتنا، شاركين للكتاب للمعلومات القيمة التي ستكامل ما نملكه من مراجع قلبية خاصة بهذا الموضوع.

ونأسف مع ذلك لاننا لن نتمكن من تزويد النصح بالرسم بسبب رداءة الصور الفوتوغرافية التي سُئمت إليها.

## 1. EXEMPLES DE PERLES CUBIQUES

La première « dragée » cubique qui ait été signalée (fig. 1) provenait d'une cavité artificielle ; comme toutes les autres, ses angles sont arrondis.

BALSAN représente des perles approximativement cubiques de l'aven Lacas (Aveyron) et signale des perles « carrées » dans la grotte de Malaval (Lozère).

HUBART signale de rares perles de cavernes cubiques dans la grotte de Ramoul (BELGIQUE).

Plusieurs centaines de perles cubiques, de 5 à 10 mm d'arête, ont été trouvées dans une grotte de l'île Mona, sur la côte de PORTO RICO (QUINLAN).

Le « monocristal de calcite » de 0,1 mm d'arête, signalé par BINI, FORTI dans la Forgnone cave (Lombardia, ITALIE), et dont HILL, FORTI donnent de meilleures représentations, peut difficilement être considéré comme une perle de caverne, bien qu'ayant été trouvé parmi d'authentiques micropérlés (0,1-4 mm de diamètre) dépourvues de noyau.

## 2. EXEMPLES DE PERLES POLYEDRIQUES

BAKER, FORSTICK ont signalé des perles polyédriques en AUSTRALIE.

Des perles « polyédriques », dont certaines se rapprochent nettement d'un cube de 6 à 8 mm d'arête, ont été trouvées dans la grotte de Su Marmorì (Sardaigne, ITALIE - DELL'OCA, POZZI).

Des perles polyédriques, assez irrégulières, ont été trouvées dans le tunnel ferroviaire de Bergeggi (Savona, ITALIE - PERNA).

Des perles géantes, dans une cavité elle-même géante (comme cela pourrait être de règle), de forme approximativement polyédrique, sont représentées figure 2.

Des perles polyédriques ont été observées dans la grotte de Los Brejos (BRÉSIL - photo 14065).

Les micropérlés de la ghetarul de la Scarisoars (ROUMANIE), de dimensions comprises entre 0,3 et 0,9 mm, et liés à des processus de gel-dégel, sont polyédriques (VIEHMANN).



## PERLES DES CAVERNES CUBIQUES ET POLYEDRIQUES

### 3. GENESE DES PERLES CUBIQUES PAR CONTACTS ENTRE PERLES

Dans l'aven Longs (La Cresse, Aveyron) se trouvaient des perles blanches, = cubiques dans leur cuvette de formation, ce qui fait que, se touchant, elles restent plates sur le côté, sans toutefois se souder à cause du mouvement léger que leur imposent les gouttes tombant du plafond peu élevé. Comme elles sont maintenues dessus et dessous, elles restent plates, d'où leur forme sensiblement cubique = (JOLY). PERNA donne une explication à peu près identique (fig. 4), disant que l'eau imprime seulement un mouvement d'oscillation (alors que, dans une perle des cavernes traditionnelle c'est d'un mouvement de rotation).

PASSOS GUIMARAES représente des « pisolithes déformés de type polyédrique, dont la structure originellement circulaire est visible sur la face cubique ».

Des perles de caverne cubiques ont été trouvées en Ardèche (RODET) dans un nid lui-même rectangulaire; ce nid a également été représenté par CAILLAULT; le même site en contient 5 autres à perles cubiques, dont nous ne savons rien d'autre. Par contre, une perle, ayant subi un « processus de corrosion/érosion », montre le passage de la forme sphérique à la forme cubique.

Un grand nombre de perles cubiques en calcite, de 2 à 8 mm d'arête, ont été



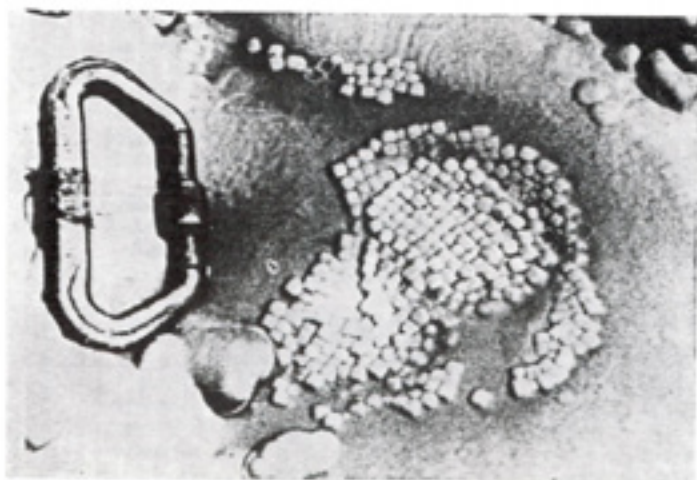
2

trouvées cimentées dans une cascade stalagmitique de l'antro di Corchia (Alpi Apuane, ITALIE); toutes les perles analysées (environ 50) ont un noyau très petit (quelques microns de diamètre); elles ont un cœur sphérique jusqu'à 2-3 mm de diamètre et sont alors devenues cubiques, avec une dimension maximum de 2 à 8 mm; la structure cristalline est étudiée (fig. 7) et des explications complémentaires proposées (fig. 6 - FORTI, PENSABENE).

Dans Castelguard, les perles sont = rangées comme des morceaux de sucre dans une boîte = (HILL, FORTI - fig. 3); la perle vue au microscope électronique (fig. 7) montre que le début

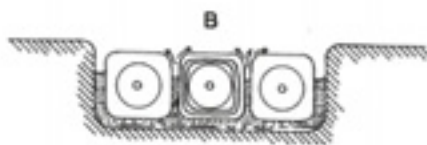
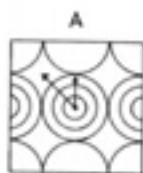
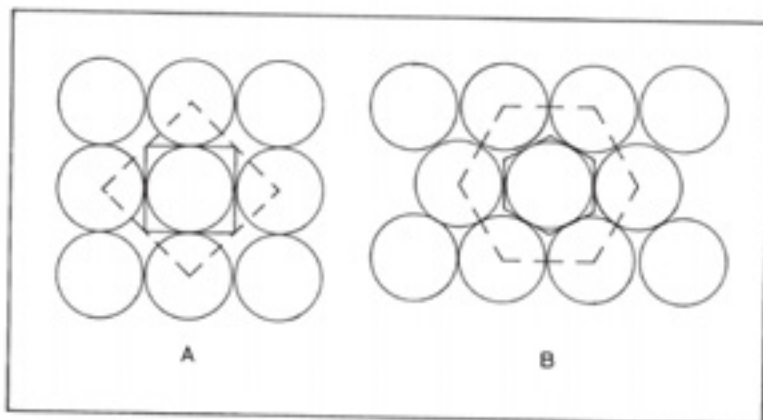
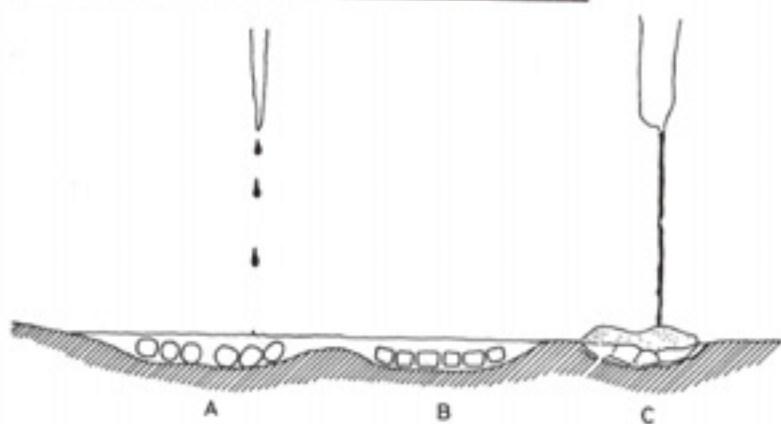
de la formation est sphérique, mais passe très vite à une forme cubique; ce qui conduit encore une fois à la même explication (fig. 5 A); la perle hexagonale, qui pourrait sembler plus logique (fig. 5 B), n'est pas connue. La figure 5 fournit un élément de réponse à cette remarque.

Dans l'aven de Banicous (Lozère), les perles = étaient toutes réunies dans une même alvéole, et de formes différentes, allant de la sphère à peu près parfaite au cube aux angles arrondis, en passant par le disque aplati. Leurs dimensions variaient de 3 mm de diamètre, pour la plus petite, à 14 mm, pour la plus grande. Toutes étaient du type « porcelaine ».



3

PERLES DE CAVERNES CUBIQUES ET POLYEDRIQUES:



## PERLES DES CAVERNES CUBIQUES ET POLYEDRIQUES

c'est-à-dire à grain extrêmement fin, d'un blanc très pur et d'une patine fort lisse, d'aspect vitrifié - (BALSAN).

Des perles de caverne cubiques ont été trouvées au bord du « lac aux Perles » de la grotte de la Ciמוש (Hérault - collection DURAND DE GIRARD) ; leur arête ne dépasse pas 3 mm ; des formes de transition entre la perle cubique et la perle sphérique y ont été aussi trouvées.

L'association dans les mêmes sites de perles sphériques et cubiques, et le fait que beaucoup des sites à perles cubiques et polyédriques se trouvent dans des roches dolomitiques, confortent le principe d'une genèse habituelle à partir de perles sphériques.

### 4. GENESE DES PERLES CUBIQUES PAR ENROBAGE DE RHOMBOEDRES

Dans la collection de Monsieur PAILLE, spéléologue, à Taza (MAROC), j'ai vu en 1952 une pièce minéralogique provenant des environs de Taza, dans laquelle on voit des strates de concrétion saine, d'autres se découpant en petits rhomboédres, ces petits rhomboédres se transformant en oolithes, le tout noyé dans un ciment ; bien que cette pièce suggère des explications séduisantes, elle semble n'être qu'un cas isolé.

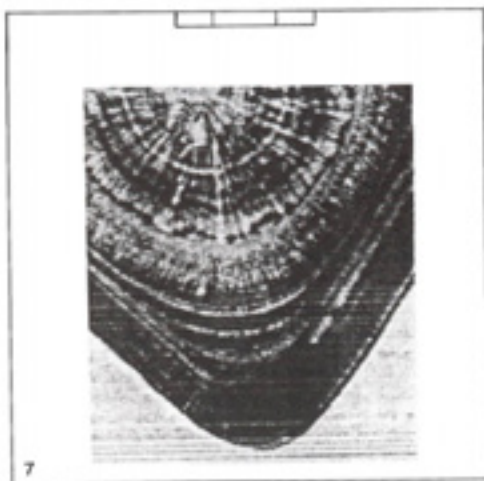
### 5. GENESE DES PERLES POLYEDRIQUES

Les perles polyédriques sont apparemment moins rares que les perles cubiques.

Encore qu'aucune étude ne leur ait été consacrée, on ne voit pas que les perles polyédriques aient pu prendre leur forme autrement que par contact ; il semble qu'elles soient fréquemment plus grosses que les perles cubiques ; ce qui laisserait entendre qu'elles se sont formées dans des conditions de plus haute énergie, avec des déplacements relatifs au cours de leur croissance ; les perles de Los Brejones ne sont pas sur une surface initialement plane.

### 6. CONCLUSION

Quelque douze sites répertoriés montrent que, bien que très rares, les perles cubiques sont des formes karstiques à part entière.



### 7. ILLUSTRATION

Fig. 1 (d'après BLEICHER, CHOFFAT) : galerie de captage d'eau dans la propriété nommée Quinta Guedes, à 1 500 m au sud de Trafaria, près de Lisbonne (PORTUGAL) ; « dragée rendue cubique par la présence de six dépressions lisses associées » (x 1,3).

Fig. 2 (d'après AULER - photo J. AYRTON LASEGAUNI) : gruta do Padre (Bahia, BRÉSIL) ; « perles » géantes de forme prismatique irrégulière (diamètre 20 cm) ; ça ressemble à une évolution d'argile polygonale (POUR MOI : l'original de la même photo est classé à cascade stalagmitique dans les dossiers jaunes) (non publiable).

Fig. 3 (d'après ROBERGE, CARON) : dans Castélgard cave (Albert, CANADA), nid de perles de caverne cubiques dans la seconde fissure : le mousqueton a approximativement 10 cm de long.

Fig. 4 (d'après FERNA) : formations de perles de caverne dans une petite vasque : A) la stillation fait rouler la perle, qui devient sphéroïdale - B) dans une petite vasque où les mouvements de l'eau suffisent à imprimer seulement de légers mouvements d'oscillation, on voit seulement d'abord quelques noyaux polyédriques, les perles prennent toutes une forme polyédrique - C) une

grosse perle, tenue en mouvement par une forte stillation, présente des figures d'érosion à la partie inférieure.

Fig. 5 (d'après ROBERGE, CARON) : A) arrangement orthogonal de l'enrobage des sphères - B) un arrangement hexagonal de l'enrobage des sphères semblerait plus logique ; il est inconnu.

Fig. 6 (d'après FORTI, PENSABENE) : dans un environnement caractérisé par une basse énergie, obstacle lié à l'arrangement dans l'espace et bassin d'eau unique ; quand les perles viennent en contact les unes avec les autres (A), chaque accroissement successif sera plus rapide vers les interstices que le long des contacts, de sorte qu'il se développe des couches asymétriques, transformant la forme de la perle de sphérique en cubique. Si les perles ne sont pas complètement submergées durant des intervalles suffisamment longs (B), l'alimentation en eau à la partie supérieure se fera surtout par capillarité, et le film d'eau y contrôlera également le développement plan des perles.

Fig. 7 (d'après FORTI, PENSABENE) : entro di Corchia (Alpi Apuane, ITALIE) section d'une perle cubique ; la structure cristalline près de l'angle arrondi, où le cristal de calcite traverse imperturbablement plusieurs couches, est évidente.



## 8. BIBLIOGRAPHIE

- AULER 1988  
 BAKER, FROSTICK 1947 (d'après PERNA 1959)  
 BALSAN 1953  
 BINI, FORTI 1981  
 BLEICHER, CHOFFAT 1900  
 CALLAULT 1988  
 DELL'OCA, POZZI 1959, 139  
 DURAND DE GIRARD 1982. Inédit (d'après ROBERGE, CARON 1983)  
 FORTI, PENSABENE 1989  
 HILL, FORTI 1986, 50-1  
 HUBART 1964 (d'après HILL, FORTI 1986, 51)  
 JOLY 1929 (également signalé dans JOLY 1931)  
 PASSOS GUIMARAES 1974, photo 46  
 PERNA 1959  
 QUINLAN J.F. 1982. Inédit (d'après ROBERGE, CARON 1983)  
 ROBERGE, CARON 1983  
 RODET Joël. Inédit (d'après FORTI, PENSABENE 1989)  
 SCARAGLIARINI 1973  
 VIEHMANN 1963

## BIBLIOGRAPHIE DEVELOPPEE

- AULER A. - 1988, Gruta do Padre (Brésil). La plus longue caverne d'Amérique du Sud; *Spelunca* (5) 32, 18-22.  
 BAKER J., FROSTICK A. C. - 1947. Pisoliths and colths from some Australian caves and mines; *Journ. of Sedimentary Petrology* XVII, 39-67, 4 pl.  
 BALSAN L. - 1953, Matériaux pour servir à l'étude des perles de cavernes de la région des Grands Causses; 1<sup>er</sup> Congr. Intern. de Spéléologie, Paris, II, 343-56.  
 BINI A., FORTI P. - 1981, Genetical observations on some macrocrystal cave pearls found in two caves of Lombardia (Northern Italy); *Proceed. Eight Intern. Congress of Speleology*, 2, 747-50.  
 BLEICHER, CHOFFAT - 1900, Contribution à l'étude des dragées calcaires des galeries de mines et de captation d'eau; *Communications da Direcção dos Serviços Geológicos, Lisbonne*, IV/1, 7 p., 1 pl.

CALLAULT S. - 1988, Noctambules. La vague à l'âme, La Tronche, n° 38, 44 photographies.

DELL'OCA S., POZZI A. - 1959, Note speleologica di una escursione attraverso la Sardegna (1956); *Rassegna Speleologica Italiana* XI/3, 130-47.

FORTI P., PENSABENE G. - 1989, The cubic cave pearls of the Corchia karst system (Apuane Alps, Italy); *Proceed. 10. Congrès International de Spéléologie, Budapest*, I, 69-70.

HILL C. A., FORTI P. - 1986, Cave minerals of the world; *National Speleological Society, Huntsville (USA)*, X + 238 p., 135 fig. noir, 33 fig. couleurs.

HUBART J. M. - 1964, Les pisolithes de la grotte de Ramioul; *Bull. cherc. Wallonie* 19, 179-86.

JOLY R. de - 1929, Explorations spéléologiques sur le Causse Noir; *Bull. Soc. Hist. Nat. Nîmes XLVI/1928-9*, 45-60.

JOLY R. de - 1931, Explorations spéléologiques sur le Causse (2<sup>e</sup> campagne, Causse Noir); *Rev. Club Cévenol, Paris*, 6/1-2, 64-73.

PASSOS GUIMARAES J. E. - 1974, Espeleotemas e pérolas das cavernas; *Secr. da Agricultura - Inst. Geogr. e Geol., Sao Paulo*, 24 p., 47 fig. h. t.

PERNA G. - 1959, Perle di grotta poliedriche della Galleria ferroviaria di Bergeggi (Savona); *Rassegna Speleologica Italiana* XI/1, 18-20.

ROBERGE J., CARON D. - 1983, The occurrence of an unusual type of pisolith: the cubic cave pearls of Castélgard cave, Columbia Icefields, Alberta, Canada; *Castélgard... Symposium; Arctic and alpine research* 15/4, 517-22.

SCARAGLIARINI E. - 1973, L'évolution des perles des cavernes; *Sototerra, Riv. Gruppo Speleol. Bolognese* n° 35 (traduction française dans *Speleo - L, Bull. Comité Régional Spéléo Alsace et Lorraine* n° 6/1975, 37-41).

VIEHMANN I. - 1963, Un nou proces de geneza e perlelor de caverna (= Un nouveau processus de genèse des perles de caverna), résumé français; *Lucrarile Institutului de Speologie - Emil Racovita - I-II/1962-1963*, 295-303.

## LA PERLE DE CAVERNE HEXAGONALE

Sami KARKABI

Dans la synthèse relative aux perles de cavernes cubiques et polyédriques, de Jacques CHOIPPY (voir article précédent), il est clairement indiqué que la **perle hexagonale** qui pourrait sembler plus logique (fig. 5b), n'est pas connue et dans le commentaire de cette même figure, il est ajouté : un **arrangement hexagonal de l'enrobage des sphères semblerait plus logique, il est inconnu.**

Il se fait que dans MGHARAT EL KASSARAT (Antélias), nous avons observé et photographié dès

1969 cette perle rare, dans son contexte original.

Il est fréquent de trouver dans les grottes libanaises des perles de cavernes groupées ou disséminées. Elles sont généralement du type classique offrant bien entendu quelques particularités quant à leurs couleurs ou leurs textures.

Nous ne décrivons ici que celles de formes variées découvertes dans Nabaa el Mghara (Hraje) et dans Mgharat el Kassarat (Antélias).

### NABAA EL MGHARA :

(géologie : J6 – Calcaires du Jurassique supérieur)

Cette grotte a déjà fait l'objet d'un compte-rendu détaillé (Al Ouat'Ouate n.s. N° 4 – 1989, p. 17 à 54). Nous avons omis de signaler, et pour des raisons évidentes, la localisation des perles de cavernes sphériques ou cubiques (la grotte à cette époque n'était pas encore protégée).

C'est dans un diverticule ouvert des deux côtés vers le cours d'eau souterrain que nous avons repéré quelques nids de perles de cavernes étalées dans des gours de calcite de petites dimensions.

Le plancher en cet endroit est uniformément concrétionné. Plat dans sa partie supérieure, il accuse une forte déclivité à l'approche de la galerie principale. Il est alimenté par de fortes infiltrations d'eau en période humide provenant d'une fissure au contact du plancher et de la paroi, mais aussi de gouttelettes percolant à travers le plafond.

C'est dans la partie médiane qu'apparaissent sur un petit ressaut les premiers pisolites soudés au sol. Des gours (ph. 1 et 2) s'étagent irréguliers plus bas, dans lesquels se rencontrent (dans quelques-uns seulement) des perles libres. Ces gours sont protégés par de petites barrières stalagmitiques (que l'on distingue fort bien sur les photos) et dont certaines sont criblées de petits trous dus aux gouttes d'eau percolant du plafond.

Nous ne décrivons ici que les gours à perles illustrés par les photos 1 et 2.

### MGHARAT EL KASSARAT

(géologie : J4 – Calcaires du Jurassique moyen).

C'est sur des photos d'archives que nous illustrerons le parterre à perles de Mgharat el Kassarat. Celui-ci se trouve dans la partie active de la grotte à l'abri des crues de la rivière souterraine.

Cette grotte a déjà fait l'objet d'une étude détaillée (Al Ouat'Ouate n.s. N° 3 – 1988, p. 24 à 31).

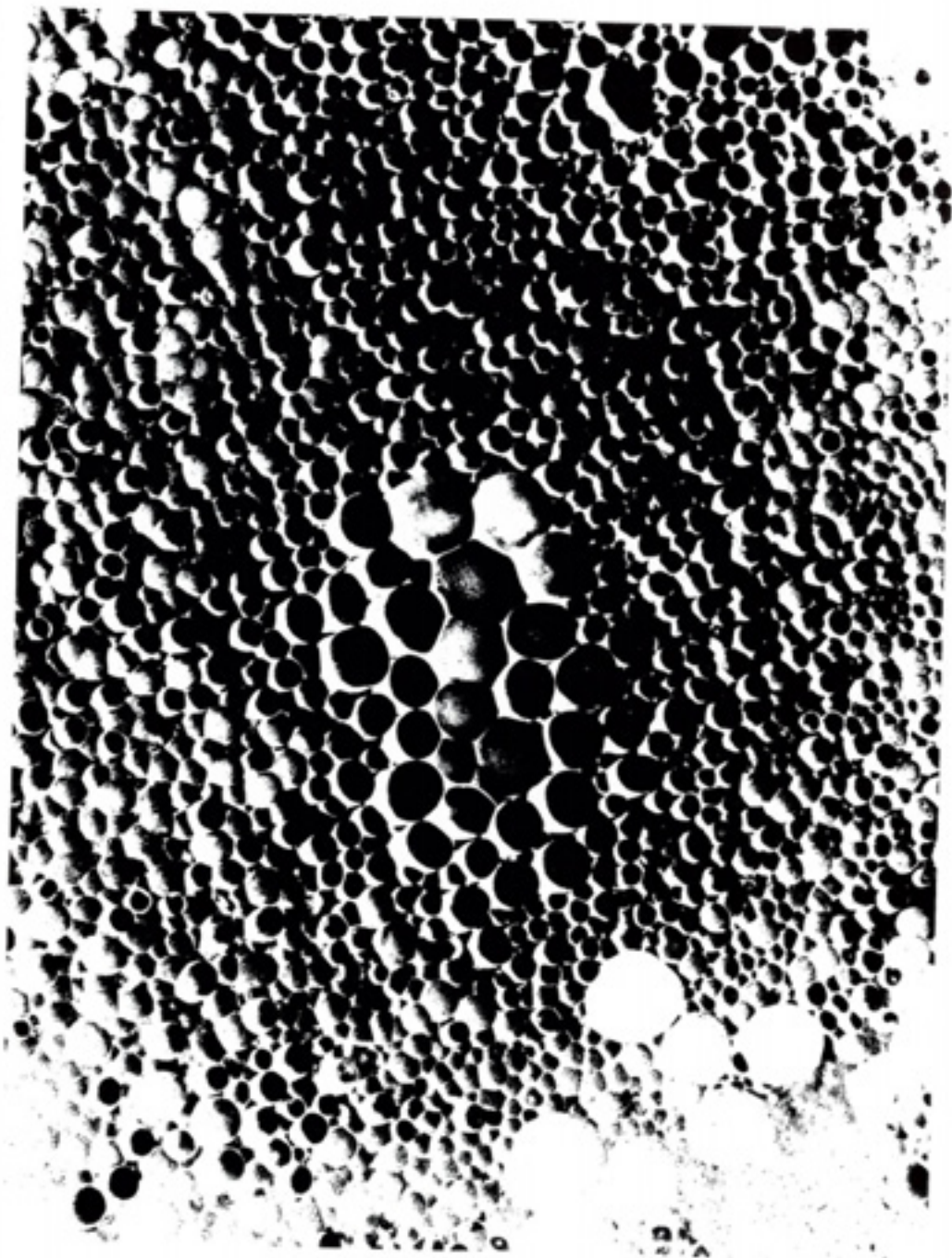
Nous n'avons jamais plus retrouvé les traces de la **rivière souterraine** de la **grotte des Kassarat** découverte et explorée en 1969. Un bouleversement géographique dû à l'**exploitation inconsidérée des carrières d'Antélias** en est principalement la cause. On ne saurait assez déplorer par ailleurs, et dans le même lieu, la disparition totale de deux des plus importants sites préhistoriques du Liban, à savoir :

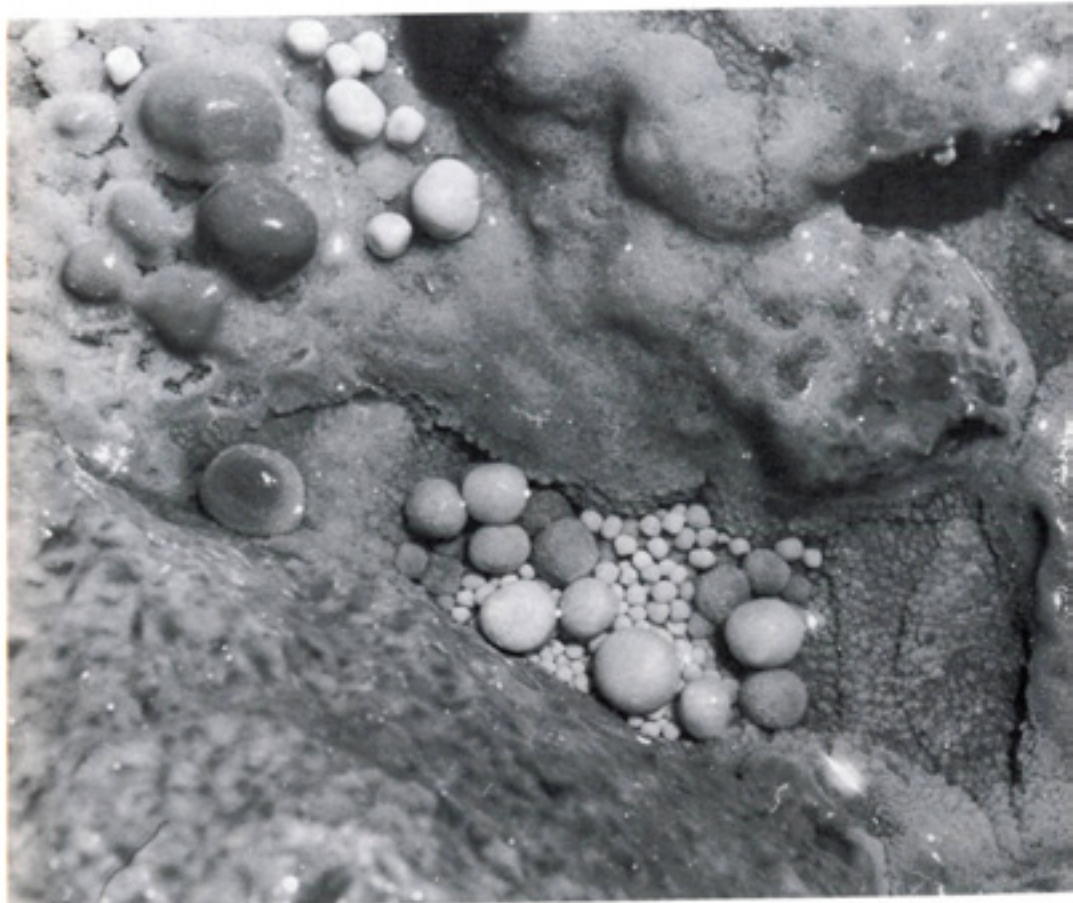
**La grotte d'Antélias** dont la principale industrie relevait du Paléolithique supérieur (Aurignacien du Levant) et qui a été complètement détruite en 1964.

**L'abri Bergy**, site unique où l'on pouvait constater la transition entre Kébarien et Kébarien géométrique, totalement détruit en 1969.

**Ksar Akil** : sauvé de justesse en 1969 par le Conseil national du tourisme, à la demande expresse du P. Francis HOURS et du Spéléo-Club du Liban. Il est abandonné depuis 1975 et il est à craindre, au cas où la direction des Antiquités ne prend pas d'urgence les dispositions nécessaires, que ce site, le plus important du Proche-Orient, ne vienne à disparaître à son tour.

*Nous nous excusons de cette digression, mais nous devons de signaler une fois de plus aux autorités compétentes la destruction gratuite aussi bien du patrimoine archéologique que celui des ressources en eaux souterraines.*





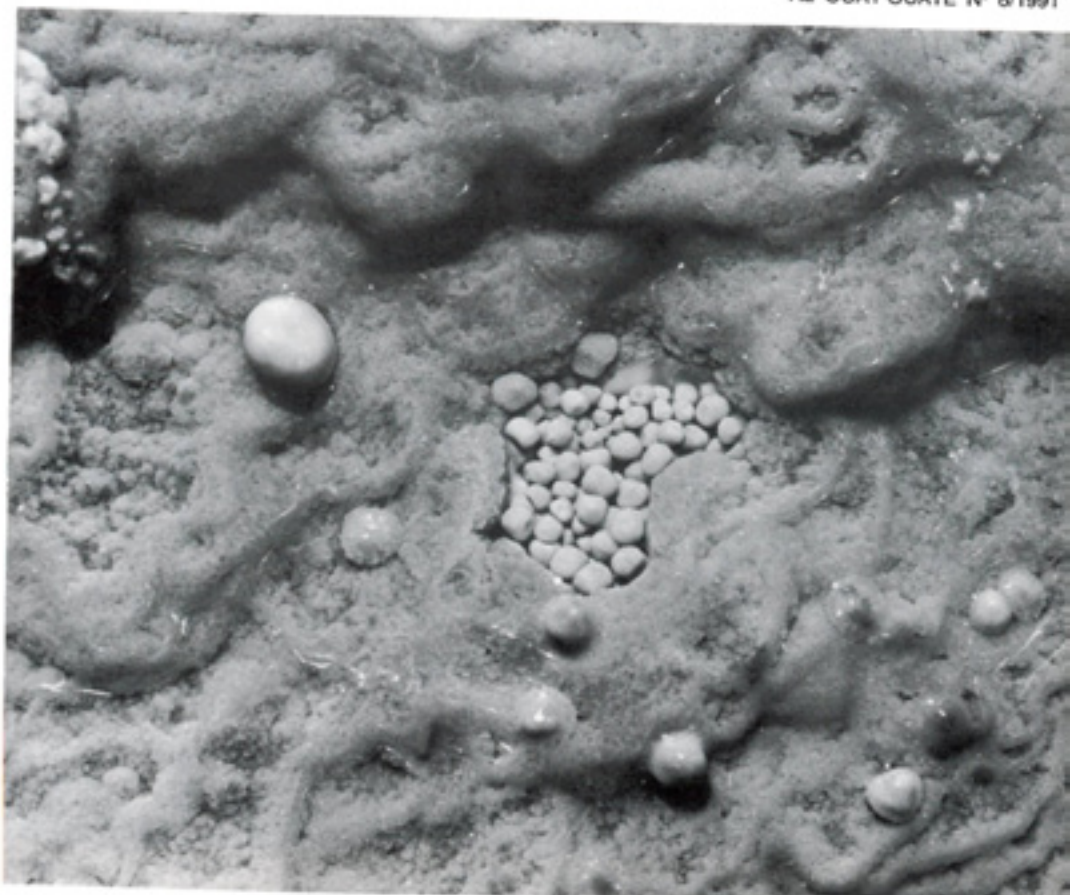
– Mgharet Nabaa el Mghara : perles sphériques

Ph. 1 cl. S. Karkab

**Photo 1** – Le gours est de forme irrégulière, rectiligne en aval et largement festonné en amont. Les perles de petites tailles (2 à 4 mm) se sont accumulées à la base et restent plus dispersées dans la partie supérieure. Elles sont soit sphériques, soit pseudo-cubiques. Des perles de plus grande taille les recouvrent en partie (1 cm à 1,5 cm). La texture est assez grossière et certaines présentent des efflorescences dans les par-

ties exposées à l'air. La couleur est généralement blanche.

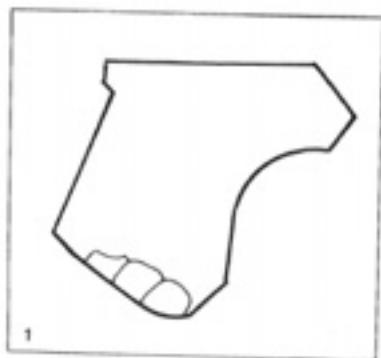
Remarquons que les grosses perles sont alignées dans une direction préférentielle NO sur la photo (direction de la mini barrière de calcite, drainant de fait les eaux de ruissellement), ce qui porterait à croire que les plus petites ont subi un mouvement descendant entraînés par le courant d'eau.

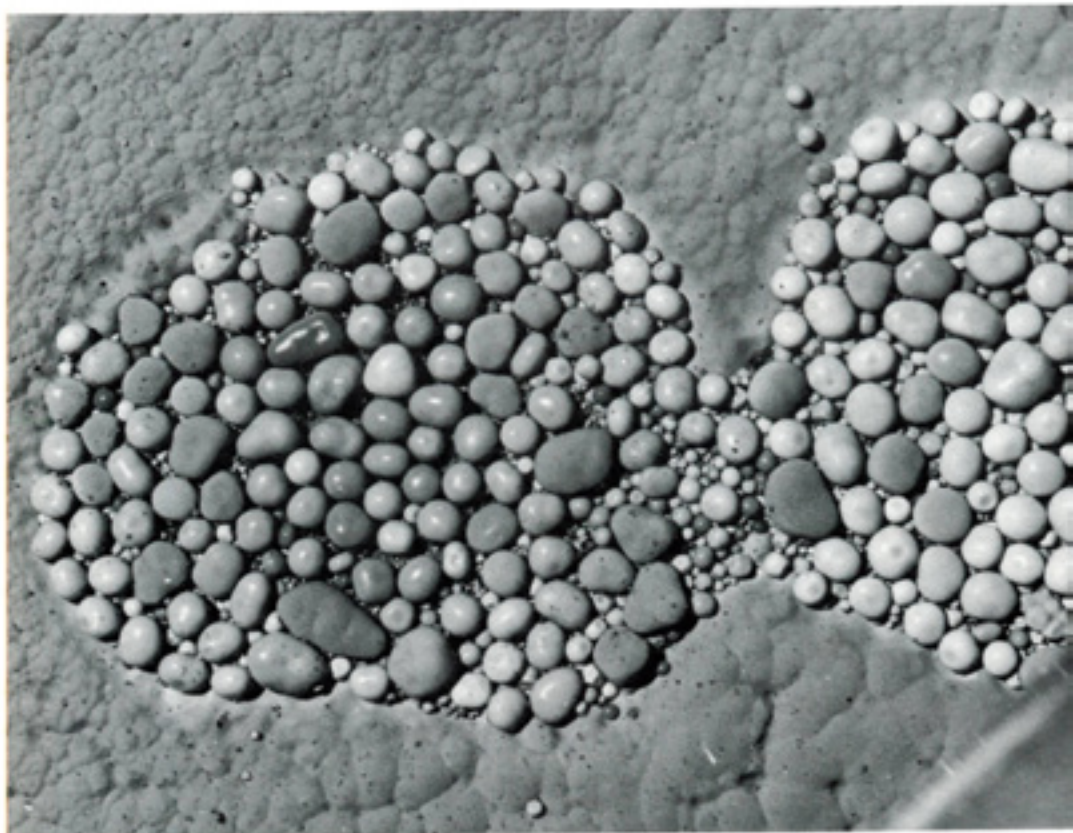


perles cubiques

Ph. 2 cf. S. Karkabi

**Photo 2** – Ce gours est composé uniquement de perles cubiques ou pseudo-cubiques. Les contours de cette poche sont nettement rectilignes (fig. 1) et le contact des perles épouse fidèlement le contour du gours. Même remarque que pour la photo 1 concernant la petite barrière concrétionnée protégeant le nid de perles.





- Mgharet et Kassarai : nids de perles sphériques et de perles en « toupies » -

Ph. 3 cf. S. Karkabi

**Photo 3** - C'est sur environ 16 m<sup>2</sup> que s'étalent les perles de cavernes de toutes formes et de dimensions comprises entre 1 et 16 mm.

Se trouvent isolées et sur un fond de calcite des cuvettes sphériques s'enchaînant sans transition l'une à l'autre. Les perles qui s'y trouvent sont uniformément réparties et présentent des formes diverses : irrégulières, rondes, en toupies, ovoïdes, plates... On n'y voit pas de perles cubiques. Elles sont dans l'ensemble du type « porcelaine » et les grandes tailles sont posées sur un lit de micro-perles.

**Photo 4** - Le parterre apparaît moins homogène que dans la ph. 3. On distingue à la gauche et dans la partie supérieure de la photo 4 la présence de nombreuses perles libres dont certaines présentent une partie concave (maïforme).

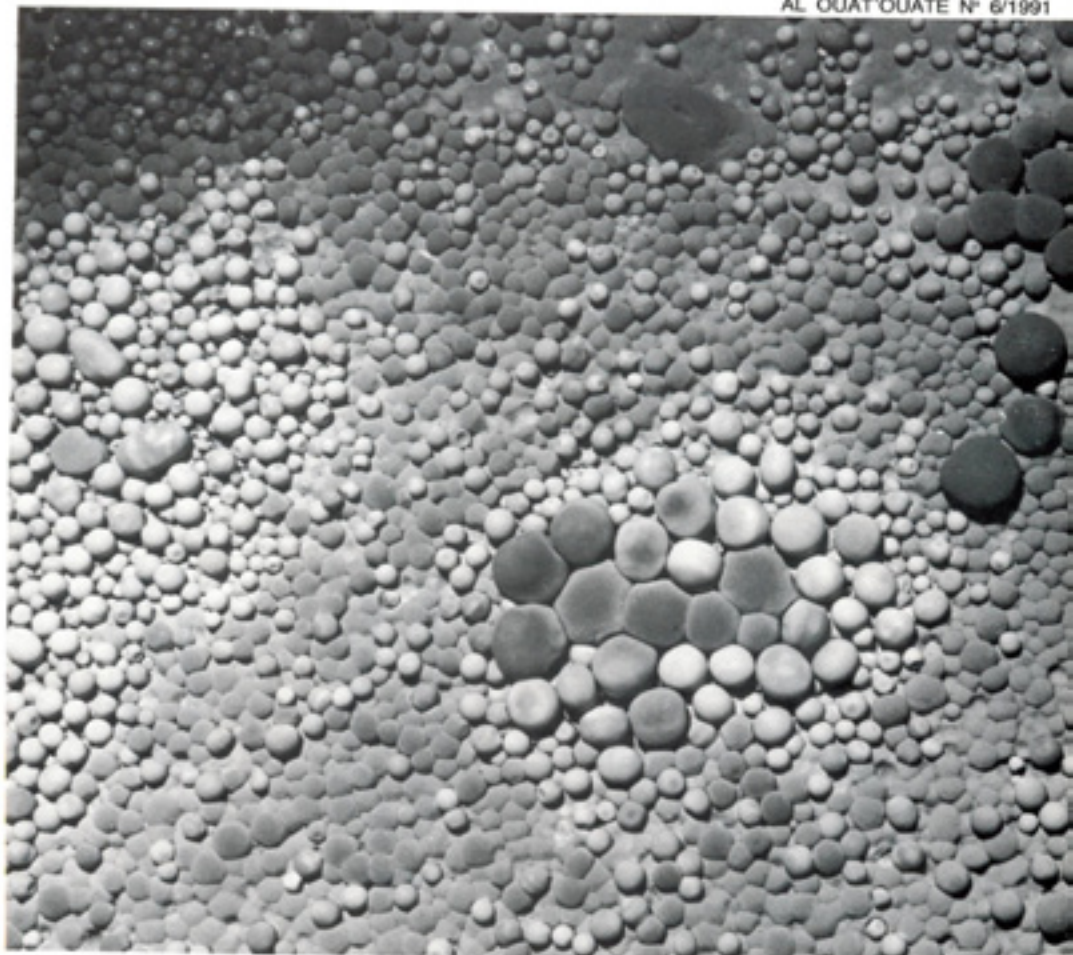
Mais ce qui nous semble assez particulier c'est le coin droit inférieur de la photo présentant une merveilleuse organisation de perles rondes, polyédriques et

une sinon deux hexagonales. Les perles pseudo-cubiques sont également apparentes.

La figure 5b de l'article de J. CHOPPY et que nous reprenons ici, nous la devons à ROBERGE et CARON. Elle représente un arrangement hexagonal de l'enrobage des sphères. Nous retrouvons in situ la preuve que ce phénomène inconnu jusqu'ici existe. Il est vrai que l'on est tenté d'interpréter l'hexagone en eptagone. Cela est dû à la petite perle venue s'insérer entre le pisolithe et l'hexagone, lui conférant la naissance d'un septième angle (fig. 2 et ph. 4.)

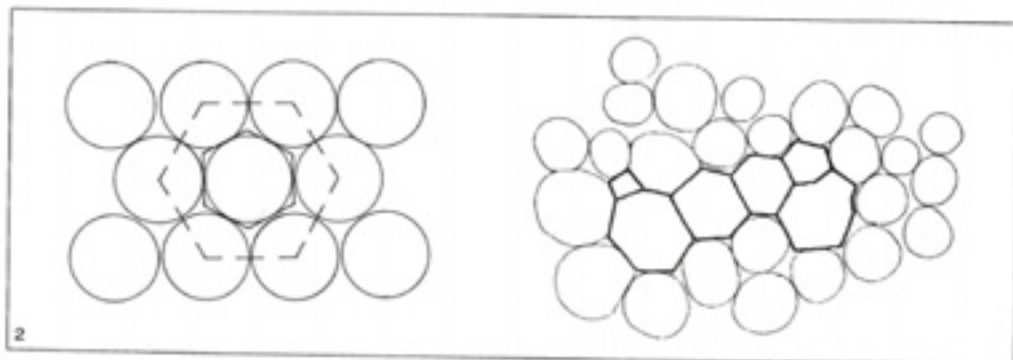
Il est intéressant de noter aussi que ces perles sont posées sur un plancher formé de perles polyédriques soudées les unes aux autres. Par ailleurs, et ceci pourrait n'être qu'une illusion (dans l'impossibilité de vérifier le fait), la ceinture de perles sphériques semble avoir une allure nettement rectangulaire.

La qualité des cristaux est ici rugueuse, de couleur blanche ou légèrement foncée et d'aspect mat et terne.



perles polyédriques, hexagonales et perles sphériques.

Ph. 4 - cf. S. Karkabi



2

## NABAA EL MGHARA (suite)

Sami KARKABI

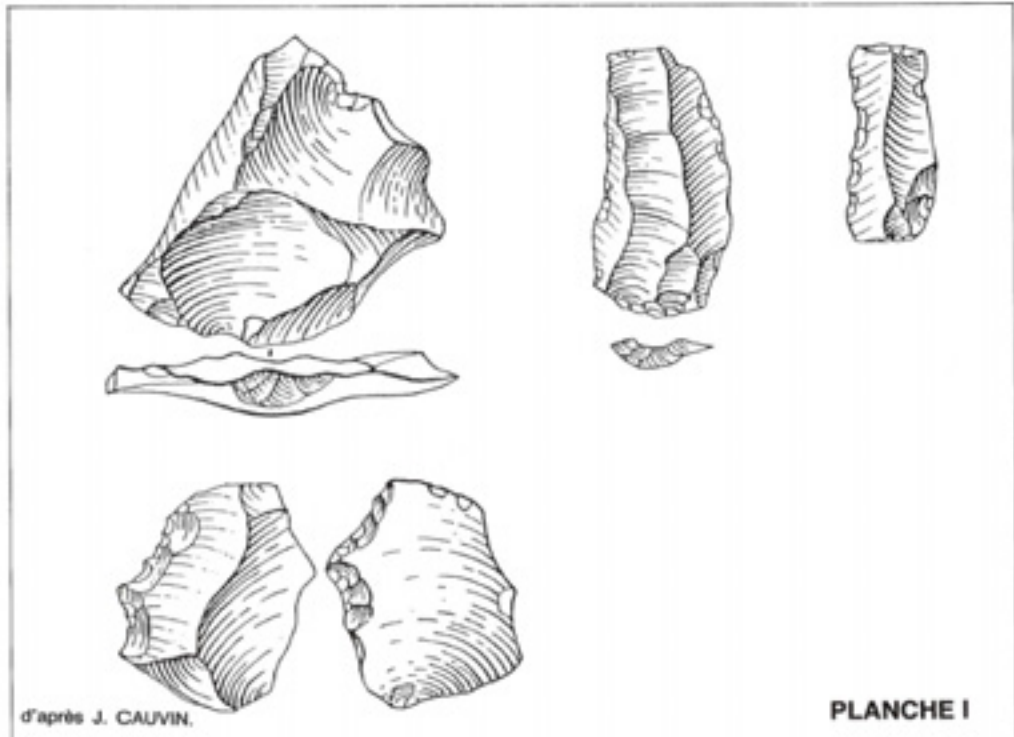
Un fait nouveau vient éclairer les théories précédemment énoncées et relatives aux quelques objets ramassés dans le cours d'eau souterrain\*. Il s'agit des déterminations faites à notre demande par le prof. Jacques CAUVIN, directeur de l'Institut de préhistoire orientale (C.N.R.S. - Jaiès) et de celles de Madame Danielle STORDEUR, directeur de recherches au C.N.R.S. et spécialiste des industries osseuses.

Nous livrons ci-après les grandes lignes de leurs conclusions.

... Les objets ont été trouvés dans le cours et sur les bords du ruisseau souterrain. On y reconnaît, fortement patinés, des éclats de silex de technique Levallois et

quelques lames de silex. Il y a aussi un outil retouché denticulé, beaucoup moins patiné, qui pourrait être plus récent et contemporain d'un bel outil d'os néolithique (décrit par D. STORDEUR), peut-être par conséquent des poteries trouvées à l'entrée (ZUMOFFEN). L'industrie lithique à forte patine semble de son côté paléolithique, mais, constituée de produits de débitage à l'exclusion d'un outil typique, elle n'est pas encore datable avec précision. (Planche I)

L'industrie dans son ensemble présente des ébréchures accidentelles imputables à son transport par l'eau. Les arêtes sont en général peu émoussées : ce transport n'a pas dû s'effectuer sur une longue distance... (Jacques CAUVIN).



d'après J. CAUVIN.

PLANCHE I

\* Nous regrettons cependant de n'avoir pu mener plus loin nos recherches, nous étant pliés au souci constant de la Direction des Antiquités de préserver notre patrimoine national contre tout vol et vandalisme.

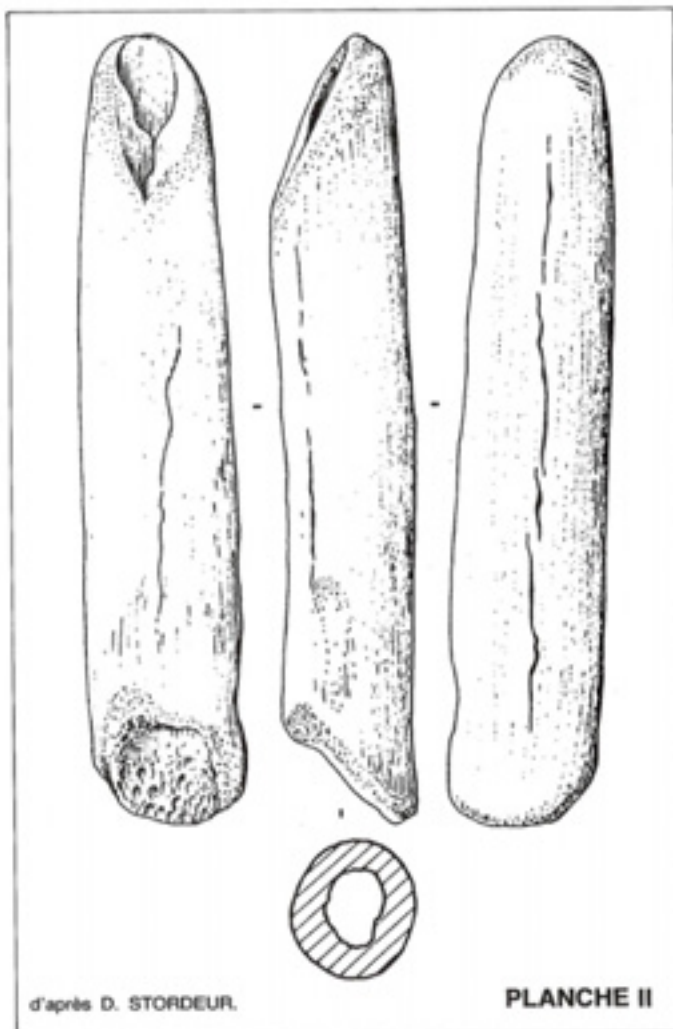


## Outil à extrémité en biseau (Planche II)

Cet outil a été cassé proximale-ment mais il est bien conservé du côté de sa partie active. Il porte une patine typique des longs séjours en milieu humide (patine noire des ossements trouvés notamment dans les sites lacustres du néolithique suisse). Il a été modérément roulé.

La partie en biseau simple est régulière. Elle porte des traces de sciage et d'abrasion sur la face opposée au biseau. On n'observe qu'un débitage transversal, la diaphyse n'a pas été fendue longitudinalement.

Cet outil pourrait appartenir à toute phase du Néolithique et se rencontre plus souvent dans les cultures les plus récentes : Néolithique avec céramique, chalcolithique.



En ce qui concerne les objets que nous avons classés dans un art mobilier paléolithique inconnu jusqu'ici au Liban, les avis sont différents et certains, pas négatifs.

Il est évident qu'il faudrait disposer de plus de documents et procéder à des analyses microscopiques et les illustrer par des macrophotographies.

Il n'en reste pas moins que l'accumulation d'objets présentant une quelconque ressemblance animale ou humaine en un endroit précis de la grotte et dans quelques mètres carrés ne peut que sembler insolite.

Ces objets ont-ils été intentionnellement ramassés pour leur forme évocatrice ou délibérément façonnés ? Un problème à revoir.

Dans cette attente, nous publions une planche photographique groupant quelques-unes de ces pièces et qui nous paraissent devant se passer de commentaire.

## ILLUSION OU REALITE ?

### PLANCHE III

- 1 - Profil féminin.  
Coiffe en pointe.  
Cou mince et allongé.  
Œil indiqué par un tracé oblique.  
Silex (5 x 4,3 cm).
- 1a - Contour découpé du profil.
- 2 - Statuette féminine.  
Hanches arrondies.  
Perforation au centre.  
Triangle pubien apparent.  
Galet de silex (3 x 4,5 cm).
- 2a - Détail du triangle pubien.
- 3 - Profil masculin (?).  
Coiffe en pointe.  
Arcade sourcilière prononcée.  
Menton en retrait.  
Basalte (4,7 x 6,6 cm).

### PLANCHE IV

- 4 - Bovidé vu de profil.  
Silex (4,5 x 2,7 cm).
- 4a - Détail de la tête.
- 5 - Tête d'équidé vue de profil.  
Silex (2,1 x 3,8 cm).
- 6 - Tête de sanglier vue de profil.  
Silex (4,7 x 1,5 cm).
- 6a - Chasse au sanglier (détail) V<sup>e</sup> s.  
Taq-i-Bustan (Iran).  
(André Malraux - Des bas-reliefs aux grottes sacrées - 1953 - NRF, p. 23).



1



1a



2



3



2a

PLANCHE III



4



4a



5



5a



6



6a

58

PLANCHE IV

Quant à une description fidèle de la grotte de Hrajel, le fac-similé ci-joint n'apporte aucune indication précise à ce sujet. N'oublions pas que le texte a été rédigé en 1898 et que l'apparence extérieure des lieux a pu se transformer depuis.

Il n'en reste pas moins qu'en le lisant attentivement, il est possible de trouver quelques indications qui nous permettent d'assimiler la grotte visitée par Zumoffen à celle de Nabaa el Mghara.

Voici nos arguments (voir photo ci-dessous) :

- L'entrée de la grotte se situe très exactement au sud-est de l'agglomération de Hrajel.

- L'entrée se trouve au pied d'un escarpement identifiable à un bourelet rocheux. (8).

- Les terrasses adjacentes étaient plantées de mûriers blancs (*Morus alba*) destinés à l'élevage du ver à soie. Les pommiers ne les ont remplacés que vers 1950.

- Le terrain était la propriété de Cheikh Daoud EL KHAZEN, avant de devenir celle de Boutros MEHANA. Nous tenons ce renseignement de ce dernier.

- L'ouverture de la grotte est étroite et basse. Elle fait partie du même réseau souterrain dans lequel coule le ruisseau apparaissant plus bas, à l'exurgence de Nabaa el Mghara.

- Il y a à proximité une canalisation à ciel ouvert, irriguant les terrains alentour.

- A quelques mètres de l'entrée, le couloir fait un coude très brusque.

- Nous n'avons aperçu ni tessons ni silex dans cette première partie et insistons sur le fait que nous ne nous sommes livrés à aucune fouille. Par contre, on trouve dans la partie inférieure du ruisseau souterrain des fragments de tessons, similaires à ceux décrits par Zumoffen.

- En contrebas de l'ouverture de la grotte, c'est-à-dire entre le lit du torrent et ce point, le P. Francis HOURS a repéré dans un terrassement servant de parking aujourd'hui des éclats de taille de silex attribués au site Zumoffen.

- Nous sommes tous d'accord qu'il ne peut y avoir de relation entre les os déterminés par M. FRAAS et G. ZUMOFFEN, et les fragments de poterie découverts à l'entrée de la grotte. Les premiers appartiennent à des espèces pléistocènes, les seconds à un faciès néolithique (?).

Rappelons à tout hasard que le P. Francis HOURS avait trouvé en 1975, en contrebas de la grotte et non loin du site Zumoffen, une industrie épipaléolithique attribuable à la fin du Kébarien (vers 12 000 ans) et enfouie dans un dépôt de pente.



- Le site de Nabaa el Mghara : a - entrée naturelle, b - entrée artificielle, c - site préhistorique de Zumoffen (S.K).

Godeffroy ZUMOFFEN (1928) est de nationalité suisse. Jésuite, géologue et paléontologue, il a écrit de nombreux articles concernant la préhistoire ainsi qu'une note relative à la découverte de l'homme

quaternaire de la grotte d'Antélias au Liban. (La nature du 29 avril 1893 sous le titre de : L'homme préhistorique d'Antélias).

Fac-similé du texte paru dans LA PHÉNICIE AVANT  
LES PHÉNICIENS\* (par G. ZUMOFFEN en 1900).

# LA PHÉNICIE

120

LA STATION DE HARAJEL.

## AVANT LES PHÉNICIENS

---

### L'ÂGE DE LA PIERRE

---

par

G. ZUMOFFEN, S. J.

#### IV La station de Harajel. (1)

Harajel est un petit hameau situé à mi-chemin de Meirouba à Faraya non loin des célèbres sources de Neba Labou et de Neba Assal qui jaillissent au pied du Sannine. La grotte est située au sud-est de ce hameau, presque sur les bords du Nahr Salib; elle a une longueur de 100 mètres et une largeur de 1 à 8 mètres, elle n'est connue que depuis vingt-cinq ans.

La caverne s'ouvre dans un bourrelet rocheux qui entoure une dépression de forme plus ou moins allongée, une sorte d'anclou, incolore avant la découverte de la grotte, actuellement planté de mûriers. Une masse de terre considérable masquait l'ouverture de la caverne dont on ne soupçonnait pas l'existence. Un paysan s'avisa d'enlever cette terre pour le terrassement et mit la cavité à jour. On trouvait, d'après le témoignage des témoins oculaires que j'ai interrogés, à l'entrée du souterrain et à la surface du sol des vases et des ossements. Le Cheikh Daoud el Khazen recueillit quelques os dont il fit don à M. Weber, consul général d'Allemagne à Beyrouth; celui-ci les envoya au Musée de la Société d'Anthropologie de Berlin où ils se trouvent actuellement. (2).

L'ouverture de la grotte est étroite et basse, à 8 mètres de l'entrée, la caverne fait un coude très brusque. C'est dans cet angle que se trouve le gisement osseux. Il est couvert d'une couche de limon noir récent apporté par un ruissellement que les paysans dirigent dans la grotte, lorsqu'il ne sert pas à l'arrosage.

BEYROUTH  
Imprimerie Catholique  
1900

(1) Cette caverne a été par erreur désignée sous le nom de grotte de Faraya, elle ne se trouve pas même sur le territoire de cette commune, mais tout près du village de Harajel.

(2) Zeitschrift für Ethnologie 1875 p. (15), 1878 page (117).

Au dessous de la couche récente et stérile qui peut atteindre une épaisseur de 60 centimètres, vient le gissement proprement dit. Il se compose d'un limon noirâtre, très argileux, très humide et même un peu boueux. Dans ce limon se rencontrent les os qui sont fragiles et friables à cause de la constante humidité. Beaucoup sont entourés d'une couche plus ou moins forte de calcaire stalagmitiques. Les os, en général, bien qu'ils ne soient pas toujours entiers ne sont pas aussi brisés et aussi fragmentés que ceux des autres stations. J'ai trouvé une tête de sanglier presque complète. Mais la plus grande partie est enveloppée d'une couche calcaire d'infiltration. Environ à un mètre de profondeur, j'ai découvert un crâne presque entier de l'aurochs et l'os frontal du cerf élaphe avec une partie notable du bois.

Les restes organiques, qui ont été envoyés au musée d'Anthropologie et déterminés par M. Fraas sont les suivants : un fragment du maxillaire inférieur de l'ours de Syrie, l'os frontal du Spon des cavernes, la seconde dent molaire de la mâchoire inférieure du rhinocéros tichorhinus, des vertèbres du bison d'Europe, une dent de cheval et des débris de tibia et de bois du cerf élaphe. (1).

J'y ai retrouvé les mêmes espèces, sauf le rhinocéros, le lion et l'ours.

Les os découverts jusqu'à ce jour dans cette station ont appartenu aux animaux suivants :

Osse squelette Rhinoc.	Osse squelette Lin.
Osse squelette Cav.	Osse squelette Bj.
Rhinoceros tichorhinus Cav.	Cervus primigenius Fraas.
Osse squelette Lin.	Cervus elaphus Lin.

(1) Fraas, Aus dem Orient, II Theil, pages 118-122.

Avec les ossements se trouvait un assez grand nombre de tessons de poterie ; ils sont moins nombreux et moins variés qu'à la station de Djalia. Plusieurs ont été fabriqués avec une terre noire mêlée de gros grains de sable et séchés au soleil ; ils n'ont pas subi l'action du feu, ils sont fragiles et friables, la surface se fendille et se gerce. Dans d'autres fragments, c'est tantôt une surface tantôt les deux surfaces qui ont été rougies par le feu ; le milieu de la pâte est noir et peu durci. A la surface extérieure de quelques débris, on voit de nombreuses lignes en creux qui se coupent irrégulièrement.

Je n'y ai pas trouvé de silex ouvrés. Il n'y avait pas non plus de vestiges d'outils en pierre devant la grotte ni dans son voisinage immédiat. Plus bas vers les rochers qui entourent l'enclos, entre la grotte et le Nahr Salih j'ai découvert les traces d'un atelier qui m'a livré des pointes, des grattoirs des nucléi et une hache ébauchée et préparée pour être polie. Une grande partie a disparu ou semble avoir été ensevelie sous le terrassement dont j'ai parlé.

Ces quelques vestiges sont-ils synchroniques avec le dépôt osseux de la grotte ? J'incline à le croire, pourtant il est difficile de se prononcer avec certitude tant que la caverne n'a pas été fouillée complètement.



# SOUVENIRS LIBANAIS

par Bernard GÈZE\*

\* Professeur honoraire de géologie à l'Institut national agronomique (Paris), membre de l'Académie d'agriculture de France, président d'honneur de l'Union internationale de pédologie, médaille de vermeil du Mérite libanais.

Monsieur le Professeur Bernard GEZE a bien voulu nous livrer un texte pour notre revue intitulé : Souvenirs libanais. Ce n'est pas en voyageur orientaliste qu'il a parcouru notre pays, mais en géologue et pédologue. A la suite de quoi, il devait établir une carte au 1/200 000e, de reconnaissance des sols libanais, véritable document de base pour tout chercheur dans ce domaine.

Nous regrettons qu'en 1950 nous n'ayons pu faire sa connaissance et entreprendre de par l'exploration de nos cavernes. Ce parcours libanais et les relations qu'il a eues par la suite avec plusieurs des membres de notre groupe nous montre sans ambiguïté l'attachement qu'il a pour notre pays.

Professor Bernard GEZE visited Lebanon in 1950 when he studied its geology and soils. His work resulted in the publication of a well-known map to the 1/200 000 th.

In the following article Professor GEZE recalls his memories of Lebanon.

أراد الأستاذ برنار جاز أن يقدم لنا مقالاً لكي نشره في مجلتنا الصادرة تحت عنوان ذكريات لبنانية.

لم يتجول الأستاذ جاز في بلادنا كسائح بل كنا كمتخصصين في علمي الجيولوجيا والتربة. وبالضبط اثر ذلك خريطة بمقياس 1/200 000 تعرف إلى التربة اللبنانية. انها وثيقة أساسية لكل باحث في هذا المجال.

نأسف لأننا لم نتسكن من التعرف إليه سنة 1950 ومن المائدة معاً باستكشاف مغاورنا.

هذا التجوال على الأراضي اللبنانية وعلاقاته التي توثقت فيما بعد بالعديد من أعضاء جمعيتنا يبين لنا بوضوح مدى تعلقه ببلادنا.



Reproduction d'une gravure du XIX<sup>e</sup> siècle représentant les gorges de la Gadicha et extraite de « La Terre sainte » de Victor GUERIN.

Paris - Librairie Plon - 1884.





Source et grotte d'Alka - Photo CNT/FATTAL

## SOUVENIRS LIBANAIS

C'est en 1950, voici donc quarante ans bien sonnés, que j'ai fait connaissance avec la totalité du Liban, le parcourant du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest, aussi bien le long de ses plages que jusqu'aux sommets du Komet es Saouda et de l'Hermon ; mais malgré quelques velléités de prospections cavernueuses, je n'étais pas là en tant que spéléologue !

J'étais en effet invité par le ministère libanais de l'Agriculture, sur proposition du géologue Louis Dubertret à Beyrouth et de mon ancien - patron - Camille Arambourg (professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris), pour venir effectuer le levé d'une - carte de reconnaissance des sols du Liban - à l'échelle de 1/200 000 (publiée à Beyrouth en 1956, avec une notice explicative abondamment illustrée).

Grâce à la compréhension du directeur de l'École nationale d'agriculture de Montpellier, où j'étais alors professeur de géologie et pédologie, j'ai pu m'absenter pour le nombre de mois nécessaires à ce travail, qui a exigé quelques milliers de kilomètres en jeep et pas mal de centaines à pied, sac au dos et piochon en main. Dans plusieurs de ces tournées de terrain, j'ai été aidé par mon ancien élève Edouard Saouma, dont on sait la brillante carrière, puisqu'il est devenu, à Rome, le directeur général de la F.A.O.

Mais, bien entendu, en plus des sols, je ne pouvais m'empêcher d'examiner les - sources de jardin, puits d'eaux vives, ruisseaux qui coulent du Liban -, chantés dans le Cantique des Cantiques, ce livre poétique et fort peu religieux qui ensoleille l'Ancien Testament biblique. En plus du repérage d'innombrables dolines, puits à neige et champs de lapiaz variés, j'ai donc cherché la plupart des grandes pertes de cours d'eau, comme celles de Yammouné, les plus célèbres vers le Nord, à la limite entre le Mont-Liban et ses contreforts devant la Békaa, ou celles, plus spectaculaires encore mais moins connues, situées entre Rachaya el Ouadi et Klar Kouk, au pied septentrional de l'Hermon. Pour ces dernières, je n'ai pas eu connaissance de coloration permettant de dire si elles alimentent le Hasbari (source libanaise du Jourdain) ou le Nahr el Barias, sortant d'une grandiose caverne (source alors syrienne du même Jourdain).

J'ai vu aussi, je crois bien, toutes les autres grandes résurgences du pays. Dans mon petit bouquin sur - La Spéléologie scientifique - (Paris, Le Seuil, 1965), je donne d'ailleurs les photographies de celle d'Aanjar, à la limite des calcaires de l'Anti-Liban et de la plaine de la Békaa, magnifiquement irriguée par ses eaux impénétrables sans scaphandre, puis de la très belle source d'Alka, pénétrable au-dessus des ruines du temple d'Adonis, à la tête du Nahr Ibrahim.

Le même volume présente quelques illustrations de la grotte de Jita, transmises plus tard par S. Karkabi, alors que dans mon séjour libanais je n'avais pas visité cette belle cavité, où j'ignorais les découvertes en cours. Je pense d'ailleurs que L. Dubertret n'avait pas eu plus que moi connaissance des premiers explorateurs libanais, sans quoi il est évident que nous aurions tous deux pris contact avec eux pour quelques reconnaissances souterraines.

L. Dubertret m'avait en effet demandé mon aide, fort modeste en vérité puisque je ne disposais d'aucun matériel permettant une prospection sérieuse, pour aller à l'intérieur de la grotte de Dahr el Ain, dans les petites hauteurs dominant la région de Tripoli. Il s'agit d'une ancienne perte de ruisseau, dans laquelle on pénètre par une large ouverture, suivie par un long talus d'éboulis en forte pente. A sa base, on retrouve un petit cours d'eau qui poursuit fort activement sa descente. Dans le plus simple appareil et lampe électrique à la main, nous avons pataugé et nagé jusqu'à une voûte mouillante et gargouillante peu sympathique, qui arrêta net notre seule équipée souterraine.



Entrée de la grotte de Dahr el Ain, dans les hauteurs dominant Tripoli - Photo B. GEZE.

Cependant, j'ai rencontré d'autres cavités, dont quelques-unes célèbres, même si elles sont minuscules, comme par exemple Deir Mar Maroun, avec son petit couvent et les niches-cellules de moines ou d'ermites successeurs du fondateur du rite maronite pour les chrétiens libanais. Au-dessus de la principale source de l'Oronte, au sud de Hermel, c'est un site sauvage et prenant.



*Couvent et cellules de moines de Deir Mar Maroun, au-dessus de la source de l'Oronte – Photo CNT.*

Mais, dans le Nord du Liban, j'ai surtout été impressionné par les colossales gorges de la Kadicha, avec leur profondeur d'ordre kilométrique, en aval du fameux cirque des Cédres, ainsi que par leurs fantastiques couvents à demi ou totalement troglodytiques, dans des parois à première vue inaccessibles. Si la plupart étaient depuis longtemps abandonnés lors de mon passage, j'ai par contre bénéficié d'une hospitalité charmante et généreuse dans l'un de ceux qui subsistaient en position plus normale, le long de la route de Hasroun à Bécharré.

Je n'ai plus eu ensuite de rapports avec les cavernes libanaises autrement que par l'intermédiaire de leurs explorateurs, rencontrés surtout lors des congrès internationaux de Spéléologie. Le premier (Paris, 1953), où j'avais eu la lourde charge de secrétariat général, m'a permis de faire la connaissance d'Albert Anavy, qui excusa l'absence de Lionel Gorra. A la fin de l'excursion dans les Pyrénées, Anavy fut en outre le porte-parole très éloquent des participants étrangers pour remercier tous les organisateurs, ainsi que Norbert Casterot qui était venu nous saluer à Saint-Gaudens.

Je crois qu'il n'y eut pas de congressistes libanais en Italie (1958), mais lors du troisième congrès (Autriche, 1961), avec Albert Anavy vint Sami Karkabi qui présenta une communication sur les grottes de Jilta, dont les merveilles commençaient à être bien connues (voir l'historique dans *Al Quat'OUATE*, N.S., n° 5, 1990). C'est cependant au quatrième congrès international (Yougoslavie, 1965) que la Spéléologie libanaise vint en force montrer son activité. La liste des participants nous donne en effet les noms d'Albert et Mica Anavy, Antoine Boustani, Claude et Denise Chaïban, Jean Groizeller, Francis Hours, Sami Karkabi, Cordula Lepsius et Georges Srouji.



Les sources de Aanjar – Photo CNT/FATTAL

On sait que ce congrès fut, à Ljubljana, l'occasion de la fondation de l'Union internationale de spéléologie, dont firent immédiatement partie les représentants de 23 pays (il y en a 51 maintenant). Si les délégués nationaux eurent la gentillesse de voter pour moi comme président, ils eurent aussi la sagesse d'élire Anavy au secrétariat général, fonction essentielle qu'il conserva à la satisfaction de tous jusqu'en 1977 et qu'il n'abandonna qu'en raison de son départ du Liban. Inutile de dire que, pendant cette longue période, nos échanges épistolaires étaient constants entre Paris et Beyrouth. Les relations spéléologiques franco-libanaises s'étaient d'ailleurs activement établies, en particulier à la suite de la venue à Jilta, en 1966, d'un groupe important de membres du Spéléo-Club alpin languedocien (Montpellier).

Plusieurs de ceux-ci avaient été présents au congrès de Yougoslavie où s'étaient nouées les premières amitiés. Français et Libanais formaient, toujours ensemble, une troupe joyeuse et turbulente dont les représentants ne doivent pas avoir oublié les aventures. La meilleure sans doute fut celle de la tentative réitérée d'un minuscule Turc de Sarajevo proposant énergiquement l'achat d'une des charmantes Libanaises, qui avait à peu près deux fois sa taille et son volume. Je ne suis pas sûr qu'il ait fini par comprendre que, si nous nous promenions avec elle dans les rues vers 10 heures du soir, ce n'était pas dans le but de la vendre au plus offrant !

Depuis cette époque déjà lointaine (un quart de siècle...), je crois que des spéléologues libanais ont été présents à peu près à tous les congrès internationaux (le dixième était en Hongrie, en 1989). Je terminerai cette rétrospective en disant que j'ai été témoin des « retrouvailles » émues et émouvantes, lors du huitième congrès, en 1981, à Bowling Green (Kentucky, U.S.A.) entre Albert Anavy, Sami Karkabi et Ahmed Malek. Représentants des trois grandes religions régnant dans le Proche-Orient, mais tous bons libanais et vieux confrères en spéléologie, ils montraient combien l'amitié pouvait dominer les divergences et laissait augurer d'un avenir où leur pays retrouverait sa sérénité.

Je vais enfin me permettre quelques lignes tout à fait personnelles, mais qui expliqueront encore mieux pourquoi une bonne entente entre Français et Libanais me tient à cœur. Le 15 août 1950, alors que j'étais encore à Beyrouth, quoique prêt à revenir à Paris, un télégramme m'annonçait la venue au monde, un peu prématurée, de mon dernier fils. Cela a-t-il influé sur la suite des événements ? On pourrait le croire, car, trente ans après, celui-ci épousa une Libanaise, qui rédigeait sa thèse de doctorat en même temps que lui au Muséum d'histoire naturelle de Toulouse. Et maintenant je me trouve grand-père de deux jeunes Franco-Libanais, que j'espère bien, dans quelques années, voir jouer à l'« homme des cavernes » aussi bien dans nos « causses » languedociens que dans les « jabels » du Métem ou du Kesrouane !

## BRAMABIAU OU L'IMAGINAIRE DU PAYSAGE SPELEOLOGIQUE

C'est le 3 juin 1938 que disparaissait Edouard-Alfred MARTEL, considéré à juste titre comme le plus grand spéléologue de notre temps. Naissait ce même 3 juin 1938 Jean TRUËL, que plus tard Norbert CASTERET devait appeler : le peintre des grottes.  
Éprouvé d'aventure, il explore avec sa femme Hawvette les cavernes du Minervois. Il exécute sa première peinture souterraine en 1959 dans la grotte d'Aléna.

Membre du Spéléo-Club Alpin Languedocien, il participe en 1966 à l'expédition franco-libanaise dans les grottes de Jita au Liban. De cette incursion souterraine, résulteront un grand nombre de toiles qui seront exposées dans plusieurs galeries d'art en France.

Le parcours artistique de Jean TRUËL ne s'arrêtera pas là. En 1962, il se libère des contraintes de la toile et du bois et entreprend de créer en surface et sur plaque de fibrociment les paysages souterrains entrevus lors de ses explorations et patiemment cumulés dans sa mémoire.

Une nouvelle expérience en 1990 amènera le peintre à s'identifier aux Magdaléniens en entreprenant de couvrir les parois de la grotte de BRAMABIAU de signes et de couleurs, poursuivant en un véritable voyage initiatique son propre cheminement dans la recherche des pratiques secrètes.

Jean TRUËL, who was born in 1938, has been called the « painter of grottoes ». He has had several exhibitions of painting representing views of grottoes, among them the Jita cave in Lebanon. In 1962, he gave up wood and canvas and started reproducing subterranean landscapes on fibrocement. In 1990 in a further development of his art he has painted the walls of the Bramabiau grotto trying, in doing so, to identify himself with the Magdaléniens and to recapture their spirit.

في ٣ حزيران من سنة ١٩٣٨ توفي إدوار ألفرد مارتيال الذي يُعتبر حَقًّا من الكبر علماء القارور في عصرنا الخامس.

وُلِدَ في هذا التاريخ لنفسه ٣ حزيران ١٩٣٨ جان ترويل الذي سيُلقبُه نوربرت كاستيريه فيما بعد: «رَسَّامُ الجِوَات».

مأخوذاً بروح المغامرة، اكتشف هذا الرسَّام مع زوجته هوفوات-كايوف، موارقوا ثم أجز سنة ١٩٥٩ أول لوحاته التمازغية في مغارة «الآن».

وفي سنة ١٩٦٦، شارك في رحلة استكشافية فرنسية لبنانية داخل مغارة جعمتا في لبنان بصفتها عضو من النادي الفرنسي سيبليو كلوب البيان أو لئفونوسيان.

فأوجدت له هذه الرحلة بعدد كبير من اللوحات تُرجمت فيما بعد في عدة صحائف فنية في فرنسا.

لم تتوقف رحلة ترويل الفنية عند هذا الحد، إذ في سنة ١٩٨٢ سُحِرَ من قيود القماش والخشب، وهو صقلح من الألياف والاسمنت باشتر برسم المناظر التمازغية التي شاهدها في اكتشافاته وجمعها بكل أناة في ذاكرته.

في سنة ١٩٩٠ قادته تجربة جديدة إلى التماهي بالمقدونين، وبالمز بتخطية جدران مغارة برامابيو بالرسوم والألوان متبعاً في رحلة طويمة حثوفية. طريقه الخامس الباحث عن التجارب الحثوفية.

## BRAMABIAU OU L'IMAGINAIRE DU PAYSAGE SPELEOLOGIQUE

Sami KAFKABI

Nous connaissons Jean TRUËL pour l'avoir rencontré une première fois au Liban en juillet 1966. Il faisait partie de l'équipe de pointe franco-libanaise à Jilta. IncurSION de laquelle sont nées quelques toiles dont deux ont été reproduites dans « Al Ouat'Quate n. s. N° 5 », sous la rubrique : Spéléologie source d'inspiration.

La peinture de cette période représente la « geste spéléologique », la découverte des paysages souterrains en équipe de pointe et l'équipe en action (1).

Nous avons revu depuis le peintre des gouffres et avons eu l'occasion de voir ses toiles exposées à Montpellier puis à Millau.

En 1982, Jean TRUËL entreprend de créer un tableau grandeur nature sur le site de plein air de REGAGNAS (commune de Vissec en France).

Il s'agit par l'intermédiaire de plaques de fibrociment peintes et posées sur le sol de créer un labyrinthe de signes et de couleurs issus de la caverne.

Ces STRUCTURES DE PLEIN AIR occuperont un espace de 1 000 m<sup>2</sup>, inclus dans une aire pédestre de 3 000 m<sup>2</sup> balisée de pierres peintes.

L'expérience ne s'arrêtera pas là, puisque au mois de mai 1990, le site souterrain de BRAMABIAU, sous le large pinceau du peintre, connaissait une autre aventure.

C'est ainsi que les parois de cette célèbre grotte devaient se prêter à l'imaginaire de l'artiste spéléologue et évoquer son territoire pictural ; incarnation iconographique de ses explorations à travers le monde.

Il s'agit là d'un abord assez particulier de l'art en spéléologie. Il implique que des images non seulement mémorisées mais incluant aussi des signes (connotations personnelles) dont seul l'artiste détiendrait la clef, soient projetées simultanément sur la paroi de la caverne.

BRAMABIAU est donc le prolongement naturel du cheminement pictural de REGAGNAS. On peut approuver ou proscrire une telle démarche artistique, d'autant plus que les admirables gravures des siècles derniers et les non moins belles photographies prises par des amateurs ou professionnels d'aujourd'hui sont là pour attester des merveilles souterraines et non pour les reconstruire.

La démarche du peintre face aux graveurs et aux photographes est tout autre. Notre propos n'est pas de porter un jugement de valeur. De nombreux écrivains spéléologues (et non des moindres), philosophes, archéologues et responsables de secteurs culturels, ont déjà émis opinions ou louanges de tous ordres. La technique est bonne, les couleurs franches bien déployées, les paysages souterrains suggestifs lorsqu'on prend la peine de s'y attarder. Et si l'itinéraire mystique (parcours initiatique) nous échappe quelquefois, c'est qu'il découle directement de la sensibilité du peintre.

Cette approche plastique ne peut laisser indifférent lorsqu'il s'agit de toile. La question que l'on peut se poser dès qu'il s'agit de caverne est : POURQUOI BRAMABIAU...

C'est les 27 et 28 juin 1888 qu'Edouard-Alfred MARTEL, accompagné de quelques amis, effectue pour la première fois la traversée de cette grotte. Ce célèbre spéléologue devait s'éteindre cinquante ans plus tard et très exactement le 3 juin 1938, jour de la naissance de Jean TRUËL. Troublante coïncidence que la destinée de TRUËL soit si intimement liée au sort de cette caverne. L'année 1938 ne se situe-t-elle pas exactement à mi-chemin entre la découverte de BRAMABIAU et l'hommage particulier que lui en fait le peintre un demi-siècle plus tard ?

Quels sont les objectifs réels de TRUËL face à BRAMABIAU ? Le cri d'alarme paru dans le catalogue du Centenaire de la Spéléologie française (Millau, juillet 1988, p. 45) nous apprend que le site a été partiellement dénaturé par et entre autres la pollution essentiellement bactériologique de son cours d'eau souterrain.

On nous assure, depuis, que bon ordre y a été mis et que les odeurs nauséabondes n'incommodent plus, à l'étiage, touristes et spéléologues. Il est vrai que lors de notre dernière visite (1988), n'était l'information ci-dessus, nous n'aurions point soupçonné l'existence d'un tel problème.

Jean TRUËL a-t-il simplement souhaité prolonger son expérience de plein air à BRAMABIAU, ou a-t-il eu d'autres motivations ?

Quelles qu'en soient les raisons, nous nous contenterons de celle que l'artiste nous livre sous le titre de :

## CAVERNE ORNEE - SITE DE BRAMABIAU (2).

... La grotte va introduire une forme de narratif = les récits = de la confrontation de l'ART au BRUT et elle nous questionne sur notre part d'inné dans l'action du spéléologue qui = crée son propre espace = et d'acquis dans un espace déjà = culturel =, les peintres Magdaléniens étant les premiers explorateurs et créateurs de la caverne.

Dans le chaos des origines, j'ai la sensation constante qu'entre la matérialité de la peinture et la matérialité de la caverne, une faille s'est ouverte, un espace de ténèbres en gestation qu'il faut constamment explorer par la lumière et la couleur pour = inventer de nouveaux parcours =.

Il va de soi que lumière et couleur sont les véhicules

philosophiques qui permettront au peintre de créer son propre espace intellectuel ou narratif (puisé dans les souvenirs spéléologiques).

Mais faut-il entendre par BRUT l'état de ce qui est naturel et n'a subi aucune préparation, à savoir l'Art brut tel que défini par DUBUFFET, ou bien l'ART tel entrevu par sa première manifestation, c'est-à-dire remontant au Chatelperonien puis s'épanouissant au Magdalénién ?

A l'instar de FLAUBERT, Truel pourrait écrire :

Je tourne à une espèce de mysticisme esthétique... (3) et c'est seulement dans le texte qu'il intitule : LA MEMOIRE DE L'ESPACE (4) que son univers ésotérique est dévoilé.

Nous le livrons à titre de document :

## LA MEMOIRE DE L'ESPACE

Je ne peux m'empêcher de faire des rapprochements avec les hommes préhistoriques et leurs parcours dans les grottes, si j'ai voulu par « nécessité créatrice » me situer en dehors des courants traditionnels de la peinture, non par goût de l'originalité mais par goût de l'exploration, je me rends compte que l'Art pour l'Art est une gageure ; on n'échappe pas si facilement à sa culture et revient aux sources, c'est aussi revenir aux sources de l'Art.

Les Chatelperoniens, inventeurs de l'Art, déjà en contact avec la caverne, confrontaient leur imaginaire avec ces « entrées » à ce qu'ils devaient entrevoir des « entrées » d'un autre univers : la faïence qui barre l'horizon, ligne de rupture de l'espace où l'on vit à l'air libre. Passé ce cap de l'entrée de la caverne, les ténèbres. A la plénitude de leur art, comme s'ils avaient attendu que leur fiction soit assez forte pour affronter les espaces souterrains où les rêves et la réalité sont intimement liés, les

Magdaléniens de Niaux sont partis en exploration, ils ont entraîné, à l'intérieur de la grotte, leur fabuleux bestiaire et ont balisé l'espace de la grotte de leurs signes abstraits qui, du fond des temps, continuent à nous interroger.

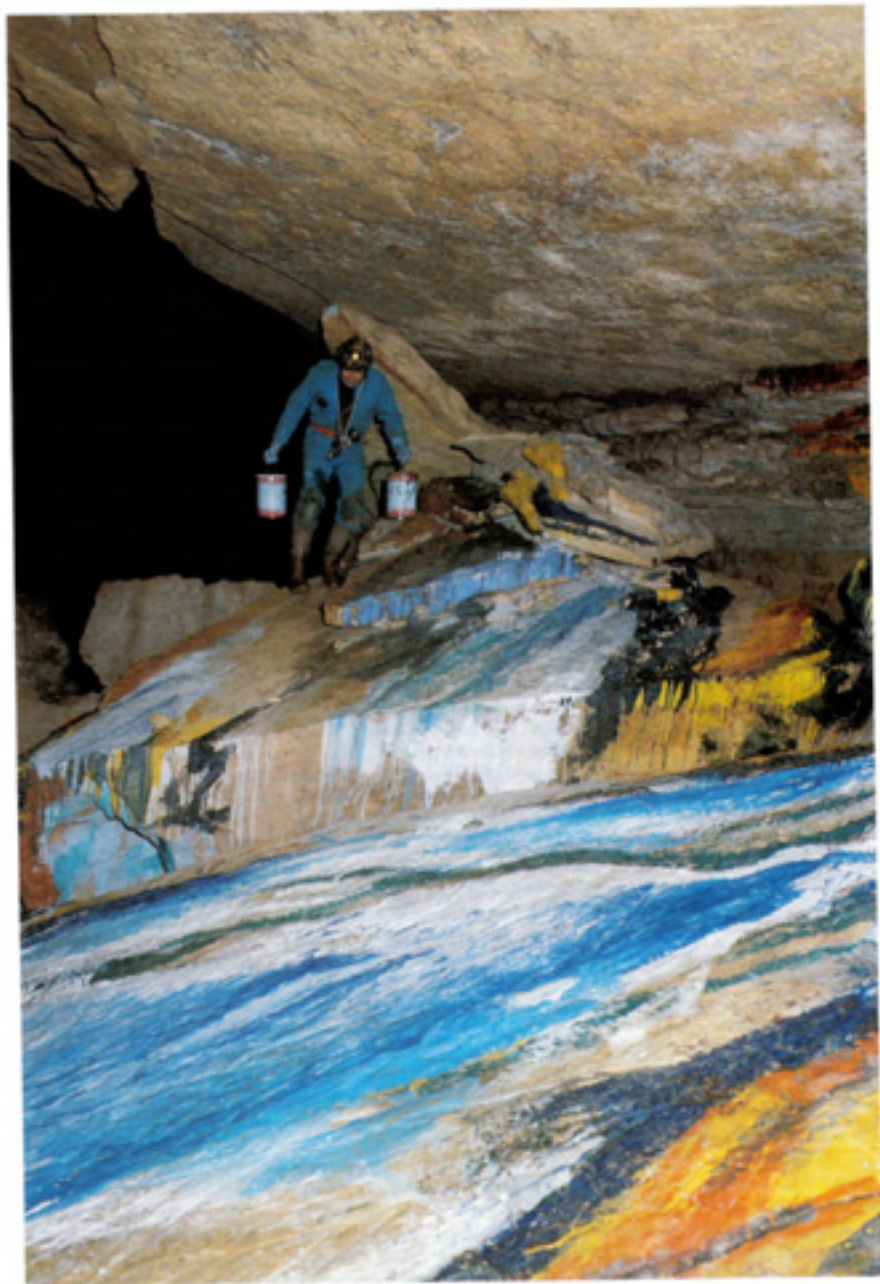
Balises d'un espace physique ou d'un espace mental ? En exploration dans la caverne et dans leur propre imaginaire, pour ces Magdaléniens ces signes sont-ils la convergence de ces deux mondes où le réel et l'imaginaire se rejoignent et où le créateur choisit d'être dans sa création ou dans la nature ?

Le conceptuel et la vision figurative étaient intimement liés sous terre. Au-delà des millénaires, les magdaléniens étaient à la même distance des origines de l'art que je suis par rapport à eux. Si les signes abstraits me préoccupent, c'est qu'il me semble retrouver dans ce monde la même façon d'appréhender l'espace, la même démarche physique et intellectuelle, où nous devons chercher à nous situer et les explorations qui s'offrent à

nous sont multiples : dans mes « Structures de plein air » les signes qui surgissent me paraissent autant d'archétypes qui n'attendraient que ces longs parcours dans les cavernes pour émerger, se concrétiser et me relier, sans en apercevoir la signification, à toute la distance qui me sépare de ces précurseurs. C'est un peu comme si j'étais allé aux racines de l'art où créations naturelles et créations humaines se rejoignent. Cette grotte extériorisée, cette grotte que j'amène à la surface, intègre l'espace en trois dimensions dans un espace à deux dimensions. Ceci pourrait se concevoir comme une démarche symétrique de celle des Magdaléniens ; mais il ne s'agit pas de concepts opposés ; on entraîne sous terre toujours une partie des images perçues dans l'espace extérieur et inversement.

L'Art est le fil d'Ariane qui nous guide dans ces mondes où l'explorateur « invente » de nouveaux espaces et où son imaginaire n'est qu'une anticipation du réel.

JEAN TRUEL DANS BRAMABIAU (Ph. H. TRUEL).





JEAN TRUEL DANS BRAMABIAU (Ph. H TRUEL).



On ne connaît jusqu'ici aucune œuvre figurative au Chateperonien. L'art ne se manifeste qu'en objets de parure et en quelques os marqués d'incisions. Si les premières figures explicites apparaissent à l'aurignacien I et II (5) — Abri Collier, Mas d'Azil, Bruniquel, Ferrassie... — l'épanouissement total de l'art ne se fera qu'au magdalénien. Les préhistoriens n'ont pas encore trouvé réponse à la question de savoir à quel moment les artistes se sont enfoncés dans les profondeurs obscures pour peindre et graver (5). Mais il est acquis que les magdaléniens ont réussi les incursions les plus téméraires sous terre, pour y laisser les plus belles œuvres d'art pariétal que l'on connaisse. Si l'on admet que cette peinture est aussi un langage, on admettra aussi qu'il pourrait en découler une mythologie propre et que de la métamorphose de la grotte naîtra un pouvoir divin.

Qu'en est-il de Jean TRUËL ?

Quel que soit son refus de l'académisme, il est certain qu'en l'écartant (ou en le reliant) il tombe dans l'excès contraire en voulant à tout prix et par une démarche symétrique aux préhistoriques inverser les rôles et transposer les images perçues sous terre dans l'espace extérieur. Cette expérience qui ne manque ni de courage ni d'intérêt aurait pu se limiter aux **STRUCTURES DE PLEIN AIR ET TABLEAUX**. Le réalisme magdalénien se heurte trop violemment à l'imaginaire poétique, et nous nous serions plus volontiers attachés à : ... *L'explorateur invente de nouveaux espaces et où son imaginaire n'est qu'une anticipation du réel*. (4).

Il est évident que chez Jean TRUËL l'obsession de la préhistoire et du préhistorique exerce une grande influence sur ses dernières œuvres. Viennent appuyer

ses arguments, les analyses critiques de Denis VIA-LOU (7).

La peinture sur une surface « brute » et nous entendons par là la paroi calcaire, support naturel sans préparation (au paléolithique), a fait l'objet, en ce qui concerne les grottes, d'une analyse fort judicieuse de A. LAMING-EMPERAIRE où il est notamment dit (6)

*L'étude de l'emplacement des œuvres permet de constater la recherche par les artistes paléolithiques de deux sortes de panneaux où disposer leurs peintures et leurs gravures, les uns destinés à être vus et sans doute à être admirés par une assistance, les autres — soigneusement cachés — de cette assistance comme si les figures représentées avaient quelque action maléfique.*

Plus tard, André LEROI-GHOURAN nous livre sa propre interprétation des faits :

*A aucun moment les Paléolithiques n'ont perdu le sens des signes symboliques puisqu'on voit de temps à autre resurgir des interprétations réalistes, mais leur démarche était celle de tous les groupes humains chez lesquels le dualisme, quel que soit le sens dont il est chargé, s'exprime par les symboles de la sexualité humaine, réaliste ou voilée (8).*

Si grâce à ces indications l'art préhistorique nous apparaît plus accessible (car nous croyons aussi que le concept de valeur de l'art pour l'art a prévalu chez les magdaléniens), nous restons sur notre désir de pénétrer davantage les arcanes de la peinture de TRUËL.

Une autre question demeure jusqu'ici sans réponse. Les parois peintes de BRAMABIAU résisteraient-elles aux intempéries et au temps ? Et dans le cas contraire, qu'advient-il de cette grotte, premier jaïon historique de la spéléologie française sinon mondiale ?

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 — Communication pour les « Actes du Congrès International », Centenaire de la Spéléologie : Jean Truël, peintre spéléologue — Milau 1988.
- 2 — Jean TRUËL — Caverne ornée — Site de Bramabiau (feuille) — 1991.
- 3 — G. FLAUBERT — Correspondance, 1840-1854, Ed. Fasquelle — Paris — 1927 — p. 129.
- 4 — La mémoire de l'espace (ibid 1)
- 5 — André LEROI-GHOURAN — Préhistoire de l'Art Occidental — Mazenod — Paris 1965.
- 6 — A. LAMING-EMPERAIRE — La signification de l'Art rupestre paléolithique — Ed. Picard — 1962 — p. 271.
- 7 — Catalogue du musée de Milau — 1988.
- 8 — André LEROI-GHOURAN — Les religions de la préhistoire, PUF, 1976 — p. 76.

## ACTIVITES DU S.C. LIBAN – 1991.

Membres du S.C. LIBAN ayant participé aux activités de 1991.

Riad ABOO  
 Carlos AOUN  
 Mrad AOUN  
 Nayla AOUN  
 André BECHARA  
 Nathalie BECHARA  
 Hugues SADAQOU  
 Ghassan BEYHUM  
 Nasri CHAMI  
 Antoine COMATY  
 Emile GHANEM  
 Bahzad HAKIM  
 Haïssam HREZ  
 Anna FARRA

Artoun FARRA  
 Georges FARRA  
 May FARRA  
 Nour FARRA  
 Sami KARKABI  
 Nejb KACHKOUCH  
 Georges KNEISSER  
 Jacques LOISELET  
 Dany MAALOUF  
 Nabil MAATOUK  
 Michel MAJDALANI  
 Noëlle MAJDALANI  
 Richard MALEK

Joseph MEHANA  
 Tony MEHANA  
 Myrna RAAD  
 Marwan SAWAN  
 Elie SELJAN  
 Assad SEIF  
 Pascale SLOUKJ  
 Gérard THOME  
 Amal WEHEBE  
 Joseph ZEIDAN  
 Eliane ZGHEIB  
 Joseph ZGHEIB  
 Marwan ZGHEIB



– Spéléo-secours – 1991 – Transport du blessé hors de la grotte (S.K.).

Ecole Française de Spéléologie

STAGE FRANCO-LIBANAIS  
(Août 1991)

STAGE DE FORMATION AUX TECHNIQUES  
MODERNES D'EXPLORATION SPELEOLOGIQUE  
ET D'INITIATION AUX TECHNIQUES DE  
SAUVETAGE SOUTERRAIN.



Spéleo-secours - Système de balancier -  
cf. S. Karkabi.

L'été 1991 a été marqué par une restructuration de nos méthodes d'investigations souterraines. Nous avons jusqu'ici non point par souci de conservatisme gardé la pratique de l'échelle légère, mais bien plus par souci d'économie vu le prix assez élevé de l'équipement individuel face aux techniques modernes d'exploration. Le pas a été franchi grâce aux donations qui nous ont été faites et qui nous ont permis de renouveler un matériel collectif usagé et permettre à nos jeunes membres de s'équiper convenablement en prévision d'un stage à venir.

Nous étions déjà en contact depuis deux ans avec les responsables de la F.F.S. (Fédération Française de Spéléologie), dans le but de profiter de leur expérience dans ce domaine et de monter sur place au Liban un stage de formation spéléologique.

Ce projet devait voir le jour grâce à la compréhension de nos collègues français et se dérouler comme prévu du 9 au 17 août 1991 au Liban.

Le quartier général était installé à l'AUBERGE SUISSE de la station de sports d'hiver de Farsys-Mzar. Nous profitons de l'occasion pour remercier notre ami NAOM KHALIFE pour son accueil généreux et bénévole qui a profondément contribué au succès de cette manifestation.

Le choix du terrain a surtout été régi par la qualité et la diversité de ses manœuvres. Si le « dessous » du pont naturel Faqra a été élu lieu privilégié, c'est qu'il présentait de gros avantages et sur le plan technique et sur celui des déplacements. Il est vrai que la région du lajloq offrait aussi un indéfectible attrait spéléologique, que nous avons expérimenté avec les gouffres de BALAA, BAATARA et EL AABED (trois jours), mais le long parcours de plus de quatre heures de volure en aller et retour devenait finalement fastidieux et fatigant aussi bien pour les moniteurs que pour les stagiaires. C'est pourquoi le choix de la grotte de Nabaa et Saqaa (Grotte Raymond), quoique de faible développement, a été choisie pour les manœuvres en spéléo-secours.

Sur le plan de l'organisation, quelques incidents mineurs sont apparus, mettant en exergue nos faiblesses d'insouciance, d'indiscipline et de désorganisation, qui, s'ils ont exaspéré les organisateurs libanais, ont été perçus avec le plus grand calme (?), gentillesse et patience réitérée par nos amis français.

Mais ne soyons pas trop durs, ce stage véritable bol d'air pour nous a été fort bénéfique et nous souhaitons profondément que cette expérience ne s'arrête là.

L'équipe française était composée de six membres, à savoir:

#### COORDINATEUR:

Jean-Claude FRACHON

Instructeur de l'École Française de Spéléologie

Président du Spéléo-Secours Français

#### CADRES: Laurent BRESSON

Moniteur de l'É.F.S.

Chef d'équipe du S.S.F.

Patrick DEGOUVE

Initiateur de l'É.F.S.

Conseiller technique du S.S.F.

Sardine DEGOUVE

Chef d'équipe du S.S.F.

Pierre-Henri FONTESPIS-LOSTE

Conseiller technique national du S.S.F.

Pascal LAFOSSE

Moniteur de l'É.F.S.

Conseillère technique nationale du S.S.F.

Le programme était sur sept jours en comportait quatre consacrés à la « formation technique » et trois au « spéléo-secours ».

Il était évident que pour ces deux parties complémentaires et avant d'aborder la phase pratique, des instructions théoriques devaient nous être données, soit dans les dépendances de l'Auberge Suisse, soit sur le terrain même.

Nous reproduisons ci-dessous les grandes lignes de ce programme:

#### FORMATION TECHNIQUE

##### 1 - EQUIPEMENT INDIVIDUEL

###### 1.1 VÊTEMENTS

- SOUS-VÊTEMENTS
- COMBINAISON
- CHAUSSURES, BOTTES
- GANTS

###### 1.2 HARNAIS + MATÉRIEL MÉCANIQUE

- BAUDRIER CUISSARD + MAVC
- LONGES + MOUSQUETONS

- DESCENDEUR + MOUSQUETON
- BAUDRIER DE TORSE + CROLL
- POIGNÉE PETZL + PÉDALE

###### 1.3 CASQUE + ÉCLAIRAGE

- CASQUE
- FRONTALE
- LAMPE À CARBURE

##### II - MATÉRIEL D'EXPLORATION

###### 2.1 SACS

- KIT-BAG
- EMBALLAGES ÉTANCHES

###### 2.2 AMARRAGES

- AMARRAGES NATURELS
- PITONS, CONCOURS
- CHEVILLES À EXPANSION
- POCHEttes À CHEVILLES, CHEVILLES
- MARTEAU, TAMPONNAIL, CLÉ
- PERFORATEUR AUTONOME
- PLAQUETTES, ANNEAUX
- MOUSQUETONS, MAILLONS

###### 2.3 AGRES

- ÉCHELLES
- CORDES
- FORCE DE RUPTURE STATIQUE (INFLUENCE DES NŒUDS)
- FORCE MAXIMUM D'INTERCEPTION (FACTEUR DE CHUTE)
- CORDES DYNAMIQUES/CORDES STATIQUES
- MARQUAGE, PLAGE, ENTRETIEN
- DIVERS: SANGLES, CORDELLETTE, CÂBLE, FIL CLAIR

##### III - EQUIPEMENT DES Puits

- PRÉPARATION DES SACS
- AMARRAGES
- AMARRAGE NATUREL
- AMARRAGE ARTIFICIEL
- POSE DE CHEVILLES
- CHOIX DES PLAQUETTES + MOUSQUETONS
- DOUBLE AMARRAGE
- SUPERPOSÉ
- DÉCALÉ HORIZONTALEMENT
- EN - Y -
- NŒUD AMORTISSEUR
- MAIN-COURANTE
- NŒUDS
- AMARRAGE
- INTERMÉDIAIRE
- RACCORD DE 2 CORDES
- FRACTIONNEMENT
- DÉVIATION
- Puits SUCCESSIFS

##### IV - TECHNIQUES DE PROGRESSION

###### PORT DU SAC

- EN GALERIE
- EN MÉANDRE
- EN BOYAU OU ÉTROITURE
- DANS L'EAU
- DESCENTE DE Puits (SUR CORDE)
- DESCENTE AU DESCENDEUR
- ARRÊT SUR DESCENDEUR
- FRANCHISSEMENT DE FRACTIONNEMENT
- FRANCHISSEMENT DE DÉVIATION
- FRANCHISSEMENT DE NŒUD SUR CORDE
- CORDES ARGILEUSES
- Puits ÉTROIT, ÉTROITURE VERTICALE
- PASSAGE BLOQUEURS-DESCENDEUR
- Y - MÉTHODES DE RECHAPPE
- DESCENTE SUR CORDE
- DESCENTE SUR MOUSQUETON
- DESCENTE SANS MATÉRIEL
- MONTÉE SUR CORDE
- NŒUDS AUTOBLOQUANTS
- MÉTHODES DIVERSES
- DÉGAGEMENT SUR CORDE
- AUTODÉGAGEMENT (RUPTURE D'ÉCHELLE)
- DÉGAGEMENT D'UN EQUIPIER
- PAR LE HAUT
- PAR LE BAS



- Stagiaires et moniteurs à l'« Auberge Suisse » de Aoun el Siman. (cl. Hugues Badaou).





Sortie collective à Jita - 5 août 1991 - Salle THOMPSON (PANGAEA Photography)



- Ecole spéléo - 1991 - Parcours horizontal sur paroi. (PANGAEA Photography)



- Ecole spéléo - 1991 - Entraînement collectif. S.K.



(PANGAEA Photography)





- Ecole spéléo - 1991 - Apprentissage du jumet. (PANGAEA Photography)



– Spéléo-secours – 1991 – Les préparatifs pour l'envoi du blessé par la méthode de la tyrolienne (S.K.).



– Spéléo-secours – 1991 – Transport du blessé par les secouristes dans la grotte Raymond (S.K.).



- Spéleo-secours - 1991 - Franchissement et transport du blessé au faite d'une diacrise (S.K.).

LES ACTIVITES DU S. C. LIBAN  
**PLONGEE A GHAOUAQUIT**  
Samedi 21/ 9/1991.



- Première tentative de plongée dans Ghaouaquit. **PANGATA**

La topographie de la grotte de Ghaouaquit ayant été établie lors de la coloration du gouffre de Balas (cf. *Al Ouat'Ouate Nouvelle série, N° 3*), il nous avait semblé évident que les deux lacs se rejoignaient par un couloir noyé. Nous avions à l'époque projeté de plonger pour tenter d'en faire la jonction, ce qui ne s'était point réalisé.

L'occasion s'est enfin présentée en ce 21 septembre 1991, date charnière et symbolique à la fois, car c'est le passage d'une saison à l'autre, et pour nous d'une spéléo « souterraine » à une spéléo « aquatique ». C'était en effet notre première plongée en siphon.

Nous sommes partis, Hugues Badaoui, Carlos Aoun, Elie Nassar et moi-même faire ce qui devait devenir pour Hugues et moi, **notre plongée**.

Il était prévu pour le portage une équipe plus nombreuse. Comme à l'accoutumée, certains nous faussèrent compagnie. Nous voilà arrivés sur les lieux vers midi. Après un portage fastidieux, bouteilles, matériel divers de plongée et de spéléo, nous sommes au devant du premier lac (v. *Al Ouat'Ouate N° 3, p. 63*).

Nous avons opté pour celui-ci en raison de la facilité d'accès. Nous supposons aussi que le retour se ferait

avec le courant, ce qui diminuerait l'effort de palmage et déchargerait plus rapidement les remous provoqués par notre passage, rendant la visibilité meilleure.

Arrivés à pied d'œuvre, nous commençons à nous équiper pour notre première plongée en siphon. Bouteilles Scubapro gonflées à 200 bars, bi-bouteille de 20 litres pour Hugues, munies de deux détendeurs, l'un Mark IV à piston compensé et l'autre Cressi simple. Pour moi, monobouteille de 15 litres de même marque et mon éternel Mark IV. N'ayant pas de second détendeur, je décidai de relier mon « direct » à ma « life jacket », ce qui aurait fait office de détendeur de secours. Je savais qu'en cas de problèmes, ce système d'ailleurs très peu recommandable aurait fait bondir bien des spécialistes.

Manomètre de pression UWATEC et profondimètre de même marque pour nous deux. Combinaison de plongée 4 mm pour moi et pour Hugues deux combinaisons de 4 mm mises l'une au-dessus de l'autre : total égal à 8 mm... le grand luxe...

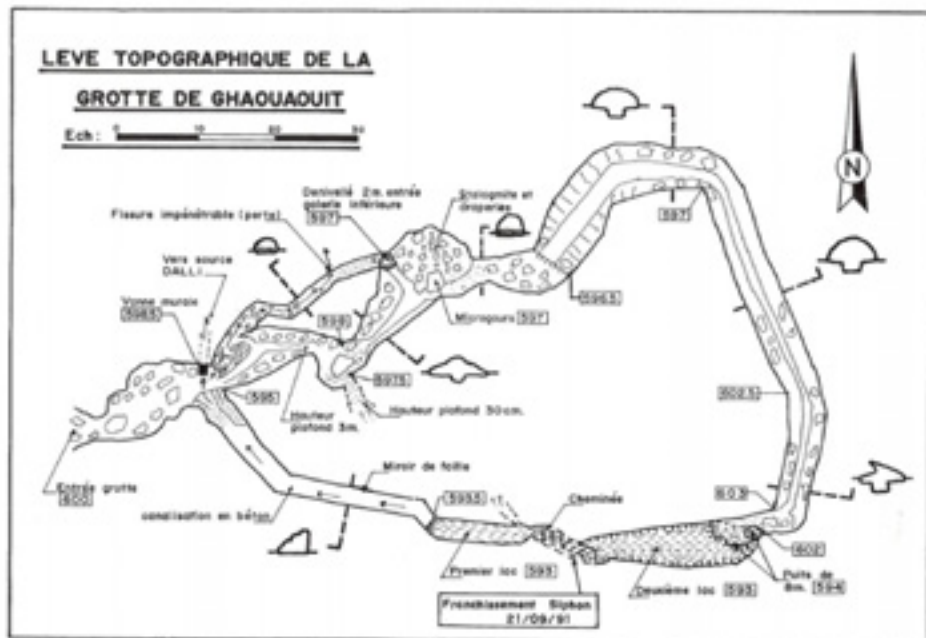
Masques, palmes, chaussons, fixe-palmes, cou-teaux, cagoules, etc. En plus, une bouteille de 12 litres spirotechnique en cas de coup dur et, bien sûr, le

complément indispensable sinon vital : la lumière. En plus de nos casques vissés sur nos têtes, chacun de nous a deux ou trois sources d'éclairage, de puissances et de marques diverses.

Nous voilà parés pour la plongée.

Notre fil d'Ariane est un câble fin en polyester, tressé et non flottant de 2,5 mm de diamètre, enroulé sur un touret-dévidoir contenant 275 mètres de fil.

Il est une heure de l'après-midi. L'eau est froide. Hugues s'enfonce lentement dans le noir. Sa flamme s'éteint quand son casque disparaît sous l'eau. Il déroule avec lui le fil d'Ariane. Je joins le pouce et l'index autour du fil et le suis. J'ai juste le temps d'apercevoir le flash et un silence pesant tombe sur nous deux.



Nous explorons le lac sans rien trouver. Le fond est jonché de graviers et les parois recouvertes d'une pellicule de boue qui ne demande qu'à devenir nuage au premier coup de palme malencontreux.

Nous trouvons enfin l'ouverture permettant de pénétrer le couloir noyé. Elle est triangulaire en forme de V renversé, large à sa base de plus de 2m50. Les parois sont lisses, nous sommes à six mètres de profondeur. Je scrute le siphon avec ma lampe, mais déjà la boue rend la vision difficile. C'est à peine si je distingue Hugues à deux mètres de moi. Je ne suis pas suffisamment lesté, je flotte un peu et racle le plafond dans le creux du V. J'ai peur pour mon détenteur, alors je me pousse avec les mains vers le fond.

Hugues s'est brusquement arrêté. Je palme lentement et m'approche de lui. Nous avons débouché sur quelque chose qui nous semble énorme. Je fais signe à Hugues de retourner (avec un seul détenteur il n'est guère prudent d'aller plus loin). Il me fait signe de rester à l'entrée du siphon pour faire repère. Je le vois

s'éloigner de moi puis disparaître. Au bout de quelques minutes il me fait signe avec sa lampe de faire surface. Je regarde mes bulles argentées qui s'écrasent au plafond. J'avance de quelques mètres et j'emmerge dans le second lac.

Nous discutons un moment. Hugues a atteint le fond du lac. Il est profond de neuf mètres. Nous retournons.

Je vois à nouveau le flash de Carlos qui nous a sans doute repérés et je devine que j'ai repassé le siphon de 12 mètres. J'emmerge et surveille la lumière de Hugues qui s'approche.

Quinze minutes de plongée et je claie des dents. Hugues sort près de moi, le masque au cou, un large sourire éclaire son visage. Nous sommes heureux. Nous venons de faire une première.

La jonction des deux lacs est faite. Il reste à trouver la suite du réseau en relation avec les gouffres de Balaa, Baatara et Juret el Aabad.

André BECHARA

## TRAVERSEE DE JITA

André BECHARA)

Le 20 août 1991 devait être consacré à la **traversée intégrale** de la rivière souterraine de Jita.

Fermée et inaccessible depuis 1975, cette grotte tenait du mythe pour toute une génération de jeunes spéléologues.

Le 15 août de cette même année, nous avions effectué une courte visite en compagnie de nos collègues français explorant, en plus de la partie touristique, les zones non encore aménagées de la rivière souterraine et des galeries supérieures.

Nous devions en leur compagnie découvrir sans aucun doute le plus beau joyau de nos cavernes.

Maintes démarches furent nécessaires auprès des autorités compétentes afin d'obtenir l'autorisation de mener à bien ce projet. Il est vrai aussi que l'environnement de ces zones d'accès n'était pas encore entièrement déminé.

Pour atteindre l'entrée artificielle de DARAYIA, il fallait franchir à pied un énorme dépôt envahissant route et versant montagneux menant au tunnel d'accès.

Nous devions découvrir là encore avec consternation, gisant au bord du chemin, un grand nombre de platanes prêts à être embarqués à destination de menuiseries ou de cheminées.

Le paysage ombragé que nous connaissions était à présent désertique.

Nous nous équipons : côté libanais, le Karkabi, Michel Majdalani, Ghassan Beythum, Hugues Badaoui et moi-même, avec pour prime un Antoine Comaty de passage au Liban, inchangé et toujours partant. Du côté français : Jean-Claude Frachon, Sandrine et Patrick Degouve et Laurent Bresson, Pierre-Henri Fontespis-Loste et Pascale Lafosse nous ayant quittés deux jours plus tôt.

L'interminable descente (530 m) du tunnel rejoignant le siphon terminal se fait face à un violent courant d'air. Nous marchons de crainte de glisser sur les traverses d'un funiculaire hors d'usage.

Arrivés à l'embarcadere, nous gonflons les canots pneumatiques sous le regard amusé des Français

acquis à d'autres méthodes (nous verrons plus loin leurs concepts aquatiques des choses).

La navigation commence et nous pagayons avec des rames de notre fabrication, sortes de petites raquettes efficaces et peu encombrantes. La rivière tantôt calme, tantôt rapide, coule limpide dans un décor somptueux.

La rêverie doit faire rapidement place à plus de concentration. Il faut dégonfler les dinghies, les placer dans des sacs adéquats et progresser sur les rives tantôt en escalade tantôt au niveau de l'eau. Les prises sont souvent pourries, ce qui permet à quelques-uns d'entre nous de se retrouver les quatre fers en l'air dans une eau qui nous semble plutôt fraîche (14° C.).

Les différentes salles dont nous ne connaissons certaines que par oui-dire défilent sous nos yeux en une véritable course contre la montre : bd du S. C. Liban avec ses belles plages de sable fin, la salle Mroué encombrée d'énormes blocs rocheux détachés des parois et du plafond, véritable labyrinthe pourri et noir, salle Hayat, salle du Dôme, cascade Mica, rapide Anavy, cascade Lionel, salle Thompson...

Ces différentes appellations, jalons de repérage topographique, sont bien entendu séparées par de multiples plans d'eau nécessitant la manœuvre pour le moins fastidieuse de gonflage et dégonflage de nos embarcations. C'est vers la fin que nos « moniteurs », excédés par notre lenteur, se jettent à l'eau et franchissent (non sans avoir tenté au moins une fois de remonter dans un dinghy déjà chargé) rapides et eaux calmes.

Nous retrouvons, après avoir franchi les « rapides de l'enfer » et le « chaos », la grande barque en duralumin amarrée là il y a une semaine et qui nous permettra de franchir ces 1 000 derniers mètres sans accroc.

Les rambardees d'embarquement pour les touristes sont là. Un petit choc et le réveil brutal après douze heures passées sous terre en compagnie de merveilleux amis me ramène brutalement à la réalité.

Le rêve prend fin, l'extase du moment fera place à un souvenir inoubliable, enfin après tant d'années d'attente la traversée de Jita est à présent réalité.

**GOUFFRE DE MIYASSÉ (fig. 1)**

1/06/91

X = 223.070

Y = 146.790

Z = 550 m

Feuille de BIKFAIYA L5 au 1/20 000

Géologie : J4

Prof. 40 m

Gouffre entraînement - Sortie collective S. C. Liban.  
Exploré pour la première fois en 1956.

**HOUET EL HAMAM (fig. 2)**

17/10/91 et 24/11/91.

X = 151.920

Y = 225.930

Z = 1.025 m

Feuille de BIKFAIYA L5 au 1/20 000

Prof. 65 m

Géologie : J4

Exploré par André BECHARA le 17/10/91, il a été repris par Riad ABDO et Dany MAALOUF le 24/11/91.

Puits unique de 65 m se développant sur une faille de direction E-O. A l'instar de tous les gouffres portant le nom de HAMAM (pigeons), les parois de celui-ci hébergent nombreux de ces volatiles sédentaires et qui font bien malheureusement l'objet d'une poursuite assidue de la part de nos vaillants chasseurs. (Signalé par A. WEHEIBE).

**HOUET EL MASLAKH (fig. 3)**

16/06/91

X = 157.900

Y = 235.800

Z = 1.380 m

Feuille de FARAIYA M6 au 1/20 000

Prof. 33 m

Géologie : J4

Ce gouffre fait partie d'une série de cavités nées le long d'une faille de direction N.S. Il est intégré au lapiaz plus connu sous le nom de AL AALALE. C'est un puits unique de 33 mètres avec quelques rares concrétions dans le fond.

**MGHARET EL TAROUAA (fig. 4)**

16/01/91

X = 157.850

Y = 235.720

Z = 1.395 m

Feuille de FARAIYA M6 au 1/20 000

Prof. 8 m

Dév. 11 m

Géologie : J4

Cette grotte a été découverte par Joseph MEHANA. Elle ne porte pas de nom. Elle a été baptisée : Mgharet

EL TAROUAA du nom du massif calcaire dans laquelle elle se trouve.

L'ouverture n'est pas visible du sentier et se trouve à mi-chemin entre Houet Bou Mahmoud et Houet el Maslakh. Elle ne présente aucun intérêt particulier. Quelques rares concrétions décorent le fond alors que le sol est profondément boueux. Cette grotte est alimentée par les eaux d'infiltration s'écoulant le long de la paroi exposée au sud.

Cette cavité présente la particularité de faire partie du même système de faille de direction N S que les deux gouffres qui l'encadrent : Houet Bou MAHMOUD et Houet EL MASLAKH

**MGHARET JOUALMANE (Bhahret Toula). (fig. 5)**

X = 173 500

Y = 264 830

Z = 1.030 m

Dév. 193 mètres (exploration à poursuivre).

Géologie : C4

Cette grotte avait déjà fait l'objet d'une première reconnaissance en 1956 par R. KHAWAM et S. KARFABI.

Une seconde visite eut lieu au mois d'octobre 1987 par J. ELIAN, A. GHAOUICHE, B. HAKIM, S. KARFABI et A. WEHEIBE.

L'allure générale du réseau est rectiligne sur 140 mètres (direction N. NE) pour une largeur moyenne de 2 mètres. Un changement brutal de direction (à tendance sud) se caractérise par une galerie étroite (moins d'un mètre de largeur) et légèrement concrétionnée.

Le porche d'entrée de la grotte a été partiellement muré, permettant à cette première partie de jouer le rôle d'étable. Le sol est jonché uniformément d'excréments de chèvres et de moutons sur les premiers 45 mètres, sur une épaisseur de 20 cm. Un muret délimite l'enclos. On retrouve néanmoins sur une centaine de mètres plus loin les mêmes traces sur le sol mais plus dispersées.

La galerie de direction constante N. NE change brutalement de direction pour s'infléchir vers le S. SE puis finalement vers le sud.

Ce dernier couloir est étroit et s'élargit brutalement sur une petite salle circulaire que l'on atteint par une échelle en bois desservant une marmite profonde remplie d'eau.

La présence de l'échelle déjà signalée en 1956 nous laisse supposer que les bergers s'en servent pour puiser de l'eau dans la marmite destinée au pâturage.

Au-delà, une paroi lisse mène à une fenêtre située 5 mètres plus haut et que, faute d'agrs, nous n'avons pu explorer.

Il n'est pas exclu de trouver au-delà la suite du réseau et pourquoi pas, un cours d'eau souterrain dont cette fenêtre servirait de trop-plein en période humide. L'exploration de ce réseau est à poursuivre.

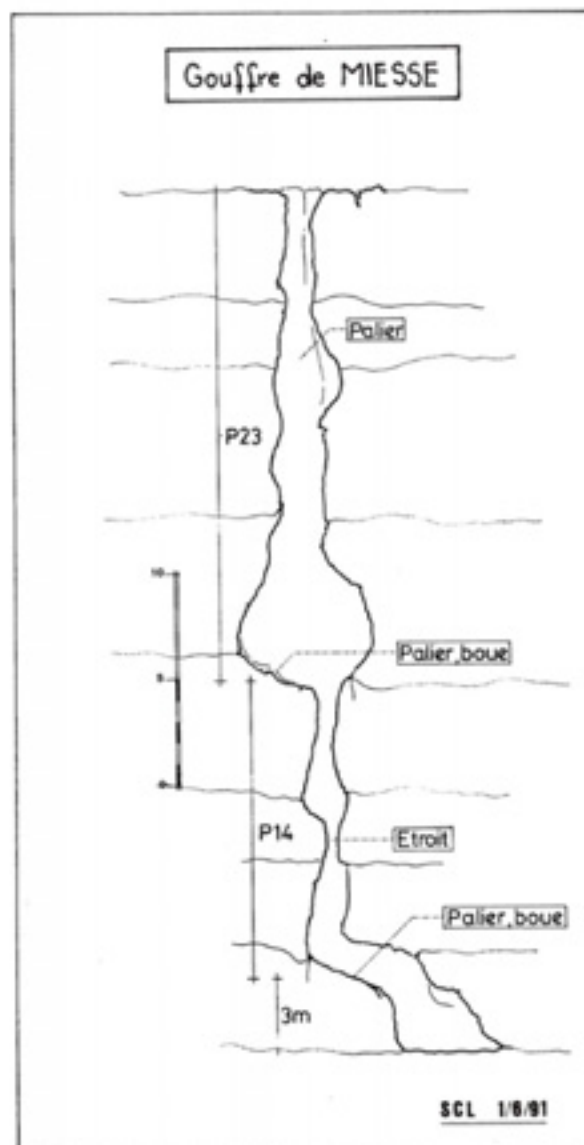


Fig. 1

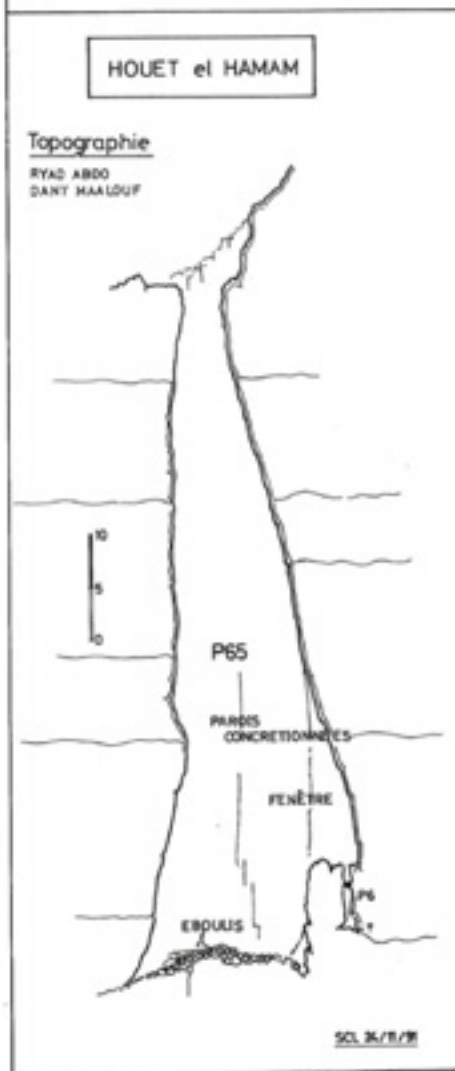


Fig. 2



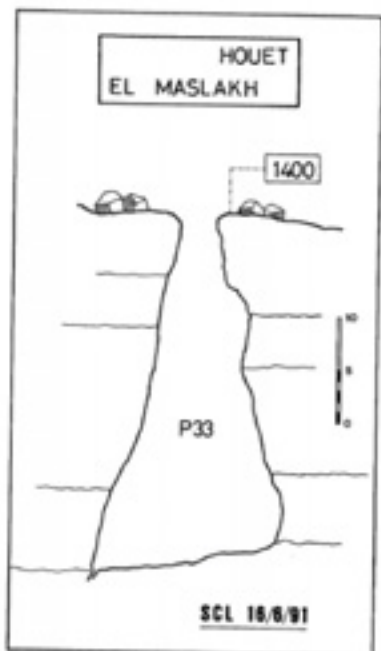


Fig. 3

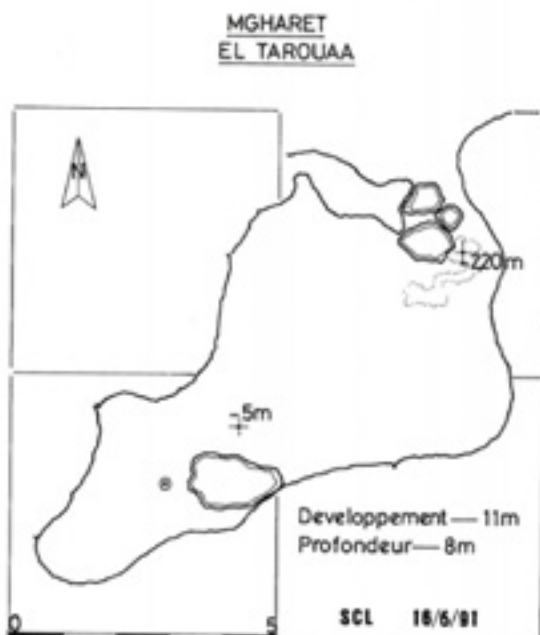


Fig. 4

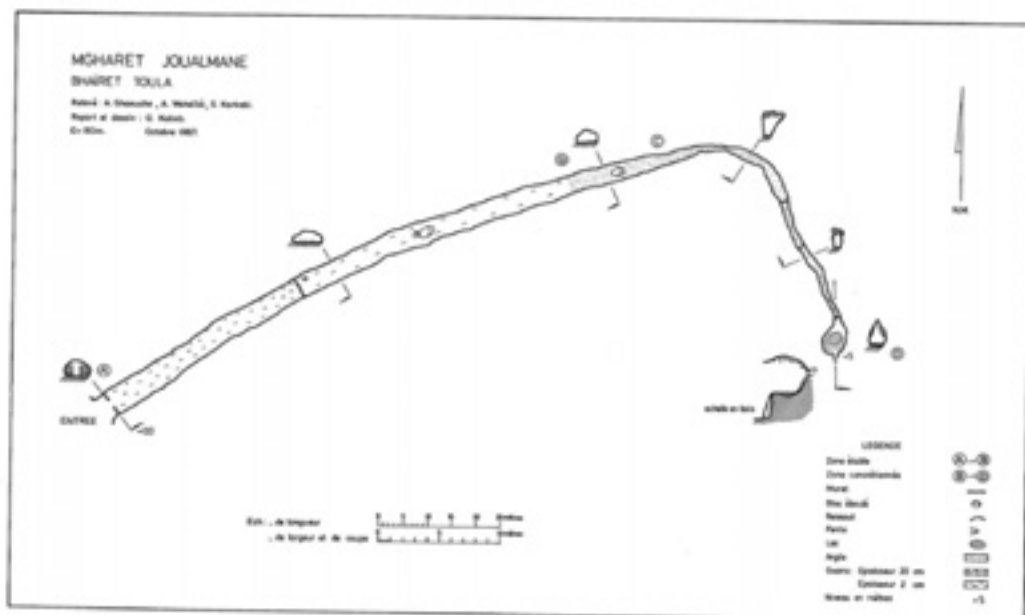


Fig. 5



Ph. 1

— Les cannelures de dissolution de Houet el Douar. Remarquez les échelles en bois posées par les chevriers. et. S.K.

**MASSIF DE JAJ** 03/06/91

G. BEYHUM      A. FARRA      J. SALAMEH  
A. FARRA      S. KARKABI      A. SALAMEH

Exploration de trois nouvelles cavités dans le splendide lapiaz du massif de Jaj:  
houet el Douar, houet el Manchars, houet el Mîhr.

La toponymie des gouffres (trous à neige) ne correspond pas à celle signalée sur la carte de QARTABA au 1/20 000 — Feuille N° 6. Nous adoptons celle pratiquée par les autochtones. La neige bien tassée en fin de saison est taillée en bloc et ramenée à dos d'homme en surface. Elle servira une fois fondue à l'alimentation en eau des bergers et de leurs pâturages.

**HOUEY EL DOUAR (Ph. 1)**

X = 164.700      Y = 245.500      Z = 1784 m

Feuille de QARTABA N° 6 au 1/20 000  
Géologie : J4 — Calcaire de Kesserouane (Jurassique).

Très beau trou à neige à longues cannelures de dissolution. La topographie n'en ayant pas été faite, la profondeur du premier puits a été estimée à — 50 mètres. L'exploration a été entreprise à l'est, en suivant tout au long de la descente les nombreuses échelles de bois ou de ce qui en reste. Le fond est occupé par une large plaque de neige. La suite du réseau se développe le long d'une diaclase de direction 220° N sous l'apparence d'un second puits d'une vingtaine de mètres. Exploration à suivre.

**HOUET EL MANCHARA** (fig. 6)

X = 159.650

Y = 245.360

Z = 1.678 m

Feuille de QARTABA N° 6 au 1/20 000

Prof. 25,5 m - Dév. 34 m

Géologie : J4 - Calcaires de Kesserouane (Jurassique).

Trou à neige accessible avec ou sans corde.

Echelles en bois et troncs d'arbre servent d'agrès aux chevriers. Ce gouffre se développe suivant une diaclase de direction 143° N ne dépassant guère 3 m dans sa partie la plus large.

**HOUET EL MIHR**

X = 159.500

Y = 245.200

Z = 1.680 m

Feuille de QARTABA N° 6 au 1/20 000

Géologie : J4 Calcaires de Kesserouane (Jurassique).

Puits d'une vingtaine de mètres de profondeur et dont seul le fond (P 12) nécessite des agrès. La partie supérieure n'est qu'un énorme éboulis, effondrement du toit de la cavité. La partie inférieure se développe le long d'une fissure de direction 80° N. Le fond du gouffre est occupé sur toute sa superficie d'une large plaque de neige.

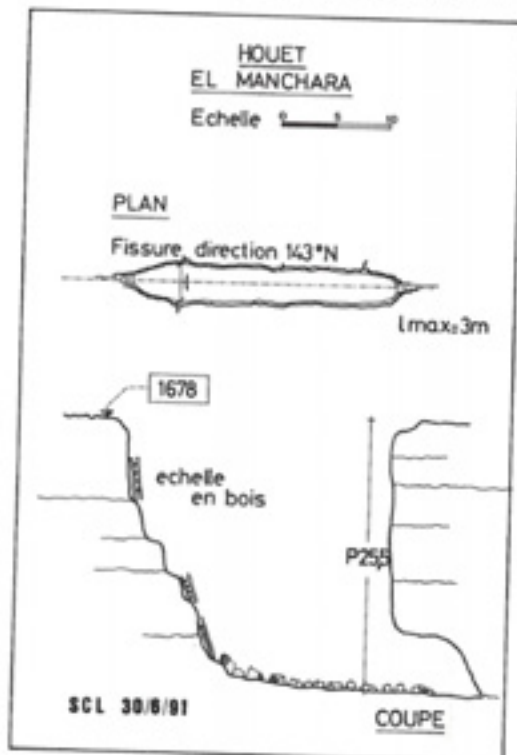


Fig. 6



Ph. 2

Ph. 2 - Houet el Mihr. Echelle en bois posée par les chevriers (S.K.) et S. Karkabi



Ph. 3 - Houet el Hallaq - Ouverture étroite caractéristique des gouffres de lapiaz (cf. S. Karabi)

Fig. 7

HOUET  
El Hallaq

**HOUET EL HALLAQ (fig.7) Ph. 3**

X = 148.830

Y = 228.380

Z = 1.000 m

Feuille de BIKFAIYA L5 au 1/20 000

Prof. 25 m

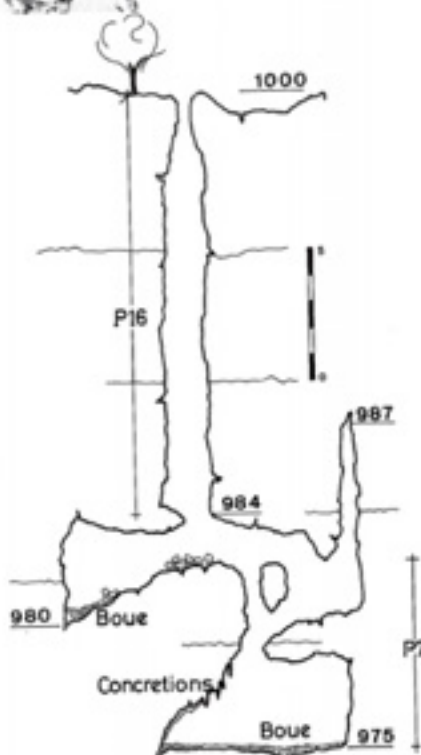
Géologie : J4

C'est dans une clairière entourée de pins et de chênes verts et en bordure d'une accumulation de caillasse (dépiéremment) que s'ouvre au fond d'une étroite doline Houet el Hallaq.

Le départ et jusqu'à - 16 mètres se développe suivant une verticale parfaitement cylindrique un puits de 16 mètres. On atterrit 1m50 plus bas sur un monticule de boîtes de lait en poudre vides, entre lesquelles cavalaient de gros rats apparemment bien nourris.

En sud, un puits de 3 m mène à une salle boueuse et légèrement concrétionnée.

En est, le gouffre se prolonge par une fissure donnant accès à une diaclase étroite de 7m5 de profondeur. Le fond est boueux et sur les parois apparaissent de bien maigres fistuleuses. Une cheminée de 7 m de haut semble bloquée.



SCL 8/8/91

**HOUET EL TARRACH (fig. 8) Ph. 4**

S. KARKABI, A. WEHEIBE

X = 153.100

Y = 226.800

Z = 1.065 m.

Feuille de BASKINTA L6 au 1/20 000

Prof. 9 m

Dév. 37 m

Géologie : J4

Abri de berger d'accès difficile et peu confortable pour le pâturage. Développement sur faille de direction E SE

**HOUET EL KHALLE**

16/06/91

X = 158.160

Y = 235.360

Z = 1.430 m

Feuille de FARAIYA M6 au 1/20 000

Prof. 15 m Géologie : J4

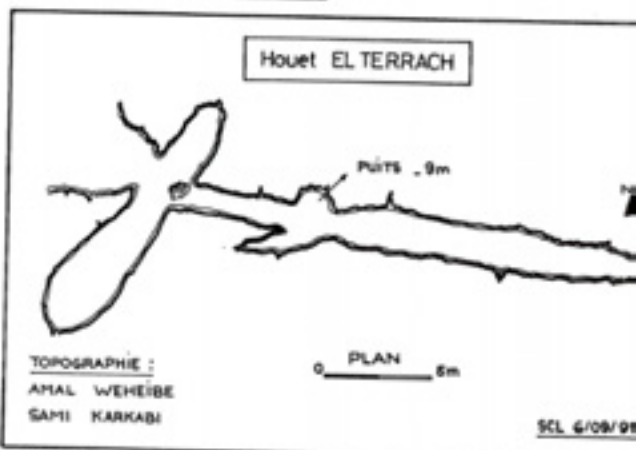


Fig. 8

Cette perte d'eau temporaire sert également d'exutoire au surplus d'eau d'arrosage d'un champ agricole. Elle s'ouvre au contact d'une faille de direction 292° N, sur le bord occidental du sentier menant aux gouffres de BOU MAHMOUD et du EL MASLAKH. Facilement repérable, elle se situe au N.O. de la première et unique maison se trouvant en bordure de ce sentier.

Ph. 5

Ph. 5 - Perte de Houet el Khalle (ph. S. Karkabi)



## LES SOURCES DE DAICHOUNIYE

**HOUET PHILIPPE** (Fig. 9)

A. BECHARA, S. KARKABI, A. WEHEIBE.

X = 159.590

Y = 226.300

Z = 1.160 m

Feuille de BIKFAIYA L5 au 1/20 000

Prof. 33 m

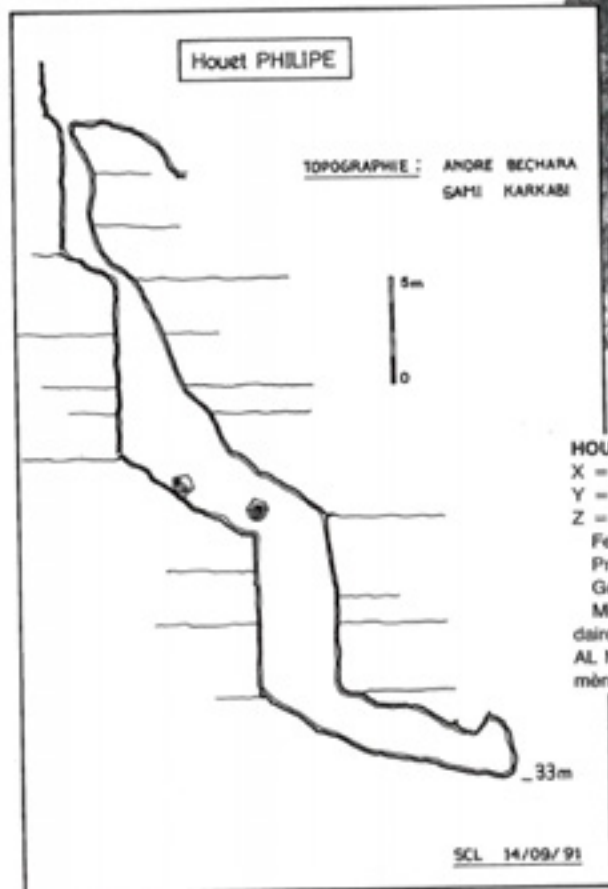
Géologie : J4

Gouffre très étroit (ouverture 0,30 x 0,50 m), se développant sur une fracture tectonique de direction 170° N. Cailloutis assez instables et parois concrétionnées.

Ph. 6 - Houet Philippe - Ouverture similaire à celle de Houet el Hafaq caractéristique du lapiaz de Mazraat (cf. May Hazrat).



Ph. 6



**HOUET GOU' EL MCHETE** 16/06/91.

X = 153.420

Y = 234.500

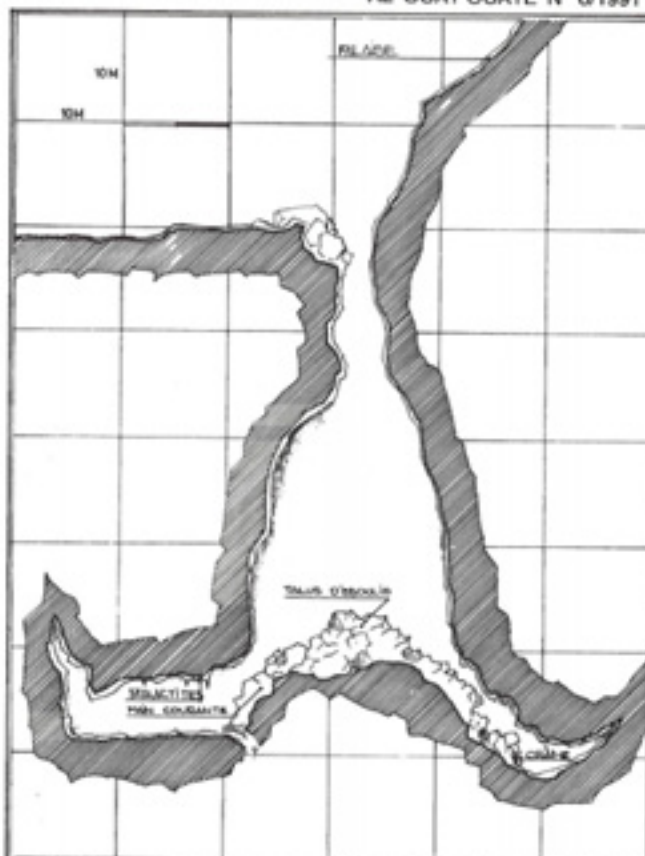
Z = 1.080 m

Feuille de FARAIYA M6 au 1/20 000

Prof. 9 m

Géologie : J4

Mis au jour lors du percement d'une route secondaire, ce gouffre s'ouvre au niveau du grand virage de AL MCHETE. C'est une poche de dissolution, phénomène très fréquent dans la région.

Coupe : HOUET ABOU MAHMOUD

Plan

SCL 16/06/91

Topographie  
Marwan Zgheib  
Carlos Aoun  
Nabil Maatouk

**HOUET A BOU MAHMOUD (Fig. 10)**

16/06/91

X = 157.980

Y = 235.560

Z = 1.380 m

Fouille de FARAIYA M6 au 1/20 000

Prof. 55 m

Dév. 34 m

Géologie : J4

Ce gouffre s'ouvre le long de la faille de direction N.S., caractérisant la région. L'ouverture s'appuie sur le pied de la falaise qui le domine à l'est. Un puits de 38 mètres aboutit sur un important cône d'éboulis de 25 mètres de diamètre s'épanchant de part et d'autre et débouchant sur des galeries latérales. La première à - 50 m de direction N NO est décorée de rares stalactites et remonte en une cheminée d'environ 12 mètres. La seconde (S SE) d'une approche plus complexe en raison des blocs qui l'obstruent atteint la profondeur de 55 mètres. Un squelette tout à fait contemporain a été aperçu dans le fond.

Fig. 10

LES ACTIVITES DU S. C. LIBAN

**MGHARET ACHOU' (Fig. 11)**

X = 177 790

Y = 272 980

Z = 640 m

Feuille de Sir ed Danniyé 08 au 1/20 000.

Géologie : J4

Dév. # 240 mètres.

Mgharet Achou' avait déjà fait l'objet d'une étude préliminaire, lorsque le commissariat général au Tourisme nous avait demandé en 1957 d'en situer le potentiel touristique. Ne représentant qu'un intérêt mineur, le projet devait être abandonné.

Toutefois, sur le plan régional, la visite de la grotte connaît une grande popularité, le sentier y menant et partant de Sir ed Danniyé ne manquant pas de pittoresque. De plus, la source captée de « Nabaa ez Zahlane » jaillissant dans la vallée reste le lieu privilégié de nombreux pique-niqueurs à la recherche de fraîcheur et d'eau salubre.

C'est pourquoi, une nouvelle visite à la grotte Achou' devait avoir lieu ce 3 août 1991, à la demande expresse du ministère du Tourisme.

Nous n'avons pu mener à bien cette mission, ayant été tributaire de l'accueil et de l'accompagnement généreux d'une vingtaine de jeunes gens de la région décidés à nous accompagner jusqu'au bout dans nos pérégrinations souterraines.

Nous livrons à toutes fins utiles une partie de la topographie qui en a été faite et espérons la compléter en 1992.

La région de Sir ed Danniyé est peu connue sur le plan spéléologique. Il est certain que ce puissant massif de calcaire jurassique s'étendant sur plus de 80 km<sup>2</sup> et accusant un dénivelé de plus de 1 200 mètres (de 2 000 à 750) réservera d'agréables surprises à ceux qui lui consacreront leur temps. Témoins sont les nombreuses sources apparaissant au fond des gorges et vallées convergeant vers le Nahr el Bared ou le Nahr Moussa.

Nous livrons ci-dessous un inventaire des quelques rares cavités explorées dans les années soixante dans cette région et apportons quelques corrections aux coordonnées des grottes Achou' et ez Zahlane.

GROTTES ET GOUFFRES DE LA REGION DE SIR EDDANNIYE  
FEUILLE AU 1/50 000 N 4). - Arch. S. C. LIBAN.

DENOMINATION	X km	y km	Z m	DEV. PROF.	GEOLOGIE
MGHARET ACHOU'	177.700	273.050	640	250 (env.)	CALC. JURASSIQUES
MGHARET EZ ZAHLANE	177.720	273.040	555	300	-
MGHARET ABOU SALIM	177.790	272.980	670	20	-
MGHARET ES-SOLTANE	177.600	271.900	750	20	-
MGHARET FNAIDEQ	195.500	281.600	1290	110	CALC. CENOMANIENS
HOUET ECH-CHARBINE	178.950	269.800	1230	123 - 75	-
MGHARET EL-ARBAIN	178.700	269.500	1500	20 (abri)	-
HOUET BQAA SAFRINE	181.240	267.400	1650	- 08	-
HOUET EL-AALAIQ	178.140	267.360	1300	?	-
HOUET EL-KSAIYER	178.350	265.800	1400	?	-
HOUET EL-FAOUAR	178.260	265.620	1830	- 30	-
MGHARET EL-HAOUA	176.200	263.800	1745	50	-



## Mgharet EL ACHOU

TOPOGRAPHIE

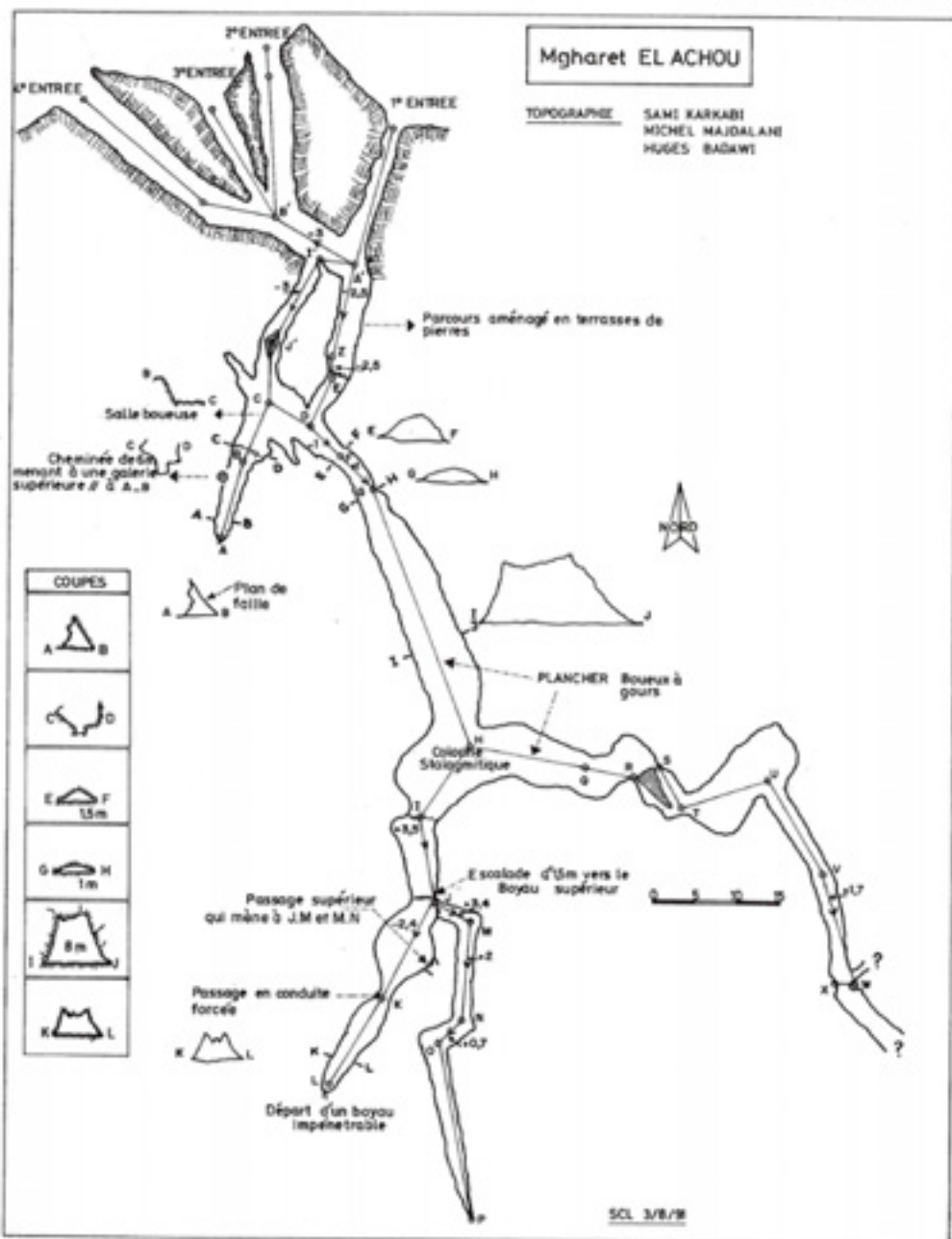
SAMI KARKABI  
MICHEL MAJDALANI  
HUGES BAGAWI

Fig. 11

## LES ACTIVITES DU S. C. LIBAN

### MGHARET NABAA EL BOU SAFI (fig. 12)

Patrick DEGOUVE, SAMI KARKABI (25/08/91).

X = 156.815

Y = 231.100

Z = 1.230 m

Géologie : J6

Feuille de FARAIYA au 1/20 000 - M6.

Dév. 84 mètres.

Un grand nombre de petites sources jaillissent dans - Bastine ech Chaara - émergeant du J6 en contact avec le J5 (Oxfordien) dont les marnes et matériaux volcaniques jouent le rôle d'écran impénétrable. Nabaa el Bou Safi est l'une d'elles, aujourd'hui captée pour les besoins d'un restaurant qui s'élève à son pied.

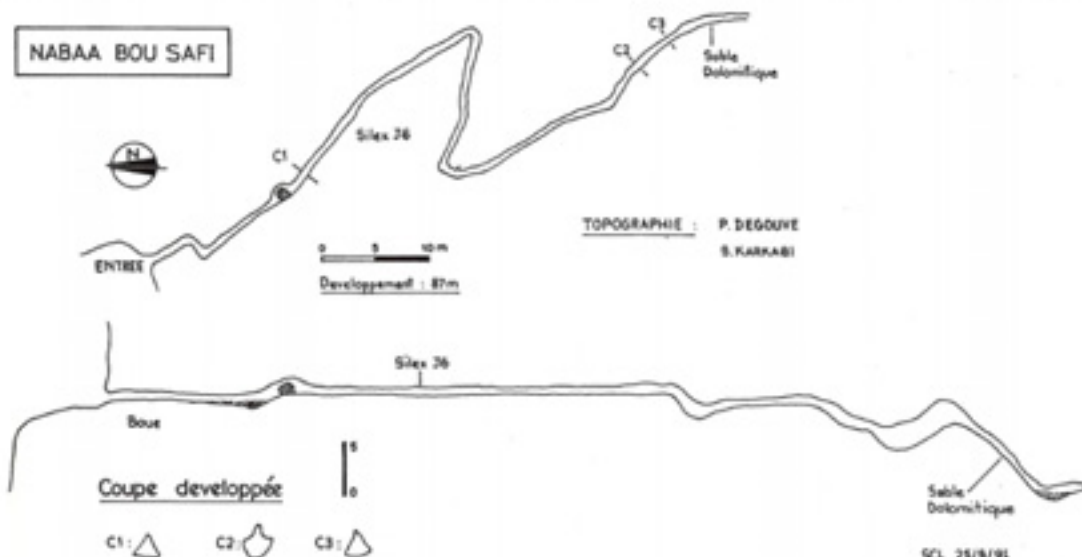
Au-dessus de la source et jouant le rôle de trop-plein, apparaît en période de pluie un important exutoire se déversant brutalement sur la roche mise à nu et l'entaillant profondément. La température de l'eau le 8 décembre 1991 était de 7,8° C à l'instar de celle de Nabaa el Mghara jaillissant juste en face mais sur la rive droite de Ouadi el Mghara.

Le propriétaire, Tarios Zgheib, de Hrajel, espérant découvrir un cours d'eau permanent en ce lieu, dégage l'entrée et met au jour un réseau souterrain qu'il appelle : Mgharet Nabaa el Bou Safi. La grotte s'ouvre dans une région riche en accidents tectoniques (voir carte géologique dans - Al Ouaf' Ouafé N° 4).

Le développement du réseau souterrain se fait suivant un axe uniforme SSE avec à mi-parcours un changement brutal de direction dû à une microfaisle de direction EO. On distingue nettement dans la première partie un lit de rognon de silex caractéristique du sommet du J6.

De rares concrétions apparaissent dans la première partie et le sol est boueux et argileux avec une accumulation d'argile et de mame dans la partie terminale. Celle-ci, après un fort dénivelé (- 7 m), se termine par une vasque d'eau difficilement pénétrable et une fissure mettant fin aux espoirs du propriétaire des lieux de trouver le cours d'eau permanent souterrain.

Fig. 12



**GROTTE/GOUFFRE DE DAHR EL AIN**

16/07/91.

H. BADAOUÏ, S. KARKABI, M. MAJDALANI.

X = 162.000

Y = 272.000

Z = 109 m

Feuille de DEDDE O6 au 1/20 000

Géologie : M2 a (calcaires Miocènes - Vindoborien).

Explorée par L. DUBERTRET et B. GEZE en 1950, cette grotte/gouffre a été visitée depuis par G. RENOUARD et le S.C. Liban en 1952. Un captage du cours d'eau souterrain a été réalisé en 1956 en faveur de la ville de Tripoli.

Dans le but de détecter une éventuelle perte d'eau, une mesure de débit a été réalisée à la demande de la compagnie des eaux de Tripoli par M. MAJDALANI.

Un rapport de 5 pages dactylographiées, comprenant une planche et trois tableaux de jaugeage, a été remis aux responsables des eaux de Tripoli (voir aussi archives du S. C. Liban).

Une topographie précise a été réalisée et nécessite d'être complétée. L'objet de ces travaux sera publié plus tard.

**JOURET EL AFA**

X = 153 000

Y = 225 580

Z = 1 155 m

Feuille de BESKINTA L6 au 1/20 000

Prof. 10 m - Dév. 4 m

Géologie : J4 - B J 5

Signalé par Amal WEHEIBE, ce ponor ouvert vers l'ouest (vallée de Nahr el Msarr) se situe au fond d'une large dépression au pied et à l'ouest de Deir Saïdet en Niyas. Un chemin de terre partant de ce couvent ou de celui de Deir Mar Youssef y mène. Il n'est pas repérable de loin, mais une vigne grimpante (signalée sur la carte au 1/20 000) sert de point de repère. Le ponor se trouve à moins de cinquante mètres en S W

Un seul puits de 10 mètres nécessitant des agrès mène à un couloir de quatre mètres occupé par un nid de guêpes. (22/07/91 - G. BEYHUM, S. KARKABI)

Intéressant témoignage d'une génération de guerre n'ayant pas connu les grands complexes spéléologiques du Liban, et pour cause...

**RAPPORT DE SORTIE DU SAMEDI 6 JUILLET 1991**

Lieux : Jilta.

Equipe : Sami Karkabi, Ghassan Beyhum, Hugues Badaoui, André Béchara.

*Les dieux de la spéléo étaient avec nous ce samedi matin, ils avaient bien fait les choses ; la sortie de Tripoli tombait à l'eau, Michel s'étant fait porter malade, et sans lui pas de mesure de débit.*

*Sami nous propose alors d'ailler explorer un gouffre ; Ghassan, Hugues et moi faisons un peu la moue vu que nous n'avions pas de matériel ; alors va pour Jilta, dit Sami. Nous nous divisons. Ghassan et Hugues iront chez Jo chercher les dinghies et le matos, Sami et moi, prendre l'autorisation de la municipalité de Jilta en la personne de Sélim Baroud. Après 45 minutes d'attente, nous empruntons la route qui mène à la grotte ; les guérites sont vides de F.L., les postes de garde démantelés. Nous arrivons au parking où la fameuse explosion avait eu lieu. Pour nous c'est un choc et une désolation. Plus de parking, presque plus de route, et partout des munitions explosées jonchent le sol. L'entrée de la rivière souterraine est aussi pleine de pointes de cartouches, nous avons peur que la grotte ne soit touchée. Nous entrons. Le porche d'entrée nous apparaît intact. Ouf !*

*La fêerie commence : pour Sami qui depuis quinze ans n'a plus remis les pieds de par cette entrée, pour Hugues et moi qui n'avons jamais fait cette portion de la grotte.*

*Nous arrivons à l'embarcadère, prenons une barque que les touristes utilisaient et voilà, c'est parti pour un tour. Sami est debout à la proue de la barque, nous guidons de la voix et du geste, tandis que nous ramons, qui avec une planche, qui avec une rame en plastique. 1 000 mètres de rivières et nous abordons...*

*Je ne décrirai pas notre traversée. Sami court, galope presque, Hugues et moi voyons enfin ce qui pour nous était mythique : le pilier de Maxwell, la méduse, le cahot, le pilier de l'aigle, les rapides de l'enfer, le déversoir Lamarche, le grenier aux colonnettes, la salle Tompson, tandis que Ghassan se « ressouvait ».*

*Nous poussons à plus de 2 000 mètres, ressortons après quelques heures, le cœur plein d'une joie rare que seuls les « spéléonautes » peuvent éprouver ; il faut dire que « quatre » à Jilta c'est rare, donc chère.*

André BECHARA

## MISE AU POINT

Nous ne souhaitons nullement entretenir une polémique désuète, à savoir qui doit et comment pratiquer la spéléologie.

Mais il y a des silences qui passeraient pour de la faiblesse sinon de la complicité, d'où bien à contrecœur cette mise au point que nous espérons être la dernière.

Nous avons eu de la chance d'assister ce mercredi 11 décembre 1991, dans les locaux du Mouvement culturel d'Antélias, à une intéressante table ronde ayant pour thème : Spéléologie et actualité (ou les cavernes au service de la connaissance).

Les conférenciers, d'anciens membres et responsables du Spéleo-Club du Liban, sont aujourd'hui à la tête d'un autre mouvement spéléologique : le GERSL (groupe d'étude et de recherches souterraines au Liban).

Les thèmes abordés en premier lieu font partie du souci quotidien de tout spéléologue : les cours d'eau souterrains, la pollution, la préservation des cavernes..., géologie, hydrogéologie...

Le second volet de cette table ronde, dont on ne peut contester ni l'originalité ni la nouveauté, concernait les grottes-ermitages. Les informations tirées des inscriptions et peintures murales découvertes à l'intérieur de ces cavernes sont d'un très grand intérêt et apportent une lumière nouvelle sur l'histoire assez méconnue des chrétiens du Liban.

Tous les exposés étaient illustrés simultanément de diapositives nombreuses et belles.

Nous aurions cependant souhaité, et quel que soit le différend qui oppose le GERSL au S. C. Liban, que soit cité le nom du groupe à l'origine des grandes découvertes, ou des plongées telles que : Jilta, Dars, Antélias, Ain el Lebné, Qachqouch, Safa et autres...

C'est une question d'éthique qui n'enlève rien au prestige du noble objectif que s'est promis d'atteindre le GERSL. Bien au contraire...

L'envers de la médaille est moins brillant. Pourquoi ces mêmes conférenciers ont-ils éprouvé le besoin de justifier l'abandon de leurs responsabilités auprès du S.C. Liban par des propos pour le moins étranges, dans l'interview accordée à *La Revue du Liban* du 23-30 novembre 1991 ?

Nous vivons en démocratie et toute personne éprouvant le besoin de s'épanouir en fondant un groupe (nous citons) : ayant une vision scientifique plus évoluée de la spéléologie, reste une cause fort louable.

Pour notre part, nous n'avons jamais prétendu faire partie, et toutes proportions gardées, d'une société savante. Un club spéléologique n'a pas nécessairement pour mission la seule recherche scientifique. Le nôtre est ouvert et sans distinction aux plus humbles. Notre recrutement ne met surtout pas l'accent sur le prétendu potentiel cérébral, et nous ne sélectionnons pas uniquement (nous citons) : les personnes ayant un haut niveau scientifique. Nous croyons sincèrement qu'il est donné à tout le monde d'aller sous terre à la condition bien entendu que soit respecté le milieu naturel dans lequel il évolue. Là c'est une question d'éducation et de sensibilisation. Il nous semble que c'est le rôle premier de tout spéléologue expérimenté d'encadrer, d'ordonner et de coordonner toute personne ou tout groupe désireux de se familiariser avec le monde souterrain.

Il est inutile de s'attarder à ce genre de discussion fort stérile. Nous désirons pour terminer soulever deux autres points auxquels nous restons sensibles.

Nous avons lu avec beaucoup d'intérêt le D.E.S. en géographie physique présenté à l'Université libanaise en 1989 par notre ami Antoine GHAOUCHE. Ce mémoire\* aurait mérité une place plus importante dans notre revue, car c'est bien la première fois que l'ensemble des travaux ont pour base la spéléologie, dont l'essentiel de la matière est tiré des dossiers du S.C. Liban.

Nous regrettons simplement que les sources d'information n'aient point été clairement citées et que de nombreux plans ou coupes ne portent aucune indication d'origine.

Plus grave encore, nous affirmons que les coupes de *Houet el Badaoui*\*\* (fig. 18) et celle de *Houet el Saouda* (fig. 19) représentées à la page 68 sont fausses et ont induit en erreur l'auteur de ce mémoire. Par contre, celles-là sont signées.



- *Houet el Badaoui* - Les personnages donnent l'échelle quant aux dimensions du diamètre du gouffre (S.K.).

Le second point concerne la grotte-gouffre *Moufid*.

Nous n'allons pas chicaner sur une cavité dont le développement dépasse à peine la centaine de mètres et dont l'intérêt reste tout à fait mineur.

Mais il se fait qu'elle avait été signalée en 1987 au D' Bahzad HAKIM, karstologue et sympathisant du S.C. Liban, par Moufid HARB de Tannourine. C'est en leur compagnie que A.Ghaouche et nous-mêmes devons explorer au mois de juillet 1987 cette caverne.

Nous retrouvons la topographie de cette grotte-gouffre à la page 58 du mémoire cité plus haut. Elle est signée A. Ghaouche, S. Karkabi et O. Kailab, tous trois membres du S.C. Liban à cette époque.

Il se fait que cette même grotte fait l'objet d'un article de 4 pages dans *Liban Souterrain* - N° 3 - 1991 (p. 53 à 56). Le plan est daté de septembre 1990. Il est tout à fait légitime, considérant cette exploration incomplète ou reprochant une topographie déficiente, qu'un autre groupe de spéléologues revienne à la charge. Il aurait été courtois, car nul n'ignore que cette grotte avait déjà été visitée, de le souligner tout au moins.

Sans rancune et plein de souhaits de bonne route au GERSL.

Sami KARKABI

\* Etudes hydrogéomorphologiques et hydrochimiques du bassin amont du Nahr Ibrahim (Mont-Liban).

\*\* A notre connaissance, ce gouffre n'a été exploré pour l'unique fois qu'en 1966, par les membres du S.C. Liban Emile GHANEM et Sami KARKABI et par le Spéléo-Club Alpin Languedocien de Montpellier.



- Spéléo-secours - 1991 - Démonstration de l'utilisation de la tyrolienne en plein air (S.K.).



- Spéléo-secours - 1991 - Application de la tyrolienne sous terre (S.K.).