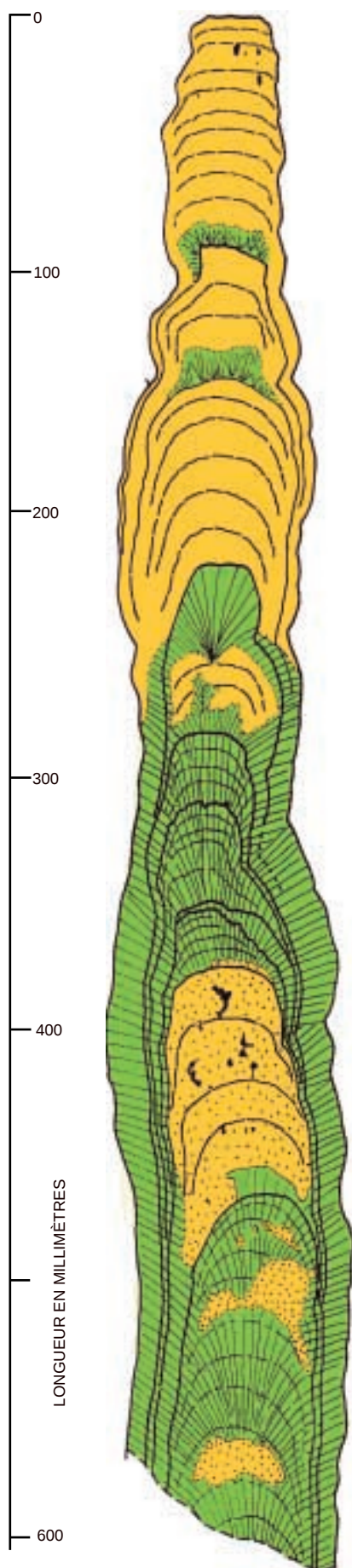
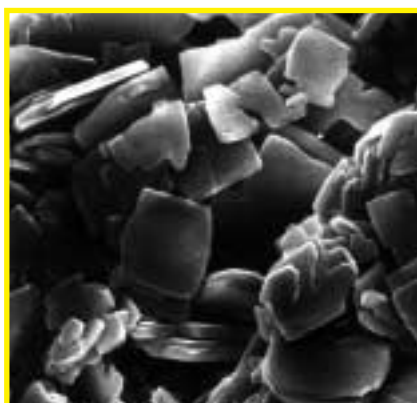


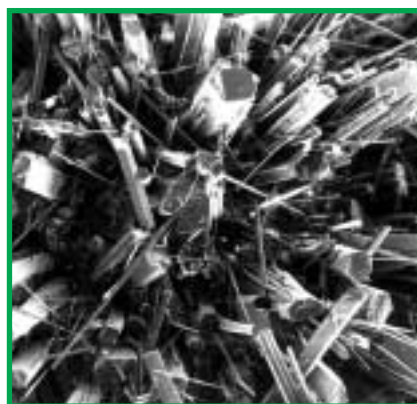


à la base, et argile fine au sommet. Le vent accumule aussi d'importants dépôts de sable fin et surtout de loess, indices d'un climat steppique lié à des phases climatiques froides péri-glaciaires ; ces dépôts détritiques exogènes renseignent sur l'environnement climatique externe à la grotte.

À partir des analyses de ces sédiments (granulométrie, morphoscopie, palynologie, etc.), on a reconstitué les diverses étapes, notamment climatiques et culturelles, qui se sont succédé au cours des derniers millions d'années. On a ainsi reconstitué, dans la grotte de Caune de l'Arago (Pyrénées-orientales), le cadre climatique



CALCITE



ARAGONITE

3. COUPE D'UNE STALAGMITE de la grotte de Clamouse, près de Montpellier : c'est un exemple rare et spectaculaire d'alternance de concrétionnements d'aragonite et de calcite. Dans la partie inférieure, essentiellement en aragonite, les plages de calcite apparaissent sur l'apex de la concrétion, partie qui reçoit la goutte d'eau et qui est la plus arrosée. Le passage aragonite-calcite dans la partie moyenne indique une variation climatique dont l'âge sera précisé par les études de datations (travaux de Silvia Frisia et Andréa Borsato, du Musée Trentin de sciences naturelles, Trente, Italie). Les deux photographies de calcite et d'aragonite ont été prises au microscope électronique à balayage.

et le mode de vie de l'Homme de Tautavel, le plus vieux fossile humain européen, qui vivait il y a environ 450 000 ans.

De plus, une grande partie des objets et outils préhistoriques ont été découverts dans les fouilles de dépôts détritiques, fouilles qui ont précisé les alternances climatiques durant lesquelles s'est développée la lignée humaine.

Au Quaternaire, les dépôts détritiques des grottes ont été souvent perturbés par des éboulements, des coulées de boue et des glissements de terrains. Ces phénomènes ont été causés par les longues périodes de dégel qui ont succédé aux phases péri-glaciaires et glaciaires, où le sol était fixé par le gel. Ces processus ont particulièrement affecté les grottes du Sud de l'Europe, lors de la phase de dégel progressif qui a suivi la période glaciaire du Würm, entre -20 000 ans et -8000 à -6000 ans, suivant la position des sites.

Les écroulements de falaises et ces glissements de pente ont alors obturé des porches de grottes fréquentées par les hommes préhistoriques au cours de la dernière glaciation, et assuré leur conservation et leur intégrité. La découverte de la grotte Chauvet, dans l'Ar-dèche, illustre cette préservation.

Les concrétions

Les dépôts chimiques des grottes, les concrétions, sont spécifiques du milieu souterrain. Ces concrétions se forment en présence de trois composants : l'eau, le gaz carbonique (ou dioxyde de carbone) et le calcaire. Quand l'eau de surface est acidifiée par la dissolution de gaz carbonique provenant des végétaux, le calcaire de la roche de surface est dissous sous forme de bicarbonate de calcium : cette dissolution du calcaire creuse les vides souterrains que sont les grottes. Le bicarbonate de calcium dissous est un composant en équilibre : quand la température de l'eau ou la pression partielle de gaz carbonique diminuent, l'équilibre chimique évolue dans le sens de la précipitation, avec dépôt de concrétions de carbonate de calcium.

Ainsi, en fonction des conditions du milieu, l'eau a une double action : soit elle creuse les conduits souterrains que sont les grottes, en dissolvant le calcaire, soit elle dépose le calcaire sous forme de concrétions et remplit les

vides qu'elle avait précédemment creusés sous terre.

Les variations de la température, la pression partielle du dioxyde de carbone, la solubilité de la roche, la teneur de la roche en carbonates, le débit de l'eau, déplacent l'équilibre dans le sens de la précipitation du calcaire, provoquant alors le dépôt de concrétions.

Les formes des concrétions

On est toujours surpris par la profusion et le polymorphisme des concrétions des grottes. Le concrétionnement n'est qu'une précipitation de carbonate de calcium, mais une précipitation au sein d'une eau circulante. Aussi le concrétionnement est-il un phénomène dynamique, et ses formes multiples sont contrôlées par un ensemble de facteurs : (1) la position dans la cavité souterraine du point de percolation de l'eau : plafond, sol, parois, bassins immergés, etc. ; (2) le débit de l'eau de concrétionnement : circulation capillaire en film d'eau, écoulement en goutte à goutte, ruissellement en cascade, etc. ; (3) les paramètres de porosité-perméabilité de la roche, qui influent sur les modes de circulation de l'eau de concrétionnement et sur la vitesse de percolation.

Parmi ces facteurs, le critère «débit et mode de circulation de l'eau» est majeur et sert de base à une première classification des concrétions. On distingue ainsi deux grands types de concrétionnements : (1) le concrétionnement à débit d'eau contrôlé par les forces de gravité, d'organisation essentiellement verticale, horizontale ou oblique, en fonction du profil des parois de la grotte. C'est le concrétionnement classique des grottes. La forme et l'importance des concrétions sont principalement déterminées par le débit d'eau qui les alimente (voir la figure 2).

Ainsi, un débit goutte à goutte lent favorise la formation de stalactites au plafond, un goutte à goutte rapide ne permettra que la formation de stalagmites au sol, avec un faible dépôt au plafond. Cette cinétique du concrétionnement détermine les formes des concrétions en écoulement : draperies, coulées et cascades stalagmitiques, planchers stalagmitiques, stalagmites, colonnes, disques, etc.

Le concrétionnement à débit d'eau très réduit, soumis à des forces capillaires et de tension superficielle, se

développe dans toutes les directions de l'espace. Ce type est désigné sous le terme général d'«excentrique», lequel traduit l'anormalité des concrétions. Il présente de très nombreuses formes cristallines, en général très belles : cristaux en aiguilles, coralloïdes, touffes, efflorescences, etc.

En climat humide, le concrétionnement de pesanteur à grand débit d'eau est favorisé, alors qu'en climat sec et confiné, le concrétionnement capillaire se développe. Les formes de concrétionnement sont ainsi une première approximation des alternances climatiques.

Concrétions et paléoclimats

La nature, la composition chimique et la texture de la roche calcaire d'un site ne changent guère avec le temps, mais tous les autres facteurs (température, débit de l'eau, CO_2 , etc.) sont liés et dépendent du climat qui règne sur le massif calcaire où se situe la grotte. Aussi les structures des concrétions retracent-elles les variations climatiques et permettent-elles de les identifier.

Pendant une même phase climatique qui dure parfois plusieurs dizaines de milliers d'années, le concrétionnement reste continu, homogène, avec développement des mêmes types de concrétions. Lorsque les conditions climatiques sont telles que l'apport d'eau est réduit, la vitesse du concrétionnement diminue et le dépôt peut même s'arrêter complètement pendant de très longues périodes. Cet arrêt des dépôts se marque généralement dans les concrétions par des couches de coloration brune dues à des oxydations et à des corrosions de la surface des concrétions.

Les périodes de non-concrétionnement sont souvent plus longues que celles pendant lesquelles les concrétions se développent. Les arrêts de concrétionnement indiquent des dégradations climatiques (froid ou sèche-

4. TROIS PÉRIODES DE CONCRÉTIONNEMENT apparaissent sur cette carotte prélevée dans un plancher stalagmitique. Elles sont séparées par des arrêts de concrétionnement soulignés par de petits niveaux brunâtres. On repère ainsi la succession des alternances climatiques au cours des derniers 120 000 ans. Remarquons que le temps de non-concrétionnement est supérieur au temps de concrétionnement (grotte de Clamouse, travaux d'Yves Quinif, Faculté de Mons, Belgique).

