



SOUS LE PLANCHER

ORGANE DU
SPÉLÉO-CLUB DE DIJON

“ Il y a en ces lieux moult grottes ou
cavernes dans la roche : ce sont antres
fort humides et à cause de cette
humidité et obscurité on n’ose y entrer
qu’avec grande troupe et quantité de
flambeaux allumés”.

Bonyard, avocat à Bèze 1680

NOUVELLE SÉRIE
Tome II Fascicule 1
1963

NOUVELLES DU CLUB

Secourisme- La Spéléologie, il faut bien le reconnaître, n'est pas sans comporter quelques dangers. C'est pour apporter rapidement une aide efficace à ses accidentés que nous avons mis sur pied, sur le plan départemental, le Spéleo-Secours. La même préoccupation nous a déterminé, à l'échelle du club cette fois, à demander à nos membres actifs d'acquérir les connaissances nécessaires pour se donner mutuellement, en cas de besoin, les premiers soins et dans ce but de suivre les cours de secourisme.

Dans un beau mouvement d'enthousiasme 22 s'y sont fait inscrire ce que voyant, Mr le Docteur MOREL qui dirige avec tant de dévouement cet enseignement a accepté d'organiser pour eux une session spéciale de cours et d'épreuves.

A la vérité, ils n'étaient plus que 17, le 28 janvier dernier, à se présenter à l'examen, mais en compensation les 17 ont été reçus et dans de bonnes conditions. Le fait est assez rare, paraît-il, pour que nous en tirions une certaine satisfaction. Melle Simone BULLIER s'est placée en tête. Félicitations.

Avec ceux d'entre nous qui possédaient déjà le diplôme, le SPELEO-CLUB peut maintenant offrir aux responsables du Plan CRSEC ou aux autorités qui en auraient besoin une équipe homogène de 25 secouristes spécialisés.

Nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont si aimablement initiés à l'art de brancarder, réanimer, panser les accidentés -sans oublier de soigner le schock- : Mr. le Docteur MOREL, déjà cité, Mme BEROU, Mme SOUVERAIN, M. Marcel MALARBET.

Nous n'oublions pas dans notre gratitude les Membres du Jury d'examen et félicitons tous nos camarades nouvellement diplômés.

Conférence - Le 21 janvier à 18 h 15, notre ami Victor CAUMARTIN a fait, à la Faculté des Sciences, sous les auspices de notre société, une conférence sur l'"Aspect microbiologique des sédiments souterrains".

Victor CAUMARTIN, de la Faculté des Sciences de Lille, Directeur adjoint du Laboratoire souterrain de Moulis (Ariège) et membre du club est l'initiateur des recherches sur les microorganismes des argiles des grottes.

Le texte de la conférence étant publié dans le présent bulletin nous sommes dispensés d'en faire le compte-rendu. Près de quatre-vingts auditeurs, dont plusieurs des Professeurs et Maîtres de conférences de la Faculté ainsi que de nombreux étudiants ont applaudi l'exposé à la fois clair, dense et riche d'aperçus originaux.

Merci Monsieur CAUMARTIN et nos compliments.

Activités - Le climat périglaciaire de ce début d'année n'a pas arrêté les sorties.

Par une température de -15° nous sommes allés repérer et relever le plan des cavités intersticielles des Roches des Layes au Nord-Ouest du hameau de Munois. La glace nous a par places interdit la navigation et le passage, ainsi reste-t-il encore beaucoup à faire. Nous y reviendrons.

Il faisait aussi froid quand certains d'entre nous se sont suspendus à une échelle le long des parois lisses et verglassées de la falaise de Vauchignon pour prendre pied dans la Grotte de l'Oreille.

Le thermomètre était également extrêmement favorable pour étudier les magnifiques concrétionnements de glace du Peptu de la Combe Chaignay lorsque nous avons visité les trous de la région de Vernot.

Dans ces sorties, les chauves-souris n'ont pas été oubliées, non plus que les autres hôtes cavernicoles. Une chasse a notamment été organisée dans les grottes d'Asnières pour récolter et envoyer à notre ami DRESCO des mâles et des femelles de Meta menardi.

Comme on le voit, il n'y a pas eu hibernation au SPELEO-CLUB.

Il le faut bien d'ailleurs ; 15 nouveaux membres viennent de s'inscrire...

Parmi eux d'ailleurs, nous avons eu le plaisir de compter un des pionniers de la spéléologie bourguignonne, le compagnon du Docteur BERGER dans l'exploration du Creux Percé, Bernard GUILLEMIN qui s'est joint à nous avec son fils.

Bibliothèque - Le recollement effectué lors de notre installation dans le nouveau siège social a rempli de consternation notre bibliothécaire. Beaucoup d'ouvrages manquaient et le fichier qui répertoriait la bibliothèque n'était plus là.

Peut-être certains des ouvrages disparus ont-ils été empruntés depuis longtemps et n'ont-ils pas été rendus par négligence. Leur restitution nous obligerait. Elle ne fera l'objet d'aucun commentaire même si elle est faite anonymement...

Pour le reste, nous allons tâcher de reconstituer l'essentiel de ce qui existait avant le déménagement. Malheureusement certains des volumes manquants sont anciens, rares et chers et notre escarcelle n'est pas tellement bien remplie.

M. CANNONGE nous a suggéré de faire appel à la générosité de nos membres et de nos amis. Il nous a paru que c'était là une excellente idée, c'est pourquoi nous vous informons que

le SPELEO-CLUB DE DIJON recevra avec reconnaissance
les ouvrages et notes spéléologiques ou biospéléologiques
que vous pourrez lui offrir.

Vous n'avez pas oublié sans doute (Nouvelles du Club, T.I, fasc. 2, 1962) que DRESCO a déjà donné l'exemple. Tout récemment, le Président nous a remis de la part de Madame CHAPUT, les deux gros volumes de Van den BROECK, MARTEL et RAHIRE sur "Les Cavernes et les Rivières souterraines de la Belgique"... un magnifique cadeau.

Que chacun cherche donc sur les rayons de sa bibliothèque s'il n'y a pas quelques livres dont il puisse, sans trop se priver, se dessaisir au profit du club.

S'il en est qui farfouillent chez les bouquinistes, qu'ils pensent aussi à nous ou tout au moins qu'ils nous signalent leurs découvertes. Quelques-uns de nos membres nous ont offert, en effet, de nous aider de leur deniers pour acheter, pour la bibliothèque, les choses intéressantes.

Merci d'avance à tous.

En attendant nous vous rappelons que quelques uns d'entre nous qui ont un accès facile aux bibliothèques universitaires peuvent procurer à leurs camarades moins favorisés, en les empruntant à leur place, des ouvrages indispensables à leurs recherches.

Nouvelles d'ailleurs -

Le Vème Congrès national de Spéléologie aura lieu à la Pentecôte du Ier au 4 Juin à Millau (Aveyron). Les organisateurs demandent à ceux qui désirent y assister de se faire connaître le plus tôt possible du Secrétaire général du Congrès - Syndicat d'initiative Millau.

SOUS LE PLANCHER...

ORGANE DU SPELEO - CLUB DE DIJON

FONDE EN 1950

SOMMAIRE

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE par J. CHALINE - p. 1

R. CIRY.- Pour la deuxième fois : Sésame ... ouvre-toi ... (suite) p. 2 à 10

V. CAUMARTIN.- Aspect microbiologique des sédiments souterrains. p. 11 à 18

Le Rédacteur et le Gérant, tout en se réservant le droit de choisir parmi les textes qui leurs sont adressés, laissent aux auteurs une entière liberté d'expression, mais il est bien entendu que les articles, notes et dessins n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs.

Tous droits de reproduction des textes et illustrations sont rigoureusement réservés.

27 Février 1963

Nouvelle série Tome 2, fascicule 1
Janvier - Mars 1963

BIBLIOGRAPHIE

BURESCH IVAN et BERON PETAS.- 1962 - Zwei neue weitreichende Wanderungen der Fledermans - Bull. Inst. Zoologie et Musée de SOFIA, t. XI, p. 47-57.

Dans cette note les auteurs rapportent de nouvelles observations sur les déplacements à longues distances de chiroptères, En 1941, le Professeur Ivan BURESEH avait signalé une Pipistrelle (Pipistrellus pipistrellus) ayant parcourue une distance de 1150 km. Ce chiroptère bague à Dnepropetrovsk (Ukraine) le 28 Juin 1939 a été repris à Gara Kricun (Sud Bulgarie) près de Plodiv, le 8 sept. 1939. De nombreux auteurs avaient mis en doute cette communication, n'admettant pas qu'un mammifère d'aussi petite taille ait pu effectuer un tel vol dans un temps si court.

Cependant, les auteurs signalent deux nouveaux cas plus spectaculaires encore.

Un Myotis mystacinum bague le 12 juin 1956 à Voronez (Ukraine) a été repris le 8 mai 1958 à Krivnja près de Provadija (est de la Bulgarie). Le chemin parcouru est de 1950 km.

Une chauve-souris de l'espèce Nyctalus noctula, trouvée gelée dans la neige le 3 janvier 1961 près de Pacardzik (Sud Bulgarie) avait été baguee 3 ans et 5 mois plus tôt près de Voronez (Ukraine). La distance parcourue était de 2345 km.

Les chauve-souris effectuent donc assez fréquemment des parcours supérieurs à 1000 km.

Le record actuel de distance pour les chiroptères européens serait donc détenu par Nyctalus noctula avec : 2345 km.

Ces observations font apparaître dans les vols une direction préférentielle NE-SW, d'Ukraine vers la Bulgarie.

J. CHALINE

Pour la deuxième fois : SESAME ... OUVRE-TOI ...

par R. CIRY

b) Remplissages par alluvionnement marin.

Je citerai pour mémoire seulement ce type de remplissage qui n'est pas représenté en Bourgogne. Il n'intéresse, en effet, que les grottes et les abris situés au bord de la mer et qui se trouvent, ou se sont trouvés à certaines époques, à une altitude convenable permettant leur envahissement. Les grottes de Grimaldi en présentent de bons exemples.

c) Remplissages par ruissellement.

Dans leur essence, les remplissages par ruissellement ne diffèrent pas des remplissages fluviatiles. Il s'agit toujours de matériaux que les eaux ont entraînés dans les fissures et de là dans les galeries.

Ici, toutefois, l'apport a eu lieu après que les grottes aient été creusées et abandonnées. C'est donc une phase tardive de leur évolution.

En outre, comme il n'y a pas eu intervention de véritables cours d'eau, le matériel n'a pas subi de transport lointain. Il est mal façonné, mal calibré et constitué le plus souvent par des formations fines, terreuses, de couleur brune, empruntées aux limons superficiels et amenées des pentes ou des plateaux voisins par les fissures de la voûte. On les trouve dans des grottes proches de la surface.

Dans quelques cas, le remplissage a pu s'effectuer par l'entrée. Les ruissellements ont alors entraîné vers l'intérieur des cavités descendantes ou des abris sous roche ouverts au niveau des thalwegs, une partie au moins des matériaux accumulés en avant des ouvertures par les éboulements, la gélivation, le vent, les inondations etc.. Parfois, des ossements représentant des restes de cuisine abandonnés par les hommes à l'entrée de leur refuge ont suivi le même chemin. Au cours de cet entraînement s'opère un tri plus ou moins poussé, en relation avec la capacité et la compétence des ruissellements.

d) Remplissages par coulées boueuses.

Le mécanisme de ces remplissages est lié aux conditions climatiques qui ont régné à certaines époques du Quaternaire.

On sait que pendant les périodes glaciaires, nos régions ont connu un climat dont le rigueur était telle qu'à partir d'une certaine profondeur et sur une très grande épaisseur, le sous-sol restait gelé en permanence. Les horizons superficiels, par contre, connaissaient en été des phases de dégel. Détrempés par les eaux de fusion qui ne pouvaient s'infiltrer dans le sous-sol devenu imperméable, ils se transformaient en une sorte de boue fluente, prête à se mettre en mouvement lorsque la pente du sol était suffisante. C'est dans ce déplacement de telles coulées boueuses que consiste le phénomène connu sous le nom de solifluction.

Chaque fois que les circonstances s'y sont prêtées, ces coulées de solifluction, constituées par un mélange de terre et de débris de roches épars sans ordre et sans orientation déterminée dans la masse en mouvement, ont pu s'engager plus ou moins loin dans les fissures béantes et les remplir partiellement. De même la solifluction a pu pousser vers les grottes descendantes les matériaux de toute nature accumulés en avant de leur entrée.

Le processus de remplissage par solifluction a intéressé principalement les cavités voisines de la surface et ayant avec celle-ci des communications relativement directes et faciles. Comme tel, il a joué un rôle de premier plan dans le remplissage du réseau cutané.

Par les mêmes voies d'accès qui ont déterminé la formation de ce réseau -les fissures marginales des plateaux- les coulées boueuses ont pu, en effet, s'engouffrer aisément puis se répandre dans ses cavités, à la façon d'une masse fluente.

Dans le détail, toutefois, les modalités du dépôt ont dû sans doute beaucoup varier en raison du caractère saisonnier du phénomène. Le remplissage, en effet, s'est opéré progressivement, partie par partie, en mouvement du matériel déjà parvenu

dans le réseau et immobilisé en hiver par le gel et partie par addition de nouveaux arrivages. Il n'est pas impossible, en particulier, que ces derniers aient débordé les précédents plus lents à se réchauffer. Il est logique et vraisemblable également qu'au droit des voies d'accès venant de la surface, se soit accumulée une plus grande quantité de matériel et que s'y soit produit un enrichissement en éléments grossiers de ce matériel à la suite de la migration vers la périphérie, des parties fines, boueuses, plus aptes à progresser.

On voit par ces quelques mots combien peut être complexe et difficile à démêler la stratigraphie de tels remplissages, d'autant que l'action des ruissellements a pu interférer ou alterner avec celle de la solifluction.

Naturellement, les coulées de solifluction peuvent avoir entraîné dans le réseau cutané des restes d'animaux quaternaires (dents ou squelettes) et des produits d'industrie préhistorique.

Le rebord des plateaux et les corniches, en effet, ont été souvent des sites fréquentés ou occupés par les hommes et les carnassiers de cette époque. Des concentrations d'outils, de débris de cuisine ou de reliefs de repas ont pu s'y constituer. Par la suite, tous ces matériaux-silex taillés ou ossements- ont subi le sort des formations superficielles qu'ils recouvraient et se retrouvent aujourd'hui mélangés avec elles dans le remplissage du réseau cutané. Leur présence y est donc fortuite et ils ne sont à aucun titre les témoins d'une occupation de ces cavités.

Beaucoup de gisements préhistoriques en grottes sont de ce type et c'est pour ne pas en avoir assez tenu compte que s'est accréditée l'idée, devenue presque un dogme, d'un habitat généralisé et permanent de l'homme dans les abris souterrains. L'analyse objective des conditions de gisement montre cependant que le plus souvent "l'homme des cavernes", de même que les colons gallo-romains à l'époque des invasions barbares ou que certains de nos contemporains aux temps de l'occupation, n'a cherché dans les grottes que des refuges temporaires, des cachettes, des sites défensifs ou

des lieux d'inhumation.

e) Remplissages par effondrement partiel des voûtes.

Ces remplissages s'observent en général dans les grottes établies dans des calcaires bien lités, en bancs relativement minces, séparés par des joints argileux ou marneux. L'écroulement du plafond se produit lorsque la portée de celui-ci dépasse une certaine limite, variable avec le degré de fissuration. Il s'explique par un décollement des bancs sous le simple effet de la pesanteur et sans qu'il soit nécessaire de faire appel à l'intervention de tremblements de terre, comme sont portés à l'imaginer beaucoup de visiteurs.

Ces écroulements produisent une accumulation généralement chaotique de blocs pouvant atteindre une très grande taille. Bien qu'en principe ces blocs ne puissent provoquer le remplissage total de la cavité, il peut arriver que par suite de la position qu'ils ont prise lors de la chute, des galeries peu élevées se voient complètement obstruées.

Le plus bel exemple local de ce type de remplissage est fourni par la grotte de Roche-Chèvre, près de Barbirey-sur-Ouche.

Les périodes humides et froides pendant lesquelles s'exerce avec intensité la cryoclastie sont particulièrement favorables aux effondrements. Les alternances de gel et de dégel ébranlent alors la résistance des roches et amènent des décollements.

Elles provoquent aussi l'éclatement des calcaires en surface et par là, la formation de débris abondants. C'est à ce titre qu'on peut parler de remplissages par gélivation.

f) Remplissages par gélivation.

La gélivation a constitué à certaines époques du Quaternaire, un phénomène général extrêmement actif.

Tout naturellement, son action a surtout été efficace à l'extérieur, en surface. Elle a amené une dégradation des falaises, provoqué ainsi leur recul et, par voie de conséquence, celui des orifices des grottes qui y débouchaient. Corrélativement

des talus d'éboulis ont pris naissance au pied des reliefs.

Bien des gisements préhistoriques anciens que nous rencontrons aujourd'hui à découvert en avant d'abris souterrains ont dû, à l'origine, se trouver sous la protection, au moins partielle, d'une voûte rocheuse prolongeant celle de la grotte actuelle.

Mais les effets de la gélivation se sont également fait sentir plus ou moins profondément à l'intérieur des abris et des cavernes largement ouvertes, surtout lorsque celles-ci étaient descendantes. Leurs parois ont alors été façonnées par l'éclatement des roches dont les débris ont tapissé le sol. Ce sol lui-même a souvent été cryoturbé : boursoufflé et soulevé par la formation de lentilles ou de coins de glace et parfois même il a pris une structure polygonale.

Le phénomène s'observe encore à l'époque actuelle même dans nos régions tempérées, au cours des hivers longs et rigoureux.

Enfin, la gélivation n'est pas toujours, en spéléogénèse, un simple facteur de dégradation. Elle est parfois créatrice d'excavations. C'est le cas notamment lorsqu'elle s'attaque à une masse rocheuse comportant des assises de porosité différente, s'imbibant d'eau plus ou moins facilement.

L'action du gel s'exerçant différenciellement amène alors, en particulier sur les parois de certaines falaises, l'apparition de bandes plus profondément érodées que les assises encaissantes et qui dessinent des sortes de rainures plus ou moins importantes, parallèles à la stratification.

Lorsque les circonstances s'y prêtent et que les horizons vulnérables sont suffisamment développés, peuvent ainsi prendre naissance des abris sous roche et des auvents. Leur base se montre souvent partiellement colmatée par des débris cryoclastiques représentant les produits résiduels accumulés au cours de la formation ou du façonnement de la cavité. De beaux exemples de tels abris existent dans le Bajocien de la région de Bussy-le-Grand, en Côte d'Or.

g) Brèches ossifères.

Parmi les divers types de remplissages, les brèches ossifères méritent une place un peu à part.

Dans plusieurs grottes de la région il existe, plaqué sur les parois et sur la voûte, un revêtement bréchi que énergiquement consolidé par du calcaire, constitué par une blocaille plus ou moins mélangée d'éléments fins et d'ossements ou de dents appartenant à des animaux quaternaires (cheval, boeuf, hyène, ours etc..). Ce revêtement est généralement peu épais, inférieur à 1 mètre. Il peut s'engager dans les divercules secondaires affluents quand il en existe, mais il n'a pas été observé, à ma connaissance, sur le plancher. Parfois, comme à la grotte de Saint-Romain, dans l'Arrière-Côte de Beaune, il n'adhère pas à la voûte et forme, à une certaine distance de celle-ci, une sorte de faux-plafond au-dessus duquel subsiste un vide qui peut être comparé à un grenier.

Les éléments rocheux de la brèche sont d'origine locale mais ne paraissent pas empruntés directement aux parois ou à la voûte contre lesquelles le dépôt est plaqué. Ils ont subi un certain déplacement.

Les ossements sont presque toujours fragmentaires, très légèrement roulés et jamais en connexion entre eux. Une étude statistique des espèces représentées a montré qu'il s'agissait d'une association caractéristique de reliefs de repas de carnassiers. Cette observation rend compte de l'état dissocié mais non roulé des débris ainsi que de leur concentration en grand nombre dans un espace relativement restreint.

Il reste à expliquer leur mode de gisement.

De ce point de vue, un premier point est à noter. Les grottes bourguignonnes où ont été observées des brèches ossifères se rencontrent dans les falaises et les corniches formant l'entablement de nos plateaux et se rattachant au réseau cutané.

Ce que nous connaissons du mode de remplissage et de l'évolution de ce dernier conduit dès lors à conclure que le matériel ossifère de ces grottes n'est pas

dans son gisement originel -ce que l'observation montre à l'évidence- et qu'il provient en réalité de niveaux plus élevés, voisins de la surface, où devaient exister des repaires de fauves que l'érosion a fait disparaître. Ossements et dents, en d'autres termes, sont arrivés là où nous les observons aujourd'hui entraînés par les ruissellements et la solifluxion, en même temps que la blocaille qui les accompagne, par des voies d'accès maintenant démantelées.

Mais comment expliquer maintenant la localisation de ces matériaux, sous forme de brèches, sur les parois et sur la voûte.

J'ai pensé un temps, à l'époque de la première édition de ce texte, que dans certains cas les grottes à brèches ossifères avaient pu offrir, à l'origine, un remplissage du type ordinaire, limoneux ou sableux, rendu compact par le gel et subissant sur sa périphérie des dégels saisonniers ayant eu pour résultat de ménager entre les parois et la masse galcée un intervalle dans lequel seraient venus se loger les éléments lithiques de la brèche et les ossements. Consolidé par des circulations d'eau bicarbonatée, l'ensemble dans la suite aurait pu rester en place lors de la vidange du matériel gelé causée par le réchauffement général.

Dans cette vue, l'exemple des grottes glacées pourrait amener aussi à penser qu'un remplissage de glace aurait pu jouer le même rôle que le "boudin" limoneux gelé.

Mais on peut admettre également et plus simplement que la cavité a été entièrement ou partiellement occupée par un matériel ossifère peu différent de composition de celui de la brèche mais qui n'a été consolidé qu'au contact des parois et de la voûte, d'une façon générale à sa périphérie, là où des eaux incrustantes circulaient de préférence. Le reste, demeuré meuble, aurait été enlevé et déblayé dans la suite pendant les périodes de débauche. Dans cette vue, l'absence de consolidation sur le plancher de la grotte, si elle s'avérait générale, semblerait indiquer qu'aucune circulation n'avait lieu à la base du remplissage, ou que les conditions y étaient défavorables au concrétionnement.

Il convient de signaler en terminant que les dépôts ossifères des cavernes ont leur homologue dans les remplissages également à ossements et à dents qui colmatent certaines fissures de nos plateaux calcaires et dont la brèche de Santenay est la mieux connue.

Ces fissures, comme les grottes à brèches ossifères appartiennent au réseau karstique cutané. Le matériel de remplissage y est souvent plus fin que dans les grottes ; la consolidation, toujours pariétale, n'est pas généralisée et n'intéresse que quelques zones. Dans les deux cas il s'agit d'un même type de remplissage et d'un processus analogue de consolidation.

h) Remplissages éoliens.

Au cours des périodes glacées du Quaternaire, alors que notre pays n'offrait qu'un paysage dénudé, le vent a joué, comme il joue encore actuellement dans des conditions subdésertiques comparables, un rôle très important.

Soufflant librement sur les boues desséchées, privées de protection végétale, il a certainement soulevé et entraîné toutes les particules qui étaient de sa compétence pour les abandonner ailleurs, l'humidité aidant.

Les lapiaz, les fissures, certaines grottes elles-mêmes ont dû, au terme d'un cycle plus ou moins complexe, recevoir leur contingent de dépôts éoliens. En Bourgogne, le phénomène n'a pas été mis jusqu'à maintenant en évidence.

i) Remplissage par la glace.

Il a été fait allusion déjà aux "glacières naturelles" qui se forment au fond des puits aveugles, verticaux, dans lesquels l'air glacé de l'hiver, après être descendu, ne peut remonter et maintient une température inférieure à zéro.

Mais il existe également, dans certaines régions montagneuses à climat très rigoureux, de vastes grottes s'étendant avec des profils variés sur des dizaines de kilomètres parfois, qui sont occupées en permanence par la glace.

L'occupation est irrégulière, du moins dans les parties visitables ; certaines

salles sont presque entièrement remplies, jusqu'à la voûte, d'autres, qui leur succèdent, restent libres ou seulement ornées de stalactites et de stalagmites scintillantes. La longueur de ces sortes de glaciers souterrains qu'accidentent des ruptures de pente, peut atteindre plusieurs kilomètres. La glace s'y montre à reflets bleutés et quelquefois parfaitement stratifiée.

De telles grottes glacées sont connues, notamment dans les Alpes autrichiennes, dans le Dachstein (Rieseneishöhle, Mammuthöle aux environs de 1 400m. d'altitude) ou au Sud de Salzbourg (Eisriesenwelt et Eiskogelhöle respectivement à 1 000 et 2000 m. d'altitude).

Ce type de remplissage, un peu exceptionnel aujourd'hui, a dû certainement intéresser, au Quaternaire, de nombreuses grottes des régions à climat périglaciaire, en particulier la Bourgogne. Il a pu entraîner pour leur morphologie des caractères spéciaux.

On est en droit de supposer en effet qu'à la manière des véritables glaciers, ces masses glacées souterraines sont susceptibles de se déplacer suivant la pente du fond rocheux, par exemple dans les galeries faisant communiquer deux salles situées à des hauteurs différentes. Il peut s'ensuivre, en conséquence, un façonnement de type glaciaire sous la forme de polissage des parois et du fond, ou même localement d'un striage. Ce qui ne veut pas dire, naturellement, que la plupart des polissages et des griffages attribués à l'activité des ours des cavernes ne soient pas authentiques...

(à suivre)

ASPECT MICROBIOLOGIQUE DES SEDIMENTS SOUTERRAINS

par V. CAUMARTIN

La Microbiologie des sédiments souterrains se distingue de la Microbiologie des sédiments de surface par un certain nombre d'objectifs originaux. En surface, les recherches portent essentiellement sur les fermentations de matière organique et la nutrition des végétaux. Dans le milieu souterrain, l'attention est surtout attirée par les problèmes que pose la survie, par les synthèses chimioautotrophes, et, accessoirement- car il s'agit pas là de faits dominants- par l'influence de la vie microbienne sur la corrosion et l'évolution des minéraux.

Les eaux qui pénètrent dans le milieu souterrain, soit par une perte, soit par une fissuration de la roche, apportent des débris organiques arrachés au tapis végétal ; ces débris organiques sont rapidement éliminés, sauf circonstances exceptionnelles, soit par lévigation et transport, soit par fermentation, tout comme en surface.

Les sédiments de grottes ne gardent entre deux crues, malgré la présence d'argile, qu'une très faible teinture organique, souvent moins de 1 pour 1000 ; les germes habituels vont donc disparaître. Certains groupes persistent cependant sans qu'on puisse, pour l'instant, leur assigner, en dehors de la minéralisation qu'ils parachèvent, un rôle bien défini. Constatation intéressante, ces microorganismes allochtones à l'origine, devenus autochtones par sélection, se rapprochent en général, par leurs formes, de la famille des Sphaerophoraceae ; celle-ci posséderait, en plus de ses espèces pathogènes, des groupes aquatiques et telluriques originaux ; on la retrouverait ainsi sur la plupart des dépôts accessibles en période de décrue.

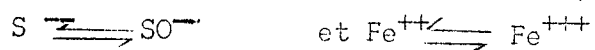
Les formes observées dérivent toutes du fuseau : fuseau effilé, tronqué, forme en tonneau, forme effilée jusqu'à présenter un aspect filamenteux. De la masse du fuseau se dégage parfois un organite sphérique dont l'origine n'est pas prouvée mais dont la ressemblance avec le sphéroïde des Sphaerophoraceae est frappante. Tous ces éléments ne pourront être classés qu'après étude de leurs propriétés ; nous les avons réunis, en attente, sous le vocable de Microfusiformetum de sédiments de grottes.

Il peut arriver également que des apports se fassent de façon continue -apports aériens, apports par suintements au contact des concrétions calcaires-, alors les habituels hétérotrophes s'implantent, bouleversent les équilibres physico-chimiques notamment par la formation de gaz carbonique et d'acides organiques et le mond-milch apparaît car, si ce dernier peut se former par voie purement physico-chimique, il est également un produit de corrosion biochimique.

Comme nous venons de le constater, la faible teneur en matière organique est ici la règle car les apports, associés aux crues, sont intermittents et souvent très faibles. La conséquence la plus directe de cet état de fait est l'apparition d'une synthèse microbienne chimioautotrophe; dans le milieu souterrain, là où l'hétérotrophie disparaît, l'autotrophie s'installe, pourvu bien entendu que certains équilibres soient assurés.

Cette autotrophie oxydante ou réductrice, très active, est souvent associée à une hétérotrophie réductrice n'exigeant qu'un faible appoint organique ; le potentiel d'oxydo-réduction du milieu va orienter les phénomènes de façon spectaculaire. Si nous considérons une masse de sédiments argileux de grotte (ils sont toujours plus ou moins argileux et le colloïde argile, même à faible dose, joue un rôle capital en raison de ses propriétés d'absorption vis à vis des éléments chimiques, en raison également de sa capacité de rétention pour l'eau), nous pouvons distinguer deux zones : une zone périphérique d'échanges gazeux (contact atmosphère-eau), oxygénée, propre à une aérobiose et une oxydation ; S^{--} (sulfures) et Fe^{++} (fer ferreux) y sont transformés en SO_4^{--} (sulfates) et Fe^{+++} (fer ferrique).

une zone profonde (celle-ci débute souvent à quelques mm de la surface) où les échanges gazeux sont extrêmement lents parce que la diffusion des gaz, dans une masse colloïdale de cette nature, sont si lents qu'on peut les considérer comme insuffisants cette zone désoxygénée ou faiblement oxygénée est propre à une anaérobiose et une réduction ; ici ont lieu les transformations inverses. Etant donné la faible épaisseur de la zone périphérique, il n'y a pratiquement pas de zone intermédiaire et apparaissent, accessibles à un dosage chimique ordinaire, les couples d'oxydo-réduction :



qui dominent entièrement l'autotrophie souterraine.

Les sédiments humides, périodiquement inondés, sont essentiellement réducteurs ; ils contiennent des sulfures, en particulier du sulfure de fer ; ces sulfures ne sont pas oxydés, le fer n'est pas oxydé ; la faible quantité de matière organique présente suffit au contraire pour accélérer la réduction des sulfates, un apport accidentel plus abondant entraîne parfois la réduction du fer ferrique à l'état de fer ferreux. Cette situation se retrouve dans la plupart de nos grottes.

L'oxydation domine au contraire dans les sédiments relativement secs, ceux qui ne se trouvent plus, en tout cas, à saturation d'humidité ; la cavité qui les contient appartient à la partie plus ou moins sèche d'un réseau. Ce type présente beaucoup d'intérêt du point de vue minéralogique mais peu d'intérêt du point de vue biologique. Dans les situations les plus extrêmes :

Si la roche encaissante est de nature plus ou moins sulfureuse (schisteuse, dolomiteuse, etc...) on voit apparaître du gypse car les solutions sulfureuses qui traversent les voûtes sont oxydées au débouché dans la cavité ;

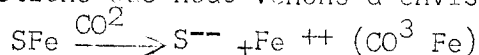
si les placages argileux sont riches en fer, celui-ci évolue en hydroxyde ferrique, puis en limonite.

Une partie des dépôts couleur ocre des grottes provient du transport des latérites ; celles-ci, faute d'apports organiques et d'humidité à saturation n'ont pas été réduites ou l'ont été dans des proportions infimes ; une partie au contact des sédiments argileux s'est formée en place. On peut trouver, dans un banc ferrugineux, des lits ocres, témoins de périodes relativement sèches et du manque de réduction, et des lits plus clairs, témoins des périodes de submersion et de réduction ; ici les migrations de fer, sous la forme ferreuse, en l'absence du carbonate de calcium, comme nous l'expliquons ci-dessous, peuvent être envisagées.

La principale source de sulfure et de fer ferreux est donc le sulfure de fer. En même temps que l'anion sulfure est oxydé en anion sulfate et pris en charge par le calcium du carbonate de calcium, le cation ferreux est oxydé en ion ferrique. L'oxydation de l'anion et du cation vont pratiquement toujours de pair dans les sédiments souterrains et il est bien tentant de généraliser le processus.

Par quels mécanismes parvient-on à ces oxydations biologiques ?

Le sulfure de fer, pratiquement insoluble, se décompose lentement et les solutions bicarbonatées interviennent ; l'ion sulfure entre en solution et devient de ce fait biochimiquement actif ; l'ion ferreux est pris en charge par l'acide carbonique, sous forme de carbonate ferreux et subit le sort de tous les carbonates, c'est à dire est mobilisé vraisemblablement sous sa forme bicarbonatée ; cette mobilisation du fer ferreux est extrêmement lente mais n'oublions pas que, pour un phénomène biologique, une réaction chimique lente mais continue est infiniment plus efficace qu'une réaction massive aboutissant rapidement à la toxicité. Les deux réactions ici envisagées, décomposition des sulfures et prise en charge du fer sont justement de celles qui par leur faible intensité sont favorables à l'installation de la microflore. Les réactions que nous venons d'envisager s'écriront globalement :



SFe = sulfure de fer ; S⁻⁻ = ion sulfure ; Fe⁺⁺ = ion ferreux ; CO³ Fe = carbonate ferreux.

En phase réductrice-sédiments saturés d'humidité-, les sulfures libérés sont évacués, le carbonate ferreux, en l'absence de carbonate de calcium, pourrait également être évacué ; de toute façon, la perte des sulfures dévitalise en majeure partie les sédiments. En phase oxydante, l'oxydation biologique, donc la synthèse

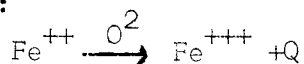
organique, intervient. En ce qui concerne les sulfures, la réaction d'oxydation s'écrit



S^{--} = ion sulfure ; O^2 = oxygène ; SO_4^{4-} = ion sulfate ; Q = quantité de chaleur dégagée par la réaction.

L'ion SO_4^{4-} est immobilisé sous la forme sulfate de calcium.

En ce qui concerne le carbonate ferreux, une décomposition spontanée peut intervenir, elle nécessite une faible quantité d'énergie ; alors le CO_2 (gaz carbonique) est libéré, le fer ferreux est oxydé en fer ferrique par voie chimique spontanée et l'hydroxyde ferrique formé est insoluble dans le milieu où il apparaît ; mais en présence de sulfates et de chlorures, cette décomposition spontanée du carbonate ferreux est retardée, les microorganismes ont le temps de s'en emparer et de récupérer, à des fins biochimiques, l'énergie dégagée par l'oxydation que nous dirons dans ce cas biochimique :



Fe^{++} = ion ferreux ; O^2 = oxygène ; Fe^{+++} = ion ferrique ; Q = quantité de chaleur dégagée par la réaction.

Les énergies libérées permettent aux bactéries de décomposer l'eau en hydrogène actif, H^+ , qui réduit le CO_2 et incorpore le carbone dans une chaîne organique, et en Oxygène actif, O^- , qui accélère le processus d'oxydation surtout chez les sulfures ; l'oxydation biochimique est, de ce fait, infiniment plus active que l'oxydation chimique. (Nous n'envisageons pas le détail des réactions, nous voulons seulement montrer par quel processus l'oxydation biochimique est plus active que l'oxydation chimique spontanée).

L'oxydation de l'ion sulfure entraîne, comme nous venons de le voir, la mobilisation du calcium et la formation du gypse, plus rarement la mobilisation du magnésium, donc la décomposition des carbonates et le cas échéant une corrosion du substratum. Il n'est pas question, bien entendu, de faire jouer aux bactéries un rôle dans le creusement des grottes, elles ne peuvent intervenir qu'indirectement par production de CO_2 . Dans la formation des sulfates, l'oxydation par voie physico-chimique n'est pas exclue mais l'oxydation par voie biochimique est infiniment plus efficace et l'emporte beaucoup. Bien entendu, nous allons rencontrer des partisans d'une théorie physico-chimique et des partisans d'une théorie biochimique ; il est souvent difficile de prendre position sur un problème aussi complexe, du moins tant qu'on n'aura pas formé, pour cette étude, une équipe de chimistes et de biologistes, car on ne peut exclure à priori ni l'une ni l'autre intervention mais les habituelles bactéries de l'oxydation des sulfures sont présentes dans la formation du gypse et il

est difficile de les ignorer.

L'apparition de l'hydroxyde ferrique et de la limonite à la surface des argiles par voie spontanée, ou par voie biochimique, contribue à stabiliser le fer.

La continuité dans le temps de ces réactions dépend de la réserve de sulfures mais en phase réductrice, pendant la période d'inondation et d'apports organiques, les sulfates et le fer ferrique sont réduits activement et les mécanismes ci-dessus réamorçés. Autrement dit, les crues périodiques entretiennent la vie autotrophe de la grotte et les milieux souterrains, malgré l'originalité de leur comportement, sont tributaires de la surface.

Il est utile, nous pensons, d'insister sur les conditions propres au déroulement de ces oxydations car elles sont typiquement souterraines. Outre la présence du composé minéral oxydable, nous trouvons les équilibres Ca (calcium) / Mg (Magnésium) et Ca (calcium) / K (Potassium), bien connus en physiologie et surtout l'équilibre SO_4^{--} (sulfates) / Cl^- (chlorures) qui frène la décomposition du carbonate de fer. Les meilleurs sédiments, dans le sens que nous envisageons, sont toujours ceux qui renferment des chlorures et des sulfates ; les bons milieux de culture à ferrobactériales contiennent jusqu'à 6 gr de chlorures par litre. Ainsi, les ferrobactériales de grottes appartiennent à un groupe halophylle et les transformations auxquelles elles participent procèdent plus du milieu marin que du milieu terrestre ; cette donnée est intéressante pour l'étude des gisements de fer. Enfin, la lenteur des développements est largement compensée par une température remarquablement constante et un taux d'humidité qui entretiennent une continuité rencontrée nulle part ailleurs.

Les germes associés à la réduction et l'oxydation des sulfures sont bien connus et leur énumération serait ici fastidieuse. En ce qui concerne le fer, il est intéressant de constater que nous rencontrons surtout des germes mixtes capables d'oxyder en même temps les sulfures et le fer ferreux, des organismes libres et encapsulés du genre Siderocapsa, puis des organismes à pseudomycelium, du genre Perabacterium spelei, non décrits et qui excrètent le fer sous forme d'aiguilles.

C'est sur le plan purement biologique que les processus que nous venons d'envisager sont appelés aux interprétations les plus séduisantes :

La synthèse des composés carbonés-la forme reste à préciser- est possible dans le milieu souterrain.

La synthèse des pigments, notamment chez les ferrobactériales, est possible également ; le rôle que peuvent jouer ces pigments sur le métabolisme d'autres microorganismes nous échappe pour le moment. Les bactéries associées aux mouvements des

composés soufrés sont connues pour faire la synthèse des vitamines du groupe B.

Enfin les bactéries présentes dans l'argile entretiennent un groupement écologique original, comprenant essentiellement des bactéries et des amibes ; l'élément dominant, parmi ces amibes, est Thecamoeba verrucosa, ou du moins ces amibes mal définies que l'on groupe sous le nom de Thecamoeba verrucosa ; cette association forme, pour les cavernicoles, un support alimentaire valable.

Tout ceci, sans exclure l'importance des apports organiques par les crues, explique les qualités nutritives des argiles et surtout leurs qualités biodynamiques.

La vie microbienne souterraine est favorisée par des propriétés oligodynamiques propres aux argiles. Celles-ci retiennent en effet, grâce à leur nature colloïdale, des substances dissoutes par les eaux, au contact des couches pédologiques et de la roche encaissante. Il faut insister sur le fait que les propriétés oligodynamiques des argiles de grottes sont absolument remarquables.

Dans la mise en culture des bactéries de grottes, en particulier des ferrobactériales, on est frappé par l'efficacité de certains ions minéraux, ions dits oligodynamiques, par opposition aux ions macrotrophiques (les ions macrotrophiques interviennent à des concentrations de l'ordre de 10^{-3} à 10^{-2} , les ions oligodynamiques interviennent à des concentrations comprises entre 10^{-12} et 10^{-6}).

Chaque substance oligodynamique examinée possède un seuil inférieur bien défini et très bas à partir duquel elle commence à agir, un optimum qui correspond à un maximum d'efficacité, un seuil supérieur au delà duquel elle est un poison, un rapport de croissance N_t/N_e (indice de croissance sur un témoin n'ayant pas reçu la substance étudiée/indice de croissance sur un milieu ayant reçu la substance étudiée.) Parmi ces substances il faut citer la manganèse, le fer à l'état ferrique, le nickel, l'aluminium, le cuivre, le zinc, le lithium, le cobalt, le titane, le bore, le molybdène, l'iode, le brome. Le seuil inférieur varie entre 10^{-6} et 10^{-13} ; l'optimum varie entre 10^{-4} et 10^{-8} , le seuil supérieur varie entre 10^{-3} et 10^{-7} , le N_t/N_e varie entre 1,7 et 3,6.

Certains de ces éléments ont pu être mis en évidence, d'autres demandent des enrichissements que nous n'avons pas encore eu le temps de mettre en pratique mais, il y a de fortes chances pour qu'elles soient toutes présentes, peut-être même accompagnées de substances organiques thermostables car, lorsqu'on prépare un extrait d'argile de grotte à l'autoclave, à 130° , sous pression, conditions qui éliminent au moins les substances organiques thermolabiles, on obtient, par introduction dans nos milieux de culture, un rapport de croissance égal à 6 ce qui représente ici des conditions de prolifération absolument exceptionnelles. Il est bien entendu plus expéditif de se

servir d'un extrait d'argile de grotte, comme appoint oligodynamique.

Enfin, un autre mécanisme biologique, propre au milieu souterrain, ou du moins atteignant ici une ampleur inégalée, lié aux propriétés réductrices des sédiments, intervient pour neutraliser les moisissures, c'est l'enkystement.

Nous avons insisté au début de cet article sur la présence, dans un réseau karstique, en rapport avec les mouvements d'eau, d'une phase réductrice et d'une phase oxydante ; on peut se trouver cependant en face d'une situation beaucoup plus tranchée, soit avec un réseau entièrement sec, soit avec un réseau entièrement humide, soit -c'est le cas pour la moyenne générale de nos grottes- avec une galerie d'entrée qui sur quelques mètres représente la partie sèche du réseau, le reste représentant la partie humide. Le comportement des moisissures est lié à cette distinction.

L'examen, dans les entrées, de prélèvements de paroi, de Mond-milch pulvérulent, d'argile plus ou moins sèche, montre des filaments mycéliens, des fructifications de moisissures. Dans cette partie de la grotte les dépôts organiques : guanos de toutes sortes, appâts laissés par les entomologistes, se recouvrent toujours de moisissures qui débordent leur substratum et fructifient abondamment. Les sédiments argileux profonds ne montrent jamais rien de semblable. Pour procéder à cet examen, on fait passer une suspension aqueuse sur une colonne filtrante qui permet un calibrage allant de la fraction de mu à plus de 25 mus. On obtient ici des bactéries et des formations qui n'ont rien à voir avec les spores de reproduction asexuée, les spores de reproduction sexuée, etc... Mais, de toute façon, l'inventaire des moisissures de grottes, à l'aide d'un milieu approprié, milieu de Czapeck par exemple, ensemencé sur place pour éviter les pollutions, est pratiquement toujours, en dépit de cette constatation, positif, sauf dans certaines galeries exceptionnellement bien protégées contre les apports extérieurs.

Que se passe-t-il ?

Les filaments mycéliens jeunes sont, au niveau des noyaux, le siège d'un isolement et d'un enkystement, en milieu réducteur, au contact des sulfures. Le phénomène est expérimentalement reproductible ; il n'est pas limité à quelques espèces ; il peut atteindre des Mucorales, des Aspergillales, voir même des levures Ascomycètes, donc il s'agit d'une propriété générale.

Cette réaction d'enkystement est riche en applications.

Les moisissures, comme nous le voyons, peuvent se conserver autrement que par sclérotés, ou oeufs, ou spores asexuées et un sédiment peut être exempt de ces formes et bourré de kystes. La réduction des sulfates en sulfures, les fermentations organi-

ques sulfhydriques sont à l'origine d'un mode de conservation original ; cette propriété peut intéresser la parasitologie.

Les entrées fournissent les spores, dans la propagation des moisissures par voie aérienne, à l'intérieur des grottes -c'est surtout ainsi que se fait la propagation dans les grottes-. Mais le contact avec les argiles entraîne l'enkystement dès le début de la germination, il ne peut donc y avoir, à défaut de sporulation, de propagation secondaire. La recherche des moisissures fournit ainsi le moyen de dresser la carte des zones soumises à pollution, donc des courants aériens transporteurs.

Les kystes obtenus s'imprègnent, au contact des sédiments argileux, de sels minéraux, notamment de sels ferriques et passent sous cet état au stade fossile. Les kystes sont fréquents dans les carottages de sédiments souterrains, dans les lames minces, notamment de schistes. Les sclérotés ont donné peu de résultats paléobotaniques les kystes mycéliens présentent un tout autre intérêt car ils sont reproductibles expérimentalement et correspondent à des conditions de formation parfaitement établies, donc d'un intérêt paléogéographique certain.

Essayons maintenant, en laissant de côté des phénomènes comme la conservation du *Microfusiformetum* et l'enkystement qu'en retrouvera sans nul doute ailleurs, de mettre en parallèle sommairement -car on pourrait en discuter longuement- le milieu souterrain et le milieu de surface.

D'un côté comme de l'autre, les apports organiques sont le support d'une hétérotrophie parasite responsable des dégradations biochimiques et de la minéralisation ; tout sédiment pollué par la matière organique se comporte comme s'il appartenait à un horizon pédologique. Mais, tandis qu'en surface la végétation procure à l'hétérotrophie une masse inépuisable de matériaux, ailleurs les processus de dégradation, liés aux apports sont intermittants, voir dans certaines situations exceptionnels.

En outre d'un côté comme de l'autre, on trouve une vie originale créatrice en dehors de tout apport organique ; il suffit pour qu'il y ait synthèse qu'existe une source d'énergie. En surface, c'est l'énergie solaire captée grâce à un pigment photosynthétique ; dans le milieu souterrain, c'est une réaction chimique exothermique, liée à l'oxydation du fer ferreux et des sulfures. Bien entendu, l'énergie solaire est inépuisable, l'énergie chimique est limitée au stock de fer ferreux et de sulfures ; il faut cependant remarquer que ce stock peut être renouvelé aux dépens du matériau oxydé chaque fois qu'un apport organique est assez important pour entraîner la réduction. Autrement dit, l'autotrophie souterraine a besoin d'être réamorcée par une réduction qui tire son origine de la surface ; un réseau qui ne reçoit plus de matière organique est condamné à la sénilité.

" SOUS LE PLANCHER "

Organe du Spéléo-Club de Dijon.

Gérant : H.TINTANT, Secrétaire Général
du S.C.D.

IMPRIMEURS : Spéléo-Club de Dijon
7, Rue de la Résistance DIJON