Morphogenèse des billes calcaires dans la caverne de Tăuşoare (Monts de Rodna, Roumanie)

par

C. Fabian et I. Viehmann

Les auteurs offrent une étude préliminaire sur la genèse des billes calcaires de la caverne de Tăuşoare.
Les billes se présentent sous deux aspects : soit encastrées dans les calcaires gréseux, soit, respectivement, incluses dans un matériel fondamental argileux-marneux.
Les auteurs ont formulé, sur la base d'arguments paléohistoriques et de tectonique, la conclusion que les billes sont le résultat d'un processus d'altération paléokarstique.

La caverne située à Izvorul Tăuşoarelor se trouve dans les Monts de Rodna, à 25 km distance de la ville de Năsăud, ayant une altitude de 920 m. Elle est née dans un cryptokarst développé dans les calcaires éocènes. Sa longueur totale, connue jusqu'à présent, est de 9 520 m, et sa profondeur maximum de 415 m. Les galeries de la caverne sont intensément descendantes, en suivant la chute des sédiments calcaires. Le caractère bien défini de la caverne consiste en ce qu'elle est une fonction ultérieure de la tectonique plicative et disjonctive de la formation calcaire ; plus de 90% de ses galeries s'étendent sur des diaclases et des fissures. L'aile sud de la caverne se fait remarquer par la présence des cristaux de gypse (Anthodites).

Le cavernement est alimenté par quatre cours d'eau, trois d'entre eux confluant dans le réseau inférieur et puis disparaissant par un endroit (« sorb ») au niveau — 350 m ; le quatrième est indépendant, descendant jusqu'au fond de la caverne, à 415 m de profondeur. Sur toute l'étendue du système, long de presque 10 km, il existe seulement deux salles immenses. La plus grande d'entre elles est située au milieu de la caverne, à une distance de 1 250 m ; elle s'appelle « la salle à billes » ; dans sa partie antérieure est englobé aussi l'endroit appelé « la salle à manger ».

La caverne a été découverte en 1955. Peu de temps après, dans le complexe de salles à — 205 m, on a découvert quelques « billes » sphériques, constituées par le calcaire de la caverne. En 1976, les chercheurs de l'Institut de Spéologie « E. Racovitza » de Cluj-Napoca ont trouvé de nouveaux dépôts de billes.

Un groupement de telles billes est identifié sur le plafond de la «salle à billes », dans le voisinage d'une cheminée karstique, d'où elles ont avancé par gravitation — se sont « écoulées » — dans la salle de la caverne, près d'une importante quantité de matériaux argileux, lesquels les englobaient initialement.

Dans une galerie latérale du même complexe de salles on a signalé un second type de billes : celles fixées dans les murs de la caverne, dans une roche de calcaire gréseux, compacte. Dans la partie terminale de la

Trav. Inst. Spéol. « Emile Racovitza », t. XVIII, p. 209—214, Bucarest, 1979

galerie — enfermée en cul-de-sac — apparaît la même sorte d'argile marneuse, brun jaunâtre, tout comme dans le cas précédent.

Il faut souligner le fait que, sans tenir compte de l'origine des billes, elles possèdent la même nature pétrographique : un calcaire compact, fossilifère, contenant une riche association de Miliolides et Lithothamniacées ; il possède un faible contenu en granules angulaires et sous-angulaires de quartz allogène. Du point de vue microscopique, le calcaire des billes est voisin au calcaire massif dans lequel est développée la caverne.

Par l'étude des matériaux calcaires-gréseux, lesquels englobent les billes de la galerie latérale mentionnée plus haut, est mise en évidence une composition pétrographique particulière : la quantité des granules de quartz augmente (jusqu'à 40—45%, par rapport au maximum 10%, représentant le contenu de la paroi rocheuse) ; des paillettes de mica (jusqu'à 5%) et des pellicules d'oxydes de fer font leur apparition. Les formes fossiles rencontrées sont très rares et en même temps diaclasées et déformées.

Toutes ces constatations ont déterminé les auteurs à revoir leurs anciennes explications qu'ils ont faites à titre préliminaire, sur la genèse des billes : on les avait considérées comme des « billes de marmitage » (I. Viehmann et M. Şerban, 1962).

La littérature scientifique que nous connaissons présente deux explications possibles en ce qui concerne la présence des billes dans le souterrain : « billes de marmitage » et « pierres tournantes » (J. Csolnoky, 1927), capables de produire des perforations trépanolotiques dans le plancher des cavernes.

L'étude géologique de la zone et nos observations sur le caractère pétrographique, ainsi que sur la manière d'apparition des billes, nous ont permis de formuler une nouvelle hypothèse concernant la genèse de ces formations. Nous considérons que la naissance des « billes de Tăuşoare » est liée au processus d'altération de la roche carbonatique par le mécanisme de la « poche karstique ». La genèse et l'évolution d'une telle « poche karstique » sont expliquées récemment par M. Lamouroux (1975) ; il les considère un phénomène semblable à celui de formation des bauxites carbonatiques (en conformité avec la théorie allochtone de Laparent). Le processus d'altération pelliculaire de la roche carbonatique — principe sur lequel repose la genèse et l'évolution de la « poche karstique » — est un phénomène progressif et profond, interprété par l'auteur cité comme évoluant d'après le suivant mécanisme hypothétique d'accomplissement, échelonné en trois étapes :

1. *la formation de la pellicule d'altération* au contact de la roche avec les solutions acides infiltrées par le système de fissures du massif calcaire. De telles solutions prennent l'aspect d'un « plasma », à cause de la suspension des particules à diamètres inférieurs à 2 μ, provenant soit du sol qui s'est déjà formé à la surface de la roche carbonatique, soit des processus de corrosion. La pénétration de la pellicule d'altération dans les fissures a lieu par un processus d'injection sous l'effet du gonflement, d'où la fragmentation de la roche, suivi de sa solubilisation lente (fig. 1a) ;

2. *l'arrachement de la pellicule* se passe en conditions d'humidité faible, lorsque les matériaux argileux, existant en suspension, sont soumis à une contraction par dessication (fig. 1b) ;

3. *la dissolution des carbonates de la pellicule* sous l'effet d'une nouvelle période humide. C'est-à-dire, le résidu d'altération pelliculaire joue — en ce qui concerne la concentration des carbonates — le rôle de volant entre la roche calcaire et les eaux d'infiltration. Par l'équilibre établi quand le

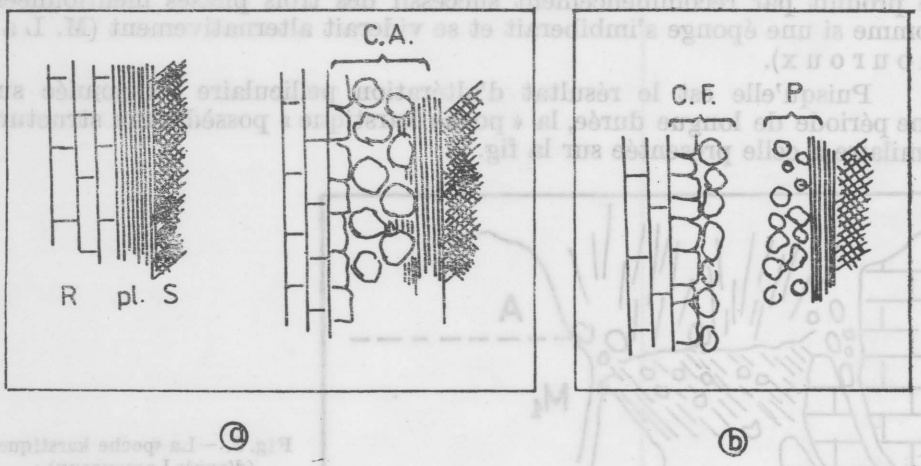

Fig. 1. — Le cycle d'altération pelliculaire (d'après Lamouroux) :
a. — R = roche non altérée ; pl = «plasma» ; s = sol fixé ; C.A. = cortex d'altération ; b. — C.F. = le futur cortex d'altération ; P = pellicule d'altération.

« plasma » est saturé, on peut expliquer pourquoi le sol des « poches karstiques » est non saturé en carbonates. Quand cet équilibre est déplacé vers un appauvrissement en carbonates, la couleur du sol change de brun jaunâtre vers rougeâtre (fig. 2).

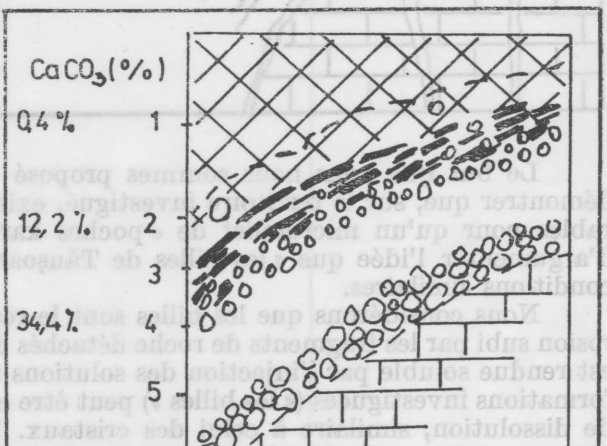

Fig. 2. — Pellicule d'altération (d'après Lamouroux) :
1 = sol roux fixé ; 2 = zone enrichie en $CaCO_3$; 3 = bordure de « plasma » ; 4 = pellicule d'altération ; 5 = espaces de contraction ; 6 = pellicule d'altération très calcaire ; 7 = roche calcaire.

On peut remarquer le fait que le cycle d'altération pelliculaire est lié à une succession saisonnière, caractérisée par les variations d'humidité. La concentration de la fraction insoluble (des minéraux argileux, des éléments quartzeux, sesquioxyde de fer et d'aluminium, etc.) se produit par recommencement *successif des trois phases mentionnées*, comme si une éponge s'imbiberait et se viderait alternativement (M. L a m o u r o u x).

Puisqu'elle est le résultat d'altération pelliculaire échelonnée sur une période de longue durée, la « poche karstique » possède une structure similaire à celle présentée sur la fig. 3.

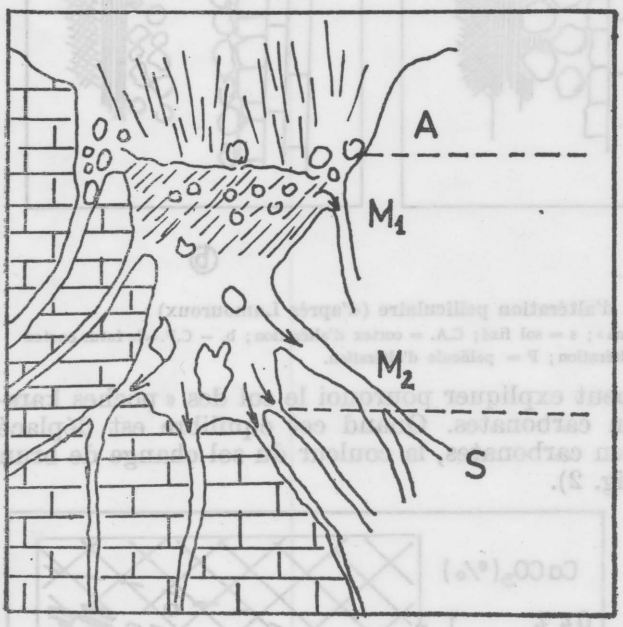

Fig. 3. —La «poche karstique » (d'après Lamouroux) :
A = siège d'altération météorique et biologique; M_1 = zone humide; M_2 = zone d'altération encore intense; S = zone fissurée.

Le but que nous nous sommes proposé pour cet ouvrage était de démontrer que, sur le territoire investigué, existaient des conditions favorables pour qu'un microrelief de « poches karstiques » s'y développe, et d'argumenter l'idée que « les billes de Tăuşoare » se sont formées en des conditions similaires.

Nous considérons que les billes sont le résultat du processus de corrosion subi par les fragments de roche détachés de la masse calcaire, laquelle est rendue soluble par l'injection des solutions infiltrées. La sphéricité des formations investiguées (« les billes ») peut être expliquée par un mécanisme de dissolution, similaire à celui des cristaux. Les points marqués par la vitesse maximum de dissolution sont localisés sur les pointes et les arêtes, ce qui est facile à comprendre, tenant compte du fait que les arêtes subissent l'attaque de la solution arrivée de deux directions, tandis que les pointes la subissent effectivement de trois directions, exposées toutes aux courants d'une solution non saturée (G h. M a s t a c a n et I. M a s t a c a n , 1975).

Fig. 4. — Deux billes détachées.

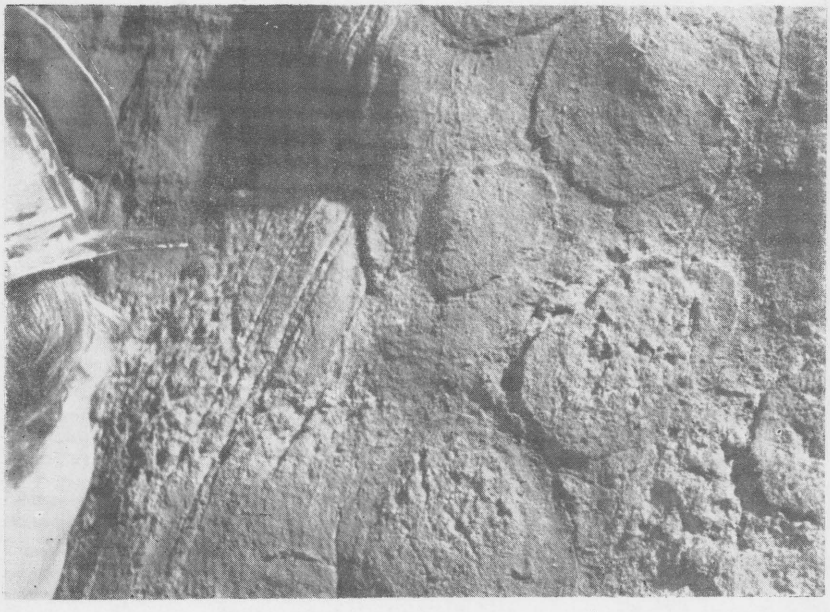

Fig. 5. — Billes incorporées dans la roche.

Les matériaux argileux et marneux, brun jaunâtre, avec un faible contenu de carbonates et présents dans tous les deux points d'affleurement des « billes de Tăuşoare », représentent, à notre avis, la fraction insoluble, accumulée à la suite des processus d'altération pelliculaire, particuliers pour la « poche karstique ».

L'analyse de la suite stratigraphique du périmètre étudié met en évidence une série détritique compréhensive épicontinentale, d'âge éocène inférieur et moyen, ainsi qu'un niveau de calcaires grossiers — également épicontinentaux — Éocène supérieur (Priabonien). Dans les derniers est cantonnée la caverne de « Izvorul Tăuşoarelor ». Les couches sont orientées de la direction NE-SW, en déclive de 20—22° vers l'intérieur du Bassin de Transylvanie (NW). Parmi les restes fossiles rencontrés dans les calcaires il est à mentionner la macrofaune à *Hexacoralliaires*, *Ostrea lucina*, *Campanille parisiensis var. clujensis* Mész. (I. Viehmann et M. Şerban, 1962), ainsi que la microfaune avec des Miliolides et des formes d'Algues : *Quinqueloculina costata*, d'Orb., *Q ovata* Roemer, *Q. cf. subrotunda* (Montagu), *Q. baudensis* d'Orb., *Q. pulchelle* d'Orb., *Triloculina trigonula* (Lam.), etc. (Aghiorghiesei et Costea, 1963). La même association de l'Éocène supérieur peut être mise en évidence aussi dans le calcaire.

Au cours du Paléogène, par suite des phases diastrophiques prépyrénéennes (Éocène moyen — Éocène supérieur) et pyrénéennes (Éocène supérieur — Oligocène inférieur), le territoire du Bassin de Transylvanie est soumis aux mouvements oscillatoires déterminant l'alternance des dépôts de faciès marin avec les dépôts lagunaires et continentaux. Dans la région investiguée, la fin de l'Éocène et le commencement de l'Oligocène marquent une période d'exondation. La transgression Oligocène aura lieu à peine dans le Rupélien (Oligocène moyen), en même temps que le terme Lattorfiene (Oligocène inférieur) est absent (V. Aghiorghiesei et I. Costea, 1963). La stratigraphie de l'Oligocène est représentée par une série argiles-marnes-grès, en faciès de flysch.

C'est la période Lattorfienne que nous considérons être responsable de la genèse des billes. Pendant cette période, le paquet de calcaires éocènes était exposé directement aux processus d'altération sous-aérienne. Si on ne connaîtrait que les billes accompagnant les matériaux argileux-marneux du plafond de la « salle à billes », on pourrait supposer que leur genèse eut lieu pendant la période géologique actuelle (le Holocène). Mais, compte tenu du dépôt de billes encastrées dans un niveau de roche supérieur aux calcaires éocènes, mais inférieur aux dépôts de flysch oligocène, nous considérons justifiée la datation que nous avons adoptée pour lui. La circonstance que les billes sont cimentées dans le calcaire gréseux peut être expliquée par le phénomène de concentration de la substance carbonatique, dans le sens mentionné à la présentation du processus d'altération pelliculaire du calcaire ; le phénomène fut amplifié, probablement, par des modifications survenues dans le mécanisme de drainage de la « poche karstique ». Après la transgression de cette zone par la mer rupélienne, a lieu la sédimentation locale des matériaux riches en carbonates, lesquels vont englober et lier les billes.

Il ne faut exclure ni l'hypothèse que le milieu marin lui-même, partiellement euxinique, caractéristique pour le Rupélien, ait contribué à l'achèvement du processus de genèse des billes.

Basés sur l'association de paléoflore, il a été possible d'établir les conditions climatiques de la fin de l'Éocène et du commencement de l'Oligocène, à savoir un climat subtropical, vers tempéré (*N. Macarovici*, 1972 ; N. Mészáros, 1973) ; c'est une preuve, donc, de l'existence d'une succession saisonnière, à variations du régime d'humidité.

Pour conclure, nous précisons que les billes de la caverne de Tăuşoare sont le résultat d'un processus d'altération paléokarstique.

Bibliographie

1963 Aghiorghiesei V., I. Costea, *Date noi asupra stratigrafiei paleogenului şi miocenului din NE Transilvaniei*, Asoc. Geolog. Carpato-Balcanică, congres V ; sect. 2, Stratigrafia, III/1.
1927 Cholnoky, I., *Morfologia*. Budapest.
1975 Lamouroux M., *Les sols de karst et les altérations des roches carbonatiques. (Le karst Libanais)*, Mém. et Docum., Nouv. Sér., **15** ; *Phénomènes karstiques* (II). Ed. Centr. Nat. Rech. Sci., Paris.
1972 Macarovici N., I. Turculeţ, *Paleontologia stratigrafică a României*. Ed. ştiinţ., Bucureşti.
1976 Mastacan Gh., I. Mastacan, *Mineralogie*, I. Ed. ştiinţ., Bucureşti.
1973 Mészáros, N., *Geologia istorică*, III. Serv. Multipl. Univ. Babeş-Bolyai, Cluj-Napoca.
1962 Viehmann, I., M. Şerban, *Notă preliminară asupra Peşterii de la Izvorul Tăuşoarelor (Munţii Rodnei)*, Lucr. Inst. Speolog. « E. Racoviţă », **1 — II**, Ed. Acad., Bucureşti.
1964 Viehmann, I., T. Rusu, M. Şerban, *Complexul carstic Tăuşoare—Zalion (Munţii Rodnei) III*. Lucr. Inst. Speolog. « E. Racoviţă », Ed. Acad., Bucureşti.

Institut de Spéologie « Emile Racovitza »
Section de Cluj-Napoca
Reçu le 30 janvier 1979