

Analyse microstructurale

optique, SEM, EDS et EBSD du « rudiste cavernicole ».

L'échantillon a été poli jusqu'au papier 1200 puis sur feutre avec des particules de diamant de 6, 3 puis 1 microns. La photo (prise avec un téléphone portable) permet de bien restituer les couleurs et de voir la structure macroscopique en cercles concentriques (Fig.1).



Fig.1. Photo de l'échantillon poli. Le cœur circulaire a un diamètre de 4.5 mm.

Les grains constituant les couches apparaissent sous un microscope optique en champ clair (Fig.2). Les grains sont équiaxes de l'ordre du mm dans le cercle central (le cœur) et colonnaires dans les couches concentriques.

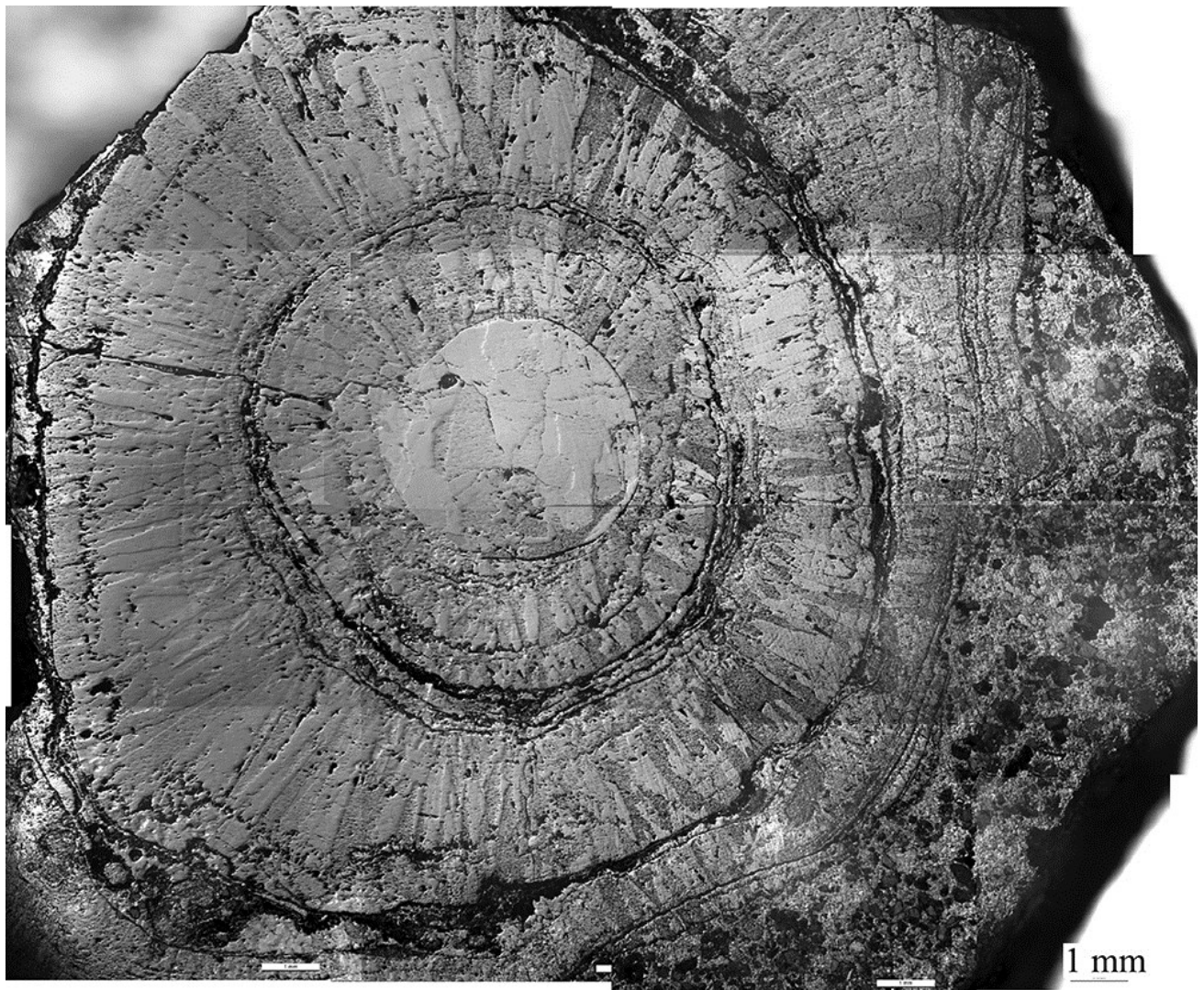


Fig.2. Montage de 4x4 images optiques x2.5 en champ clair.

L'imagerie en microscopie électronique à balayage (*Scanning Electron Microscope*, SEM) en mode d'électrons retrodiffusés (*Back Scatter Electrons*, BSE) montrent que le cœur et les couches concentriques sont homogènes chimiquement à part quelques en enrichissement en éléments plus lourds dans les fines couches intermédiaires concentriques et quelques particules (Fig.3).

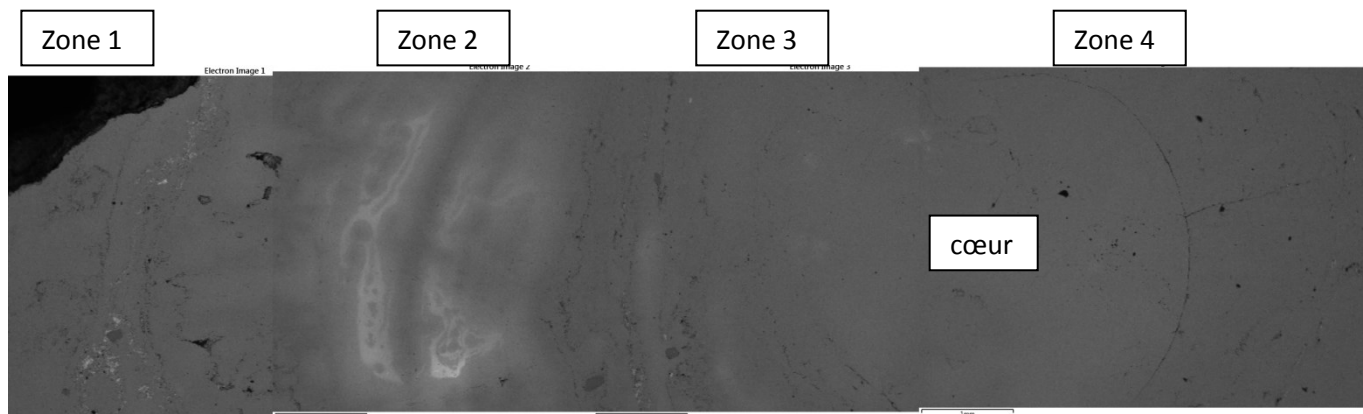


Fig.3. Montage de 4 images SEM-BSE à 20 kV. Les halos blanchâtres à gauche proviennent d'un effet de charge (en dépit de la métallisation au carbone).

Les analyses et cartes chimiques en EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) montrent que les couches sont constituées presque uniquement d'oxyde de calcium (en fait de la calcite mais le carbone ressort mal en EDS). Les fines couches intermédiaires qui apparaissent noires en optique sur la Fig.2 sont enrichies en Fe, Mn, Si, Al et de particules de silice comme le montrent les analyses faites dans chaque zone.

Electron Image 1

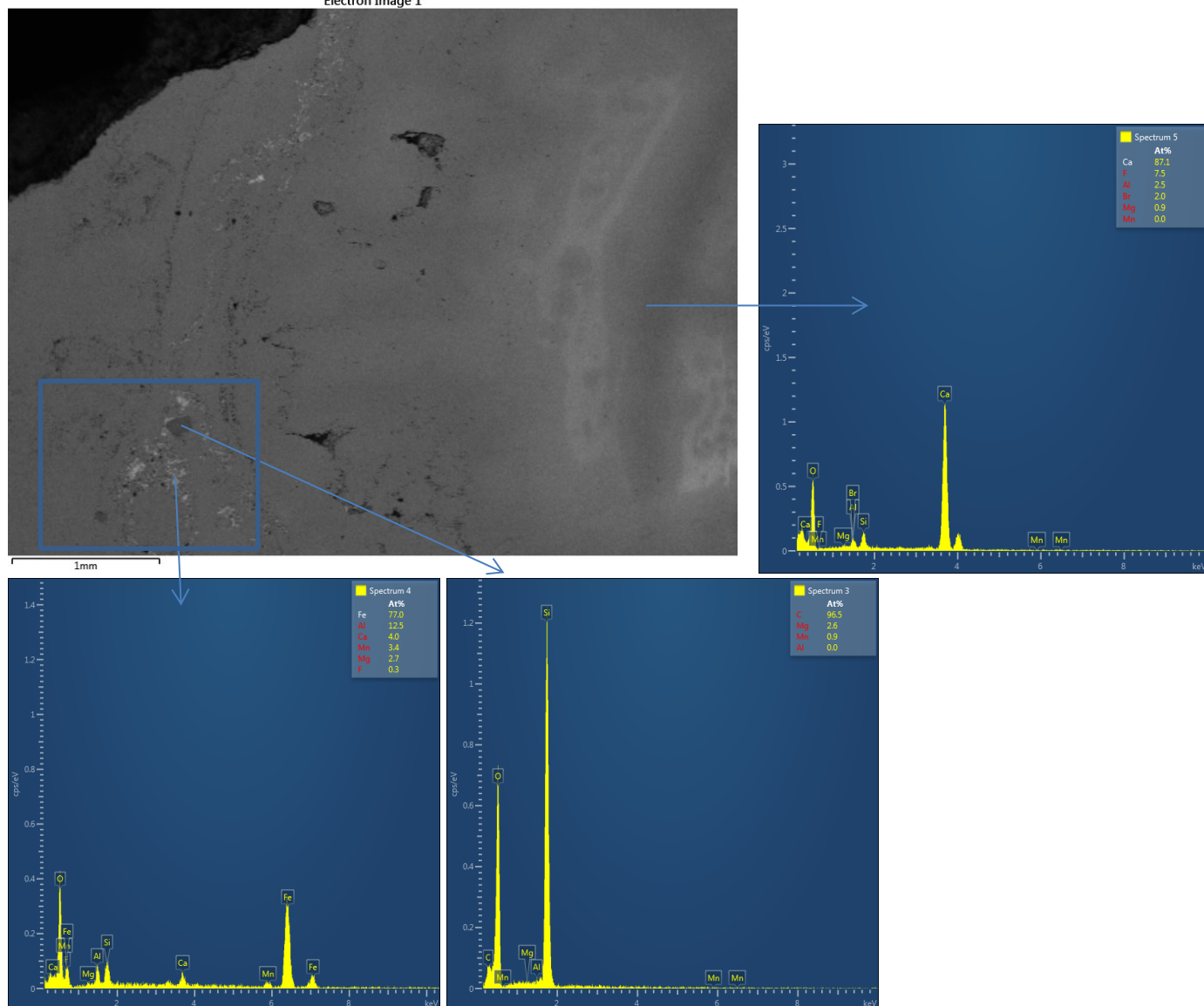


Fig.4. Analyses EDS en zone 1

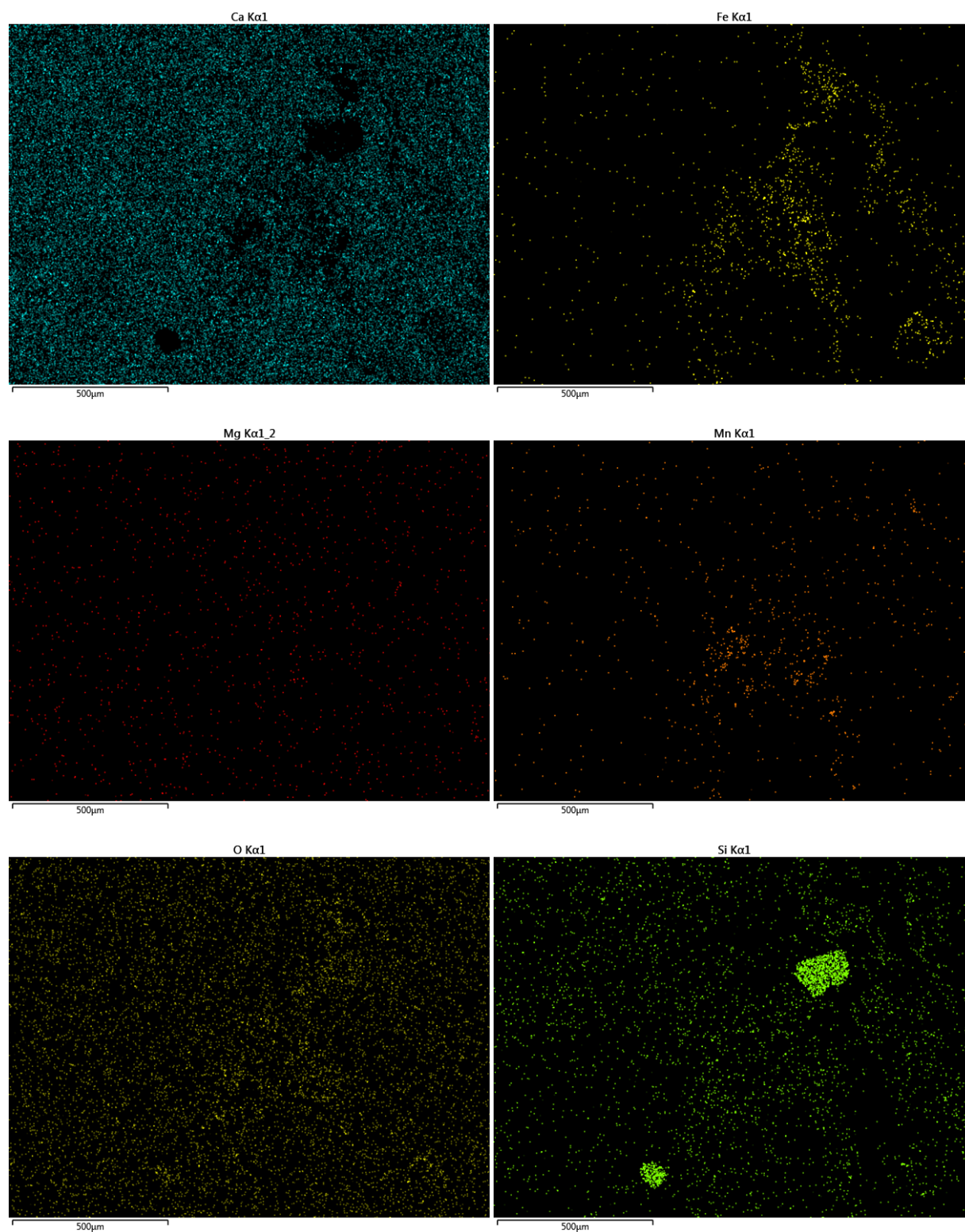


Fig.5 Cartes EDS dans la zone 1, dans le rectangle bleu en Fig.4.

Electron Image 7

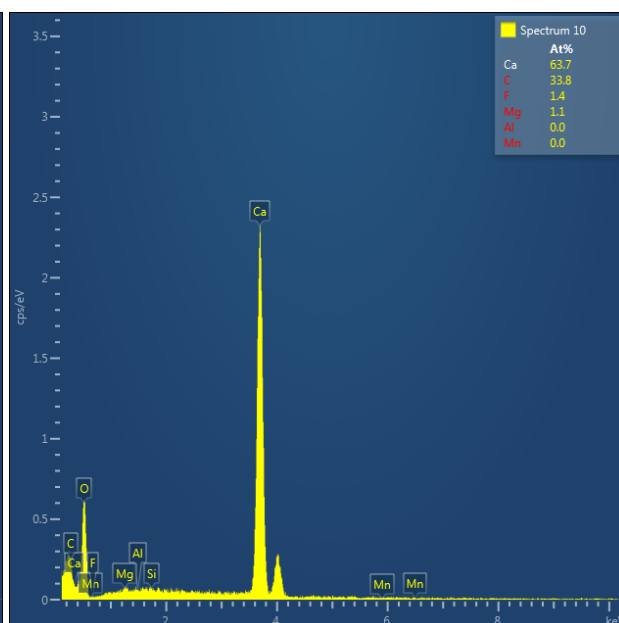
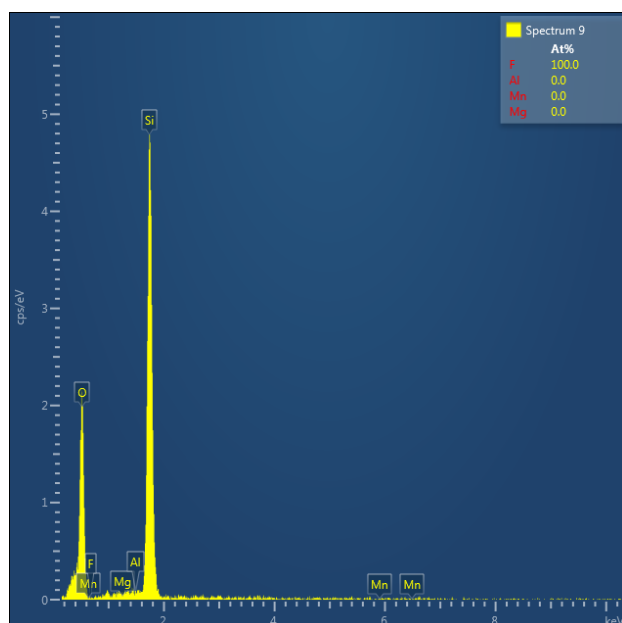
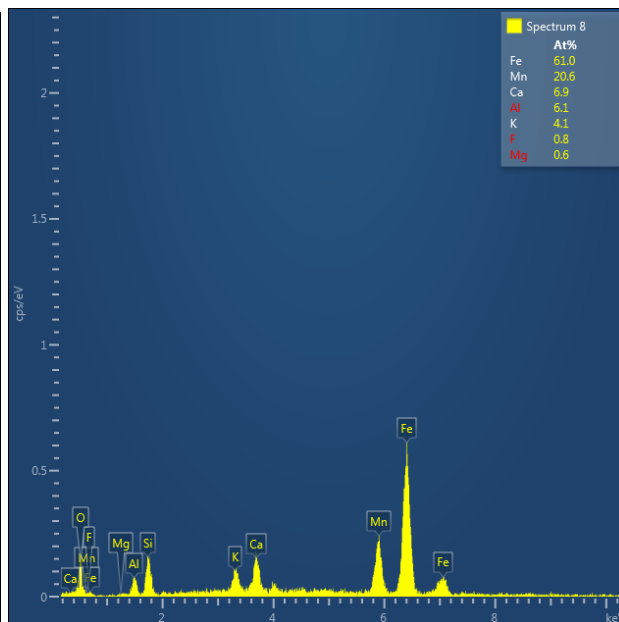
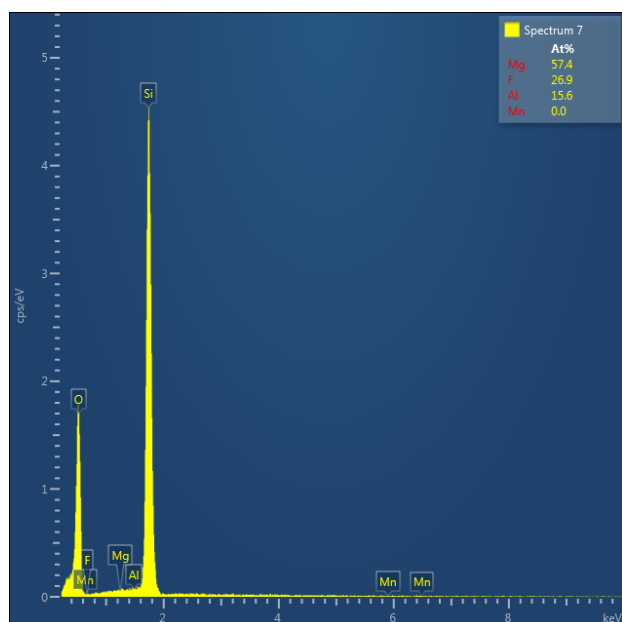
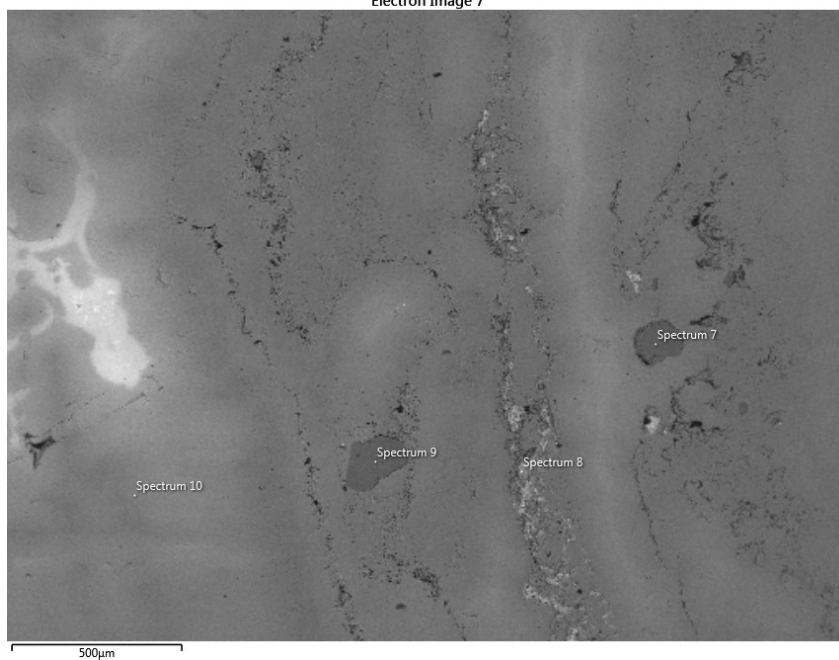


Fig.6. Analyses EDS en zone 2

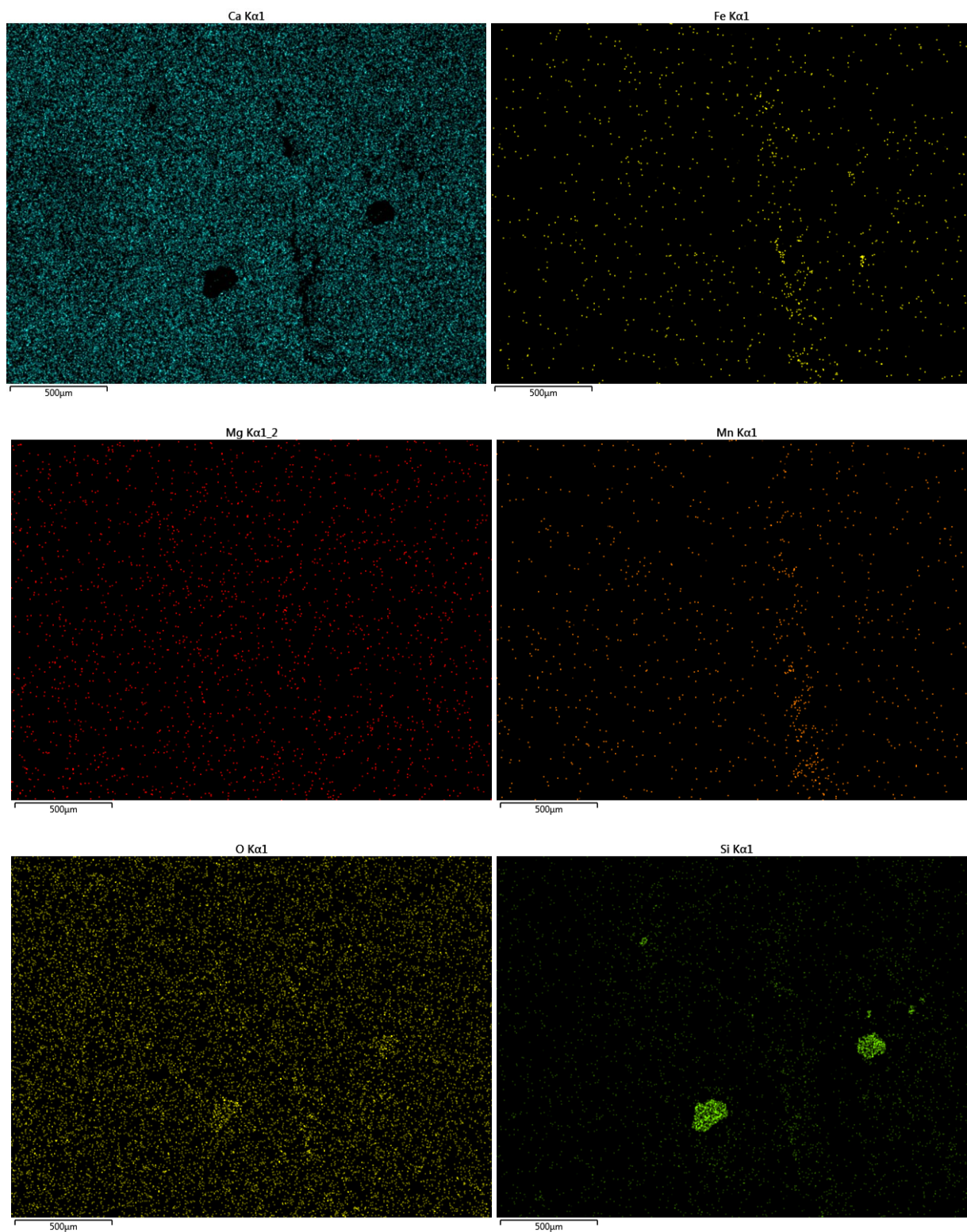


Fig.7. Cartes EDS dans la zone 2, même surface qu'en figure 6.

Figure 1 consists of two panels. Panel (a) is a grayscale micrograph showing a textured surface with a grid-like pattern. Panel (b) is a corresponding map of the surface, showing a network of red lines representing the texture. A circular region of interest is highlighted in the center of the map, containing several labeled points (e.g., 100, 110, 111, 112, 121, 131, 201, 211, 210, 301, 311, 401, 403, 402, 411, 412, 421, 431, 441, 451, 461, 471, 481, 491, 501, 511, 521, 531, 541, 551, 561, 571, 581, 591, 601, 611, 621, 631, 641, 651, 661, 671, 681, 691, 701, 711, 721, 731, 741, 751, 761, 771, 781, 791, 801, 811, 821, 831, 841, 851, 861, 871, 881, 891, 901, 911, 921, 931, 941, 951, 961, 971, 981, 991). The labels are in a small font and are placed near the corresponding points on the map.

Fig.8.Cliché EBSD de Kikuchi indexé avec la structure rhomboédrique de la calcite.

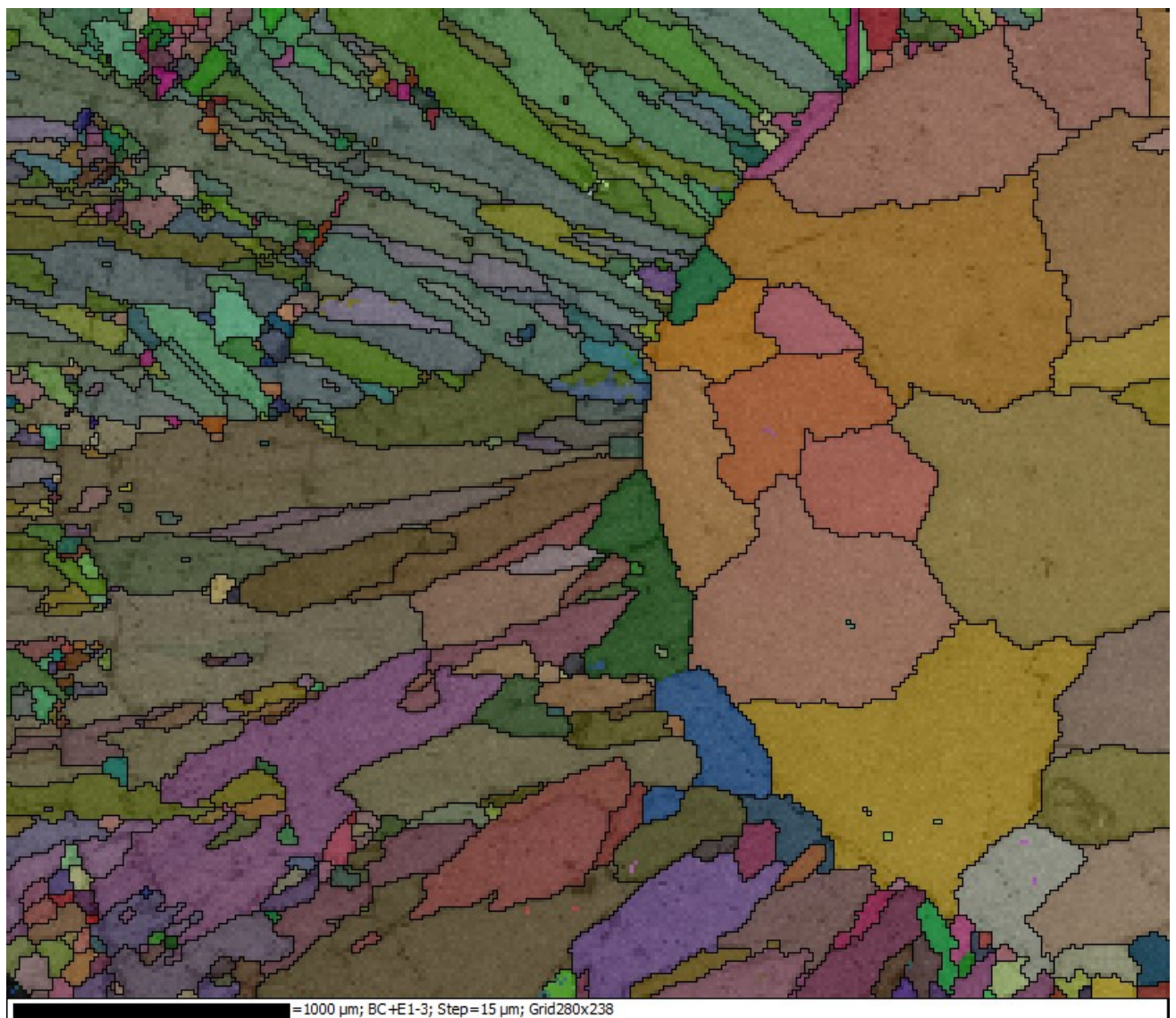


Fig.9. Cartes EBSD montrant les grains et leurs orientations (en angles d'Euler)

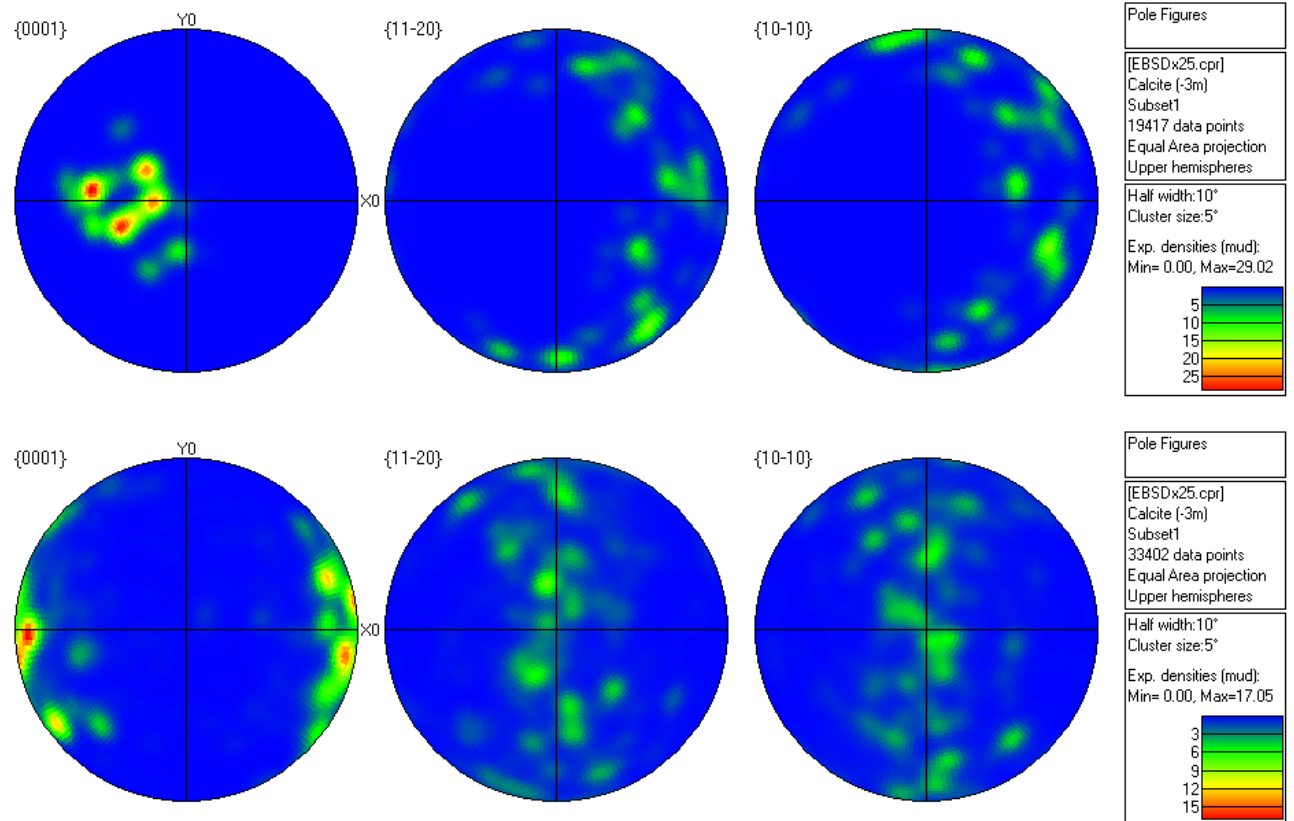


Fig.10. Figures de pole montrant les orientations préférentielles de la partie ce cœur (en haut) et des parties circulaires.

Comparaison avec pétrographies publiées

Non animal mais mineral ?

La microstructure en grains equiaxes au cœur et colonnaire/sphérulite sur les couches externes ne semblent pas correspondre aux microstructures fines généralement observées dans le règne animal. Par exemple, il est clair que la microstructure présentée dans ce document n'a rien de commun avec celles des bivalves telles que montées dans l'étude Nanostructures composition and mechanisms of shell growth, DJ Jacob et al, Geochimica et Cosmochimica Acta 72 (2008) 5401-5415.

Les minéraux peuvent présenter eux des microstructures sphérulites à gros grains :

La wavellite (image à droite) présente ces formes de sphérulite, même si ce n'est pas de la calcite et la pierre est vraiment sphérique.



De la calcite minérale sous forme de sphérulite est possible, comme le montre cette étude de 1933

A MINERALIZED SPHERULITIC LIMESTONE IN THE CHELTENHAM FIRECLAY*

VICTOR T. ALLEN, *Saint Louis University, Saint Louis, Missouri.*

The origin of the spherulites may be briefly considered under four headings:

(1) The spherulites may be secondary and represent calcium carbonate leached from above and deposited around the central granular part of the limestone mass. If this were the case, it is difficult to understand how sufficient calcium carbonate found its way through the limestone lenses to form a thickness of spherulites on the under side nearly equal to that on the upper.

(2) An organic origin is not favored because of the absence of any organic structures, and because spherulites have been grown without the aid of organisms.

(3) Morse, Warren, and Donnay⁶ have produced artificial spherulites of many substances, including calcium carbonate, in gels. They regard

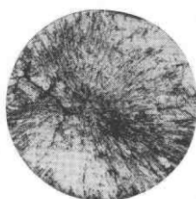


FIG. 2. Photomicrograph of a spherulite of calcite 1.5 mm. in diameter, showing radiating development and absence of any concentric structure.

Non minéral mais animal ?

La microstructure des rostres de bélemnite est intéressante:

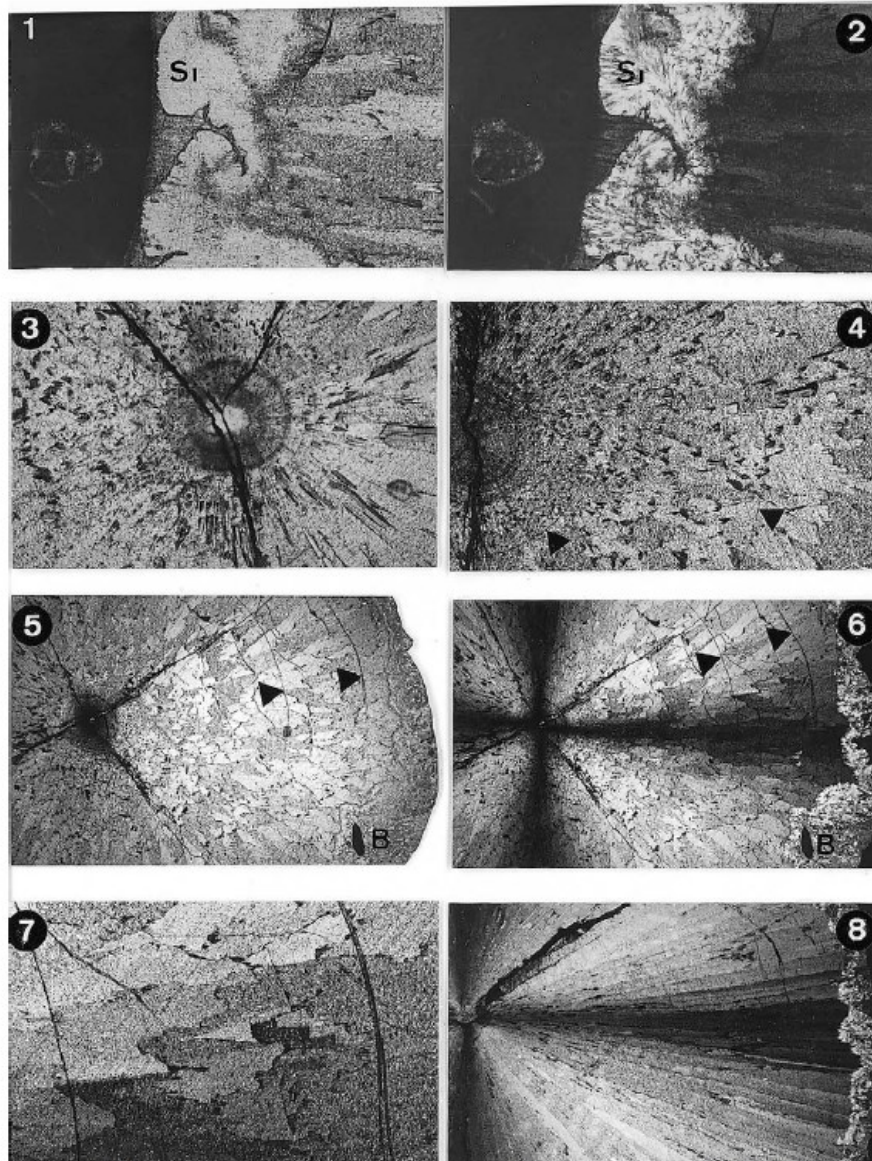


Fig. 4. Cross-sections of rostra of *Belemnitella mucronata* under transmitted light (TL) and crossed nicols (CN). (1–8) Thin-sections. (1, 2) Bed C-1, $\times 40$ (1-TN, 2-CN). Alveolar section of rostrum cavum (right) with internal sediment (left). Note silicified zone (Si) of quartzine-lutecite spherules. (3) Bed F10, $\times 40$, TL. Apical line and continuous rings in the central area of the rostrum solidum. Note radial orientation of loosely connected calcite crystals. (4) Bed F50, $\times 40$, TL. Apical section (left) and two discontinuous rings (arrowed) of the early-to-middle growth stage of the rostrum solidum. (5, 6) Bed F94, $\times 10$ (5-TL, 6-CN). Two discontinuous rings (arrowed) of middle-to-late growth stages of the rostrum solidum, covering less than half of the girth. Boring (B) occurred prior to silification. (7) Bed F94, close-up of (5) and (6), $\times 100$, CN. The coarse calcite crystals are visible as different shades of grey and pass over the discontinuous rings without break. (8) Bed C-3, $\times 10$, CN. Most common preservation of the radial region of the rostrum solidum: very small apical line

Pour les rudistes c'est vrai que la piste est sérieuse :



Photo de rudiste (à gauche, dommage qu'il n'y ait pas la coupe polie car les formes et couleurs semblent vraiment correspondre à notre objet), et pétrographies de coquilles (à droite) trouvées dans l'article « *End of a modern geological myth: there are no rudists in Brazil! Paleobiogeographic implications* » <http://paleopolis.rediris.es/cg/1511/> . Je pense que la lecture de cet article permettrait d'affiner le débat car il est dit que « *les analyses pétrographiques montrent que ces coquilles ne sauraient être attribuées à des rudistes mais plutôt à des Ostréidés ou à des Pycnodontidés* »