

## Contribution à l'étude des affleurements de roches carbonatées dans l'axe Vabre - Viane (département du Tarn).

par Albert Raynaud

### RÉSUMÉ

L'auteur a effectué un relevé des affleurements de roches calcaires à l'Est du village de Vabre (Tarn) le long de la vallée du Berlou et des dolomies situées un peu à l'Ouest de ce village. Un fossile, indéterminé, présent dans ces calcaires est décrit : de forme générale cylindroconique, non segmenté transversalement ni orné extérieurement, il mesure de 10 à 12 mm de longueur et 1 à 3,5 mm de diamètre transversal : sa structure a été étudiée sur lames minces, au moyen de la microscopie à balayage et de la microsonde électronique ; sa conservation imparfaite ne permet pas de préciser sa position zoologique et seules des suggestions d'appartenance à certains groupes peuvent être présentées.

### SUMMARY

A STUDY OF THE CALCAREOUS BEDS ALONG THE VALLEYS OF THE BERLOU AND GIJOU RIVERS, BETWEEN VABRE AND VIANE (DEPARTMENT OF TARN, FRANCE).

The positions of the calcareous beds which occur in the valley of the Berlou river, near the village of Vabre and west of this village have been recorded. A fossil, whose zoological position remains as yet undetermined is present in the limestone of this valley and is described in this paper ; its general shape is cylindro-conical, without transversal segmentation nor external ornamentation ; its length is about 10 to 12 mm and its width about 1 to 3,5 mm ; its structure is studied by means of several methods, scanning electron microscopy, thin sections, electronic microprobe. Its insufficient preservation does not permit to accurately place it in the classification and only suggestions relating to its systematic position can be presented here.

Les cartes géologiques indiquant la position des affleurements de calcaires et de dolomies dans la région de Vabre (Tarn), dans les vallées du Gijou et du Berlou comportent des erreurs et des lacunes.

Nous avons, depuis plusieurs années entrepris une étude de ces affleurements afin de préciser leur délimitation et leurs rapports avec les schistes environnants. Une recherche d'organismes fossiles dans ces calcaires a été également effectuée et une étude détaillée de ceux trouvés dans le gisement de Cruzis a été réalisée.

### HISTORIQUE

La carte géologique au 1/200 000 dressée par M. Thoral en 1935 indique la présence, dans la région de Vabre, d'étroites et courtes bandes de calcaire situées dans le prolongement l'une de l'autre, en direction Est-Ouest. Ces affleurements seraient d'âge géorgien supérieur, correspondant aux calcaires à *Archaeocyathus* de la région des Monts de Lacaune ; celui situé le plus à l'Ouest longerait la rive droite du Gijou et, à l'Est, atteindrait le village de

Vabre ; le second, prolongeant le précédent et peut-être relié à lui, remonterait vers l'Est et à partir du confluent Gijou-Berlou, suivrait pendant plus d'un kilomètre, une direction parallèle à celle du Berlou, sur sa rive gauche. Un troisième affleurement prolongeant le précédent et toujours parallèle à la rive gauche du Berlou débiterait à 1,3 km à l'Est de Vabre et s'étendrait jusqu'à hauteur du hameau du Caussonel. Ces trois bandes calcaires seraient englobées dans une série schisteuse d'âge Acadien-Postmadien.

La carte géologique au 1/200 000 établie par B. Gèze en 1949 modifie la délimitation précédente des calcaires, dans cette région : C' est maintenant une étroite bande continue de roches carbonatées du Cambrien moyen, qui, débutant à l'Ouest de Vabre traverserait ce village et s'étendrait à l'Est le long de la vallée du Berlou, approximativement jusqu'au Nord du village d'Espérausses. Cette bande calcaire s'appuierait sur une couche de Cambrien inférieur (c<sub>1</sub>) et d'Antécambrien délimitée du côté Sud par une écaille (dite de Vabre) au sud de laquelle se trouveraient des terrains plus jeunes (marqués c<sub>4</sub>, Cambrien supérieur). Dans la bande calcaire de Cambrien moyen

existent des alternances gréso-schisteuses. La coupe de terrain (N° 30) orientée NO-SE, passant par le village de Vabre et par celui de Baffignac, effectuée par Gèze (1949) montre des assises calcarifères (marquées  $c^2_{sc}$ ) comportant des niveaux schisteux et des niveaux calcaires affleurant au Sud du Gijou, en partie dans le village de Vabre et reposant sur des assises du Cambrien inférieur (marquées  $c^1$ ).

La carte géologique au 1/80 000 actuellement utilisée, établie d'après les relevés de B. Gèze et de Mattei (Feuille de Castres n°231) modifie légèrement les données de la carte de Gèze : la bande de Cambrien moyen figurant sur la carte de 1949 est maintenant dédoublée en deux étroites bandes parallèles de Géorgien supérieur (équivalent aux «Calcaires à *Archaeocyathus*» avec intercalations gréso-schisteuses) bordées au sud par une bande de Géorgien inférieur (marquée  $S_{1d}$ ) ; cette dernière serait séparée, au sud, par une faille, de terrains d'âge Postdamien (marqués  $S_{1a}$ ). D'après ces données, l'affleurement de la bande de terrain du Géorgien supérieur serait donc continu depuis un point situé à un peu plus d'un kilomètre à l'Ouest du village de Vabre, jusqu'à un point situé à 6,5 kilomètres à l'Est de ce village, en suivant la vallée du Berlou. Nous verrons dans ce travail, que les affleurements de roches carbonatées sont séparés et nettement délimités dans cette région dont la lithostratigraphie reste encore incertaine. D'autre part, cette carte géologique ne fait pas états de nombreux affleurements de roches calcaires situés en dehors des deux bandes mentionnées ci-dessus.

A ces observations déjà anciennes sont venues s'ajouter des données plus récentes.

Dans son étude de la microtectonique du Paléozoïque à l'Ouest de Vabre, J.-P. Mauries (1970) décrit des roches

calcaires disposées en lentilles éparses appartenant vraisemblablement à une unité stratigraphique en place. Bien qu'il n'ait pas recherché la répartition de ces lentilles, il décrit celles du Roussy, de Cayssié, et, à l'Est de Vabre, celle de Cruzis dans laquelle il eut le mérite de découvrir des organismes fossiles. Des analyses chimiques lui permirent d'établir la nature dolomitique de ces affleurements de roches carbonatées.

Dans son étude minéralogique et métallogénique des districts de Roquecourbe, Montredon-Labessonnié, L. Pagès (1972) signale brièvement la position d'affleurements dolomitiques à l'Ouest de Vabre (celui de Cayssié, ceux situés à l'Ouest de Bennac et du Roussy) ; bien qu'ils ne renferment pas de fossiles, ces calcaires pourraient être assimilés, d'après l'auteur, aux calcaires à *Archaeocyathus* de Sud-Est de la Montagne Noire, d'âge Géorgien.

En 1975, L. Albouy effectua une étude géologique et métallogénique des régions de Vabre, Ferrières et Brassac ; ce travail apporte des précisions essentielles sur la répartition des affleurements de roches carbonatées dans la région de Vabre à Viane : les bancs calcaires sont, cette fois, correctement scindés en affleurements distincts, bien délimités. Toutefois, quelques affleurements ont échappé à l'auteur ; d'autre part, certains bancs doivent encore être scindés en petits affleurements séparés.

#### RECHERCHES STRATIGRAPHIQUES

Depuis plusieurs années j'ai parcouru le terrain à l'Ouest de Vabre et dans la vallée du Berlou pour déceler et relever les affleurements de roche carbonatées ; l'étude est rendue difficile par la fermeture des anciens sentiers

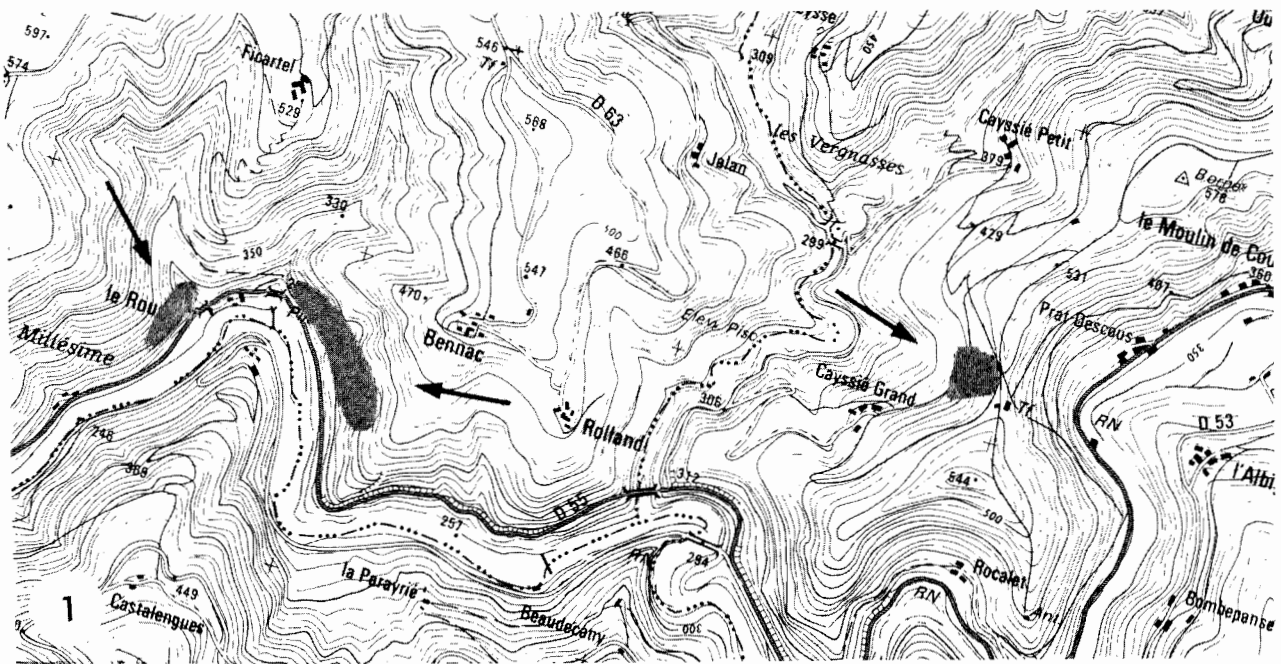


Figure 1.— Position reportée sur la carte de l'IGN, des affleurements de dolomies immédiatement à l'Ouest de Vabre. Les flèches montrent, d'Ouest en Est, les affleurements du Roussy, de Bennac et de Cayssié-Grand. Echelle : 1/25 000.

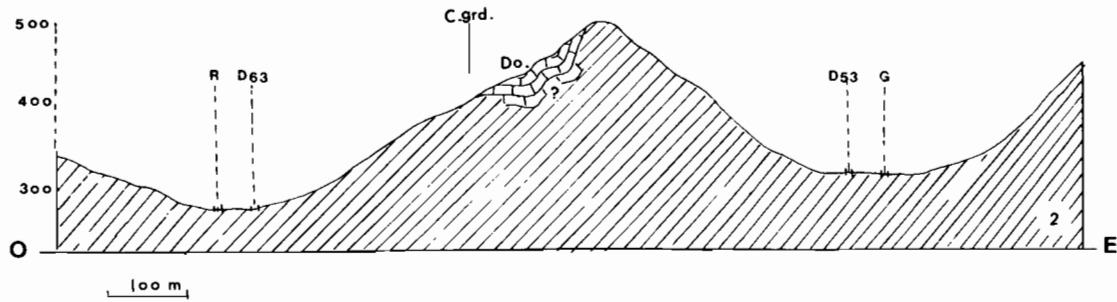


Figure 2.— Coupe semi-schématique, orientée Est-Ouest, passant par le sommet de la colline du «Banquet», montrant l'affleurement de dolomies (Do.) sur le flanc Ouest (C. grd. : longitude de Cayssié-Grand ; D53 : Route départementale 53 ; D63 : Route départementale 63 · G. : Gijou ; R. : Ruisseau du Vézergues). Le point d'interrogation indique l'absence

de renseignements sur l'étendue et l'orientation des couches de dolomies en profondeur ; ces couches n'affleurent pas sur le versant Est de la colline. Les altitudes sont indiquées en mètres, sur le côté gauche de la figure.

et le développement d'une végétation constituée de buissons épineux qui recouvre les flancs des vallées. Les affleurements décelés ont été reportés sur la carte de France au 1/25 000 de l'Institut géographique national, feuille de Castres, N° XXIII - 43, 3-4 de l'année 1975 ; les coordonnées indiquées dans ce travail ont été calculées d'après cette carte et traduites en latitudes et longitudes en degrés (longitudes référées au méridien international) rapportées au système géodésique européen unifié.

Les figures 1 et 3 du texte indiquent la position des affleurements calcaifères dans cette région ; ils se répartissent en six groupes.

#### 1. Affleurement de Bennac.

A l'Ouest du hameau de Bennac, à l'emplacement du premier banc calcaire figurant sur la carte géologique actuelle, on ne trouve que des schistes mêlés de quartz. En fait, l'affleurement, formé de dolomies silicifiées est situé au Sud-Ouest du hameau de Bennac, à l'emplacement de la partie inférieure de la lettre Q indiquant la présence d'un filon de quartz sur la carte géologique actuelle ; ce banc de dolomies se prolonge en direction Nord-Ouest et parallèlement à la route départementale (D55) ; il s'interrompt à hauteur du sommet de la boucle que forme ici l'Agoût et c'est un peu plus à l'Ouest qu'est situé l'affleurement du Roussy.

Cet affleurement de Bennac est constitué de dolomies ferrifères riches en magnésium et silicifiées, d'où leur dureté ; la silicification est sans doute consécutive à la montée granitique du Sidobre.

#### 2. Affleurement de Cayssié-Grand.

Entre les hameaux de Bennac et de Cayssié-Grand s'étend une vallée parcourue par le ruisseau de l'Uslade et la route départementale D63 ; les deux flancs de cette vallée sont formés de schistes plongeant de 45 à 55° en direction N.O. ; c'est presque au sommet de la colline située à l'est, à environ 300 mètres au N.E. du hameau de

Cayssié-Grand que se situe l'affleurement de dolomies ; il présente une forme grossièrement rectangulaire, avec un côté longeant la ligne de crête, à la côte 490 (longitude de 2°, 24' 35") et deux côtés suivant la ligne de plus grande pente de la colline jusqu'à la côte 410 ; l'affleurement s'étend entre les latitudes 43° 41' 18" et 43° 41' 25" ; sa largeur est d'environ une centaine de mètres et son étendue en direction Est-Ouest, d'environ 200 mètres. Il est formé de blocs massifs, de teinte beige ou brune dans la partie supérieure de la colline, de teinte gris bleuté dans le bas.

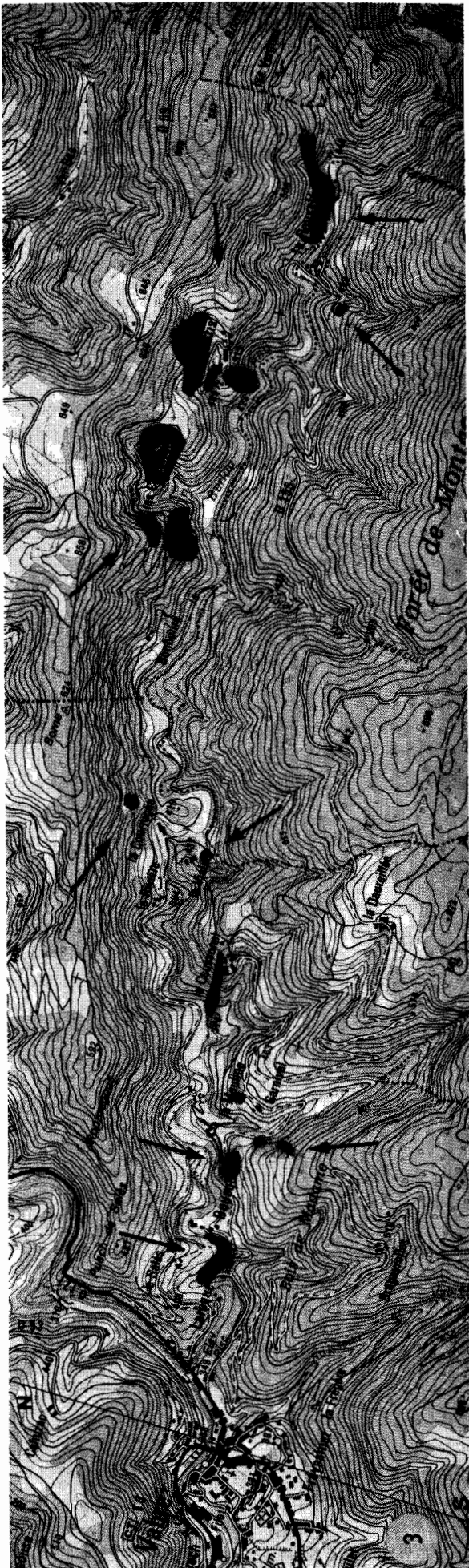
Plusieurs particularités sont à noter :

a) les dolomies sont en discordance avec les strates schisteuses (fig. 2 du texte) ; la colline qui supporte ces dolomies est formée d'une épaisse série schisteuse plongeant au Nord-Ouest, de 35 à 47° ; l'axe horizontal des couches et dirigé vers le Nord-Est ; dans la partie supérieure de la colline, les dolomies plongent au contraire, vers le Nord-Est, avec des pendages de 50 à 90°, l'axe horizontal des plis étant dirigé vers le Nord-Ouest ; dans la partie inférieure de l'affleurement, les dolomies plongent vers le sud-ouest, la direction de l'horizontale des couches étant toujours nord-ouest ; il y a donc là, l'indication d'au moins un pli anticlinal, mais plusieurs plis secondaires semblent exister. Comme le montre la figure 2, ces bancs calcaires ne traversent pas la colline : sur le flanc Est de celle-ci, nous n'avons trouvé que des schistes.

b) Cet affleurement est essentiellement constitué de dolomies ; les dosages effectués au laboratoire ont donné les résultats suivants :

SiO <sup>2</sup> .....	0,8 %
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> .....	0,7 %
Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> .....	1,3 %
CaO .....	31,8 %
MgO .....	20,5 %
Perte au feu (CO <sup>2</sup> ) .....	45 %

Il s'agit donc de dolomite presque pure.



c) Cet affleurement de dolomies est situé entre les altitudes de 400 et de 500 mètres, presque au sommet de la colline ; c'est là, une position élevée qui ne se retrouvera qu'à plusieurs kilomètres à l'Est, dans la vallée du Berlou.

Ajoutons que ces calcaires avaient été, autrefois, exploités, comme ceux de Bennac, d'ailleurs ; dans les deux cas, existent encore, à côté du gisement, les restes d'un four à chaux.

### 3. Affleurements de Laroque, du Bousquet.

Entre l'affleurement des dolomies de Cayssié-Grand, à 1,2 km à l'Ouest de Vabre et le hameau de Laroque à 1 km à l'Est de Vabre, aucun affleurement de roches carbonatées n'a été trouvé ; le village de Vabre est situé sur de puissantes assises de schistes plongeant en direction du Nord-Ouest. A partir de Laroque et en se dirigeant vers l'Est, on trouve dans la vallée du Berlou, une série d'affleurements de roches carbonatées ; leur emplacement est indiqué sur la figure 3 (carte IGN).

A Laroque, les calcaires se présentent sous forme de dalles de quelques mètres d'épaisseur (figure 4) orientées Est-Ouest, légèrement inclinées ; elles plongent de  $20^{\circ}$  à  $35^{\circ}$  en direction Nord-Ouest et jalonnent la rive gauche du Berlou presque jusqu'au hameau du Bousquet. Au dessous des bancs calcaires existent des schistes qui plongent également de  $35^{\circ}$  vers le Nord-Ouest. Nous avons examiné ces schistes sur lames minces : elles montrent des lits de quartz alternant avec des lits de mica de même épaisseur ; les lits de quartz sont formés par l'association de grains de 10 à  $50\mu\text{m}$ , engrainés, très souvent à extinctions roullantes, quelques cristaux de quartz de 150 à  $200\mu\text{m}$  sont dispersés çà et là, dans la roche ; le mica est surtout de la séricite en paquets de lamelles onduleuses, avec un peu de biotite ; on note aussi la présence d'oxydes de fer, opaques. La structure de ces schistes est voisine de celle des schistes sous-jacents aux dolomies de Cayssié-Grand (ici, les lames minces montrent que le mica est surtout de la biotite et la présence de divers feldspaths plagioclases). Au dessus des bancs calcaires de Laroque s'étage une assise de schistes ampéliteux d'une centaine de mètres d'épaisseur qui plongent de  $20$  à  $35^{\circ}$  vers le Nord-Ouest ; ils rejoignent au sud les schistes métamorphiques de la bordure Nord du massif granitique du Sidobre. Une analyse des grandes dalles calcaires a montré que leur teneur en MgO était voisine de zéro.

Deux affleurements de calcaire ont été relevés au sud-est du hameau du Bousquet ; le premier, qui a été autrefois exploité a pour longitude  $2^{\circ} 26' 33''$  et pour latitude  $43^{\circ} 41' 50''$  ; le second situé au nord de celui-ci a pour lon-

← Figure 3.— Position reportée sur la carte géographique de l'IGN (Feuille de Castres, XXIII - 43, 3-4), des affleurements de roches calcaires, à l'Est de Vabre, le long de la vallée du Berlou. Les affleurements ou les groupes d'affleurements sont signalés par des flèches (la surface des très petits affleurements a du être légèrement exagérée pour les rendre visibles à cette échelle (les dimensions précises sont données dans le texte). La droite NS indique l'axe Nord-Sud. (Echelle : 1/25 000).



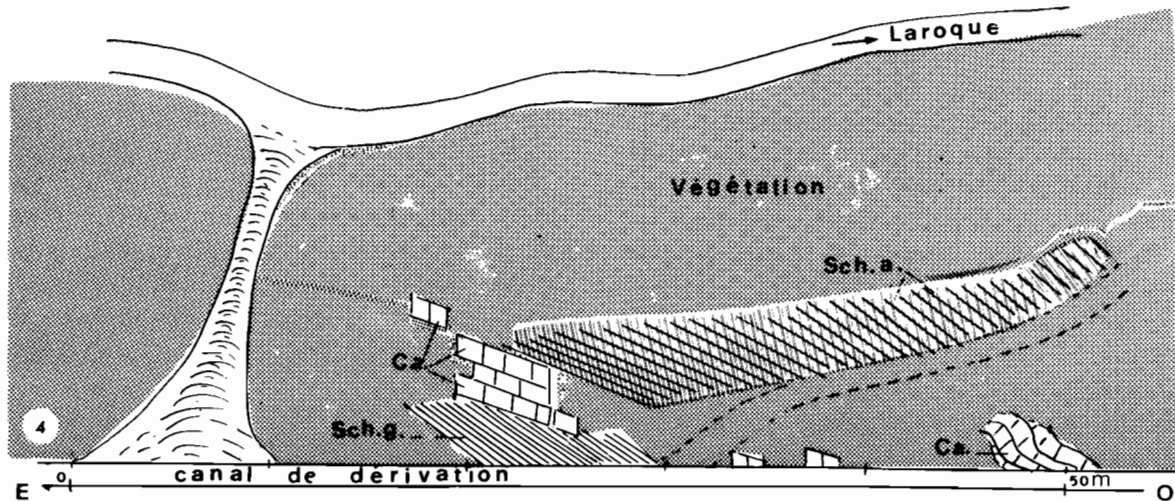


Figure 4.— Représentation semi-schématique des affleurements de calcaires et de schistes dans le talus situé juste au dessus du canal de dérivation du Berlou, à une centaine de mètres de l'Est de Laroque. Le talus, en grande partie recouvert par la végétation laisse apparaître des dalles calcaires (Ca.) plongeant de 20 à 35° en direction Nord, Nord-Ouest ;

au dessous d'elles existent des schistes gris (Sch. g.) plongeant de 35° vers le Nord-Ouest. Les dalles calcaires, de quelques mètres d'épaisseur sont surmontées par des schistes ampéliteux (Sch. a.) plongeant également de 20° à 40° vers le Nord-Ouest. Le dessin est orienté Est-Ouest. La longueur de talus représentée sur le dessin est de 50 mètres.

gitude 2° 26' 38" et pour latitude 43° 41' 41" ; cet affleurement est de dimensions réduites, quelques mètres à peine ; il est à noter qu'il s'éloigne de la limite sud assignée aux dépôts calcaires sur la carte géologique actuelle. Une analyse chimique de ce calcaire a donné les résultats suivants :

SiO <sup>2</sup>	0,9 %
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	2,3 %
Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	0,9 %
CaO	51,1 %
MgO	2,5 %
Perte au feu (CO <sup>2</sup> )	42,3 %

Il s'agit donc d'un calcaire qui n'est que très légèrement magnésien et se rapproche à ce point de vue, de celui de Laroque. A noter que ces calcaires étaient autrefois exploités : près des maisons du hameau de Laroque existent encore les restes d'un four à chaux.

#### 4. Affleurement du Caussonel.

Voisin des précédents, il s'étend à partir des maisons situées au centre du hameau, vers l'Ouest jusqu'à la rive gauche du Berlou ; il forme ainsi une bande étroite, d'une cinquantaine de mètres de largeur, orientée Est-Ouest, qui se termine au voisinage du point de cote 374 marqué sur la carte, près du Berlou (figure 3 du texte). L'extrémité Est de cette bande est orientée vers la Viale. Ce calcaire est gris-bleuté, homogène, il réagit fortement à HCL, à froid. Cet affleurement avait été noté par Albouy (1975), mais la bande représentée sur sa carte est trop large, elle indique la présence de calcaire avant le hameau du Caussonel, du côté Sud-Ouest, ce qui est inexact.

#### 5. Affleurements de la Courrégée et de la Viale.

Ce sont des affleurements très limités ; leur position est indiquée sur la carte de la figure 3 du texte. Le premier se situe sur la colline située sur la rive droite du Berlou, légèrement au Nord-Est du hameau de la Courrégée ; sa longitude est de 2° 27' 42" et sa latitude 43° 42' 17" ; là, sur une dizaine de mètres d'étendue horizontale et sur une hauteur de deux mètres environ existent des dalles calcaires plongeant en direction Nord-Ouest ; à leur base existe une cavité où naît une source ; de la vapeur d'eau s'échappe de cette ouverture, en hiver (indication d'une poche d'eau souterraine proche ?) ; ce calcaire est à grains fins et de teinte noirâtre ; il réagit fortement à HCL, à froid ; son analyse chimique a donné les résultats suivants :

CO <sup>3</sup> Ca	96,08 %
CO <sup>3</sup> Mg	0,33 %
Fe	0,07 %
Mn	0,016 %
Na <sup>2</sup> O	0,14 %
K <sup>2</sup> O	0,008 %
Résidu à HCL	3,356 %

L'affleurement de la Viale (rive gauche du Berlou) est encore plus limité : quelques blocs de calcaire ont été mis à jour à la suite de petits travaux effectués dans un sentier ; ces blocs sont d'un noir bleuté, à section lisse ; ils réagissent fortement à l'HCL ; l'examen chimique montre qu'il s'agit d'un calcaire auquel est mêlée de la matière carbonneuse amorphe et quelques grains de quartz ; la roche est sillonnée par endroits, de fins lits blancs de cal-

cite remaniée. Aucun organisme fossile n'a, jusqu'à présent, été observé dans ce calcaire, pas plus que dans celui de la Courrégée. Les coordonnées de cet affleurement sont : longitude, 2° 27' 27" ; latitude, 43° 42' 1"6 ; il coïncide avec la limite sud de la bande teintée en vert foncé représentant des terrains du Cambrien inférieur (S1d) figurant sur la carte géologique

#### 6. Affleurements de Cruzis - Las Combettes.

Ce sont les plus importants, par leur étendue d'abord ; on peut distinguer cinq groupes principaux dont les emplacements sont précisés sur la carte de la figure 3 du texte. Une autre particularité importante de ces affleurements réside en la présence de nombreux organismes fossiles, à Cruzis et près de Las Combettes : ces fossiles sont visibles dans les roches, en bordure de la route départementale D155 après la dernière maison de Cruzis en allant vers Montagnol, mais ils sont particulièrement abondants dans une ancienne carrière située au départ du chemin conduisant de Cruzis à Las Combettes. L'analyse chimique de ce calcaire fossilifère a montré qu'il ne contient qu'une faible proportion (4,56 %) de MgO.

#### 7. Affleurements de La Roussié.

En quittant la route départementale D155 au pont de la Roussié et en remontant le long de la rive droite du Berlou pendant six cent mètres environ, on rencontre un nouvel affleurement de calcaire ; il est situé sur le bord d'un canal de dérivation longeant le Berlou sur cette rive (fig. 3 du texte). Le calcaire se présente là sous forme de larges dalles d'un gris bleuté, dont la surface suit la pente naturelle de la colline. On suit cet affleurement pendant environ 300 mètres ; puis, une colline (culminant à la cote 602) barre la vallée et le Berlou amorce une courbe accentuée vers le sud pour contourner cet obstacle. Il faut alors s'éloigner du Berlou et progresser vers l'Est pour suivre l'affleurement pendant environ 250 mètres. Ces calcaires se terminent à la longitude de 2° 29' 47", à environ huit cent mètres au Sud-Ouest de la vieille maison de «Las Vergnes» ; et on trouve là, dans les fourrés, les vestiges d'un très ancien four à chaux. Le calcaire de cet affleurement est très cristallin, riche en calcite et montre une disposition en lits superposés ; son analyse chimique a donné les résultats suivants :

CO <sup>3</sup> Ca	98,03 %
CO <sup>3</sup> Mg	0,004 %
Fe	0,03 %
Mn	0,008 %
Na <sup>2</sup> O	0,13 %
K <sup>2</sup> O	0,015 %
Résidu à HCL	1,78 %

A l'est de «Las Vergnes» jusqu'à Hivies, nous n'avons plus observé d'affleurements calcaires ; pour en retrouver, il faut aller plus à l'Est, jusqu'au groupe de bancs de Camalières qui ne sont pas inclus dans cette étude.

## DISCUSSION

De cette étude de localisation des affleurements de roches carbonatées dans cette région se dégagent quelques constatations générales.

a) La multiplicité des aires de roches carbonatées et leur alignement dans l'axe Vabre-Viane. Cette répartition suggère l'existence d'une nappe autrefois continue. Cette conception d'une unité stratigraphique est renforcée par la similitude de constitution chimique de ces roches : le long de la vallée du Berlou, elles présentent un caractère commun, la faible teneur en MgO (de 0 à 6 %, d'après les analyses mentionnées dans ce travail), alors qu'à l'Ouest de Vabre on a affaire à des calcaires magnésiens, avec une teneur en MgO allant de 20 % à 30 %. Rappelons que Mauries (1970) avait déjà noté la très faible proportion de dolomite (3,21 % en moyenne) dans les calcaires du Cruzis.

b) En certains points du fond de la vallée du Berlou affleurent les schistes noirs, ampéliteux : nous les avons décelé à Laroque, La Mouline, près du Caussonel et également à l'entrée de Vabre, sur la rive gauche du Gijou. En ces points, lorsque les bancs calcaires sont présents, ils sont situés immédiatement au dessous des schistes noirs. Ailleurs, à l'Ouest de Vabre et également plus à l'Est dans la vallée du Berlou, nous n'avons pas trouvé ces schistes noirs ; ainsi, nous ne savons pas si tous les calcaires dont nous avons relevé l'affleurement sont du même âge. Mauries (1970) avait déjà posé ce problème. En fait, on peut se demander s'il n'y aurait pas une série calcaire de base d'âge Géorgien supérieur équivalents aux «calcaires à *Archaeocyathus*» du versant sud de la Montagne Noire, qui serait située au dessous des schistes noirs et une série calcaire d'âge plus récent intercalée entre les séries noire et verte, qui pourrait être datée de l'Acadien moyen ou supérieur.

Ce problème est rendu complexe par la tectonique de la région : depuis les travaux de Bergeron (1899) sur les terrains paléozoïques et la tectonique de la Montagne Noire, de Astre (1929), de Blayac et Thorat (1931) de Thorat (1929, 1933, 1935<sub>a</sub>, 1935<sub>b</sub>), de Gèze (1949), la lithostratigraphie et la biostratigraphie de la région des Monts de Lacaune et du versant septentrional de la Montagne Noire ont fait l'objet de nombreuses études ; citons parmi celles-ci : Thiébault et Escande (1950, 1953), Barreyre (1962), Béziat (1964, 1973), Boyer et Guiraud (1964), Guerancy (1970), Pagès (1972), Béziat (1973), Courtessole (1973), Escande (1974), Albouy (1975), Landes (1980), Demanges (1982). Gèze (1949) avait déjà mis l'accent sur la tectonique complexe dans la vallée du Berlou et du Gijou, avec «l'écaïlle de Vabre» rendant incertaine la datation stratigraphique de certains affleurements. Albouy (1975) admet que cette écaïlle lamine la série schisteuse noire et qu'ainsi, les schistes noirs, pincés à leur base ne peuvent affleurer dans l'Est de la vallée du Berlou ; à l'Ouest de cette vallée, il considère que les carbonates des hameaux

de Laroque et du Caussonnel se situent au dessus des lambeaux de la série noire ; et, en tenant compte de la nouvelle échelle litho-stratigraphique proposée par Donnot (Rapport BRGM inédit) et par Béziat (1973) (voir aussi Donnot et Guérange, 1978), il situe ces calcaires entre les séries verte et noire, c'est à dire à un niveau correspondant à l'Acadien moyen.

Nous ne pouvons, actuellement, qu'envisager ces différentes interprétations en espérant qu'une étude biostratigraphique puisse permettre, un jour, de dater avec plus de précision, ces affleurements de roches carbonatés dans la vallée du Berlou.

## PALÉONTOLOGIE

Les calcaires de Cruzis contiennent de nombreux organismes fossiles qui y ont été découverts par J.-P. Mauriès (1970) ; cet auteur en a donné une brève description et a schématisé leur contour et leur section ; il s'agit, pour lui, d'organismes coloniaux tubulaires, peut-être d'encrines de petite taille, bien que les parois de la plupart des tubes observés soient lisses ; l'auteur ne donne pas de photographies de ces organismes, seulement une photographie d'une coupe transversale assez fine de l'un d'eux (Annexe III, Mauriès, 1970).

Une étude plus complète de ces fossiles s'imposait, et ceci d'autant plus que Mauriès ne semble avoir examiné que des fossiles usés par l'érosion, en surface des roches et que L. Albouy (1975) qui les a retrouvés laisse planer un doute sur leur nature : cet auteur les décrit comme de simples assemblages millimétriques, de forme circulaire ou ovale, de cristaux de calcite et remet en cause leur appartenance à des organismes vivants.

Ayant découvert un point fossilifère particulièrement riche (dans une ancienne carrière appartenant à M. David) nous avons pu entreprendre depuis l'année 1980, une étude détaillée de ces fossiles ; en voici les résultats essentiels.

### I. MORPHOLOGIE GÉNÉRALE DES FOSSILES

L'aspect des fossiles varie avec leur position actuelle dans la roche.

A - Dans la masse des calcaires gris ou blanchâtres, riches en calcite, ces organismes sont peu nombreux ; sur

Bien que notre travail n'ait pas été orienté vers l'étude de ce problème, nos observations attirent l'attention sur le fait que le plongement des bancs calcaires et des assises sus et sous-jacentes est relativement modéré (20 à 25° à Laroque, par exemple) et très différent de celui indiqué sur les coupes du terrain présentées par Gèze (1949). Dès lors, tout en admettant l'existence possible (au niveau des schistes noirs) d'une faille ayant provoqué un léger déplacement de l'ensemble des assises, on retrouverait sur le terrain, la disposition normale des couches : à la base, des schistes gris, gréseux ; au dessus, les calcaires du Géorgien supérieur ; puis, les schistes noirs de l'Acadien moyen ; et enfin, au dessus, la série schisteuse verte de l'Acadien supérieur et du Postdamien, métamorphosée (schistes à Andaloussite) au voisinage du granit du Sidobre. Cette interprétation ne nécessiterait plus l'hypothèse d'une inversion des couches à la suite du déversement d'une écaille.

une cassure fraîche de la roche, ils se présentent sous la forme de structures circulaires ou elliptiques (photographies de la Planche I) dans lesquelles on distingue en allant de l'extérieur vers l'intérieur : une paroi externe (pa. ext.) formant un anneau gris sombre, dense, de 0,15 à 0,5 mm d'épaisseur ; à l'intérieur du cercle délimité par cette paroi existe un matériel blanchâtre, cristallin ; au centre de ce matériel se trouve une structure axiale (St. ax.) sombre, de section circulaire ou elliptique de 0,5 à 0,8 mm de diamètre, de même teinte que celle de la paroi externe (fig. 1, 3, 5 de la Planche I). Sur les formations à contour elliptique (fig. 2, Pl. I), on retrouve la même succession des constituants ; mais comme il s'agit là de sections tangentielles, elles peuvent ne pas intéresser la partie axiale.

Quelques variations ont été observées : la paroi externe, au lieu d'être circulaire peut présenter un contour irrégulier, polygonal, avec des expansions vers l'extérieur (fig. 5, Pl. I). On observe d'autre part, assez souvent, un dépôt noirâtre de matière organique amorphe, dans la paroi du fossile ; ceci, sous forme d'un anneau bordant la partie interne du fossile et aussi sous forme de travées circulaires plus ou moins continues situées dans l'épaisseur de la paroi (fig. 5, moitié supérieure, Pl. I) ; nous ignorons s'il s'agit là de dépôts au niveau de certaines structures de la paroi ou de l'édification d'une paroi secondaire ; sur certains blocs de calcaire, plusieurs fossiles présentent ces travées secondaires ; s'agit-il d'un phénomène lié à l'âge de l'organisme fossilifié ?

Le diamètre de ces organismes varie entre 1 et 3 millimètres.

Diverses analyses ont permis d'établir que la paroi et la structure axiale sont actuellement formées de calcite à peu près pure, tandis que la matière blanchâtre interne est de la dolomite : après coloration des sections fraîches de roches, à l'alizarine S, la paroi externe et la structure axiale se colorent en rouge, le restant du fossile demeurant incolore (photographies de la figure 8, Pl. II).

Lorsqu'on fait agir une solution acide diluée (HCL à 0,2 M, par exemple) sur des sections fraîches de roches, on constate que la paroi externe et la structure axiale des fossiles sont vivement attaquées par l'acide, alors que la matière blanchâtre interne (dolomie) résiste mieux ; le fossile se transforme alors progressivement en un cylindre saillant que nous désignerons sous le nom de «cylindre central», entouré par une cavité circulaire résultant de la dissolution de la paroi ; dans l'axe du cylindre central s'est maintenant formé un «canal axial» résultant de la dissolution de la structure axiale. Ces transformations expliquent la structure des fossiles situés à la surface des roches.

Une précision s'impose ici : les termes que nous venons d'utiliser pour désigner les différentes parties du fossile, telles que nous les observons actuellement ne préjugent pas de la structure originelle du fossile. Il est cependant probable que ce que nous désignons par «paroi externe» devait correspondre à une coquille ou à une «muraille» (s'il s'agit d'un calice de coralliaire) ; la partie interne du

fossile, située entre la paroi externe et la structure axiale (ce que nous dénommons aussi «cylindre central») doit correspondre à l'emplacement occupé autrefois, par l'organisme vivant. Quant à la «structure axiale», elle pourrait correspondre à une partie du squelette de l'organisme ou à une cavité axiale naturelle qui aurait été comblée et minéralisée après la mort de l'organisme.

B - En de nombreux points de la carrière de Cruzis, les blocs calcaires qui affleurent ont leur surface recouverte d'une mince couche jaunâtre ou ocrée ; les organismes fossiles sont très nombreux dans cette couche superficielle, mais ils ont été altérés, certaines de leurs parties ont été dissoutes ; ils se présentent (figures 6 et 7, Pl. II et figures des Planches III à V) sous un aspect semblable à celui que nous avons obtenu en faisant agir des solutions légèrement acides sur des fossiles intacts situés à l'intérieur de la roche.

Dans de nombreux cas, ces fossiles de surface se présentent sous forme de sections transversales circulaires ou elliptiques ; de nombreuses sections sont fréquemment disposées côte à côte à la surface de la roche (fig. 6, Pl. II) suggérant que l'on a à faire à des organismes coloniaux ; des liaisons existent parfois entre les parois de deux fossiles voisins (fig. 6, Pl. II), témoignant peut-être d'un processus de gemmation. Chaque fossile particulier se présente sous forme d'un court cylindre (Cy. Ce., fig. 7, Pl. II) faisant saillie dans une dépression circulaire ou polygonale (Ca. c., fig. 7) et ce cylindre est creusé d'un canal axial (Ca. ax., fig. 7, Pl. II) ; la cavité circulaire externe résulte de la dissolution de la paroi externe du fossile et le canal axial, de la dissolution de la structure axiale.

Parfois ces organismes se présentent avec leur axe longitudinal allongé à la surface de la roche (Pl. III) ; ils ont alors la forme d'un long cylindre à extrémité proximale légèrement courbée (fig. 9 et 11, Pl. III) ; les plus longs actuellement observés atteignent 11 millimètres de longueur ; le cylindre est percé d'un canal axial (fig. 9, 10 et 12, Pl. III ; fig. 15, Pl. IV ; fig. 17, Pl. V). Ces cylindres sont des moules internes ; il est intéressant de constater qu'aucun d'eux ne présente de segmentation, de subdivisions transversales, ce qui s'oppose à l'assimilation des fossiles à des articles de tiges d'encrines.

Les photographies des Planches III à V mettent en évidence quelques particularités de la morphologie des fossiles. Leur extrémité proximale, conique et recourbée paraît entourée d'une gaine (fig. 10 et 12, Pl. III) ; il ne reste parfois, de cette dernière qu'une lame transversale sous laquelle est engagée l'extrémité du fossile (fig. 14, Pl. IV et fig. 21, Pl. VI) ; de chaque côté du cylindre, au fond de la cavité résultant de la dissolution de la paroi, on aperçoit les rangées de lamelles superposées de la calcite représentant le reste de cette paroi externe (fig. 11, Pl. III ; fig. 17 et 18, Pl. V). En général, ces cylindres ont une extrémité distale tronquée, mais sur quelques fossiles, cette extrémité paraît s'élargir brusquement et s'évaser (fig. 13 et 14, Pl. IV).

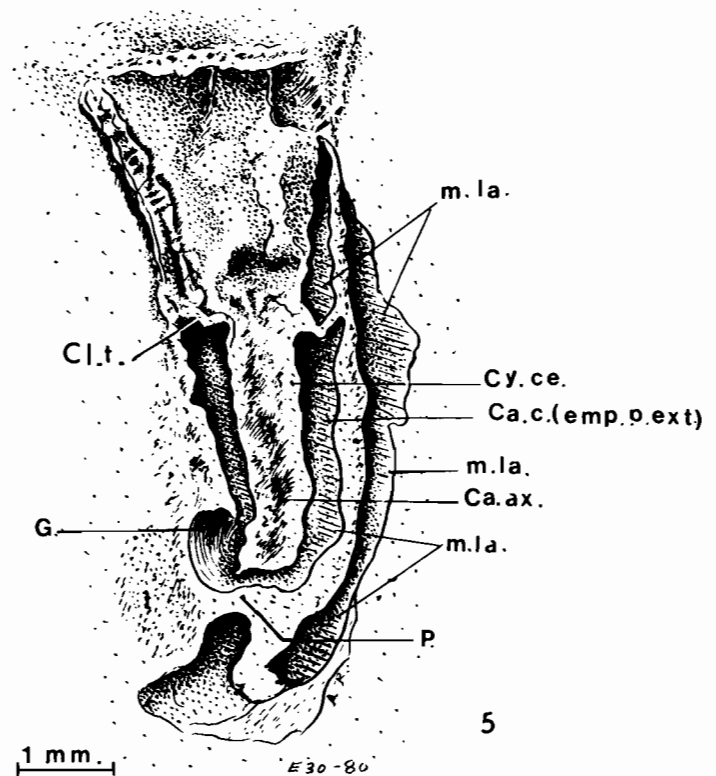


Figure 5.— Dessin à la chambre claire, d'un fossile situé à la surface d'un bloc calcaire de Cruzis et ayant subi une usure jusqu'à sa partie interne médiane. Ce fossile offre ainsi l'image d'une coupe longitudinale médiane ; sa photographie est reproduite sur la figure 20 de la Planche V. On reconnaît, au centre, dans la moitié proximale, le cylindre central (Cy. ce.) avec sa cavité axiale (Ca. ax.), ici peu marquée ; autour du cylindre central existe une cavité dessinant un U (Ca. c.) qui résulte de la dissolution de la paroi du fossile (emp. p. ext.). A mi-hauteur du fossile, une sorte de séparation (Cl. t.) existe entre la moitié proximale et la moitié distale, évasée, du fossile. Noter les sortes de petites cloisons transversales dans la paroi externe gauche de la partie évasée du fossile. Un renflement (sorte de gaine, G) semble entourer la partie proximale du fossile (Voir les photographies 10 et 12 de la Planche III). Un matériel lamellaire (m. la.) correspondant aux plans de clivage de la calcite est visible au fond de la cavité circulaire (Ca. c.) (où il correspond au reste de la paroi du fossile) et sur le bord externe du fossile où il correspond probablement à une paroi secondaire. Enfin, la pointe proximale (P.) du fossile pouvait être fixée à la roche, par un pédoncule.

Dans certains cas, l'usure du fossile a mis à jour sa partie interne et les images observées correspondent alors à une section médiane de l'organisme (fig. 14, Pl. IV, fig. 17 à 20, Pl. V). Les photographies 17 et 18, Planche V montrent le cylindre central d'un fossile avec son canal axial ouvert, en section longitudinale ; de part et d'autre de ce cylindre on distingue les lamelles de calcite de la paroi externe (mat. l., fig. 17 et 18) ; l'extrémité proximale du cylindre central, non ouverte sur cet exemplaire semble présenter de petits orifices circulaires (fig. 18, Pl. V).

La photographie de la figure 20, Planche V montre un fossile sans doute plus complet ; elle est reproduite sur le dessin à la chambre claire de la figure 5 du texte : le cylindre central, très usé, présente une légère cavité qui doit correspondre au «canal axial» (Ca. ax.) et est entouré d'un fossé (Ca. c) qui doit s'être formé à la suite de la dissolution de la paroi externe ; il pourrait exister ici, une paroi secondaire située à l'emplacement du matériel lamellaire (m. la.) qui se trouve sur le côté externe du fossile (à droite, sur le dessin de la figure 5 du texte). Sur ce



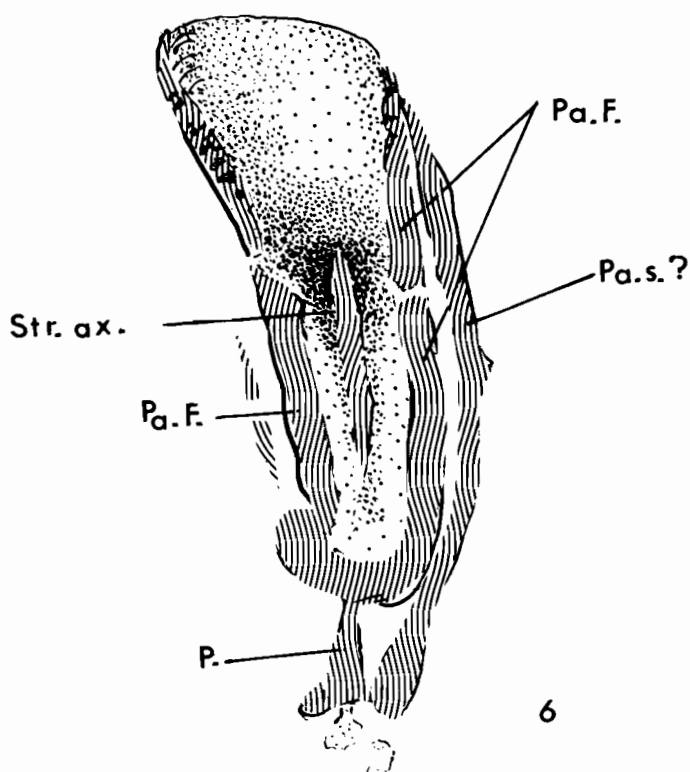


Figure 6.— Tentative de reconstitution d'un fossile à partir des données de la figure 5 et des observations faites sur d'autres fossiles.

Au centre du fossile fait saillie la structure axiale (Str. ax.), (s'il s'agit bien d'une partie du squelette du fossile); l'organisme est entouré d'une épaisse paroi de calcite (Pa. F.); cette paroi est doublée, au moins d'un côté, d'une paroi secondaire (Pa. s.); des traces de cette paroi existent peut-être sur le côté opposé (à gauche sur le dessin). Le fossile s'insérerait sur le support, par un pédoncule (P.). Cette reconstitution reste, pour l'instant, hypothétique et d'autres interprétations pourraient être envisagées.

moule, une sorte de séparation annulaire (Cl. t., fig. 5) existe entre la partie proximale et la partie distale du fossile, légèrement évasée; peut-être la partie proximale du fossile était-elle fixée à la roche par une sorte de court pédoncule. Il est à noter que dans les parois de la partie distale, évasée, du fossile il semble exister des cloisons transversales; elles sont visibles sur le côté gauche de cette partie, sur la photographie; ceci pourrait permettre d'interpréter la structure circulaire cloisonnée radialement à la périphérie, de la figure 16 de la Planche IV; il pourrait s'agir là, d'une section transversale de la partie distale d'un fossile. La figure 14 de la Planche IV est à rapprocher de la figure 20, Pl. V.

Le dessin de la figure 6 du texte représente une tentative de reconstruction, schématique, de la configuration générale du fossile telle qu'elle peut être déduite de la figure 5; mais certaines interprétations restent incertaines, en particulier dans la région basale du fossile, dans l'extension de la paroi secondaire et au sujet de la nature du matériel compris entre les deux parois; il faudrait pouvoir étudier plusieurs sections semblables à celle-ci. En outre, la moitié distale, évasée du fossile visible sur la figure 20 devait être formée par les parties molles du fossile; elle n'a été que rarement conservée au cours de la fossilisation et sans détails.

## II. EXAMEN DES FOSSILES EN MICROSCOPIE A BALAYAGE.

L'examen des fossiles au moyen de la microscopie à balayage (microscope Jeol JSM T 200) après métallisation à l'or ou à l'or-palladium (couche de 250 Å d'épaisseur) apporte un certain nombre de renseignements complémentaires (photographies des Planches VI à VIII).

Les vues des sections transversales des fossiles situés à la surface altérée des roches (fig. 21 et 22, Pl. VI) complètent celles obtenues par simples photographies: le cylindre central est saillant, entouré d'un canal circulaire résultant de la dissolution de la paroi externe du fossile; ce cylindre est percé d'une cavité (Ca. ax.) résultant de la dissolution de la structure axiale; dans le fond de cette cavité, on aperçoit sur la figure 22, les restes de la structure axiale, avec des plans de clivage formant des lignes parallèles.

Les photographies 23 et 24 de la Planche VII montrent une section transversale d'un fossile, à la surface d'une cassure fraîche d'un bloc de calcaire de Cruzis: la paroi externe du fossile apparaît comme un ruban gris foncé dessinant une ellipse (fig. 23) et au centre de l'ellipse, font saillie les prismes de calcite de la structure axiale (St. ax.); sur la figure 24 montrant sur la droite, à un plus fort grandissement, un court segment de la paroi externe du fossile, on aperçoit les plans de clivage de la calcite.

Les photographies 25 et 27, Planche VIII, montrent des vues de fossiles allongés à la surface altérée du calcaire; ces vues confirment l'absence de segmentation transversale du fossile; sur la figure 25, on reconnaît le canal axial percé dans l'axe du fossile et la présence d'un reste de la paroi externe formant ici, une sorte d'expansion latérale le long du cylindre central (bien visible au dessus du cylindre sur cette photographie); à un plus fort grandissement (fig. 26, Pl. VIII), cette expansion latérale montre une structure lamellaire, bien différente de l'aggrégat de cristaux de dolomite de la paroi du cylindre central.

## III. EXAMEN DES FOSSILES SUR LAMES MINCES.

Une série de lames minces, à partir de fragments fossilifères de blocs de calcaire de Cruzis ont été réalisées au laboratoire de Minéralogie et Cristallographie; les photographies des Planches IX à XII reproduisent quelques unes de ces sections. On reconnaît sur ces lames, la structure habituelle du fossile: la paroi et la partie interne renfermant la structure axiale (photographies 29, 31, Pl. IX; 35, Pl. X); paroi et structure axiale sont formés de cristaux de calcite.

L'examen des sections conduit aux observations suivantes:

a) les bords, externe et interne de la paroi du fossile sont toujours nettement délimités, ici par une ligne sombre; l'examen à un fort grandissement montre qu'au niveau de cette ligne existent essentiellement des microcristaux (photographies 37 et 38, Pl. XI). Le caractère sombre de la ligne semble du à l'accumulation de résidus de matière organi-

que amorphe ; il est probable qu'au cours de la cristallisation de la calcite dans la paroi du fossile, les impuretés et les résidus de matière organique ont été progressivement refoulés à la périphérie et que ces impuretés ont freiné, là, la cristallisation.

b) La structure axiale dont le contour est assez net sur certaines sections (photographies 29, 31, PL. IX ; 35, Pl. X), n'est pas, toujours, bien délimitée : la ligne sombre présente sur les bords interne et externe de la paroi du fossile n'est pas reconnaissable autour de la structure axiale et le contour de celle-ci est souvent très irrégulier. Plusieurs causes peuvent être à l'origine de ce phénomène : ou bien cette structure axiale aurait été en relation avec des cloisons radiaires ou bien une minéralisation secondaire aurait altéré ses limites ; mais il existe aussi une autre possibilité, la «structure axiale» pourrait ne pas être un constituant véritable du fossile et ne résulter que du remplissage, par minéralisation secondaire, d'une cavité interne, axiale du fossile ; cette interprétation sera discutée plus loin.

c) Le parallélisme des plans de clivage de la calcite dans la paroi du fossile suggère l'existence d'un monocristal (photographie 35, Pl. X).

d) Quelques particularités apparaissent sur certaines lames : l'existence, dans la partie interne de la paroi du fossile, de lignes sombres, sortes de cloisons radiaires, courtes (photographies 35 et 36, Pl. X) ; l'interprétation de

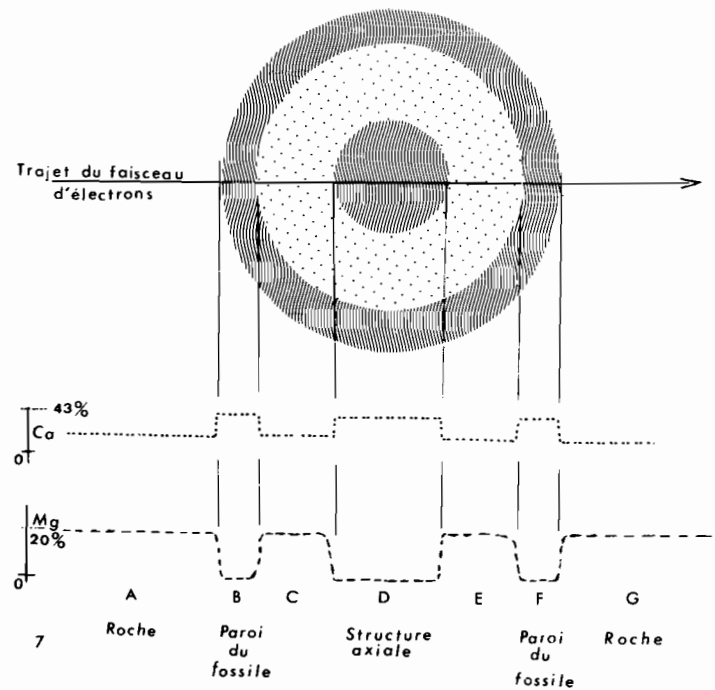


Figure 7.— Schéma du dosage du Ca et du Mg, au moyen de la microsonde électronique, dans les différents constituants du fossile. Le faisceau d'électrons se déplace, sur la section transversale du fossile en suivant un diamètre ; son trajet intéresse donc d'abord la paroi, puis la partie interne du fossile et la structure axiale. Les courbes schématisées au dessous de la section du fossile traduisent la teneur en Ca et en Mg, de la paroi (phases B et F), de la partie interne (emplacement autrefois occupé par l'organisme) (phases C et E) et de la structure axiale (phase D). La paroi du fossile et la structure axiale ont la même teneur en Ca et en Mg.

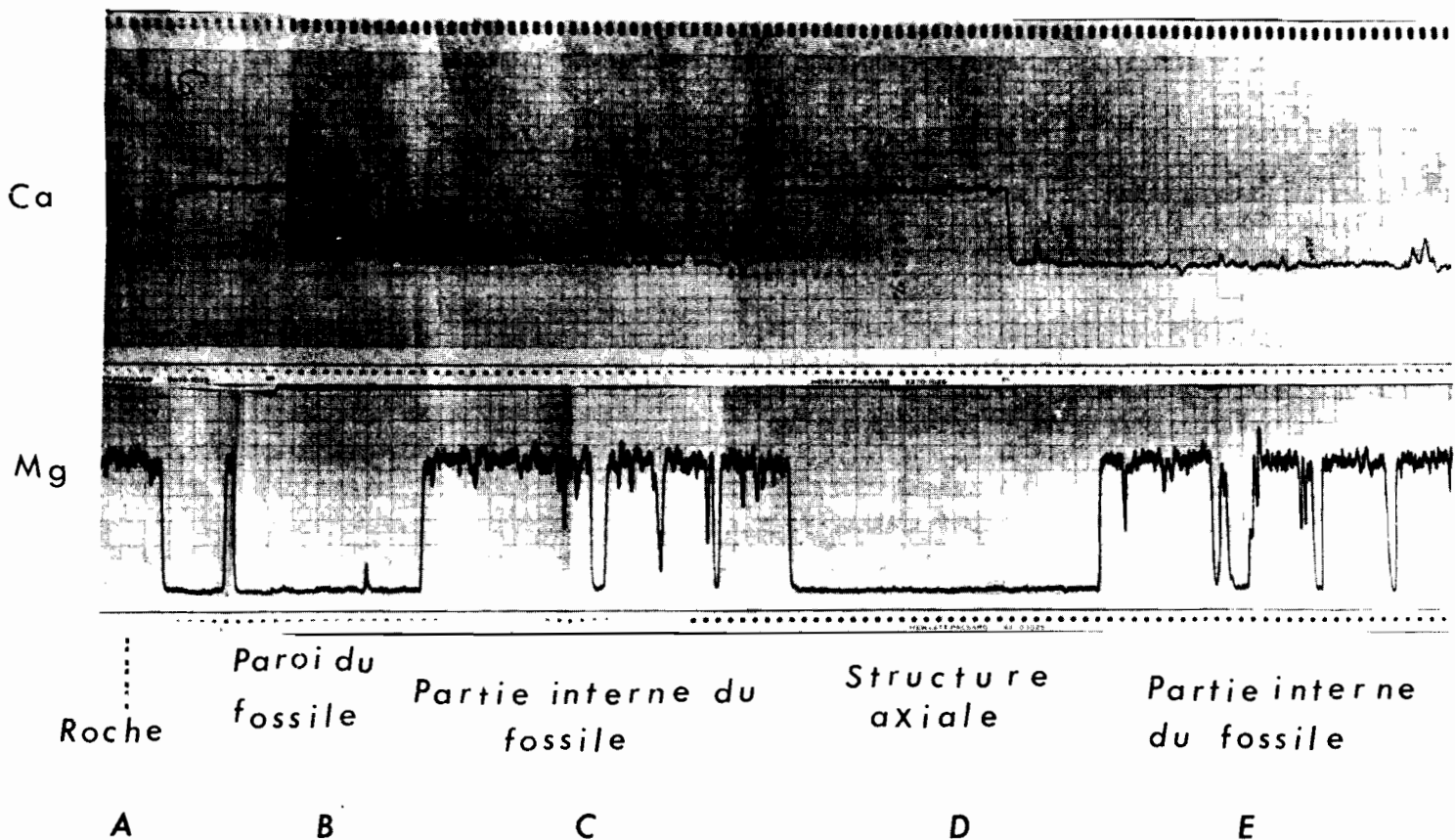


Figure 8.— Courbes réelles de teneur en Ca et en Mg, des différentes parties du fossile, enregistrées par la microsonde. Seule une partie des courbes est reproduite, celle qui intéresse une paroi du fossile, une moitié

de sa partie interne et la structure axiale. La traversée du fossile ne s'est pas faite exactement suivant le même diamètre pour les deux dosages, ce qui explique les légères variations des dimensions des phases A, B...E.

ces structures ne peut être donnée actuellement. Notons aussi que sur la coupe de la photographie 35, Pl. X, la partie interne du fossile est délimitée par deux lignes sombres concentriques.

#### IV. EXAMEN DES FOSSILES A LA MICROSONDE ELECTRONIQUE.

Cet examen a été réalisé par M. Autefage, au moyen de la microsonde électronique CAMECA, type MS 46, à l'Institut géotechnique de Toulouse. L'échantillon du fossile, une section transversale dans une cassure fraîche d'un bloc de calcaire de Cruzis, a été poli en surface et enrobé dans un bloc de matière plastique.

On a fait suivre au point d'impact du faisceau d'électrons focalisé sur l'échantillon, un trajet linéaire passant par le centre du fossile : le faisceau a donc traversé une première fois, la paroi du fossile, puis sa partie interne (ici, d'abord une certaine étendue de dolomite, puis la structure axiale (calcite), puis à nouveau la partie dolomitique), et, enfin, la paroi opposée, du fossile (schéma de la figure 7 du texte).

##### Détection du Mg.

La traversée du faisceau électronique selon un diamètre a mis en évidence 5 phases distinctes (B à F, inclus) dans le fossile ; la courbe enregistrée reproduite sur la figure 8 et schématisée sur la figure 7 montre d'abord une teneur élevée en Mg dans la roche dans laquelle est inclus le fossile (région A) ; lorsque le faisceau atteint la paroi du fossile (région B), il n'y a pratiquement plus de Mg. A la sortie de la paroi, le faisceau pénètre dans la partie interne du fossile et dans une première zone (région C), la teneur en Mg est élevée ; puis cette teneur devient pratiquement nulle pendant toute la traversée de la structure axiale (région D) ; elle redevient élevée dans le restant de la zone interne (région E) ; elle s'annule à nouveau pendant la traversée de la paroi du fossile (zone F), pour s'élever à nouveau à l'extérieur du fossile (région G).

Trois traversées de fossiles ont été effectuées ; elles ont donné des courbes tout à fait semblables. Ces résultats mettent donc en évidence l'absence de Mg dans la paroi du fossile et dans la zone axiale et une teneur en Mg identique, dans la partie interne du fossile et dans la roche dans laquelle est inclus le fossile ; ils confirment donc, en les précisant, ceux obtenus par la coloration à l'alizarine et par les lames minces.

##### Détection du Ca.

La traversée, par le faisceau d'électrons, du fossile suivant un diamètre met également en évidence 5 phases distinctes au point de vue de la teneur en calcium (figure 7 du texte).

La courbe enregistrée reproduite sur la figure 8 du texte et schématisée sur la figure 7 du texte montre d'abord que la teneur en Ca de la roche dans laquelle est inclus le fossile est de 21 % ; puis, dans la paroi du fossile et dans la structure axiale, cette teneur s'élève à 43 % ; elle n'est que de 21,7 % dans la partie interne du fossile située entre sa paroi et la structure axiale.

Des dosages ponctuels effectués sur un autre fossile ont donné les résultats suivants :

	Nombre de photo-électrons émis en 10 secondes (moyenne de 5 déterminations)	% Ca
Témoin (Andradite Ca)	17 442	23,84
Roche dans laquelle est inclus le fossile	15 818	21,60
Paroi du fossile	31 434	43,0
Structure axiale du fossile.	31 429	43,0
Partie interne comprise entre la paroi du fossile et la structure axiale.	15 848	21,7
Bruit de fond	38	

Ces analyses quantitatives montrent :

- qu'il y a deux fois plus de Ca dans la paroi du fossile et dans la structure axiale que dans la roche dans laquelle est inclus le fossile ;
- que les teneurs en Ca, dans la paroi du fossile et dans la structure axiale sont identiques ;
- que la teneur en CaO de la paroi du fossile et de la structure axiale étant de 60 %, ces deux constituants du fossile sont formés de calcite pure.

#### DISCUSSION

Que représentent ces organismes fossiles ? Ils sont situés dans des terrains anciens, de la base du primaire, généralement considérés comme appartenant au Géorgien supérieur ; mais, comme nous l'avons vu dans la première partie de ce travail, l'âge de ces terrains a été assez récemment remis en question. Ces incertitudes de la chronologie stratigraphique ne nous permettront pas de nous appuyer sur ses données lorsque nous aurons à effectuer un choix entre plusieurs possibilités systématiques pour l'identification des fossiles. D'autre part, l'état de conservation de ces organismes n'est pas suffisamment bon pour permettre une étude détaillée de leur structure et une détermination sûre ; aussi, plusieurs interprétations restent-elles possibles.

- Si ce que nous avons désigné par les termes de « Structure axiale » faisant saillie au centre du fossile correspond bien à un axe solide appartenant au squelette de l'organisme qui s'est fossilisé, on peut envisager l'appartenance de ces organismes au groupe des tétracoralliaires et à des

familles dont les représentants possèdent une columelle axiale (colonne pleine, verticale, en liaison ou non avec les septa radiaires). Dans ce cas, ces fossiles pourraient s'apparenter aux *Cyathaxonidae* (en particulier à des espèces voisines de *Cyathaxonia cornu*, du Carbonifère) ou aux *Zaphrentidae*, peut-être aussi à des *Lithostrotionidae* (voir la section transversale reproduite sur la figure 16, Planche IV) ou à des *Hapsiphyllidae*.

L'abondance des sections transversales de nos fossiles sur certains échantillons de calcaire (fig. 6, Pl. II, par exemple) suggère qu'il s'agit d'organismes coloniaux, peut-être de polypiers ; les liaisons qui existent entre deux fossiles voisins (figure 6, Planche II ; figure 21, Planche VI) font songer à des processus de gemmation latérale, comme il en existe chez les polypiers ramifiés (de type phacelloïde, par exemple) ; et la paroi secondaire observée à certains niveaux, pourrait correspondre à une épithèque.

Pour l'instant, cette interprétation reste du domaine de l'hypothèse de travail car les autres caractéristiques de tétracoralliaires n'ont pas été observées sur nos fossiles, en particulier la présence de septa radiaires (peut-être existe-t-il des vestiges de ces structures, mais difficilement identifiables, sur les fossiles représentés sur les figures 22, Pl. VI et 35, 36, Pl. X).

2. Si ce qui a été désigné comme étant une «Structure axiale» ne représente en réalité qu'une néo-formation, résultat d'une minéralisation secondaire d'une cavité naturelle, axiale, du fossile, ces organismes peuvent être rapprochés de diverses formes à enveloppes cylindro-coniques appartenant aux groupes suivants :

- A des Mollusques opisthobranches pélagiques, en particulier à des Ptéropodes ou à des représentants de la famille des *Conulariidés* dont la coquille ne présenterait pas d'ornementation, de stries transversales (peut-être d'organismes apparentés au genre *Tentaculites*, de l'ordovicien, au genre *Stylianina*, du dévonien ou aux *Hyolites* du Cambrien - Silurien). Rappelons que les *Hyolites* sont nombreuses dans les calcaires ordoviciens des Monts de Lacaune et également présentes mais plus rares dans les calcaires cambriens. Thorval (1935b) les mentionne près de Ferrals-les-Montagnes à un niveau qui correspondrait au géorgien supérieur. D'autre part, plusieurs espèces de *Pseudorthotheca* sans ornementation externe ont été décrites par Cobbold (1935) dans la faune cambrienne de l'Hérault.

- A des Mollusques céphalopodes nautiloïdes de la famille des *Cyrtoceratidés*, à coquille lisse et recourbée dans sa partie proximale (vivant du Silurien au Permien).

- A certains petits *Archaeocyatidés*, incurvés à leur extrémité proximale, évasés à leur partie distale, comme l'espèce *acutus* (voir J.G. Bornemann, 1887, Planche VIII) ou encore à des représentants du genre *Protopharetra*. Notons que la section transversale représentée sur la figure 16,

Pl. IV, montrant une paroi qui paraît cloisonnée radiairement pourrait être interprétée dans le sens favorable à cette homologation.

- A certaines espèces de *Receptaculitidae*.

3. Les sections transversales ou longitudinales de ces fossiles avaient été interprétées par Mauriès (1970) comme représentant vraisemblablement des articles de tiges d'encrines. Mais sur aucun de nos fossiles nous n'avons observé de segmentation, ni de simples séparations transversales témoignant de la juxtaposition d'articles distincts ; et ceci, ni à la loupe binoculaire, ni en microscopie à balayage ; nous avons cependant observé à ce point de vue, plusieurs centaines de fossiles selon leur axe longitudinal. Pour cette raison, cette assimilation nous semble devoir être abandonnée.

Comme nous venons de le voir, un large éventail de possibilités s'ouvre lorsque l'on essaie d'identifier ces fossiles : tétracoralliaires, mollusques, organismes voisins des éponges. Pour restreindre les choix possibles et mieux cerner la position systématique du fossile, il faudrait d'abord connaître la nature de la «structure axiale» actuellement présente au centre de la partie interne du fossile. Si l'examen des lames minces montre que le pourtour de cette structure est en général mal délimité, les dosages effectués pour le Mg et le Ca au moyen de la microsonde montrent qu'en ce qui concerne ces deux éléments, la constitution chimique de la structure axiale est identique à celle de la paroi du fossile : le Mg est absent et les teneurs en CaO sont identiques (et égales à 60 %) dans les deux cas. Sans constituer une preuve, ces résultats sont favorables à la conception de l'appartenance de la «structure axiale» au squelette du fossile.

Étant donné les incertitudes actuelles, l'obtention de données complémentaires sur la structure de ces organismes sera nécessaire pour permettre leur identification ; peut-être la carrière fossilifère de Cruzis finira-t-elle par livrer d'autres aspects morphologiques que ceux actuellement connus.

La présence de ces organismes en très grand nombre dans les calcaires de Cruzis indique qu'il s'agit d'organismes coloniaux ; et les divers arguments géologiques bien notés par Albouy (1975) dans les aires calcaires de Vabre à Brassac nous conduisent à admettre, avec cet auteur, la présence dans cette région, du Cambrien au Dévonien, d'une mer chaude peu profonde ayant permis l'édification de calcaires récifaux ; un bras de cette mer devait occuper l'emplacement de la vallée actuelle du Berlou.

(Laboratoire de Biologie,  
Route de la Glévalde,  
81330 - Vabre et  
Laboratoire de Zoologie,  
Université Paul Sabatier  
118, route de Narbonne,  
31062 - Toulouse



## REMERCIEMENTS

C'est grâce aux conseils et à l'aide de M.R. Pulou, Professeur de Minéralogie et de cristallographie à l'Université de Toulouse, que ce travail a pu être effectué : non seulement M. Pulou m'a accompagné à plusieurs reprises sur le terrain pour examiner les affleurements de dolomies et de calcaires aux environs de Vabre, mais il a eu aussi l'obligeance d'effectuer plusieurs analyses chimiques des échantillons de roches prélevées et de m'initier dans son laboratoire à la technique de réalisation des lames minces et à leur interprétation ; je lui exprime ici mes très vifs remerciements. Monsieur le Professeur Fortuné et M. Courjeau-Radet ont eu aussi l'obligeance d'examiner certains problèmes posés par ce travail et de me faire bénéficier de leurs conseils ; je leur exprime ici, ma reconnaissance. Monsieur l'Abbé Joseph m'a reçu à plusieurs reprises dans son laboratoire et m'a suggéré, après examen de mes fossiles, diverses interprétations ; je l'en remercie très vivement. A l'Institut de géotechnique de Toulouse, M. Autefage a eu l'obligeance d'effectuer sur mes fossiles, au moyen de la microsonde, les microdosages de CaO et de MgO qui ont apporté des données essentielles sur les divers constituants des fossiles ; qu'il trouve ici, l'expression de ma reconnaissance pour son aide. Au cours d'études sur le terrain, MM. M. Demange et P. Landes ont eu l'obligeance de me faire bénéficier de leur grande connaissance de la géologie des Monts de Lacaune et de la stratigraphie générale de la région ; je leur dis ici ma vive gratitude. Au laboratoire de Minéralogie et de cristallographie, M. Tolu, Technicien, a eu l'obligeance de m'aider à réaliser les lames minces ; je l'en remercie bien vivement.

La recherche des affleurements de roches carbonatées, parfois très limités a été facilitée par l'aide que m'ont apportée un certain nombre de personnes vivant dans des hameaux voisins de Vabre et ayant une bonne connaissance des terrains qu'ils cultivent ou dont ils sont propriétaires : tout particulièrement, Monsieur Gatimel et son fils à Rolland, Monsieur Durand à la Mouline et à Garnival ; Monsieur Combes et son neveu à Las Combettes et à Cruzis, les frères Espérou, à la Courrégée. Je les remercie ici pour leur aide bénévole.

Les photographies des fossiles ont été réalisées au laboratoire de Vabre, ainsi que les colorations de leurs sections et des lames minces, à l'Alizarine S. Les examens des fossiles au moyen de la microscopie électronique à balayage ont été effectués à la Faculté de Médecine, à Ranguéil (dans le Service de M. le Professeur David) au moyen du microscope à balayage «Joel JSM T 200». Je remercie tout particulièrement Madame J. Brabet qui m'a aidé à réaliser ces examens.

## BIBLIOGRAPHIE

- Albouy (L.). 1975.— Etude géologique et métallogénique de la région de Vabre, Ferrières et Brassac (Tarn). Thèse 3<sup>e</sup> Cycle ; pp. 1-147. Univ. Paul Sabatier, Toulouse.
- Astre (G.). 1929.— Les calcaires cristallins de Lacaune et leurs rapports avec les schistes. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, t. 58, pp. 645-655.
- Barreyre (M.). 1962.— Première étude micrographique sur le paléozoïque de la Montagne Noire. S.N.P.A., Centre de recherches de Pau, Mémoire d'études N° CXXXVIIa/62.
- Bergeron (J.). 1899.— Etude des terrains paléozoïques et de la tectonique de la Montagne Noire. *Bull. Soc. Géol. France*, t. 27, pp. 617-678.
- Béziat (P.). 1964.— Etude minéralogique du versant septentrional de la Montagne Noire. Thèse 3<sup>e</sup> Cycle, pp. 1-120. Univ. Paul Sabatier, Toulouse.
- Béziat (P.). 1973.— Style des déformations et figures d'interférences sur la bordure S-E du Sidobre. *Bull. Bur. Rech. Géol. Min.*, Sect. IV.
- Blayac (J.) et Thoral (M.) 1931. Découverte de Trilobites géorgiens dans la Montagne Noire. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 192, pp. 1250-1251.
- Bornemann (J.G.). 1887. Die Versteinerungen des Cambrischen Schichten systems der Insel Sardinien. *Nova Acta der Ksl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher*. t. 51, N° 1, pp. 1-148.
- Boyer (F.) et Guiraud ( ). 1964. Observations nouvelles sur le passage du Cambrien à l'Ordovicien dans la Montagne Noire. *Bull. Soc. Géol. France*, 7<sup>e</sup> Série, t. 6, pp. 515-552.
- Courtessole (R.). 1973. Le Cambrien moyen de la Montagne Noire. *Biostratigraphie*. 248 p., Imprimerie d'Oc, Toulouse.
- Demange (M.). 1979.— Schéma structural de la partie orientale du Massif de l'Agoût, Montagne Noire. *Bull. Bur. Rech. Géol. Min.*, 2<sup>e</sup> Série, Sect. I, N° 1, pp. 45-49.
- Demange (M.). 1982.— Etude géologique du Massif de l'Agoût, Montagne Noire - France. Thèse de Doctorat d'Etat, N° 82-02, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
- Donnot (M.). Rapport B.R.G.M. inédit, cité par Albouy (1975).
- Donnot (M.) et Guérange (B.). 1978.— Le synclinorium cambrien de Brusques. Implications stratigraphiques et structurales dans les Monts de l'Est de Lacaune (Tarn, Aveyron, Hérault). Versant Nord de la Montagne Noire. *Bull. Bur. Rech. géol. min.*, 2<sup>e</sup> Série, Sect. I, N° 4, pp. 333-364.
- Escande (B.). 1974.— Etude géologique et métallogénique de la région de Burlats-Roquecourbe-Vabre (Tarn). Thèse 3<sup>e</sup> Cycle, Univ. Paul Sabatier, Toulouse.
- Géze (B.). 1949.— Etude géologique de la Montagne Noire et des Cévennes méridionales. *Mém. Soc. Géol. France*. t. 29, pp. 1-206.
- Guérange (B.). 1970.— Etude structurale du dôme de Montredon-Labessonnié. *Rapport B.R.G.M.*, N° 70, S.G.N. 059 GEO.
- Lacroix (A.). 1983-1895. Minéralogie de la France et de ses colonies. Librairie Polytechnique. Baudry et Cie, Editeurs, Paris.
- Landes (P.). 1980.— Etude stratigraphique et structurale des écaillles cambriennes entre la vallée du Gijou et la zone axiale de la Montagne Noire (Département du Tarn). ENSMP, Sciences de la Terre ; pp. 1-38.
- Mauriès (J.P.). 1970. Microtectonique du Paléozoïque à l'ouest de Vabre (Tarn). Thèse 3<sup>e</sup> Cycle, pp. 1-125, Univ. Paul Sabatier, Toulouse.
- Pagès (L.). 1972.— Etude minéralogique et métallogénique du district à tungstène et étain de Roquecourbe, Montredon-Labessonnié (Tarn). Thèse de spécialité, cristallographie, Univ. Paul Sabatier, Toulouse.

- Piveteau (J.). 1952-1953.— *Traité de Paléontologie*, Vol. 1-3, Masson et Cie Editeurs, Paris.
- Thiébaud (J.) et Escande (H.). 1950.— Sur la bordure du Sidobre dans la région de Ferrières. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, t. 85, pp. 125-128.
- Thiébaud (J.) et Escande (H.). 1953. Observations sur le massif granitique du Sidobre. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, t. 88, pp. 8-30.
- Thoral (M.). 1929.— Découvertes paléontologiques dans le Cambrien et le Silurien des Monts de Lacaune et de la Montagne Noire. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 189, pp. 938-940.
- Thoral (M.). 1933. Existence du Géorgien dans les Monts de Lacaune. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 196, pp. 203-205.
- Thoral (M.). 1934.— Age des calcaires à *Archaeocyathus* de la Montagne Noire (Hérault, Tarn et Aveyron). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 199, pp. 1641-1642.
- Thoral (M.). 1935.— Contribution à l'étude géologique des Monts de Lacaune et des terrains cambriens et ordoviciens de la Montagne Noire. 1<sup>er</sup> Thèse, pp. 1-320. Librairie Polytechnique Ch. Béranger, Paris-Liège.
- Thoral (M.). 1935b.— Contribution à l'étude paléontologique de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire et révision sommaire de la faune cambrienne de la Montagne Noire. 2<sup>e</sup> Thèse. Librairie Polytechnique Ch. Béranger, Paris-Liège.

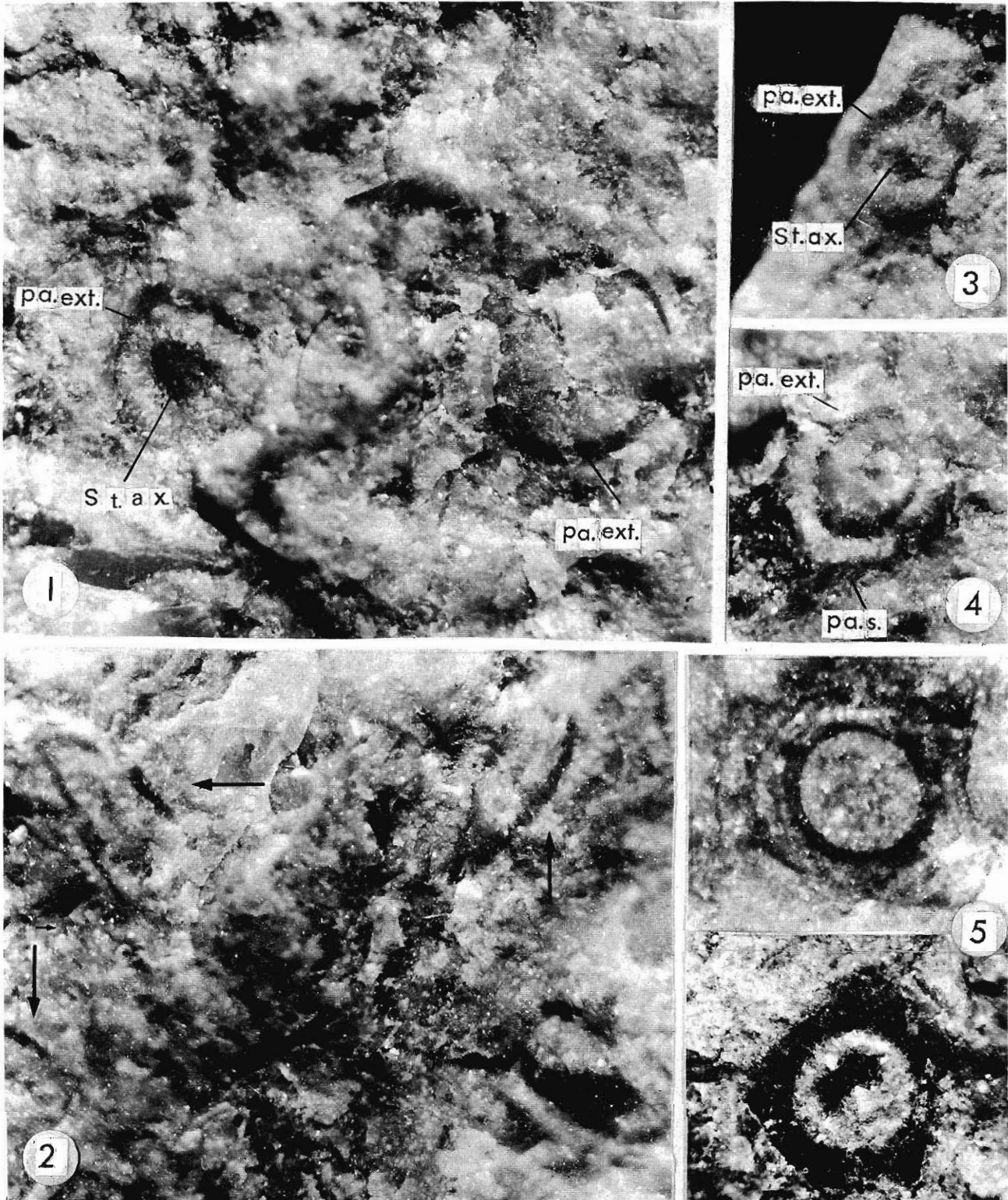


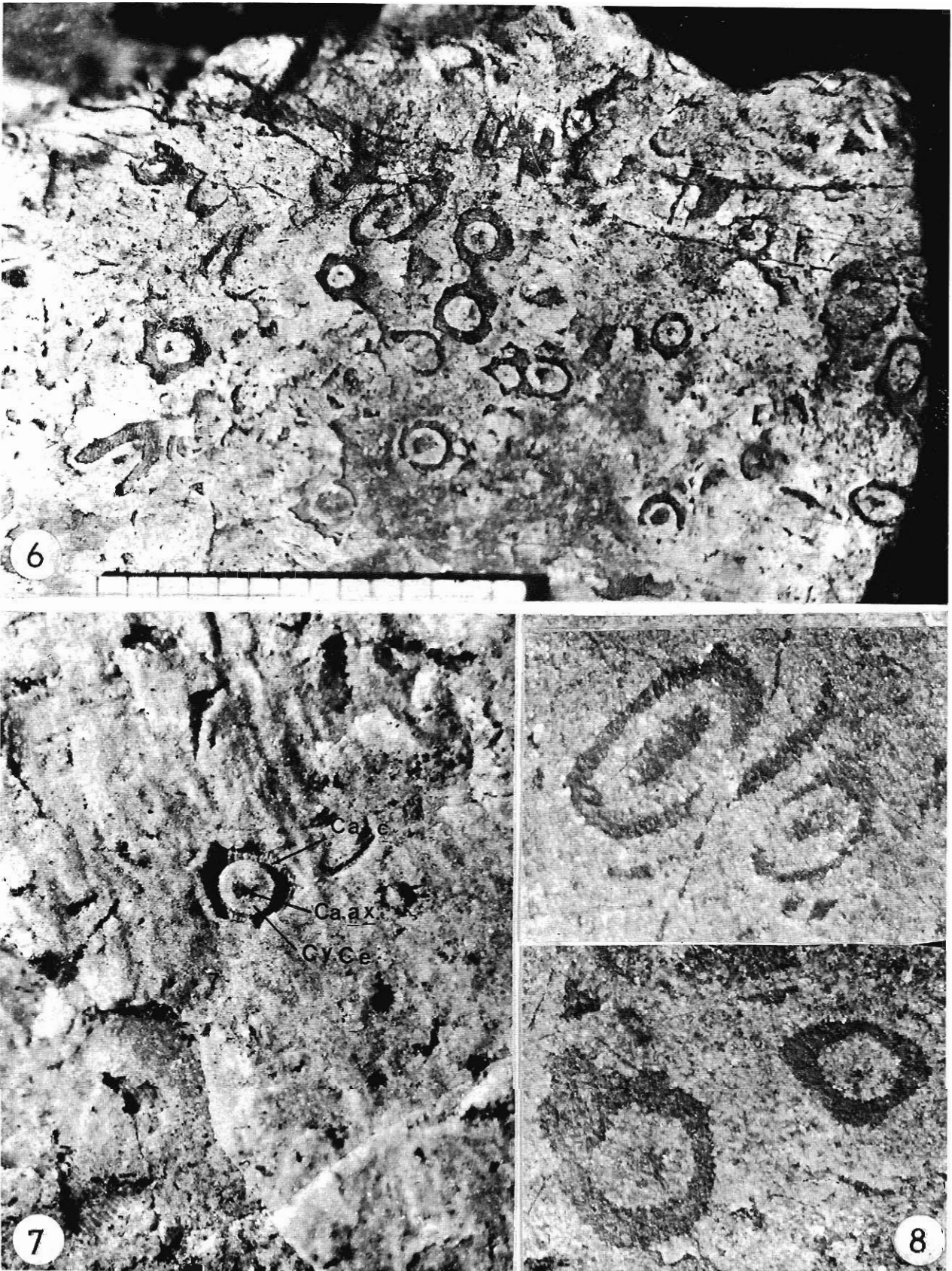
PLANCHE I

Morphologie de fossiles, sur des cassures fraîches de blocs de calcaire de Cruzis.

Fig. 1, 3, 4, 5.— Les sections transversales des fossiles visibles sur ces photographies comportent une paroi externe (pa. ext.), une partie interne blanchâtre au centre de laquelle est en général visible une structure axiale (St. ax.), de teinte sombre, comme la paroi. Sur les figures 3 et 5, la paroi externe présente des prolongements vers l'extérieur (liaisons avec des fossiles voisins ?). Sur la figure 4 et sur la coupe du fossile de

la moitié supérieure de la figure 5, des dépôts de matière organique amorphe noirâtre sont présents dans la paroi des fossiles, formant un anneau autour de la partie interne et des travées concentriques autour de cet anneau ; nous ignorons si ces travées soulignent certaines structures de la paroi ou si une paroi secondaire (pa. s.) est en formation. (G × 18 pour la fig. 1 ; G × 11 pour la fig 3 ; G × 20 pour la fig. 4 et pour le fossile situé sur la moitié supérieure de la fig. 5 ; G × 16 pour le fossile de la moitié inférieure de la fig. 5).

Fig. 2.— On distingue sur ce plan de cassure, plusieurs sections obliques, de fossiles (flèches). (G × 18).



## PLANCHE II

Aspects de fossiles situés à la surface de blocs de calcaire de Cruzis (fig. 6 et 7) et de fossiles situés à l'intérieur des blocs (fig. 8).

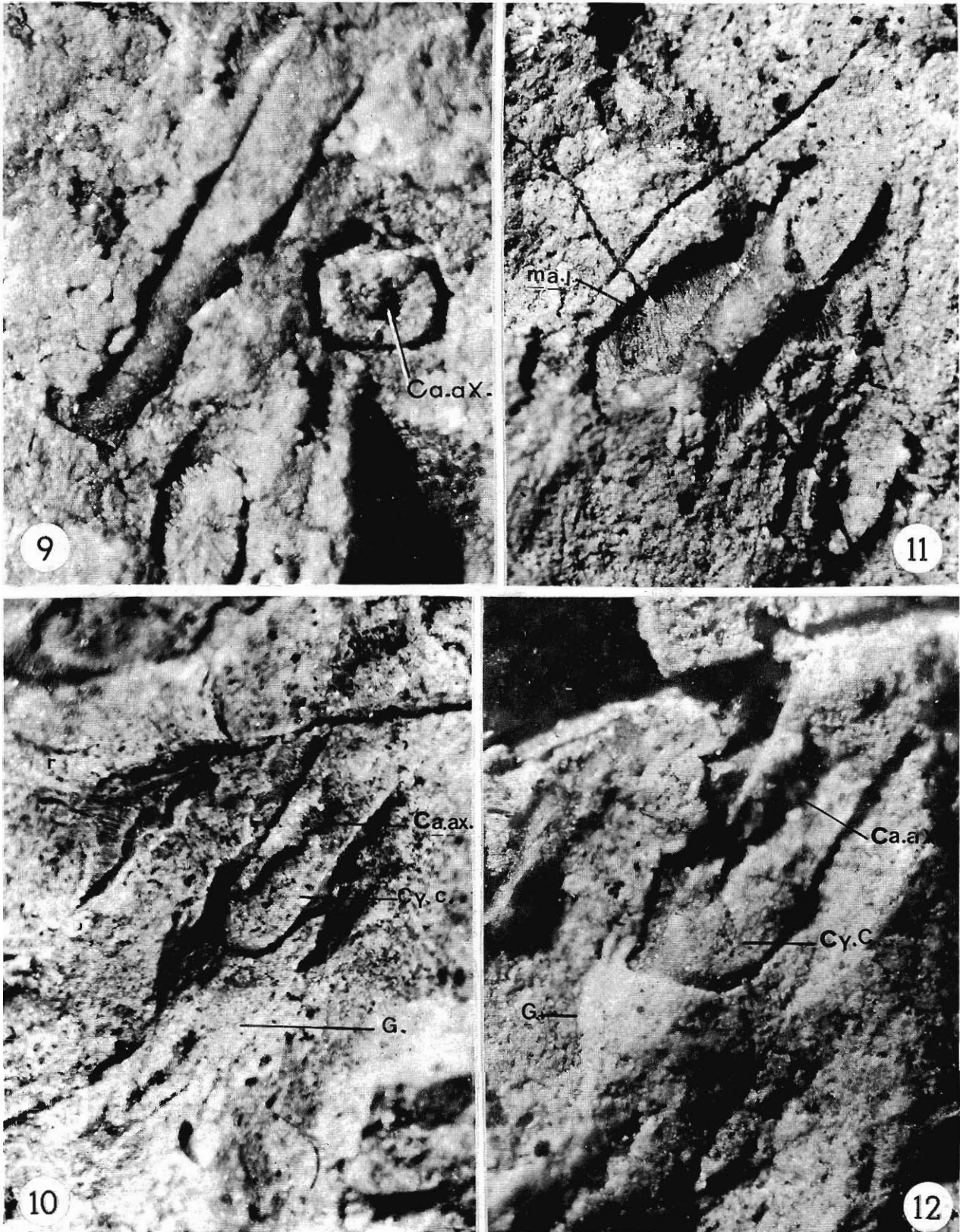
Fig. 6 et 7.— Sur la figure 6, les nombreuses sections transversales de fossiles suggèrent que l'on a à faire à des organismes coloniaux. Noter les liaisons existant entre certains fossiles voisins. (G × 5).

La figure 7 montre une section transversale d'un fossile altéré : une

cavité circulaire (Ca. c.) résultant de la dissolution de la paroi du fossile entoure un cylindre central (Cy. ce.) devenu saillant et percé d'un canal axial (Ca. ax.) résultant de la dissolution de la structure axiale (G × 5).

Fig. 8.— Sections obliques et transversales de fossiles apparents sur une cassure fraîche d'un bloc de calcaire de Cruzis et colorées pendant quelques secondes, à l'Alizarine S : seules la paroi et la structure axiale sont colorées. (G × 14 pour les deux photographies).

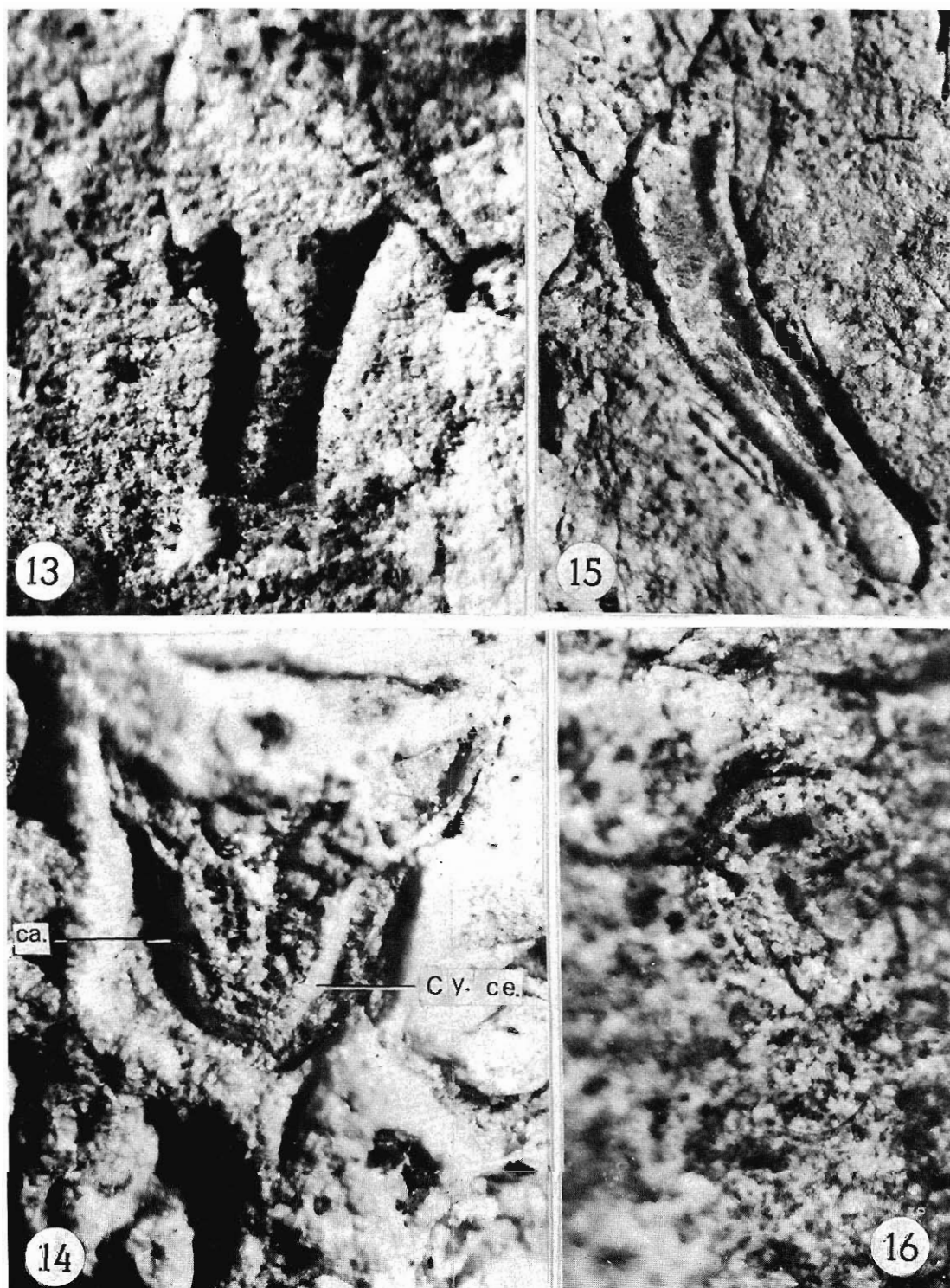




## PLANCHE III

Aspects de fossiles allongés à la surface de blocs de calcaire de Cruzis.  
 Fig. 9, 10, 11.— Ces photographies montrent le cylindre central des fossiles, en vue longitudinale, entouré par un reste de la paroi externe (ma. l. : matériel lamellaire constitué par les plans de clivage de la calcite de la paroi, visible sur la fig. 11); le cylindre central est percé d'un canal

axial (Ca. ax.). Noter l'absence de segmentation transversale des fossiles et, sur la fig. 11, la courbure de la partie proximale (G × 13 pour la fig. 9; G × 12 pour la fig. 11 et G × 10 pour la fig. 10).  
 Fig. 12.— La partie proximale d'un cylindre central (Cy. c.) paraît entourée d'une sorte de gaine (G.). (Voir aussi, fig. 10). (G × 16,5).



## PLANCHE IV

Vues de fossiles situés à la surface de blocs de calcaire altérés.

Fig. 13.— Moule interne montrant le cylindre central qui s'élargit à sa partie distale (G × 15).

Fig. 14.— Ici également, le cylindre central (Cy. ce.) d'un fossile, ouvert par l'érosion s'est élargi à sa partie distale, formant une coupe évasée ; autour de cette partie élargie existe une cavité (ca.) résultant de la dissolution de la paroi du fossile (on aperçoit encore les plans de clivage

de la calcite de la paroi dans la cavité bordant le cylindre central, à droite sur la photographie) (G × 16,6).

Fig. 15.— Cylindre central d'un fossile, usé et ouvert sur une grande partie de son trajet (G × 9).

Fig. 16.— Section transversale d'un fossile montrant une paroi de section circulaire comportant des sortes de cloisons orientées radiairement. Une telle structure pourrait correspondre à la section d'un calice de *Lithostrotionidae* ou à de petits *Archaeocyathidae* (voir texte, page 18,3). (G × 18,3).



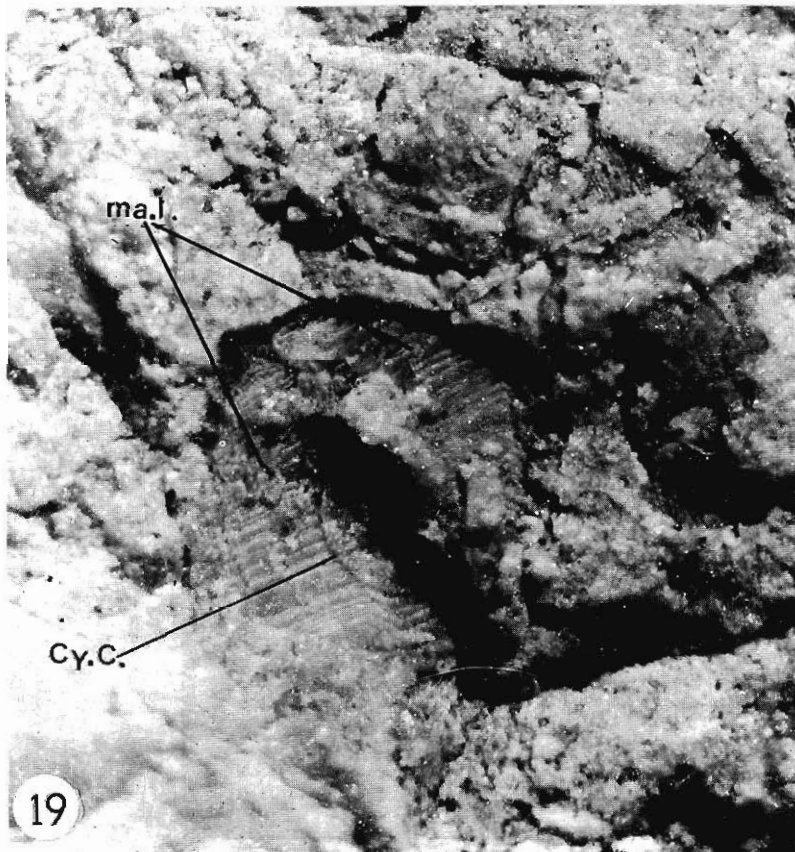
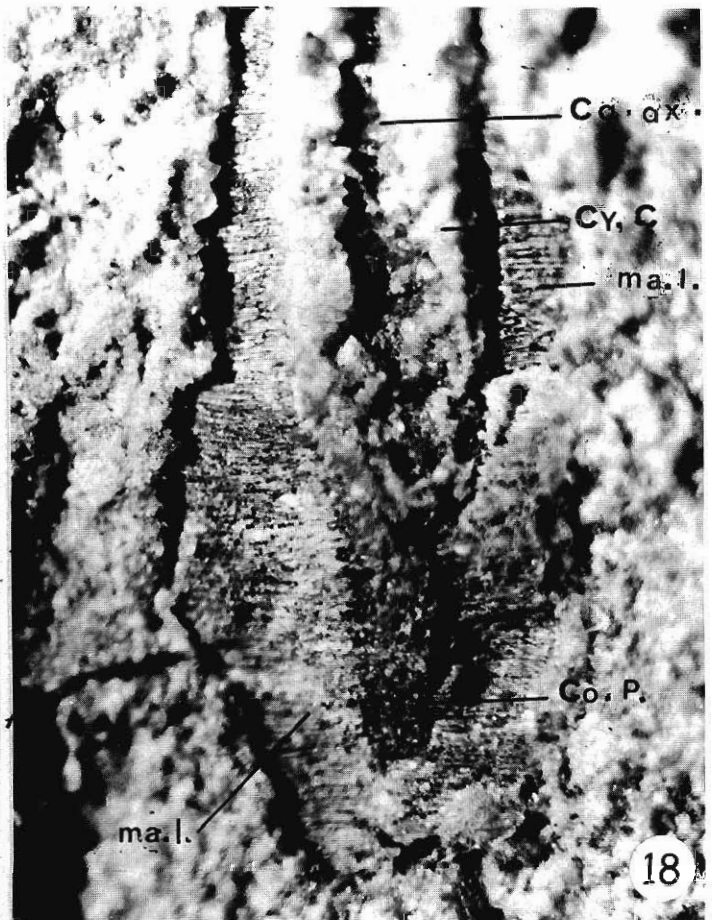


PLANCHE V

Morphologie de fossiles situés à la surface de blocs calcaires de Cruzis ; ici, l'érosion a usé le fossile jusqu'à sa partie centrale.

Fig. 17 et 18.— Deux photographies d'un fossile en position longitudinale. On reconnaît sur ses bords, le matériel lamellaire (plans de clivage de la calcite) de la paroi externe du fossile ; au centre se trouve le cylindre central (Cy. C.) percé du canal axial (Ca. ax.) ; la partie proximale de ce cylindre se présente sous la forme d'un cône de teinte sombre dont la surface semble porter de petites dépressions circulaires. (G × 10 pour la figure 17 et G × 20 pour la figure 18).

Fig. 19.— Section transversale d'un fossile montrant la disposition des plans de clivage parallèles de la calcite (mat. l.) dans la paroi, autour du cylindre central (Cy. C.) (G × 16,5).

Fig. 20.— Section médiane longitudinale d'un fossile, à la surface d'un bloc calcaire ; cette section est plus complète que les précédentes ; elle est reproduite sur le dessin, à la chambre claire, de la figure 5 du texte ; une interprétation possible est donnée dans sa légende et dans la figure 6 du texte. De telles sections sont très rares ; toutefois celle-ci peut être rapprochée de la section visible sur la figure 14, Pl. IV). (G × 10) ; échelle millimétrique).

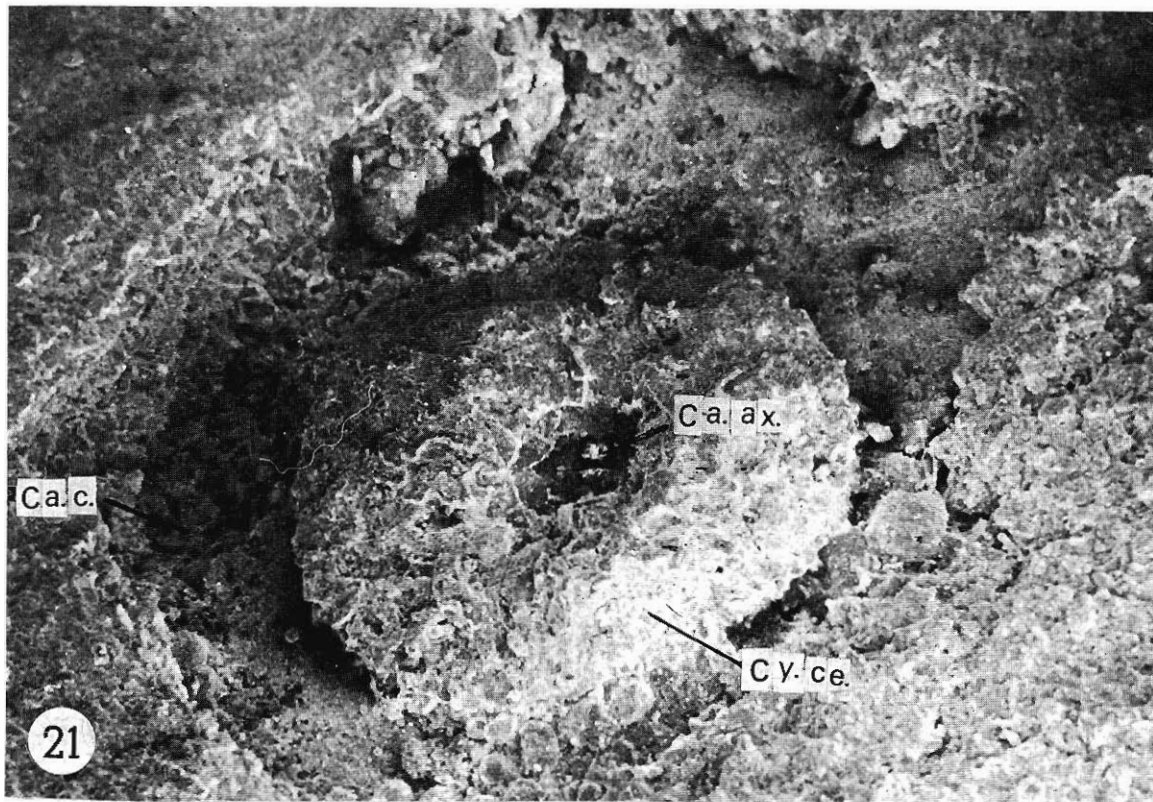


PLANCHE VI, VII et VIII

Examen de la morphologie des fossiles au moyen de la microscopie à balayage.

Fig. 21 et 22, Pl. VI.— Deux sections transversales de fossiles situés à la

surface de blocs calcaires : on reconnaît le cylindre central (Cy. ce.) percé du canal axial (Ca. ax.) dans le fond duquel sont visibles les plans de clivage de la calcite qui formaient la structure axiale (fig. 22) ; autour du cylindre central, la cavité annulaire (Ca. c.) résulte de la dissolution de la paroi du fossile. (G × 115 pour la fig. 21 et G × 172 pour la fig. 22).



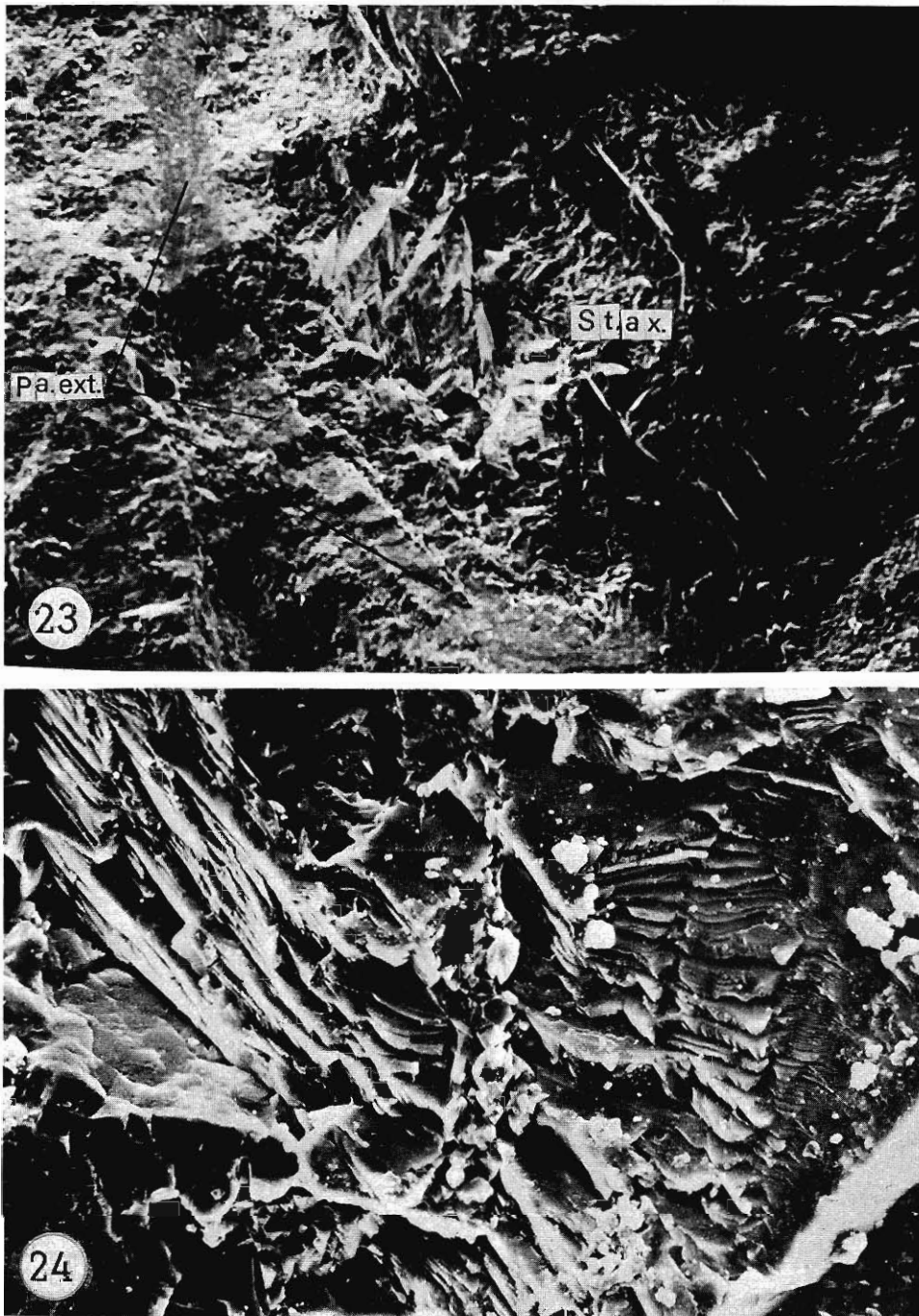


Fig. 23 et 24, Pl. VII.— Section d'un fossile dans une cassure fraîche d'un bloc de calcaire : on reconnaît la paroi externe (pa. ext.) dessinant ici un contour elliptique et, au centre, la structure axiale (St. ax.) (G × 76). La figure 24 montre une vue à un plus fort grossissement, d'une partie de la surface de la paroi du fossile avec ses plans de calcite (G × 2200).

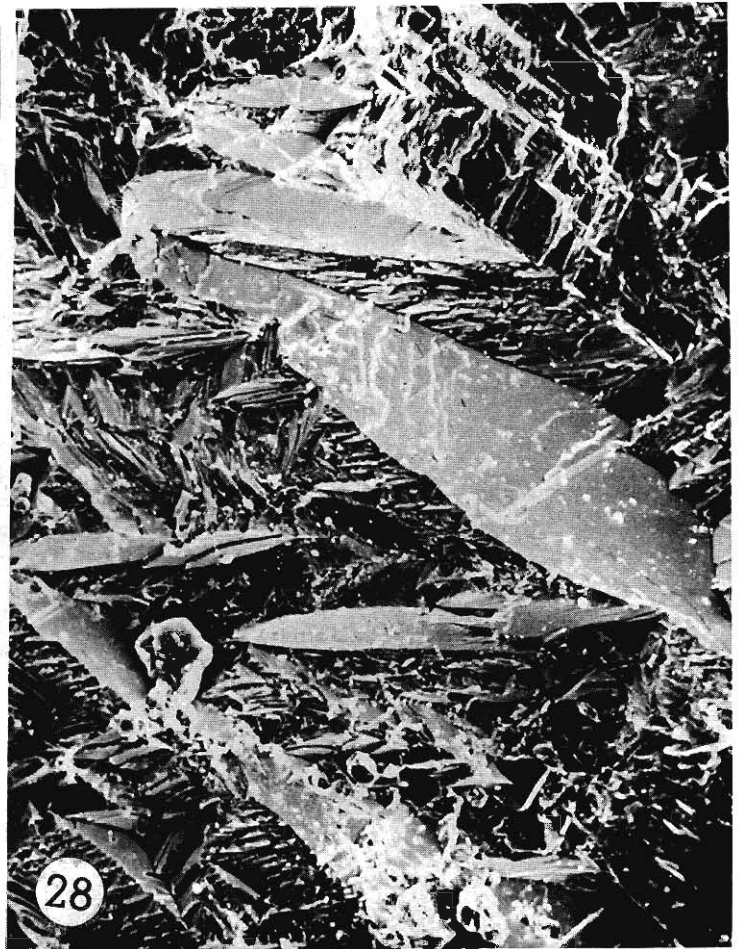
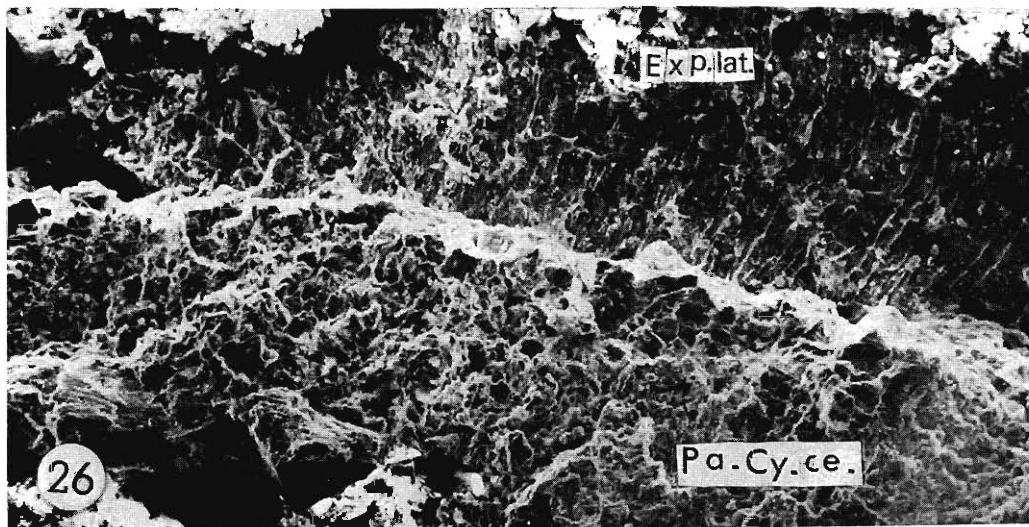
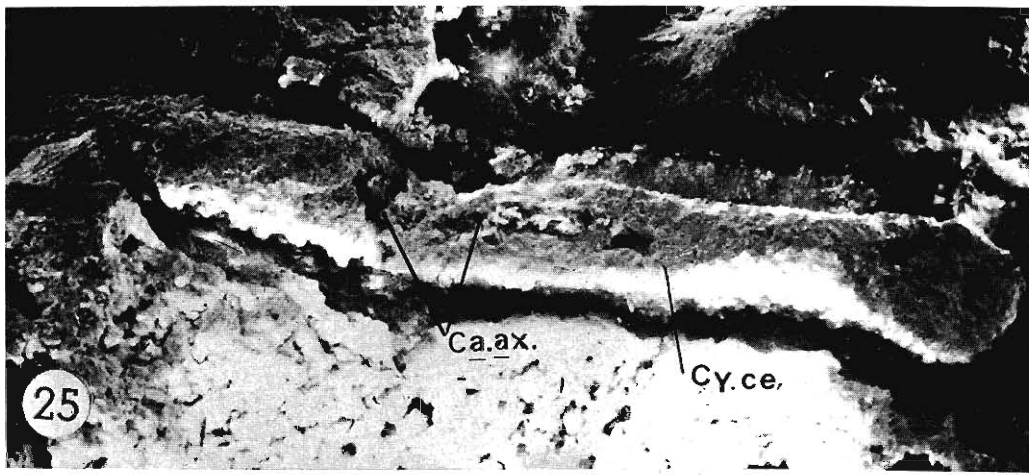
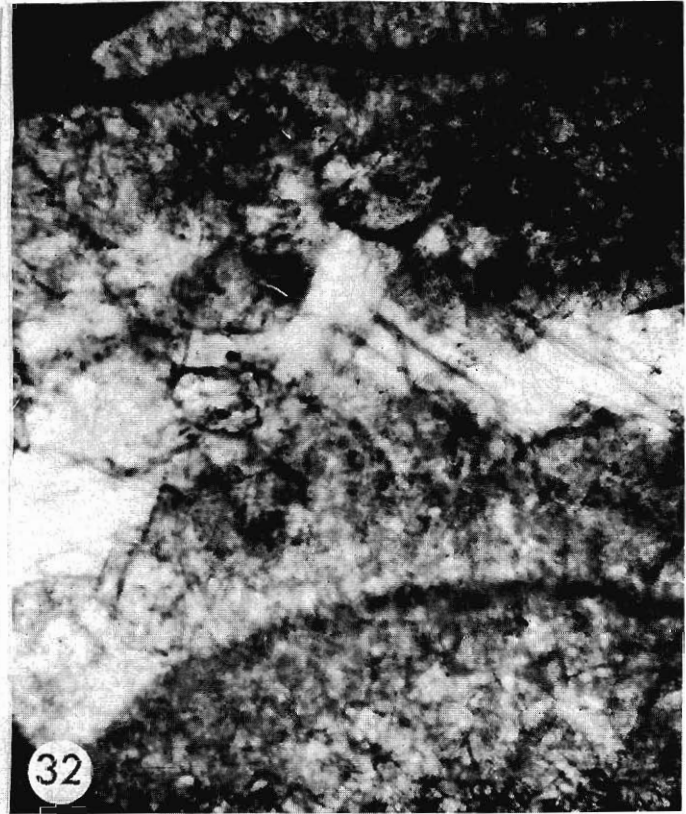
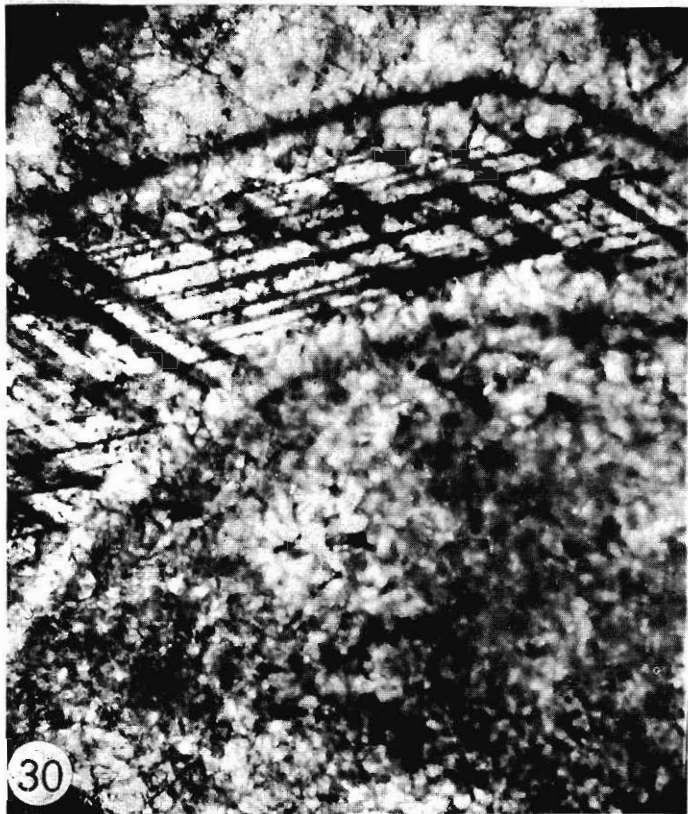


Fig. 25, 26 et 27, Pl. VIII.— Vue générale de fossiles allongés à la surface de blocs de calcaire : le cylindre central ne présente pas de subdivisions transversales ; ce cylindre (Cy. ce.) est percé du canal axial (Ca. ax.) et sa partie distale, légèrement conique montre une structure particulière ; sur le bord du cylindre, une sorte d'expansion latérale (bien visible sur la figure 25) représente le reste de la paroi du fossile ; la figure 26 montre que cette expansion latérale (Exp. lat.), formée de plans parallèles de calcite a une structure très différente de celle du cylindre central

formé de cristaux de dolomite. (G  $\times$  15 pour la figure 25 ; G  $\times$  150 pour la fig. 26 ; G  $\times$  80,5 pour la fig. 27).

Fig. 28, Pl. VIII.— La structure axiale du fossile vue à un fort grossissement (G  $\times$  460) ; les cristaux maclés de calcite qui composent cette structure ont de larges plans de fracture, des angles aigus et des sections transversales losangiques ; ils sont très différents des petits cristaux de dolomite de la paroi du cylindre central (Pa. Cy. ce.) que l'on peut voir sur la figure 26.



## PLANCHES IX, X et XI

Fossiles de Cruzis inclus dans un bloc de calcaire, étudiés sur lames minces.

Fig. 29 et 31, Pl. IX.— Sections transversales de deux fossiles ; les bords interne et externe de la paroi des fossiles sont nettement délimités, marqués par des lignes sombres. La structure axiale, en calcite (aire claire

dans la partie interne) est moins bien délimitée et ne présente pas de ligne sombre à sa périphérie. D'autre part, si le bord interne de la paroi du fossile est circulaire, le bord externe présente un contour irrégulier, polygonal. (G  $\times$  37 pour les deux photographies).

Fig. 30 et 32, Pl. IX.— Vues à un plus fort grandissement (G  $\times$  120 d'une partie de la paroi des deux fossiles ci-dessus.



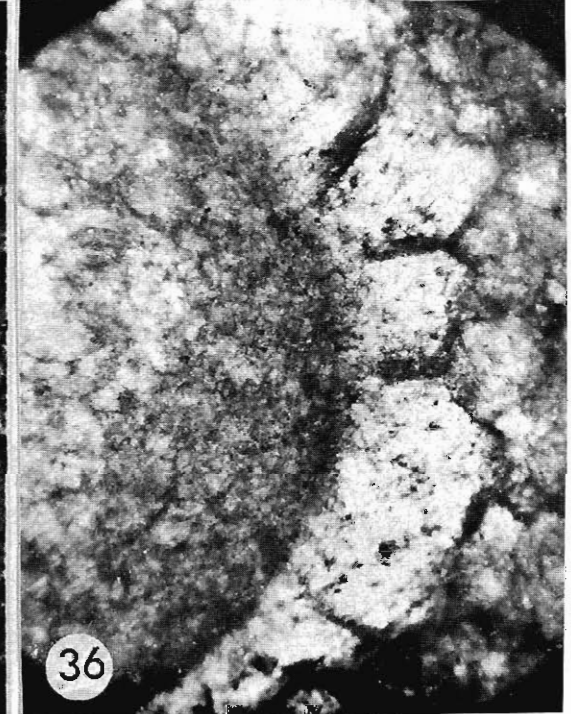
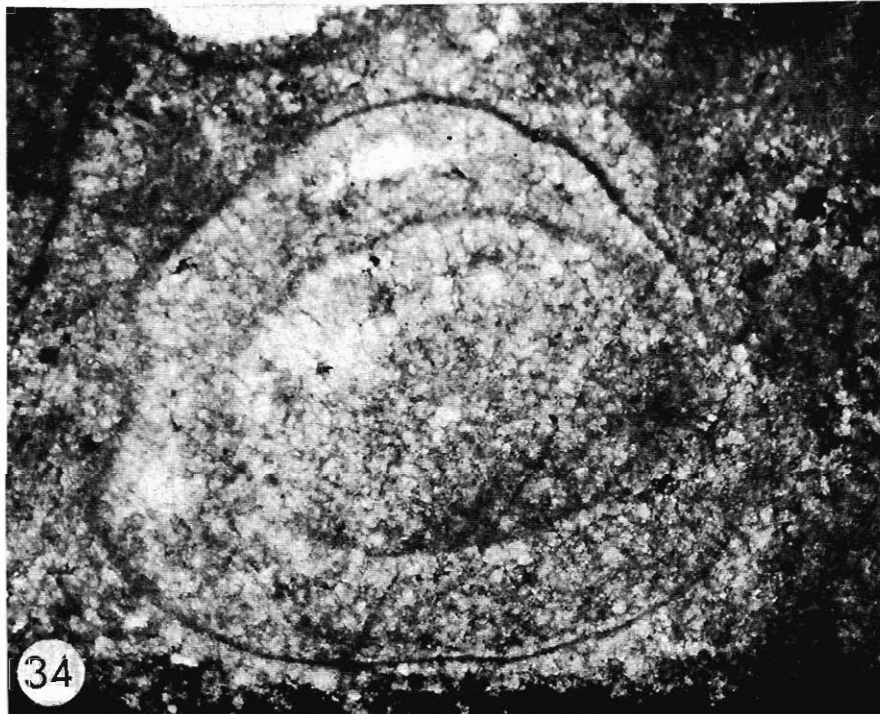
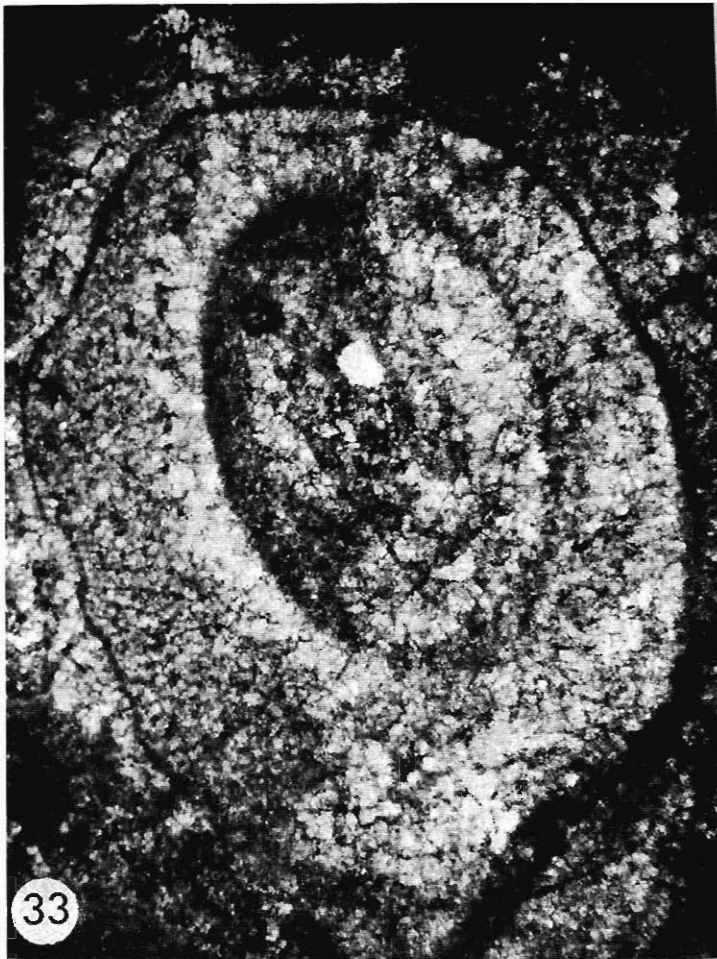


Fig. 33, 34 et 35, Pl. X.— Sections transversales de trois autres fossiles ; on retrouve ici, les caractères notés sur les coupes précédentes, de la planche IX. De plus, sur la photographie 35, l'orientation des plans de clivage de la calcite dans la paroi et dans la structure axiale du fossile suggère que l'on a à faire à deux monocristaux de calcite recristallisée ; noter aussi, sur cette photographie 35, les deux courbes parallèles, elliptiques qui délimitent la zone interne ; entre ces deux courbes, on observe des lignes sombres, sortes de courtes cloisons orientées radiairement ; ces deux courbes parallèles ont été également observées sur les lames

minces d'autres fossiles. Sur cette coupe de la figure 35, le diamètre du fossile, suivant le petit axe de l'ellipse est de 1,9 mm ; le diamètre de la partie interne est de 1,16 mm et l'épaisseur de la paroi est voisine de 0,5 mm. (G  $\times$  42 pour les 3 photographies).

Fig. 36, Pl. X.— Sur cette photographie d'une partie de la paroi, coupée transversalement, d'un fossile, on observe des lignes sombres radiaires pouvant représenter des limites de cristaux ou des vestiges de subdivisions dans la paroi (G  $\times$  85).



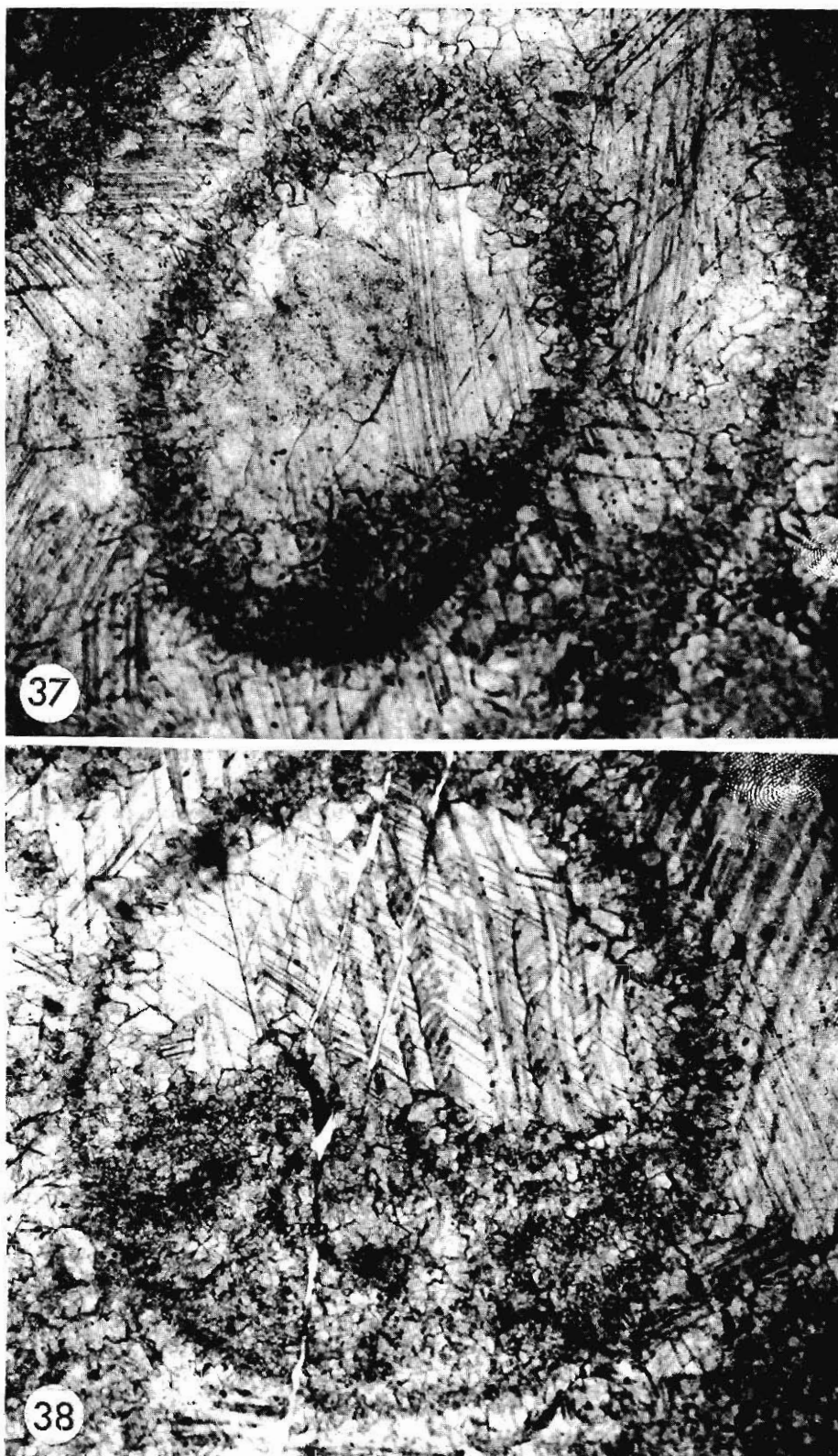


Fig. 37 et 38, Pl. XI.— Sections de deux autres fossiles vues à un plus fort grandissement ( $G \times 100$ ). A côté des grands cristaux de calcite de la paroi du fossile et de la structure axiale, on note la présence de nombreux microcristaux le long des lignes sombres qui marquent les bords interne et externe de la paroi des fossiles.