

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

**Herausgeber:** Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

**Band:** 59 (1969-1970)

**Heft:** 2: Rapport annuel = Jahresbericht

**Artikel:** Les rivières de la nuit : spéléologie, science ou sport?

**Autor:** Müller, Imre

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-308455>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 29.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Vorträge während des Vereinsjahres 1969/70

## Les rivières de la nuit: spéléologie, science ou sport?

par Imre MÜLLER, Institut de Géologie, Université, Fribourg (Suisse)

La spéléologie n'est pratiquée que depuis un siècle environ. Déjà dans l'antiquité plusieurs cavités étaient devenues célèbres par leur beauté, mais leur exploration systématique n'a commencé que récemment. Quant aux gouffres, ils restaient mystérieux et seules leurs ouvertures étaient connues.

Le premier explorateur, Nagel, en 1748 atteint la profondeur de 136 mètres dans le gouffre de Masocha en Bohème, et à peu près en même temps, Lloyd descend 80 mètres en Angleterre dans l'abîme de Elden Hole. Une dizaine d'années plus tard un Français, Carnus, atteint aussi la profondeur de 40 mètres.

Les premières grandes explorations systématiques ont été entreprises par les Autrichiens. En 1840, Lindler au bout de onze mois d'effort arrive au fond du gouffre de Trebiciano. Il explore aussi complètement un abîme de 322 mètres de profondeur. Dr. Adolf Schmidt dans les années 1850–1857 ouvre et explore la fameuse cavité d'Adelsberg, qui est devenue très célèbre depuis.

Le père de la spéléologie française, Martel, dans les années de 1880–1900 explore d'innombrables cavités, tient le record de profondeur, mais en même temps donne à la spéléologie des bases scientifiques. Il s'occupe de géologie et de géomorphologie pour mettre en évidence la formation des cavités, et s'intéresse également à la vie qui s'y trouve, vie des insectes cavernicoles, et chauve-souris. C'est lui qui élargit les dimensions d'un sport en lui proposant des horizons scientifiques.

Dans les derniers vingt ans, la spéléologie devient à la fois un sport très coté, qui demande beaucoup de courage, d'endurance, de force physique, alliés à une technique d'escalade mais qui tend aussi, par les innombrables curiosités et anomalies qu'on rencontre sous terre, à devenir une discipline scientifique.

En France, des équipes bien organisées dépassent la profondeur de 1000 m dans le Gouffre Berger, et en Suisse dans le Höolloch le record de longueur est tenu avec plus de 75 km de développement horizontal. Parallèlement à ces exploits sportifs, la faune et la flore sont de mieux en mieux connues dans les grands réseaux souterrains. Le remplissage des cavités nous fournit une stra-

tigraphie détaillée du Quaternaire où les variations climatiques, la constitution des faunes successives, et la préhistoire sont étudiées avec précision. Ainsi la spéléologie contribue très efficacement à la connaissance de la géologie et de la paléontologie du Quaternaire, nous aidant à lever le voile sur l'origine de l'homme qui, dès l'aube de son histoire, a établi son habitat dans les grottes.

La formation des cavités nous est connue par la géologie.

En effet, toutes les roches ne sont pas propices à la formation de grandes cavités.

L'agent fondamental de l'évolution morphologique est l'action des eaux courantes.

Les roches cristallines et effusives restent imperméables et de plus leur altération est accompagnée d'une masse de résidu considérable. Seule une fraction de leur substance est dissoute dans les eaux de ruissellement. La formation des grottes y est donc impossible.

Les calcaires, par contre, sont des roches dures, altérables, à faible résidu d'altération. Il faudrait plutôt parler de dissolution liée à l'équilibre entre les carbonates et les bicarbonates.

Les eaux de pluie chargées en CO<sub>2</sub> dissolvent le calcaire sous forme de bicarbonate formant ainsi le relief typique des pays calcaires ou relief karstique du nom du Kars ou Carso à l'Est de l'Istrie en Yougoslavie.

Le relief karstique est caractéristique par son modelé de détail: lapiez qui sont des rigoles de dissolution des eaux sauvages. A la surface des plateaux calcaires, les eaux sauvages, en temps de pluie, pénètrent facilement dans les fentes et contribuent à les élargir davantage. La surface des plateaux calcaires apparaît ainsi avec une allure très tourmentée, comportant des sillons plus ou moins profonds, séparant des crêtes étroites. Si les eaux accentuent leur action, ces lapiez deviennent des puits verticaux ou cheminées, appelés avens, et des cavités irrégulières qui sont des grottes.

Le calcaire devient perméable en grand. Il n'existe plus de circulation superficielle dans de telles régions, car toute l'eau se perd pour alimenter une circulation interne, parfois d'une extrême complication. Ces cours d'eaux peuvent être en écoulement libre en ou écoulement sous pression, mais il n'existe pas de vraies nappes aquifères. Dans une telle région, la rivière principale règle le niveau d'équilibre hydrostatique. Dans les vallées secondaires, il se produit fréquemment la disparition complète du cours d'eau. En effet, par suite des systèmes de drainage souterrain, l'eau disparue par les pertes et dolines réapparaît au jour dans la vallée principale sous forme de résurgence ou source vauclusienne. Une résurgence est différente d'une source en ce sens qu'elle est la réapparition d'un cours d'eau qui a suivi un parcours souterrain, et dont les eaux ne sont pas filtrées (voir fig. N° 1). Les rivières souterraines creusent donc des galeries, qui sont dans l'ensemble très irrégulières, se réduisant tantôt à d'étroits boyaux ou se dilatant pour former d'immenses salles. Dans ces grottes, il se produit des précipitations de carbonate de chaux par décomposi-

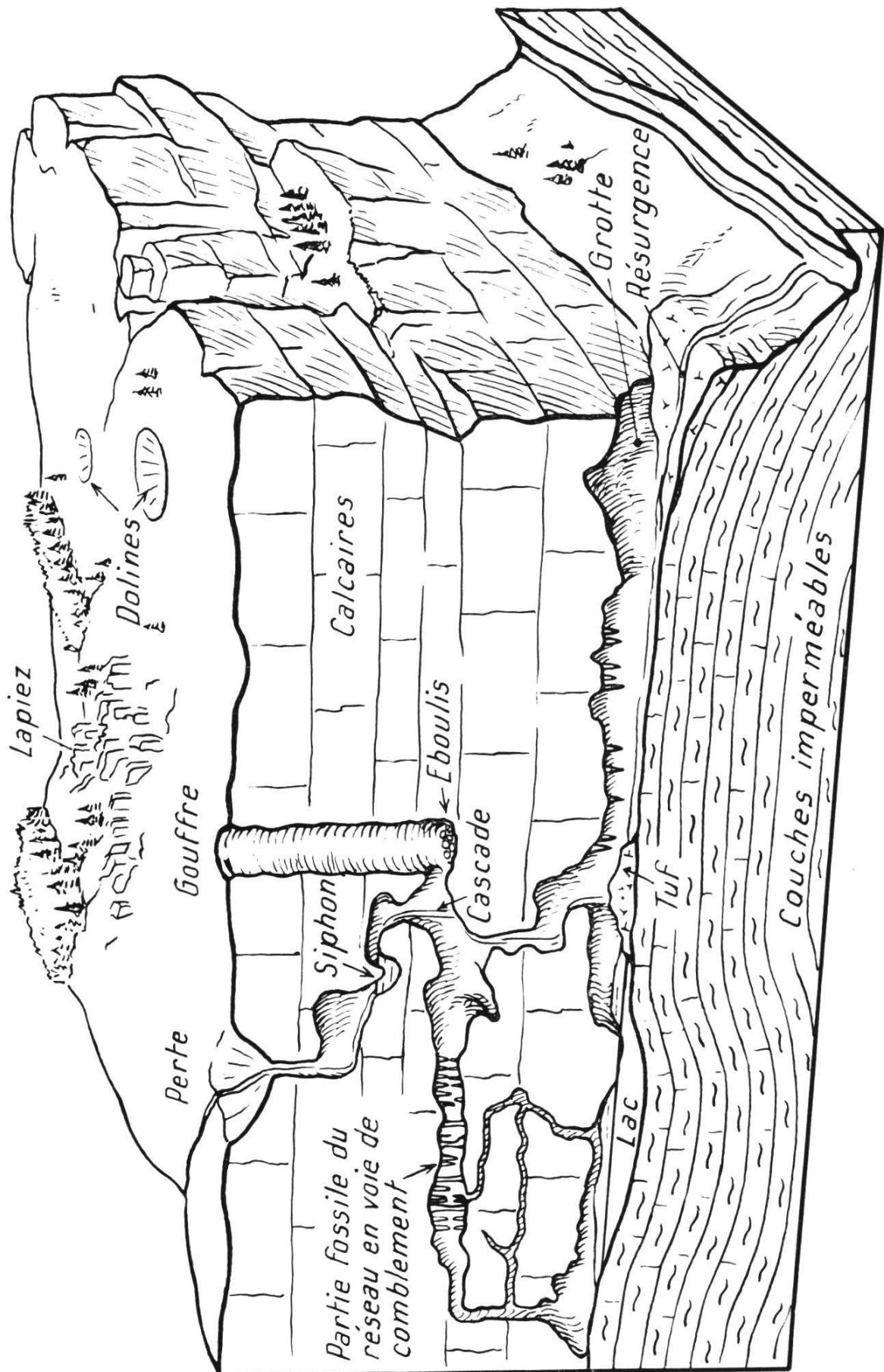


Fig. 1 : Bloc-diagramme d'un réseau souterrain

tion du bicarbonate, entraîné en solution par l'eau, qui filtre au toit de l'excavation. Le calcaire véhiculé sous forme de bicarbonate précipite dès que CO<sub>2</sub> se dégage par suite de la diminution de la pression. Cela se produit notamment dans les fissures où l'eau arrive à l'air libre, formant ainsi le revêtement calcaire des parois de la grotte, aussi bien que les stalagmites et stalactites. Les stalactites, formées au plafond des grottes sont creuses. Elles ont un canal central par lequel l'eau s'écoule vers le bas. Dès que l'eau arrive au contact de l'air de la cavité, où la pression de CO<sub>2</sub> est inférieure, ce dernier se dégage en partie, et le calcaire se précipite sur le bord du canal en contribuant à sa croissance vers le bas. La goutte en excès, qui contient encore une certaine quantité de carbonate, tombe, s'évapore sur le plancher où se forme une stalagmite, pleine, composée de couches superposées vers le haut (voir fig. N° 2). Les rivières souterraines creusent leur lit toujours plus bas et abandonnent au fur et à mesure les étages supérieurs qui vont être comblés par les concrétions stalagmitiques. Celles-ci ne peuvent pas s'implanter d'une manière durable dans le réseau actif car les crues périodiques et dévastatrices les empêchent de gagner du terrain.

Par contre, c'est souvent dans les parties actives de la grotte qu'abondent les «gours», qui sont des vasques ou bassins en marches d'escalier. Ils se forment et s'accroissent par le dépôt de calcite laissé par l'eau qui en déborde. Quand l'écoulement de l'eau est très lent les gours se ferment lentement sur eux-mêmes et disparaissent en formant des poches dans le sol. La rivière souterraine, lorsqu'elle rencontre un obstacle se transforme en lac, qui parfois peut avoir des dimensions assez impressionnantes; par contre lorsqu'elle rencontre des étroitesse qui font siphons, elle peut connaître des remontées spectaculaires mettant sous pression une partie importante du réseau. Inutile d'insister sur le danger des crues en cas d'orage dans un système de ce genre.

Parlons encore de la circulation de l'air dans les grottes. Jusqu'à une date récente on attribuait aux courants d'air un rôle tout à fait secondaire sinon nul quant à leur efficacité dans la formation du réseau. Les hydrogéologues sont tous d'accord pour reconnaître aux eaux chargées en CO<sub>2</sub> le rôle principal dans le creusement des grottes; pourtant nous venons de le dire: dès que l'eau apparaît par une fissure dans une cavité elle dépose le carbonate de calcium. Il y aurait plutôt comblement et non pas creusement, étant donné que l'eau est sursaturée (de sel) de bicarbonate, mais la diminution de la pression partielle de CO<sub>2</sub> fait déplacer l'équilibre vers la gauche:



Inversément, une augmentation de la pression de CO<sub>2</sub> déplace l'équilibre vers la droite. A température constante, la quantité de l'ion Ca<sup>++</sup> par litre serait alors proportionnelle à la racine cubique de la pression partielle de CO<sub>2</sub> (Dr. László Markó). Nous savons que l'air «normal» qui contient environ 0,03 % de CO<sub>2</sub> est en équilibre avec une solution d'hydrocarbonate dont la teneur en Ca<sup>++</sup> est de 20 mg par litre. Si la solution était plus concentrée, il y aurait précipitation de CaCO<sub>3</sub>, mais par contre une solution plus diluée attaquerait encore la roche. Retenons surtout que la quantité de calcium dissous sous la

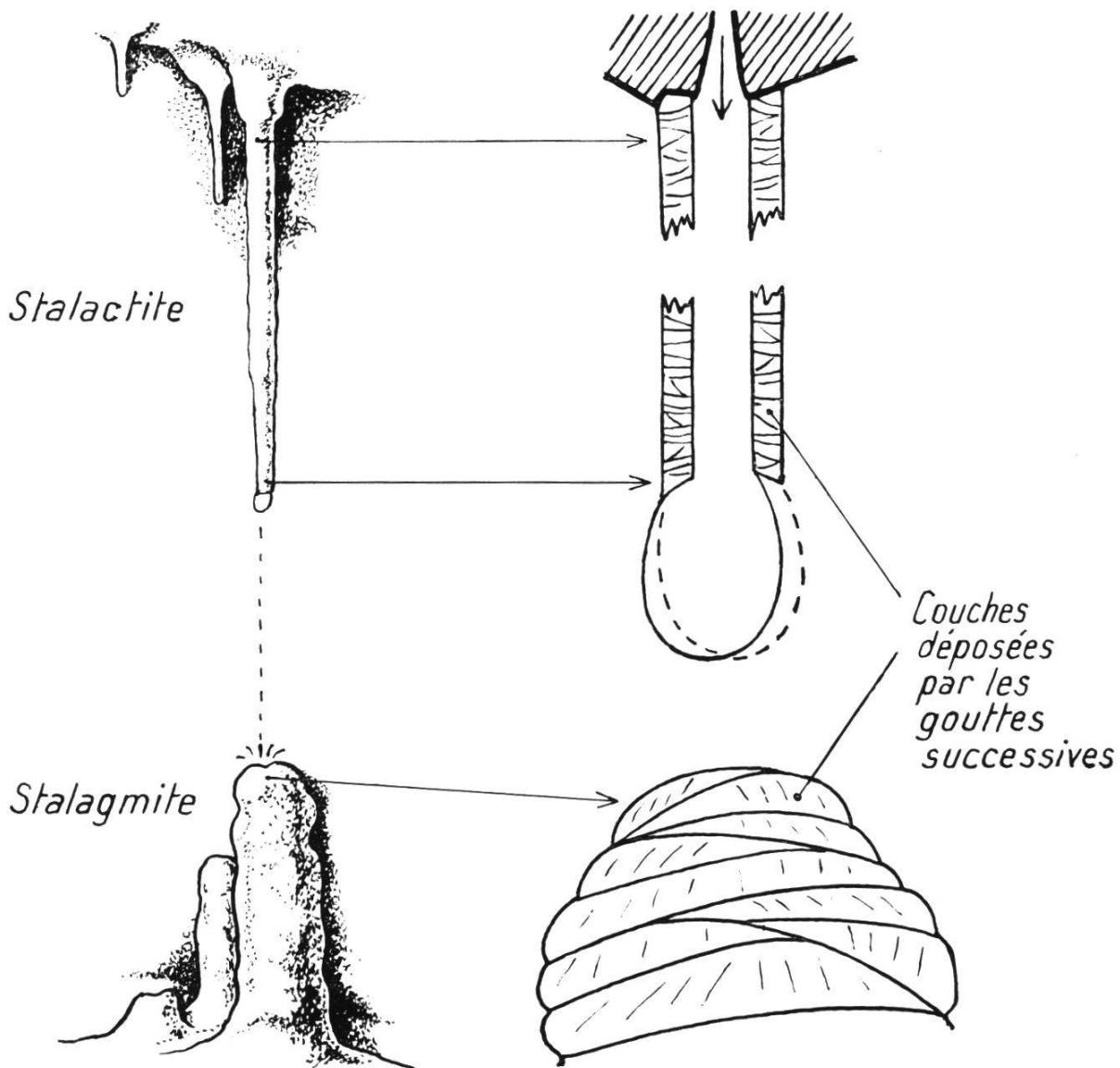


Fig. 2 : Structure et formation des concrétions

forme de bicarbonate augmente au fur et à mesure que la quantité de CO<sub>2</sub> dissous dans l'eau est plus grande (voir fig. N° 3). La loi de solubilité des gaz nous indique la quantité de gaz carbonique dissous dans l'eau, cette solubilité étant proportionnelle à la pression partielle de ce gaz au-dessus du liquide (Loi de Henry).

Aussi longtemps que la cavité ne communique pas avec l'extérieur, la teneur en CO<sub>2</sub> reste assez élevée et les eaux de ce fait sont «corrosives», elles peuvent dissoudre beaucoup de carbonate. Il est possible de parler d'un microclimat aussi longtemps que la circulation d'air, qui s'établit peu à peu, ne détruit pas les conditions physico-chimiques propres à cette cavité. La circulation d'air a donc un rôle primordial dans le déroulement de ces processus. C'est elle qui, lorsqu'elle apparaît, grâce à sa teneur minime en CO<sub>2</sub> rend la goutte

d'eau, qui filtre sur le plafond, sursaturée. La même goutte, en effet, en l'absence de courants d'air attaquerait encore la roche. Il y a une période de corrosion ou de creusement lorsque les couloirs sont noyés, d'où absence de circulation d'air qui assurerait l'évacuation progressive du CO<sub>2</sub>. Il y a donc deux périodes à distinguer dans l'histoire d'un réseau. Dans la première, lorsqu'il n'y a pas encore de circulation d'air et que les couloirs sont continuellement remplis d'eau, on peut supposer une période de creusement active. Au fur et à mesure que la circulation de l'air s'établit avec l'extérieur par l'abaissement du niveau hydrostatique, la pression de CO<sub>2</sub> diminue, et commence la période de comblement. Les eaux qui jusqu'ici étaient «agressives» et responsables de la dissolution du calcaire deviennent, dans cette deuxième phase, sursaturées, donc agent de comblement. Toutes les grottes actuellement pénétrables connaissent déjà la deuxième étape de cette évolution.

Pour explorer des cavités où les difficultés les plus variées se succèdent, les spéléologues utilisent le même type de matériel que les alpinistes. Pitons, mousquetons, cordes en nylon sont indispensables pour varaper sous terre. Le matériel propre aux escalades souterraines, et qui a été conçu par de Joly pour cet usage, est l'échelle souple, métallique. On l'utilise par rouleaux de 10 mètres.

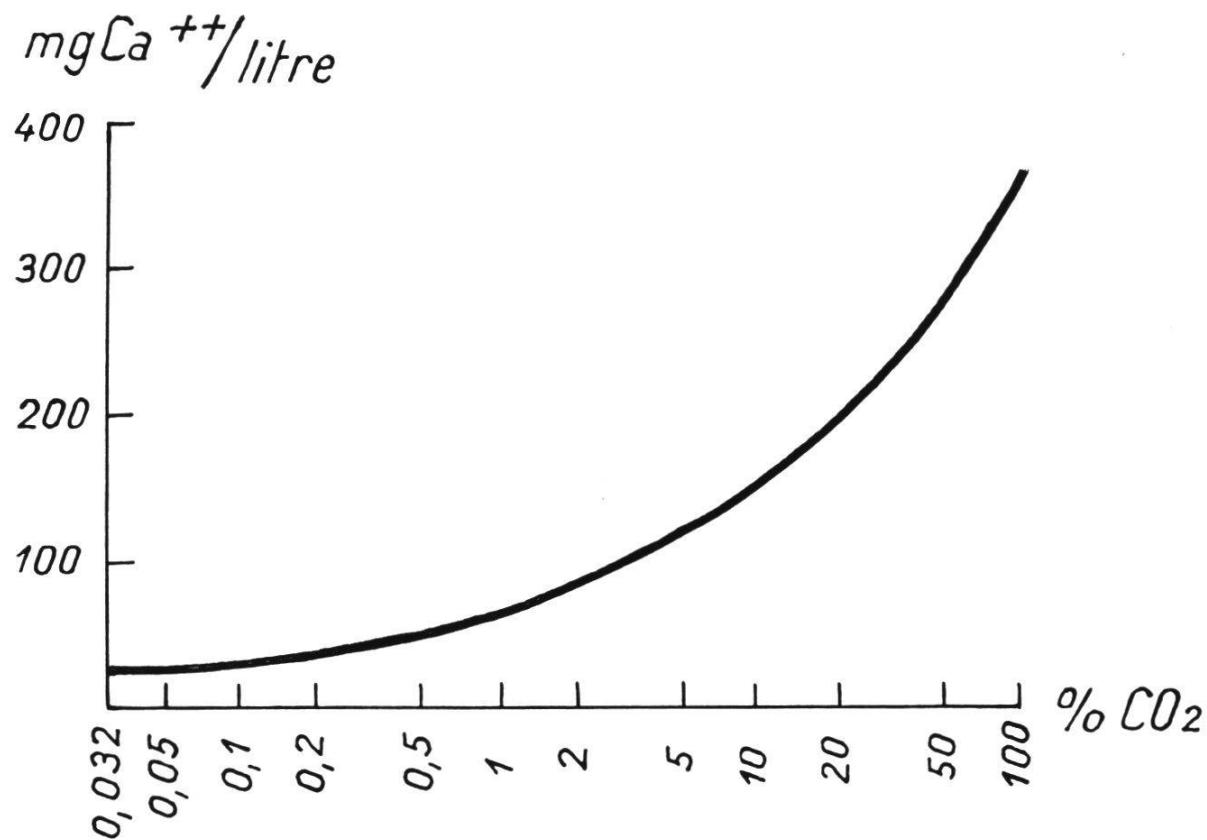


Fig. 3: Relation Ca<sup>++</sup> et CO<sub>2</sub> d'après Kline (A. Seidell, Solubilities of Inorganic and Metal Organic Compounds, New-York 1940).

Cette échelle a des barreaux de duralumin tenus par deux câbles d'acier de faible diamètre. Ainsi le poids et l'encombrement sont très acceptables. Dans les cavités où la rivière est profonde, se transformant en lacs barrant le chemin, des canots pneumatiques seront indispensables, tandis que les cascades qu'il faudra escalader obligeront les spéléologues à s'équiper de combinaisons imperméables. Dans toutes les vicissitudes que les spéléologues peuvent rencontrer sous terre, douches glacées, courants d'air violents, bains imprévus, il leur faut un éclairage sans défaillance. En général, on porte sur le casque un éclairage à acétylène qui est assez puissant, et un éclairage électrique étanche pour les parcours arrosés.

La progression sous terre fait appel à toute la capacité physique et morale du spéléologue.

Il lui faut de l'audace, avec la connaissance exacte de ses limites, une bonne technique d'escalade, beaucoup d'endurance et une force physique non négligeable.

La spéléologie est donc un sport très complet.

L'intérêt scientifique de la spéléologie consiste surtout dans l'étude du remplissage des cavités.

Le calcaire que les eaux dissolvent n'est jamais tout à fait pur. Il contient une fraction plus ou moins importante d'argile et de sable. Après la disparition du carbonate de chaux, ces argiles et sables restent sur place et constituent le sol des cavités. Ces roches résiduelles renferment souvent des restes organiques, ossements, pollens de plantes, industries humaines, et fournissent ainsi suffisamment de matériel pour l'étude détaillée du Quaternaire. L'époque géologique la plus récente, le Quaternaire, commence avec l'apparition de l'homme. La durée des temps depuis l'apparition de l'homme est si considérable qu'elle n'est réalisable par l'esprit que dans une optique géologique.

Pour établir la chronologie du Quaternaire les comparaisons et les explications ne sont valables que pour des faits insérés dans le déroulement général du temps, et datés les uns par rapport aux autres. Il est donc nécessaire d'étudier selon les régions, les périodes de glaciations, les régimes pluviaux, les niveaux marins, l'alternance des faunes. Pour l'Europe, une partie de l'Asie et de l'Amérique du Nord, la chronologie du Quaternaire est établie en fonction des glaciations successives. Des périodes dites glaciaires ont alterné avec des périodes dites interglaciaires. En Allemagne du Nord, trois lignes de moraines témoignent de trois glaciations successives qui sont respectivement les périodes Mindel, Riss et Würm. Les modifications climatiques de grande ampleur ont nettement laissé leur trace dans le remplissage des grottes. Le froid intense et sec y a accumulé des blocs anguleux détachés des parois par le gel; le froid humide y a déposé des sables de ruissellement. En périodes interglaciaires lorsque le climat est redevenu tempéré, un plancher stalagmitique se superpose à ce remplissage meuble. Malheureusement le lessivage violent du dernier interglaciaire Riss-Würm a détruit dans la plupart des cavités les dépôts antérieurs. Ainsi,

en Europe les dépôts d'âge rissien sont exceptionnels, contrairement à ceux d'âge wurmien qui sont très abondants et épais, riches en faunes et outillages du Paléolithique moyen et supérieur.

Pendant les périodes froides la rigueur intense du climat a conduit les hommes préhistoriques à se réfugier dans des grottes. Ils y ont pénétré, nous le savons aujourd'hui, parfois à des kilomètres de profondeur.

Dans la grotte de Toriano, en Italie, l'argile de cette dernière garde fidèlement les innombrables empreintes de pieds et de mains des Néanderthaliens qui s'y déplaçaient avec des torches. En Hongrie, dans la grotte de Baradla, on a découvert récemment une quantité considérable d'objets, d'âges assez différents, allant de l'âge du bronze au moyen-âge, à 4–5 km de l'entrée de la grotte.

Enfin, à certaines époques, grottes et cavernes ont été occupées par des animaux dont certains sont caractéristiques des cavernes: Ursus spelaeus, Hyaena spelaea, Felis spelaeus. Il existe des couches dans certaines grottes qui sont de véritables cimetières d'animaux. A d'autres endroits, les parois rocheuses sont littéralement couvertes de griffures d'ours. Les couches à animaux indiquent une époque où la grotte servait de repaire à ces animaux et non plus d'habitat pour l'homme.

L'homme qui vivait de la chasse connaissait fort bien ces animaux. Il observait vraisemblablement tous les détails de leur anatomie lorsqu'il les guettait embusqué en tournée de chasse. Sur les parois de la grotte il les a dessinés avec un silex. Il suffit de prononcer le nom des grottes ou cavernes tel que Lascaux ou Altamira pour évoquer un art très caractéristique.

Ainsi se réalise après toute la longue et lente évolution du Paléolithique inférieur et moyen le dépassement spirituel qui s'accomplit dans la création artistique.

## **L'infusion de substituts du sang en médecine et son influence sur l'écoulement dans les vaisseaux**

par J.-P. BARRAS, Institut de Cardio-Angéiologie, Pérrolles, Fribourg (Suisse)

Le volume sanguin d'un adulte représente le 8% de son poids, soit environ 5 litres. La diminution de ce volume (hémorragies externe ou interne, perte de liquide) est d'autant plus dangereuse qu'elle se produit rapidement. La perte de la moitié du volume sanguin met la vie en danger. Le danger provient d'une disproportion entre le volume de l'espace vasculaire (contenant) et le volume sanguin (contenu).

A la fin du XIX<sup>e</sup> siècle déjà on a cherché à restaurer un volume sanguin suffisant lors de fortes hémorragies par l'infusion de solution de NaCl isotone. Starling, en 1896, mit en évidence le rôle capital pour le maintien du volume sanguin exercé par les protéines plasmatiques. En effet, grâce à l'im-