

CAVERNES



SPECIAL 20 ANS



CAVERNES

*bulletin des sections neuchâtelaises
de la société suisse
de spéléologie*

SCM

SVT

SKD

21ème année

Supplément No. 1

Décembre 1977

Rédaction : Michel STOCCO, Michelle DUCOMMUN,
CAVERNES, case postale 755, 2300 La Chaux-de-Fonds
Administration: Paul KOCH,
CAVERNES, case postale 755, 2300 La Chaux-de-Fonds

Sommaire

Vingt ans déjà....., par Raymond Gigon	3
Les chauves-souris du canton de Neuchâtel, par Villy Aellen	5
Hauffenia (Neohoratia) minuta minuta, un mollusque gastéropode hydrobide des eaux souterraines du Jura neuchâtelois, par Reno Bernasconi	27
Evolution de la spéléologie en Europe, par Maurice Audétat	33
Sur la présence d'un ancien cours de l'Areuse en aval de Boudry, par Jean Meia	41
Estimations concernant la nature de l'écoulement dans le karst par des mesures de la dureté carbonatée des eaux, par Imre Müller	45
Présence de matériel allochtone dans le remplissage karstique de la baume de Loisia à Gigny-sur-Suran (vallée du Suran, Jura, France), par Michel Pochon ...	53
Essais de coloration dans des régions difficiles d'accès. Application au karst de l'Alta Verapaz, Guatemala, par Jean-Pierre Tripet	65

Prix: Suisse Fr. 8.--, Etranger Fr. 10.--
CAVERNES, case postale 755, CH-2300 La Chaux-de-Fonds, CCP 23-1809.

Couverture: Sérotine boréale (photo Villy Aellen)

Maquette Roland Paratte



Doline, vallée de la Brévine

Photo Michel Stocco

VINGT ANS DEJA....

C'était il y a vingt ans, un après la fondation du Spéléo-Club des Montagnes Neuchâteloises, que l'idée nous vint de publier un bulletin de club; nous étions peu nombreux, une quinzaine, mais enthousiastes et persuadés qu'à l'égal des grands clubs étrangers, nous devions avoir notre journal.

Le choix du titre fut assez rondement mené; nous nous étions arrêtés à "Nos Cavernes" mais heureusement, le bibliographe de service se souvint fort à propos que cette appellation était déjà utilisée par le Groupe Spéléologique du Doubs(Besançon), le dilemme fut rapidement tranché, nous supprimâmes le "Nos" pour n'en garder que "Cavernes". Le tirage du premier fascicule(60 exemplaires!...) fut réalisé par la classe supérieure du collège de Chézard (Val-de-Ruz). Peu après, nous fîmes l'acquisition d'une ronée super-luxueuse... (prix: fr 25.-); il fallait y introduire les feuilles une à une. ce qui procura bien des belles soirées à René Von Kaenel, notre premier "imprimeur". Les plans étaient tirés en héliographie, sans appareil, en utilisant la lumière solaire. Le montage se fit, d'abord à Chézard, puis plus tard, à mon domicile; c'était l'époque des rondes sans fin autour d'une grande table, égayées par les plaisanteries des uns et les récriminations des lambins bousculés par un "cueilleur de feuilles" plus rapide. Cet exercice se poursuivit pendant 12 ans, au rythme d'un fascicule tous les trimestres.

En 1970, le soussigné rendit les armes, la tâche fut reprise par Christian Juillet puis Bernard Dudan qui, avec l'aide d'un graphiste membre d'un club ami, surent moderniser la présentation du bulletin. Depuis 1975, Michelle Ducommun et Michel Stocco ont repris avec courage le fastidieux travail de rédacteurs de Cavernes. Bien d'autres membres, les illustrateurs, les administrateurs devraient être cités ici, sans leur travail, Cavernes n'existerait plus.

En 1957, l'apparition de Cavernes ne fut pas saluée par tous avec un enthousiasme délirant, c'était une première brèche dans le monopole de l'information spéléologique suisse que détenait jusque là Stalactite, l'organe officiel de la Société Suisse de Spéléologie, et pourtant, dans notre idée, les buts fixés n'étaient pas les mêmes. Notre premier éditorial (Cavernes 1,1, 1957) disait entre autres:

" Pour que notre activité porte ses fruits et laisse un souvenir durable, nous devons de publier périodiquement ce petit bulletin issu de la collaboration de toute l'équipe. N'y cherchez pas un français irréprochable, nous n'avons pas d'ambition littéraire!... notre but consiste uniquement à présenter à nos membres, à nos amis et à quelques personnalités s'intéressant à la spéléologie, les faits saillants de notre activité. Vous trouverez donc dans "Cavernes", côte à côte, des articles que nous espérons scientifiques, des monographies, des récits d'exploration, des communiqués, etc. "

Vingt ans après, pouvons-nous estimer que cet idéal des premiers jours a été suivi ? Oui, la matière présentée est bien celle que nous avions prévue, ce qui n'a pas toujours été facile, il a même fallu parfois orienter l'activité du club en fonction des besoins de Cavernes; les exigences du rédacteur ont quelquefois obligé les responsables à programmer des sorties dont nous pouvions rapporter quelque copie et ce ne fut pas en vain.

Toute modestie mise à part, reconnaissons que le SCMN bénéficie encore aujourd'hui d'une notoriété due à Cavernes, largement répandue et bien documentée.

Qu'avons-nous fait en vingt ans? Tout au long de quelque 2000 pages (1986, exactement!...), nous avons relaté les activités du SCMN puis celles des autres clubs neuchâtelois de la SSS venus grossir nos rangs, nous avons décrits les cavités que nous avons découvertes ou étudiées plus spécialement, soit 293 descriptions, nos membres ou nos amis compétents nous ont fourni des travaux scientifiques que nous avons été honorés de publier. Notre modeste "littérature" a contribué au resserrement des liens des membres, elle a constitué autour de nos clubs un noyau de sympathisants et surtout, elle laissera des traces de notre activité à l'intention des futurs spéléologues.

Vingt ans, c'est un anniversaire qu'il convenait de marquer. L'idée de publier à cette occasion un supplément scientifique nous paraît excellente; nous en remercions les artisans. Nous sommes également très sensibles à l'intérêt qu'ont bien voulu témoigner à Cavernes les auteurs des travaux publiés, tous sont des spécialistes fort connus et tous également ont accepté d'interrompre une activité que nous savons très chargée pour rédiger à notre intention les pages que nous sommes fiers de vous présenter aujourd'hui. Nous remercions bien sincèrement ces collègues au nom du comité de rédaction.

L'ancien que je suis devenu est heureux de voir que Cavernes a atteint sa "majorité", il reste persuadé que le bulletin, bien que constituant un fardeau parfois lourd, a tenu fidèlement la place qui lui avait été assignée par ses initiateurs; il est reconnaissant à l'équipe actuelle des efforts qu'elle a fait pour maintenir, voire améliorer la revue et il reste persuadé que les équipes futures sauront continuer d'assurer l'existence de Cavernes.

Raymond Gigon
Président d'honneur du SCMN

CAVERNES, suppl. 1, La Chaux-de-Fonds 1977

LES CHAUVES-SOURIS DU CANTON
DE NEUCHÂTEL

par

Villy AELLEN

Nos premières notions un peu précises sur les chauves-souris de la Suisse en général et de notre région en particulier remontent à 1869, lorsque FATIO publie le volume des mammifères de la Faune des Vertébrés de la Suisse (13)*. Il signale 19 espèces reconnues actuellement (l'une était considérée comme variété par FATIO). Dans notre canton, 7 espèces sont signalées, auxquelles on peut en ajouter encore 3 dont FATIO dit qu'elles se trouvent dans la plupart des cantons:

? Rhinolophus hipposideros
 ? Myotis myotis
Myotis mystacinus
Vespertilio murinus
Pipistrellus pipistrellus

Pipistrellus nathusii
Nyctalus noctula
 ? Plecotus auritus
Barbastella barbastellus
Miniopterus schreibersi

Jusqu'en 1949, date à laquelle j'ai publié un travail monographique sur les chauves-souris du canton de Neuchâtel (1), viendront s'ajouter encore 4 espèces en plus des 3 douteuses ci-dessus, soit 14 espèces:

Rhinolophus ferrumequinum
Myotis emarginatus

Myotis daubentoni
Eptesicus serotinus

De 1949 à nos jours, ce nombre a passé à 19 espèces, grâce à la découverte des 5 suivantes:

Myotis nattereri
Myotis bechsteini
Myotis nathalinae

Eptesicus nilssoni
Plecotus austriacus

Pour l'ensemble de la Suisse, on compte actuellement 28 espèces trouvées sûrement, alors que 2 autres sont incertaines. Aux listes précédentes, il faudrait ajouter:

(Rhinolophus euryale, trouvé à quelques km de la frontière genevoise)

(Myotis dasycneme, 3 citations des cantons d'Argovie, Soleure et NE de la Suisse, mais identifications trop peu sûres)

Myotis blythi oxygnathus
Myotis brandti (Aellen et Tupinier, sous presse)

Pipistrellus savii
Pipistrellus kuhli
Nyctalus leisleri
Nyctalus lasiopterus
Tadarida teniotis

Myotis capaccinii

Eptesicus bottae sodalis

Ce sont principalement les recherches faites dans les grottes qui ont permis depuis quelques dizaines d'années d'accroître nos connaissances sur la faune de nos chauves-souris. Le spéléologue sera heureux d'apprendre que, sur les 19 espèces du canton de Neuchâtel, 14 ont été trouvées dans des grottes et une 15e dans des grottes très voisines du Jura suisse (Eptesicus nilssoni).

* renvoi à la liste des références à la fin de cet article.

Dans le récent travail de GIGON: Inventaire spéléologique de la Suisse. I. Canton de Neuchâtel (14), on trouvera citées à chaque grotte toutes les références concernant les chauves-souris. Une bibliographie complète me dispensera d'alourdir le présent texte de nombreuses citations. Je me bornerai à en reprendre quelques-unes qui concernent des articles parus après mon travail de base de 1949.

Dans ce même bulletin CAVERNES, j'ai donné en 1958 une table de détermination des chauves-souris de la Suisse (6). Cette table est toujours valable, bien qu'il faille y ajouter quelques espèces nouvelles, et je n'insisterai pas davantage sur les caractères permettant de distinguer nos différentes chauves-souris. Je dirai seulement que pour beaucoup d'entre-elles, en particulier les pipistrelles et les murins de petite et moyenne taille, il est souvent nécessaire d'examiner le crâne, ce qui implique la dissection de l'animal. Or, les chauves-souris sont intégralement protégées en Suisse par la Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage, du 1er juillet 1966 (Ordonnance d'exécution: 27 décembre 1966). Comme leur nombre a très fortement diminué depuis l'utilisation de produits antiparasitaires à très haut degré de toxicité (DDT et autres), il n'est plus question de sacrifier une chauve-souris trouvée isolément. Il faut reconnaître par ailleurs que les traitements à ces insecticides, qui avaient été appliqués d'une façon immodérée et inconsciente, sont maintenant beaucoup mieux contrôlés et en nette régression. L'action des insecticides a eu un double effet sur la diminution des chauves-souris: destruction des insectes dont elles se nourrissent et empoisonnement (stérilité, mort) des chauves-souris par l'ingestion d'insectes contaminés. Il est cependant rassurant de constater que là où les activités humaines ne se sont pas ou peu exercées, c'est-à-dire dans les régions non cultivées des Alpes, le nombre des chauves-souris s'est bien maintenu, comme l'ont démontré les observations au col de Bretolet.

Des centaines de chauves-souris ont été baguées dans le canton de Neuchâtel. Il s'agit pour la plupart de minioptères. A chaque espèce concernée, je fais mention des reprises les plus intéressantes, mais j'ai renoncé à donner la liste de tous les baguements.

Rhinolophus ferrumequinum (Schreber) - Grand rhinolophe fer à cheval

Le grand rhinolophe ne se trouve que dans les régions basses du canton, des bords du lac (430 m.) aux bords du Doubs (716 m.). Dans les districts du Bas, c'est essentiellement dans les gorges de l'Areuse que l'espèce a été observée, jusqu'à l'altitude de 665 m. (grotte de Cotencher). Dans les côtes du Doubs, elle est rare et n'a pas été signalée en amont de Moron.

District de Neuchâtel

Neuchâtel (2)

District de Boudry

Gouffre 1 des Buges, Boudry (14)

Grotte du Chemin de Fer, Boudry (10) (14)
Crevasses de Vert, Boudry (14)
Grotte de Vert, Boudry (14)
Grotte de Cotencher, Rochefort (14)

District de la Chaux-de-Fonds

Grotte du Lierre, La Chaux-de-Fonds (4) (14) (15)
Grotte de Moron Ouest, Les Planchettes, alt. 716 m. (4) (14) (15)

Le grand rhinolophe n'a été signalé que dans des grottes, sauf la citation "Neuchâtel" pour laquelle on ne possède pas de précision.

Plusieurs chauves-souris ont été baguées dans les grottes des gorges de l'Areuses et les reprises ont montré que cette espèce est très fidèle à ses abris hivernaux:

- un ♂ bagué dans la grotte de Vert le 27.10.1950 a été repris le 28.1.1951 et le 21.2.1952 dans la même grotte
- un ♂ bagué aussi le 27.10.1950 dans la grotte de Vert a été repris au même lieu le 28.1.1951 et le 27.1.1958 (W. Lanz), soit plus de 7 ans après.

Aucune reprise n'a été faite en dehors du lieu de baguement.

Rhinolophus hipposideros (Bechstein) - Petit rhinolophe fer à cheval

Cette chauve-souris est celle qui a été signalée le plus souvent dans le canton de Neuchâtel. Elle est connue dans tous les districts. Mais, cela ne prouve pas qu'elle est la plus fréquente de nos espèces. La pipistrelle commune est probablement aussi abondante; cependant, comme ses abris sont habituellement des trous dans les arbres ou des cachettes sous des toits, elle est beaucoup moins souvent observée que le petit rhinolophe, qui lui fréquente régulièrement les grottes, au moins en hiver. Ce dernier a été observé des bords du lac (430 m.) jusqu'à 1200 m. dans la grotte de la Roche aux Crocs.

District de Neuchâtel

Neuchâtel (1) (11)
Grotte aux Pards, Cressier (14)

District de Boudry

! (*) Areuse, Cortaillod
Treytel, Bevaix (2)
Château de Gorgier (1)
Grotte aux Filles, St-Aubin - Sauges (14)
! Boudry
Gouffre 1 des Buges, Boudry (14)

(*) le signe ! devant une localité indique que celle-ci est inédite.

Gouffre 2 des Buges, Boudry (14)
 Grotte du Chemin de Fer, Boudry (10) (14)
 Baume du Four, Boudry (14)
 Grotte de la Prise de Pierre, Boudry (14)
 Crevasses de Vert, Boudry (14)
 Grotte de Vert, Boudry (14)
 Grotte de Cotencher, Rochefort (14)
 Grotte de la Tourne, Rochefort (ossements) (14)
 Grotte de Prépunel, Brot-Dessous (14)

District du Val de Ruz

Gouffre de Pertuis, Chézard - St-Martin (14) (22)
 Grotte aux Amblytèles, Dombresson (ossements) (14) (16)
 Grotte de la Roche aux Crocs, Fontaines (14)

District du Val de Travers

Grotte aux Fées de Noirvaux, La Côte-aux-Fées (14)
 ! Môtiers
 Grotte de Môtiers, Môtiers (14)
 Grotte du Chapeau de Napoléon, St-Sulpice (14) (17)
 Grotte de l'Ubena, St-Sulpice (14)
 Grotte de Vers Chez le Brandt, Les Verrières (14)

District du Locle

Grotte des Recrettes, Les Brenets (14) (15)
 Grotte des Roches Bornel, Les Brenets (14) (15)
 Grotte du Grand Bochat, La Chaux-du-Milieu (14)

District de La Chaux-de-Fonds

Grotte du Bichon, La Chaux-de-Fonds (14) (15)
 Grotte du Lierre, La Chaux-de-Fonds (14) (15)
 Grotte de Moron Ouest, Les Planchettes (4) (14) (15)

La plupart des trouvailles ont donc été faites dans des grottes ou biotopes analogues, par exemple dans un souterrain du Château de Gorgier où environ 60 petits rhinolophes ont été observés le 25.3.1945 (1). Les quelques observations hors de grottes sont celles d'Areuse (pas de précision), de Treytel (dans une maison, A. de Coulon), de Boudry (dans une maison), de Neuchâtel (combles du Musée d'Ethnographie). Pour la trouvaille à Môtiers, voir ci-dessous à la rubrique des déplacements.

De nombreux petits rhinolophes ont été bagués dans le canton de Neuchâtel, surtout dans les grottes des gorges de l'Areuse. Partout, les reprises ont prouvé qu'ils ne faisaient pas de déplacements importants et qu'on les retrouvait année après année au même endroit. Voici quelques exemples:

- un ♂ bagué le 30.5.1949 dans la grotte de Vert a été observé dans la même grotte les 9.11.1949, 26.11.1949, 29.3.1950 et 27.10.1950
- un ♂ bagué le 18.2.1945 dans la grotte de Cotencher a été repris le 10.2.1949 au même lieu et le 29.3.1950 dans la grotte de Vert, soit plus de 5 ans après

- un ♂ bagué le 9.11.1949 dans la grotte de Cotencher a été observé le 29.3.1950 dans la grotte de Vert et le 28.1.1951 de nouveau dans la grotte de Cotencher
- un ♂ bagué le 18.2.1945 dans la grotte de Cotencher a été repris le 14.3.1954 dans celle du Chemin de Fer, soit plus de 9 ans après.

Le passage d'une grotte à l'autre est assez fréquent; nous connaissons d'autres exemples:

- de la grotte du Chemin de Fer à la baume du Four; de la grotte de Vert (bagué le 2.1.1957) à celle de Cotencher (repris le 20.1.1957, M. Audétat), soit un déplacement en plein hiver
- un petit rhinolophe bagué dans la grotte de Vert le 12.11.1949 a été observé au même lieu le 26.11.1949 et capturé (puis remis en liberté) dans un corridor d'une maison de Boudry le 10.9.1950 (F. Allemand)
- un petit rhinolophe bagué dans la grotte de Môtiers le 14.11.1943 (H. Mislin) a été observé au même lieu le 2.1.1944, le 1.1.1945, le 10.1.1946 et trouvé mort dans la forêt près de Môtiers, à moins d'un km le 1.7.1948 (gendarmerie)

Cette fidélité aux abris hivernaux se retrouve dans d'autres régions du canton:

- un ♂ bagué le 13.12.1944 dans la grotte de la Roche aux Crocs a été repris au même lieu le 27.12.1944, le 29.9.1945 et le 8.4.1947 (L. Chopard)
- un petit rhinolophe bagué le 26.3.1954 dans la grotte de Vers Chez le Brandt a été observé au même lieu le 16.3.1957 (R. Gigon)
- un petit rhinolophe bagué le 22.4.1946 dans le gouffre de Pertuis a été retrouvé le 2.11.1946 dans la grotte de l'Echelette, Renan, à 2,5 km au NE.

Myotis myotis (Borkhausen) - Grand murin

Cette grande chauve-souris n'est pas spécialement cavernicole; pourtant la plupart des lieux de trouvaillies sont des grottes. Comme pour beaucoup d'autres espèces, les retraites estivales des chauves-souris échappent aux observations. Ces abris sont constitués par des trous d'arbre, des toits, des greniers, des clochers, etc., parfois aussi des grottes.

Sans être abondant, le grand murin est pourtant l'espèce la plus commune du genre Myotis. Il a été observé dans tous les districts, du bord du lac (430 m.) jusqu'à 1200 m. dans la grotte de la Roche aux Crocs.

District de Neuchâtel

Neuchâtel (1) (2)
St-Blaise (1)

District de Boudry

Grotte du Chemin de Fer, Boudry (10) (14)
Baume du Four, Boudry (14)
Grotte de Vert, Boudry (14)
Grotte de Cotencher, Rochefort (14)

District du Val de Ruz

Gouffre de Pertuis, Chézard - St-Martin (14) (22)
Grotte aux Amblytèles, Dombresson (ossements) (14) (16)
Grotte de la Roche aux Crocs, Fontaines (14)

District du Val de Travers

Grotte de Môtiers, Môtiers (14)
Baume de Longeaigne, Buttes (ossements) (14)
Grotte du Chapeau de Napoléon, St-Sulpice (14) (17)
Grotte de Vers Chez le Brandt, Les Verrières (14)

District du Locle

Grotte des Recrettes, Les Brenets (ossements) (14) (15)
Grotte des Roches Bornel, Les Brenets (14)
Grotte de la Toffière, Les Brenets (14) (15)

District de La Chaux-de-Fonds

La Chaux-de-Fonds (1)
! La Sombaille, La Chaux-de-Fonds
Grotte au Sable, La Chaux-de-Fonds (14)
Ancien tunnel du Creux, La Chaux-de-Fonds (1) (14)
Grotte du Bichon, La Chaux-de-Fonds (14) (15)
Grotte du Lierre, La Chaux-de-Fonds (14) (15).

Toutes les trouvailles faites dans le canton concernant des individus isolés. Aucune colonie de reproduction n'est connue actuellement. Aux environs de 1940-1945, une grosse colonie habitait le clocher de l'église de St-Blaise; mais déjà en 1947, elle avait disparu, probablement à la suite de transformations dans le bâtiment.

Le cycle annuel du grand murin en Suisse est encore à découvrir. En effet, les nombreuses chauves-souris baguées en hiver dans des grottes n'ont jamais été retrouvées en été. Et réciproquement, celles baguées dans des quartiers d'été ne sont pas celles qui s'abritent dans les grottes en hiver. Les baguements réalisés par exemple en Allemagne ont montré que le grand murin entreprend des déplacements saisonniers importants de l'ordre de plusieurs centaines de km. Il est très probable que nos murins émigrent aussi, mais nous ne savons pas où. Les rares reprises d'animaux bagués ne nous éclairent guère à ce sujet:

- une ♀ baguée dans la grotte du Chemin de Fer le 12.6.1963
(C. Vaucher) a été reprise au même lieu le 21.5.1965
- une ♀ baguée dans la tour de la poste à Grandson le 12.8.1967
(G. Berthoud) a été capturée quelques jours après à la Sombaille
(La Chaux-de-Fonds, J.-F. Robert), soit à 37 km au NE.

Cette dernière trouvaille, isolée, ne permet pas de tirer des conclusions sur les déplacements saisonniers de nos grands murins.

Myotis emarginatus (Geoffroy) - Murin à oreilles échancrées

Cette espèce est très rare en Suisse. Dans un travail paru en 1965 (8), j'ai énuméré les trouvailles faites en Suisse et dessiné une carte de répartition. Il y avait 9 localités, dont 6 étaient des grottes. En fait, il faut retrancher la grotte du Bois du Corps de Garde (St-Cergue, Vaud); un nouvel examen de la chauve-souris a révélé qu'il s'agissait en réalité d'un Myotis nattereri pas tout à fait typique.

A ces 8 lieux de trouvaille, il faut maintenant ajouter celui de la grotte du Chapeau de Napoléon. Ainsi, près de la moitié des observations ont été faites dans le canton de Neuchâtel. Il ne faut pas trop s'en étonner quand on sait que le murin à oreilles échancrées est relativement fréquent en France voisine, alors qu'il est rare ou très rare dans les autres pays frontaliers. Les trouvailles ont d'ailleurs été faites dans des régions proches de la frontière française.

District du Val de Ruz

Grotte aux Amblytèles, Dombresson (ossements) (14) (16)
(la détermination, basée sur 5 radius, n'est pas absolument sûre)

District du Val de Travers

Grotte du Chapeau de Napoléon, St-Sulpice (squelette incomplet)
(14) (17)

District de La Chaux-de-Fonds

Grotte du Lierre, La Chaux-de-Fonds (1) (4) (14) (15)
Grotte de Moron Ouest, Les Planchettes (1) (4) (14) (15)

Myotis nattereri (Kuhl) - Murin de Natterer

Ce murin de taille moyenne est une espèce arboricole; il se rencontre rarement dans les grottes et échappe facilement aux observations. Il semble pourtant moins rare en Suisse que Myotis emarginatus. Il se retire occasionnellement dans les grottes pour passer la mauvaise saison, mais parfois aussi en été pour s'abriter temporairement.

Dans le canton de Neuchâtel, il n'a été observé que 3 fois. Il n'a pas été trouvé dans les districts du Haut, mais il n'est toutefois pas absent des gorges du Doubs, car il a été signalé dans la grotte de la Faille, La Ferrière (alt. 675 m.), à proximité immédiate de la frontière neuchâteloise (1 ♂, 8.10.1954, V. Aellen).

District de Boudry

Grotte de Cotencher, Rochefort (♂, 30.9.1969) (14)

District du Val de Ruz

Gouffre de Pertuis, Chézard - St-Martin (♂, 2.3.1957, R. Gigon)
(14)
Grotte aux Amblytèles, Dombresson (ossements) (14) (16)
(la détermination, basée sur 9 radius, n'est pas absolument sûre)

Myotis bechsteini (Kuhl) - Murin de Bechstein

Actuellement, c'est l'une des espèces de chauves-souris les plus rares d'Europe; mais il était plus abondant autrefois. Ses restes osseux (holocène) sont assez fréquents dans nos grottes. J'ai donné en 1965 une liste et une carte des localités de Suisse où l'espèce a été trouvée (8); il y en a 13 dont 4 sont des grottes. En fait, le murin de Bechstein n'a pas été observé vivant dans notre canton; nous ne le connaissons qu'à l'état de fossile récent. La localité la plus proche où il fut trouvé vivant est la grotte de la Grande Poule, dans les gorges de Covatannaz, Vaud (21).

District du Val de Ruz

Gouffre de Pertuis, Chézard - St-Martin (2 crânes et squelettes incomplets les 11.12.1952 et 10.8.1953, V. Aellen et P. Strinati)
(5) (14) (22)
Grotte aux Amblytèles, Dombresson (ossements) (14) (16)
(la détermination, basée sur 4 radius trouvés par R. Gigon, me paraît sûre)

District du Val de Travers

Grotte du Chapeau de Napoléon, St-Sulpice (crâne entier) (14)(17)

District du Locle

Grotte des Roches Bornel, Les Brenets (1 radius, 30.12.1960, R. Gigon et V. Aellen) (14)

Myotis mystacinus (Kuhl) - Murin à moustaches

C'est, avec le grand murin, l'espèce la plus souvent rencontrée dans le genre Myotis. C'est aussi la plus petite, souvent confondue avec la pipistrelle commune dont elle a la même taille.

Myotis mystacinus est présent dans tous les districts et est répandu des bords du lac (430 m.) à 1170 m. (La Baume).

District de Neuchâtel

Neuchâtel, environs de (1)
Vauseyon, canal du Seyon, Neuchâtel (1) (11)
Chaumont, Neuchâtel (2)

District de Boudry

! La Saunerie, Colombier (♀, 4.6.1954, Mlle Wuthrich)
Grotte de Vert, Boudry (14)

District du Val de Ruz

Bussy, Valangin (1)
Vilars (7)
Gouffre de Pertuis, Chézard - St-Martin (14) (22)
Grotte aux Amblytèles, Dombresson (ossements) (14) (16)
Gouffre de la Combe Mauley (14)

District du Val de Travers

Grotte de Longeaigue, Buttes (14)
La Baume (grotte), St-Sulpice (14)
Grotte de Vers Chez le Brandt, Les Verrières (14)

District du Locle

Les Recrettes, Les Brenets (1)
Grotte 2 des Faux Monnayeurs, Les Brenets (14) (15)

District de la Chaux-de-Fonds

Grotte du Bichon, La Chaux-de-Fonds (14) (15)
Baume des Brennetets, La Chaux-de-Fonds (14)
Grotte du Lierre, La Chaux-de-Fonds (14) (15)
Grotte de Moron Ouest, Les Planchettes (11) (14) (15)

En dehors des grottes, Myotis mystacinus a été trouvé dans des bâtiments, par exemple derrière un volet à Vilars, dans une école à Bussy. On ne sait rien des déplacements saisonniers éventuels de cette espèce.

Myotis daubentoni (Kuhl) - Murin de Daubenton

Ce murin à moeurs aquatiques (on sait qu'il lui arrive de manger des petits poissons) n'est pas très fréquent dans notre canton, quoiqu'il ait été trouvé dans la plupart des districts. On le connaît des bords du lac (430 m.) jusqu'à la grotte de la Roche aux Crocs (1200 m.). Sa présence au bord du Doubs est probable (1), mais demande confirmation.

District de Boudry

(Auvernier, environs, bords du lac (18))
Grotte du Chemin de Fer, Boudry (10) (14)
Grotte de Vert, Boudry (14)

District du Val de Ruz

Gouffre de Pertuis, Chézard - St-Martin (14) (22)
Grotte aux Amblytèles, Dombresson (ossements) (14) (16)
(la détermination, basée sur des radius, n'est pas absolument sûre)
Grotte de la Roche aux Crocs, Fontaines (14)

District du Val de Travers

Grotte de Môtiers, Môtiers (14)
Grotte du Chapeau de Napoléon, St-Sulpice (14) (17)
Grotte de Vers Chez le Brandt, Les Verrières (14)

District du Locle

Grotte des Recrettes, Les Brenets (crâne) (14) (15)

Toutes les observations sûres ont été faites sur des chauves-souris trouvées dans des grottes. La citation de MATHEY-DUPRAZ (18): cours d'eau et rives du lac, dans la baie d'Auvernier, ne semble reposer que sur des observations visuelles et demanderait à être confirmée, bien que tout à fait plausible. Il pourrait s'agir du Myotis mystacinus trouvé une fois à La Saunerie.

Dans mon travail de 1949 (1), je signalais la trouvaille d'une chauve-souris desséchée à l'entrée de la grotte du Chemin de Fer. Il s'agit en fait de la nouvelle espèce récemment décrite par TUPINIER (23) et citée ci-après. Un autre Myotis daubentoni a été trouvé dans la grotte du Chemin de Fer (♂, 15.10.1963).

Myotis nathalinae (Tupinier) - Murin nathaline

Cette nouvelle espèce avait été confondue jusqu'à présent avec Myotis daubentoni (ou éventuellement Myotis mystacinus) dont elle est proche. Elle a été mise en évidence en Espagne, en France et en Suisse. Bien entendu, il est fort probable qu'en réexaminant le matériel de daubentoni de nos musées, on y trouvera des exemplaires de nathalinae.

Jusqu'à présent, le murin nathaline a été trouvé en Suisse dans les environs de Genève et dans le canton de Neuchâtel.

District de Boudry

Grotte du Chemin de Fer, Boudry (♂, 12.4.1944, V. Aellen) (23)

Ce murin est un peu plus petit que daubentoni. Les autres caractéristiques qui permettent de le distinguer de ce dernier sont des détails de la dentition et la forme du baculum (os pénien); c'est-à-dire des caractères non utilisables pour une identification certaine sur le terrain.

Eptesicus nilssoni (Keyserling et Blasius) - Sérotine boréale

Lorsque MONARD écrivait sa note en 1942 sur la présence de Eptesicus nilssoni dans les environs de La Chaux-de-Fonds (20), on ne se doutait pas que cette espèce était relativement abondante dans le Jura et surtout dans les Alpes, comme l'ont révélé les nombreuses captures au filet au col de Bretolet.

La sérotine boréale est avant tout une chauve-souris arboricole. Elle n'a été observée dans nos grottes qu'à la mauvaise saison. Jusqu'à ces dernières années, on n'avait aucune preuve de sa présence en été, et on pouvait supposer qu'elle faisait des migrations saisonnières.

Entre 1942 et 1956, pas moins de 12 individus (4 ♂, 8 ♀) ont été observés dans des grottes du Jura romand. Depuis lors, les recherches ont été beaucoup moins suivies, mais la chauve-souris a encore été trouvée à 4 reprises jusqu'en 1965.

En fait, ces observations ont été faites dans des grottes non neuchâteloises: grotte de Vallorbe (Vaud), grotte de la Faille (La Ferrière, Jura Bernois), grottes de l'Echelette (Renan et Sonvilier, Jura Bernois).

La découverte de Eptesicus nilssoni dans les limites du canton de Neuchâtel est toute récente. Le 17.8.1975, M. Marcel S. Jacquat prenait dans des filets le long de la Vieille Areuse à Fleurier une sérotine boréale et me l'envoyait vivante pour vérifier son identification. La chauve-souris a été baguée et remise en liberté 3 jours plus tard à Fleurier par M. C. Vaucher. Dans les jours qui ont suivi cette première capture, 3 autres Eptesicus nilssoni ont encore été pris au même lieu.

Grâce à ces observations, la présence de cette chauve-souris était prouvée dans le Jura durant la belle saison, et aussi sa présence dans le canton de Neuchâtel.

Dans son travail de 1955, STRINATI (22) signale Eptesicus nilssoni dans le gouffre de Pertuis. J'avais cru identifier cette espèce d'après 2 radius, mais un nouvel examen me fait douter qu'il s'agisse de la sérotine boréale. Il faut donc retrancher cette localité, bien qu'elle soit tout à fait plausible.

Eptesicus serotinus (Schreber) - Sérotine commune

La sérotine doit être classée parmi les espèces rares. Bien qu'elle soit signalée un peu partout en Suisse, elle n'est nulle part abondante. Elle ne se rencontre qu'occasionnellement sous terre en hiver et ne se trouve guère qu'en plaine. Les trouvailles à plus de 900 m. sont exceptionnelles.

District de Neuchâtel

Neuchâtel (2)

District de Boudry

Grotte de Vert, Boudry (♂, 29.3.1950; ♀, 27.4.1950; ♂, 28.1.1951) (14)

District du Val de Ruz

Grotte aux Amblytèles, Dombresson, alt. 1110 m. (ossements) (14) (16)

District de La Chaux-de-Fonds

Grotte à l'Ours, La Chaux-de-Fonds, alt. 975 m. (1) (14)
Les Gravières, La Chaux-de-Fonds, bord du Doubs (1)

On ne possède pas de précisions pour les sérotines de Neuchâtel et des Gravières. L'espèce habite, ou en tout cas fréquente les côtes du Doubs régulièrement, comme en témoignent les deux observations faites dans la grotte de la Faille, non loin de Biaufond, les 30.3.1947 et 31.12.1954. La trouvaille dans la grotte à l'Ours est tout à fait exceptionnelle, comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire (1): la sérotine, un ♂, était enterrée dans le sol de cette grotte petite et froide à 30-40 cm de profondeur, au milieu de graviers et de cailloux de la grosseur d'une noix.

Vespertilio murinus (Linné) - Sérotine bicolore

La présence de cette espèce dans notre canton n'est connue que par la citation de FATIO qui la signalait à Neuchâtel en 1869 (1) (13). Aucune autre observation n'est venue confirmer cette présence. Toutefois, quelques captures dans les cantons voisins laissent présager que cette chauve-souris doit y faire au moins des apparitions de temps à autre: Morat (d'après MILLER, 1912, cf. (1)), Cudrefin (♂, 20.5.1944, R. Gacond).

J'ai eu l'occasion d'examiner un exemplaire en mauvais état de conservation de la sérotine bicolore faisant partie de la collection de A. Mathey-Dupraz, malheureusement sans indication d'origine. Il est possible et même probable qu'elle venait de la région d'Auvernier - Colombier où habitait ce naturaliste. Toutefois, dans son travail sur la baie d'Auvernier (18), il ne cite pas cette espèce.

Pipistrellus pipistrellus (Schreber) - Pipistrelle commune

C'est l'une des espèces les plus répandues de nos régions, bien que le nombre d'observations sûres ne soit pas très élevé. Typiquement arboricole, la pipistrelle ne s'abrite qu'exceptionnellement dans les grottes. Elle est rarement trouvée dans ses retraites diurnes; par contre, elle est souvent remarquée en vol au crépuscule. Mais l'identification des chauves-souris en vol est tellement délicate (risque de confusion avec des espèces voisines) que l'on ne peut guère tenir compte de telles observations.

La pipistrelle a été trouvée dans la plupart des districts, du bord du lac (430 m.) jusqu'à La Chaux-de-Fonds, à 1050 m.

District de Neuchâtel

Neuchâtel (1)

! Serrières, Neuchâtel (1 ♂, 9.10.1939, R. Gacond)

District de Boudry

(D'Auvernier à l'embouchure de l'Areuse et le long de l'Areuse jusqu'aux Clées (16))

! Areuse, Cortaillod (♂, 4.5.1951, Mme Johnston)

Grotte de Vert, Boudry (14)

District du Val de Travers

- ! Environs de Fleurier (♂, 28.5.1949, M. Lüscher)
- ! Entre Môtiers et Fleurier (♂, 7.9.1950, Mlle M. Henriod)

District de La Chaux-de-Fonds

- La Chaux-de-Fonds (1)
- Crêt du Locle, La Chaux-de-Fonds (1)
- Maison-Monsieur, La Chaux-de-Fonds, bord du Doubs (7)

La présence, année après année, de la pipistrelle dans la grotte de Vert est un fait exceptionnel. La grotte est désertée par cette espèce en été, mais chaque hiver il y en a plusieurs individus profondément enfoncés dans les fissures du plafond. Une pipistrelle baguée le 28.1.1951 a été reprise l'hiver suivant, le 16.12.1951 au même endroit. Il y a une autre grotte en Suisse qui abrite aussi régulièrement des pipistrelles communes, c'est la grotte du Poteu, Saillon (Valais); mais celles-ci ont toutes été observées en été (12).

Les autres trouvailles sont souvent le fait du hasard: "dans la rue" (Neuchâtel, 20.1.1949, M. Attinger), "mort sur la route" (entre Môtiers et Fleurier), "dans une maison" (Areuse), "dans le bâtiment de l'Université" (Neuchâtel, 11.1950, G. Dubois), "sur un arbre" (La Chaux-de-Fonds, 28.9.1944, W. Matthey), "dans un rûcher" (Crêt du Locle, 16.5.1941, Ch.E. Perret).

La trouvaille la plus intéressante, avec celles de la grotte de Vert, est la découverte d'une colonie d'environ 60 individus dans un bâtiment à la Maison-Monsieur. Les chauves-souris capturées et baguées (31.5. et 1.6.1958, R. Gigon) étaient toutes des ♀♀, ce qui indique qu'il s'agissait d'une colonie d'élevage, la seule connue dans le canton.

Pipistrellus nathusii (Keyserling et Blasius) - Pipistrelle de Nathusius

Souvent confondue avec la pipistrelle commune, cette espèce est certainement plus fréquente qu'il ne paraît. Elle ne s'abrite pas dans les grottes. Dans le canton de Neuchâtel, on ne connaît que 4 observations sûres, qui s'échelonnent du bord du lac (430 m.) aux Planchettes et à La Brévine à 1050 m. environ.

District de Neuchâtel

- Neuchâtel (1)

District de Boudry

- ! Areuse (1 ♂, 21.10.1944, R. Gacond)

District du Locle

- ! Le Crétet, entre La Brévine et La Châtagne (♂, 6.12.1952, R. Jeanneret)

District de la Chaux-de-Fonds

! Les Planchettes (entre 1900 et 1950, Mlle Grobéty)

La pipistrelle de Nathusius des Planchettes provient d'une grange.

Nyctalus noctula (Schreber) - Noctule commune

Comme la pipistrelle de Nathusius, la noctule n'est pas une chauve-souris cavernicole. Elle est certainement plus abondante que ne le laissent supposer les quelques observations connues, qui intéressent aussi bien les districts du Bas que ceux du Haut.

District de Neuchâtel

! Port Rouland/Serrières, Neuchâtel (♂, 8.7.1940, R. Gacond)

District de Boudry

Gorges de l'Areuse (1)

Allées de Colombier (18)

District de La Chaux-de-Fonds

Les Eplatures, La Chaux-de-Fonds (1)

! Beau-Site, La Chaux-de-Fonds (28.3.1974, M.S. Jacquat)

La citation des Allées de Colombier concerne une colonie de noctules trouvées dans un peuplier creux abattu en 1907. A La Chaux-de-Fonds, une noctule a été recueillie morte dans un local désaffecté à Beau-Site.

Plecotus auritus (Linné) - Oreillard commun

Cette chauve-souris, aisément identifiable grâce à ses grandes oreilles, fréquente volontiers les cavernes où elle s'abrite en hiver; mais, elle a été aussi assez souvent trouvée en dehors des grottes. C'est l'une des espèces les plus fréquentes de notre pays. Elle a été trouvée dans tous les districts, des bords du lac (430 m.) jusqu'à la grotte de la Roche aux Crocs et au gouffre du Haut des Roussottes, à 1200 m.

District de Neuchâtel

Neuchâtel (1) (11)

District de Boudry

Peseux (7)

Auvernier (18)

Colombier (18)

Grotte du Chemin de Fer, Boudry (10) (14)

Grotte de Vert, Boudry (14)

Grotte de Cotencher, Rochefort (14)

District du Val de Ruz

Gouffre de Pertuis, Chézard - St-Martin (14) (22)
Grotte aux Amblytèles, Dombresson (ossements) (14) (16)
Gouffre de la Combe Mauley, Dombresson (14)
Grotte de la Roche aux Crocs, Fontaines (14)

District du Val de Travers

Glacière de Monlési, Boveresse (14)
! Baume de Longeaigue, Buttes (♂, 9.10.1965, G. Berthoud)
La Baume (grotte), St-Sulpice (14)
Grotte de Vers Chez le Brandt, Les Verrières (14)
! Les Verrières (1 ♂, 30.5.1951, M. Studer)

District du Locle

Gouffre du Haut des Roussottes, Le Cerneux-Péquignot (14)

District de La Chaux-de-Fonds

La Chaux-de-Fonds (1)
! Le Crêt du Locle, La Chaux-de-Fonds (♀, 10.6.1963, C. Vaucher)
Tunnel des Convers, La Chaux-de-Fonds (1)
Grotte du Lierre, La Chaux-de-Fonds (14) (15)
Grotte à l'Ours, La Chaux-de-Fonds (14)
! La Sagne (1 ♀, 1.9.1975, M.S. Jacquat)

La révision du matériel conservé dans les musées mettra certainement en évidence la présence de l'oreillard méridional auquel appartiennent probablement quelques-unes des chauves-souris des localités citées ci-dessus.

Plecotus austriacus (Fischer) - Oreillard méridional

Il était à prévoir que cette espèce, confondue jusqu'en 1958 avec l'oreillard commun, se trouverait dans nos régions. Lors d'une étude partielle sur les Plecotus de la Suisse (9), j'ai découvert, entre autres, qu'un oreillard provenant de Treytel (Bevaix, ♀, 9.3.1949, A. de Coulon) appartenait à l'espèce austriacus. C'est jusqu'à présent la seule observation sûre pour le canton de Neuchâtel.

Barbastella barbastellus (Schreber) - Barbastelle commune

Comme l'oreillard, la barbastelle s'abrite volontiers dans les grottes pendant la mauvaise saison. Les observations en dehors de ce milieu sont très rares. La barbastelle est peu fréquente et habite aussi bien les régions basses du canton que le Haut Jura, où elle a été trouvée jusqu'à 1200 m. (gouffre du Haut des Roussottes).

District de Neuchâtel

Neuchâtel (1)
Grottes de la Roche de l'Ermitage, Neuchâtel (1)

District de Boudry

Baume du Four, Boudry (14)
Grotte de Vert, Boudry (14)
Crevasses de Vert, Boudry (14)

District du Val de Ruz

Gouffre de Pertuis, Chézard - St-Martin (ossements) (14)
Grotte aux Amblytèles, Dombresson (ossements) (14) (16)

District du Locle

Gouffre du Haut des Roussottes, Le Cerneux-Péquignot (14) (15)

District de La Chaux-de-Fonds

Grotte du Lierre, La Chaux-de-Fonds (14) (15)
Grotte de Moron Ouest, Les Planchettes (4) (14) (15)

La barbastelle est très fidèle à ses quartiers d'hiver, où l'on peut la retrouver année après année, ainsi que l'ont prouvé les baguements. Voici quelques exemples:

- un ♂ bagué le 12.11.1949 dans la grotte de Vert est observé au même lieu les deux hivers suivants, soit le 28.1.1951 et le 16.12.1951
- un ♂ bagué le 21.2.1952 dans la grotte de Vert est retrouvé au même lieu le 2.1.1957, le 26.12.1959 et le 23.2.1963, soit 11 ans après la pose de la bague.

Miniopterus schreibersi (Kuhl) - Minioptère de Schreibers

Espèce essentiellement méridionale, le minioptère est connu dans notre canton depuis plus d'un siècle, dans la grotte de Môtiers (13). A la même époque, il habitait certainement aussi les grottes des gorges de l'Areuse.

C'est la seule de nos chauves-souris vraiment cavernicole. En plus des grottes d'une certaine importance qui lui servent de gîte régulier, elle utilise volontiers de petits trous, des abris sous roche comme retraite temporaire (grotte aux Filles, par exemple). Aucune colonie de reproduction n'est connue en Suisse.

District de Boudry

Grotte du Chemin de Fer, Boudry (1) (3) (8) (10) (14)
Baume du Four, Boudry (14)
Grotte de Vert, Boudry (14)
Grotte aux Filles, St-Aubin - Sauges (14)

District du Val de Travers

Grotte de Môtiers, Môtiers (14)
! St-Sulpice, ancienne mine transformée en champignonnière
(♂, 14.12.1958, M. Bobillier)

A plusieurs reprises, j'ai eu l'occasion de parler de la colo-

nie de minioptères de la grotte du Chemin de Fer (voir références ci-dessus et (12)). Je n'y reviendrai pas en détail ici. Je rappellerai seulement que cette grotte était habitée en 1948 pendant toute l'année par une colonie variant entre 400 et 1600 chauves-souris environ. En 1950, j'en dénombrais environ 2000, mais les minioptères n'étaient plus présents en hiver. Entre 1960 et 1970, le nombre des Chauves-souris a fortement diminué et la grotte n'était plus habitée régulièrement. Cette situation n'a guère évolué depuis lors.

Les baguements ont porté sur plus de 1000 minioptères et les reprises ont été très nombreuses, de même que les reprises dans les grottes des gorges de l'Areuse de minioptères bagués ailleurs, au Valais et en France.

Dans une première note publiée en 1952 (3), j'ai donné quelques résultats de ces baguements, mais un travail général sur toutes les connaissances acquises jusqu'à présent reste à faire.

Citons une reprise de minioptère qui constitue actuellement un record de longévité pour cette espèce: 1 ♂ bagué dans la grotte de Vert le 23.12.1945 a été reprise dans une ancienne mine de fer à Laissey (10 km ENE Besançon, Doubs) les 22.2.1959 et 18.12.1960. Cette chauve-souris avait atteint un âge d'au moins 15 ans 6 mois.

Les minioptères des grottes des gorges de l'Areuse (essentiellement grotte du Chemin de Fer et grotte de Vert) appartiennent à une population qui habite plus ou moins régulièrement dans une vaste région comprenant la Suisse Romande et le canton de Berne et les départements français de l'Ain, de la Saône-et-Loire, du Jura, du Doubs, de la Côte-d'Or, de la Haute-Saône, des Vosges et du Haut-Rhin. A l'intérieur de cette région, les minioptères se déplacent par groupes plus ou moins importants, accomplissant volontiers des voyages de l'ordre de 100 à 200 km.

Vers le sud, nos minioptères connaissent la région de Genève où ils entrent en contact avec une autre population, moins connue, mais qui habite un territoire qui s'étend au moins jusqu'en Isère.

Nos minioptères se reproduisent dans des grottes du Jura français; on connaît un lieu sûr de mise-bas dans une grotte du Doubs, près de Besançon. Pour passer de Suisse en France et vice-versa, les minioptères semblent éviter les crêtes et les cols élevés. On ne connaît pas exactement leurs voies de passage. Ils franchissent probablement le Jura dans la région de Genève (défilé du Fort-L'Ecluse) et en Ajoie. La trouvaille de St-Sulpice peut toutefois laisser supposer un passage par les Verrières; le minioptère pris à St-Sulpice le 14.12.1958 avait été bagué le 2.1.1957 dans la grotte du Chemin de Fer.



Murin de Natterer (Myotis nattereri)

Grotte de Cotencher, Rochefort, 30.9.1969

photo
V. Aellen



Sérotine boréale (Eptesicus nilssonii)

Fleurier, 17.8.1976

photo
V. Aellen



Pipistrelle commune (Pipistrellus pipistrellus)

Grotte de Vert, Boudry, 17.12.1952

photo
V. Aellen



Minioptère de Schreibers (Miniopterus schreibersi)

Grotte du Chemin de Fer, Boudry, 17.12.1952

photo
V. Aellen

Références

- (1) AELLEN, V., (1949): Les chauves-souris du Jura neuchâtelois et leurs migrations. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 72, 23-90.
- (2) - (1950): Les Chauves-souris du Musée d'Histoire naturelle de Neuchâtel. Bibl. Mus. Ville Neuchâtel, rapport 1949, 46-53.
- (3) - (1952): Baguement des chauves-souris dans le Jura suisse. Ornith. Beob. 49, 8-17.
- (4) - (1952): La faune de la grotte de Moron (Jura suisse). Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 75, 139-151.
- (5) - (1953): Note sur une chauve-souris nouvelle pour le canton de Neuchâtel: *Myotis bechsteinii* (Kuhl). Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 76, 93-97.
- (6) - (1958): Table élémentaire de détermination des chauves-souris de Suisse. Cavernes 2, 20-22.
- (7) - (1960): Notes sur les puces des chauves-souris, principalement de la Suisse (Siphonaptera: *Ichnopsyllidae*). Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 83, 41-61.
- (8) - (1965): Les chauves-souris cavernicoles de la Suisse. Intern. J. Speleol. 1, 269-278.
(A paru aussi dans Actes 2e Congr. suisse Spéléol. Sörenberg 1963. Suppl. Stalactite 2, 11-19, 1964).
- (9) - (1971): La chauve-souris *Plecotus austriacus* (Fischer) en Suisse. Actes 4e Congr. suisse Spéléol. Neuchâtel 1970, 167-172.
- (10) - et GIGON, R., (1964): La grotte du Chemin-de-Fer (Jura neuchâtelois). Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 87, 4-25.
- (11) BOVEY, R., (1954): Observations sur les Chiroptères du canton de Vaud et des régions voisines. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 66, 1-18.
- (12) DESFAYES, M., (1965): Les chauves-souris. Bull. Murith. Sion, 82, 1-5.
- (13) FATIO, V., (1869): Faune des Vertébrés de la Suisse. Vol. I: Histoire naturelle des Mammifères. Genève et Bâle, 1-411.
- (14) GIGON, R., (1976): Inventaire spéléologique de la Suisse. I. Canton de Neuchâtel. Comm. Spéléol. Soc. helv. Sci. nat. Neuchâtel, 1-224.
- (15) - et AELLEN, V., (1960): Contribution à la spéléologie du bassin suisse du Doubs. Stalactite 4 (4), 79-123.
- (16) JEQUIER, J-P., (1961): Les restes osseux de la grotte aux Amblytèles. Cavernes 5, 1-4.
- (17) - (1964): Etude écologique et statistique de la faune terrestre d'une caverne du Jura suisse au cours d'une année

d'observation. Revue suisse Zool. 71, 313-370.

- (18) MATHEY-DUPRAZ, A., (1936): La baie d'Auvernier. Le Rameau de Sapin, Neuchâtel (2) 20, 20-29.
- (19) MISLIN, H., (1945): Zur Biologie der Chiroptera, III. Erste Ergebnisse der Fledermausberingung im Jura (Beobachtungen in den Winterquartieren 1940/45). Revue suisse Zool. 52, 371-376.
- (20) MONARD, A., (1942): Note sur la présence de *Eptesicus nilsoni* Keys. et Blas. dans les environs de La Chaux-de-Fonds. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 67, 99-103.
- (21) STRINATI, P., (1953): Capture de *Myotis bechsteini* (Kuhl) dans une grotte du Jura vaudois. Stalactite 3 (5), 14.
- (22) - (1955): La faune de la grotte de Pertuis (Jura neuchâtelois). Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 78, 5-16.
- (23) TUPINIER, Y., (1977): Description d'une chauve-souris nouvelle: *Myotis nathalinae* nov. sp. (Chiroptera - Vespertilionidae), Mammalia 41 (3), 327-340.

Villy AELLEN
Dr ès sciences
Muséum d'Histoire
naturelle de Genève
Route de Malagnou
1211 Genève 6

HAUFFENIA (NEOHORATIA) MINUTA MINUTA,
UN MOLLUSQUE GASTEROPODE HYDROBIDE
DES EAUX SOUTERRAINES DU JURA
NEUCHATELOIS

par

Reno BERNASCONI

1.- Introduction

Dans son ouvrage "Faune cavernicole suisse", P. STRINATI écrivait en 1966 (loc. cit., pag. 61): "Valvata minuta, connu d'une seule grotte du Jura neuchâtelois, est un élément méridional. Cette espèce a été récoltée dans des départements français longeant la Méditerranée et dans quelques stations de la vallée du Rhône. La station suisse (grotte de Moron) marque sa limite septentrionale de répartition".

Valvata minuta DRAPARNAULD 1805 était en effet citée du bassin méditerranéen de France, avec d'autres petites Valvatides, Valvata moquiniana DE REYNIES 1847 (dpt. Lozère) et Valvata globulina PALADILHE 1866 (dpt. Gers et Lot-et-Garonne). BINDER 1966 montra sur des bases anatomiques que la "Valvata minuta" du Jura français (dpt. Ain) était en fait un Hydrobide.

De nouveaux travaux ont permis depuis de compléter nos connaissances sur la répartition géographique (BERNASCONI 1967 et 1969) et sur l'anatomie de ces mollusques (BOETERS 1973; BERNASCONI 1975).

2.- Anatomie

Nous avons étudié l'anatomie de mollusques dont les coquilles étaient: a) attribuables à l'ancienne Valvata minuta, provenant de la source de l'Areuse à St.Sulpice (ct. Neuchâtel), et b) attribuables à l'ancienne Valvata moquiniana = Valvata globulina, provenant de la source du Vidourle, réserve biologique souterraine du Centre national de la recherche scientifique, à Sauve (dpt. Gard).

Les deux séries de mollusques sont anatomiquement identiques. Les sexes sont séparés. Les tentacules sont effilés, dépigmentés et présentent à leur base un oeil rudimentaire pigmenté (Fig. 1a). La radula thénioGLOSSe a un rapport longueur - largeur de 4:1; chaque rangée de dents comprend: a) une dent centrale bicuspidée avec 5+1+5 denticules au bord supérieur et 2-3 denticules de chaque côté ne dépassant pas le bord inférieur; b) deux dents latérales à talon avec 11-13 denticules; c) deux dents marginales intérieures en faucille avec 20-26 denticules; et d) deux dents marginales extérieures en massue avec 14-18 denticules (Fig. 1b). Cavité palléale avec osphradium et 9-11 lamelles branchiales (Fig. 1c). Organe copulateur aplati avec lobe latéral (Fig. 1d). Oviducte proximal boursoufflé, avec un réceptacle séminal petit et sessile, et une bourse copulatrice également petite et presque sessile (Fig. 1e). Intestin à deux circonvolutions en S, estomac simple. Opercule presque circulaire à nucleus central, 2 1/2 à 2 3/4 tours, sans pédoncule centrale (Fig. 1f) (Echelle: 100 µm = 0.1 mm).

Cette anatomie est caractéristique du genre Hauffenia (POLLONERA 1898) BOLE 1970 et présente des affinités avec celle de Hauffenia (Neohoratia) subpiscinalis (KUSCER 1932) BOLE 1967 de Slovénie.

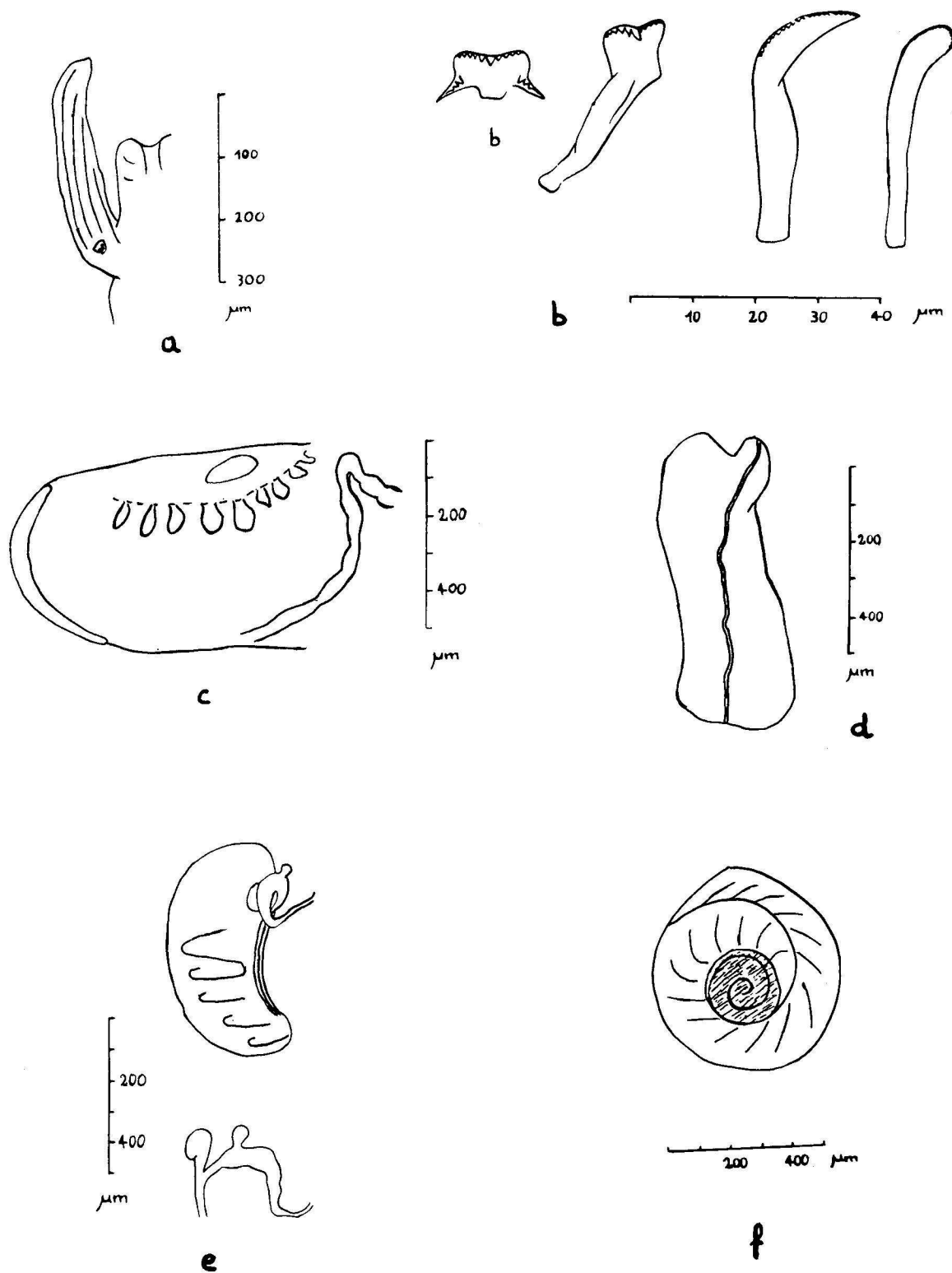


Fig. 1 Anatomie de *Hauffenia minuta*
 (a - f : voir texte)

Les anciennes *Valvata minuta*, *V. moquiniana* et *V. globulina* seront donc considérées comme synonymes et réunies sous le nom de *Hauffenia* (*Neohoratia*) *minuta* (DRAPARNAULD 1805) BERNASCONI 1975.

3.- Races géographiques

L'étude biométrique et statistique d'un nombre assez élevé de populations de *Hauffenia minuta* a montré l'existence de deux formes conchyliologiques qui corrèlent avec la distribution géographique (BERNASCONI 1975). Ces deux races se caractérisent comme suit:

- a) f. *minuta* (typica) DRAP. (Fig. 2a): une forme à coquille déprimées; les spires dépassant le bord supérieur de l'ouverture égalent au maximum $1/4$ de la hauteur totale; ombilic très large perspectif, son diamètre égale env. $1/3$ du diamètre de la coquille. Dimensions moyennes (et valeurs extrêmes): $h = 1.0$ ($0.7 - 1.5$) mm; $\phi = 1.6$ ($1.0 - 2.2$) mm; rapport $h/\phi = 0.6$ ($0.4 - 0.8$).

Répartition: Jura franco-suisse entre le lac de Neuchâtel et les bassins supérieurs du Doubs et de l'Ain (ct. Neuchâtel et Berne, dpt. Doubs, Jura et Ain).

- b) f. *globulina* PALAD. (Fig. 2b): une forme à coquille globuleuse; les spires dépassant le bord supérieur de l'ouverture égalent $1/3$ de la hauteur totale; ombilic assez étroit, son diamètre égale env. $1/7$ du diamètre de la coquille. Dimensions moyennes (et valeurs extrêmes): $h = 1.2$ ($0.9 - 1.8$) mm; $\phi = 1.4$ ($0.9 - 1.9$) mm; rapport $h/\phi = 0.85$ ($0.6 - 1.1$).

Répartition: Jura français dans les bassins moyens du Doubs, de l'Ain et de la Saône (dpt. Doubs, Haute-Saône, Saône-et-Loire); plus au sud dans le bassin rhodanien moyen et inférieur (dpt. Isère, Drôme, Ardèche, Gard, Vaucluse, Bouches-du-Rhône) ainsi qu'en France méridionale dans le bassin de la Garonne (dpt. Lotzère, Tarn, Lot-et-Garonne, Gers, Ariège).

Les populations des deux races présentent des histogrammes caractéristiques (Fig. 3). Une troisième forme a été découverte dans le département du Doubs et représente jusqu'ici une trouvaille isolée.

Les stations à *Hauffenia* (*Neohoratia*) *minuta* *minuta* dans le canton de Neuchâtel sont à présent:

Résurgence de l'Areuse, St.Sulpice
Résurgence de la Sourde / Grotte de la Cascade, Môtiers
Résurgence de la Noiraigue, Noiraigue
Résurgence de la Rasse, La Chaux-de-Fonds
Grotte de Moron-Ouest, Les Planchettes

La limite de *Hauffenia minuta* coïncide avec la latitude $47^{\circ}30'$, soit en Suisse la rivière souterraine de Milandre près Porrentruy

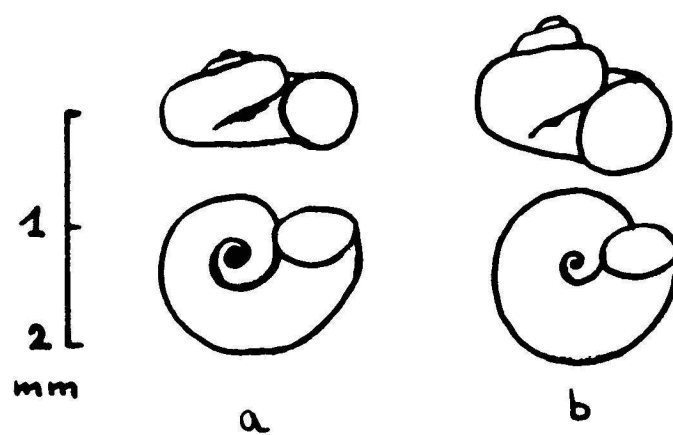


Fig. 2 Coquilles de *Hauffenia minuta*, a : f.minuta / b : f.globulina

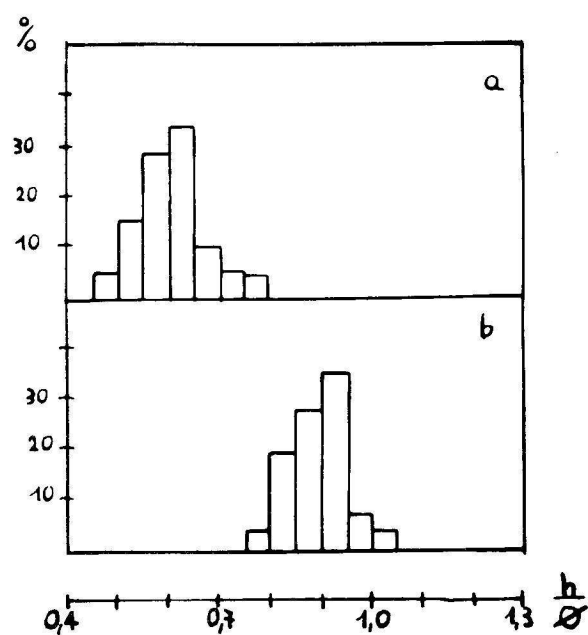


Fig. 3 Histogramme de populations-type de *H.minuta minuta* (a) et de *H.minuta globulina* (b)

(race: minuta), en France les résurgences de Quenoche et de Fondremand près de Vesoul (race: globulina).

Hauffenia minuta paraît être un troglobie récent à distribution méditerranéo-rhodanienne.

Bibliographie

- BERNASCONI R., (1967): Les Hydrobides cavernicoles de Suisse et des régions limitrophes. I. Aperçu historique et distribution zoo-géographique. Ann. Spéléo. (Paris) 22 (3): 523-535.
- BERNASCONI R., (1969): Les Hydrobides cavernicoles de Suisse et des régions limitrophes. II. Distribution géographique et limite septentrionale de la zone à *Bythiospeum*. Ann. Spéléo. (Paris) 24 (4): 683-694.
- BERNASCONI R., (1975): Les Hydrobides cavernicoles de Suisse et des régions limitrophes. V. Révision des *Hauffenia* POLLONERA. Ann. Spéléol. (Paris) 30 (2): 303-311.
- BINDER E., (1966): Position systématique de *Valvata minuta* DRAP., *Valvata globulina* PALAD. et d'autres petites espèces attribuées au genre *Valvata*. Atti Soc. Ital. Sci. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Milano, 105 (4): 371-376.
- BOETERS H., (1973): Französische Risssoaceen-Aufsammlungen von C. Bou. Ann. Spéléol. (Paris) 28 (1): 63-67.
- STRINATI P., (1966): Faune cavernicole de la Suisse. Thèse Toulouse 1965. Ed. CNRS 1966; 483 pp.

Reno BERNASCONI
Dr ès sciences
Hofwilstrasse 9
Case postale 63
3053 Münchenbuchsee

CAVERNES, suppl. 1, La Chaux-de-Fonds 1977

EVOLUTION DE LA SPELEOLOGIE EN EUROPE

par

Maurice AUDETAT

A une époque où la spéléologie est de plus en plus connue et où ses adeptes sont de plus en plus nombreux, il peut être intéressant de remonter à ses origines, d'examiner un peu son évolution jusqu'à nos jours et d'essayer de pressentir quel pourra être son avenir.

1.- Naissance de la spéléologie à la fin du siècle dernier

Nous n'évoquerons pas dans cette note les quelques renseignements connus sur les cavernes au cours des temps historiques. A toutes les époques de l'histoire, les cavernes ont joué un rôle dans la vie des hommes: refuges durant les guerres et périodes troublées, recherche de trésors et métaux précieux, habitats, etc.

Peu à peu au cours du dix-neuvième siècle, les cavernes commencent à être explorées dans diverses parties de l'Europe. On ne peut encore parler de recherche spéléologique méthodique; ce sont des archéologues, des biologistes, des paléontologues ou des ingénieurs chargés de recherches d'eau qui entreprennent des séries d'explorations dans quelques régions calcaires particulières d'Europe.

C'est dans le "Karst" cette admirable région calcaire, autrichienne au milieu du siècle dernier, devenue ensuite italienne (Carso) pour être aujourd'hui en partie italienne, en partie yougoslave (Kras) que les premières explorations méthodiques ont été effectuées.

Les explorateurs, HANKE, MARINITSCH et MULLER ont été les pionniers des explorations dans plusieurs gouffres et réseaux du Karst, notamment dans la recherche du cours souterrain de la Recca entre les pertes de Saint-Kanzian (Skokjanske jama) et la résurgence du Timavo près de Trieste. Dans le Karst italien, la recherche méthodique a été entreprise très sérieusement sous la conduite d'Eugenio BOEGAN.

En Tchécoslovaquie, les cavernes de Moravie ont fait à la même époque l'objet d'explorations suivies.

En Suisse, diverses expéditions ont eu lieu vers la fin du siècle dernier, notamment dans le Hölloch et dans quelques cavernes éparses, mais sans aucune étude méthodique. C'est donc entre 1880 et 1900 que l'exploration spéléologique s'est développée en Autriche, en France et en Italie.

En Autriche, c'est principalement dans le Karst (actuellement Karst slovène) que les explorations ont débuté d'une manière méthodique, tout d'abord par l'exploration des grandes rivières souterraines: Planina, Piuka et Recca, et des grottes d'Adelsberg (aujourd'hui Postojna). Ensuite, toute la région a été consciencieusement explorée; les phénomènes karstiques de surface, particulièrement développés dans cette région, ont eux aussi été étudiés ainsi que leurs relations avec les cavernes. L'étude de cette ré-

gion a fortement contribué au développement de la science des cavernes et à la connaissance de l'hydrologie souterraine.

Parallèlement en Italie, sous l'impulsion de E. BOEGAN, un travail énorme a été accompli dans la région de Trieste, travail de prospection et d'exploration; les Italiens sont sans doute les premiers à avoir établi un cadastre méthodique des cavités. Ces recherches se sont faites en collaboration avec les chercheurs autrichiens car les rivières souterraines ne respectent pas les frontières et l'une des plus célèbres, la Recca née dans les massifs de la Carniole, alors autrichienne, vient réapparaître près de Trieste par une des plus grosses résurgences du monde, le Timavo. Son cours est jalonné par une multitude de gouffres et grottes de profondeur respectable. L'un de ces gouffres, l'abîme de Trebiciano, a permis après onze ans d'efforts d'atteindre le cours de la Recca, à environ trois cents vingt mètres sous terre.

Actuellement, dans les fichiers très complets de la "Commission Boegan" à Trieste, on retrouve encore des notes manuscrites des premiers explorateurs de cette magnifique région.

En France, c'est E.A. MARTEL qui a le premier mis l'accent sur la recherche souterraine; MARTEL a véritablement fait connaître les ressources du sous-sol des départements du Midi. Avec une ténacité inlassable, il a exploré une foule de gouffres et grottes dans toutes les régions calcaires de France: Alpes, Pyrénées, Languedoc, Lozère, Provence, Vercors, etc., ponctuant ces recherches de quelques découvertes importantes: Padirac, Aven Armand, Bramabiau et tant d'autres. MARTEL a le premier mis au point les techniques à utiliser sous terre pour les descentes, navigation, relevés topographiques des cavités; on peut le considérer comme l'inventeur de la spéléologie. MARTEL a laissé un grand nombre de publications et il a fondé en France la Société de Spéléologie (première du nom), publiant à l'époque la revue "Spelunca".

2.- Première évolution de la spéléologie entre le début du siècle et la guerre 1914 - 1918

Le développement des recherches que nous venons de mentionner a créé un intérêt nouveau pour cette activité qui n'a pas tardé à s'étendre à d'autres pays, notamment la Belgique, la Tchécoslovaquie, la Grèce, etc.

En Autriche, Italie et France, les Sociétés créées par les pionniers de la spéléologie se sont étendues et développées; toutefois elles n'ont intéressé à l'époque qu'une élite de spéléologues motivés en général par des recherches scientifiques: géographie, géologie, hydrogéologie, archéologie, paléontologie, biologie, etc. Ces abondantes recherches ont permis de connaître de nombreux phénomènes naturels du sous-sol et d'attirer l'attention sur les possibilités d'intérêt pour le tourisme alors encore bien peu développé. C'est vraiment la découverte d'une activité nouvelle qui s'est révélée durant cette période.

En 1914, la guerre s'est abattue sur l'Europe, la spéléologie est momentanément retombée dans l'oubli. La Société de Spéléologie fondée en France par MARTEL n'a pas survécu à l'épreuve. L'Autriche a perdu ses provinces du sud qui sont devenue italiennes; le Karst est ainsi devenu le Carso et les recherches commencées par les Autrichiens sont reprises par les Italiens.

3.- La spéléologie pendant l'entre-deux guerres

Après la guerre, lentement la spéléologie est sortie de l'ombre. En France, l'activité a repris sous l'impulsion de quelques émules de MARTEL: Norbert CASTERET, dont l'activité a débuté avant la guerre, s'est rendu célèbre par quelques trouvailles inédites et par des livres qui ont su intéresser la jeunesse et susciter de nombreuses vocations de spéléologues.

Robert de JOLY, ingénieur, ancien aviateur et coureur automobile s'est lancé sur les traces de MARTEL. Très inventif, il a renouvelé le matériel lourd de l'époque et mis au point un matériel moderne et léger qui a fait école jusqu'à la grande révolution des techniques spéléologiques de ces dix dernières années.

Robert de JOLY a exploré des centaines de cavités du Midi de la France principalement, mais aussi d'autres régions. Il a prospecté très méthodiquement de nombreuses régions et laissé des comptes-rendus très précis de son activité.

Dans les années 1930, Robert de JOLY a reconstitué l'ancienne société fondée par MARTEL, sous le nom de "Spéléo-Club de France", devenu quelques années plus tard la "Société Spéléologique de France" (SS de F) dont il a été le président. Plusieurs des collaborateurs de R. de JOLY sont devenus d'excellents spéléologues, parmi lesquels citons: B. GEZE, G. de LAVAUUR, etc.

En Autriche, la spéléologie s'est développée rapidement et plusieurs groupes d'explorateurs, scientifiques et alpinistes se sont attaqués aux grands réseaux alpins qui ont atteint un développement considérable, les cavités du Dachstein et l'Eisriesenwelt notamment. Des recherches scientifiques très sérieuses, des prospections et des explorations méthodiques ont placé l'Autriche parmi les pays les plus développés au point de vue spéléologique.

Les Italiens ne sont pas restés inactifs et l'exploration souterraine s'est étendue aussi à diverses parties de l'Italie: Alpes Juliennes, province de Vérone, Ligurie, Appennins, Pouilles, etc. Dans le Carso triestin, la constitution du cadastre souterrain s'est poursuivie sans relâche.

La Suisse a été très lente à se mettre dans le mouvement spéléologique; si l'on a enregistré ça et là quelques explorations souterraines, Hölloch, Niedlenloch, grottes aux Fées (St-Maurice), gouffre de Pertuis, etc., aucune société spéléologique n'a existé durant cette période.

4.- La spéléologie pendant et depuis la guerre 1939 - 1945

Pendant la guerre, la plupart des sociétés existantes de spéléologie ont dû ralentir ou cesser temporairement leur activité. Les cavernes par contre ont été à de nombreuses reprises utilisées à des fins militaires: abris, usines souterraines, refuges de partisans, etc.

C'est au début de la guerre que la Société Suisse de Spéléologie s'est créée à Genève sous l'impulsion de G. AMOUDRUZ et J.J. PITTARD; elle n'a pas tardé à se développer, en premier lieu en Suisse française et plus tardivement en Suisse alémanique.

Ce développement s'est peu à peu étendu à plusieurs pays: Espagne, Belgique, Yougoslavie, Tchécoslovaquie, Hongrie, Pologne et Roumanie, pour ne citer que des pays européens. L'essor de la spéléologie a eu pour conséquence que beaucoup de gens s'y sont intéressés en dehors de toutes considérations scientifiques et les spéléologues se sont peu à peu recrutés dans tous les milieux. Il en a été de même dans les pays voisins et progressivement la spéléologie a changé de visage.

Plusieurs sociétés de spéléologie ont adopté des formes fédératives, dirigées par un comité central et dotées de diverses commissions spécialisées.

Il est intéressant d'examiner l'activité des spéléologues depuis la guerre jusqu'à nos jours. Comme nous l'avons vu durant les vingt premières années du siècle actuel, la spéléologie a surtout été pratiquée par des scientifiques qui ont étudié le monde souterrain au point de vue de l'hydrogéologie, de la biologie souterraine et de l'archéologie. A ces travaux sont venus s'ajouter une documentation précieuse sur la morphologie et le cadastre des cavités, tout au moins dans certaines régions.

Après la guerre, les travaux des spéléologues scientifiques ont continué à se développer; depuis 1953, des Congrès internationaux ont facilité l'extension de ce développement. A cette forme de spéléologie est venue s'ajouter l'activité de quantité de spéléologues non scientifiques. Ces spéléologues de plus en plus nombreux, ont apporté une contribution excellente à la documentation existante; toutefois il a fallu que les organes directeurs des Fédérations de spéléologie orientent et dirigent la manière d'apporter une documentation qui puisse être utilisable à des fins scientifiques. C'est le rôle de l'enseignement de la spéléologie qui se développe de plus en plus au moyen de cours, de stages de formation et d'initiation et même d'écoles de spéléologie.

C'est grâce à une orientation judicieuse dans le cadre des Fédérations que plusieurs pays ont pu constituer des fichiers documentaires très complets susceptibles d'être utilisés dans les disciplines scientifiques.

5.- L'évolution actuelle de la spéléologie, le spéléisme

Au cours de ces dernières années, la spéléologie a connu un développement plus considérable encore, qui n'est pas sans poser de problèmes. Les associations et les fédérations de spéléologie se trouvent actuellement dépassées en face des problèmes créés par un intérêt croissant pour les cavernes. Tout d'abord, en Suisse et dans les pays qui nous entourent, les groupements de spéléologie deviennent de plus en plus nombreux. Cette situation pose de multiples problèmes aux responsables des associations et fédérations nationales:

- Délimitation des secteurs à explorer
- Information et collecte de la documentation
- Mise sur pied de secours en cas d'accidents, etc.

Tant que les gens intéressés par la spéléologie se ralliaient aux fédérations nationales, tout allait bien et rares étaient les spéléologues travaillant en marge de ces activités et dont les travaux échappaient aux recensements de cavités. Actuellement on assiste à une prolifération effrénée de groupes, clubs et amateurs de cavernes, qui ne s'intéressent qu'à l'aspect sportif de la spéléologie. Ces gens qui se disent spéléologues ignorent souvent les connaissances élémentaires de la spéléologie; ils utilisent inconsidérément les techniques modernes et le matériel et visitent les cavernes uniquement pour l'attrait du sport et de l'aventure. Ces spéléistes seraient inoffensifs s'ils ne profitaient très souvent du travail des vrais spéléologues (matériel, désobstructions, etc) et s'ils ne commettaient pas, involontairement peut-être, des dégâts et pollutions diverses. Trop souvent aussi, des spéléistes publient des récits à sensation qui causent un préjudice certain à la spéléologie en faussant son véritable but. Heureusement, l'activité spéléologique véritable se poursuit et se développe à un rythme accéléré.

Dans le domaine pratique, le développement des techniques modernes permet d'explorer rapidement de grands réseaux souterrains, dans des conditions de sécurité meilleures qu'autrefois. Alors que les grandes cavités exigeaient naguère plusieurs jours d'exploration avec une équipe nombreuse, le même résultat peut être obtenu avec une petite équipe et dans l'espace d'un week-end. Les associations de spéléologie sont actuellement aussi mieux structurées et permettent une meilleure centralisation des résultats.

6.- Avenir de la spéléologie

Pendant de longues années, l'avenir de la spéléologie n'a aucunement préoccupé les spéléologues; ces derniers, peu nombreux, se partageaient la prospection et l'exploration de territoires pratiquement vierges. Depuis quelques années, il n'en est plus ainsi et les spéléologues doivent chercher de nouvelles cavités, ou poursuivre les explorations en effectuant des travaux de désobstruction.

Le développement des moyens de transport personnel a pour conséquence que les spéléologues se déplacent beaucoup plus facilement qu'autrefois et n'hésitent pas à se chercher des champs d'activité de plus en plus éloignés et parfois dans d'autres pays. Cette situation place les associations de spéléologie devant des problèmes nouveaux et de plus en plus compliqués. Les responsables desdites associations doivent souvent faire preuve de diplomatie pour éviter ou régler des différends au sujet de priorités dans des explorations, etc.

Des groupements de plus en plus nombreux s'en vont aussi visiter les grandes cavités "classiques" de divers pays; il est difficile d'obtenir une coordination de tous ces mouvements et déplacements dont les cavernes sont l'objet.

Que deviennent les cavités dans tout cela? L'affluence de spéléologues, de spéléistes et de visiteurs a pour conséquence que le monde souterrain devient de plus en plus abîmé et pollué, et qu'un problème de protection des cavernes se pose avec acuité. Comment entreprendre d'une manière efficace la protection des cavernes et de leur environnement? Tout d'abord, il est évident que ce monde souterrain doit être protégé si nous voulons conserver, dans notre pays et ailleurs, des belles cavernes et des champs d'observation intacts. Cette protection du milieu souterrain s'avère difficile car les spéléologues ne sont pas (tout au moins dans les pays occidentaux) mandatés par l'Etat pour assurer cette protection.

- Comment limiter l'accès à certaines cavités?
- A qui en interdire ou au contraire en autoriser l'accès?
- Comment empêcher ou au contraire provoquer la fermeture de cavernes?
- Dans quelle mesure ces faits sont-ils souhaitables?

Au sein même des associations de spéléologie se trouvent de nombreux adhérents qui, involontairement peut-être, occasionnent des dégâts dans les cavités.

Tous ces problèmes sont actuels et se posent déjà aux responsables. Dans l'avenir une solution devra être trouvée si l'on veut que la spéléologie puisse survivre et qu'elle reste une activité agréable et utile.

Pour que la spéléologie reste une activité vivante, variée et scientifique, il est nécessaire de conserver, en Europe et dans le Monde, des cavernes qui ne soient pas dévastées, pillées et salies; les spéléologues futurs en sauront gré à la génération actuelle.

Maurice AUDETAT
Vice-président de
l'Union Internationale de Spéléologie
Avenue de Morges 163
1000 Lausanne



Une des premières équipes du SCMN à Pertuis en 1957.

(de gauche à droite: Michel Schnyder, †Antoine Gauthier,
Jean-Pierre Montandon, Jean-Pierre Spaetig, René Von Kaenel,
Eric Schick, Philippe Bovay).

Photo F. Galley

SUR LA PRESENCE D'UN ANCIEN COURS
DE L'AREUSE EN AVAL DE BOUDRY

par

Jean MEIA

La partie inférieure des Gorges de l'Areuse (1) - de Combe Garot jusqu'à l'usine électrique du Chanet, pt. 459 - est entaillée dans les calcaires et les marnes du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur.

La rivière atteint ensuite un paysage plus ouvert; la morphologie assez douce trahit le soubassement molassique. Le cours d'eau déroule en effet ses méandres dans les marnes et les grès de la molasse d'eau douce inférieure, coiffés par des dépôts quaternaires d'origine morainique ou fluvioglaciaire.

La stratigraphie de ces affleurements a déjà été décrite (FREI, 1925 - SCHARDT et DUBOIS, 1903).

Lorsqu'on observe la paroi molassique (554500/200) située près du nouveau pont routier de Boudry, on est surpris de voir cette molasse - bien représentée dans la partie occidentale où elle affleure sur la totalité de la pente - disparaître brutalement en direction de l'Est. La partie terminale du versant est en effet constitué de moraine.

Ces observations de surface ont été confirmées par une série de forages entrepris pour l'étude du tracé de la future route nationale. Ainsi, les forages 28 et 29 exécutés dans la partie W montrent le toit molassique proche de la surface topographique; il s'agit de la situation correspondant à l'affleurement tertiaire visible sur la rive droite du méandre.

Plus à l'Est par contre, les forages 24, 30 et 24i, révèlent l'existence d'un recouvrement morainique beaucoup plus important. (Fig. 2).

Une étude géophysique (méthode géoélectrique) a permis de mettre en évidence la présence d'un sillon creusé dans la molasse. Cet ancien chenal est rempli de moraine. Il doit son origine, sinon à un ancien cours, du moins à un ancien bras préwurmien de l'Areuse. (Fig. 1).

Dans la région de Boudry, ce genre de phénomène ne semble pas isolé. FREI (1925) signale un cas assez semblable en amont de la ville, dans le secteur de la Fabrique (pt. 454).

(1) Les noms et cotes sont ceux de la Carte nationale de la Suisse au 1:25'000, feuille 1164 Neuchâtel.

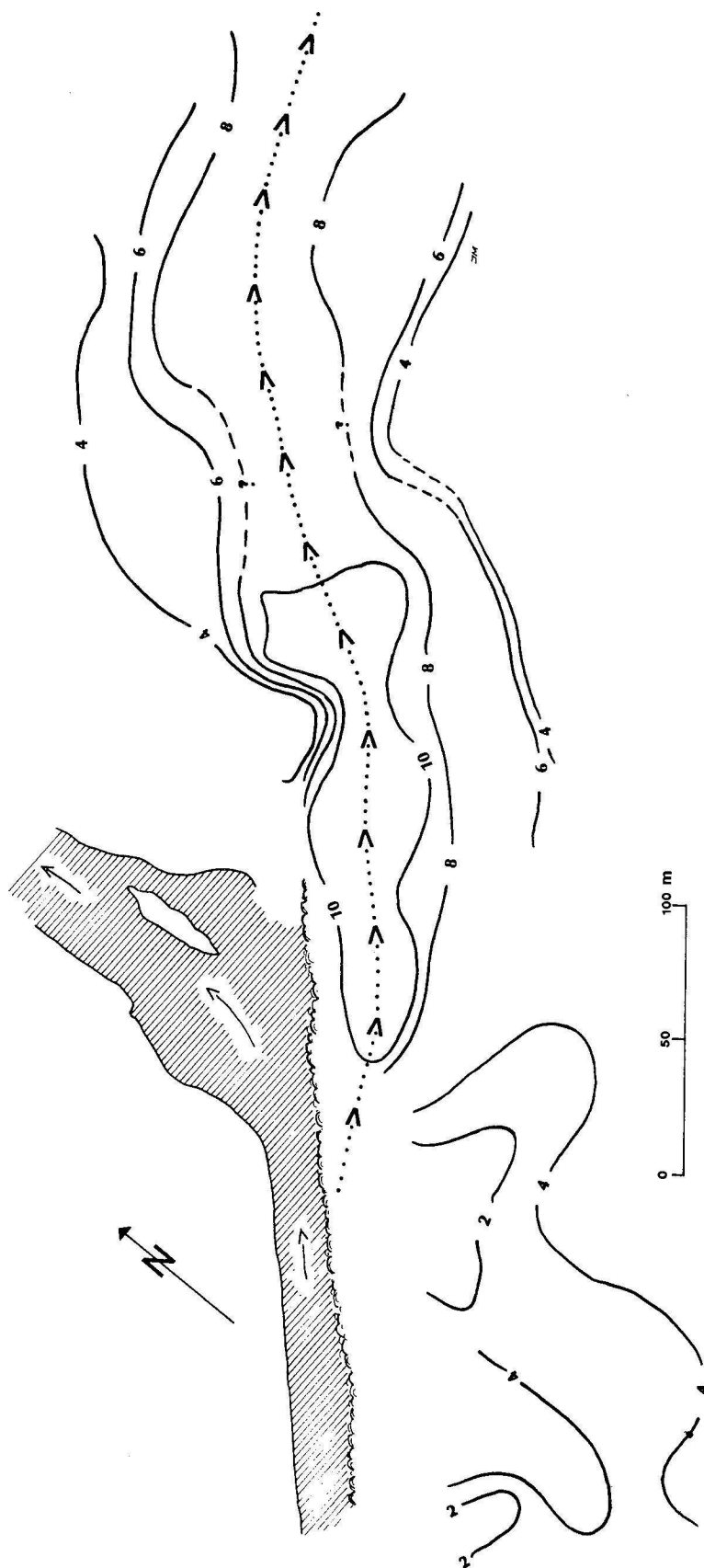


Fig. 1
 Isopaques (en m.) de la couverture morainique avec axe de l'ancien
 chenal, et cours actuel de l'Areuse.

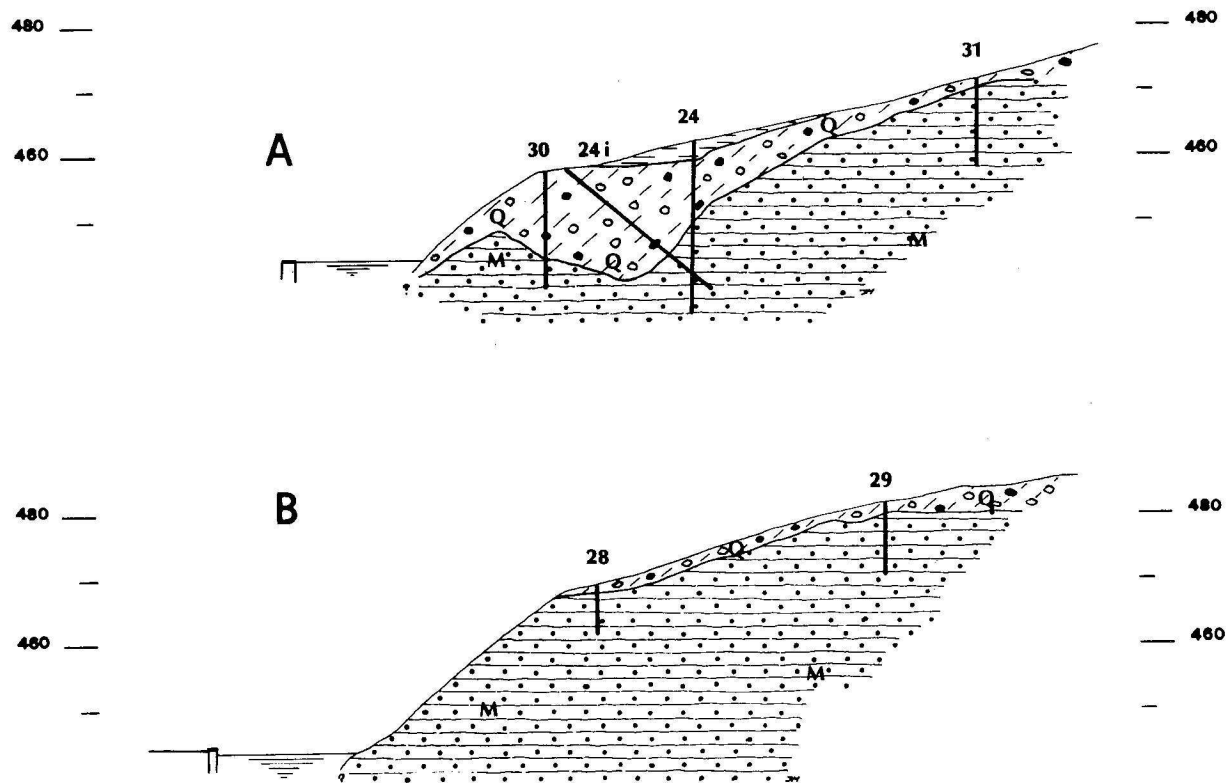


Fig. 2

Profils géologiques sur la rive droite de l'Areuse.

Profil A : ancien chenal entaillé dans la molasse

Profil B : versant molassique

Q = moraine; M = molasse; 24, 30, ... = numéros des sondages

Bibliographie

FREI, E., (1925): Zur Geologie des südöstlichen Neuenburger Jura, insbesondere des Gebietes zwischen Gorges de l'Areuse und Gorges du Seyon. Beitr. geol. Karte der Schweiz (NF. 55/3).

SCHARDT, H., DUBOIS, A., (1903): Description géologique de la région des Gorges de l'Areuse (Jura neuchâtelois). Eclogae geol. Helv. 7/5 (1901-1902).

Jean MEIA
Dr ès sciences
Ch. des Villarets 2
2036 Cormondrèche

ESTIMATIONS CONCERNANT LA NATURE DE
L'ÉCOULEMENT DANS LE KARST PAR
DES MESURES DE LA DURETÉ
CARBONATÉE DES EAUX

par

Imre MULLER

Résumé

Les conditions de l'écoulement souterrain dans les formations calcaires en amont des sources karstiques impénétrables ou siphons, peuvent être mises en évidence par la variabilité saisonnière de la dureté carbonatée des eaux. Ces mesures, simples à exécuter, décrites ici en détail, permettent aux spéléologues de deviner l'absence ou l'existence d'un réseau pénétrable.

Summary

Underground flow conditions of karstic limestone terrains where conduits are inaccessible beyond springs may be deduced by seasonal variations of the water hardness. A simple and easy method of measure of water hardness is described, and results should allow speleologists to infer the presence or absence of explorable caves.

Zusammenfassung

Die Bedingungen des Grundwasser-Ablaufes im Karstgebiet, oberhalb von unzugänglichen Quellen oder Siphons, können aus der jahreszeitlichen Verschiedenheit der Karbonat-Härte des Wassers abgeleitet werden. Es wird eine einfache Methode zur Messung der Wasser-Härte beschrieben, die dem Höhlenforscher erlaubt, Rückschlüsse auf die Dimensionen eines Höhlensystems zu ziehen.

1.- Introduction

Fréquemment, les explorateurs du karst, les spéléologues, se posent la question de savoir si, derrière l'obstacle formé d'une source impénétrable ou d'un siphon, un réseau explorable par l'homme peut exister ou non. Des mesures hydrochimiques assez simples permettent, si elles sont faites régulièrement et suffisamment longtemps, d'apporter quelques connaissances sur la nature de l'écoulement dans les formations calcaires, et par ce fait, sur la probabilité de trouver un réseau assez spacieux pour être exploré. Le but de cette note est de décrire comment effectuer ces mesures et faire les calculs nécessaires pour obtenir des données interprétables.

2.- Les systèmes d'écoulement dans le karst

D'après les travaux récents de SHUSTER & WHITE (1971) et de DRAKE & HARMON (1973), la variabilité du contenu chimique des eaux apparaît comme un moyen d'investigation indirecte pour obtenir des renseignements sur la nature de l'écoulement dans le réservoir calcaire. Les eaux peuvent cheminer vers l'émergence par de gros conduits ou emprunter de nombreuses petites fissures en progressant de manière diffuse vers l'exutoir. C'est le "conduit flow system" et

le "diffuse flow system" des auteurs américains. On admet que les systèmes de circulation sont tributaires de gros conduits quand les écarts-types (s) annuels divisés par la moyenne arithmétique des duretés (DO) se situent entre 10 et 24 %. Les systèmes de circulation diffuse seraient par contre caractérisés par un rapport inférieur à 5 %.

3.- Mesures de la dureté carbonatée de l'eau (TAC)

Parmi les paramètres chimiques, c'est sans doute le titre alcalimétrique complet (TAC) de l'eau qui est le plus aisé et le moins coûteux à mesurer pour ceux qui ne disposent pas d'un laboratoire d'analyse. Le TAC donne la teneur de l'eau en hydrate, carbonate et bicarbonate, c'est-à-dire la dureté carbonatée. Les duretés s'expriment en degrés. Un degré français correspond à 10 mg de carbonate de calcium ($CaCO_3$) par litre d'eau.

Pour la détermination de la dureté, on utilisera de l'acide chlorhydrique (HCl) de pureté analytique. Il existe dans le commerce du HCl pour analyse (p.a.) soudé dans des ampoules en plastique dont le contenu doit être complété à 1 litre par de l'eau distillée (voir figure 1)*. L'acide ainsi obtenu contient 3.646 gr de HCl par litre d'eau. Il est 0.1 N. (La désignation de N qui signifie Normal est une manière de caractériser la concentration). L'acide 0.1 N sera gardé dans une bouteille en plastique bien lavée et préalablement séchée. Avec une pipette jaugée de 100 ml, on prélève 2 fois 100 ml = 200 ml d'acide 0.1 N et on le verse dans une fiole jaugée de 1 litre. On complète le contenu de la fiole jusqu'au litre avec de l'eau distillée. L'acide ainsi préparé est égal à 0.05 N. Il est évident que l'on pourrait arriver au même résultat en prenant 100 ml de HCl 0.1 N et en le diluant à 500 ml. (etc..). Un autre produit chimique nécessaire à la détermination de la dureté est le méthylorange qui sert d'indicateur de fin de réaction. Il s'emploie en solution à 0.5 %, c'est-à-dire 0.5 g de méthylorange dissout dans 100 ml d'eau distillée.

La détermination de la dureté se fait de la manière suivante: Sur le terrain, on prélève l'eau à analyser dans une bouteille en plastique que l'on remplit complètement. L'analyse doit être faite aussi rapidement que possible, au maximum dans les 24 heures si les échantillons sont maintenus à la température de $10^{\circ}C$ (MISEREZ, 1973). Nous conseillons de travailler avec des fioles jaugées et

*) Pour faciliter l'acquisition de ce réactif de qualité, nous faisons mention d'un produit de MERCK : Titrisol 0.1 N HCl, No 9973.

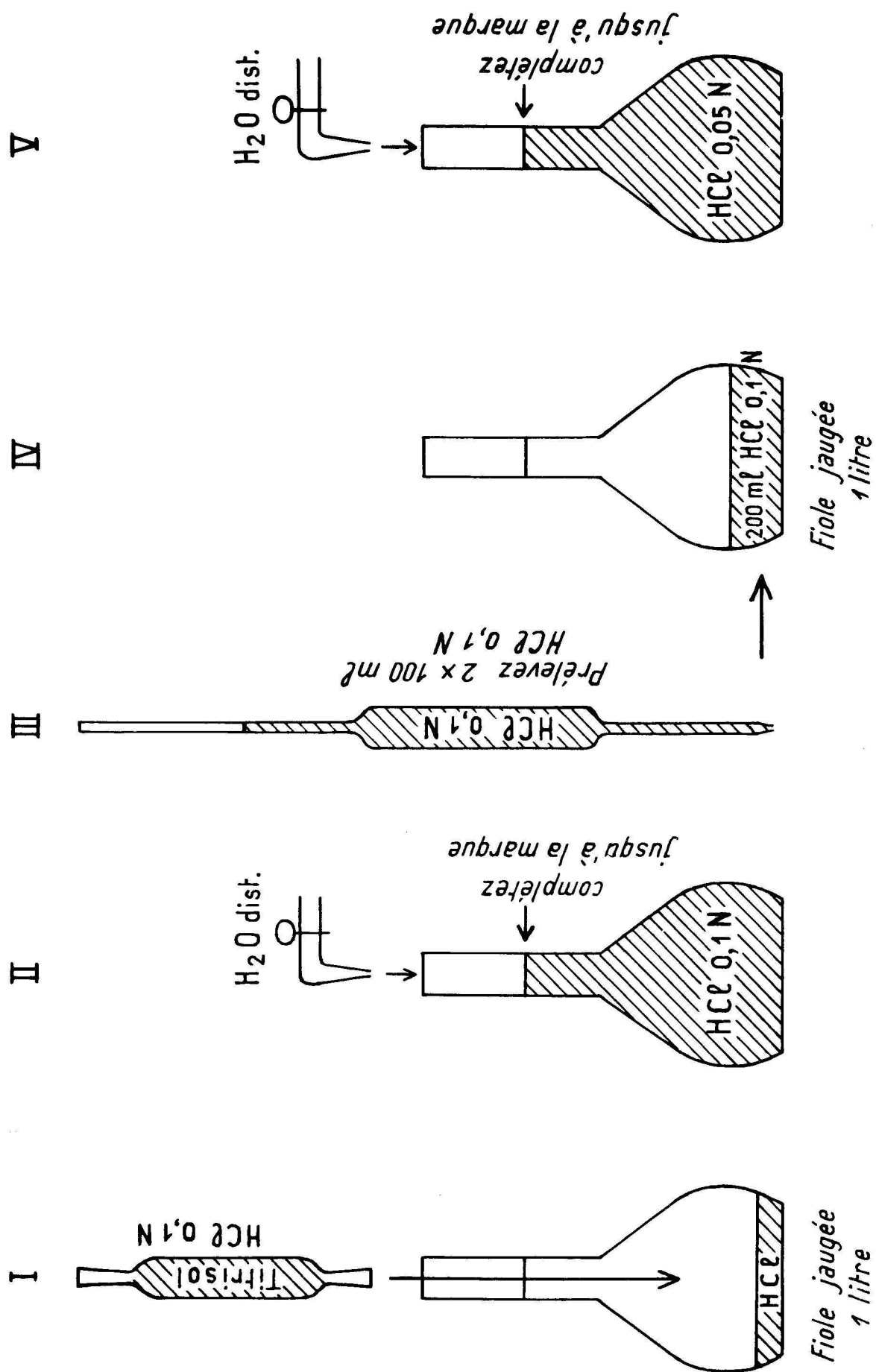


Fig. 1. Préparation de HCl 0,05 N à partir d'une solution concentrée (Titrisol)

pipettes graduées en matière plastique*, matériel peu coûteux et pas fragile, et de faire les déterminations sur le terrain. La détermination de la dureté se fait sur un échantillon d'un volume de 100 ml. On remplit une fiole jaugée de 100 ml d'eau à analyser que l'on transvase dans un récipient d'une contenance de 500 à 600 ml (un bécher en plastique transparent de 600 ml par exemple). On ajoute à cette prise d'eau 3 gouttes de la solution de méthylorange. La coloration de l'échantillon devient jaune. En agitant continuellement et régulièrement l'échantillon, on y ajoute goutte à goutte du HCl 0.05 N à l'aide d'une pipette graduée (il existe des pipettes en plastique d'un volume de 10 ml et graduée 0.1 ml*). A un moment donné, la couleur jaune de l'échantillon passe au jaune orange. Le volume d'acide nécessaire pour obtenir le virage de l'indicateur correspond à la dureté de l'eau en degrés français.

Exemple: Pour une prise d'eau de 100 ml, après l'addition de 3 gouttes de la solution de méthylorange, on a utilisé 14.6 ml d'acide chlorhydrique 0.05 N pour obtenir le virage du jaune au jaune orange. La dureté carbonatée de l'eau est de 14.6 degrés français (14.6° D.f.).

Nous conseillons de procéder à ces opérations sur le terrain et de répéter deux ou trois fois les mêmes mesures, dont on retiendra la moyenne arithmétique comme valeur définitive. Les résultats des mesures seront soigneusement notés sur un carnet avec les indications de lieu et de date.

4.- Calculs

Le but des calculs est de connaître le coefficient de variation: V qui n'est autre que l'écart-type s, divisé par la moyenne arithmétique $\bar{X}$.

$$V = \frac{s}{\bar{X}}$$

Sans entrer dans les détails sur les propriétés de l'écart-type, pour lesquelles le lecteur pourra consulter un manuel de statistique (SPIEGEL, 1975), nous en donnons la définition: On définit l'écart-type s d'un ensemble de N nombres: $X_1, X_2, \dots, X_N$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (X_j - \bar{X})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum x^2}{N}}$$

*) Ce matériel en plastique (fioles et pipettes) peut être obtenu chez SEMADENI, Postfach 86, 3072 Ostermundigen.

où x représente les écarts de chacun des nombres x_j avec la moyenne arithmétique $\bar{X}$.

Exemple: Trois mesures hebdomadaires ont été effectuées et les duretés carbonatées des eaux ont les valeurs suivantes:

Mesure No. 1 : 10.0 D.f.

Mesure No. 2 : 12.0 D.f.

Mesure No. 3 : 14.0 D.f.

$N = 3$ (le nombre des mesures est égal à trois)

$\bar{X} = 12$ (la moyenne arithmétique est $10+12+14 / 3 = 12$)

$$S = \sqrt{\frac{(10-12)^2}{3} + \frac{(12-12)^2}{3} + \frac{(14-12)^2}{3}} = 1.63$$

Le coefficient de variation $V = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{1.63}{12} = 0.1358$

Ce coefficient est le plus souvent exprimé en pourcentage, c'est-à-dire:

$$V = \frac{1.63}{12} 100 = 13.58 \%$$

5.- Interprétation des résultats

Pour obtenir des résultats interprétables, il est nécessaire d'effectuer les mesures régulièrement et suffisamment longtemps pour couvrir un cycle hydrologique annuel. Si tel n'est pas le cas ou si les mesures sont espacées de plus d'un mois, l'interprétation devient délicate sinon compromise. En règle générale, on admet que le système d'écoulement comprend des conduits si le coefficient de variation (V) est supérieur à 10 %, voire même à 20 %; par contre si ce même coefficient est inférieur à 5 %, on est en présence d'un système d'écoulement diffus et dans ce cas il ne reste que très peu d'espoir de trouver un réseau pénétrable à l'homme.

Pour prendre un exemple concret, nous mentionnons le cas de l'Emergence de la Chaudanne dans les Préalpes vaudoises (cood.: 573 800 / 146 062), topographiée par les spéléo-plongeurs de G.L.P.S. en 1974-1975 sur un développement de 380 m. C'est la profondeur limite de -70 m qui empêchait les plongeurs de continuer leur progression (BRANDT, 1974). Les soixante-quatorze mesures de dureté carbonatée que nous avons effectuées en 1974 donne un coefficient de variation de 11.31 %, mettant en évidence l'existence de "conduit flow system" (MULLER, 1976).

6.- Conclusions

Les mesures régulières de la dureté carbonatée de l'eau durant un cycle hydrologique annuel permettent de mettre en évidence les conditions d'écoulement dans les formations calcaires (SHUSTER & WHITE, 1971). Pour les spéléologues, ces mesures peuvent indiquer l'absence ou l'existence de réseau explorable, même si celui-ci reste interdit par des sources impénétrables ou siphons. Avant d'entreprendre des travaux de dégagement longs, fatigants et coûteux, ou de tenter des plongées dangereuses, nous conseillons aux spéléologues de recourir aux méthodes d'explorations indirectes par la mesure de la variabilité de la dureté carbonatée.

Bibliographie

- BRANDT, C., (1974): Emergence de la Chaudanne. Le Trou 6, 21-27, SSS Lausanne.
- DRAKE, J.J. & HARMON, R.S., (1973): Hydrochemical environments of carbonate terrains. Water Resources Research 9/4, 949-957.
- MISEREZ, J.J., (1973): Géochimie des eaux du karst jurassien. Thèse Univ. Neuchâtel.
- MULLER, I., (1976): Observations hydrogéologiques dans la région du Vanil Noir (Préalpes fribourgeoises). Eclogae geol. Helv. 69/2, 481-499.
- RODIER, J., (1975): L'analyse de l'eau. Dunod, Paris.
- SHUSTER, E.T. & WHITE, W.B., (1971): Seasonal fluctuation in the chemistry of limestone springs: a possible means for characterizing carbonate aquifers. J. Hydrology 14, 93-128.
- SPIEGEL, M.R., (1972): Théorie et applications de la statistique. Série SCHAUM, McGRAW - HILL: New York.

Institut de Géologie
Bd Pérolles
1700 Fribourg

Imre MULLER
Dr ès sciences
Centre d'Hydrogéologie
11, rue Emile-Argand
2000 Neuchâtel 7



Baume de Longeaigue en crue.

Photo R-Alain Ballmer

PRESENCE DE MATERIEL ALLOCHTONE DANS LE
REEMPLISSAGE KARSTIQUE DE LA BAUME DE
LOISIA, A GIGNY-SUR-SURAN
(Vallée du Suran, Jura, France)

par

Michel POCHON

Résumé

Si l'allochtonie partielle des sols du Jura est bien établie, de même que le mode éolien du transport, l'âge de l'apport reste à préciser. Pour y parvenir, on analyse la composition minéralogique d'un remplissage karstique calcaro-argileux dont la stratigraphie est bien définie par des arguments paléontologiques, archéologiques et cryoclastiques.

La répartition du matériel allochtone dans les différents niveaux du remplissage, l'état de fraîcheur du matériel et des considérations relatives à l'altérabilité des minéraux, témoignent en faveur d'une mise en place principalement au Würm récent.

Zusammenfassung

Die teilweise Allochthonie der Böden des Jura ist eindeutig bewiesen, ebenso, dass es sich um eine äolische Zufuhr handelt. Aber deren Alter war bislang noch unsicher.

Neue Ergebnisse erbrachte hier die mineralogische Untersuchung einer kalkig-tonigen Karstfüllung, die dank der paläontologischen, archäologischen und kryoklastischen Befunde präzise datiert ist. Die Verteilung des allochthonen Materials auf die verschiedenen Schichten der Karstfüllung, der Erhaltungszustand des Materials und die Berücksichtigung der Verwitterungsanfälligkeit der Minerale sprechen für eine Zufuhr hauptsächlich im Spätwürm.

1.- Introduction

L'allochtonie partielle des sols du Haut-Jura est maintenant bien établie (POCHON, 1971, 1973, 1974, 1976). Ses caractéristiques minéralogiques demeurent très constantes à travers tout le domaine jurassien (POCHON, 1973, 1976) et même au-delà, dans la zone périphérique (POCHON, travail en cours).

2.- Rappel des principaux faits

2.1 Minéralogie

La composition minéralogique des sols du Jura diffère de celle du résidu insoluble (R.I.) des calcaires du substrat par 4 caractéristiques essentielles:

- présence de plagioclases (ils sont totalement absents dans le substratum)
- abondance relative des feldspaths K et du quartz
- abondance relative de la chlorite (ferrifère)
- déficit relatif en kaolinite.

2.2 Transport éolien

Ce matériel présente par ailleurs des caractères d'éoliens:

- Distribution granulométrique typique des loess fins, nettement différente de celle des R.I. des roches encaissantes.
- Traces de choc en croissant qui burinent la surface des grains de quartz.

2.3. Origine

La composition minéralogique de cet éolien jurassien diffère de celle des grandes formations loessiques européennes décrites dans la littérature: (GUNTHER, 1961; KALLENBACH, 1965; SWINEFORD et FRYE, 1955) toutes références in (FUCHTBAUER et MULLER, 1970).

Or, la similitude de composition minéralogique des fractions granulométriques comparables des moraines rhodaniennes et sari-niennes du Plateau suisse, qui présente les 4 mêmes caractéristiques, nous ont incité à penser que ces deux formations glaciaires ont pu, vu leur proximité, largement nourrir ce loess et oblitérer régionalement l'apport plus ténu d'autres formations nourricières beaucoup plus importantes, comme par exemple les glaciers scandinaves.

3.- Rappel des données relatives à l'âge du transport éolien

L'étude minéralogique des moraines de fond de la vallée de Joux (Haut-Jura vaudois) essentiellement calcaires et non remaniées, des glaciers locaux du Quaternaire, révèle une présence diffuse du matériel allochtone dans la fraction < 2 mm. Ce stock éolien augmente fortement au voisinage immédiat de la surface et passe par un maximum dans les sols de couverture.

Ce type de distribution largement répandu semble démontrer que l'apport allochtone existait déjà avant la fin de l'activité glaciaire würmienne, et les hautes teneurs dans la pédosphère indiquer la poursuite du dépôt après la mise en place des moraines et la disparition des glaciers. L'apport éolien serait donc tardif à post-würmien.

4.- Méthode et matériel

4.1. Méthode d'investigation

Cependant cette présence de l'éolien dans la moraine n'exclut pas la possibilité d'une mise en place beaucoup plus ancienne; sa faible concentration en profondeur pourrait résulter de la dilution, dans la moraine, d'une ancienne couverture pédologique anté-würmienne, disloquée par l'abrasion des glaciers.

Pour lever cette inconnue, la méthode la plus simple consiste à étudier la minéralogie d'accumulations quaternaires bien datées. En pays calcaire il s'agit des remplissages karstiques, lesquels constituent d'excellents témoins de l'histoire géologique récente.

4.2. Matériel étudié et provenance

Etant donné la présence constante de l'éolien dans la pédosphère du Jura, de la Franche Comté limitrophe et semble-t-il de la Bresse (POCHON, travail en cours) l'étude minéralogique d'un remplissage karstique du Jura tabulaire français a été entreprise. Il s'agit de celui de la Baume de LOISIA à Gigny-sur-Suran, au sud de Lons-le-Saulnier.

Cette baume se développe dans la falaise séquanienne de la Vallée du Suran. Elle a été fouillée par M. VUILLEMEY. 26 niveaux calcaro-argileux d'une épaisseur totale voisinant 11 mètres ont été individualisés.

La stratigraphie du remplissage, basée essentiellement sur des restes osseux, quelques traces d'industrie et des arguments cryoclastiques, débute à l'anté-Riss-Würm (environ 2 m. d'épaisseur); le Würm ancien est représenté par 6 m. de dépôt; le Würm récent (1.5 m.) est recouvert par 2 m. de remanié récent (CAMPY, 1976).

Les fractions < 16 et $< 2 \mu$. de la terre fine de chaque niveau du remplissage (éch. 1 à 27) et du R.I. des calcaires encaissants (éch. 28 à 31) ont été analysées par diffraction X et dosées semi-quantitativement. Une formation superficielle bien représentée dans la bordure occidentale de la chaîne jurassienne - les limons de plateau plioquaternaires - a également été analysée comme élément de comparaison. Les échantillons proviennent de La Loge / GRAY.

5.- Les résultats minéralogiques (Fig. 1 et 2)

5.1. Fraction $< 16 \mu$ (Fig. 1)

La figure 1 appelle les remarques suivantes:

- Le R.I. des calcaires encaissants (éch. 28 à 31) est riche en illite et kaolinite; les minéraux gonflants et la chlorite ne représente chacun que quelques %.
Parmi les minéraux accessoires, les plagioclases sont totalement absents et les feldspaths K sporadiquement présents.
- Relativement à celle du R.I. des calcaires encaissants, la composition minéralogique du remplissage karstique présente des différences qui sont précisément les caractéristiques de l'association minéralogique allochtone: haute teneur en chlorites, présence de plagioclases, abondance de feldspaths K et pauvreté en kaolinite.
- La présence de ce matériel allochtone est maximale dans les niveaux récents (âge du bronze, éch. 2), puis diminue régulièrement dans les niveaux sous-jacents du Würm ancien (éch. 5 à 21). Il disparaît au niveau du plancher stalagmitique Riss-Würm qui a totalement colmaté le remplissage entre 9 et 10 m. de profondeur. Ce matériel allochtone est absent des couches

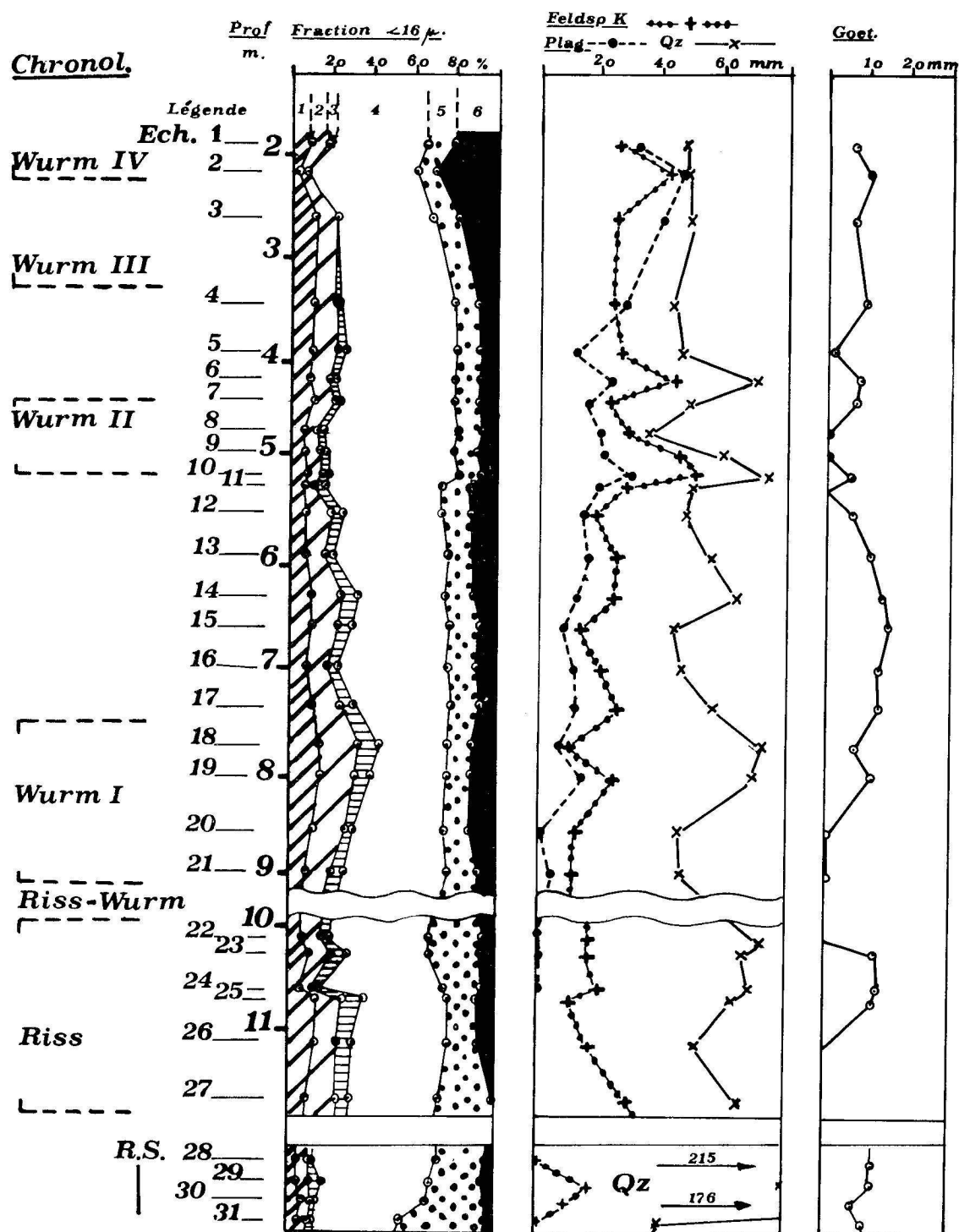


Fig. 1

Minéraux argileux de la fraction < 16 μ exprimés en % relatifs des minéraux présents.

Quartz, plagioclases, feldspaths K et goethite sont exprimés en hauteur de pic de diffraction (mm).

Légende des symboles utilisés:

1 = smectites

3 = Interstratifiés 11.5 Å ($10-14_M$)

4 = Illite

2 = Interstratifiés ($10-14_M$)

5 = Chlorite

sous-jacentes de l'anté Riss-Würm (éch. 22 à 27).

- La cristallinité de la chlorite demeure excellente dans les niveaux supérieurs où ses pics de diffraction sont bien individualisés (Fig. 3).
- On notera la présence très soutenue de la goethite, indicatrice d'un milieu peu agressif, à drainage modéré et à humidité constante.

5.2. Fraction < 2 μ (Fig. 2)

Conformément aux résultats généralement obtenus, la kaolinite et les minéraux gonflants sont mieux représentés; en revanche, la chlorite n'atteint plus que quelques %; les plagioclases ont disparu. On notera encore l'abondance de la goethite dans tous les niveaux du remplissage comme des calcaires encaissants.

6.- Discussion des résultats

La présence du matériel allochtone dans le remplissage de la Baume de Loisia est donc indéniable. On retrouve de plus le même type de distribution déjà signalé dans tous les sols du paysage morainique du Haut-Jura suisse:

- concentration maximale dans les niveaux du Würm récent et postwürmiens
- présence plus ténue dans les formations du Würm ancien
- absence dans les niveaux de l'interglaciaire Riss-Würm.

Il serait pourtant prématuré de conclure à un apport tardif à post-Würm. Ce type de distribution pourrait en effet résulter des mécanismes hypothétiques suivants:

6.1. Variation continue de la composition minéralogique de l'apport allochtone

L'apport allochtone serait permanent à travers les âges, mais sa composition minéralogique changerait constamment.

On pourrait ainsi imaginer un enrichissement progressif du matériel d'apport allochtone en chlorite, plagioclases et feldspaths K. Cependant, pour permettre cette évolution minéralogique, il faudrait disposer d'un environnement géologique nourricier de plus en plus cristallophyllien, socle dégagé par exemple par l'érosion ou l'abrasion glaciaire.

Dans la zone circum-jurassienne, cette situation ne s'étant évidemment jamais réalisée, l'hypothèse de la variation de composition peut être écartée. Rappelons en effet que cet éolien semble avoir une origine essentiellement régionale (cf.2.3).

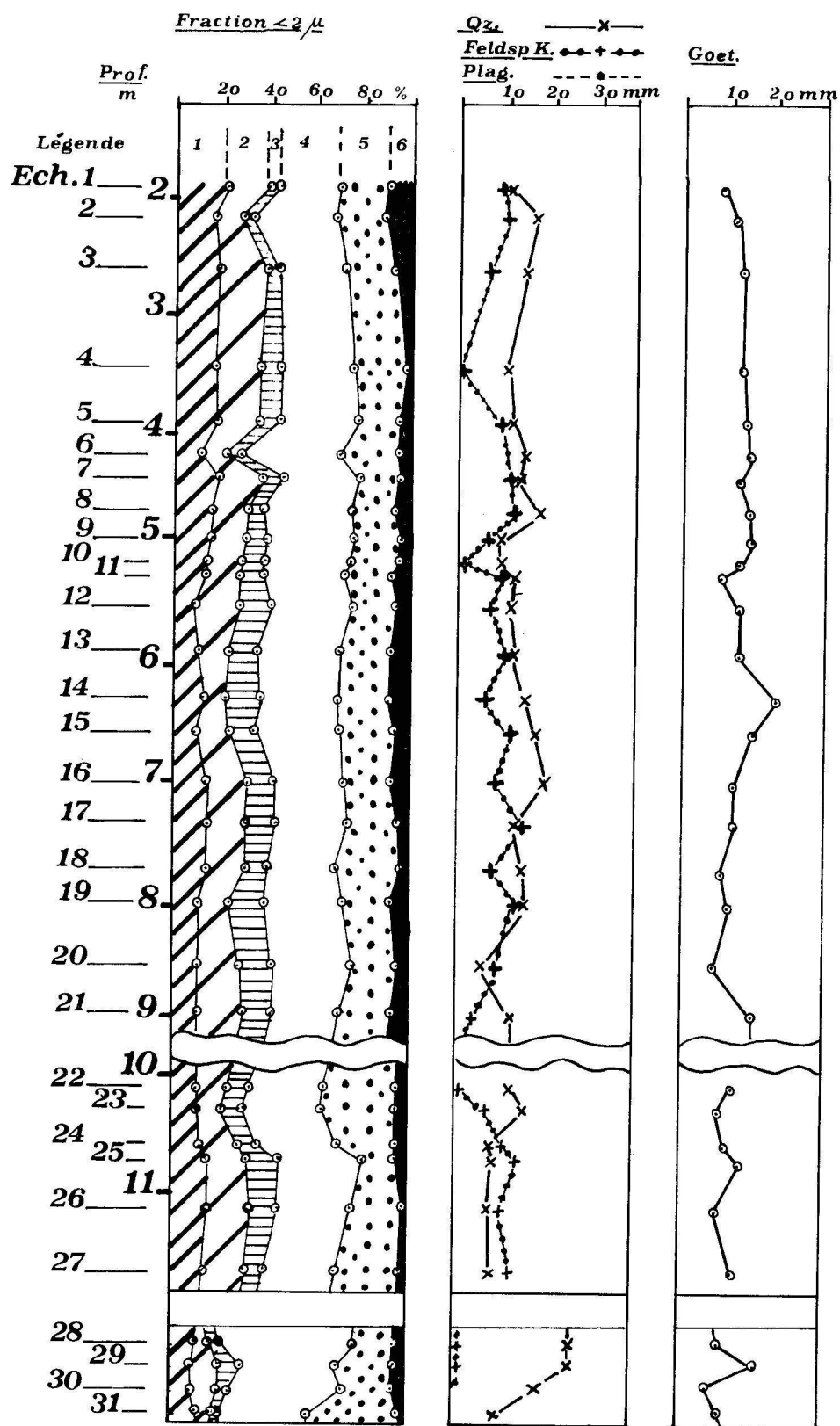


Fig. 2

Minéraux argileux de la fraction $< 2 \mu$ exprimés en % relatifs des minéraux présents. (Symboles de la lère colonne: voir légende Fig. 1).

6.2. Composition minéralogique constante de l'apport allochtone

6.2.1. Apport quantitativement constant dans le temps.

L'apport du matériel allochtone serait quantitativement et qualitativement constant à travers tout le Quaternaire. La diminution progressive, puis sa disparition en profondeur seraient alors dues aux mécanismes de l'altération.

L'hypothèse de la composition constante est fort plausible dans la mesure où l'on admet une origine régionale (voir 2.3) à partir de moraines, c'est-à-dire de formations meubles homogénéisées par l'action des glaciers.

L'apport constant à travers les âges est, en revanche, beaucoup moins vraisemblable. Mais si nous l'admettons tout de même pour les besoins de la démonstration, la diminution du matériel allochtone en profondeur ne pourrait alors résulter que de l'altération.

Certes DROUBI et al. (1976) ont démontré, par le calcul des équilibres thermodynamiques, que l'altération des plagioclases dans l'eau pure est proportionnelle à $p\text{CO}_2$ et à l'abaissement de la température. Cependant, dans ce remplissage karstique on peut difficilement concevoir des conditions d'altération de plus en plus drastique en profondeur; dans un tel environnement calcaire, leur intervalle de variation est faible (MISEREZ, 1973), de sorte que le temps (= durée) serait la seule variable importante de l'altération - demeurant plus ou moins constante à tous les niveaux durant toutes les époques - responsable du type de distribution actuelle. Cette conjugaison d'hypothèses est toutefois invraisemblable pour les raisons suivantes:

- Le passage Riss-Würm entre 9 et 10 mètres de profondeur est un plancher stalagmitique. Il isole donc toutes les couches sous-jacentes et les soustrait à l'influence de l'altération. PEDRO (1968) constate en effet que la désilicification des silicates est fortement contrariée par la présence d'un substrat calcaire concurrentiel. La concentration maximale de la chlorite dans les horizons supérieurs du remplissage atteste de la faible agressivité du milieu de dépôt; contrairement au cas habituel, sa cristallinité y paraît excellente, ses pics de diffraction présentant le plus faible indice d'aigu (Fig. 3), malgré une composition plus magnésienne et moins ferrique que celle observée dans les sols du Haut-Jura (Fig. 4). De plus, MONBARON (1973) constate une diminution relative de la chlorite (ferrique) et des feldspaths dans la partie supérieure d'une moraine de fond non remaniée du glacier du Rhône. Cette diminution est proportionnelle à la décarbonatation du matériel.

- Chlorite, Feldspath K et plagioclases ont des indices de stabilité fort différents (JACKSON et SHERMAN, 1953); la disparition simultanée en profondeur des excédents minéralogiques relatifs aux teneurs du R.I. des calcaires encaissants, sans variation du taux d'illite et de smectite, peut difficilement être attribué au seul

rôle de l'altération.

TODD (1968) observe même, en Californie, dans des grès éocènes, une altération plus intense des feldspaths K que des plagioclases. Il observe ainsi un enrichissement relatif des plagioclases, c'est-à-dire une évolution qui serait inverse à celle de Gigny.

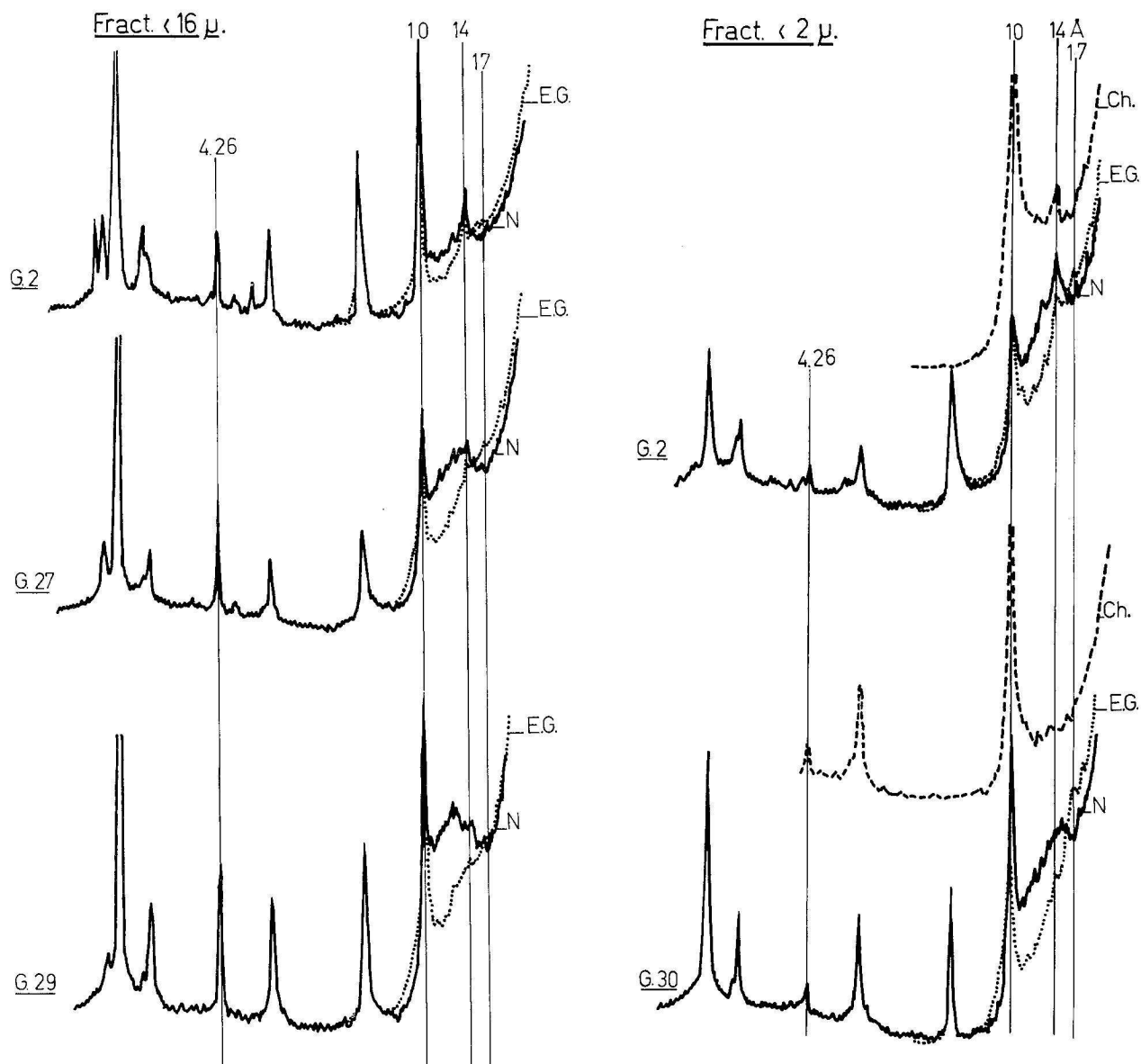


Fig. 3

Diffractogrammes X des fractions $< 16 \mu$ et $< 2 \mu$ des R.I.

G 2 = Niveau du Würm récent

G27 = Niveau de l'interglaciaire Riss-Würm

G29 = Calcaire encaissant du Séquanien

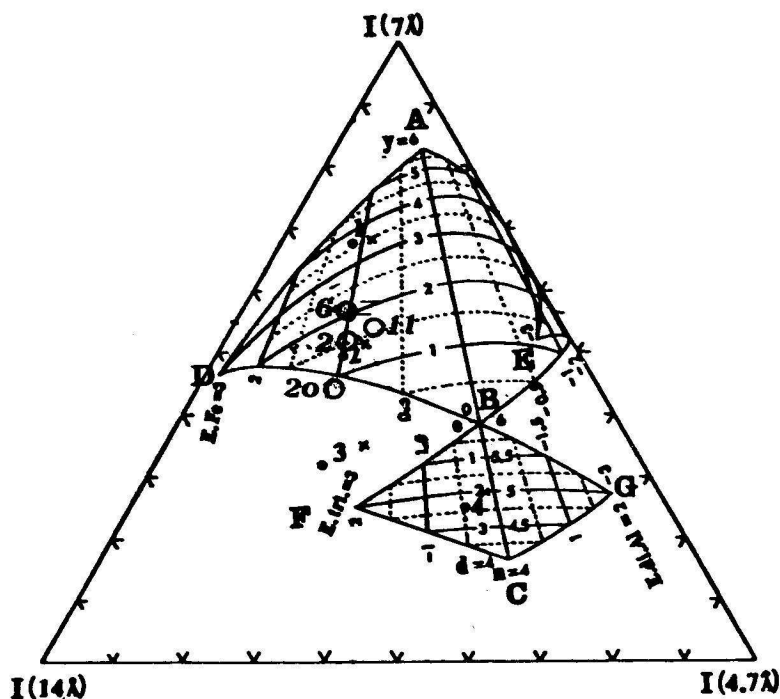


Fig. 4

Nature des chlorites allochtones du remplissage karstique de Gigny-sur-Suran selon le diagramme d'OINUMA et al (1972), après traitement à l'hydrazine selon WADA et al (1968).

- O (cercles) 2.6, 11 et 19 = chlorite des échant. G2, G6, G11, G19.
- (points) 1 = chlorite riche en fer (SUDO, 1943)
- 2 = chlorite Mg-Fe (SATO et SUDO, 1956)
- 3 = chlorite Mg (SAKAMOTO et SUDO, 1956)
- 4 = chlorite riche en Al (HAYASHI et OINUMA, 1964)
- (Références in OINUMA et Al, 1972)

6.2.2. Apport quantitativement différent dans le temps, avec un maximum au tardi-post-Würm.

L'hypothèse d'un apport constant de matériel allochtone au cours du temps est, par ailleurs, invraisemblable. La mise en place de matériel par le vent est liée à la récession des glaciers, c'est-à-dire à l'abandon de moraines dans un paysage dénudé, sans végétation. La colonisation de la surface par cette dernière limitera d'autant le transport éolien.

Le remplissage de la baume de Loisia est exceptionnellement argileux (CAMPY, 1976); les différents niveaux du remplissage sont suffisamment compactés et peu poreux pour limiter la migration des particules fines en profondeur. Ce fait, compte tenu du milieu peu agressif, permet de penser que la distribution actuelle du matériel allochtone à travers le remplissage est le reflet de celle de sa mise en place; cette hypothèse d'apport tardif est corroborée par les faits suivants:

- Dans les limons de plateau de La Loge/Gray, d'âge plioquaternaire, (FOURNIER et al., 1930), l'association minéralogique allochtone n'apparaît que dans le premier mètre sous la surface malgré une porosité ici nettement plus élevée - il s'agit de formations limono-sableuses - qui induit des conditions d'altération indiscutablement plus intenses. Par ailleurs, le roentgenofaciès de ces limons de plateau est identique à celui du matériel de remplissage de Gigny (fig. 3); au glycolage, les minéraux gonflants s'étalent complètement de 10 à 30-40 Å avec parfois la présence d'un pic à peine marqué à 17.3 Å.

7.- Conclusions

Le matériel allochtone éolien, déjà signalé dans les sols du Haut-Jura, est présent dans le remplissage karstique de la Baume de Loisia, remplissage bien daté par les arguments archéologiques et cryoclastiques: restes osseux; traces d'industries et gélifraction.

La répartition de ce matériau allochtone dans les différents niveaux - absent en profondeur, maximum en surface -; son état de fraîcheur, et les considérations relatives à l'altérabilité des minéraux, compte tenu de la configuration des divers niveaux, paraissent indiquer une mise en place tardive de l'éolien.

D'après la chronologie établie, l'apport est:

- inexistant dans les niveaux anté Riss-Würm,
- ténu au Würm ancien
- relativement abondant au Würm récent et Post-Würm (niveau de l'âge des métaux).

Ce résultat confirme les faits observés dans les sols jurassiens de la bordure occidentale du Jura.

Cet apport allochtone éolien conserve la même composition minéralogique à travers les âges.

A Gigny le pourcentage relatif du matériel allochtone ne dépasse pas 20 % des minéraux argileux présents (minéral de référence: la chlorite), alors que dans les sols du Haut-Jura, au voisinage des moraines rhodaniennes, ce pourcentage atteint 35 %.

Cette diminution pourrait être la conséquence pro parte du confinement du dépôt et de l'éloignement des formations meubles nourricières.

8.- Remerciements

Nous adressons notre reconnaissance au FONDS NATIONAL SUISSE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE qui, par la requête No. 2-542.0.76 a soutenu cette recherche.

*) Dr ès sciences
Laboratoire de Minéralogie
Pétrographie et Géochimie
11, rue Emile-Argand
2000 Neuchâtel 7

Bibliographie

- BEGUIN, C., POCHON, M., (1971): Contribution à l'étude pétrographique et géochimique des sols des Nardaies jurassiennes. Nardetum Jurassicum. Bull. Soc. neuch. Sci. nat. 94: 67-76.
- CAMPY, M., (1976): Les remplissages de grottes en Franche Comté in La Préhistoire française Tome I, Les civilisations paléolithiques et mésolithiques de la France: 283-288.
- FOURNIER, E., DREYFUSS, SCHLUMBERGER, (1930): Carte géologique de la France, Feuille Gray No. 113.
- DROUBI, A., VIEILLARD, P., BOURRIE, G., FRITZ, B., TARDY, Y., (1976): Etude théorique de l'altération des plagioclases. Bilans et conditions de stabilité des minéraux secondaires en fonction de la $p\text{CO}_2$ et de la température (0°C à 100°C). Sci. Géol. Bull., 29. 1: 45-62.
- FUCHTBAUER, H., MULLER, G., (1970): Sedimente und Sedimentgesteine. 726 pp., 326 figs., 66 tab., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- MISEREZ, J.J., (1973): Géochimie des eaux du karst jurassien. 313 pp. Thèse Fac. Sci. Univ. Neuchâtel.
- MONBARON, M., (1973): Etude roentgenographique d'une moraine de fond (Valangin/NE). Bull. Soc. neuch. Sci. Nat. 96: 123-134.
- OINUMA, K., SHIMODA, S., SUDO, T., (1972): Triangular Diagrams for Surveying chemical compositions of Chlorites. J. of the Toyo Univers. General Educ. 15: 1-33.
- PEDRO, G., (1968): Contribution expérimentale à l'étude du rôle du calcaire dans l'évolution géochimique des sols. IXth. Intern. Congr. Soil Sci., Adelaïde, 4: 511-522.
- POCHON, M., (1973): Apport allochtone dans les sols jurassiens (Jura vaudois et Jura neuchâtelois). Bull. Soc. neuch. Sci. nat. 96: 135-147.
- POCHON, M., (1974): Origine et évolution des sols du Haut-Jura suisse. Phénomènes d'altération des roches calcaires sous climat tempéré humide. Mem. Soc. helv. Sci. nat. (sous presse).
- POCHON, M., SIMEONI, J.P., (1976): Comportement hydrodynamique, nature et rôle traceur des sédiments et troubles de 2 sources karstiques (Jura tabulaire suisse). Actes du IIe colloque d'hydrologie en pays calcaire, Besançon 1976 (à paraître).
- TODD, T.W., (1968): Paleoclimatology and the relative stability of Feldspar minerals under atmospheric conditions. J. of Sedim. Petrol., 38, 3: 832-844.
- WADA, K., YAMADA, H., (1968): Hydrazine intercalation-intersalation for differentiation of kaolin minerals from chlorites. Amer. Mineralogist. 53: 334-339.

CAVERNES, suppl. 1, La Chaux-de-Fonds

ESSAIS DE COLORATION DANS DES REGIONS
DIFFICILES D'ACCES

APPLICATION AU KARST DE L'ALTA VERAPAZ,
GUATEMALA

par

Jean-Pierre TRIPET

8

1.- Introduction et conditions hydrogéologiques générales

La zone du projet d'aménagement hydroélectrique Pueblo Viejo - Quixal est située dans la partie centre-nord de la République du Guatemala, dans le bassin moyen du Rio Chixoy. Ce projet est le plus important projet de développement énergétique en construction actuellement dans le pays (puissance installée: 230 MW).

Une étude hydrogéologique détaillée a été réalisée, en même temps que l'élaboration des documents de spécification pour la phase de construction. Le but de cette étude détaillée était de faire des prédictions concernant les entrées d'eau possibles dans la galerie d'amenée (cette galerie doit relier le barrage à la centrale; elle se divise en deux sections, de 8 et 18 km de longueur). Les formations géologiques prédominantes le long de l'axe de la galerie consistent en une épaisse série (épaisseur approximative 1500 m.) de roches carbonatées d'âge crétacé, plissées, fracturées, karstifiées et aquifères.

2.- Méthodologie des essais de traçage

2.1. But des essais et conditions techniques générales

Trois essais (A, B et C) ont été réalisés dans une première phase; leurs buts étaient:

- détermination des directions de l'écoulement souterrain et des limites, sur la carte, des sous-bassins hydrogéologiques
- estimation des vitesses d'écoulement et de la perméabilité des roches.

La fluorescéine comme traceur colorant et un charbon actif granulé comme adsorbant de la fluorescéine aux points d'observation ont été choisis en raison de la simplicité des opérations de terrain et de la sensibilité de la méthode de détection.

Cette méthode était considérée comme la plus adéquate en raison des conditions particulières de cette étude, particulièrement: a) difficultés d'accès aux points d'observation; b) grande quantité de sources à observer, réparties sur une large surface; c) nécessité d'employer pour les travaux d'observation, un personnel local nombreux n'ayant pas d'expérience dans ce type d'activité.

2.2. Phases successives des opérations

2.2.1. Inventaire des sources

La réalisation d'un inventaire détaillé des sources de l'ensemble de la zone étudiée est indispensable pour l'organisation d'essais de coloration. Cependant, ces recherches impliquent généralement un travail de longue durée, particulièrement dans des régions difficiles d'accès comme dans le cas du projet Pueblo Viejo, et par conséquent constituent un élément critique dans une telle étude. Pour le projet en question, plusieurs prospecteurs ont tra-

vaillé pendant une année pour réaliser l'inventaire des sources de la zone du projet (surface étudiée: 350 km²).

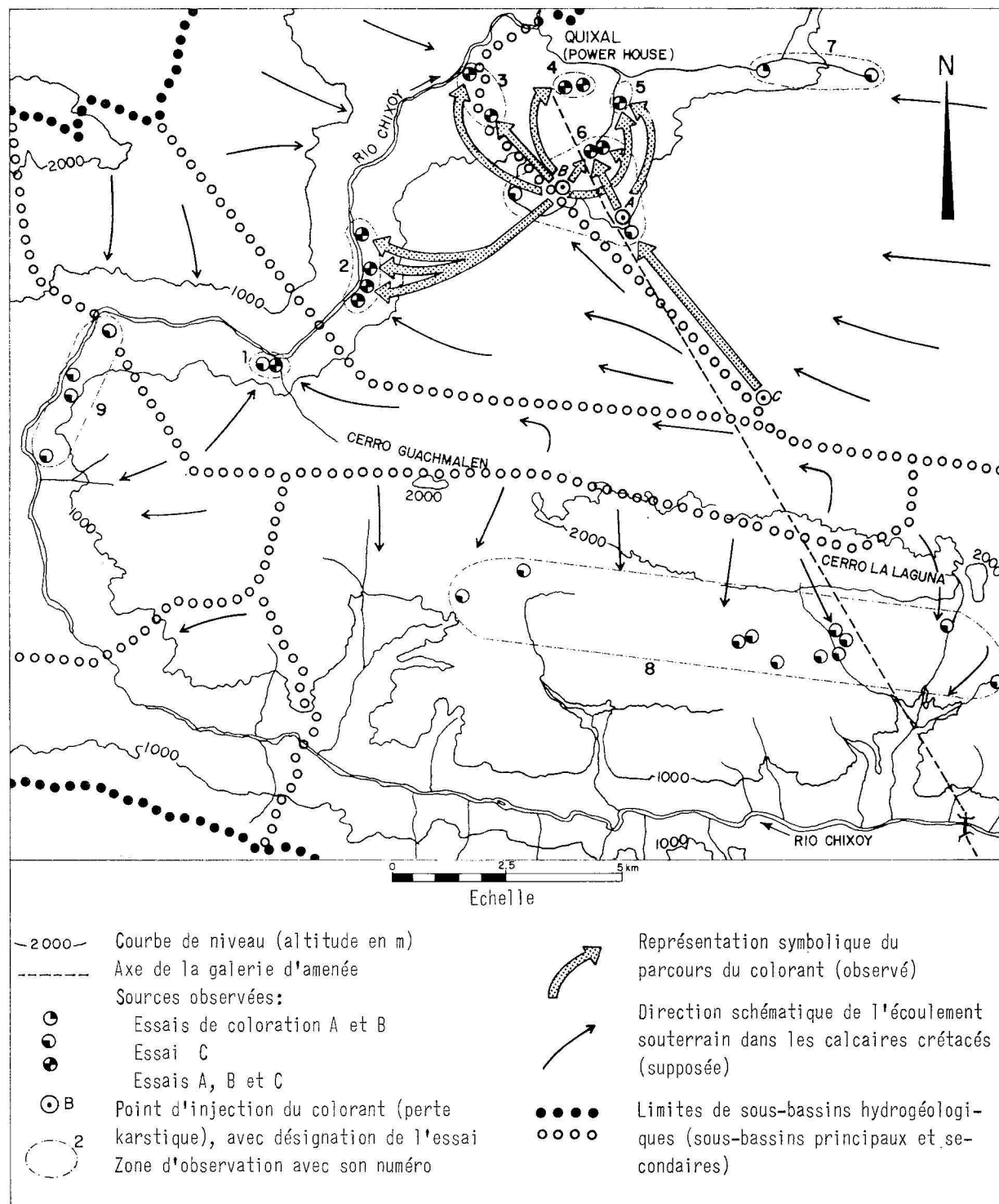


Fig. 1: Essais de coloration 1975, carte de situation

2.2.2. Sélection des sources à observer

Sur la base des résultats de l'inventaire des sources, et à la suite de diverses visites de terrain de la part de l'hydrogéologue, un programme d'observation de la réapparition du colorant a été établi de la manière suivante: a) sélection provisoire des sources à observer, sur la base de leurs caractères hydrogéologiques et géologiques *) (travail en chambre); b) examen sur le terrain des sources choisies provisoirement, avec choix définitif des points d'observation et identification des endroits où seraient placés les capteurs de colorant. Ce travail de terrain a été réalisé en présence du personnel chargé de l'observation des sources durant les essais; à cette occasion, le personnel d'observation a été mis au courant pour ce travail particulier. Il est à remarquer que l'usage intensif d'un hélicoptère a permis de réaliser en quelques jours cette sélection définitive des sources à observer et cette mise en place du dispositif d'observation, alors que sans ce moyen de locomotion, les déplacements auraient dû se faire à pied et ce même travail aurait nécessité plusieurs semaines.

2.2.3 Injection du colorant

Immédiatement après l'inspection définitive du réseau d'observation mentionnée ci-dessus, le personnel de terrain s'est rendu dans ses zones de travail respectives, l'injection du traceur a été réalisée, et la période d'observation des sources a débuté. Cette période d'observation a été prolongée au moins trois semaines après l'observation de la dernière trace de colorant dans les échantillons.

2.3. Technologie et logistique des travaux d'observation

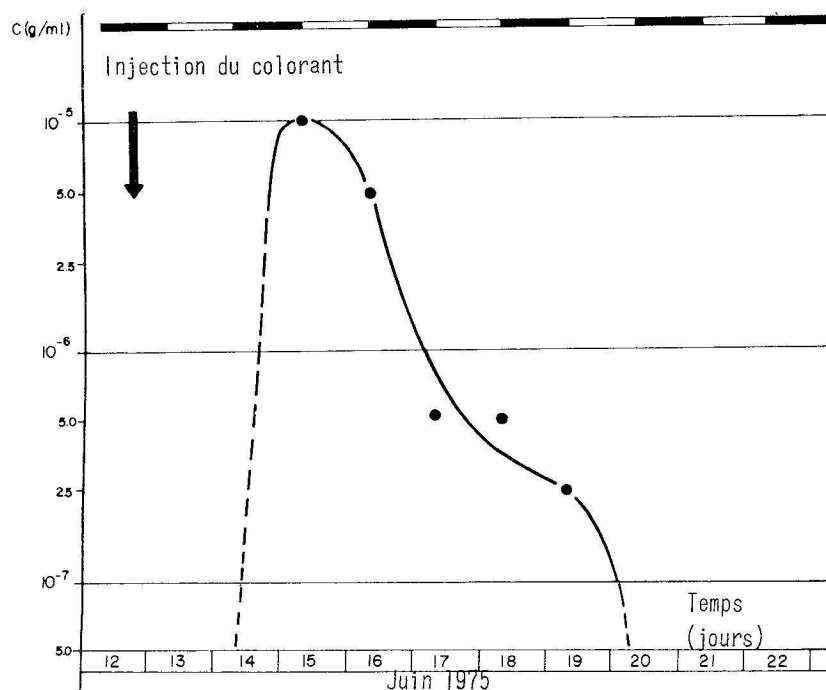
La technologie de l'utilisation de la fluorescéine et du charbon actif pour l'absorption du colorant a été appliquée selon le travail de B. MATHEY, 1971 (capteurs de colorant fabriqués sur place; extraction du colorant hors du charbon actif à l'aide d'une solution de potasse caustique dans de l'alcool éthylique; estimation de la concentration de colorant dans la solution par comparaison avec des solutions étalon, à l'oeil nu).

Durant les essais A et B, les points d'observation (20 points) étaient divisés en 7 zones; durant l'essai C, les points d'observation (40 points) étaient divisés en 9 zones (Fig. 1). Dans chaque zone, une équipe de 3 à 4 observateurs ont établi un campement dans lequel ils sont demeurés durant toute la période d'observation.

*) Bases géologiques à disposition: carte géologique de la Mission géologique allemande (1967-1969), échelle 1:50'000, publiée dans le travail de G. van den Boom et al. (1971).

Programme d'observation de la réapparition du colorant

Chaque segment noir ou blanc correspond à la période d'immersion d'un capteur de colorant



C = concentration de colorant (fluorescéine); correspondant à la quantité de colorant accumulé par le capteur de colorant durant la période d'immersion.

Pour C plus petit que 10^{-7} g/ml, il n'est pas possible de déceler la présence de colorant avec certitude.

Fig. 2: Exemple de courbe de répartition du colorant
Essai A, source No. 100-5

Tous les 5 jours chaque équipe envoyait un messenger au camp de base afin de remettre les échantillons pour analyse. Un jour de marche était nécessaire pour se rendre de chaque zone d'observation au camp de base, où un laboratoire rudimentaire avait été établi pour la détection du colorant.

Le matériel technique à disposition des équipes d'observation se limitait à une réserve de capteurs de colorant avec du charbon actif, ainsi que des sacs en plastique et des boîtes de bois pour la conservation et le transport des capteurs. D'autre part, les observateurs avaient à disposition un programme écrit où étaient indiquées la liste des points d'observation, la fréquence du changement des capteurs de colorant, ainsi que les dates prévues pour le transport des capteurs au laboratoire. Enfin, ils devaient remplir un formulaire pour chaque changement de capteurs de colorant, indiquant le numéro de la source et du capteur de colorant, la période d'immersion du capteur, mentionnant également si le passage du colorant avait été observé à l'oeil nu et donnant une estimation du régime de la source.

Les analyses de laboratoire étaient assurées par un technicien. Le personnel dans son ensemble était chargé pour la première fois d'un travail de ce genre et avait été mis au courant spécialement peu de temps avant le début des essais.

3.- Résultats des essais

Les courbes de concentration du colorant en fonction du temps qui ont été observées indiquent une durée de réapparition du colorant s'étendant sur 10 (essais A et C) à 60 (essai B) jours. La plupart de ces courbes commence avec un maximum bien marqué suivi d'un point d'inflexion (Fig. 2). Ce type particulier de courbe peut être interprété comme la conséquence de deux classes principales de joints dans le massif rocheux: un réseau de fractures karstifiées bien développées, et un réseau de joints plus fins, de perméabilité plus basse.

La dispersion des points de réapparition dans le terrain, particulièrement durant l'essai B (Fig.1), indique une interconnection prononcée des joints perméables appartenant à deux systèmes d'orientation au moins.

La comparaison des valeurs élevées de perméabilités apparentes données par les essais de coloration, lesquelles correspondent aux joints bien développés (Tableau 1) avec les valeurs très basses *) données par la plupart des essais réalisée dans les forages de la zone du projet (essais d'injection d'eau sous pression), lesquelles se rapportent aux blocs parcourus par un réseau de fissures fines, reflète l'hétérogénéité de la perméabilité de cet aquifère karstique.

Les résultats des essais de coloration ont contribué également à construire sur la carte le cheminement des eaux souterraines et à diviser la zone étudiée en divers sous-bassins hydrogéologiques (Fig. 1); ce modèle des lignes d'écoulement ne montre pas de contradictions avec les résultats d'un quatrième essai de traçage réalisé par la suite, environ 3 km à l'ouest du point d'injection de l'essai C.

4.- Conclusions

4.1. Discussion de la méthode

La technologie utilisée a donné d'excellents résultats et la méthode est apparue parfaitement appropriée pour une étude appliquée, compte tenu des conditions locales particulières. Les avantages principaux sont:

*) $k = 0.5 \times 10^{-8}$ à 1×10^{-6} m/s.

1	2	3 (m)	4 (m)	5	6 (m/h)	7 (m/s)
C	27-4	5,200	680	24 à 48 h	108 à 217	$1 \text{ à } 5 \times 10^{-1}$
B	100-5	1,250	270	24 à 48 h	26 à 52	$5 \text{ à } 10 \times 10^{-2}$
A	100-5	1,600	295	39 à 63 h	25 à 41	
B	19-5	4,450	480	15 à 20 jours	9 à 12	$1 \text{ à } 5 \times 10^{-2}$
B	21-5	4,600	500	15 à 20 jours	10 à 13	
B	210-5	4,700	500	15 à 20 jours	10 à 13	
B	6-5	2,150	90	29 à 34 jours	3	
A	104-5	2,450	515	63 à 87 h	28 à 39	
-	-	-	-	-	-	$5 \text{ à } 10 \times 10^{-3}$
B	300-5	3,300	550	49 à 54 jours	3	$1 \text{ à } 5 \times 10^{-3}$
B	13-5	2,350	410	34 à 39 jours	3	
B	101-5	1,300	300	34 à 39 jours	1 à 2	
B	107-5	2,400	500	30 à 35 jours	3	

Tableau 1:

Résultats des essais
A, B et C (1975)

Tableau récapitulatif

- 1 = Désignation de l'essai
2 = Numéro de la source observée
3 = Distance effective entre les points d'injection et d'observation, en ligne droite (approximatif)
4 = Différence d'altitude approximative entre les points d'injection et d'observation
5 = Temps écoulé entre l'injection du colorant et sa première réapparition
6 = Vitesse apparente tenant compte de la première réapparition du traceur
7 = Coefficient de perméabilité de Darcy apparent

	A	B	C
Débit estimé aux points d'injection:	50 - 100 l/s	10 l/s	10 l/s
Quantité de fluorescéine:	5 kg	15 kg	30 kg

- Simplicité des opérations de terrain et de laboratoire, et simplicité du matériel; tous les travaux d'observation ont pu être réalisés par un personnel non spécialisé, après une très courte période de mise au courant.
- Poids et encombrement très modestes des échantillons à transporter (capteurs de colorant avec charbon actif) et nombre réduit d'échantillons à analyser.
- Sensibilité de la méthode de détection; la plus basse concentration de colorant détectable (10^{-7} g/ml) dans les solutions de laboratoire correspond approximativement à une concentration instantanée effective de 10^{-10} g/ml dans l'eau de la source.

Le seul inconvénient de la méthode est que la concentration de colorant observée dans les solutions en laboratoire n'a qu'une valeur relative par rapport à la concentration effective dans l'eau au point d'observation. Cependant, ce facteur n'était pas critique dans le cas présent. De toutes manières, aucun instrument de sensibilité requise (spectro-photomètre à fluorescence) pour mesurer la concentration instantanée de colorant dans des échantillons d'eau en provenance des sources n'était disponible dans le pays.

Le nombre très élevé du personnel d'observation était motivé par les difficultés d'accès et non par la méthode elle-même; d'autre part, dans les conditions locales, ce fait ne jouait pas de rôle critique dans le cadre de l'étude

4.2. Signification des essais de coloration dans le cadre du projet

Les résultats de ces essais ont fourni des informations capitales pour l'évaluation des conditions de perméabilité des formations géologiques karstifiées et aquifères et pour l'établissement d'un modèle des systèmes d'écoulement souterrains dans la zone du projet. Cette information est de première importance pour la prévision des irrptions d'eau possibles dans la galerie. En raison du succès de ces trois essais de coloration, d'autres essais semblables ont été prévus dans la zone du projet afin de compléter les données à disposition.

Littérature

BOOM, van den, G., MULLER, A., NICOLAUS, H.J., PAULSEN, S., REYS, Y.G., (1971): Mapa Geologica General 1:125'000, Baja Verapaz y parte de Alta Verapaz (Guatemala). Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover.

MATHEY, B., (1971): La méthode du charbon actif dans les essais de coloration à la fluorescéine. Actes 4ème Congrès suisse de spéléologie, Neuchâtel 1970, 53-61.

Jean-Pierre TRIPET
Dr ès sciences
Paradiesstrasse 4
5416 Kirchdorf

L'article ci-dessus est tiré d'une communication présentée au 3ème Symposium International pour le Traçage des Eaux Souterraines, Ljubljana - Bled, Yougoslavie, septembre 1976.