

La structure cone in cone en milieu de dépôt siliclastique : observations nouvelles sur les cone in cone de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire, sud du Massif central français *

*Cone-in-cone structure in an environment of siliciclastic deposition.
New observations on Lower Ordovician cone-in-cone structures
of the Montagne Noire, south French Massif central*

Jean-François BECQ-GIRAUDON ⁽¹⁾

Mots-clés : Cone in cone, Roche clastique, Composition siliceuse, Arenig, Structure sédimentaire, Structure diagénétique, Schistosité, Déformation (Déformation hydroplastique), Compaction, Massif central, Montagne Noire.

Résumé

On observe dans les cone in cone siliceux de l'Ordovicien de la Montagne Noire (sud du Massif central français) des figures en piliers, indicatrices d'échappement d'eau, qui s'initient dans le substratum de ces structures. Par ailleurs, tous les intermédiaires entre un simple litage ondulé des lits phylliteux du substratum et les cone in cone vrais ont été observés et illustrés ; des développements locaux de cone in cone millimétriques sont également observés dans un shale. Ces observations démontrent que cette structure est primaire et résulte principalement de la réorientation des phyllites, au cours de la compaction d'un sédiment présentant des phases lithologiques à porosité et compétence très contrastées ; le moteur de cette réorientation est essentiellement de la déformation hydroplastique et la structure cone in cone est assimilable à une schistosité de crénulation accompagnée d'un début de recristallisation.

Abstract

Siliceous cone in cone from Lower Ordovician Shales of the Montagne Noire (South of the french Massif central) show Pillar structures which are interpreted as water escape figures during diagenesis. A progressive settlement of cone in cone structure, beginning with wavy bedding of argillaceous laminae and ending with true cone in cone, has been observed and is illustrated. Cone in cone turn out to be of primary origin and to be the result of the reordering of phyllitic elements within a sediment undergoing diagenetic compaction and which exhibits differences in porosity and competency in its lithological composition ; cone in cone can be compared to a schistosity acquired in the realm of hydroplastic deformation.

* Manuscrit reçu le 18 mai 1990, accepté le 31 août 1990.

(1) BRGM, Service Géologique National, BP 6009, 45060 Orléans Cedex.

Introduction

La structure cone in cone a depuis longtemps retenu l'attention des géologues et donné lieu à un flot régulier de publications la concernant ; cette structure se rencontre le plus souvent en milieu carbonaté (Woodland, 1964 ; Bonte et Maillot, 1980) mais elle est également très bien représentée en milieu siliclastique (Cayeux, 1931 ; Thorat, 1946) ; d'excellentes descriptions en sont données par les auteurs précédents, ainsi que, pour les aspects morphologiques, (Tarr, 1922 ; Cayeux, 1931 ; Bonte, 1942 et 1945 ; Denaeyer, 1947 a et b ; Woodland, 1964), sans que cette liste soit exhaustive.

Les hypothèses concernant sa genèse ont évolué entre une explication mécaniste, contrainte tectonique notamment (Denaeyer, 1940 et 1945 ; Chandra et Gupta, 1973 ; Thurston, 1978) et une origine diagénétique et géochimique, hypothèse qui semble être celle admise de nos jours (Franks, 1969 ; Bonte et Maillot, 1980 ; Marshall, 1982 ; Bonte et Didon, 1983 ; Boudelle et Pailleret, 1984).

L'essentiel des études récentes a porté sur les « cone in cone » carbonatés, les cone in cone siliceux étant le plus souvent considérés comme dérivant de cone in cone initialement carbonatés par substitution de la calcite par de la silice, sans qu'une preuve définitive de la réalité du phénomène ait été apportée (Woodland, 1964).

De nouvelles observations faites sur les cone in cone siliceux de l'Ordovicien inférieur (Arenig) de la Montagne Noire permettent de proposer une origine primaire à ces structures.

Cadre géologique (fig. 1)

Le cadre géologique et structural de la Montagne Noire est, de nos jours bien défini : il comprend une zone axiale antiforme métamorphique, encadrée par un flanc sud, constitué d'un empilement de trois unités charriées à matériel cambro-viséen en position inverse et d'un flanc nord, à matériel cambro-silurien disposé en quatre écailles de direction N 45°E et reposant à l'est sur un autochtone fait de terrains d'âge protérozoïque à cambrien inférieur, recoupés par le granite du Mendic (Thorat, 1935 a ; Geze, 1949 ; Arthaud, 1970 ; Bogdanoff *et al.*, 1984).

Cette tectonique est datée par la présence de bassins d'âge stéphanien moyen, Graissessac au nord et Roujan-Néfiès au sud, reposant en discordance, et en série normale, sur les terrains renversés d'âge cambrien (Becq-Giraudon, 1973 ; Engel *et al.*, 1978 ; Feist et Galtier, 1985 ; Becq-Giraudon *et al.*, 1987).

L'Ordovicien inférieur (Trémadocien à Arénigien moyen) est essentiellement constitué par une série flyschioïde, à alternance de shales et de bancs silteux ou gréseux fins, à nodules fossilifères, avec des caractères de tempestites pour certains niveaux, et dont l'épaisseur, au moins dans le flanc sud, est estimée à environ 1 500 m (Courtessole *et al.*, 1981, 1985).

Les cone in cone sont connus, dans le flanc sud, dans toute la colonne stratigraphique arénigienne depuis le Saint Chinianais jusque dans les Monts de Cabrières, en passant par la vallée du Landeyran (Dean, 1966 ; Bérard, 1985). Dans le nord, ils se suivent selon une

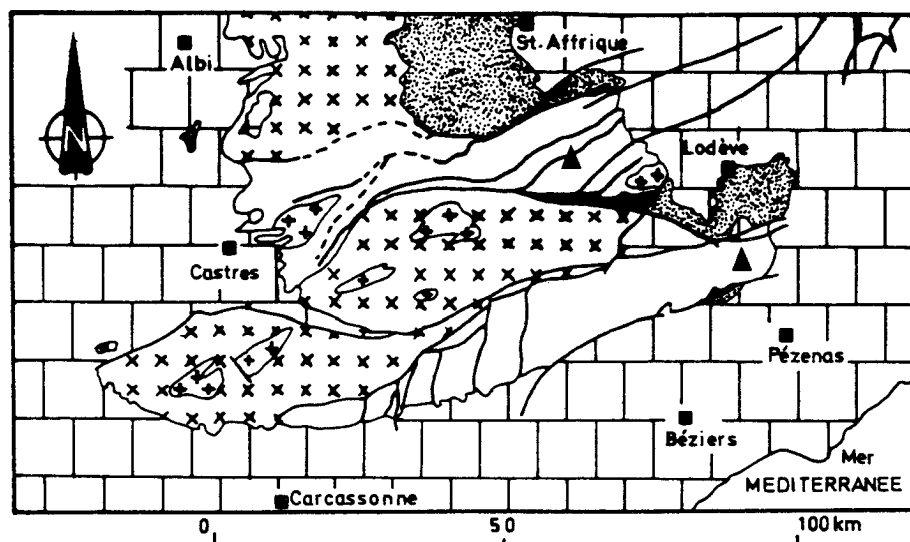
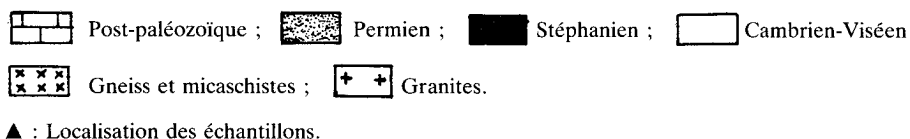


Fig. 1. - Carte de situation.

Fig. 1. - Location map.



bande parallèle à la faille limite de l'écaille de Brusque depuis Boissezon-de-Masviel (Tarn) jusqu'au-delà d'Arnac-sur-Dourdou (Aveyron) (Thoral, 1935 a et b, 1946 ; Bérard, 1985).

Description minéralogique

a. Cone in cone

L. Cayeux (1931) en donne une très bonne description et nous renvoyons le lecteur à cette publication pour plus de détails : il montre qu'il s'agit d'une microquartzite, de granulométrie constante, où le quartz est associé à du rutile et où la structure cone in cone est due à des phyllites, teintées par des oxydes très abondants, et dont la nature reste à déterminer. Il note une recristallisation du quartz, accompagnée de développement du rutile, ce qui l'amène à conclure à une influence métamorphique. Nos propres observations permettent de préciser certains aspects, non évoqués par L. Cayeux :

— Il y a absence totale de carbonates, les seules calcites observées étant en remplissage de fractures postérieures à la formation des cones.

— Dans les grains de quartz les plus grossiers (de l'ordre de 100 μm), on observe souvent des grains à extinction roulante.

— La granulométrie des composants reste relativement constante pour un même échantillon mais peut être très variable d'un échantillon à l'autre.

— Le phénomène de recristallisation est surtout sensible dans la partie externe du cortex de cone in cone.

— Il y a une relation directe entre la taille des cones et la granulométrie des grains qu'ils affectent.

b. Substratum des cones

A part le cas particulier d'un substratum constitué d'un nodule bleu silico-alumineux phosphaté, les laminites sur lesquelles se développent les cones présentent la même minéralogie que ces derniers et, hormis la structure, rien ne peut différencier les deux roches ; en particulier, les grains de minéraux opaques signalés dans les cones se retrouvent, très abondants, dans la fraction phylliteuse des laminites où ils se forment apparemment aux dépens d'une fraction argileuse de nature non déterminée. Par contre, il faut noter l'absence de quartz à extinction roulante, ce qui contraste avec les cones.

Structures sédimentaires et diagénétiques

Les laminites du substrat

Deux grands types de structures y sont observables :

— d'une part, des figures de sédimentation, liées aux conditions de dépôts : dans le cas présent, il s'agit de structures en flasers et des stratifications obliques en mamelon, indicatrices d'un milieu de dépôt de haute énergie ; ce type de faciès est caractéristique des dépôts de tempestite, (Guillocheau, 1983) ;

— d'autre part, des figures de perturbation (*sensu* Meilliez, 1989). Elles se manifestent par une dislocation plus ou moins importante du litage et résulteraient de l'expulsion brutale d'eau durant la compaction du sédiment en cours de diagénèse ; il en a été observé deux genres :

a) Dans les laminites à composition d'argilites, un gaufrage des phyllites, bien souligné également par les minéraux opaques. Ce gaufrage devient de plus en plus prononcé vers le sommet et, près du contact avec le cortex, il prend l'aspect de cone in cone (Pl. I.1).

b) Dans les laminites à dominante silteuse, on observe des perturbations donnant une sédimentation nébuleuse et dont l'allure et l'attitude générale sont, là aussi, soulignées par les phyllites et les grains de minéraux opaques associés aux grains de quartz (Pl. I.2). Ces structures ont été observées à proximité immédiate de la limite substrat/cone in cone.

Le cortex de cone in cone

Le fait le plus frappant est l'existence, à côté de cone in cone très réguliers, de zones perturbées, étroites et verticales (« Pillar structures »), composées pour l'essentiel de phyllites disposées selon un litage très gaufré et accompagnées de grains de minéraux opaques qui se disposent selon des lignes verticales (Pl. I.3). Ces zones s'initient à la base du cortex (Pl. I.2) et se terminent à la base de cone in cone superficiels, dont la pointe est entièrement effacée par la perturbation, et dont l'angle d'ouverture, ainsi que la taille, sont supérieurs à ceux des cones plus internes (Pl. II.4). Parfois, ces « colonnes ascendantes » peuvent dévier leur course verticale et prendre une direction oblique, le plus souvent le long d'un plan-limite de cones (Pl. I.3).

Relations cone in cone/substratum

A l'échelle de l'échantillon

L'observation rapportée ici a été faite sur un nodule à cone in cone du versant nord, de grande taille (60 cm de diamètre) et très aplati (3 à 4 cm d'épaisseur) (Thoral, 1935 a et b, 1946). Il ne présente apparemment de cone que sur une seule face : ceux-ci se développent aux dépens d'un lit de grès fin, finement lité, à stratifications obliques, et contenant un nodule carbonaté elliptique, de 15 cm de plus grand axe ; ce nodule contient un terrier et le grès a livré quelques débris attribuables à des trilobites. Ce grès repose sur un shale bleu, qui constitue la partie opposée du nodule et qui semble indemne de cone ; un examen attentif de cette surface a montré l'existence, en un point, d'une couche de minuscules cone in cone, ne dépassant pas cinq millimètres en hauteur et passant latéralement à du shale indemne de ce type de structure (Pl. II.5).

A l'échelle du microscope

En lame mince, on constate que :

- Les cone in cone se développent aussi bien dans des faciès silto-gréseux que dans des faciès de shales.

- Le gaufrage des phyllites des passées d'argilites évolue progressivement et rapidement vers une structure cone in cone franche ; tous les intermédiaires entre ces deux extrêmes ont été observés (Pl. I.1) ; le plus souvent, le lit argileux concerné présente des cone in cone de petites tailles (millimétrique et infra) et grossièrement ébauchés. Parfois, les lits de phyllites commencent à se disposer selon la crénulation caractéristique de la structure et on observe souvent le passage de lits intacts à la structure cone in cone. On trouve, parfois, dans un cone in cone, des témoins d'anciens lits minces de silt pris dans la structure (Pl. II.6) et, de façon similaire, les lits silteux reposant sur des shales à cone in cone en ébauche présentent un litage ondulé, voire gaufré, dû à la formation des cones sous-jacents (Pl. I.1).

Enfin, il a été observé des cone in cone, bien développés, au sein même d'un lit argileux (Pl. II.7), lui-même peu touché par le gaufrage initial des phyllites ; cet îlot de cone in cone est lié à un passage plus silteux du banc d'argilite en question.

- Les colonnes montantes (« Pillar structures ») sont initiées dans le substrat, à proximité de la limite entre ce dernier et le cortex de cone in cone.

Cet ensemble de faits permet d'affirmer que la structure cone in cone est d'origine primaire et qu'elle se développe aux dépens de la roche qui la contient.

Discussion

Les observations précédentes montrent que la structure cone in cone n'est pas liée, pour sa genèse, au chimisme de la roche originelle. Ce fait exclut une origine purement géochimique ou biochimique, et l'apparition de la structure cone in cone doit résulter d'un faisceau de causes que nous allons essayer d'établir :

- En premier lieu, le cone in cone se développe exclusivement dans une roche finement litée dont les composantes présentent, au départ, un contraste de porosité et de compétence marqué, par exemple le couple argile/sable, marne/calcaire, lumachelle/argile, fossile/argile (Pl. III), etc. (Woodland, 1964).

- En deuxième lieu, la présence des structures en piliers, interprétées ici comme des figures d'échappement d'eau pendant la diagenèse et la compaction du sédiment (Meilliez, 1989) et qui affectent l'ordonnance régulière du cortex de cone, indique que ce dernier se forme alors que la roche originelle est encore plastique : le gaufrage des phyllites, qui représente le stade initial de la formation semble également lié aux figures d'échappement et il est probable que les deux phénomènes, formation de cone in cone et échappement d'eau, sont contemporains et résultent d'une cause commune.

- Tous les plans de la structure ne se marquent pas par des phyllites et ils dessinent un treillis serré dû aux intersections multiples des familles de plans coniques ; ceux-ci sont alors quasiment pénétratifs à l'échelle de la lame mince.

Cette structure apparaît donc comme liée à la diagenèse d'un milieu à fort contraste de porosité entre ses différentes composantes : elle se met en place lors de la compaction, et de la lithification, de la roche encore plastique (Morawietz, 1961 ; Marshall, 1982) ; le niveau ainsi concerné est soumis à deux pressions, plus ou moins antagonistes, qui sont la pression hydrostatique liée au départ de l'eau interstitielle et la pression lithostatique qui s'exerce sur le banc en cours de lithification (Thurston, 1978). Un troisième type de stress se développe, en milieu carbonaté, par le changement de phase cristalline Aragonite → Calcite, entraînant une augmentation de volume du banc concerné (Usdowski, 1963 ; Bonte & Maillot, 1980). De plus, la présence de quartz à extinction roulante dans les cones, alors qu'ils sont inconnus dans le substratum, complète le faisceau d'arguments qui permettent de dire que les cones se forment nécessairement sous l'effet d'une contrainte. Le gaufrage des phyllites des bancs argileux marque le début de la formation des cones et cette structure résulte, avant tout, de la réorientation de particules phylliteuses sous l'effet de contraintes développées dans un sédiment en cours de compaction et présentant des phases lithologiques à porosité et compétence fortement contrastées (Engelder & Marshak, 1985) ; le moteur de cette réorientation est essentiellement du domaine de la déformation hydroplastique (Genna, 1989) et les phénomènes géochimiques associés ne sont que des phénomènes accessoires et non plus la cause : le début de recristallisation et le réarrangement structural des phyllites selon des plans pénétratifs, sont des éléments qui permettent de comparer la structure cone in cone à une schistosité de fracture et crénulation avec début de recristallisation telle que l'a définie Cl. Le Corre (1979).

Conclusions

Les descriptions présentées ici montrent que la structure cone in cone est la conséquence de la compaction d'un sédiment hétérogène, à fort contraste de porosité entre les différentes phases le composant. Elle est due à la réorientation préférentielle des phyllites lors de la phase d'expulsion d'eau de la diagenèse d'un sédiment encore plastique soumis à une contrainte qui peut être liée à la pression lithostatique (cas le plus général) ou, dans le cas des roches carbonatées, à la transition Aragonite → Calcite, voire une combinaison de ces différents types de stress. Il en résulte des figures qui ont toutes les caractéristiques d'une schistosité de crénulation, avec début de recristallisation, et nous proposons de voir dans la structure cone in cone une authentique schistosité caractéristique d'un domaine de déformation superficielle qui est celui de la déformation hydroplastique.

Références bibliographiques

- ARTHAUD F. (1970). - Étude tectonique et microtectonique comparée de deux domaines hercyniens : les nappes de la Montagne Noire (France) et l'anticlinorium de l'Iglesiente (Sardaigne). Thèse, Montpellier-USTELA, édit. Série Géol. Struct., 1 vol., 175 p.
- BECQ-GIRAUDON J.-F. (1973). - Étude géologique du bassin houiller de Graissessac (Hérault). *Bull. BRGM Fr.*, (2), Section I, n° 3, pp. 151-163.
- BECQ-GIRAUDON J.-F., GIOT D., GONZALEZ G. (1987). - Cycles sédimentaires du Carbonifère supérieur (Stéphanien B) du bassin de Néffîès (sud-est de la Montagne Noire, Hérault) et comparaison avec le houiller de Saint-Rome-de-Tarn, Bassin de Saint-Affrique (Aveyron). *Géol. Alpine, Grenoble*, Mém. H.S. n° 13, pp. 5-17.
- BÉRARD P. (1985). - Trilobites de l'Ordovicien inférieur des Monts de Cabrières (Montagne Noire - France). Thèse, Montpellier, 220 p.
- BOGDANOFF S., DONNOT M., ELLENBERGER F. (1984). - Notice explicative de la carte géologique de la France à 1/50 000. Feuille de Bédarieux coupe n° 988, BRGM édit., Orléans.
- BONTE A. (1942). - Sur l'origine sédimentaire de la structure cone in cone. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **214**, pp. 498-500.
- BONTE A. (1945). - Observations sur les nodules à structure cone in cone de l'Arenig de la Montagne Noire. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, (5), **15**, pp. 453-478.
- BONTE A., DIDON J. (1983). - La structure cone in cone dans les pélites à phanites de Melloussa, Tanger (Maroc). *Ann. Soc. Géol. Nord, Lille*, **103**, pp. 413-424.
- BONTE A., MAILLOT H. (1980). - Structure cone in cone et diagenèse initiale. Arguments morphologiques et géochimiques. *Ann. Soc. Géol. Nord, Lille*, **99**, pp. 465-476.
- BOUDEULLE M., PAILLERET P. (1984). - The origin of the cone in cone structure : an other view. C.R. 5^e congr. Europ. Sédimentol.
- CAYEUX L. (1931). - La structure cone in cone en milieu schisteux. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **192**, pp. 993-996.
- CHANDRA D., GUPTA J.P. (1973). - Cone in cone structure from the West Bokaro Coalfield, India. *Current Science, Indes*, **42**, n° 8, pp. 276-277.
- COURTESOLE R., PILLET J., VIZCAINO D. (1981). - Nouvelles données sur la biostratigraphie de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire. Révision des Taihungshaniidae, de Megitaspis (Ekeraspis) et d'Asaphopsoidea (Trilobites). Mém. Soc. et Sci. Aude, Carcassonne, 32 p.
- COURTESOLE R., PILLET J., VIZCAINO D., ÉSCHARD R. (1985). - Étude biostratigraphique et sédimentologique des formations arénacées de l'Arenigien du Saint-Chinianais oriental (Hérault), versant sud de la Montagne Noire (France méridionale). Mém. Soc. et Sci. Aude, Carcassonne, 99 p.
- DEAN W.T. (1966). - The Lower Ordovician stratigraphy and trilobites of the Landeyran Valley and the neighbouring district of the Montagne Noire, South-Western France. *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Geol., Londres*, **12**, n° 6, pp. 257-353.
- DENAEYER M.E. (1940). - Genèse des gradins concentriques propres à la structure cone in cone. *C.R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 22 avril 1940, pp. 77-79.
- DENAEYER M.E. (1945). - Essai d'une théorie mécanique de la structure cone in cone. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, (5), **15**, pp. 141-160.
- DENAEYER M.E. (1947 a). - Les gisements de cone in cone de France et de Grande-Bretagne. Première partie : Les gisements français. *Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol., Bruxelles*, **56**, n° 1-2, pp. 21-46.
- DENAEYER M.E. (1947 b). - Les gisements de cone in cone de France et de Grande-Bretagne. Deuxième partie : Gisements britanniques. *Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol., Bruxelles*, **56**, n° 5-6, pp. 382-411.
- ENGEL W., FEIST R., FRANKE W. (1978). - Synorogenic gravitational transport in the Carboniferous of the Montagne Noire (S. France). *Zeit. Dt. Geol. Ges. Hanovre*, n° 129, pp. 461-472.
- ENGELDER T., MARSHAK S. (1985). - Disjunctive cleavage formed at shallow depth in sedimentary rocks. *J. Struct. Geol., Londres*, **7**, n° 3/4, pp. 327-343.
- FRANKS P.C. (1969). - Nature, origin and significance of cone in cone structures in the Kiowa formation (Early Cretaceous), North Central Kansas. *J. Sed. Petrol., USA*, **39**, n° 4, pp. 1438-1454.
- FEIST R., GALTIER J. (1985). - Découverte de flores d'âge namurien probable dans le flysch à Olistolites de Cabrières (Hérault). Implication sur la durée de la sédimentation synorogénique dans la Montagne Noire (France méridionale). *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **300**, (2), n° 6, pp. 207-212.
- GENNA A. (1989). - Relations entre tectonique cassante, déformation hydroplastique et circulation de fluide dans l'extrémité est du bassin éocène de Carcassonne (Essai d'application métallogénique). Thèse Doct., Montpellier, 191 p.
- GEZE B. (1949). - Étude régionale de la Montagne Noire et des Cévennes méridionales. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, **29**, Nlle série, n° 62, 1 vol., 225 p.
- GUILLOCHEAU F. (1983). - Les dépôts de tempêtes. Le modèle de l'Ordovicien moyen ouest-armoricain. Thèse 3^e cycle, Brest, 223 p.
- LE CORRE Cl. (1979). - L'évolution typologique et texturale des roches argilo-silteuses au cours de la schistogenèse. Notion de trajectoire de fabrique. *Bull. Minéral., Paris*, **102**, pp. 273-281.
- MARSHALL J.D. (1982). - Isotopic composition of displacive fibrous calcite veins : reversals in Pore-water composition trends during burial diagenesis. *J. Sed. Petrol. Tulsa*, **52**, n° 2, pp. 615-630.
- MEILLIEZ F. (1989). - Tectonique distensive et sédimentation à la base du Dévonien en bordure nord-est du Massif de Rocroi (Ardenne). *Ann. Soc. Géol. Nord, Lille*, **107**, (1987), pp. 281-295.
- MORAWIETZ F.H. (1961). - Zur Genese des Nagelkalkes. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh., Stuttgart*, **112**, n° 2, pp. 229-249.
- TARR W.A. (1922). - Cone in cone. *Americ. Jl. Sci. New Haven* (5), **4**, pp. 199-213.
- THORAL M. (1935 a). - Contribution à l'étude géologique des monts de Lacane et des terrains cambriens et ordoviciens de la Montagne Noire. Thèse Paris, *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, n° 192, **38**, 320 p.
- THORAL M. (1935 b). - 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^e Thèse état, Paris, Imp. Manufacture de la Charité, Montpellier, 1 vol., 363 p.
- THORAL M. (1946). - Cycles géologiques et formations nodulifères de la Montagne Noire. Niles Arch. Muséum Hist. Nat. Lyon, n° 1, pp. 1-103.
- THURSTON D.R. (1978). - Pressure solution and related phenomena. In Fairbridge & Bourgeois edit., « Encyclopedia of Earth Sciences, 6, *Sedimentology, USA*, pp. 585-589.
- USDOWSKI H.E. (1963). - Die genese der Tutenmergel oder Nagelkalke (cone in cone). *Beit. Mineral. Petrol., RFA*, Bd 9, pp. 95-110.
- WOODLAND B.G. (1964). - The nature and origin of cone in cone structure. Fieldiana ; Geology, Chicago Nat. Hist. Museum edit., **13**, n° 4, pp. 187-305.

PLANCHE I

Fig. 1. - Limite substratum/cone in cone.

Noter le niveau silteux à litage ondulé situé juste dans le plan limite. L.M. 88817, Cabrières.

Fig. 2. - Structure nébuleuse dans le substratum,
à proximité d'un contact avec le cortex de cone in cone.
L.M. 88815, Cabrières.

Fig. 3. - Structures en piliers liées aux échappements d'eau.

Noter dans le cas de la structure du centre de la photo, la trajectoire suivant un plan-limite de cone.
L.M. 88815, Cabrières.

La flèche indique la polarité pour l'ensemble des photographies.

PLATE I

Fig. 1. - Substratum/cone in cone boundary.

Note the silty layers with wavy bedding just within the edge of the plane. T.S. 88817, Cabrières.

Fig. 2. - Nebular structure in the substratum,
close to a contact with a cone in cone cortex.
T.S. 88815, Cabrières.

Fig. 3. - Pillar structures formed by escaping water.

Note, in the structure in the centre of the photograph, the trajectory following the edge of a cone plane.
T.S. 88815, Cabrières.

The arrow shows the polarity for all the photographs.

H
↑

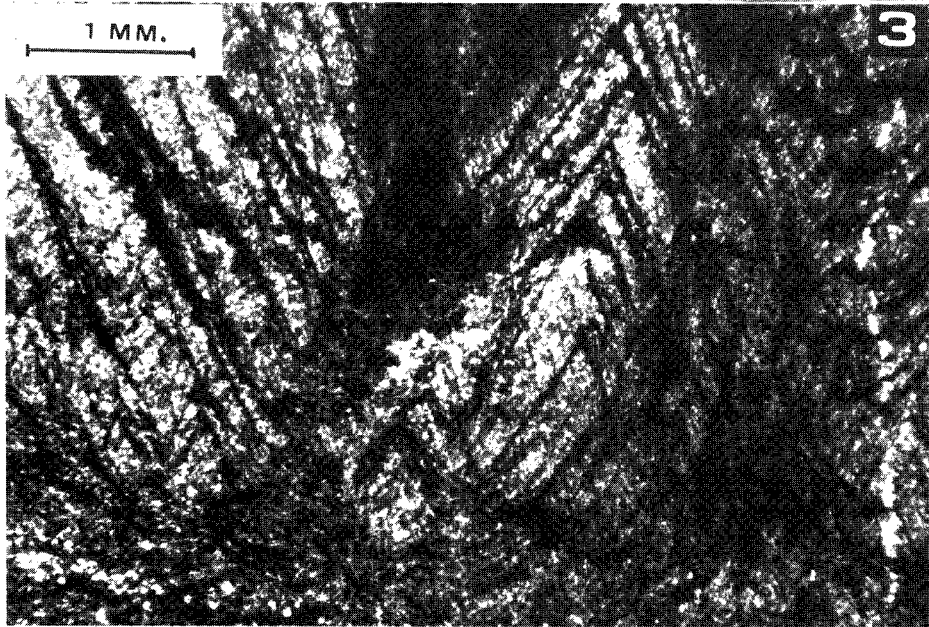
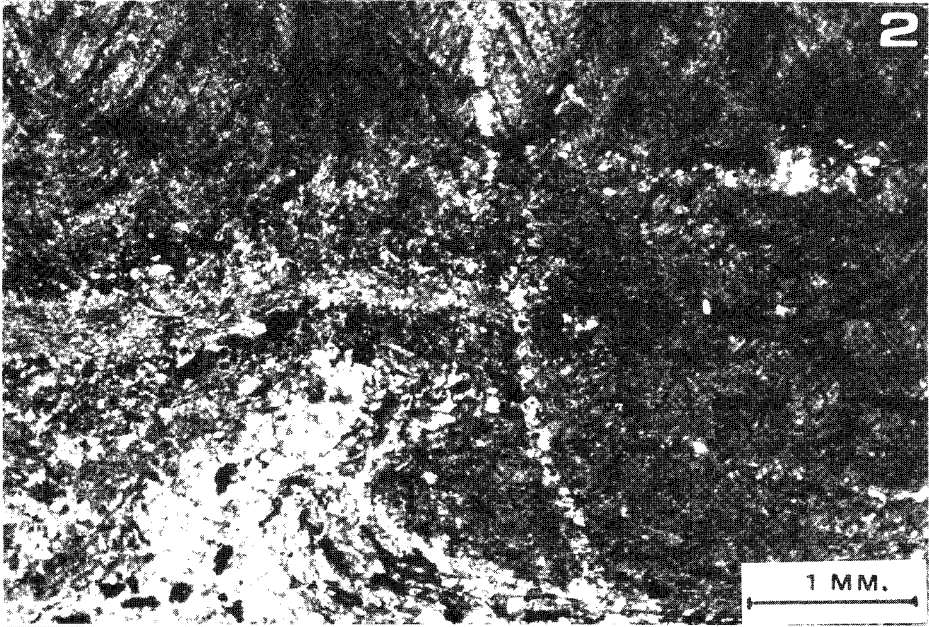
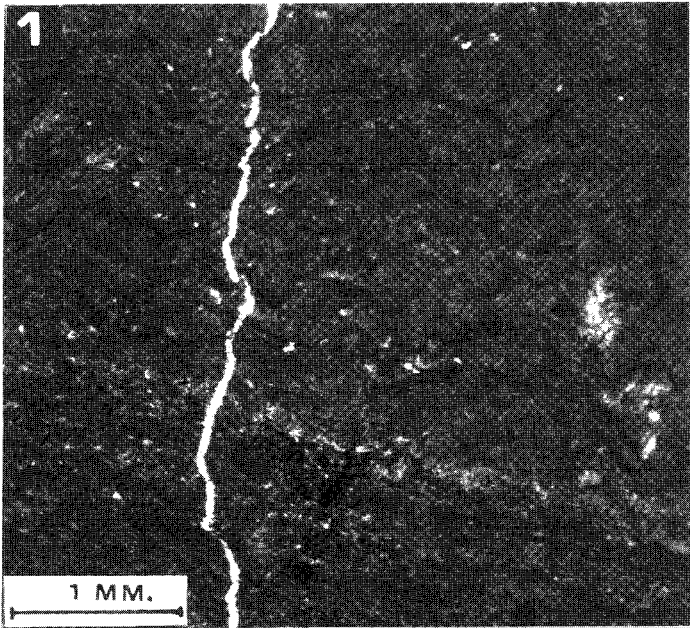


PLANCHE II

Fig. 4. - Cone in cone superficiel, au débouché d'une structure en piliers.
L.M. 88815, Cabrières.

Fig. 5. - Face inférieure d'un nodule à cone in cone,
montrant le développement local de cones millimétriques (flèches) dans un shale.
Échantillon BRGM n° 79972, Canac-sur-Dourdou (Tarn).

Fig. 6. - Lit silteux pris dans la structure cone in cone.
L.M. 88817, Cabrières.

Fig. 7. - Développement local de cone in cone dans le substratum,
à proximité d'une figure d'échappement d'eau. L.M. 88815, Cabrières.
La flèche donne la polarité des figures 4, 6 et 7.

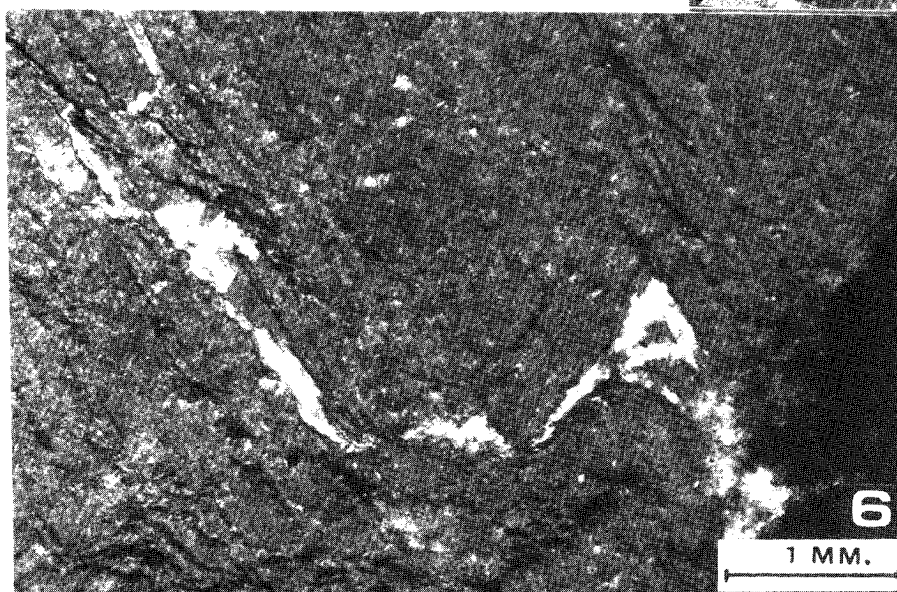
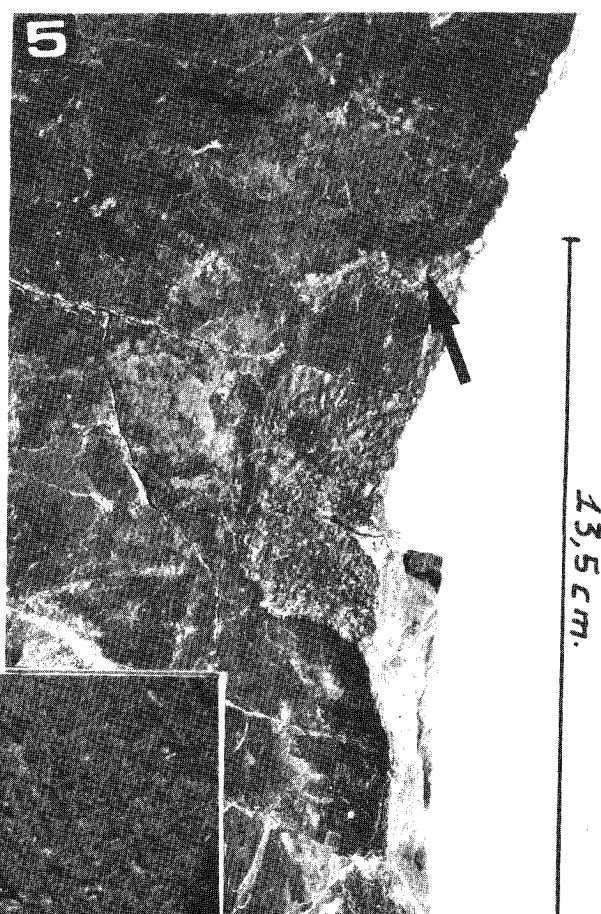
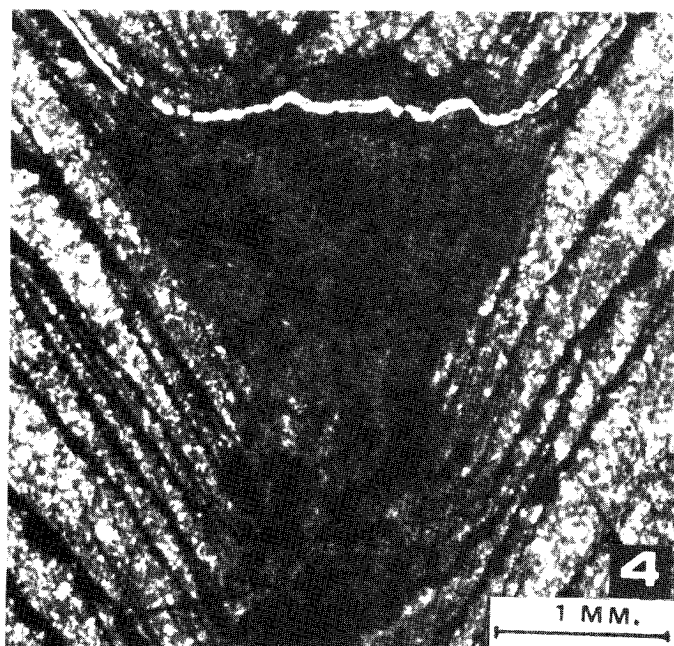
PLATE II

Fig. 4. - Surface cone in cone at the end of a pillar structure.
T.S. 88815, Cabrières.

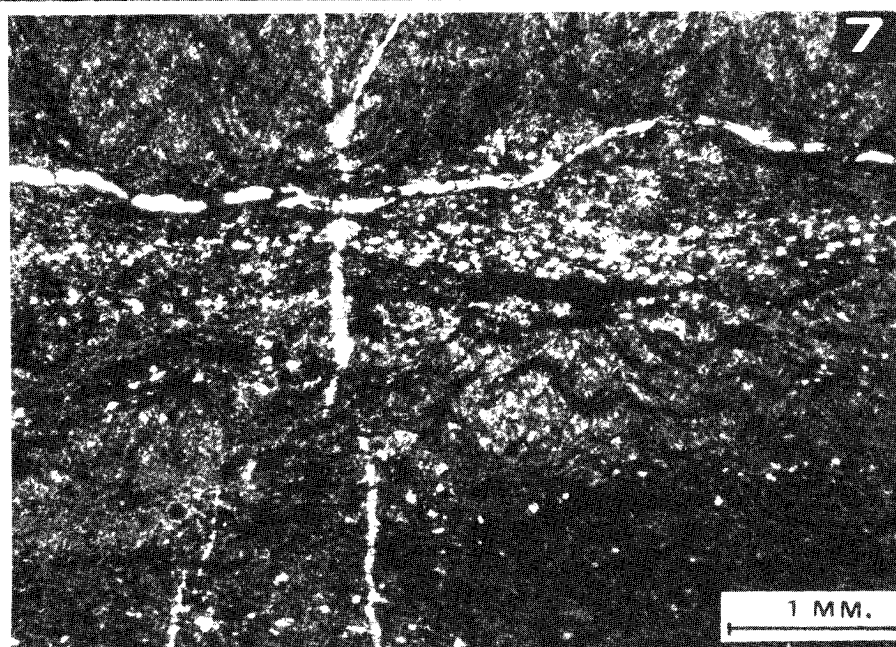
Fig. 5. - Lower face of a cone in cone nodule,
showing local development of millimetre cones (arrow) in shale.
BRGM sample N° 79972, Canac-sur-Dourdou (Tarn).

Fig. 6. - Silty bed within a cone in cone structure.
T.S. 88817, Cabrières.

Fig. 7. - Local cone in cone development in the substratum,
close to a water escape structure. T.S. 88815, Cabrières.
The arrow shows the polarity for figures 4, 6 and 7.



H
↑



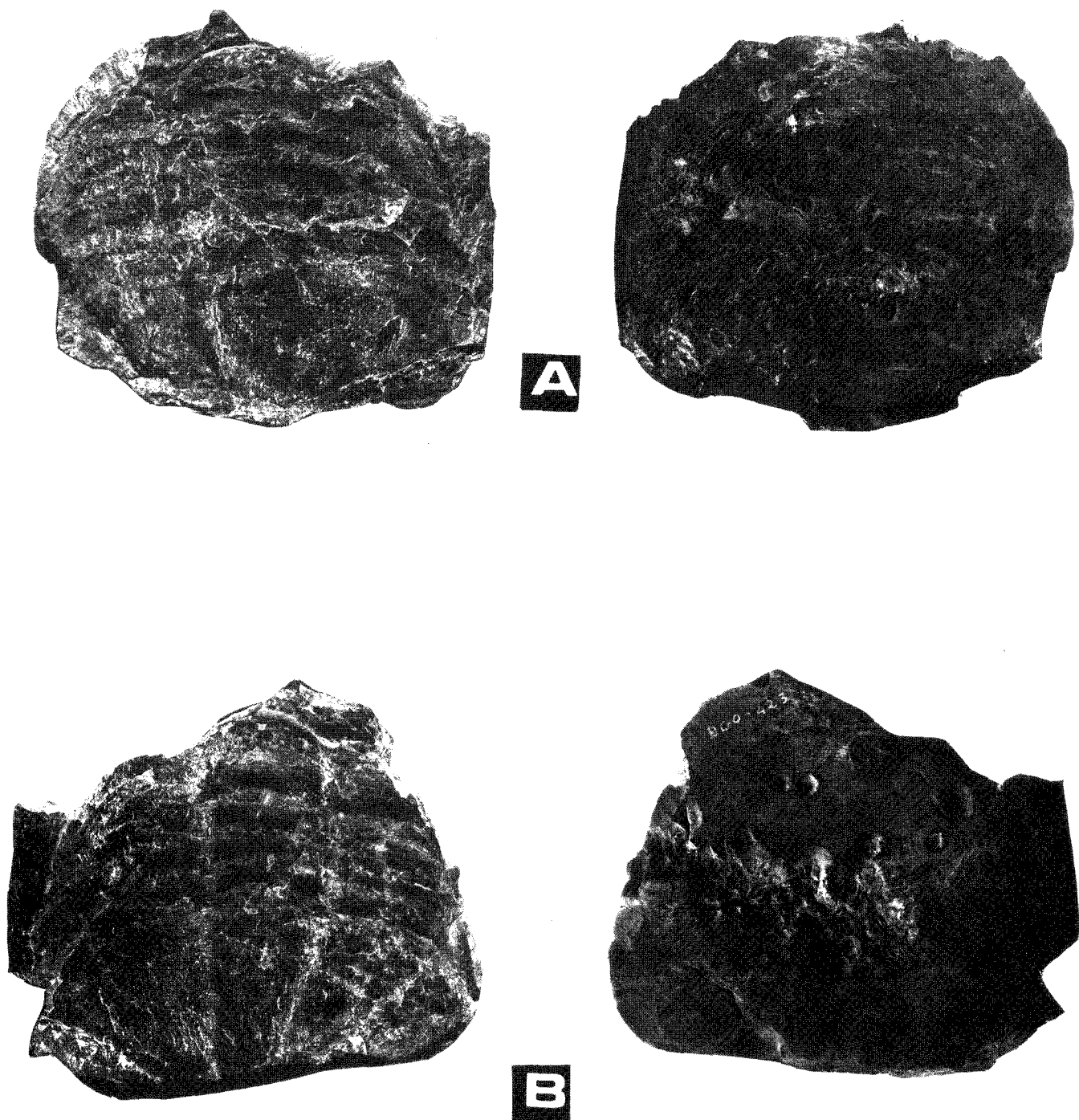


PLANCHE III

**Nodule à cone in cone centré sur un exemplaire de *Niobella Fourneti* (Thoral, 1946),
Cabrières, Hérault (n° BGO 423 et 423' ; coll. Becq-Giraudon).**

A. moule externe - B. moule interne.

Noter, en A, la disposition des cones soulignant la silhouette du trilobite et, en B, la taille plus grande des cones par rapport à ceux de la face A.

PLATE III

**Nodule with cone in cone centred on a specimen of *Niobella Fourneti* (Thoral, 1946),
Cabrières, Hérault (N° BGO 423 and 423' ; coll. Becq-Giraudon).**

A. Outer mould - B. Inner mould.

Note, in A, the arrangement of the cones outlining the silhouette of the trilobite and, in B, the larger size of the cones in comparison to those on the face A.

