INCURSIONS PEDOLOGIQUES

DANS LA GROTTE DE JEITA

---

par M. LAMOUROUX

Directeur de Recherches de l'ORSTOM.

-1968-

O. R. S. T. O. M.
Collection de Référence
n° 13859

13 MARS 1970

Rayak - Mission ORSTOM.

Dans le cadre de travaux sur la pédogénèse en milieu karstique (altération des roches carbonatées, action des eaux de surface, mouvements des carbonates, etc...) il apparaît du plus haut intérêt, pour le pédologue, d'avoir une idée des dépôts et altérations de profondeur, de connaître la nature des eaux d'infiltrations, etc...

Cette note fait état de quelques résultats d'analyses d'eaux ainsi que de dépôts calcaires prélevés à Jeita, mais les commentaires en sont réduits au maximum, laissant aux études spécialisées le soin de développer ces problèmes scientifiques, souvent fort complexes. Il s'agit plus d'un compte-rendu d'observations et d'analyses que d'études proprement dites.

1 - Les eaux de Jeita et du Nahr el Kelb

Si le bassin hydrographique du Nahr el Kelb peut assez facilement être délimité (260 km2 à Mokhada), il n'en est pas de même pour celui de la rivière souterraine dont le bassin d'alimentation est fonction de l'orientation et de la nature des couches géologiques profondes.

Le climat de ce versant Ouest du Liban est typiquement méditerranéen : 900 à 1300 mm de pluie, en moyenne, de la côte aux sommets du bassin, répartis sur les 5 à 6 mois de Décembre à Avril-Mai. Le système géologique du bassin se subdivise schématiquement en 3 ensembles :

../...

- Les hauts sommets de calcaires durs cénomaniens, profondément karstifiés, constituent un réceptacle idéal pour l'infiltration des eaux de fonte des neiges et l'alimentation des nappes profondes.

- Les passées argilo-gréseuses, de l'Albien jusqu'au début du Crétacé, entre Baskinta et Faraya, favorisent les résurgences et les ruissellements qui alimentent le Nahr el Kelb.

- Les calcaires durs jurassiques forment la plus grande partie des bassins moyen et inférieur. Ils sont très karstifiés et favorisent les infiltrations profondes, les écoulements souterrains dont ceux de Jeïta qui nous intéressent.

Des prélèvements hebdomadaires ont été effectués sur les eaux du Nahr el Kelb entre Décembre et Juin-Juillet 1966-67, période d'écoulement des eaux, et pendant plus d'un an sur les eaux souterraines de la grotte, coulant en permanence toute l'année.

1.1 - Nature chimique des eaux prélevées

Quelques analyses portant sur un certain nombre d'éléments, donnent une idée de la teneur de ces eaux (Tableau 1) :

- Faible charge en silice variant de quelques milligrammes par litre suivant le cheminement des eaux et l'époque de l'année,

- Teneurs nulles en aluminium et en fer dissous (après 3 mois de décantation).
  Des eaux analysées après seulement 48 heures de décantation contiennent toujours 2 et 3 mg/l de silice, des traces de fer et 0,1 mg/l d'aluminium.

  Aluminium et fer ne sont absolument pas transportés à l'état dissous par les eaux de drainage, ce qui n'exclue pas des

transports solides en suspension, souvent très importants.

- Les sulfates et phosphates ne sont pas décelés par les méthodes chimiques habituelles, mais les teneurs en chlorures sont appréciables. Le calcium domine nettement sur le magnésium, le sodium et le potassium.

Tableau 1 - Analyses diverses d'eaux de Jeïta et du Nahr el Kelb (mg/l)

Origine et date	pH	SiO2	Chlorures	Sulfates	Phosphates	Ca	Mg	Al	Fe	Na	K
Jeita-grotte											
14/4/66	7,55	2,87	14,2	0,007	0	57,6	6,6	0	0	4,9	0,6
10 à 20/5/66	7,50	3,07	14,2	0,013	0	53,6	7,0	0	0	4,5	0,6
Gourds											
19/11/66	7,60	6,05	14,2	traces	0	88,0	6,6	0	0	6,4	0,8
Rivière extérieure											
14/4/66	7,60	0,45	14,2	0,003	0	46,4	8,2	0	0	2,9	0,4

1.2 - Variations en cours d'année des eaux de la grotte et de la rivière extérieure.

Les teneurs en calcium, magnésium et la conductivité ont été suivies semaine par semaine, le pH a parfois été vérifié. Sur la figure 1 sont représentées les variations en cours d'année de la conductivité électrique des eaux de la grotte de Jeïta (A) et des eaux de la rivière extérieure (B). Chaque point est une moyenne de 4 à 5 dosages sur des prélèvements hebdomadaires.

../...

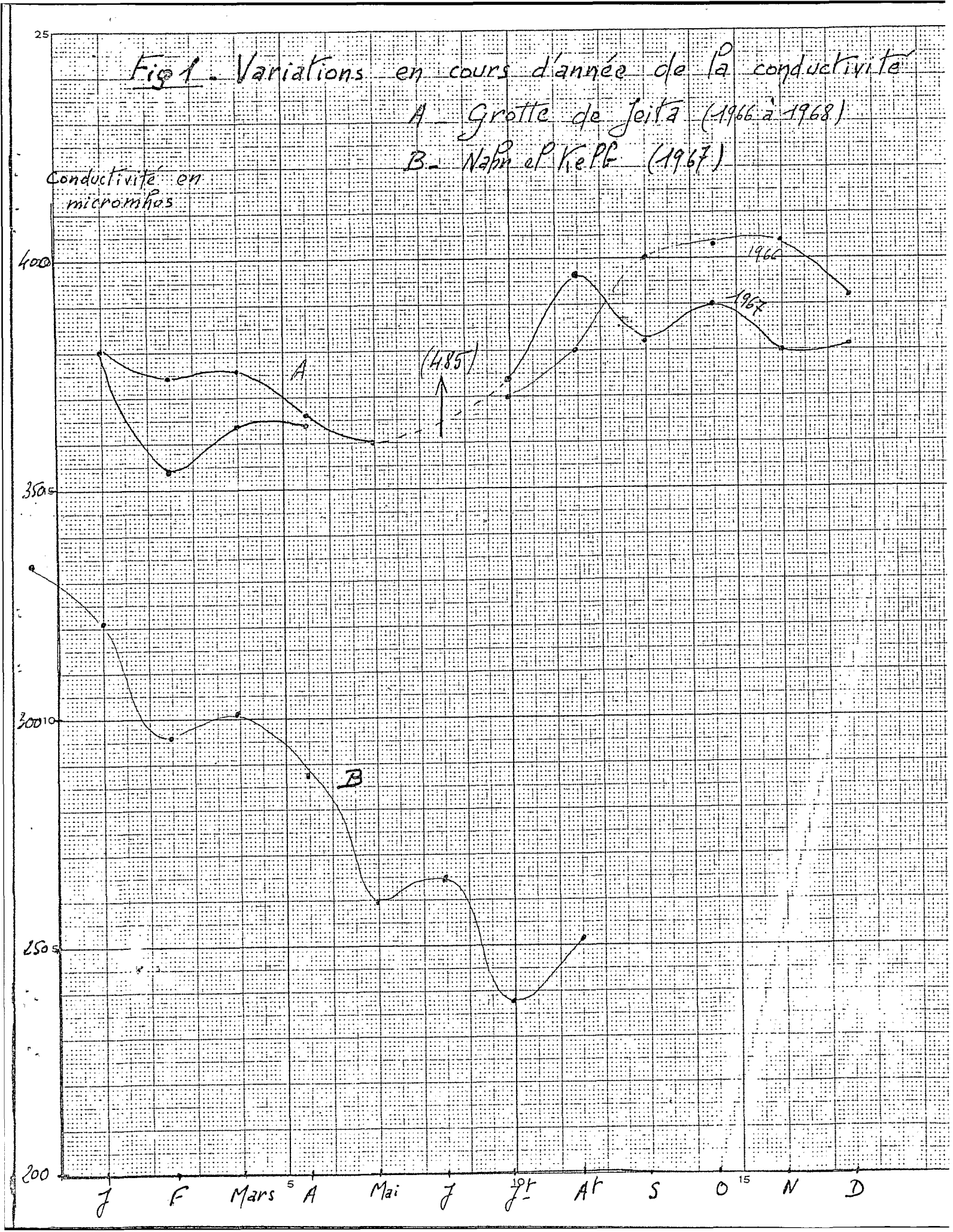
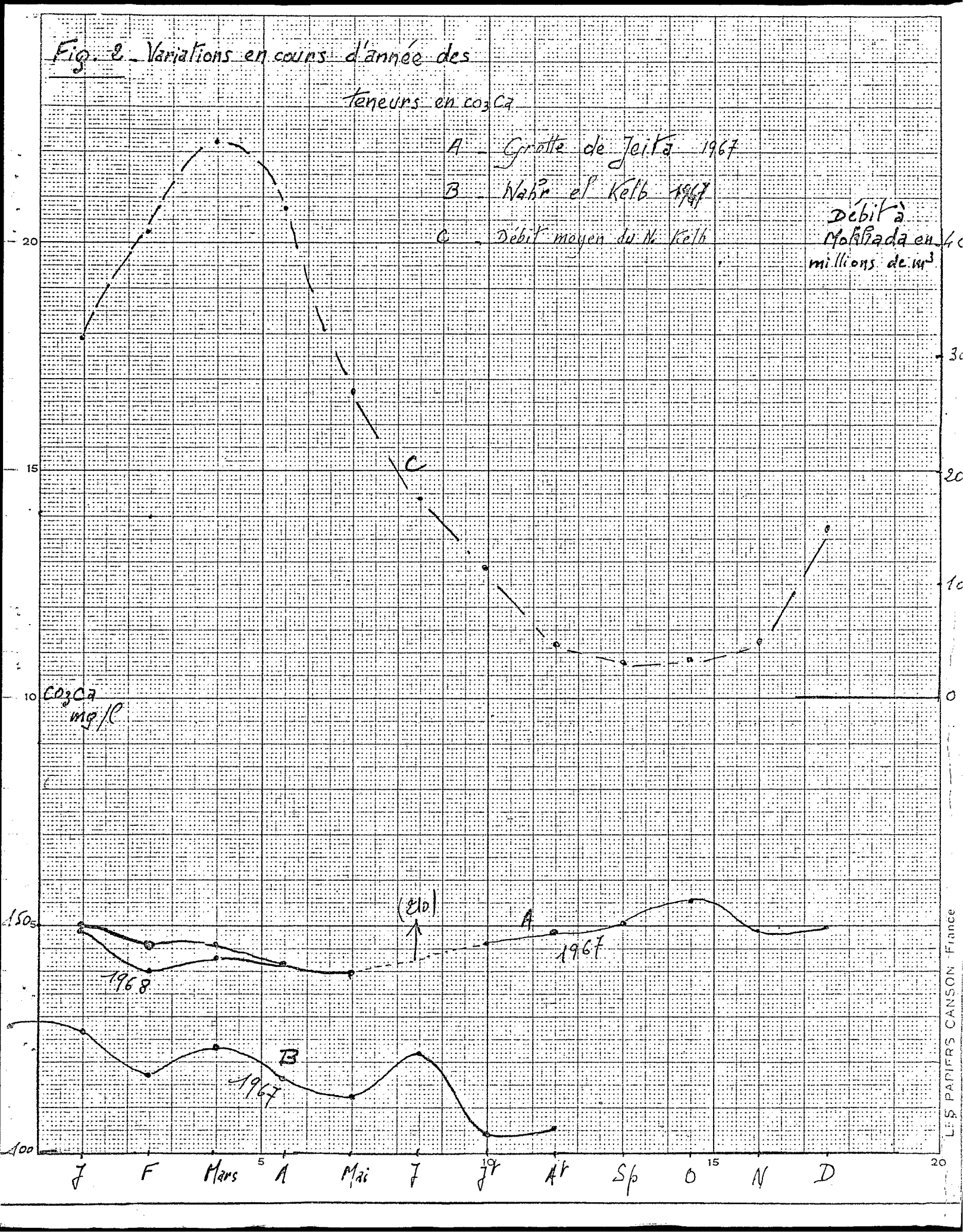


Fig 1 - Variations en cours d'année de la conductivité
A - Grotte de Jeita (1966 à 1968)
B - Nahr el Kelb (1967)
Conductivité en micromhos
400
350
300
250
200
25
10
5
15
1966
1967
A
B
(485)
J
F
Mars
A
Mai
J
Jt
At
S
O
N
D

Fig. 2 _ Variations en cours d'année des teneurs en CO_3Ca



LES PAPIERS CANSON France

Les variations globales de la conductivité sont minimes et oscillent entre 350 et 400 micromhos, mettant en évidence une concentration plus élevée en période d'étiage et une baisse relativement faible en hiver. Les variations hebdomadaires des eaux de Jeïta sont également faibles[1]. Pour la rivière extérieure (B) coulant de Décembre à Juillet-Août, la concentration saline est soumise aux fluctuations climatiques :

> Forte concentration des eaux de ruissellement dès le début de l'écoulement de la rivière, baisse avec les crues d'hiver, légère remontée en Mars (difficile à interpréter en l'absence des données pluviométriques 1967), baisse jusqu'en Mai, puis remontée en été.

Les teneurs en carbonate de calcium varient encore moins pour les eaux de la grotte : 140 à 155 mg/l, tandis que les eaux de la rivière extérieure contiennent 130 mg/l en Décembre pour atteindre 105 mg/l en Juillet avec les eaux de fonte des neiges.

Les teneurs en carbonate de magnésium sont très stables dans les eaux de la grotte et varient entre 29 et 41 mg/l, mais oscillent entre 13 et 29 mg/l dans les eaux de la rivière.

Les rapports moléculaires r_{Mg}/r_{Ca} présentent par contre des variations assez nettes :

Deux maximum :	0,35 - 0,37	en Mars - Avril
	0,32 - 0,35	en Septembre et Octobre
Deux minimum :	0,29 - 0,25	en Décembre - Janvier
	0,26 - 0,26	en Juillet-et Août.

../...

(1) Le chiffre élevé de 485 micromhos au mois de Juin (8 au 22 juin) semble correspondre à une anomalie difficilement explicable.

Chaque valeur est une moyenne de 3 à 5 mesures mensuelles, les variations sont progressives et se retrouvent plus accusées dans les eaux de la rivière extérieure, le Nahr el Kelb. L'interprétation de telles variations nécessiterait des observations sur encore une ou deux années et la connai sance de la pluviométrie sur le bassin versant pendant la période des observations.

Une remarque à notre point de vue, très importante pour la suite des études, est à faire :

Il semble y avoir parallélisme entre les courbes de variation du débit et du rapport r_{Mg}/r_{Ca} de Janvier à Août et opposition complète d'Août à Décembre.

Ici interviennent les lois, encore mal connues, de la dissolution des dolomies et calcaires dolomitiques, fonction de la température, des teneurs en gaz carbonique et acides organiques, des concentrations ioniques, de la nature des ions en présence et peut-être également des précipitations préférentielles de certains carbonates.

Par ailleurs les eaux de la grotte de Jeita ont un pH assez élevé (7,5 à 8,0) et une teneur en bicarbonates relativement forte et très stable, comparativement aux eaux de surface de la rivière extérieure. Ceci s'explique par le long parcours des eaux souterraines à travers les sols et les fissures du karst, atteignant des teneurs voisines de la saturation.

Une analyse plus poussée des légères variations observées en cours d'année pourrait conduire à une série d'hypothèses, difficiles à justifier, en l'état actuel de nos connaissances.

2 - Analyses diverses

Le tableau II présente un certain nombre d'analyses totales exécutées sur diverses accumulations calcaires, prélevées dans la grotte sèche supérieure. Différents échantillons ont été étudiés : stalagtite blanche, fine, perforée au centre; stalagtite plus grosse; stalagmite blanche frêle; accumulations calcaires dues à l'évaporation de l'eau de

Tableau II - Analyses d'accumulations calcaires diverses (grotte sèche supérieure)

Nature des échantillons	Perte au feu	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	P_2O_5	MnO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	K_2O	Na_2O	Total
Stalactite jeune	43,43	1,16	Tr.	54,51	0,52	0	0	0	0	0,	0,29	0,65	100,56
Stal. plus âgée blanche	43,49	0,40	Tr.	54,15	0,78	0	0	0	0	0	0,05	0,68	99,55
Stal. " " brune	43,40	0,43	Tr.	53,79	1,04	0	0	0	0	0	0,05	0,73	99,44
Croûte du plancher de la grotte	36,10	11,63	6,65	38,63	4,67	0,37	0,24	Tr.	1,43	4,61	0	0,50	100,18
Stalagmite jeune	43,72	2,70	0,60	51,87	1,26	0	0	0	0,55	Tr.	0,05	0,65	100,85
Stalactite jeune	43,40	0,10	0	56,50	0,52	0	0	0	0	0	0	0,70	100,31
Stalagmite (parterre aux fleurs)	43,10	1,40	0	54,15	1,04	0	0	0	0	0	0	0,70	100,48
Mulk Milk	42,85	0,10	Tr.	55,23	0,52	0	0	0	0	0	0,02	0,63	99,35

boues argileuses (mulk-milk), etc...

Ces dépôts sont formés essentiellement de carbonates de calcium, de petites quantités de silice, magnésie, potassium et sodium. Ce qui confirme très bien les diverses analyses d'eau effectuées.
Bases alcalines, alcalino-terreuses et silice sont les seuls éléments dissous par les eaux de drainage, dans les conditions climatiques actuelles.

L'analyse d'une croûte calcaire du plancher de la grotte, montre que la partie brune, non carbonatée (20%), est formée d'éléments argileux transportés en suspension par les eaux ($SiO_2/Al_2O_3 = 5$).

De nombreuses observations faites en différents points de la grotte, montrent que des transports solides, allant jusqu'à des entrainements bouèux souvent très importants, peuvent se faire à travers les fissures du calcaire.

Une curiosité plus qu'un phénomène général est l'action des guanos de chauve-souris sur l'altération des carbonates :

Dans la "grotte aux chauves-souris" l'altération des carbonates, au contact du guano acide, est extrêmement rapide et poussée. Ce qui s'explique par le pH très acide, de ces déjections essentiellement organiques, gorgées d'eau, riches en phosphore (non dosé quantitativement). Notons une désaturation très poussée du complexe absorbant, due aux conditions acides du milieu, alors que partout ailleurs dans la grotte les boues variées sont basiques et saturées.

Tableau III - Résultats analytiques divers.

Echantillons	Humidité	pH	Couleur	M.O%	C/N	Complexe absorbant mé.%					
						Ca	Mg	K	Na	C.E.	V%
Guano	312	3,6	10 YR 3/2,5 2/2	47,5	4,9	3,2	2,4	0,4	0,2	55	11,4
Terre sous le guano	118	4,5	10 YR 5/3-4/3	1,95	3,5	4,0	2,8	0,7	0,2	35,2	25,8
Guano (lac terminal)	-	-	-	25,8	5,0	8,0	5,2	0,3	0,2	62,5	17,1
Sol sous croûte calcaire	-	8,0	-	2,0	11,5	3,2	0,8	0,46	0,1	6,0	92,5

CONCLUSION

Si ces première données analytiques satisfont le pédologue et contribuent à justifier certaines hypothèses et expérimentations entreprises par ailleurs, elles peuvent ne pas apporter au spéléologue les réponses qu'il pourrait attendre.
Les eaux d'infiltration sont peut-être collectées dans un vaste réservoir naturel avant d'alimenter la rivière souterraine, mais rien ne nous autorise à l'affirmer. Il ne semble pas impossible pourtant d'éclairer ce problème par la mise en place d'un petit programme d'études :

- Les analyses des eaux devraient être f ites sur place à la sortie de la grotte (pH, HCO_3, Ca, Mg, résidu solide) et le jour même. Une certaine attention ~~particulière~~ devrait être portée aux variations du rapport moléculaire Mg/ Ca, en apportant un soin particulier aux analyses complexométriques du calcium et magnésium souvent délicates.
- Les sources d'alimentation de la rivière souterraine doivent être minutieusement relevées.
- La pluviométrie sur le bassin doit être parfaitement mesurée, en 2 ou 3 points au moins.
- Les prélèvements sur les rivières souterraine et extérieure doivent être effectués deux fois par semaine au moins.

Cette note fait état de données analytiques diverses, utiles au pédologue, mais ne présente que quelques aspects des nombreux problèmes scientifiques posés par le domaine souterrain.(2)

---

(2) A titre d'exemple mentionnons entre autres l'ouvrage assez complet de Félix Trombe "Traité de Spéléologie", 1952 - Payot - Paris, et le petit livre très bien illustré de B.Gèze "La spéléologie scientifique" 1965 - Editions du Seuil - Paris.