

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 IV Fascicule 3
1965

SOUS LE PLANCHER

ORGANE DU SPELEO - CLUB DE DIJON

FONDE EN 1950

SOMMAIRE

- V. CAUMARTIN - La corrosion microbienne dans un réseau karstique - p. 34 à 43
S. DERAÏN - Varappe et spéléologie - p. 44 à 47 -
-

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.

Mars 1966

Nouvelle série, Tome 4, fascicule 3
Juillet - Septembre 1965

LA CORROSION MICROBIENNE DANS UN RESEAU KARSTIQUE

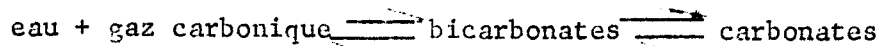
par V. CAUMARTIN

Dans les grottes, l'activité microbienne est déterminée par les apports d'eau et essentiellement par ceux du réseau de fentes. Lorsque celui-ci est actif, il entretient le ruissellement et, à certaines périodes de l'année, si l'eau contient du bicarbonate de calcium libre, c'est à dire non engagé dans des complexes organiques, le concrétionnement (1). S'il est en partie colmaté par des sédiments, son débit est insuffisant pour compenser l'évaporation, le suintement qui en résulte alors met en place une légère pellicule d'eau. Enfin, quand il est entièrement obstrué ou inexistant, l'eau ne peut provenir que de la condensation (2). Les ruissellements entraînent les apports organiques et rendent de ce fait impossible l'hétérotrophie ; seule l'autotrophie peut alors exister ; cependant, surtout au contact de la fraction argileuse des sédiments, subsiste une teinture organique qui intervient dans la réduction des sulfates. Au contact des suintements et des condensations, les apports organiques du réseau de fentes ou ceux liés aux transports aériens sont retenus, l'hétérotrophie est alors possible, on reconnaît ici les colonies microbiennes à l'aspect des gouttes d'eau, à la présence de pustules blanches, à une odeur particulière. Les microorganismes autotrophes ou hétérotrophes provoquent des corrosions.

Seuls le fer et le soufre alimentent valablement l'autotrophie de grotte. Les microorganismes qui oxydent ces deux corps ne se rencontrent pratiquement qu'au contact du sulfure de fer, donc au voisinage d'une roche encaissante ou d'un sédiment plus ou moins sulfureux. Cette conclusion est tirée d'une étude statistique basée sur une analyse chimique et sur une recherche de germes conduite par contact, au moyen de silico-gels. Pour la préparation de tels milieux, la solution minérale est constituée par un extrait de sédiments de la grotte étudiée (1000 cc) enrichi par 0,2 gr de $\text{PO}_4\text{K}_2\text{H}$, 3,25 gr de SO_4Mg , 7 H_2O , 3,25 gr de ClK , 3,25 gr de Cl_2Ca ; la formule reproduit les meilleurs équilibres sulfates/chlorures (3) des sédiments et fournit les phosphates, habituellement retenus par l'argile, donc indisponibles dans une recherche par contact. Elle est mélangée à un égal volume de silico-sol obtenu sur résines puis coulée sur lames, en boîte de Pétri et stérilisée. Au sortir

de l'autoclave, on recueille des silico-gels parfaitement limpides ; ils sont saupoudrés de sulfure de fer stérilisé. Les lames, recouvertes du milieu solide, mises en place aux endroits expérimentés, sont relevées au bout d'un mois. Les colonies de germes autotrophes sont localisées là où apparaît l'oxyde de fer rouge ; leur nature ne peut bien entendu être précisée que par l'intermédiaire des méthodes classiques.

Mais, la présence de sulfures n'implique pas forcément une autotrophie ; l'oxydation peut être liée à des mécanismes physico-chimiques aussi bien qu'à des mécanismes biochimiques. Au contact des équilibres carbonatés classiques :



SFe et S₂Fe sont décomposés en soufre et bicarbonate ferreux (S et (CO₃H)₂Fe) ; deux voies sont alors possibles :

- en aérobiose, S s'oxyde à l'air et donne le sulfate de calcium (Ca est prélevé sur le bicarbonate de calcium), (CO₃H)₂Fe libère spontanément CO₂ et Fe (OH)₂ lequel s'oxyde à son tour en Fe (OH)₃. Ces mécanismes interdisent l'autotrophie, en raison de la rapidité de leur évolution.

- en microaérophilie, situation intermédiaire entre l'aérobiose et l'anaérobiose, dans les fissures noyées, vers la périphérie des masses sédimentaires, lorsqu'en particulier le milieu contient des phosphates, un bon équilibre chlorures/sulfates qui freine la décomposition du bicarbonate ferreux, des oligo-éléments (Ca-K-Na-Mg-Mn-Mo-Bo), Thiobacillus pour le soufre, Sidérococcus, Ferrobacillus, Perabacterium (4)(5) pour le fer, les plus fréquents dans les grottes étudiées, interviennent pour catalyser les oxydations. Il faut remarquer ici que ces germes, entraînés par les ruissellements, rencontrent souvent des supports qui leur sont étrangers ; il convient donc toujours de confronter les résultats des mises en culture avec les données d'une analyse chimique.

De telles autotrophies conduisent à des développements lents qui ne peuvent se rencontrer, du fait de la nécessaire présence des sulfures, qu'au voisinage de formations géologiques bien définies ; c'est un point capital sur lequel il convient d'insister car, dans une grotte, les minéralisations de matière organique sont insuffisantes.

En anaérobiose, grâce à la teinture organique dont nous avons parlé plus haut, les sulfates sont réduits en sulfures et nous retrouvons au contact du fer le sulfure de fer. Les bactéries prennent ici O⁻ à SO₄⁻⁻, S⁻⁻ réduit Fe⁺⁺⁺ et précipite S₂Fe ; ces organismes appartiennent au genre Sporovibrio et peuvent être mis en

évidence sur les sédiments qui contiennent des sulfates, par le milieu de STARKEY (Composition de ce milieu : eau 1000 cc, Chlorure d'Ammonium 1 gr, Phosphate bipo-tassique 0,5 gr, Sulfate de magnésium 2 gr, Sulfate de sodium 0,5 gr, Chlorure de calcium 0,1 gr, Solution de Lactate de sodium à 60% 6 cc).

Ainsi les sédiments, pourvu qu'ils contiennent du fer, quel que soit son degré d'oxydation, -c'est pratiquement toujours le cas-, un peu de matière organique résultant d'un simple transport aérien, pourvu que la roche encaissante leur apporte des sulfures ou des sulfates par le réseau de fentes, vont entretenir un cycle autotrophe de synthèse organique étroitement lié à l'eau ; ce cycle pourra s'interrompre, en période d'arrêt de ruissellement ou même ne pas exister. Ils appartiennent, quant à leur aptitude biochimique, à trois types qui correspondent aux trois situations que nous venons de présenter : oxydation physico-chimique, oxydation biochimique, réduction.

1° Type : Il s'égoutte facilement et ne convient qu'à l'aérobiose. Les sulfures sont facilement décomposés, surtout en période de ruissellement, c'est à dire d'apport de bicarbonate de calcium, et, oxydés par voie physico-chimique. La teinture organique est rapidement minéralisée. Il est impossible de trouver ici une réduction ; c'est ce que l'on observe lorsque la fraction argileuse est insuffisante.

2° Type : Il reste imbibé d'eau pendant une période de temps suffisamment longue pour permettre, en anaérobiose, la réduction des sulfates sans consommation massive de matière organique.

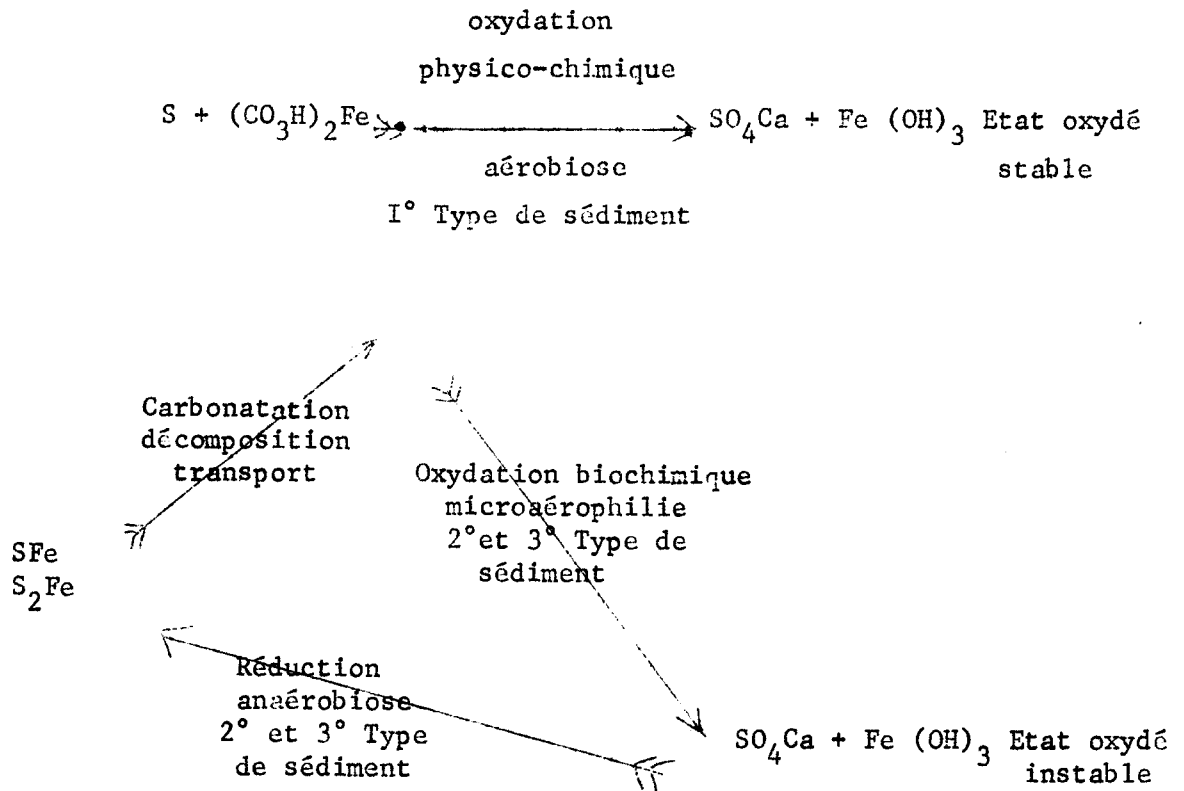
3° Type : Il s'égoutte lentement et la réoxygénation des couches superficielles entraîne une microaérophilie et l'oxydation biochimique.

Les types 2 et 3 sont en réalité identiques, avec une fraction argileuse permettant, pendant toute l'année, une rétention d'eau, leur comportement est lié à l'absence ou à la présence de ruissellement, c'est à dire à une simple imprégnation ou à un état voisin de la submersion. Ils sont le siège d'un cycle complet d'oxydoréduction biochimique, en rapport avec le cycle de l'eau, à condition qu'ils présentent des équilibres minéraux convenables.

Avant de rechercher les autotrophies souterraines et de supputer leur rôle en biospéologie, il convient donc de s'assurer de la nature de la roche encaissante (présence de sulfures ou de sulfates), de l'état du réseau de fentes, de procéder à une étude granulométrique et chimique du sédiment, en insistant sur sa fraction argileuse, sur sa teneur en fer. Si elles ne peuvent évoluer qu'au niveau du réseau

de fentes, elles sont sans intérêt.

- Cycle du fer et du soufre dans les grottes -



Pyrite de la roche,
Sulfure issu de la
réduction des sul-
fates, au sein des
sédiments.

Etat réduit instable
dans les sédiments de
grottes, en raison des
équilibres carbonatés.

Quand le sulfate de calcium, quelle que soit son origine, apparaît vers la surface de la roche et n'est pas éliminé, il se produit en liaison avec l'hétérogénéité du support, une corrosion que nous avons appelée, en raison de son mode particulier d'évolution, la corrosion intersticielle. Le calcium provient des eaux bicarbonatées, il est d'origine pédologique, le phénomène ne dépend donc pas de son élimination mais d'une action mécanique liée lors de la formation du gypse, à une augmentation de volume. Le phénomène se déroule, lorsque les conditions de milieu le permettent, en deux temps : décomposition des sulfures et oxydation, dislocation par cristallisation

du gypse. Le plus souvent, les sulfates sont entraînés en solution et se retrouvent au sein des sédiments où l'on observe parfois, en place des aiguilles de gypse.

Au contact des suintements et des condensations, l'activité microbienne, souvent plus intense, conduit, en hétérotrophie, à d'autres formes de corrosion. L'observation des peuplements hétérotrophes peut être poursuivie sur des gours, au contact des sédiments mais elle est plus facile sur condensations, en cavité sèche, lorsque la ventilation apporte des poussières organiques.

Les gouttes d'eau de condensation ne présentent, au moment de leur formation, aucun caractère particulier. Elles ne sont le siège d'aucun équilibre chimique mais elles dissolvent le CO_2 de la cavité et provoquent la corrosion du support carbonaté. Elles peuvent disparaître par évaporation, sans laisser d'autre trace, lorsqu'elles sont abritées, qu'un dépôt pulvérulent. (6)

Lorsqu'elles sont sur le passage des courants d'air, elles captent les matières organiques et les microorganismes qui les accompagnent et chacune d'elles devient un milieu de culture reconnaissable, dans le faisceau lumineux d'une lampe électrique, à son aspect plus ou moins jaune et scintillant. Les fermentations apportent en particulier CO_2 et NH_3 ; le premier intervient comme nous venons de le signaler ; le second précipite le CO_3Ca et tient en suspension les particules détachées de la paroi (phénomène purement mécanique), on observe alors, surtout à la loupe, une suspension plus ou moins laiteuse. Enfin, l'évaporation ou l'imbibation dans la roche font disparaître la goutte d'eau peuplée et il reste en place une pellicule circulaire blanche humide.

Sur support calcaire, CO_3Ca , NH_4^+ , Ca^{++} , Fe^{++} , Fe_2O_3 , etc... sont à l'origine de l'élimination de nombreuses espèces et nous retrouvons finalement, surtout au contact de la calcite, l'association microbienne type des corrosions suintantes. C'est une erreur de croire que ces peuplements sont étroitement adaptés aux grottes ; ici, à partir d'un ensemble très polyvalent, étranger au milieu et en provenance de l'extérieur, une sélection que l'on peut reproduire expérimentalement intervient. On reconnaît, en particulier, des bactéries de la minéralisation : Ammonificateurs, Nitrificateurs, Réducteurs de nitrates, etc..., des Actinomycètes (Stroptomyces-Nocardia, etc...), des Fungi imperfecti (Blastomycétales-Arthromycétales, etc...). Les formations mycéliennes n'apparaissent qu'au contact direct de la matière organique, elles sont donc rapidement éliminées (7). L'ensemble, bien groupé ici, peut se retrouver plus ou moins dispersé sur d'autres supports ; c'est à lui que nous devons l'odeur particulière de grotte.

Cette association microbienne de grotte possède un certain nombre de propriétés remarquables.

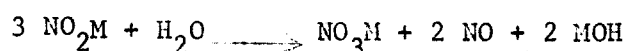
Au contact du calcaire se forme un humus qui se minéralise rapidement, sauf en situation plus ou moins sèche bien entendu où apparaît une pellicule brune. Un équilibre chimique et biologique s'établit, comme nous venons de le souligner -mais il convient de le préciser-, en cours de minéralisation, par échange entre le milieu de culture et son support ; la nature de la roche en est responsable, des impuretés minérales comme le fer, le titane accompagnant le fer, le magnésium, le manganèse, les sulfures, les sulfates, les phosphates, divers oligo-éléments dont la teneur est fort variable d'une formation géologique à l'autre, sont déterminantes, l'origine de l'apport organique -nous l'avons vérifié en particulier sur des grottes occupées- n'est qu'un facteur secondaire de cet équilibre. Suivant que l'on s'adresse à la calcite, au calcaire, à la dolomie, à une marne, à un schiste recoupé par la grotte interviennent des espèces différentes d'Actinomycétales, de Blastomycétales, d'Arthromycétales. Il est donc impossible d'étudier l'écologie des hétérotrophes de grotte sans tenir compte du substratum ; en particulier, il importe toujours de préciser si l'on est ou non en présence de formations stalagmitiques car, bien entendu, celles-ci tendent du fait de leur composition minéralogique plus uniforme et moins riche, à favoriser les peuplements ubiquistes.

Les fermentations qui interviennent ici sont, pendant une partie de leur développement, réductrices (8) ; elles libèrent sous la forme S^{--} , le soufre des combinaisons organiques ; cette propriété peut être mise en évidence en s'adressant à un milieu de culture convenable. Les microorganismes de grotte tolèrent de fortes concentrations salines mais exigent un ensemble biochimique complexe, en dehors des substances solubles amenées par le réseau de fentes depuis les horizons pédologiques, il y a, comme nous l'avons dit, les apports aériens ; on trouve bien entendu des pièces anatomiques d'insectes, des débris celluloseux et ligneux etc... mais les éléments dominants sont des spores, des grains de pollen, des graines légères munies d'un appareil de dissémination, bien connus pour leur complexité biochimique liée à une fonction de reproduction. Au niveau des suintements et des gouttes de condensation, c'est cet ensemble, peu abondant mais riche, qui est mis en place. L'analyse quantitative globale de matière organique effectuée par une méthode d'oxydation n'est donc pas significative ; seule une recherche qualitative permet de résoudre le problème de la valeur des sédiments et autres biotopes de grottes comme support d'hétérotrophie ; on peut se contenter d'un tri, au moyen d'une colonne munie de

filtres calibrés et d'une détermination botanique (9). Il est significatif, en particulier, que des levures sauvages (Blastomycétales) soient présentes dans les associations que nous avons décrites, aussi c'est à des extraits de levures que nous nous sommes adressé pour les cultures (8). Ceux-ci, équilibrés par une solution de Wino-gradsky, enrichis par un sel de calcium soluble ou même tout simplement par un apport de calcium précipité, par un oxyde ferrique et ensemencés sont le siège d'une réduction de fer ; ils noircissent fortement parce que le sulfure de fer entre en suspension. Lorsque ce dernier apparaît dans ces conditions, il ne peut être repris en autotrophie car, au contact de l'air, la décomposition que nous avons envisagée intervient rapidement.

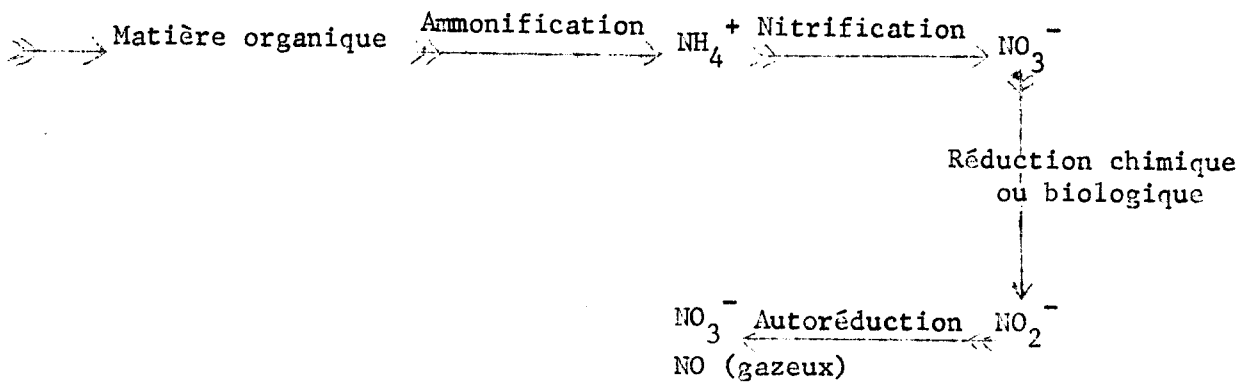
Les fermentations produisent surtout des composés ammoniacaux ; les nitrificateurs sont cependant présents dans les grottes. Pour expliquer cette contradiction, il est difficile d'invoquer la solubilité des nitrates car ceux-ci apparaîtraient dans l'analyse chimique des supports ; ils sont en outre peu utilisés ou contre indiqués dans les cultures et ne peuvent être intégralement consommés. Il est logique de faire appel aux mécanismes suivants :

- la nature du milieu favorise la formation des nitrites lorsque les nitrates apparaissent ; on met en évidence des germes responsables de cette réduction par la méthode de H. de BARJAC (cet auteur utilise une solution comprenant 2 gr de Nitrate de potassium, 10 gr de glucose, 5 gr de Carbonate de calcium, 1000 cc de Solution saline standard au I/20).
- les nitrites alcalino-terreux, sièges d'une auto-réduction originale, régénèrent les nitrates avec perte suivant :



Il suffit que les nitrates, donateurs d'Oxygène, soient mis en présence d'un accepteur d'Oxygène -un sulfure par exemple- ou de microorganismes réducteurs spécifiques, pour que le mécanisme fonctionne au contact du support carbonaté et que le seul composant azoté minéral décelable soit l'Ammoniaque, terme cependant transitoire. Ceci montre, une fois de plus, qu'une analyse microbiologique n'a de signification que si elle est confrontée avec une analyse chimique.

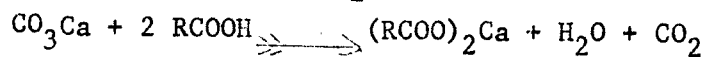
L'évolution de l'Azote, sur les parois calcaires de grotte, se schématiserait donc ainsi :



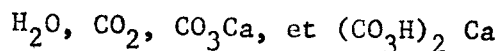
Les réactions biochimiques qui accompagnent les hétérotrophies de grotte, sont à l'origine de corrosions de paroi ; on peut distinguer :

- la corrosion par neutralisation (neutralisation de fonctions acides, mobilisant des cations, en particulier Ca^{++}).
- la corrosion par dissolution, avec ou sans réduction préalable (dissolution du carbonate de calcium sous l'action du CO_2 , formation de sulfure aux dépens du fer ferrique et dissolution de ce sulfure).
- la corrosion mécanique (mise en suspension, dans un milieu aqueux de composition convenable, de particules carbonatées détachées de leur support).

Pendant l'humification, l'hydrolyse des groupements amides, imides, des graisses libère des acides organiques ; ceux-ci sont neutralisés, au contact de la roche ou du revêtement de calcite, par le calcium du carbonate de calcium (corrosion par neutralisation). Le CO_2 est libéré suivant :

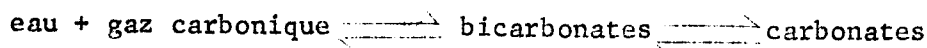


En cours de minéralisation, les composés organo-calciques sont détruits ; au terme des décarboxylations apparaissent :



CO_3Ca se dépose sur les lieux même de sa formation, par évaporation du CO_2 , il constitue l'essentiel des pellicules blanches que nous avons observées.

Le gaz carbonique réparti dans la cavité ne peut intervenir que par le biais des eaux de condensation (des eaux vierges d'équilibres) suivant :



mobilisant alors le carbonate de calcium (corrosion par dissolution). Il est issu des fermentations mais également du concrétionnement, il provient alors des horizons pédologiques. La corrosion par dissolution se complique donc ; elle peut apparaître au contact de la matière organique ou dans une zone de condensation neutre ; le résultat est le même mais il est utile de rechercher son origine, ne fut-ce que pour préciser certaines particularités du climat de la grotte ; on peut y parvenir par une

analyse chimique ou en jalonnant les apports au moyen de pièges glycélinés ou en localisant, sur paroi, la microflore réductrice.

Ces mécanismes sont gênés par des réactions parasites, nous en avons mis deux en évidence. La destruction des protéines aboutit parfois à des composés du type $O=C\begin{matrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$; ils peuvent capter CO_2 suivant $O=C\begin{matrix} \text{NH-COOH} \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$ (acide allophanique) (I), stabiliser les solutions de bicarbonate de calcium et s'opposer à la précipitation du CO_3Ca tant qu'ils ne sont pas détruits par voie biologique. L'hydrolyse des groupements aminés libère de l'Ammoniaque et, au contact des solutions de bicarbonate de calcium, s'il y a en même temps décarboxylation, du carbonate d'Ammoniaque, ceux-ci entraînent la précipitation de la calcite, dans les conditions des grottes ; ils freinent donc l'action corrodante du CO_2 mais ils maintiennent en suspension (corrosion mécanique) les éléments détachés du support donc interdisent l'agrégation des cristaux et favorisent l'état pulvérulent (6).

La fin de fermentation est caractérisée par une oxydation qui apporte des nitrates ; bien qu'ils soient éphémères, dans la majorité des cas, il importe de tenir compte de leur formation. Ils sont neutralisés par le carbonate de calcium (corrosion par neutralisation). Leur destruction, par le biais de l'autoréduction des nitrites, aura pour effet de libérer Ca et, en présence de CO_2 , de faire réapparaître le carbonate de calcium.

Enfin le fer ferrique, au cours de la réduction, est mobilisé à l'état de sulfure (ferreux). Ce dernier subit, suivant les mécanismes que nous avons indiqués la décomposition et l'oxydation, oxydation de fer ferreux en fer ferrique et du soufre en sulfate neutralisé aux dépens du support (corrosion par neutralisation et par dissolution avec réduction préalable). Dans la pellicule blanche que nous avons décrite, on retrouve, sous forme de sulfate, avec parfois de petites aiguilles de gypse, le soufre de la matière organique ; il ne peut y avoir ici de corrosion intersticielle. Le fer réapparaît à l'état ferrique mais la réduction a facilité son élimination de la roche, dans la nature, dans les grottes en particulier, il capte le soufre, quelle que soit son origine, pour permettre sa stabilisation sous la forme oxydée (sulfate), à l'air libre ou sous la forme réduite (sulfure), à l'abri de l'oxygène ; nous avons déjà insisté au début sur son rôle. Signalons qu'avec une roche encaissante riche en fer - nous l'avons constaté sur des calcaires cognaciens - le dépôt pulvérulent de paroi de grotte est toujours plus abondant ; si l'action du CO_2 sur les eaux de condensation en est en partie responsable, les réductions en présence de matière organique interviennent pour accentuer le phénomène, en dégageant le fer.

Ainsi, le complexe de corrosion qui résulte de l'hétérotrophie, en cavité suintante ou sèche avec condensation, mobilise, aux dépens de la paroi compacte et du concrétionnement ancien, le carbonate de calcium et le fer ; il les laisse en place sous forme d'un enduit pulvérulent aux emplacements de fermentation. Tout apport de CO_2 a, indépendamment, le même effet.

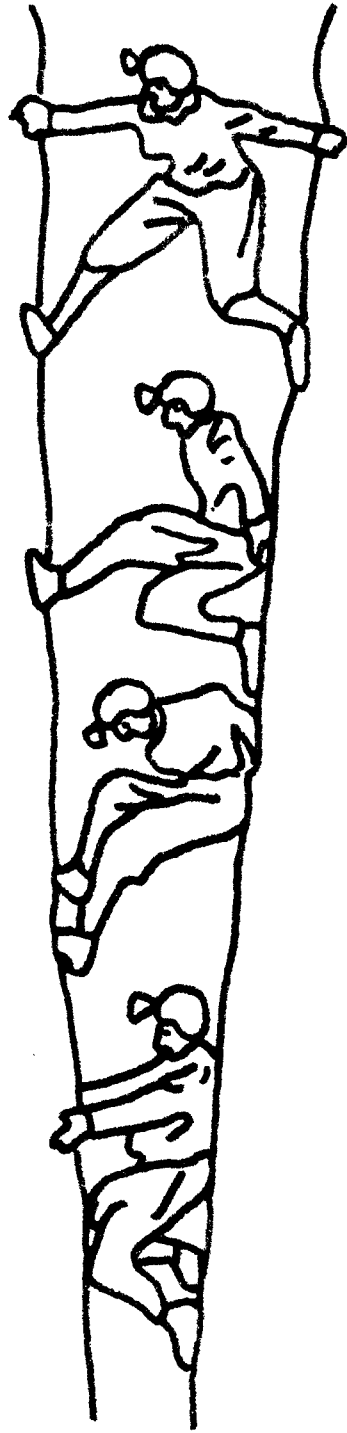
VARAPPE ET SPELEOLOGIE

par

S. DERAÏN

A première vue, il pourrait sembler à un néophyte que la spéléologie n'ait qu'un lointain rapport avec la "varappe". En effet le grimpeur au geste précis, plein d'assurance, qui met toute son adresse, sa ruse à dominer les obstacles d'une majestueuse paroi de calcaire, peut-il être comparé à la forme boueuse, presque inhumaine d'un spéléologue se vautrant dans l'argile d'un passage étroit ou évoluant dans un "paysage" dont bien souvent il ne distingue que les quelques mètres devant lui ? certes la varappe et la spéléologie s'opposent : la devise des alpinistes n'est-elle pas "toujours plus haut", alors que celle des spéléologues est "quo non descendam" (où ne pas descendre ?). Dans le premier cas il faut vaincre les obstacles par le bas, et dans le second par le haut : on voit donc que les problèmes seront fondamentalement différents.

Cependant il est certaines situations en grotte qui demandent au spéléologue une habitude réelle, de la varappe, en effet celui-ci peut être souvent appelé, pour poursuivre son exploration, à remonter une cheminée, à atteindre une galerie supérieure ou un passage surélevé. Ces situations sont très fréquentes en grotte et elles nécessitent, au sein de l'équipe, des éléments expérimentés, accomplis aux techniques de montée propres à l'escalade en plein air. Cependant en spéléologie, l'obstacle à vaincre est essentiellement différent : en effet la roche n'est pas la même ; l'action corrosive de l'eau de condensation, de ruissellement la rend glissante. L'eau poli le relief du calcaire en détruisant les aspérités, en minant la roche qui par endroit s'effrite, et en élaborant des concrétions souvent fragiles malgré leur apparente dureté. Il convient d'ailleurs d'ajouter à l'action physico-chimique de l'eau proprement dite, son action mécanique due aux matériaux (sables, graviers, cailloux) violemment entraînés par le courant. D'autre part l'argile est partout présente véhiculée par l'eau, entraînant une adhérence pratiquement nulle, des prises de mains et de pieds qui auraient pu se présenter au spéléologue. Par là même cette roche est impropre à l'ascension d'un grimpeur, bien plus : elle est dangereuse. Rien ne peut y remédier, que le spéléologue soit équipé d'excellentes chaussures de montagne à tige semi-rigide et à semelles Vibram, ou de vulgaires bottes qui auront l'avantage, quoiqu'en disent certains, de maintenir la jambe et le pied évitant les entorses encourrues lors des fréquentes progressions sur éboulis.



Les 4 principaux types d'opposition
suivant les différentes largeurs des passages.

Dans une grotte et au cours d'une montée en varappe le spéléologue progresse surtout en adhérence, non seulement à l'aide de ses doigts et de ses pieds mais aussi avec ses bras, ses coudes, son buste et ses jambes, tout le corps participe activement à la montée. "L'adhérence est le phénomène selon lequel une surface s'attache à une autre surface, et ceci d'autant mieux que le "coefficient de frottement est plus élevé. L'adhérence est augmentée lorsque la direction de l'effort se rapproche de la perpendiculaire à la surface (d'où position éloignée du rocher). Elle varie selon la plus ou moins grande rugosité de la roche : elle est moindre si le rocher n'est pas dégagé (terre déposée par les semelles des grimpeurs), ou s'il est mouillé (Bertrand KEMPF).

Le spéléologue cherche cette plus grande surface de contact avec la roche et recherche moins les bonnes prises qui sont souvent traitées, il colle à la paroi, à l'opposé de la position de l'alpiniste qui grimpe du bout des doigts et des pieds, le reste de son corps n'ayant qu'exceptionnellement, un contact avec cette paroi "le corps, ramassé, reste éloigné du rocher. Cette position donne une merveilleuse adhérence sur les prises, permet de mieux voir la paroi, rend les mouvements plus libres". (B.KEMPF)

Souvent, la montée classique en varappe s'avérant impossible, il faut avoir recourt à des techniques spéciales. La première technique est l'escalade artificielle, plus employée en spéléologie que l'escalade "en libre". "A coups de marteau, le premier de cordée plante un piton aussi haut que possible, dans un trou ou une fissure. Il y fait passer sa corde de ceinture. Une traction exercée soit par lui-même, soit par son second, lui permet de s'élever jusqu'au piton, de là, il en plante un second et ainsi de suite. Généralement, il se "tractionne" sur deux ou trois cordes "montée à la double ou à la triphe corde). De petites échelles portatives, appelées étriers, servent de prise de pied" (B. KEMPF). Dans certains cas particuliers comme par exemple pour franchir les 52 cascades de la grotte de la Cigalère (Ariège), les spéléologues utilisèrent des "mats d'escalade", alors que les cascades d'eau à 4° empêchaient la montée par tout autre moyen propre à l'escalade.

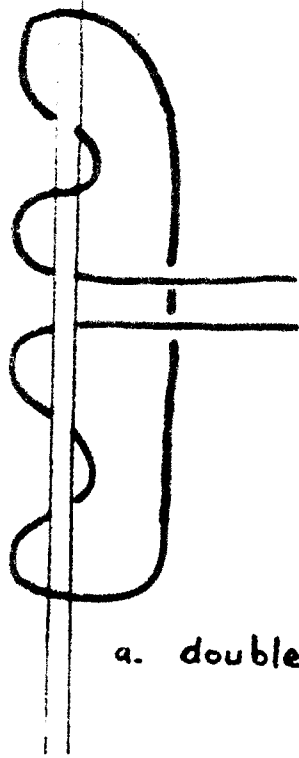
Une technique que l'on peut qualifier d'extraordinaire est celle de la montée baptisée à l'"Araignée". Elle fut inventée par notre ami Bruno DRESSLER de l'Ecole Centrale de Lyon : c'est un système qui permet une montée facile sur une paroi sans aucune aspérité ni fissure. Le spéléologue enfonce dans la roche à coups de marteau une fiche d'acier (dite ; spit). Sur cette fiche il peut alors fixer une sorte de trépied sur lequel il se hisse. Debout sur cette "Araignée" il peut ainsi planter un autre "spit" et ainsi de suite. Il serait souhaitable que cette technique

soit connue de la majorité des spéléologues, en effet, elle remplace l'escalade artificielle rendue difficile en grotte par le manque de fissures pour planter les pitons.

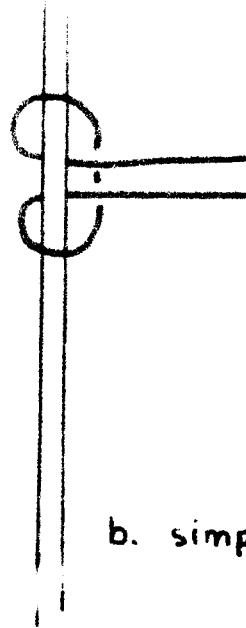
Pour ce qui est de la descente, il convient de faire une place spéciale à un procédé de descente bien connu en alpinisme comme en spéléologie : le rappel. Le rappel est un moyen de progresser très rapide, léger (I seule corde suffit) et non sans un certain charme. Mais le rappel en grotte est très dangereux, en cas de fausse manoeuvre, c'est la chute irrémédiable : le spéléologue peut avoir les doigts engourdis par le froid et l'humidité, la corde peut être rendue glissante par l'argile d'autre part il peut être déséquilibré par une chute de pierre qui aurait pu être bénigne en d'autres lieux ; en outre s'il descend trop vite, la chaleur peut lui faire lâcher la corde sous l'impulsion d'un réflexe. J'insisterai ici sur un danger particulier du rappel qui est souvent méconnu : on pratique aujourd'hui beaucoup la descente sur anneau de corde et mousqueton ; cela évite le tour mort sur la cuisse du spéléologue. Or, pendant le temps de la descente l'énergie potentielle du spéléologue se transforme intégralement en énergie calorifique qui chauffe considérablement le mousqueton. Ce mousqueton, s'il n'a pas le temps de se refroidir à l'air ambiant peut faire fondre localement la corde et donc la sectionner. Pour cela, il faut aborder les longues descentes en rappel lentement et régulièrement pour éviter d'endommager la corde. Certes contre ces dangers du rappel en grotte il existe une prophylaxie évidente : l'assurance par un camarade : mais il faut dire qu'elle n'est pas valable parce que pas rentable, elle nécessite plusieurs cordes avec les complexités inhérentes à leurs maniements ; d'autre part il est désagréable dans ce cas d'être assuré, les cordes ont toujours tendance à s'emmêler entre elles ou à s'accrocher aux aspérités de la paroi d'où pertes de temps et il est alors plus pratique d'utiliser les échelles classiques.

Cependant, il existe un remède efficace mais peu employé, il serait souhaitable de prendre l'habitude de l'autoassurance très efficace au moyen du noeud de Prussik simple ou double (ou de la combinaison des deux). Avant de descendre le spéléologue fixe à son baudrier une cordelette de nylon qu'il fait passer préalablement dans la corde de rappel à l'aide d'un noeud de Prussik. Il faudrait initier très tôt les jeunes spéléologues à la pratique de la varappe : ils acquièreraient une connaissance de base nécessaire à la spéléologie, ils seraient ainsi prêts à affronter avec brio ce sport complexe ; ils apprendraient à bien manoeuvrer les cordes, à planter de façon sûre un piton de sorte qu'en grotte ils auraient la capacité

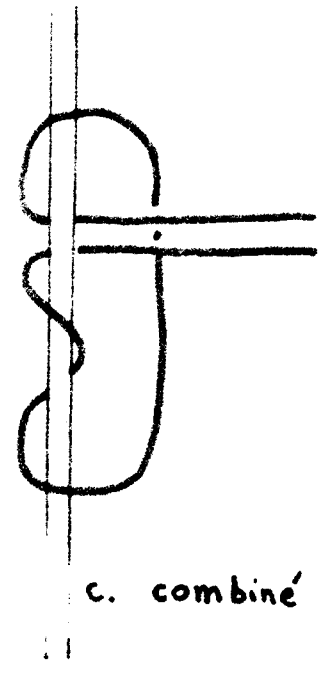
Les noeuds de "Prussik"



a. double



b. simple



c. combiné

Les noeuds d'assurance



a. noeud de chaise simple



b. noeud simple



c. noeud plat

NOEUDS FONDAMENTAUX

de juger par eux-mêmes où fixer une échelle, où installer une assurance par exemple. Ils apprendraient aussi à progresser par petites équipes confiantes en leur savoir, sûres dans leurs actions, prudentes par leurs expériences. Il est de notre devoir de faire des jeunes spéléologues des éléments capables, expérimentés, surtout doués de l'esprit d'initiative fondamental et non des touristes en combinaison que l'on doit trainer tout au long d'une grotte, incapables de participer activement à l'équipe. La connaissance de la varappe contribuera à en faire des éléments de valeur, appréciés au sein d'une équipe.

" SOUS LE PLANCHER "

Organe du Spéléo-Club de Dijon
7, rue de la Résistance DIJON

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

IMPRIMEUR : Spéléo-Club de Dijon

Abonnement : 6 Frs par an
C.C.P. 633-95 Dijon