

UNIVERSITÉ de PARIS
FACULTÉ des SCIENCES d'ORSAY

**TRAVAUX du LABORATOIRE
de
PALEONTOLOGIE**

**La faune albienne de Gourdon (Alpes-Maritimes) :
étude du remplissage et des structures internes des ammonites.**

par

Yannicke DAUPHIN

Orsay, Juin 1973

UNIVERSITÉ de PARIS
FACULTÉ des SCIENCES d'ORSAY

**TRAVAUX du LABORATOIRE
de
PALEONTOLOGIE**

La faune albienne de Gourdon (Alpes-Maritimes)

étude du remplissage et des structures internes des ammonites.

par

Yannicke DAUPHIN

Orsay, Juin 1973

Toute l'équipe du Laboratoire de Paléontologie d'Orsay a participé directement ou non à ce travail. Les problèmes techniques que posent la détermination des ammonites (relevés de sutures par exemple), et leur étude en sections polies ont été résolus grâce à M. KELLER. M. DENIS m'a toujours communiqué les ouvrages susceptibles de m'interesser et a toujours été disponible pour les recherches bibliographiques que je lui demandais. M. DIDELOT a répondu avec compétence aux questions que je lui posais sur les problèmes techniques de mise en page et d'illustrations.

Je dois ici faire une place à part à M. CUIF, qui a constamment suivi l'évolution de ce travail et ses changements d'orientation. Ses questions pertinentes m'ont incité à davantage de clarté et de précision. Son aide technique n'a pas été négligeable. Je le remercie sincèrement de son aide, tant sur le plan humain que scientifique.

Je n'aurai garde d'oublier les membres de l'équipe de géologie structurale de Paris, dirigée par M. AUBOUIN, qui ont mis à ma disposition les nombreuses ressources de leur laboratoire, et ont suivi avec intérêt la progression de cette thèse. Je leur dois notamment d'avoir pu en assurer la dactylographie.

Avant - propos

Ce travail n'aurait pu être mené à terme sans l'assistance efficace de nombreuses personnes, dont je ne pourrai citer ici malheureusement tous les noms.

M. SORNAY n'a ménagé ni temps ni patience depuis le jour où je lui ai demandé un sujet sur les ammonites du Crétacé. Il m'a fait bénéficier de ses connaissances approfondies, connaissances qui ont été pour moi une aide inappréciable. Toujours disponible, guidant sans jamais imposer, il m'a fait connaître les abondantes collections du Museum d'Histoire Naturelle, et m'a toujours facilité l'accès aux fichiers et ouvrages qu'il faut consulter. Je le remercie vivement de la confiance qu'il m'a témoignée en me prenant comme élève et en acceptant d'être le rapporteur de cette thèse.

Je remercie également tous les membres de l'Institut de Paléontologie du Museum d'Histoire Naturelle de Paris.

M. ROGER m'a accueilli dans son laboratoire, et a su orienter ce travail vers des aspects habituellement négligés par les spécialistes. Il a largement participé à ma reconversion de géologue en paléontologue. Je suis sensible à l'honneur qu'il me fait en présidant ce jury.

Les ammonites sont toujours très recherchées par les géologues de terrain pour dater leurs formations. Je remercie profondément M. MERCIER qui a bien voulu accepter de faire partie de mon jury et de représenter ces géologues.

Mme GEYSSANT, dans le cadre d'un certificat de paléontologie, m'a initié à diverses techniques d'études. C'est sous sa direction que j'ai envisagé la paléontologie en tant que telle, et non plus sous l'aspect d'une arrière de la stratigraphie. Qu'elle accepte ici ma profonde reconnaissance.

S O M M A I R E

Introduction

Première partie: ETUDE REGIONALE . HISTORIQUE	15
Deuxième partie: TAPHONOMIE . PETROGRAPHIE DES FOSSILES ..	33
Aspect externe des fossiles	33
Etude du sédiment	47
Troisième partie: STRUCTURES INTERNES . CROISSANCE	67
Structures internes	67
Croissance	85
Conclusions	96
Bibliographie	105
Index	111
Liste des figures	115
Planches hors-texte	
Table des matières	

*

*

*

INTRODUCTION

La faune de Gourdon est depuis très longtemps connue et étudiée. Les gisements classiques, le plus célèbre étant celui de l'Embarnier, exploités depuis toujours, ne livrent plus que de mauvais restes phosphatés et de rares empreintes externes.

Le matériel étudié ici a été récolté par J. Fromaget, vers 1950, probablement lors de la réfection de routes qui a permis la découverte de nouvelles poches albiennes fossilières.

L'aspect systématique de la faune ne sera pas envisagé. Seule une liste des Ammonitina sera donnée, afin de pouvoir établir une comparaison avec celles fournies par C. Jacob et M. Collignon. Deux groupes feront l'objet ultérieurement l'objet d'une étude de variabilité: les Hoplitidés et les Lyellicératidés.

Deux problèmes seront analysés ici: les phénomènes de fossilisation et les organes internes des ammonites.

La première partie, après avoir situé géographiquement Gourdon, résumera l'évolution des idées sur la structure de la région. La connaissance de la géologie est indispensable pour l'interprétation des observations effectuées sur les fossiles.

L'aspect externe des fossiles, la nature et les conclusions que l'on peut avancer sur leur histoire constitueront la seconde partie.

La troisième et dernière partie concernera les structures internes des ammonites; les rapports entre la conservation externe, la composition chimique des différents organes sera envisagée. La croissance de quelques spécimens particulièrement bien conservés formera le dernier chapitre.

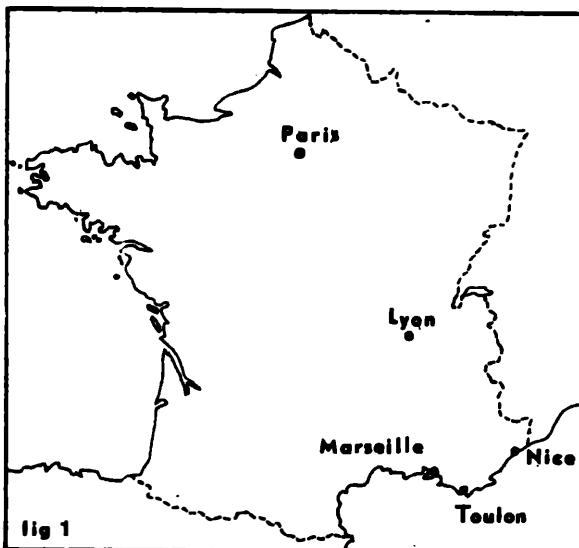
*

*

*

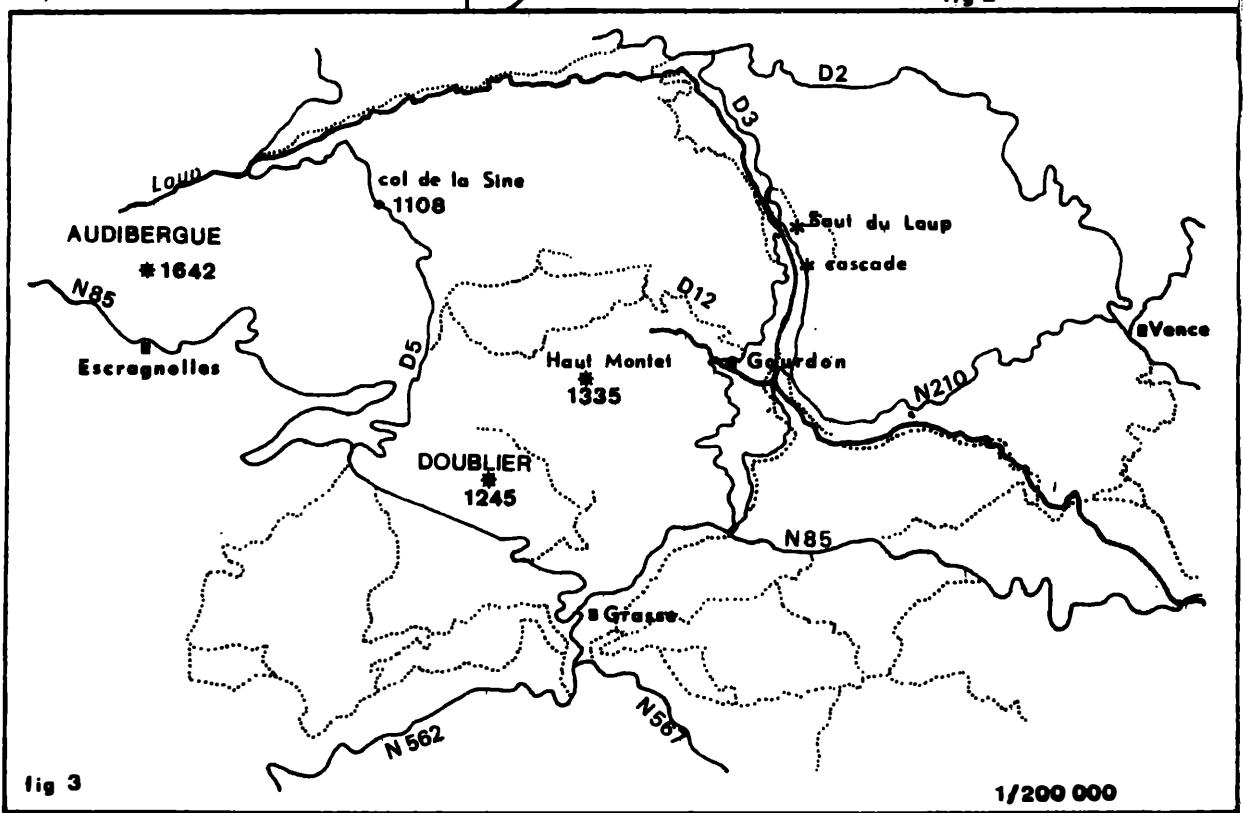
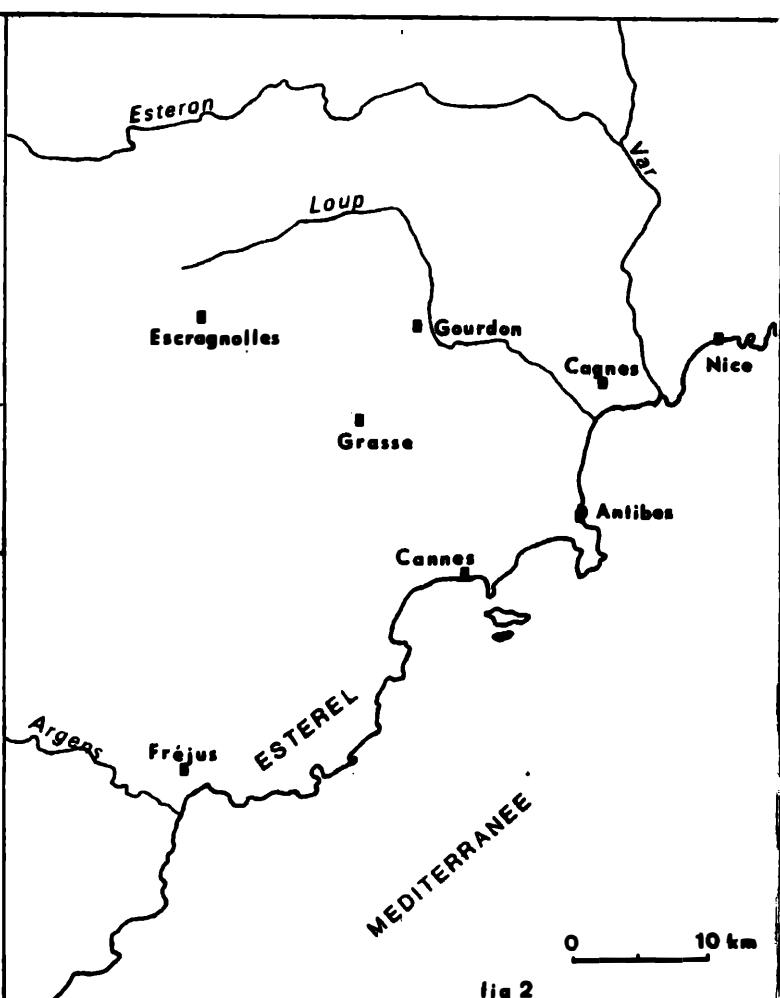
P r e m i è r e p a r t i e

Etude régionale - Historique



Pl.1

CARTES DE SITUATION



ETUDE REGIONALE HISTORIQUE

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE

a) Gourdon est situé dans le département des Alpes Maritimes (fig. 1); c'est un hameau faisant partie de la commune du Bar-sur-Loup, à 15 km au Nord Est de Grasse (fig. 2 et 3).

b) Cadre géographique:

Relief: On peut, pour simplifier, diviser le paysage en deux parties:

- les vallées, peu nombreuses, mais profondes et à allure de cañon; dans les zones calcaires, ce sont les seuls endroits à posséder de la végétation: la Vallée du Loup.

- les plateaux: très plats et désertiques, ils sont limités par des falaises abruptes. Les altitudes ne sont pas très élevées: la moyenne du Plateau de Caussols est à 1100m, Gourdon est à 760m et Bar-sur-Loup est à 137m.

Exemples: Plateau de Caussols, Plateau de l'Audibergue.

Hydrographie: Le réseau hydrographique est peu important, et les sources peu nombreuses. Les plateaux, exemple du Plateau de Caussols qui est un poljé, prennent des allures de karst. Les pluies sont arrêtées par les argiles imperméables du Trias, et alimentent les sources situées le long de la ligne de chevauchement. C'est là que l'on trouve fermes et villages.

Climat et végétation:

La densité et la nature de la végétation dépendent de la nature du sol; il existe encore, localement, quelques chenaires. Les pins sont nombreux et dominent vers les Gréolières; le maquis contient les plantes odoriférantes abondantes qui alimentent l'une des industries de la région: la parfumerie.

Le climat est très contrasté sur les plateaux; en été, l'eau est rare, la végétation desséchée par le soleil et par le vent, la lumière est très crue. En hiver, la neige persiste assez longtemps. La moyenne de pluviosité a été de 1600 mm de 1951 à 1960.

Ce climat est très adouci sur le littoral et influe sur la type de végétation.

Pl. 2

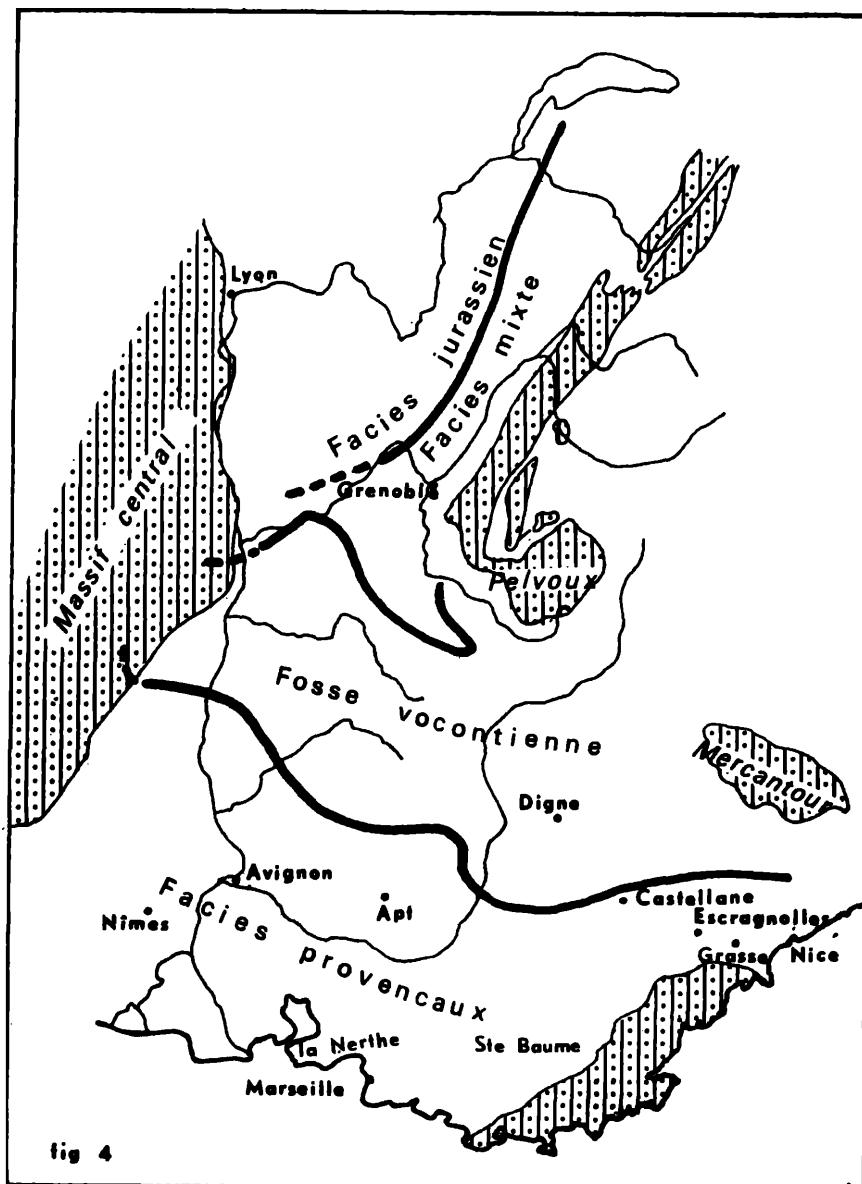


fig. 5

Alb. Cenom.	marno calcaires	
Hauter. Val.	marnes - calcaires	
Berriasien	calcaires	150 m
Portlandien	marmoréens	
Kimmeridgien	dolomies - calcaires	50 m
. Sequan. Raur.	calcaires sublithographiques	100 m
Callov. Oxf.	calcaires en plaquettes	20 m
Bathonien	calcaires	60 m
Bajocien	calcaire à silex	20 - 50m
Hettangien	dolomie	
Rhetien	dolomie	
Keuper	calcaires - marnes	40 m
Muschelkalk	dolomie - cérneulo	100 m
Trias inf.	dolomie	
	calcaire	
	dolomie	
	grès	20 - 60m

Colonne stratigraphique

II. SITUATION GEOLOGIQUE STRATIGRAPHIE

a) Cadre géologique:

Gourdon et sa région font partie de l'arc tectonique de Castellane. Cette zone est à la limite de la fosse vocontienne et des facies provençaux (fig. 4). Si le Jurassique est épais et essentiellement calcaréo-dolomitique de type provençal, le Crétacé par contre est extrêmement réduit et de type littoral. Tertiaire et Quaternaire sont également bien développés et complexes.

b) Stratigraphie: fig. 5

→Trias: bien développé au Bar-sur-Loup, il comporte des dolomies, des marnes bariolées, des cargneules et du gypse, ainsi que des grès. C'est le classique Trias alpin.

→Jurassique:

Le Rhétien est argilo-calcaire, peu épais, à *Avicula contorta* PORTOCK.

L'Hettangien est en gros bancs: dolomies à débit prismatique.

Les dolomies qui viennent ensuite sont d'âge variable.

Le Bajocien est transgressif: calcaires à silex et à oolites, dolomies.

Le Bathonien est formé par des calcaires à intercalations marneuses, à *Rhynchonella decorata* von BUCH.

Le Callovo-oxfordien, incomplet, se présente sous la forme de calcaires en plaquettes.

L'Argovien est un calcaire très fossilière.

Séquanien et Rauracien, calcaires sublithographiques, sont fossilières au-dessus de Gourdon.

Le Kimméridgien est aussi un calcaire sublithographique, ou des dolomies grises.

Berriasien et Portlandien sont des calcaires marmoréens, à éclat cristallin.

Jurassique et Crétacé sont séparés par une surface durcie.

→Crétacé: il débute par l'Hauterivien et le Valanginien, incomplets.

Le Barrémien est un calcaire à glauconie, fossilière.

L'Albien, niveau dont provient la faune de J. Fromaget, "n'a pu être caractérisé qu'à l'Est de Gourdon".

L'ensemble du Crétacé est donc très incomplet et réduit.

→Tertiaire: c'est l'époque des mouvements alpins et des grandes transgressions: Eocène, Miocène et Pliocène.

III. HISTORIQUE

Ewald et Beyrich (1839) soulignent déjà les caractères pétrographiques si tranchés de cette formation (la glauconie crayeuse), ainsi que sa faune toute particulière." " La glauconie du Sud de la France est extraordinairement riche en fossiles."

Ph. Zurcher (1893), qui étudie Escragnolles et ses environs, considère que Les chaînes subalpines, suite de celles des Basses Alpes et du Dauphiné et dirigées ici sensiblement Est - Ouest, se montrent formées d'une série de plis failles inverses déversés vers le Sud, et empilés de façon à réaliser un type remarquable de "Schuppenstruktur" ou "structure imbriquée"." Il explique l'absence du Gault par le " voisinage de l'ancien continent des Maures et de l'Estérel."

En collaboration avec Kilian et A. Guébhard, il constate dès 1895 la fréquence des niveaux glauconieux dans toute la zone qui comprend une partie du Var, le Sud des Basses Alpes et des Alpes Maritimes." Il tente une interprétation de ce facies:" les recherches récentes sur la lithologie du fond des mers, ont montré d'une façon certaine que la glauconie et le phosphate de chaux sont des produits terrigènes ne prenant naissance qu'à une certaine distance de la côte et lorsque certaines conditions sont réalisées... Ces niveaux représentent autant d'auréoles terrigènes, attestant,-au même titre que les lacunes, la réduction des assises et des faunes littorales, - la permanence d'une terre émergée au Sud de notre région."

Dans cette même note, une bibliographie sur la région révèle que Escragnolles a été beaucoup plus étudié, et ce depuis plus longtemps que Gourdon.

V. Paquier (1900), dans ses "Recherches géologiques dans le Diois et les Baronies orientales", donne une carte de la distribution des facies à l'Albien. Pour lui, le Diois, les Baronies et les Basses Alpes correspondent à la partie axiale de la fosse vocontienne et du géosynclinal alpin, à l'époque albienne; les communications avec la région méditerranéenne étaient aisées, aussi la faune des marnes et des grès qui se déposaient sur cet emplacement ne comprend - elle guère que des faunes méridionales qui se retrouvent au loin jusque dans l'Inde.".

Il différencie deux facies: un facies gréseux à phosphates, très fossilifère,

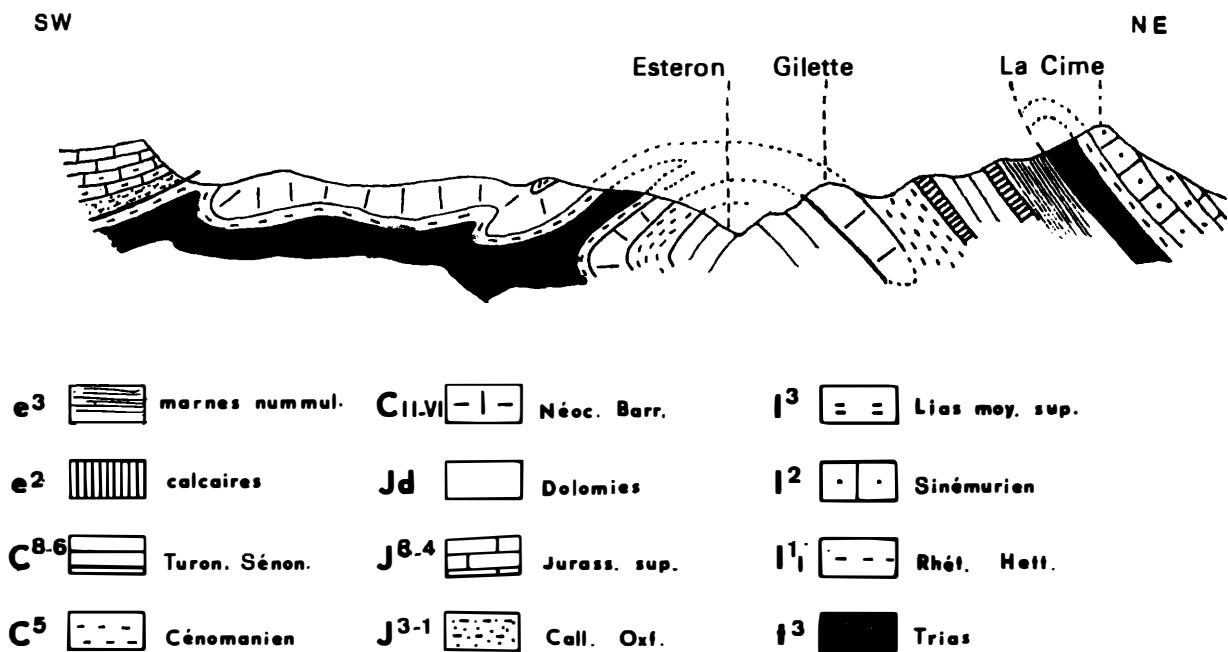
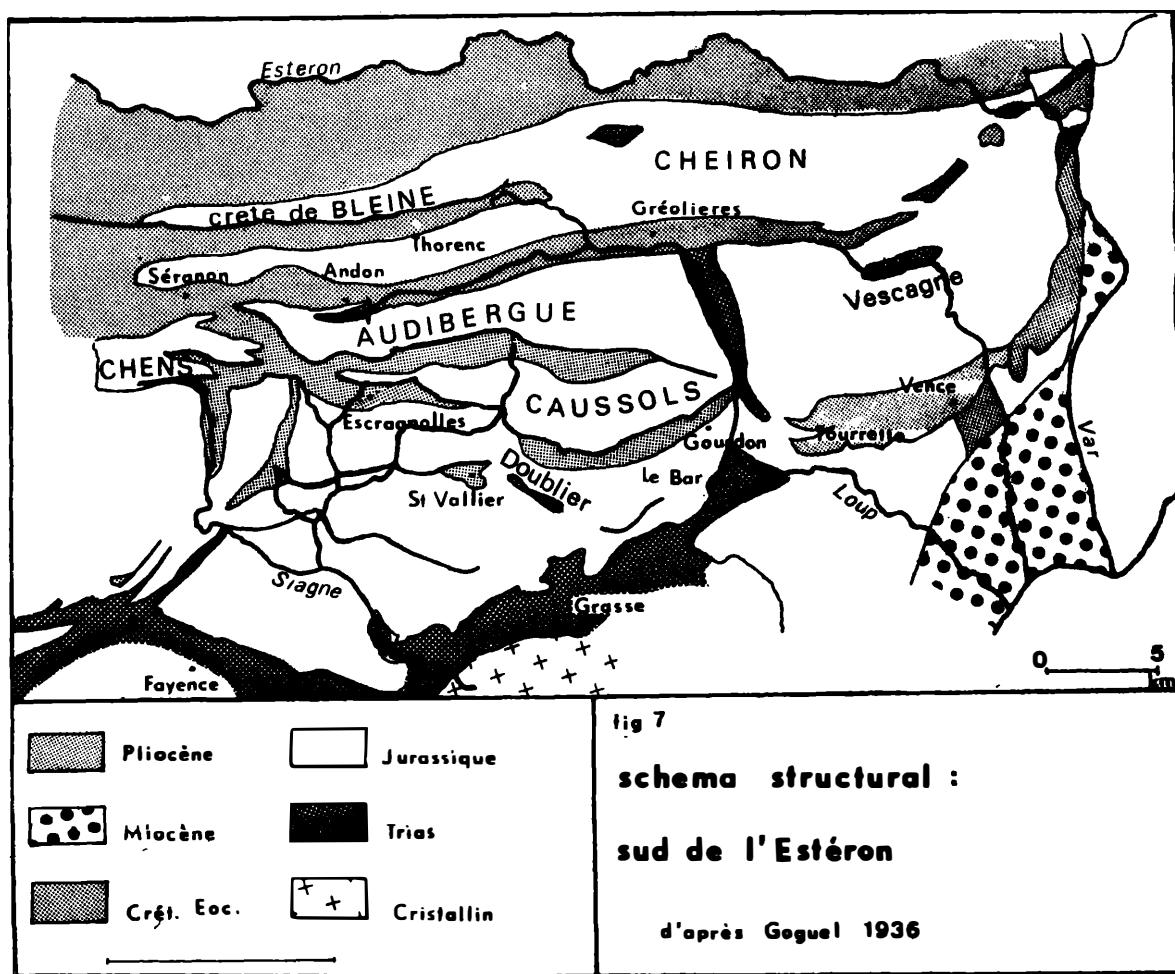


fig 6 digitations de la nappe d'après L. Bertrand 1914



et un facies vaseux à céphalopodes.

A. Guébhard (1900 - 1901), s'intéresse surtout à la stratigraphie locale. Ses observations tectoniques sont plus limitées et il ne reconnaît pas la mise en place des différentes unités.

Une réunion extraordinaire de la Société Géologique de France, en 1902, dans les Alpes Maritimes, permet de faire un bilan sur l'état des connaissances de cette région. Guébhard, Zurcher et Kilian sont les principaux organisateurs des excursions. Une fois encore, alors que le gisement d'Escragnolles est étudié dans le compte rendu et les notes annexes, seule la tectonique de Gourdon est évoquée. De cette exploration, L. Bertrand retire l'impression "qu'il existe, entre Gourdon et Courmes, un grand chevauchement compliqué de plis secondaires et, en particulier, d'un brusque anticinal transversal qui affecte à la fois le substratum et la masse chevauchante, mais non un centre d'étoilement de plis ayant la même valeur tectonique. Quant aux ondulations de la partie supérieure du substratum de ce chevauchement visibles auprès de Gourdon, le seul des synclinaux crétacés aperçu par la Société lui a paru être en relation avec un affaissement des calcaires jurassiques situés au-dessous, entre les deux petites failles bien visibles de la route qui monte à Gourdon".

L. Bertrand (1914), distingue plusieurs unités qu'il considère comme des nappes: "dans la vallée de l'Estéron, au-dessous et en face du village de Gilette, nous avons pu observer des anticlinaux jurassiques, à facies provençaux, présentant un noyau de Trias gypseux, qui sont fortement déversés vers le Nord Est et même, sous Gilette, sont nettement plongeants au Nord. Ce sont des digitations frontales de la nappe. D'ailleurs, la disposition plongeante des deux digitations inférieures au-dessous de Gilette semble, elle-même, devoir être attribuée à l'action des poussées alpines." (fig.6). "L'énoncé des faits qui précèdent montre donc qu'il existe, principalement au Sud de l'Estéron, une grande nappe présentant plusieurs charnières frontales dirigées au Nord."

En 1922, il publie une note "sur la superposition d'une tectonique alpine à une tectonique pyrénéo-provençale dans les Alpes Maritimes". Après avoir rappelé les lignes directrices dans les Alpes Maritimes:

NW - SE direction alpine

WSW - ENE direction provençale,

il s'intéresse aux nappes provençales et à leurs complications alpines: "nous y avons reconnu (au Sud de l'Estéron) avec une évidence éclatante le rôle capital de grands plis couchés enracinés et dirigés au Nord, qui, dans toute la région de Grasse, ont produit, par leur empilement les uns au-dessus des autres, une série de répétitions dans la série secondaire, que nous avons dénommées "duplicatures", au-dessus et au Nord desquelles se superposent, occupant toute la région jusqu'à la montagne du Cheiron, deux grandes nappes d'origine plus méridionale.

Ces deux nappes, proviennent certainement d'une origine plus méridionale que la zone d'enracinement de ces dernières (les duplicatures).

La région d'origine des deux nappes supérieures, non enracinées, doit être aujourd'hui occupée par la mer, au Sud d'Antibes".

Cette interprétation est la première qui reconnaît la nature allochtone de cette région. Les nappes sont attribuées à l'ensemble des nappes provençales, mais le rôle de l'orogenèse alpine est indiqué.

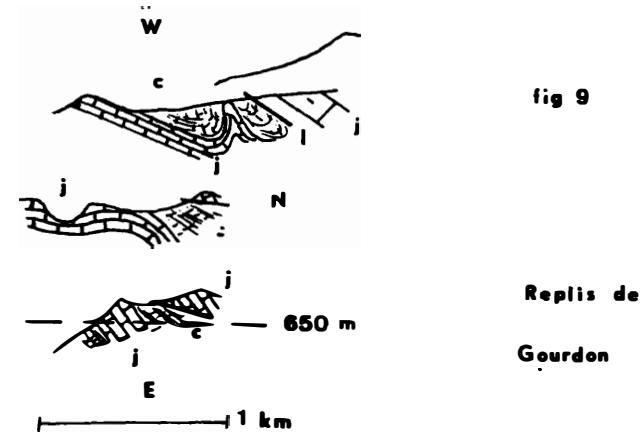
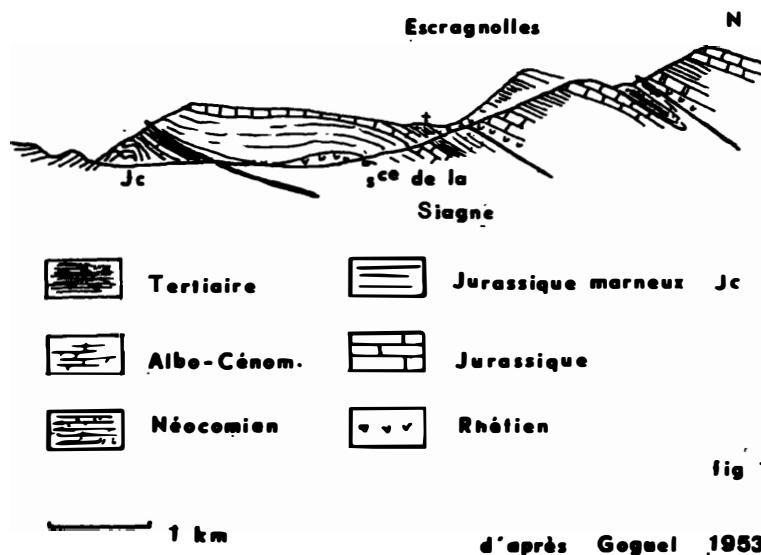
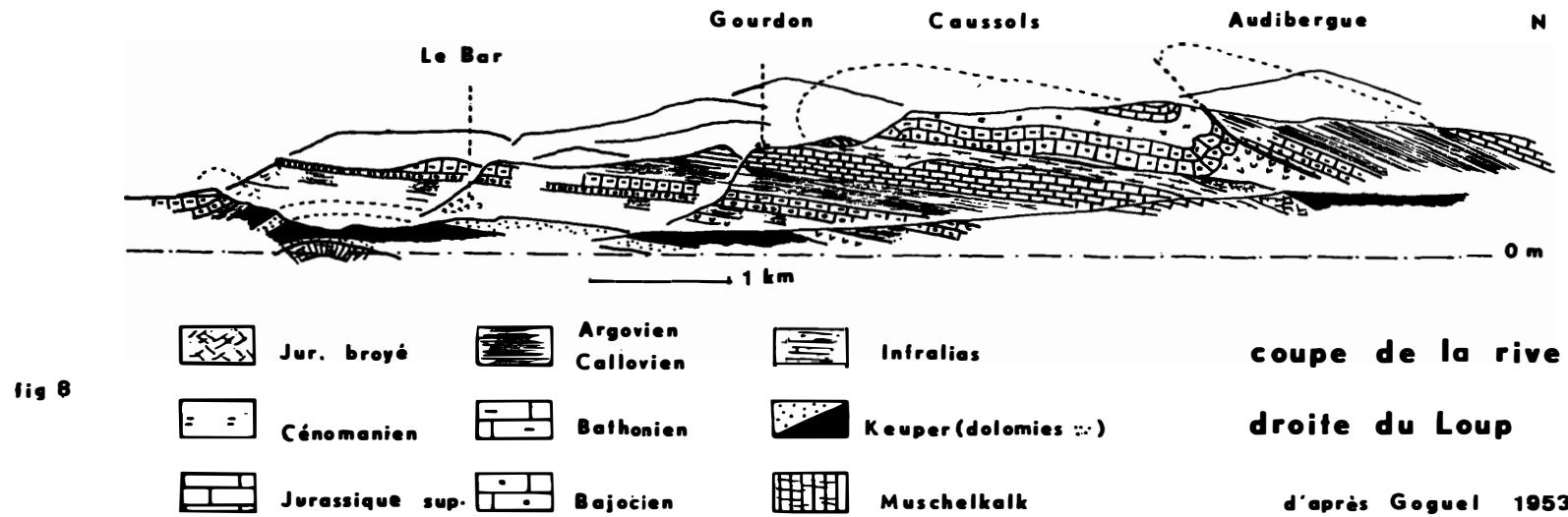
En collaboration avec A. Lanquine (1913-1923), L. Bertrand consacre toute une série de notes à la tectonique des nappes provençales: "La direction des plis est bien provençale, mais le léger chevauchement qu'ils montrent vers le Sud semble bien indiquer aussi des répercussions alpines.".

La nappe de l'Audibergue est la plus élevée, non enracinée, et correspond au plateau de Cipières. La nappe du Cheiron, non enracinée, correspond au plateau de Caussols. Nappes et duplicatures sont étudiées en détail.

En 1915, Kilian et Lanquine concluent que les accidents sont de direction Est - Ouest, et à l'extension "d'une grande nappe de terrains secondaires d'origine pyrénéo-provençale, ultérieurement remaniée, rompue" et reprise à l'alpin, ce qui oriente les accidents NW-SE. Nous retrouvons là les conclusions de L. Bertrand.

J. Goguel (1936), reconnaît les différentes unités de L. Bertrand (fig. 7), démontre qu'elles ne font pas partie des nappes provençales reprises à l'orogenèse alpine, mais appartiennent à l'arc de Castellane. Toutes les nappes s'enracinent; ainsi le chevauchement de Caussols s'enracine près d'Escragnolles à l'Ouest, dans le Crétacé de la Siagnole; la vallée du Loup en donne une très belle coupe (fig. 8). "Quant aux replis du Jurassique de Gourdon, on voit leur peu d'importance." (fig. 9).

En 1953, il donne des précisions sur la stratigraphie: "au Sud de Castellane



Pl. 4

et de l'Estéron, là où manquent les marnes aptiennes, l'Albien transgressif est représenté par une faible épaisseur de couches glauconieuses, gréseuses ou marneuses, souvent à nodules phosphatés.". Il signale l'abondance des fossiles. Un commentaire du classique panorama de Gourdon et une coupe de la vallée de la Siagne complètent cette étude. (fig. 10).

J. Fromaget (1950-1953), s'intéresse aux caractéristiques stratigraphiques et paléontologiques de la région: " l'Albien est transgressif; à Gourdon il débute par des brèches appartenant à la zone à *Leymeriella tardefurcata*, et contient des fossiles remaniés du Barrémien; il supporte des marnes glauconieuses à nodules phosphatés avec la faune à *Hoplites dentatus*".

L. Ginsburg (1960), en ce qui concerne Gourdon, apporte peu de renseignements nouveaux dans son "Etude géologique de la bordure subalpine à l'Ouest de la Basse Vallée du Var".

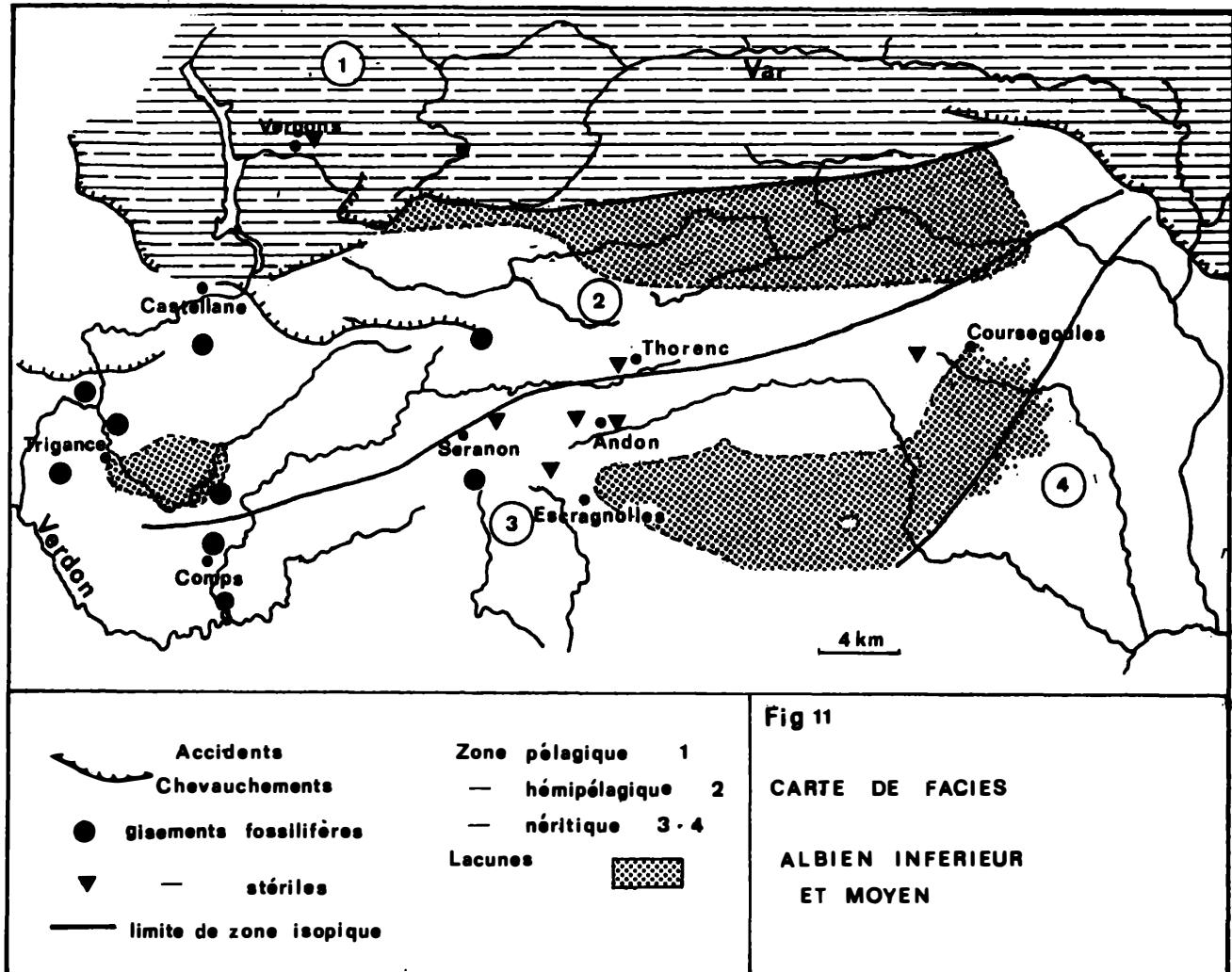
En 1963, G. Corroy suit l'évolution paléogéographique post-hercynienne de la Provence: "Cette réduction de puissance (du Crétacé inférieur) se retrouve à l'Est, où l'Hauterivien se charge de glauconie dans la bordure des chaînes subalpines (Escragnolles Caussols Nice). Il en est de même d'ailleurs au Barrémien, où les courants, sans doute violents, ne permettent pas les dépôts.

Quant à l'Albien, il n'est daté qu'en de rares gisements marneux aux environs ... de Brignoles et de Grasse (poches glauconieuses de Gourdon et de Vence)."

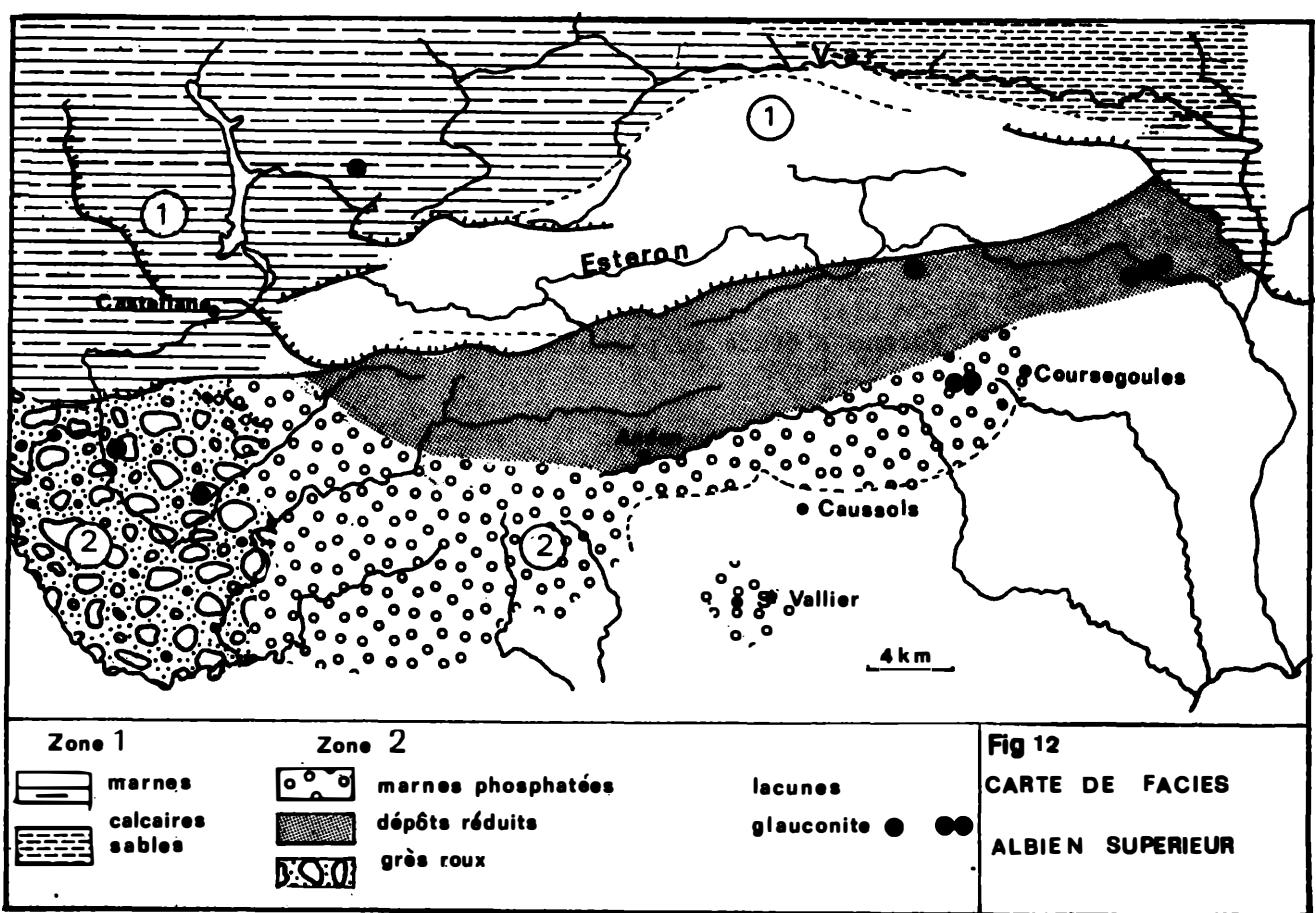
C. Rousset, en 1965, reprend l'étude du plateau de Caussols et développe deux points de vue:

- un point de vue tectonique
- un point de vue morphologique.

Du point de vue tectonique, il considère également que Gourdon et sa région font partie de l'arc de Castellane. Il enracine l'Ouest de Caussols dans le Crétacé de Clars et d'Escragnolles, où le pli chevauche vers le Sud, et l'Est à Gourdon. Il fait débuter l'unité de l'Audibergue à Séranon qui repose sur la couverture Nord de Caussols. Il réfute l'hypothèse de Goguel selon laquelle le synclinal de Cavillore continue celui de Caussols. Il les sépare par un contact anormal qui prolonge la base de l'Audibergue vers le Sud Est, ce contact traversant Cavillore en oblique et aboutissant dans la



d'après COTILLON & MEDUS



falaise au Nord de Gourdon.

Il reprend les hypothèses de Mennessier selon lesquelles la mise en place des unités s'est faite en deux temps :

- plis et fossés Nord Sud --- phase oligocène alpine
- rupture des anticlinaux, avec tendance au chevauchement vers le Sud --- phase paroxysmale anté-pliocène.

Du point de vue géomorphologique, " le plateau de Caussols et sa dépendance géographique de Cavillor fornissent d'excellents exemples du rôle majeur de la tectonique sur l'évolution morphologique des masses calcaires karstifiables." Il reconnaît de grandes zones morphologiques qui correspondent aux zonations stratigraphiques: ainsi le poljé de Caussols est installé sur le Crétacé marneux; il signale de nombreuses dolines à fond recouvert de terra rossa.

P. Cotillon (1968), P. Cotillon et J. Medus (1971), ont repris l'étude du Crétacé inférieur de l'arc de Castellane, sous un aspect palynologique, sédimentologique et paléogéographique. Les gisements de Gourdon ne sont pas étudiés, et ceux d'Escragnolles sont peu fossilifères. Ils concluent: " Des arrivées d'argile, de grains de quartz et de restes végétaux dans un milieu marin, à un moment bien précis de l'histoire albienne, témoignent de l'existence à cette époque d'étendues continentales proches, et d'un réseau hydrographique capable de transporter les produits de leur érosion." (pl 5).

→ Conclusions:

L'évolution des interprétations de la géologie de cette région est assez caractéristique. D'abord, on y a vu des plis. Puis, le créateur de la notion de chevauchement et de nappe, L. Bertrand, a vu des nappes provençales. Goguel les a restituées ensuite dans leur contexte alpin. Cette hypothèse est celle acceptée par tous les auteurs actuellement.

Je n'ai pas mentionné dans cet historique la thèse de C. Jacob (1907); en effet, nous y trouverons une étude détaillée du gisement de Gourdon, la partie paléontologique étant très importante.

IV. ETUDES PALEONTOLOGIQUES

a) Parona et Bonarelli:

La faune étudiée par Parona et Bonarelli ne provient pas du seul gisement d'Escragnolles. Des listes comparatives des faunes permettent de constater les variations de composition, tous les gisements étant albiens.

De nouvelles espèces sont créées. Toutes sont décrites et figurées. Le nombre d'espèces est élevé, mais le nombre d'individus attribué à chacune est faible généralement.

Cette étude est la première qui compare les faunes des gisements de la région, et qui décrit toutes les espèces observées. Les études précédentes décrivent généralement quelques espèces isolées, ou bien indiquent des listes faunistiques sans figuration ni description.

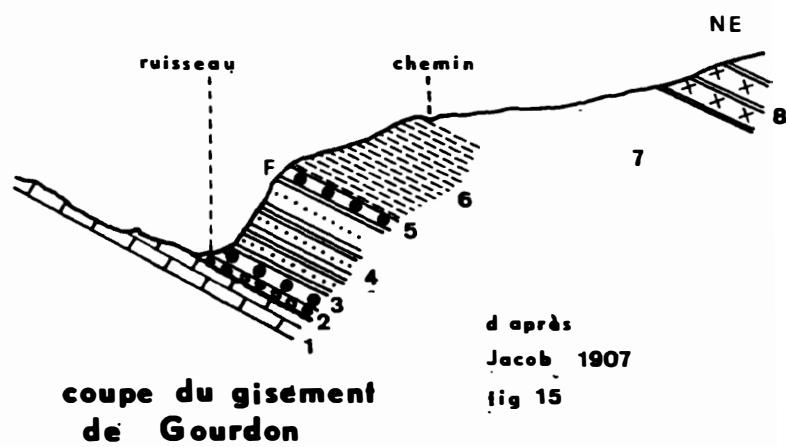
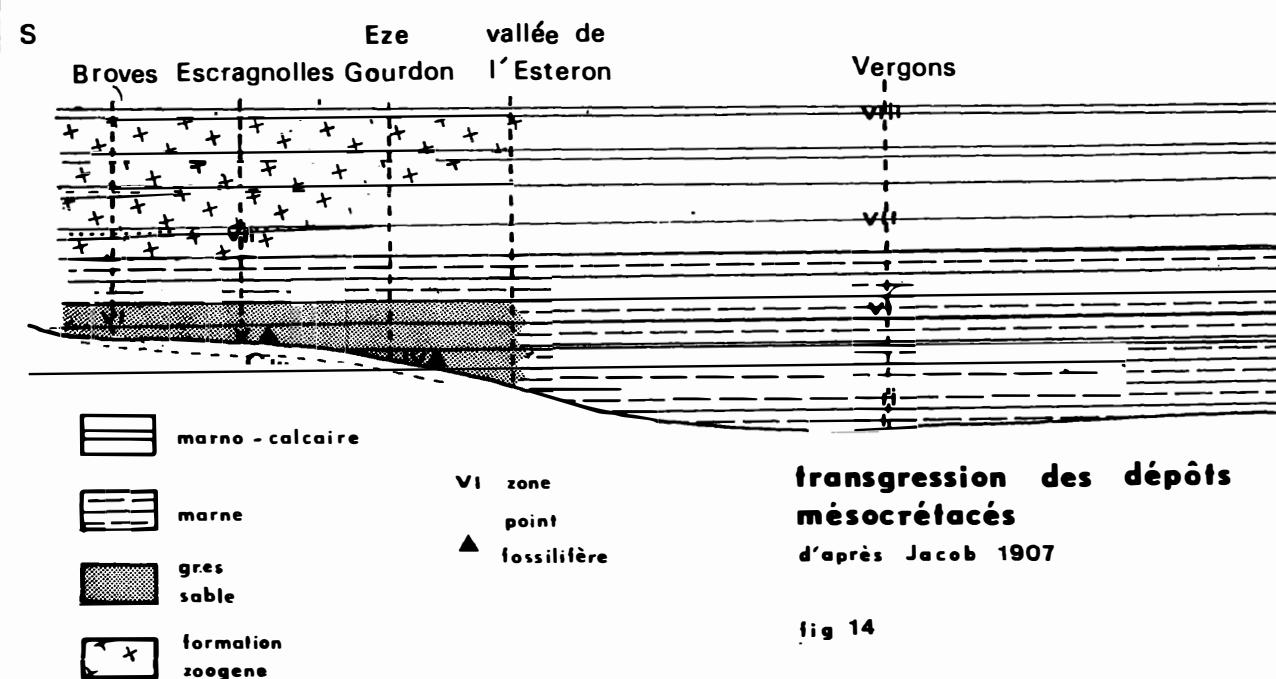
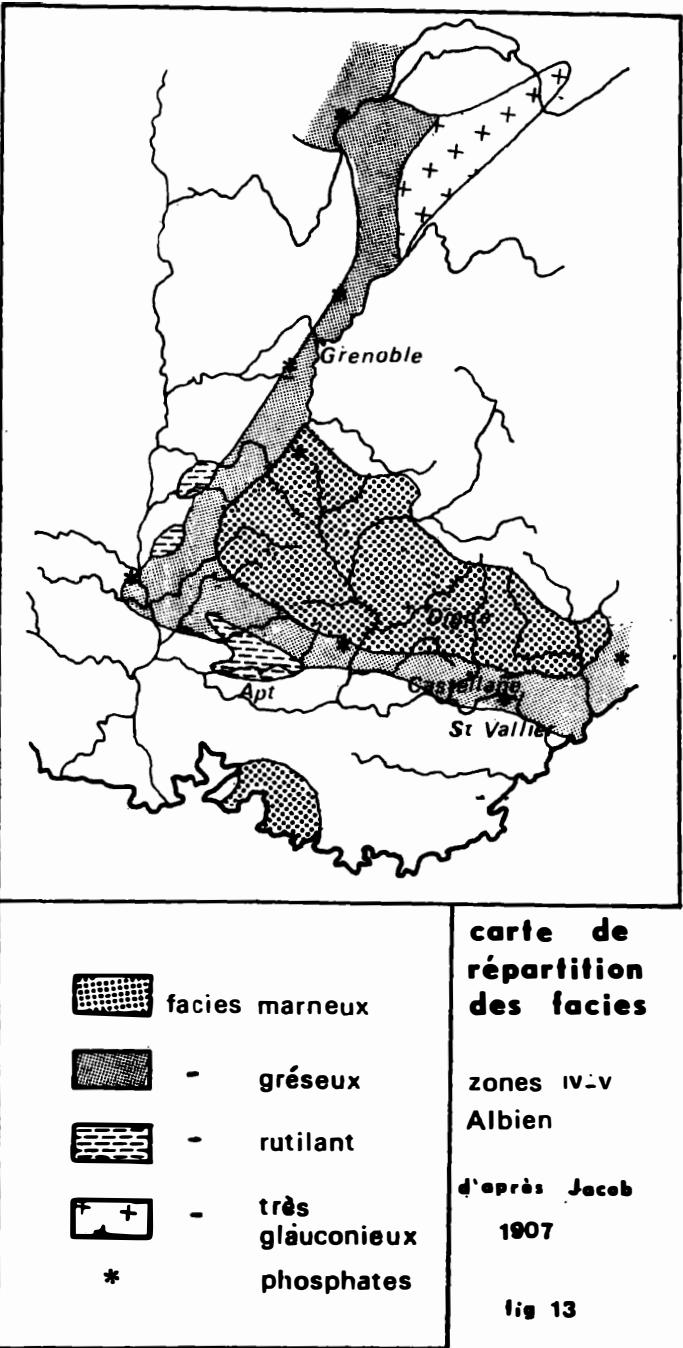
b) Jacob C.:

La même année (1907), C. Jacob publie deux ouvrages complémentaires:

- l'un géologique: Etudes paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises;
- l'autre paléontologique: Etudes sur quelques ammonites du Crétacé moyen.

Les gisements de Gourdon et d'Escragnolles sont décrits, des listes faunistiques données; voici la reproduction de la liste d'ammonites de Gourdon:

- Desmoceras beudanti* Brong. sp.
- Desmoceras (Uhligella)* nov. sp. (= *Uhl. walleranti* Jacob)
- Desmoceras (Uhligella)* nov. sp. (= *Uhl. rebouli* Jacob)
- Desmoceras (Uhligella)* nov. sp. (= *Uhl. balmensis* Jacob)
- Desmoceras (Puzosia) mayorianum* d'Orb. sp.
- Desmoceras (Latidorsella) latidorsatum* Mich. sp.
- Parahoplites milletianus* d'Orb. sp.
- Hoplites (Leymeriella) regularis* Brug. sp.
- Hoplites dentatus* Sow. sp.
- Hoplites deluci* Leymerie sp. (non Brong.)
- Hoplites benettianus* Sow. sp.
- Hoplites laetus* Sow. sp.
- Hoplites canavarrii* Parona et Bonarelli
- Hoplites splendens* Sow.
- Douvilleiceras mamillatum* Schl. sp.



Douvilleiceras mamillatum var. *paucicostatum* Parona et Bonarelli
Douvilleiceras inaequinodum Parona et Bonarelli
Astiericeras astierianum d'Orb.
Acanthoceras seunesi Parona et Bonarelli
Acanthoceras pseudo-Lyelli Parona et Bonarelli
Acanthoceras hirsutum Parona et Bonarelli
Acanthoceras lyelli Leym. sp.
Acanthoceras huberianum Pictet et Roux sp.
Acanthoceras camatteanum d'Orb. sp.
Acanthoceras senequieri d'Orb. sp.
Mortoniceras (?) delaruei d'Orb. sp.
Mortoniceras (?) cristatum Deluc in Brong. sp.
Mortoniceras (?) cornutum Pictet et Roux sp.
Mortoniceras (?) cf. bouchardianum d'Orb. sp.
Mortoniceras (?) cf. roissyanum d'Orb. sp.
Falloticeras proteus d'Orb. sp.

Et voici la description originale du gisement de Gourdon: fig 15

"L'Albien commence par une brèche jaunâtre, transgressive sur des calcaires blanc grisâtre, probablement hauteriviens, dont la surface est irrégulière et très nettement tranchée, usée et corrodée; elle contient des fossiles remaniés: *Pulchella pulchellia* d'Orb., *Holcodiscus caillaudianus* d'Orb. et des formes du Gault inférieur de la zone à *Hoplites regularis*.

Cette brèche affleure près de la ferme des Embarnier, où l'on peut recueillir en abondance avec des Discoides:

Hoplites (Lyemeriella) tardefurcatus Ley.

Hoplites (Lyemeriella) regularis Haug

Au-dessus, après une couche marneuse vert noirâtre qui renferme de mauvais restes phosphatés, vient une alternance de marnes et de bancs gréseux dans lesquels on ne trouve guère que des Echinides et qui supporte un banc marneux pétri de fossiles d'Escragnolles, des marnes gréseuses foncées sans fossiles, puis vient le Cénomanien".

A partir de l'étude géologique et faunistique, Jacob figure une carte des répartitions des facies à l'Albien (fig 13), et reconstitue la transgression des dépôts mésocrétacés (fig 14).

Le gisement de Gourdon est attribué à la zone V à *Hoplites dentatus* Sow. sp.

Dans le second ouvrage, l'accent est mis sur les descriptions des espèces, leur historique et leurs relations phylogénétiques. Cette étude analyse les publications antérieures, et est reprise ensuite par Spath et

Casey . Photographies, schémas et tableaux des lignées phylogénétiques illustrent abondamment le texte.

c) Grâce à la localisation indiquée de façon très précise par Jacob, je n'ai eu aucune difficulté à retrouver les gisements de Gourdon et d'Escragnolles. Malheureusement, ces gisements sont exploités depuis très longtemps et il ne reste que quelques rares fossiles en mauvais état, sous forme d'empreintes externes le plus souvent. Par contre, des prélèvements marneux ont fourni une microfaune qui sera étudiée ultérieurement. Les individus récoltés par Fromaget ne proviennent pas de l'Embarnier, sauf quelques-uns qui portent alors l'indication précise Embarnier; les autres portent la simple mention Gourdon.

Conclusions

S'il est impossible de connaître les conditions précises de gisement de la collection Fromaget, cette longue introduction géologique permet toutefois de la situer dans un contexte géologique connu.

L'interprétation des phénomènes de taphonomie et de la composition de la faune sera facilitée par la connaissance du milieu géologique.

LISTE DES ESPECES: ammonites

Puzosia quenstedti Parona et Bonarelli

Uhligella balmensis Jacob

- *rebouli* -

- *walleranti* -

Beudanticeras beudanti (Brongniart)

Desmoceras latidorsatum (Michelin)

Brancoceras aegoceratoides Steinmann

- *compressum* Collignon

- *humile* -

- *retrosum* -

- *senequieri* (d'Orbigny)

Falloticeras proteus -

Oxytropidoceras mirapelianum (d'Orbigny)

- *roissyi* -

Dipoloceras bouchardianum -

- *cornutum* (Pictet)

- *cristatum* (Deluc MS) Brongniart

- *delaruei* (d'Orbigny)

- *pseudaon* Spath

- *spinulosum* Spath

Lyelliceras hirsutum Parona et Bonarelli

- *lyelli* (Leymerie)

- *pseudolyelli* Parona et Bonarelli

Tegoceras camatteanum (d'Orbigny)

- *versicostatum* (Michelin)

Douvilleiceras gr mammillatum Schlotheim

Hoplites bonarelli Spath

- *escragnollensis* Spath

- *latesulcatus* Spath

- *paronai* Spath

- *similis* Spath

Anahoplites evolutus Spath

- *intermedius* Spath

- *planus* (Mantell)

Deuxième partie

Taphonomie - Pétrographie des fossiles

ASPECT EXTERNE DES FOSSILES

I. CARACTERES GENERAUX

a) absence du test:

Tous les fossiles étudiés sont caractérisés par l'absence du test, au moins sur le dernier tour. Il est partiellement conservé à la suture ombilicale et sur les tours internes, dans l'ombilic. Cette localisation semble prouver que la dissolution seule ne peut expliquer l'absence du test; par contre, des phénomènes d'usure, accompagnés d'une dissolution, sont beaucoup plus sensibles sur le tour externe que sur l'ombilic qui est en creux et ainsi protégé de l'usure.

Les observations effectuées sur les facies contenant les fossiles ne sont pas en contradiction avec cette hypothèse:

"Dans la région de Tourettes sur Loup, la Colle et Vence, la base du Cénomanien est parfois chargée de glauconie et renferme des fossiles remaniés du Crétacé inférieur: L'Albien n'a pu être caractérisé qu'à l'Est de Gourdon. Les horizons glauconieux du reste de la feuille doivent être considérés plutôt comme un matériel albien remanié à la base du Cénomanien." Notice de la carte géologique Grasse - Cannes, 1/50 000.

Les fossiles sont donc des empreintes internes du test.

Le sédiment qui entoure l'ammonite peut lui-même porter des empreintes en creux d'autres organismes:

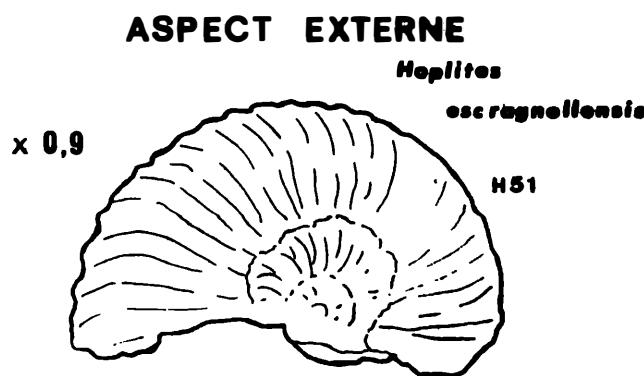
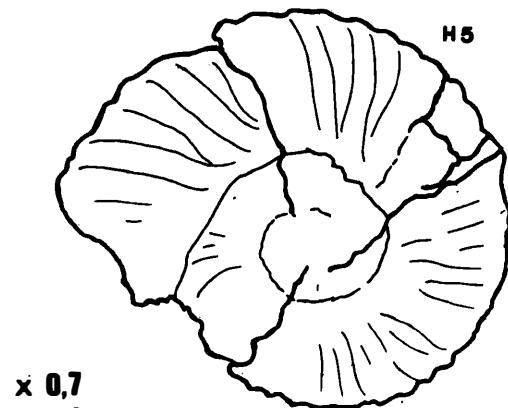
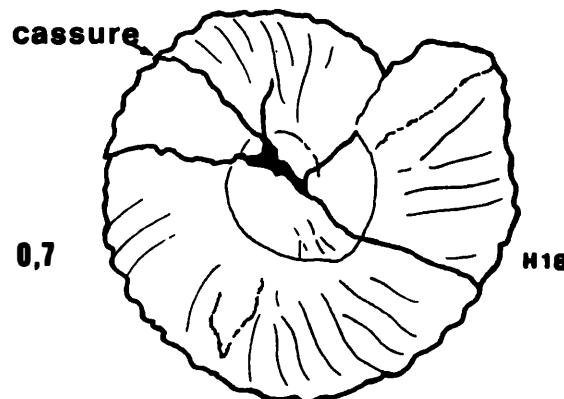
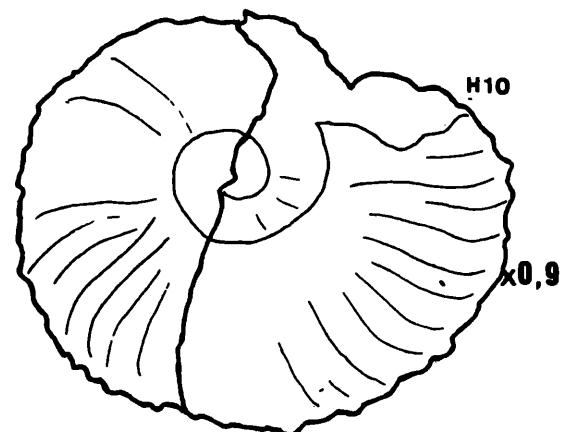
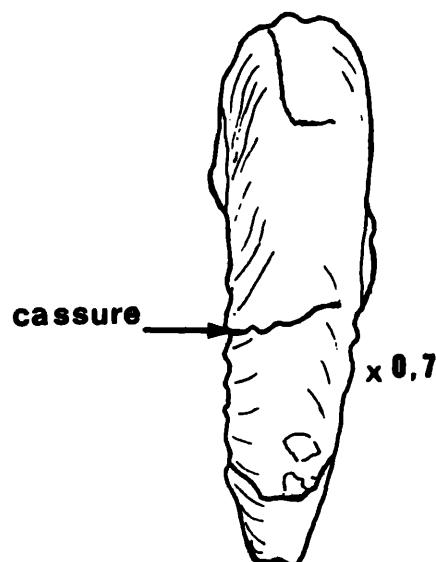
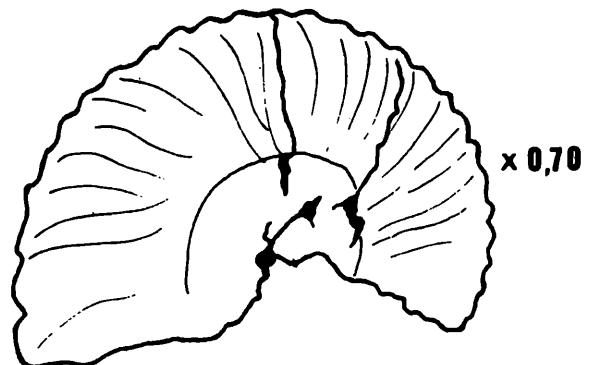
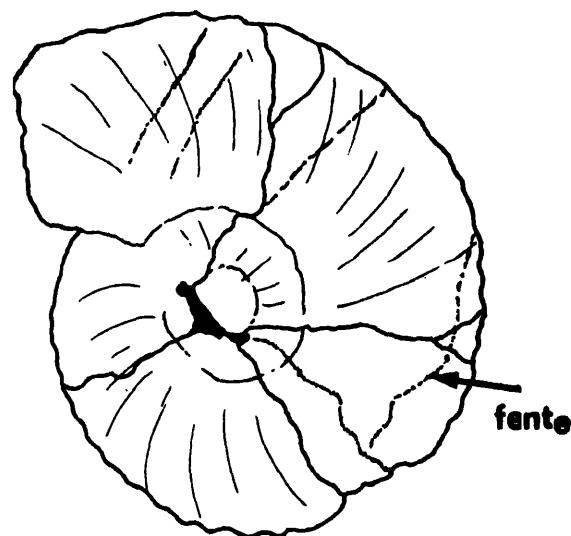
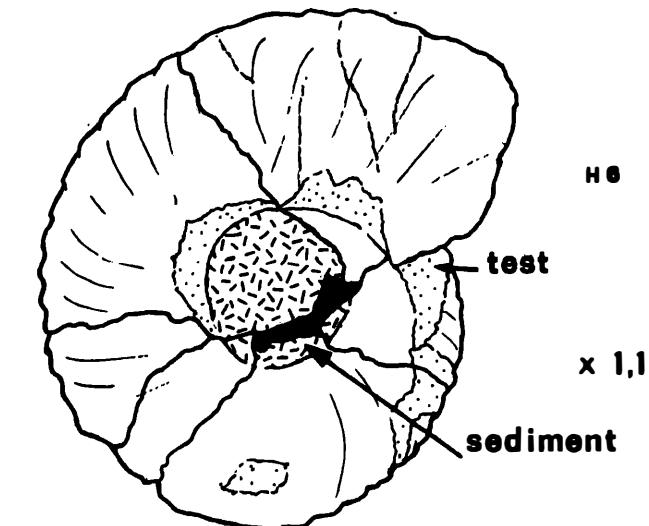
Près de l'ouverture de l'individu H8, la face latérale gauche est enrobée par du sédiment sur lequel des sutures de type *Phylloceras* sont très nettement visibles.

H55, *Hoplites paronai*, porte en creux une empreinte d'ammonite près de l'ouverture, sur la face latérale gauche. Cette empreinte masque partiellement un fragment d'ammonite de petite taille.

On pourrait ainsi multiplier les exemples.

b) érosion des fossiles:

Ces fossiles sont usés; il est probable que l'usure n'a pas agi uniquement sur le test. Elle a atteint également ce que, pour simplifier, nous appellerons désormais le moule. D'autre part, elle a joué selon deux moyens:



par "usure" s. st. sur l'ensemble du fossile, en émoussant les reliefs, et par cassure des éléments (tubercules ou côtes) les plus saillants.

§ degré d'usure:

Sur la face ventrale des *Desmocératidés*, deux lignes parallèles, médianes et rapprochées sont très souvent visibles; ce sont les traces du siphon. Des sections polies longitudinales et médianes nous permettent d'apprécier le degré d'usure du fossile, en montrant que dans les tours précédant: le dernier tour, le siphon est presque contigu avec le test (pl 8 - 9). Il faut tenir compte du fait que le siphon n'a pas une position constante lors du développement des individus (voir chapitre 5), mais il est très rapidement en position adulte. La distance test - siphon est inférieure au diamètre du canal siphonal. Celui-ci est très superficiel. L'érosion a donc très peu joué sur le moule, après la disparition du test. Dans les autres groupes de la faune, le siphon n'est jamais visible sur la face ventrale; il est plus interne et ne permet pas de mesurer le degré d'usure.

L'ornementation est très inégalement atteinte: la plupart des côtes des *Dipoloceras* sont intactes; elles sont pourtant élevées, étroites, parfois tranchantes et à priori fragiles. Il en est de même pour les tubercules ventraux, très minces et très recourbés de *Dipoloceras spinulosum* par exemple. (pl 9).

§ localisation de l'érosion:

S'ils sont très saillants, les reliefs peuvent être cassés: tubercules proéminents, côtes élevées et étroites des *Hoplites paronai*, *Douvilleiceras*, carènes des *Dipoloceras*... (pl 8 - 9).

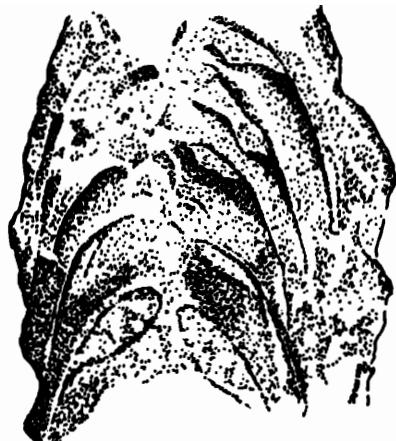
Alors que dans le cas de l'usure s. st. il s'agit d'une action lente et continue, les cassures sont provoquées par des chocs instantanés. Ceci n'implique évidemment pas deux phases d'action différentes; les deux phénomènes sont simultanés.

Ces premières observations permettent de constater que les reliefs aigus et importants ne sont pas obligatoirement les plus érodés.

c) fossiles entiers et fragments: pl 7

Il n'y a pas de rapports étroits entre le fait qu'un fossile soit entier ou en fragments, sa taille (jeunes et adultes existent), et son degré d'usure.

Ainsi certains fragments ont conservé une ornementation intacte:

*Hoplites paronai*

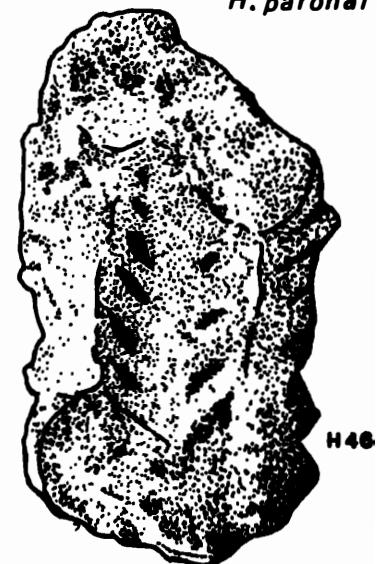
H 55

**cassures des
tubercules ventraux**

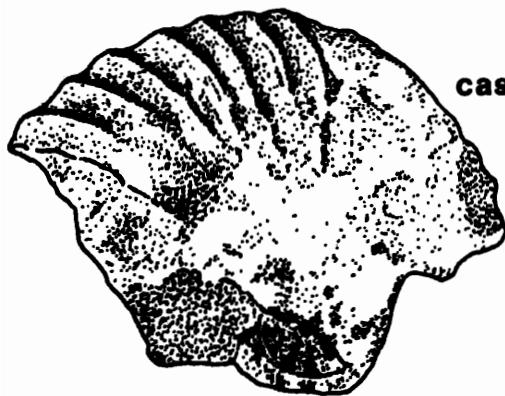
*H. paronai**Douvilleiceras D10*

H 73

cassure transversale



tour décollé



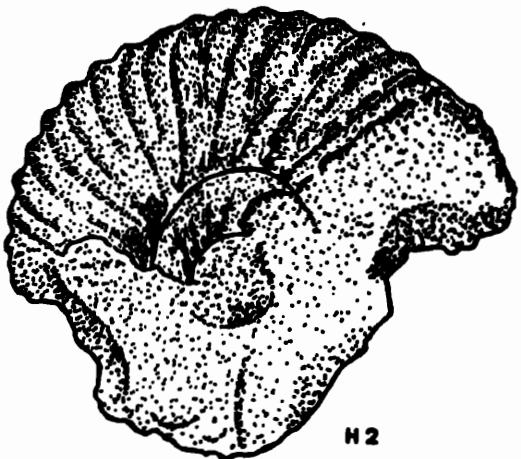
cassures de l'ombilic

*Hoplites
escragnolensis*

H 16



**sédiment
externe**

Hoplites sp.
H 3

H 2

CASSURES

Lyelliceras pseudolyelli, *Tegoceras camatteanum*... (pl 8 - 9).

Des individus entiers ont une ornementation fortement déteriorée:

Douvilleiceras, *Dipoloceras*, *Hoplites paronai*... (pl 8 - 9).

De nombreux individus qui apparaissent entiers au premier abord ont été soit soigneusement recollés, soit présentent des zones de moindre résistance (visible ou non à l'extérieur sous forme de fractures), qui se révèlent quand on veut dégager le fossile de sa gangue sédimentaire. Certaines de ces cassures suivent le contour des cloisons, et ce d'autant mieux que la cloison est simple: *Brancoceras senquieri*, *Lyelliceras pseudolyelli*...

La plupart des individus "entiers" ont en réalité leur chambre d'habitation partiellement ou totalement détruite. Beaucoup ont également un dernier tour incomplet: la chambre d'habitation et la partie du tour précédent sur lequel elle s'appuyait ont été cassées et éliminées: *Uhligella rebouli*, *Douvilleiceras*, *Falloticeras proteus*....

Enfin les cassures sont apparemment quelconques: *Hoplites escragnolensis*, *Lyelliceras pseudolyelli*... (pl 7 - 8 - 9).

La fréquence des cassures, potentielles ou accomplies, n'est pas liée de façon évidente à la taille des individus.

De nombreux *Hoplites paronai* jeunes se sont fracturés lors du dégagement. *Lyelliceras* et *Falloticeras*, de petite taille généralement, sont largement fracturés, alors que de nombreux individus de diamètre supérieur sont entiers (si l'on ne tient pas compte de l'absence de la chambre d'habitation).

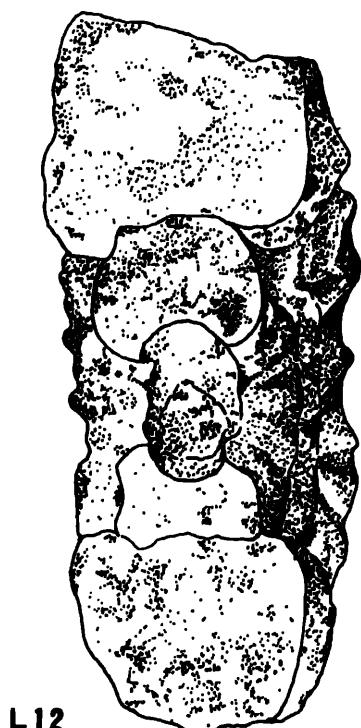
Il n'y a pas de rapport entre la position systématique des individus et leur état de conservation. On ne peut à ce stade faire des hypothèses sur les épaisseurs relatives des tests des différents groupes.

d) datation relative des fractures:

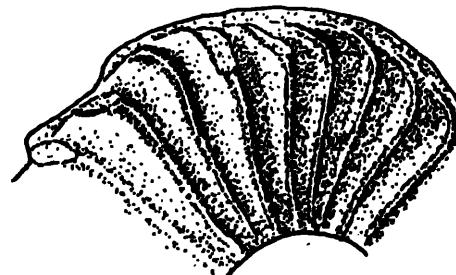
Comment séparer les cassures qui se sont produites après que la coquille ait été fossilisée, et celles qui se sont produites immédiatement après la mort de l'animal ?

Une cassure sur une coquille vide peut provoquer la dislocation de gros fragments, et ceux-ci peuvent être remplis par le sédiment et fossilisés. Il est alors impossible de distinguer ces fragments de

ornementation
déteriorée



L12

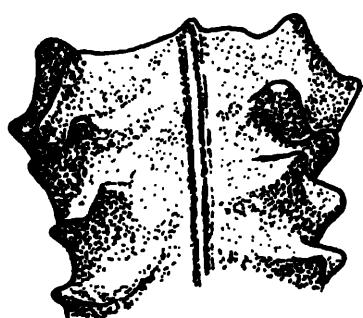


M71
Dipoloceras delaruei

Lyelliceras
pseudolyelli



L9



M15

Dipoloceras
spinulosum

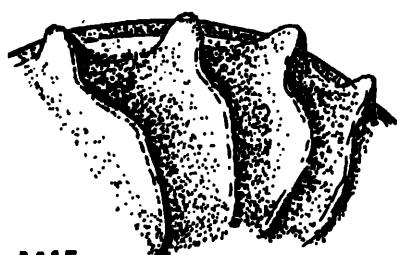


H14

Anahoplites
evolutus

fractures
transversales

ornementation saillante
intacte



M15

Dipoloceras spinulosum

Hoplites
paronai

H41



Hoplites paronai
(jeune)

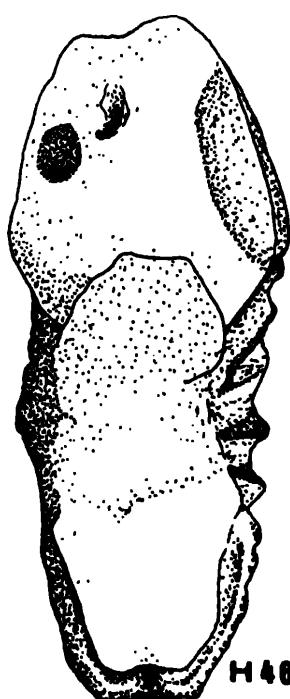


H45

cassures de
l'ornementation

chambre
d'habitation

Hoplites
bonarelli



H46

ceux dus à des chocs postérieurs. Cependant, dans le cas de fractures post-diagénétiques, les fragments conservent souvent l'empreinte des tours précédents: *Hoplites paronai*, *Dipoloceras cristatum*... (pl 8). Au contraire, les fractures pré-remplissage constituent souvent des fragments de tours limités aux flancs et à la face ventrale, sans la face ventrale du tour précédent: *Anahoplites evolutus*, *Douvilleiceras*,

Certaines cassures peuvent se présenter sous la forme de trous dans le test. Ces trous favorisent l'entrée du sédiment dans les loges et l'individu est fossilisé en entier. Extérieurement, ces cassures se reconnaissent facilement car l'ornementation est absente à cet endroit. Une absence d'ornementation pourrait avoir des causes pathologiques, mais des cicatrices et autres structures particulières sont généralement visibles dans ce cas.

Dans certains cas, il est ainsi possible de "dater" les fractures.

→ e) conclusions:

D'après Efremov, un organisme a d'autant plus de chance de se fossiliser que sa taille est en accord avec celle des particules minérales du sédiment dans lequel il se trouve. Les fractures observées marquent une étape dans le processus qui tend à homogénéiser le grain du sédiment. Ce phénomène joue à deux reprises, en ce qui concerne le cas précis de la faune de Gourdon:

§ avant la fossilisation s. st., c'est à dire que la fragmentation du test intervient après la mort de l'animal, et ce sont ces fragments qui sont ensuite fossilisés: 1^e phase.

§ si l'organisme a été fossilisé entier, ou en fragments de grande taille, le remaniement des niveaux albiens au Cénomanien équivaut à une seconde fossilisation. Le phénomène de fragmentation qui homogénéise la taille des particules sédimentaires remet alors en question la conservation: 2^e phase.

Quand les organismes sont fracturés, mais entiers, il est probable que les cassures se sont produites au cours du remaniement, ou ultérieurement. On imagine mal en effet comment un fossile cassé lors de la première phase pourrait résister sans se disloquer à l'action de la seconde phase.

Par contre, quand il s'agit de fragments, deux cas sont possibles:

- ces fragments se sont fossilisés lors de la première phase, en tant que fragments, et la seconde phase ne les a que peu modifiés.

- la première phase a provoqué des cassures mais ceux-ci sont restés entiers. La seconde phase a provoqué la dissociation des fragments et ceux-ci se sont alors fossilisés.

Des fragments ne peuvent être dus à une phase cassante ultérieure, car dans ce cas on devrait retrouver les fossiles disloqués, mais complets puisqu'il n'y a pas eu émersion ou remaniement.

A partir des observations précédentes, nous pouvons conclure que:

1- il existe au moins deux phases de fracturation:

- anté-rempлиssage

- post-diагенетique; deux origines sont possibles:

le remaniement cénomanien

la tectonique (nous avons vu précédemment que

toute la région de Gourdon était largement tectonisée).

2- les ammonites présentent des zones de moindre résistance:

- il est généralement admis que les cloisons très complexes ont pour rôle de renforcer la résistance de la coquille aux pressions externes. Ceci est en accord avec les observations effectuées: la chambre d'habitation est rarement conservée; or, ces loges font au minimum 1/2 tour et il est probable qu'elles sont cassées avant même que la coquille ne soit emplie de sédiment, car le test est considéré comme mince et il n'est pas soutenu. Cette zone est fragile.

Mais une cause différente peut être susceptible de provoquer l'absence de la chambre d'habitation.

Cette loge n'est pas toujours cassée juste après la mort de l'animal. Elle peut être fossilisée avec le reste de l'organisme. Quand le sédiment a subi la diagenèse et que le test est dissous, le sédiment de cette loge et le sédiment encaissant sont en continuité au niveau de l'ouverture. Lors du remaniement, c'est le seul endroit qui ne présente pas de surface de discontinuité, et c'est là que la résistance au dégagement du fossile est la plus importante. Celui-ci se détache par une zone de moindre résistance, c'est à dire au niveau de la dernière cloison, ou bien à proximité de cette cloison.

- les cloisons, quand l'organisme est fossilisé, ont une

structure et une composition différentes de celles du remplissage. Elles constituent des surfaces préférentielles de décollement: nous avons signalé que de nombreuses fractures suivaient le contour des sutures. Il en est de même pour les décollements entre tours successifs; le test est une surface préférentielle de décollement. Ceci peut être avantageusement utilisé pour l'observation des tours internes.

3- la faune comporte des individus adultes, mais également des individus que l'on peut qualifier de jeunes. Or, chez les Céphalopodes, jeunes et adultes vivent dans des milieux différents; cette réunion est probablement due au fait que ces animaux peuvent flotter longtemps après leur mort, et être entraînés par des courants dans des endroits privilégiés, et d'autre part le rôle du remaniement n'est pas à négliger. Surtout quand on sait que la plupart des individus jeunes appartiennent à une seule espèce: *Hoplites paronai*. Peut-être la morphologie très arrondie favorise-t-elle la conservation malgré un remaniement vigoureux.

II . DEFORMATIONS

On peut, en première approximation, définir deux types de déformations:
les déformations cassantes
les déformations souples

a) les déformations cassantes: pl 10

Nous avons déjà envisagé différents types de cassures, mais il existe également d'autres déformations cassantes: les fentes.

Il existe de nombreuses fentes, qui ne sont pas des cassures potentielles, c'est à dire des cassures susceptibles de provoquer la dislocation du fossile. Elles laissent apparaître le sédiment de remplissage, qui n'a pas l'aspect brillant et lisse qu'il a sur l'ensemble de l'individu. Alors que, quand on dégage un fossile, il y a une discontinuité nette entre fossile et sédiment encaissant, cette discontinuité n'existe pas le long des fentes. Le sédiment interne est souvent en relief dans ces fentes.

La succession des phénomènes de remplissage a pu être la suivante:



H 70



réduction
d'épaisseur



H 18

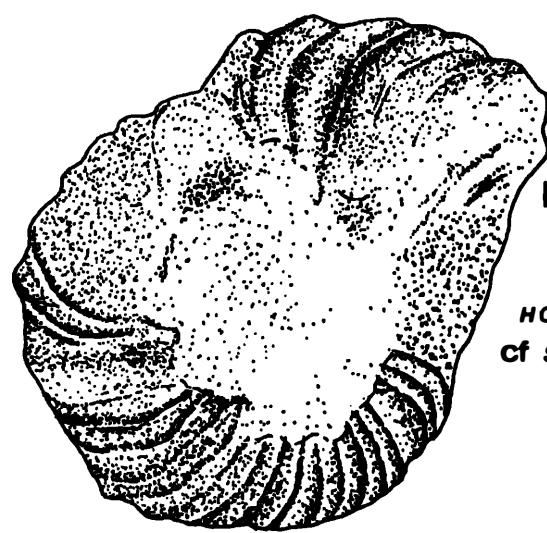
HOPLITES
ESCRAGNOLLENSIS

torsion du
profil



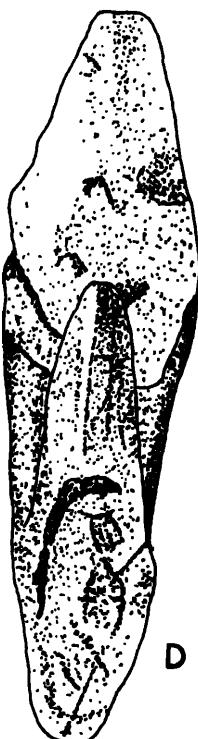
ANAHOPLITES
Cf *EVOLUTUS*

H 15

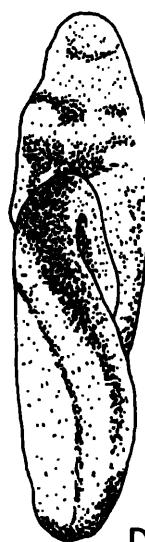


H 20

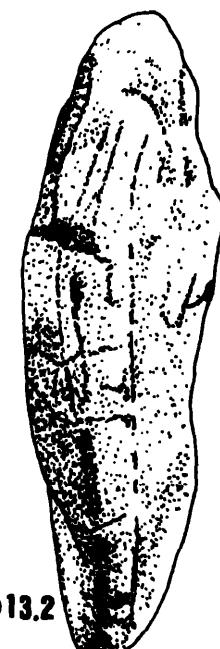
HOPLITES
Cf *SIMILIS*



D 13.3



D 3.1



D 13.2

BEUDANTICERAS
BEUDANTI

- dépôt de l'organisme;
- remplissage des loges;
- cassures dans le test, mais sans dissociation des fragments;
dans certains cas, les fragments peuvent être légèrement déplacés les uns par rapport aux autres et le moule est déformé: *Hoplites escragnolensis*;
- diagenèse qui fait "jaillir" le sédiment par les fentes du test;
- dissolution et usure du test.

Ces fentes n'ont pu se produire après la disparition du test, et cette disparition n'a pu se produire avant la diagenèse. La dissolution du test dans un milieu non consolidé interdirait au sédiment interne de garder l'empreinte du fossile. Ces fentes évoquent une formation en milieu meuble. En milieu durci, on trouve des torsions ou des compressions, des cassures, mais pas de telles fentes.

Certains décollements entre les tours, sur des fossiles entiers, peuvent être imputés à un mécanisme identique à celui qui a provoqué les fentes. Ce gonflement apparent du sédiment peut avoir deux causes principales:

- au cours de la diagenèse, il y a réduction de volume, due à la perte en eau et à la compaction.

Cependant, les circulations d'eau sont continues; certaines loges non comblées par le sédiment fonctionnent en géodes et sont emplies de cristaux de calcite. La croissance des cristaux provoque des dilatations qui peuvent disjoindre faiblement les tours.

La disjonction la plus fréquente se situe au niveau des deux derniers tours.

- le sédiment ne change pas de volume, mais des compressions disloquent le test le long de la suture ombilicale. L'ombilic est enfoncé et le sédiment interne sort par la cassure créée.

Dans le premier cas évoqué, les causes sont internes par rapport aux fossiles, et il y a augmentation réelle du sédiment en volume.

Dans le second cas, les causes sont externes et il y a diminution de volume du sédiment.

Nous verrons toutefois qu'un remplissage calcitique des loges n'implique pas obligatoirement de telles déformations. Il est impossible d'affirmer que les décollements de l'ombilic sont dus à l'une des deux causes signalées; seules des sections polies peuvent, dans certains cas, apporter une solution: *Hoplites latesulcatus*, *H. escragnolensis*. (pl 16)

b) les déformations souples: pélomorphoses:

Les plus nettes sont:

- des réductions d'épaisseur;
- des torsions de profil;
- des compressions selon un diamètre.

§ réduction d'épaisseur:

Ce phénomène est parfois très net, soit parce que les convexités des deux flancs ne sont pas symétriques, soit parce que la face ventrale est anormalement étroite.

En fait, la réduction d'épaisseur doit être beaucoup plus fréquente; mais si les compressions ont été réparties régulièrement sur tout le volume de l'ammonite, la réduction d'épaisseur a joué sur tout le fossile et n'est décelable que par comparaison avec des individus parfaits.

Cette modification morphologique peut intervenir à deux moments différents:

- cause syndiagénétique: par perte d'eau, le sédiment diminue de volume; cette réduction de volume intervient sur tout le fossile qui reste géométriquement semblable à lui même ou non.
- cause post-diagénétique: les contraintes tectoniques (déjà responsables des cassures). Ignorant dans quelles positions se trouvaient les fossiles récoltés, il est impossible de reconstituer un système de contraintes à partir des cassures et des déformations.

§ torsion du profil:

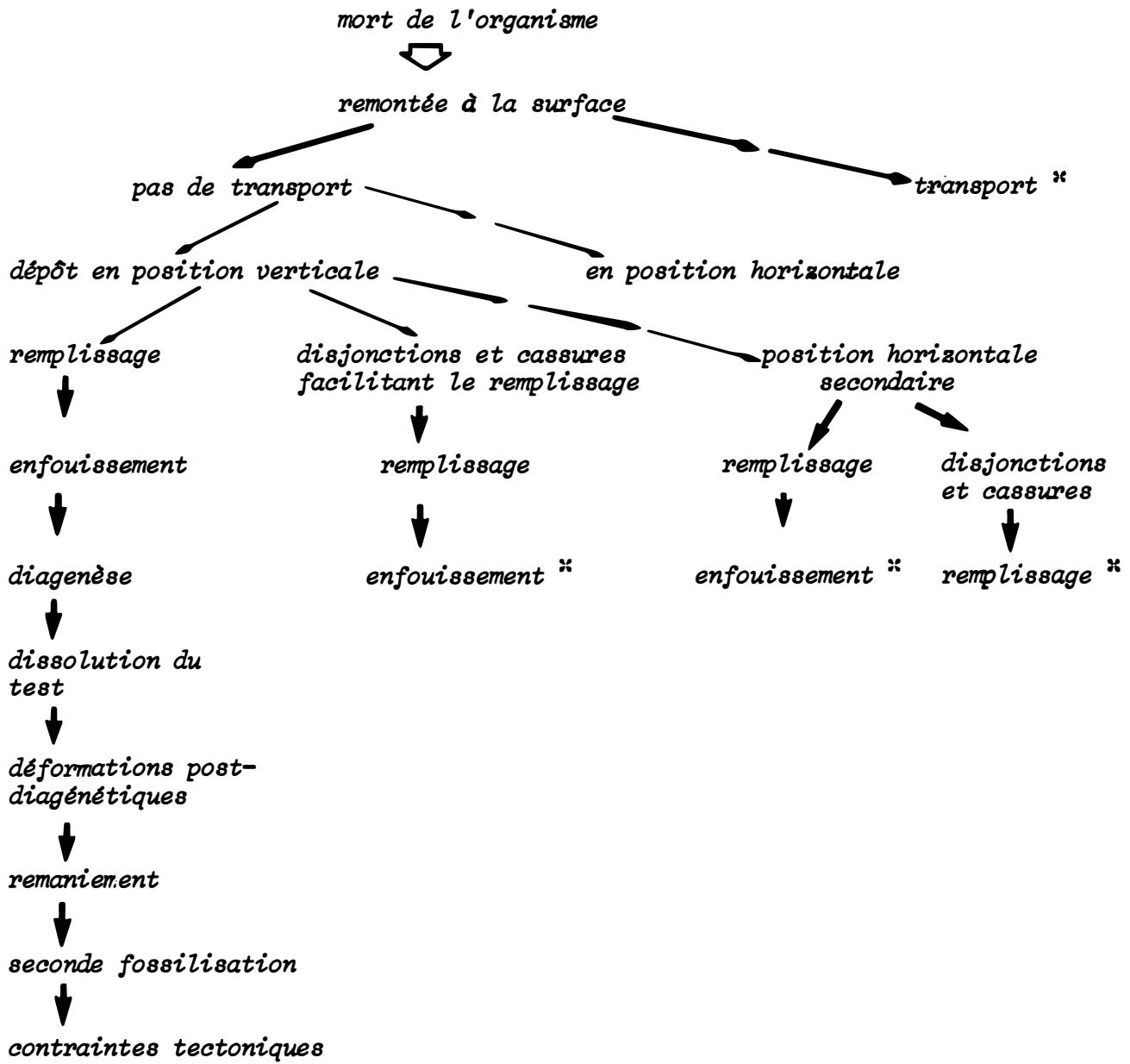
Ces déformations souples sont post-diagénétiques. En effet, le test, considéré comme mince, n'aurait pu résister et se déformer: il casse. On impute généralement ces torsions à des contraintes tectoniques; mais il existe de nombreux exemples de fossiles déformés dans des régions tabulaires: brachiopodes de la région de Caen, oursins de l'Argovien de l'Yonne

§ compressions selon un diamètre:

La forme générale arrondie de l'ammonite devient ovale. Cette déformation peut être synchrone et avoir les mêmes causes que la réduction d'épaisseur. Le sédiment étant durci, à volume constant du fossile, une réduction d'épaisseur entraînera une augmentation de la hauteur des tours, et une augmentation du diamètre. Si cette action n'est pas répartie de façon uniforme, deux diamètres perpendiculaires sont inégaux.

CONCLUSIONS

Nous pouvons essayer de reconstituer la succession des phénomènes ayant abouti à la formation des fossiles tels qu'ils ont été trouvés:



l'ordre des phénomènes suivants est identique à celui du dépôt en position verticale (colonne de gauche).

ETUDE DU SEDIMENT

I. NATURE DU SEDIMENT

Si nous appliquons la classification de Folk à ce sédiment, nous pouvons dire que c'est une biomicrite phosphatée à glauconie, contenant quelques plages sparitiques. Il faut cependant préciser dès maintenant que certaines ammonites ont localement un remplissage calcitaire. Nous verrons ultérieurement les raisons de ces différences.

A) LITHOFACIES

a) La glauconie:

1- elle se présente sous plusieurs formes:
elle remplit des loges de foraminifères;
elle épigénise des spicules d'éponges, parfois des tests de foraminifères;
elle est en grains arrondis, de petite taille;
elle est pigmentaire et diffuse, soit dans le ciment micritique, soit dans les plages de calcite cristalline;
elle limite des nodules, qui, nous le verrons, sont phosphatés comme tout le sédiment.

Nous retrouvons là les "diverses manières d'être de la glauconie dans les sédiments" reconnues par G. Millot.

2- conditions de formation:

La glauconie est considérée comme un dépôt marin d'eau peu profonde, pendant des périodes de sédimentation lente ou nulle, en milieu qui n'est jamais fortement oxygéné. Selon L.W. Collet et W.L. Gabriel (1906), la glauconie pigmentaire peut être due à une précipitation chimique, ou à un dépôt de glauconie préexistante amenée par trituration à l'état pulvérulent; elle ne s'observe que dans les dépôts consolidés. Elle est toujours mélangée à de la calcite triturée ou à du phosphate de chaux. L.W. Collet (1905) précise que la glauconie accompagne toujours les concrétions phosphatées, et qu'on la trouve sur presque toutes les côtes à sédimentation lente, ce qui exclut les embouchures des grands fleuves.

3- si la glauconie en grain peut être allochtone, la glauconie pigmentaire est autochtone et sa formation est contemporaine de la formation du sédiment.

b) Le phosphate:

1- sa présence a été mise en évidence grâce aux réactions spécifiques colorées (réactions qui seront également utilisés pour la composition chimique du test).

2- il n'est pas caractérisé dans la roche et est à l'état diffus. Il ne semble pas épigéniser d'organismes.

c) Argiles:

Non individualisées en cristaux visibles au microscope, leur présence a été révélée par diverses attaques acides qui ont laissé un résidu relativement important.

➡ d) Conclusions:

L'association glauconie - phosphate est classique.

Selon M.I. Goldman, les surfaces sur lesquelles se sont formés ces types de dépôts n'ont pas subi d'émersion, et elles représentent un temps long. Si les preuves de la première hypothèse ne sont pas évidentes, que ce soit à Gourdon ou en d'autres lieux, la seconde est en accord avec le fait que les macrofossiles indiquent un âge qui couvre tout l'Albien.

Les concrétions phosphatées, qui existent à Gourdon, se rencontraient (L.W. Collet 1905), dans des régions signalées pour la rencontre de courants chauds et froids. Ces lieux seraient donc favorables à la mort massive des animaux, qui en se décomposant, fourniraient de l'ammoniaque et du phosphate de chaux. En fait, il semble que la formation des phosphates, comme celle de la glauconie, n'est pas parfaitement élucidée.

Si nous prenons comme base de travail que la glauconie pigmentaire résulte d'une précipitation chimique, nous obtenons les conditions de milieu suivantes:

- milieu marin sublittoral, caractéristique de la plateforme continentale et des mers épicontinentales; 10 à 700 m.
- milieu fréquemment agité.
- pH = 7,0 à 9.
- zone d'enfouissement lent.
- présence de bactéries hétérotrophes anaérobies.
- température: 25°

La microfaune contenue dans les sédiments récoltés sur place permettra une comparaison des conditions de milieu.

Selon Folk, le limon de calcite microcristalline se forme rapidement par précipitation chimique ou biochimique; cette matrice pseudoargileuse signifie un manque de courants violents. Une biomicrite indique que les fossiles étaient sédentaires, ou bien que les courants étaient calmes dans la zone de sédimentation, le limon microcristallin n'a pas été balayé du matériel coquillier: eaux profondes ou zones protégées peu profondes.

Ces conditions de milieu sont bien différentes de celles envisagées pour la formation de la glauconie.

B) BIOFACIES

Les organismes, abondants, représentent des groupes variés mais le nombre d'espèces est peu élevé. Beaucoup sont à l'état de fragments indéterminables.

Foraminifères: relativement peu nombreux: globigérines, tictacelles, textulaires. Ces formes n'indiquent pas des conditions de milieu très précises,

Spongiaires: spicules isolés ou en réseau; épigénisés par de la glauconie.

Echinodermes: quelques rares débris de crinoides.

Ostracodes: peu nombreux; les deux valves existent et laissent supposer une origine autochtone.

Brachiopodes: une section d'un brachiopode articulé à test ponctué.

Mollusques:

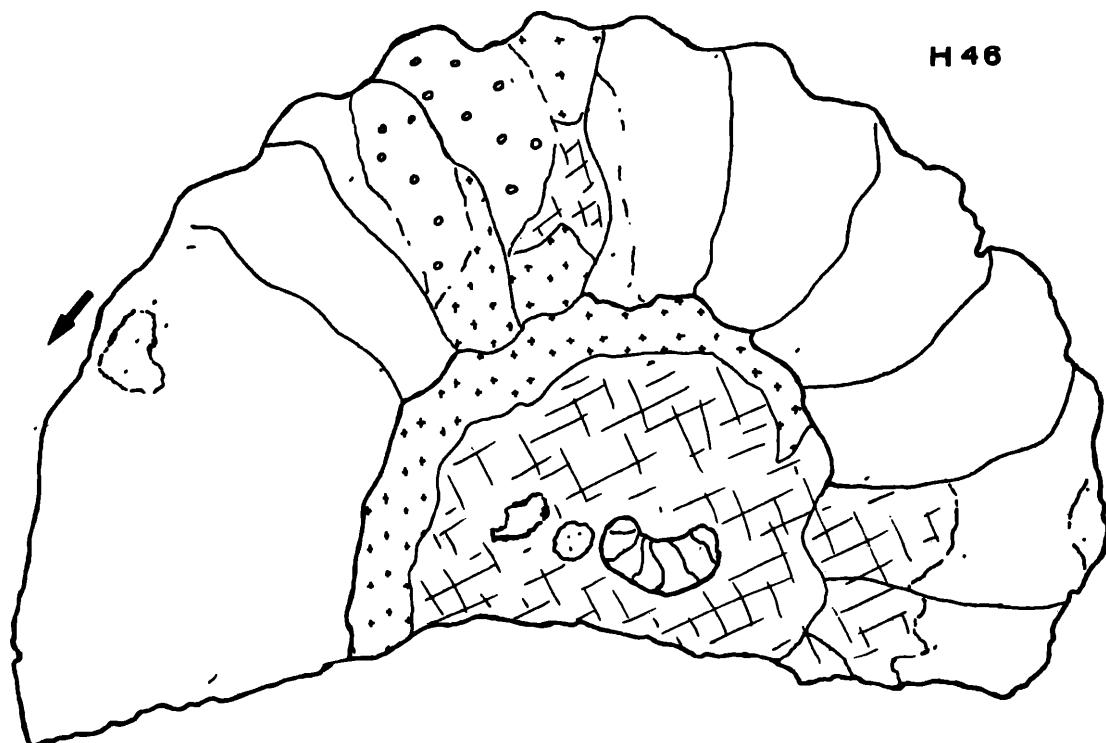
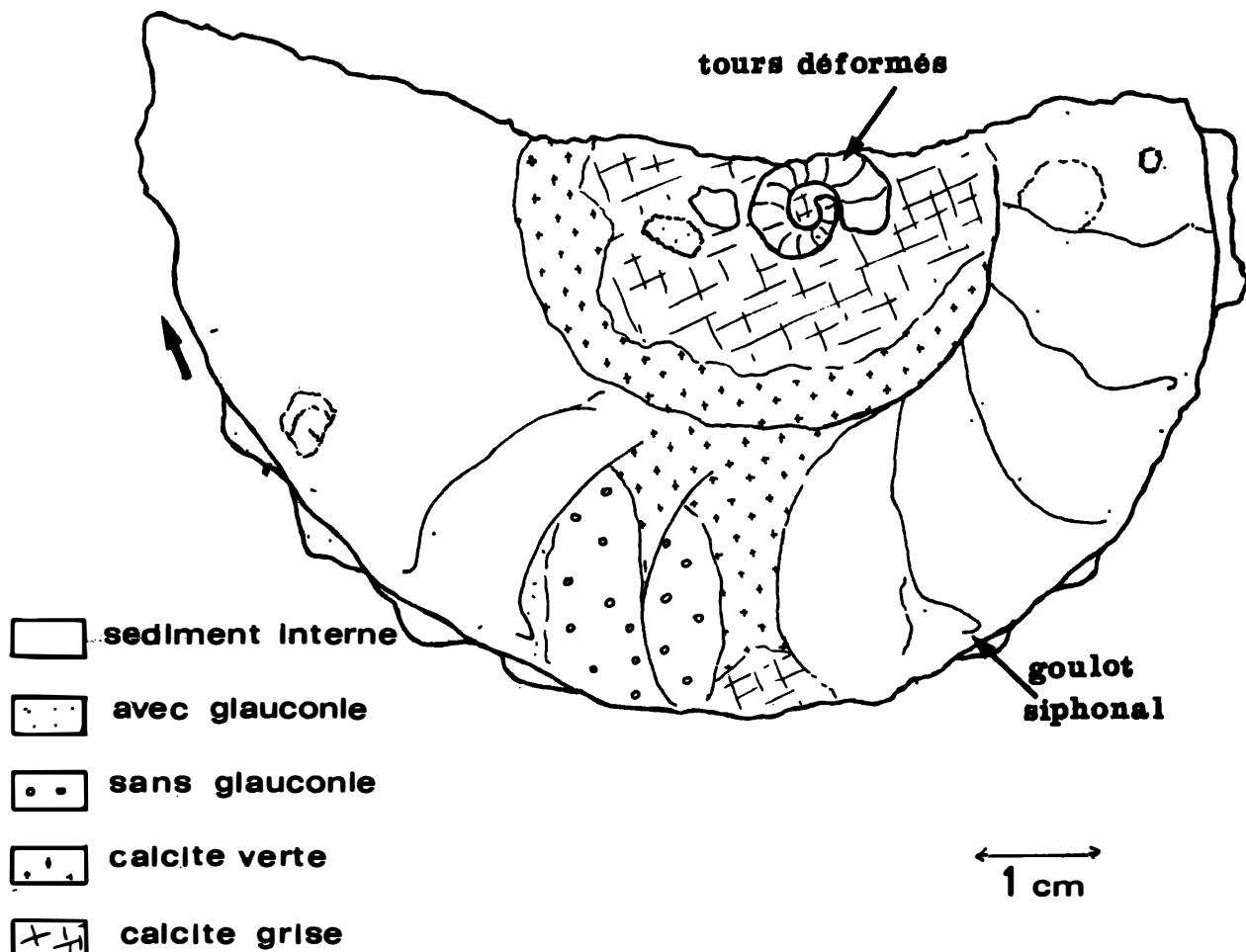
Lamellibranches: nombreux débris non identifiables;

Gastéropodes: reconnaissables grâce à la columelle;

Céphalopodes: sections d'ammonites relativement nombreuses.

Tous ces organismes ne nous apportent pas beaucoup de précisions sur

Hoplites paronai



les conditions de milieu, soit parce que la détermination n'est pas assez précise (mauvais état de conservation), soit parce que ces foraminifères sont pélagiques, sans indication de profondeur.

II. REPARTITION DU SEDIMENT DANS LES LOGES

Deux exemples appartenant à deux espèces différentes seront développés.

Hoplites paronai H46 pl. 11.19

a) description:

Quatre zones concentriques apparaissent: de la face ventrale vers la protoconque:

- biomicrite à glauconie: les cloisons et les goulots siphonaux, ainsi que le test du tour précédent sont assez bien conservés. Trois loges cependant ont un remplissage différent: deux ont un sédiment sans glauconie, ni pigmentaire ni en grains, et une zone interne en calcite verte, la troisième est en sédiment sans glauconie. (Face latérale gauche).
- une zone en "calcite verte": limitée à l'extérieur par le test, elle se prolonge plus ou moins progressivement dans la zone suivante. Sa hauteur selon un rayon ne correspond pas à une hauteur de loges.
- une zone calcitique, sans glauconie diffuse. Comme dans la zone précédente, test et cloisons ne sont pas conservés.
- une zone où l'on reconnaît les premiers tours (protoconque absente) déformés et flottant dans la calcite de la zone précédente. Le sédiment est dépourvu de glauconie et de microorganismes.

b) interprétation:

Seule une moitié de l'ammonite est conservée. La face latérale gauche est presque intacte: l'ornementation existe sauf au niveau des loges du dernier tour à remplissage différent. Les tours internes de la face latérale droite n'ont pas d'ornementation et le sédiment que l'on observe est le sédiment très calcitique de la troisième zone.

La cassure des tours internes n'a pu se produire après le remplissage, le sédiment calcitique observé résultant alors d'un second remplissage comblant le vide laissé par la fracture. En effet, comment expliquer dans ce cas la présence des tours internes déformés.

Ces cassures se sont donc produites avant le remplissage et la diagenèse. Il est à priori curieux de constater que là où l'ornementation est préservée, c'est à dire là où le test existait et donc l'entrée du sédiment dans la coquille difficile, on trouve justement ce sédiment; alors que c'est un remplissage calcique qui existe au niveau des cassures. On observe généralement le contraire: sédiment grossier dans les zones ouvertes par fractures et dans la chambre d'habitation; calcite déposée par circulation d'eau dans les zones fermées.

La partie cassée n'était pas en contact direct avec le fond, sinon elle aurait été envahie par le sédiment. Une protection quelconque a dû favoriser le remplissage tel que nous pouvons l'observer, la cristallisation de la calcite intervenant postérieurement.

Peut-il s'agir de la recristallisation d'une biomicrite ? Cela est peu probable; une recristallisation n'aurait pas détruit complètement test et cloisons, sans qu'aucun fragment ne soit piégé, et l'ornementation externe aurait été conservée.

Deux grands types de sédiments pour cette ammonite:

- une biomicrite;
- un sédiment très calcique.

Douvilleiceras gr mammillatum D12 pl.18.22

a) description:

Bien que n'étant pas complète, l'ammonite a ses structures internes bien conservées. Seules quelques loges ont un remplissage calcique, les autres sont en sédiment. Si nous numérotions les loges à partir de la chambre d'habitation, nous avons:

- chambre d'habitation: dans les dépressions intercostales du tour précédent, nous pouvons observer un sédiment de même type que celui de l'ensemble du remplissage, mais limité par un mince filet calcique (fig 18); le sédiment s'accumule dans les creux; nous pourrions appliquer à ce phénomène le nom de "barrière en creux" utilisé pour des structures d'ordre déca - kilométriques.
- les cloisons qui viennent ensuite sont déformées jusqu'à la loge n° 26; le sédiment est identique à celui de la chambre d'habitation, avec ou sans glauconie diffuse. Tout ce qui est en graine ou microgalet est d'une taille inférieure au diamètre du canal siphonal.

Ce canal siphonal est coupé dans les loges n° 1 - 2, 7 - 8, 14 à 16 et 19 à 22 (pl 21).

- les loges 27 à 29, 32 à 35 et 37-38 sont entièrement ou en grande partie en calcite. Cette calcite est beaucoup plus pure que celle de la troisième zone de l'individu H46. Il n'y a pas de grains de glauconie dans les loges intermédiaires. Le canal siphonal est visible dans les loges 27 à 29 et 33 à 35.
- la zone suivante n'a pas de cloisons; on ne peut compter les loges. Le sédiment est très clair et la glauconie en grain très rare.
- 5 loges à sédiment clair, à glauconie diffuse.
- calcite jusqu'à la protoconque.

Sédiment du canal siphonal: sédiment fin et homogène, contenant quelques grains de glauconie et des oxydes de fer; glauconie pigmentaire.

b) interprétation:

La cassure du dernier tour est très certainement post-remplissage: le tour s'est décollé, la première cloison marquant la limite de la fracture. L'ornementation externe est assez bien conservée, pas assez cependant pour laisser apparaître des traces de fractures pré-remplissages qui auraient facilité l'entrée du sédiment. On ne peut cependant pas expliquer le remplissage par des fractures affectant chaque loge. La seule voie naturelle de passage pour le sédiment est le canal siphonal. Nous verrons ultérieurement les problèmes que cela pose.

→ Conclusions

Ces deux exemples ont été choisis car ils sont représentatifs de l'ensemble des ammonites qui ont été coupées selon une section longitudinale. Les plages calcitiques observées (sans cloisons ni test) dans H 46 sont plus rares que le sédiment. Les loges emplies de calcite par contre le sont beaucoup moins.

III. COMPARAISON ENTRE DIVERSES AMMONITES

Nous allons généraliser les observations précédentes.

Les spécimens dont les structures internes sont bien conservées sont rares, et ce sont surtout des individus de petite taille (voir chapitre suivant). Cet état de conservation n'est pas lié de façon évidente à

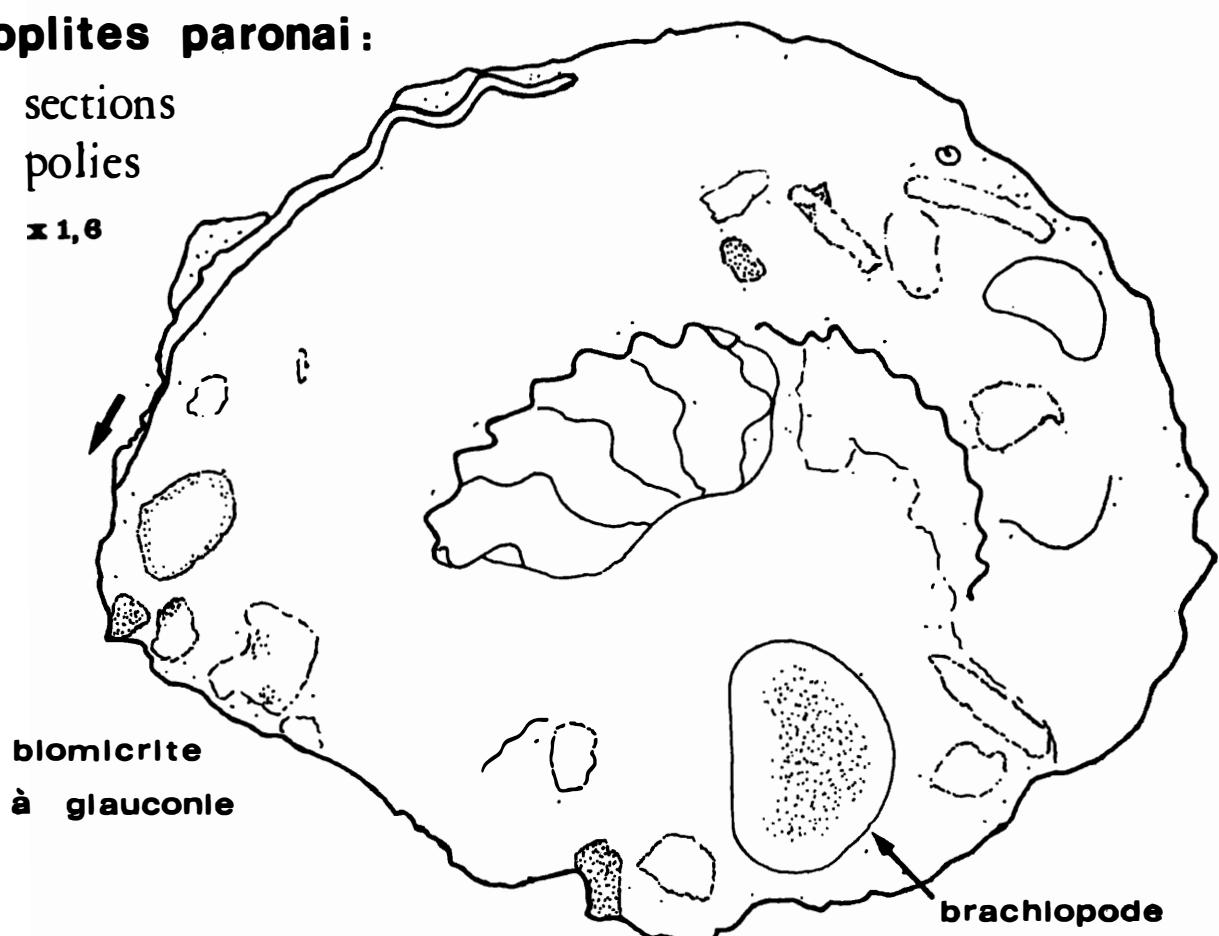


Hoplites paronai :

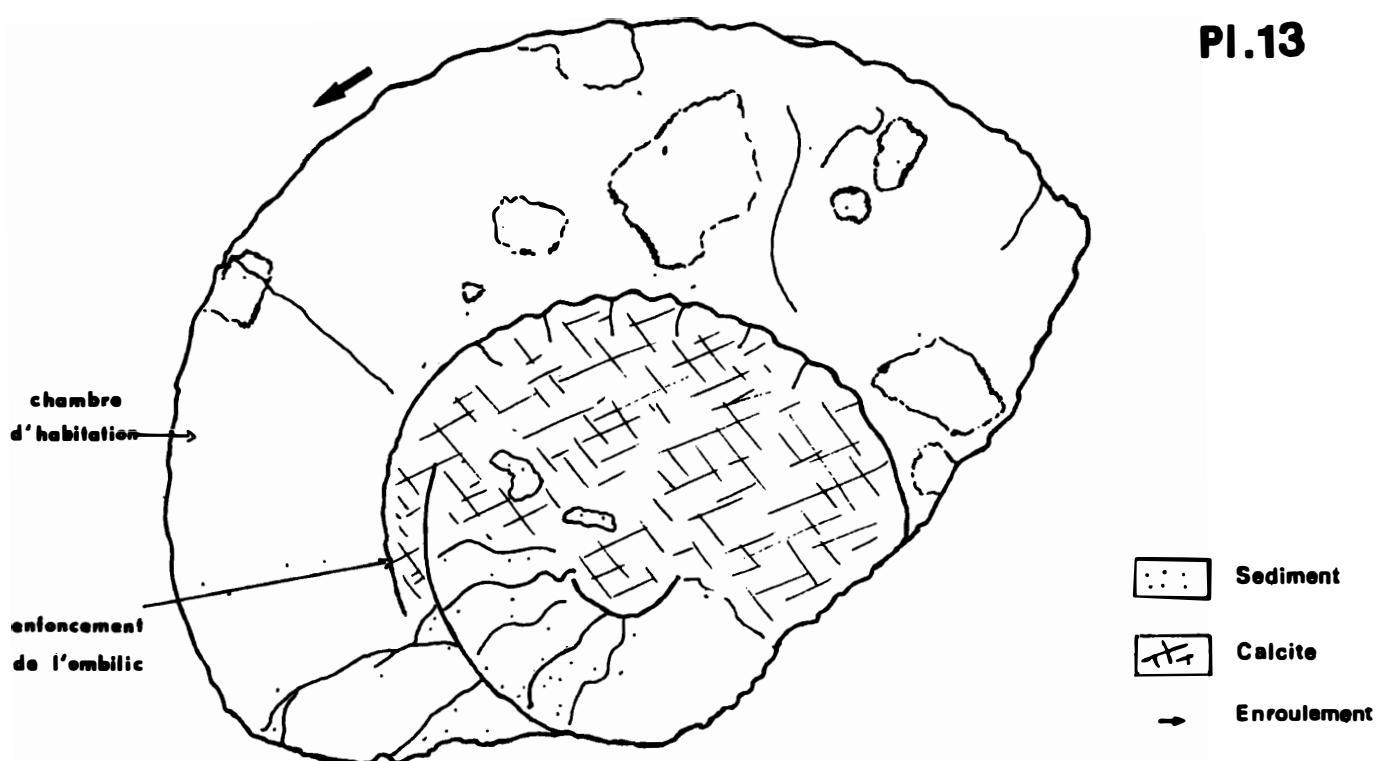
sections

polies

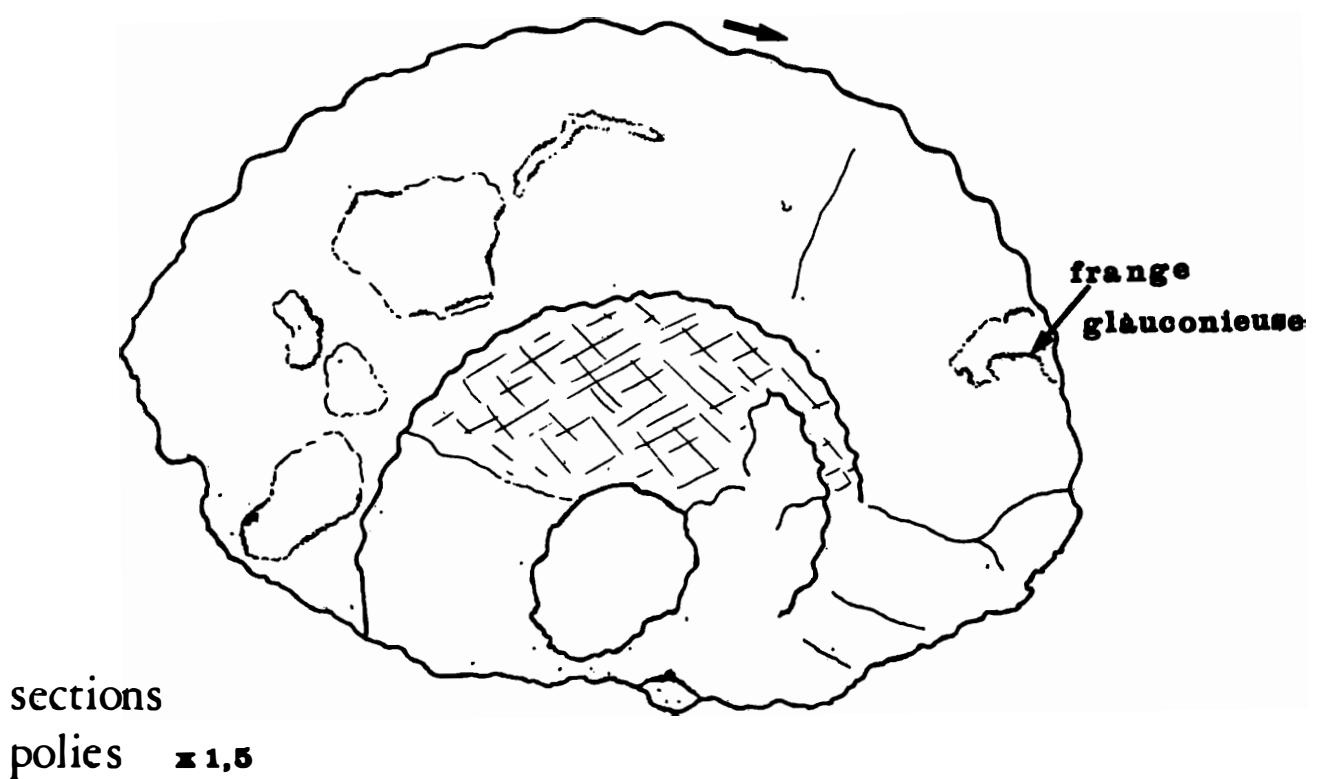
× 1,6



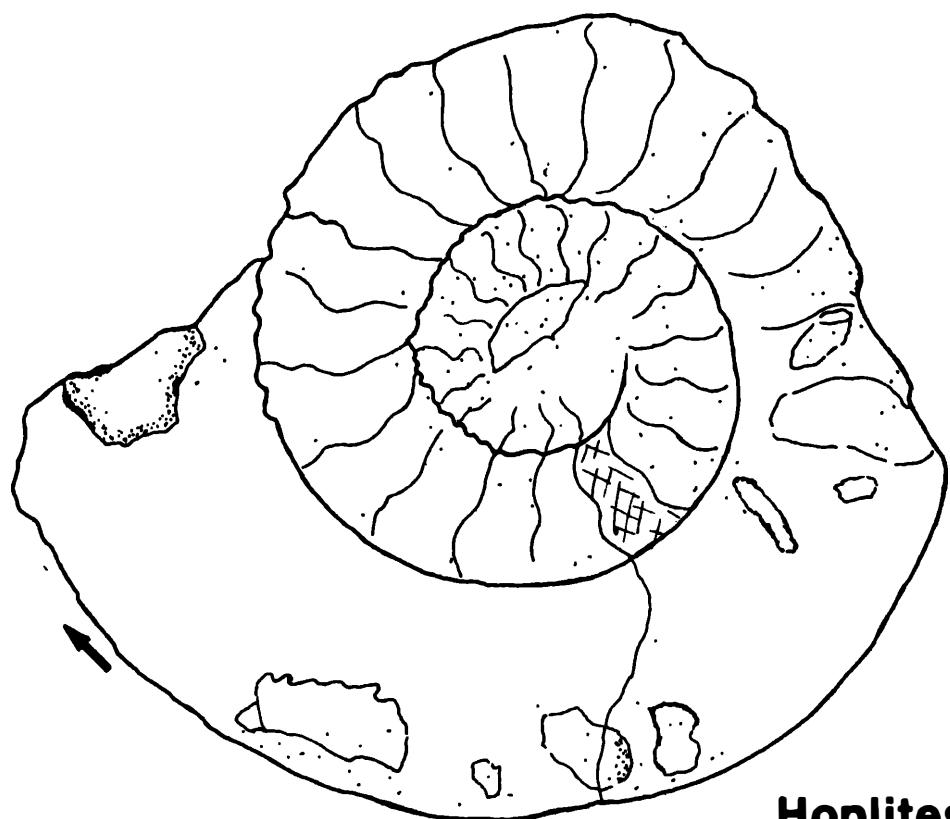
Pl. 13

**Hoplites escragnollensis**

H 4



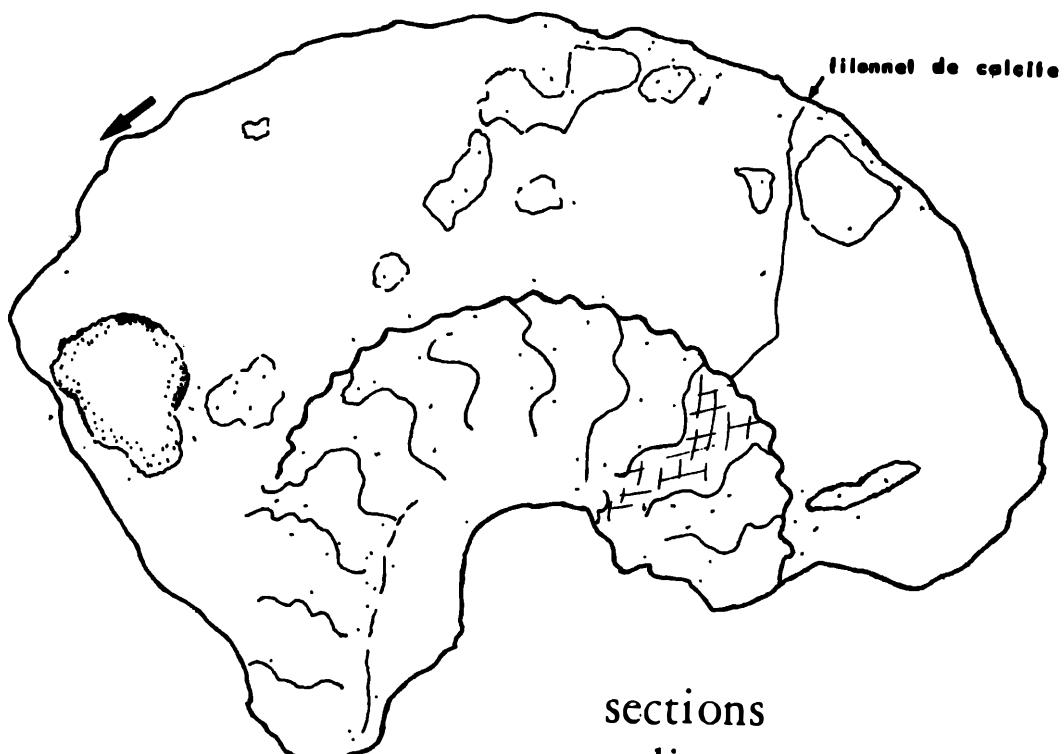
Pl.14



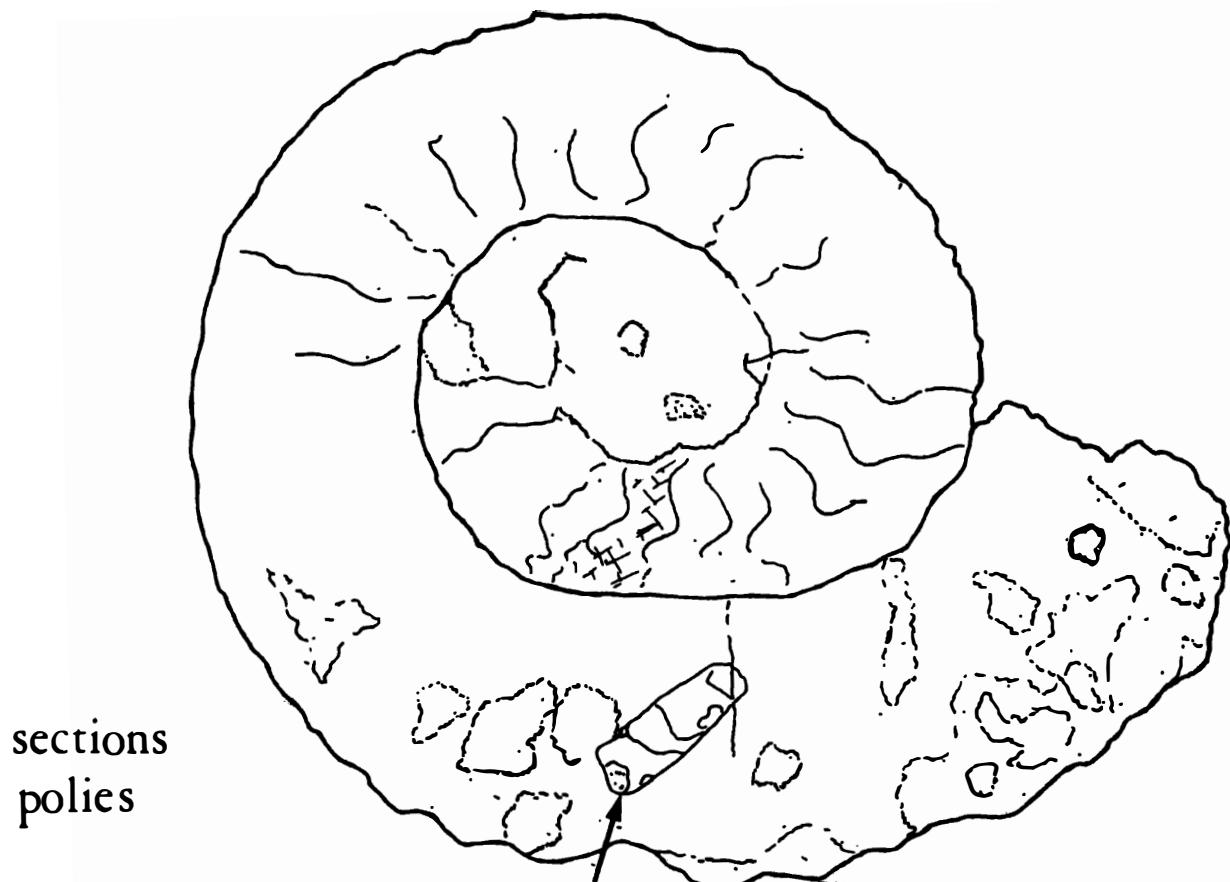
- Sediment
- Calcite
- Enroulement

**Hoplites
escragnollensis**

H 16



sections
polies $\times 1,5$



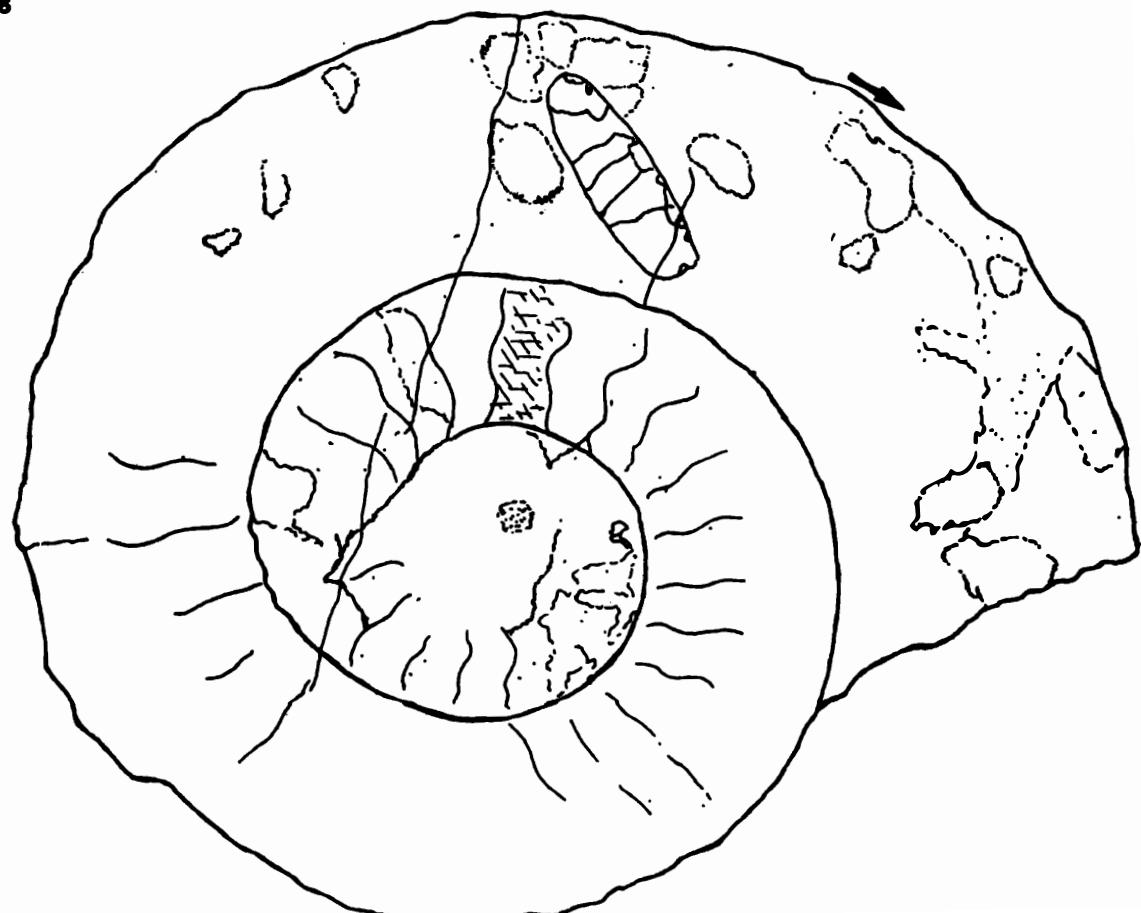
sections
polies

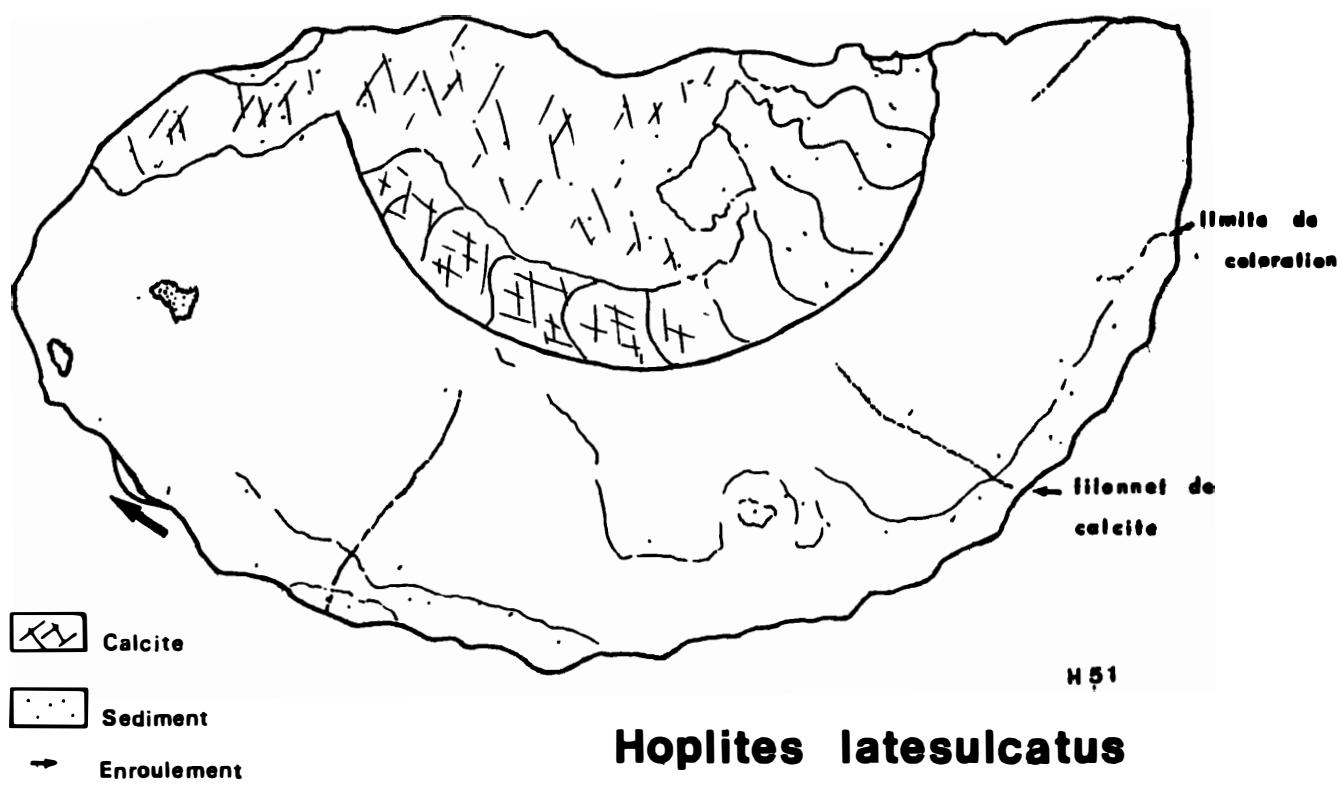
section transversale
d'ammonite

H9

- [Sediment pattern] Séiment
- [Cross-hatch pattern] Calcite
- Enroulement
- × 1,6

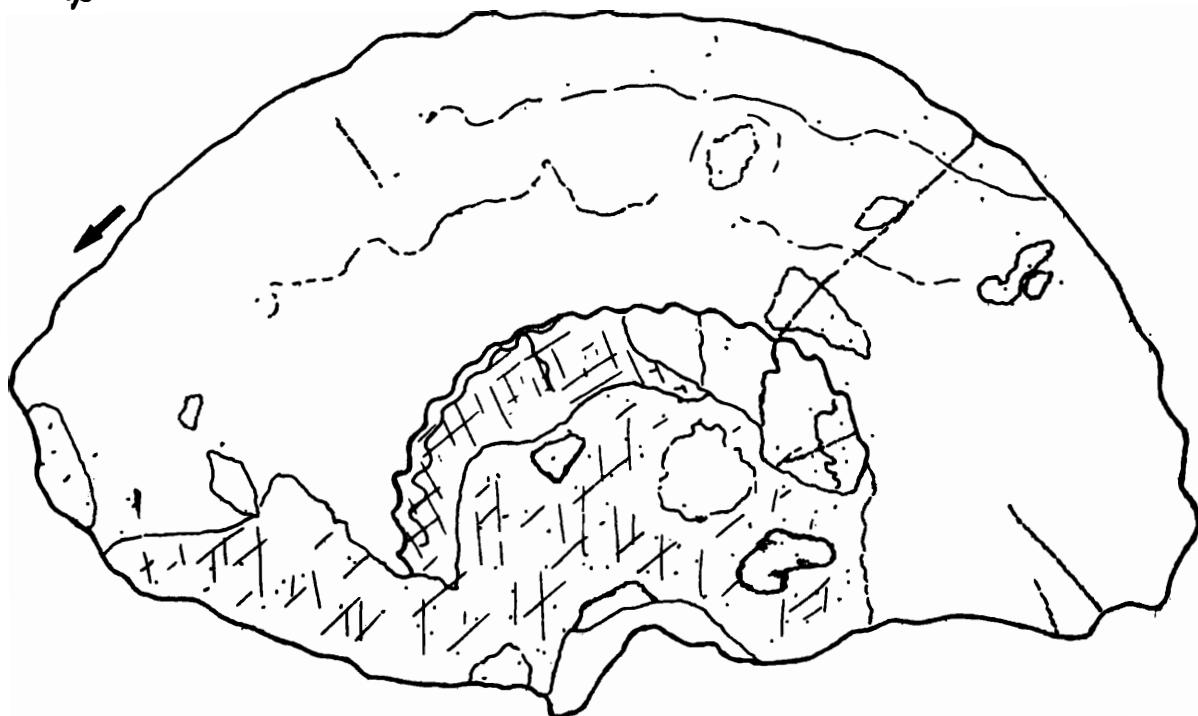
Hoplites escragnolensis





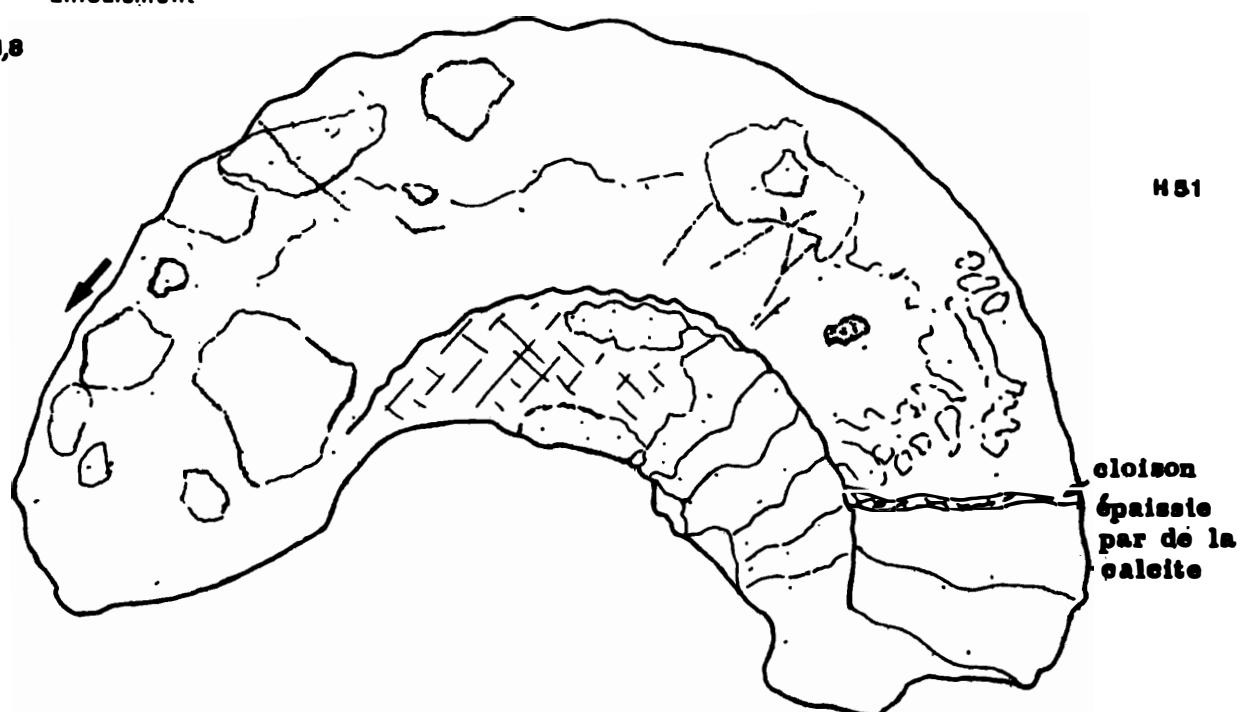
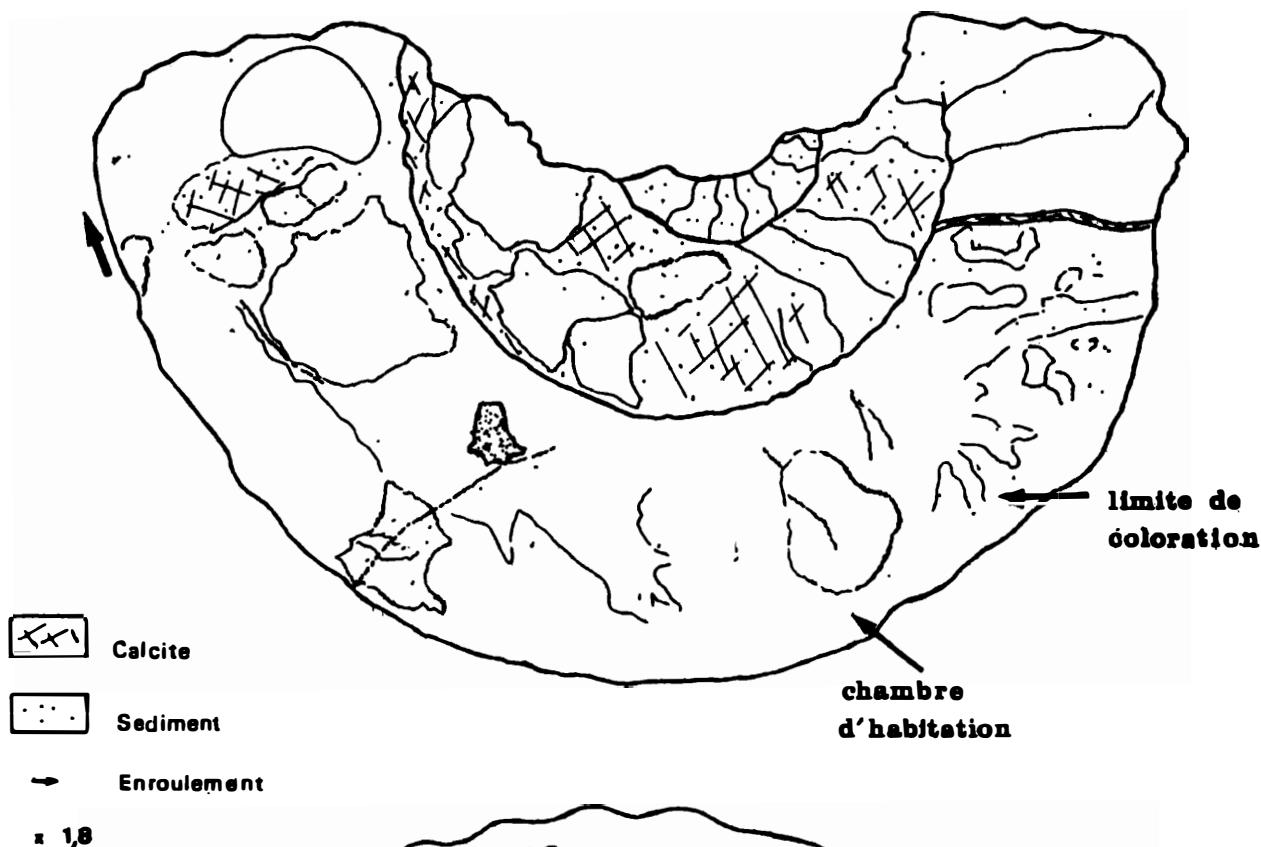
Hoplites latesulcatus

× 1,8



sections
polies

Hoplites latesulcatus



sections
polies

la nature du remplissage (calcite ou sédiment).

Dans les chambres d'habitation, ou dans les loges qui étaient en communication directe avec l'extérieur, des galets ou nodules souvent limités par une frange glauconieuse sont présents. Des limites floues de coloration (H 51) font penser à des vagues successives de sédiment arrivant dans les loges ou dans la chambre d'habitation, avant que la "couche" précédente ne soit consolidée.

Ces remplissages sont très différents de ceux des ammonites jurassiques du Sud du bassin de l'Ebre, analysés par D. Westercamp. Quant aux loges calcitiques, elles ne fonctionnent pas en géodes: toute la loge est comblée par de la calcite très limpide et en grands cristaux.

Si l'on excepte les zones calcitiques, le sédiment s. st. est très homogène et d'un seul type. Il est différent de celui des gisements albiens peu éloignés de Gourdon: les fossiles ont un aspect plus foncé (plus phosphaté ?) qui ne permet pas de les confondre avec ceux de Gourdon.

IV. MECANISME DU REMPLISSAGE

Comment le sédiment et les fossiles qu'il contient ont-ils pu pénétrer dans les loges ? Pourquoi certaines sont-elles calcitiques, alors que d'autres ont un remplissage sédimentaire ? Autant de problèmes qui se posent.

Schindewolf fait intervenir les phénomènes suivants:

- substitution et état de conservation de la coquille;
- parasites de la coquille responsables de sa détérioration;
- apparition de lamelles qui divisent les loges en logettes;
- conservation du canal siphonal...

"... le labourage de la coquille par des organismes perforants peut conduire à un affaiblissement de la coquille et finalement sa destruction totale. Elles peuvent donc être un facteur possible dans les conditions de remplissage de l'habitacle."

Ces perforants seraient d'origine végétale: des champignons puisque la photosynthèse n'est pas possible dans les parties internes. Un tel affaiblissement peut-il permettre d'atteindre une porosité suffisante pour que le sédiment pénètre au travers de la coquille ? Il peut certainement contribuer à la fracturation de la coquille.

Mais le remplissage d'une ammonite parfaitement conservée, même si le test a disparu ultérieurement, n'est pas résolu.

La seule voie naturelle est le siphon.

Pourtant celui ci est phosphaté quand l'animal est vivant. Comment expliquer la présence de sédiment dans les loges où l'enveloppe siphonale est intacte. Le diamètre du siphon ne permet que l'arrivée de sédiments très fins, et il suffirait d'un grain de glauconie un peu gros pour bloquer le remplissage. Nous avons observé que dans le cas d'ammonites bien conservées, le diamètre des granules sédimentaires ou biologiques était toujours d'un diamètre inférieur à celui du canal siphonal. Si le remplissage est bloqué, la partie vide n'est pas fossilisée, et ne parvient pas jusqu'à nous; nous ne pouvons donc constater ce phénomène. Fragments et nodules plus grossiers qui existent sont limités à la chambre d'habitation et aux loges ouvertes par fracture. Ceci semble confirmer l'hypothèse du remplissage par le siphon. Toutefois, des expériences ont été faites sur des nautilles; on a tenté de provoquer un remplissage à base argileuse, donc des particules très fines. Le résultat a été négatif.

Le problème n'est pas résolu.

V. MICROFAUNE

Des prélèvements de marnes ont été effectués à Gourdon et Escragnolles.

1- Gourdon: l'Embarnier:

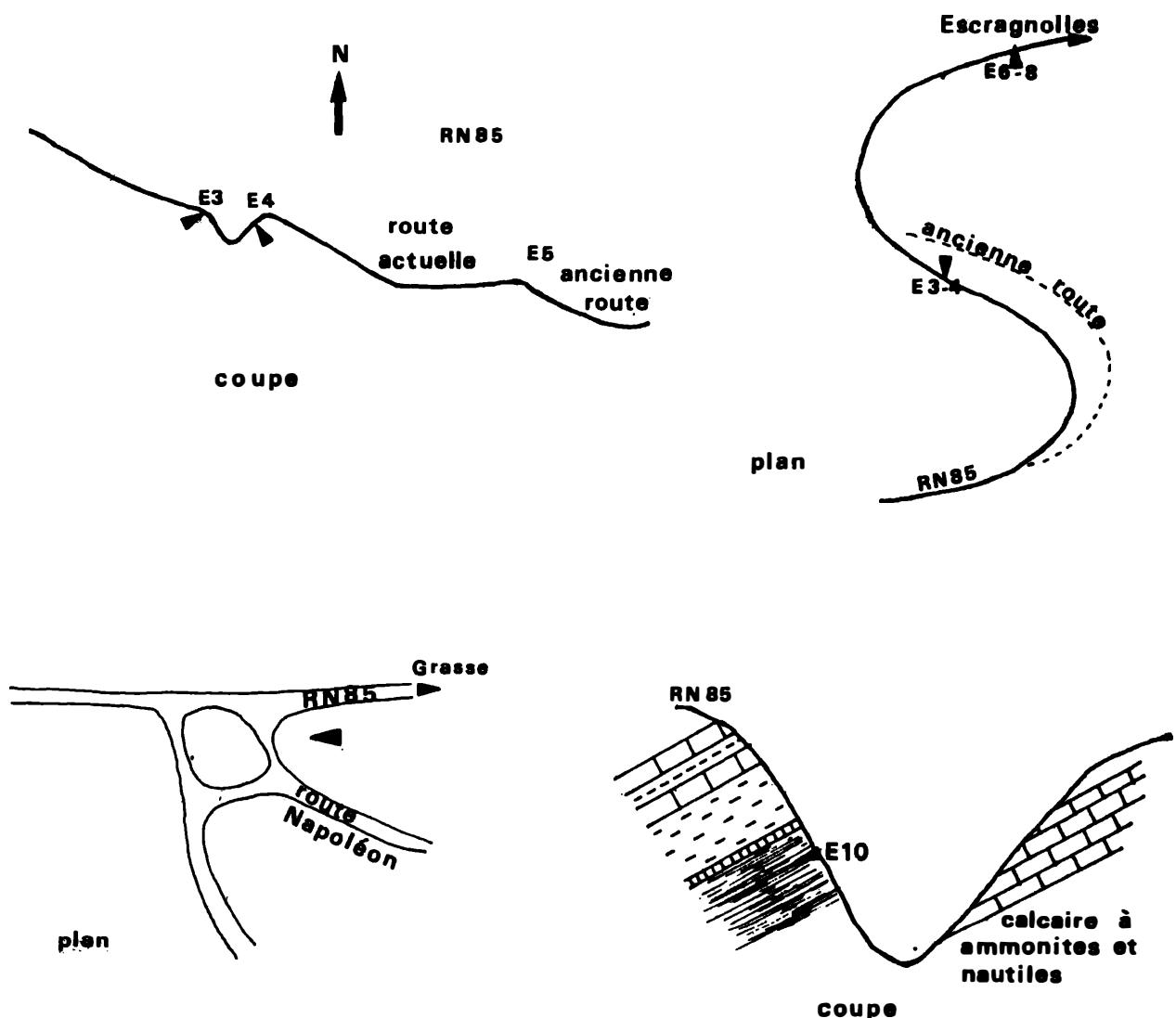
Les niveaux à nodules phosphatés contenant les fossiles n'affleurent plus. Les prélèvements ont été faits dans les couches qui correspondent probablement aux niveaux 4 et 6 indiqués par Jacob (voir coupe p 27, pl 6). Le niveau G2b est une marne noire sans stratification, sans fossiles entiers; on trouve surtout des moules de Lamellibranches. Des lavages ont fourni de nombreux ostracodes à valves dissociées, lisses ou ornemées, quelques rares *Robulus* et quelques fragments de tests de lamellibranches. Le milieu semble néritique et côtier.

Un peu plus haut G2a, la roche est légèrement plus gréseuse et contient de nombreux moules de lamellibranches (gr des Neitheidés), et des brachiopodes mal conservés.

Toutes ces formes n'indiquent pas un âge précis, mais le milieu est apparemment sans apport pélagique et ces conditions sont en accord avec celles qui président à la formation de glauconie.

2- Escragnolles:

Une première série de prélèvements a été effectuée au gisement très bien localisé par Jacob; la seconde est localisée sur le schéma suivant:



E3: *Hedbergella* groupe *debrioensis* (Carsey), *Planomalveolina* (?), *Arenobulimina* aff *preslii* (Reuss). Albien supérieur probable.

E4: *Ticinella* gr. *roberti* (Gaudolfi) Albien moyen;
Hedbergella gr. *debrioensis* (Carsey) Albien supérieur
Arenobulimina aff *preslii* (Reuss) Albien
Gavelinella?
dents de poissons

E8: nombreux ostracodes

Arenobuliminina aff preslili (Reuss) Albien

Lenticulina sp.

E10: *Lenticulina scruteri* (Eichenberg) Valanginien inférieur-Barrémien moyen

Lenticulina nodosa (Reuss) Valanginien supérieur-Aptien inférieur

Lenticulina ouachensis bartensteini Moullade valanginien supérieur-Hauterivien

Ce facies se trouve sur des calcaires contenant des nautiles et ammonites du Crétacé inférieur, et sous des facies marneux rappelant ce ceux de l'Albien; il est constitué de marnes gréseuses glauconieuses,

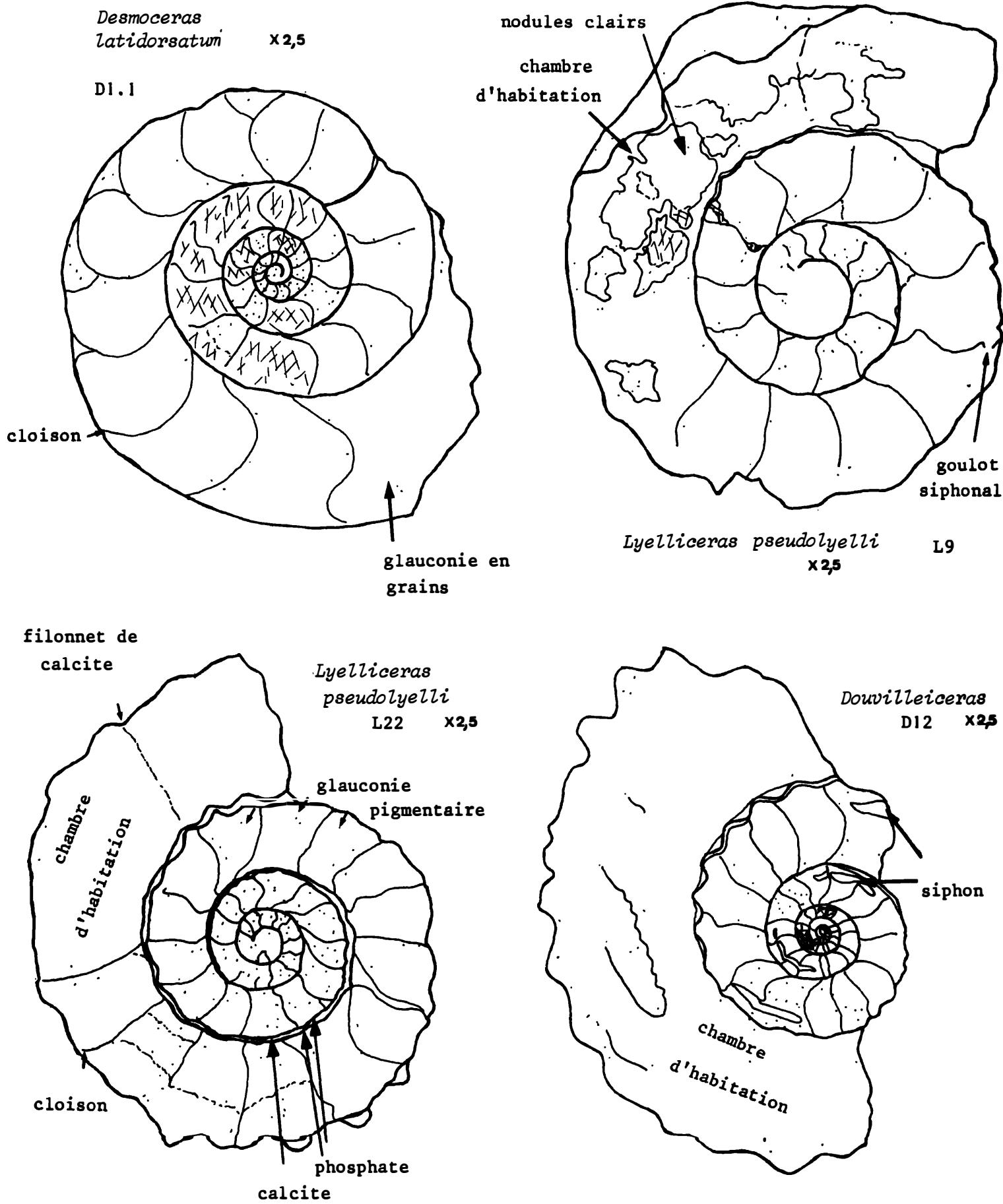
Conclusions:

Tous ces facies sont néritiques, avec, à Escragnolles, quelques apports pélagiques; peut-être existaient-ils à Gourdon et ont-ils été détruits lors de la fossilisation. Les *Robulus* indiquent même un milieu franchement côtier.

Il semble donc que la glauconie pigmentaire soit autochtone et que les conditions de milieu qu'elles indiquent constituent une première approche relativement précise pour une reconstitution complète.

Troisième partie

Structures internes - croissance



I RELATION ASPECT EXTERNE - ASPECT INTERNE

1- exemples:

• *Desmoceras latidorsatum* D1.1 pl 18

Etat externe:

Ombilic encroûté par le sédiment encaissant; ouverture non conservée: la face latérale droite (ouverture en haut) est très érodée et les cloisons ne sont pas visibles; le sédiment encaissant contient une ammonite déroulée (*Protanisoceras* ?). L'autre face est beaucoup mieux conservée.

En section longitudinale:

droite: la mauvaise conservation externe ne se traduit qu'imparfaitement en section: les cloisons sont conservées; elles sont déformées et leur convexité change localement de sens .

Le remplissage est constitué par du sédiment sur plus de un tour. La calcite apparaît ensuite sur les trois quarts du tour précédent. Les deux alternent jusqu'au centre. La protoconque n'est pas conservée. Le siphon n'est pas visible, bien que certains goulots siphonaux soient intacts.

gauche: cette section ressemble tout à fait à la section droite.

• *Desmoceras latidorsatum* D1.5

Etat externe:

Un peu plus de la moitié de la coquille est conservée: elle est cassée selon une section transversale qui conserve l'ombilic. Aucune suture n'est visible. Ombilic encroûté.

En section longitudinale:

droite: le dernier tour est la chambre d'habitation. Les cloisons des tours internes sont conservées et déformées: leur concavité change de sens.. Le siphon est localement présent. La section est traversée par une fissure non visible à l'extérieur, qui a été ensuite comblée par de la calcite. Cette fissure suit quelques cloisons et recoupe la protoconque.

Le remplissage est uniquement constitué par du sédiment.

• *Desmoceras latidorsatum* D10 : pl 20

Etat externe:

La coquille n'est pas entière: une cassure transversale a conservé l'ombilic qui est encroûté. Cloisons et siphon visibles.

Section droite:

La chambre d'habitation n'est pas conservée, bien que le dernier demi-

tour soit sans cloison intérieurement, alors que les sutures existent extérieurement. Ce demi-tour et quelques loges suivantes sont emplies de sédiment; toutes les loges venant ensuite (sauf 2) sont calcitiques. Les cloisons sont conservées et la concavité ne change pas de sens; elle peut cependant avoir une amplitude variable. Siphon et protoconque sont parfaitement conservés.

• *Beudanticeras beudanti* D13 pl 21

Estat externe: coquille ayant le même type de cassure transversale que les précédentes.

Section droite:

Toutes les cloisons sont parfaitement conservées, même à l'endroit de la cassure. Seules quelques loges des premiers tours sont calcitiques; toutes les autres sont emplies de sédiment. La concavité des cloisons ne change pas de sens; les cloisons du dernier tour sont onduleuses car la section n'est pas parfaitement médiane. La chambre d'habitation n'est pas conservée , siphon et protoconque le sont.

Premières conclusions

Un état externe moyen peut correspondre à une conservation interne excellente;

Cette excellent conservation des structures ne dépend pas de la nature du remplissage;

La cassure transversale observée chez plusieurs individus est postérieure au remplissage.

• *Lyelliceras pseudolyelli* L5

Estat externe:

Conservation moyenne; ombilic encroûté; chambre d'habitation partiellement conservée.

Section:

Les tours se décollent très facilement les uns des autres, et après le sciage, seule la partie centrale droite a pu être conservée en inclusion. Les loges sont surtout calcitiques. Les cloisons sont toutes conservées et leur concavité est variable. Comme pour de nombreux individus qui ont été sciés, une attaque à l'acide acétique à 15% a permis de dégager le siphon quand il était conservé. Cette attaque permet également de mettre en évidence les cassures invisibles jalonnées de calcite dans les structures internes. En outre, si l'on prolonge l'attaque

jusqu'à ce que les cloisons des premières loges et le siphon ne soient plus soutenus par la calcite de remplissage, ces structures se révèlent souvent fragmentées et brisées. Protoconque conservée.

**Lyelliceras pseudolyelli* L22 : pl 18

Etat externe:

Coquille entière; sutures invisibles, ornementation souvent mal conservée (tubercules cassés), ombilic encrouté; quelques fractures peu profondes.

Section:

Une partie de la chambre d'habitation est préservée; tout le remplissage est constitué par du sédiment. Protoconque et siphon ne sont pas conservés. Alors que dans la section gauche, le test sépare les tours successifs, dans la moitié droite les premiers tours ne sont pas conservés, et le cercle ainsi formé est en communication directe avec le tour suivant; les cloisons sont également brisées et plusieurs loges successives communiquent entre elles.

**Lyelliceras pseudolyelli* L20

Etat externe:

Coquille entière; l'ornementation n'est pas conservée dans l'ombilic et la limite entre les tours n'est pas visible sur la moitié droite.

Section:

Chambre d'habitation conservée; les cloisons sont présentes, le test ne l'est que localement; les loges de tours successifs se trouvent ainsi en communication directe. Pas de calcite de remplissage.

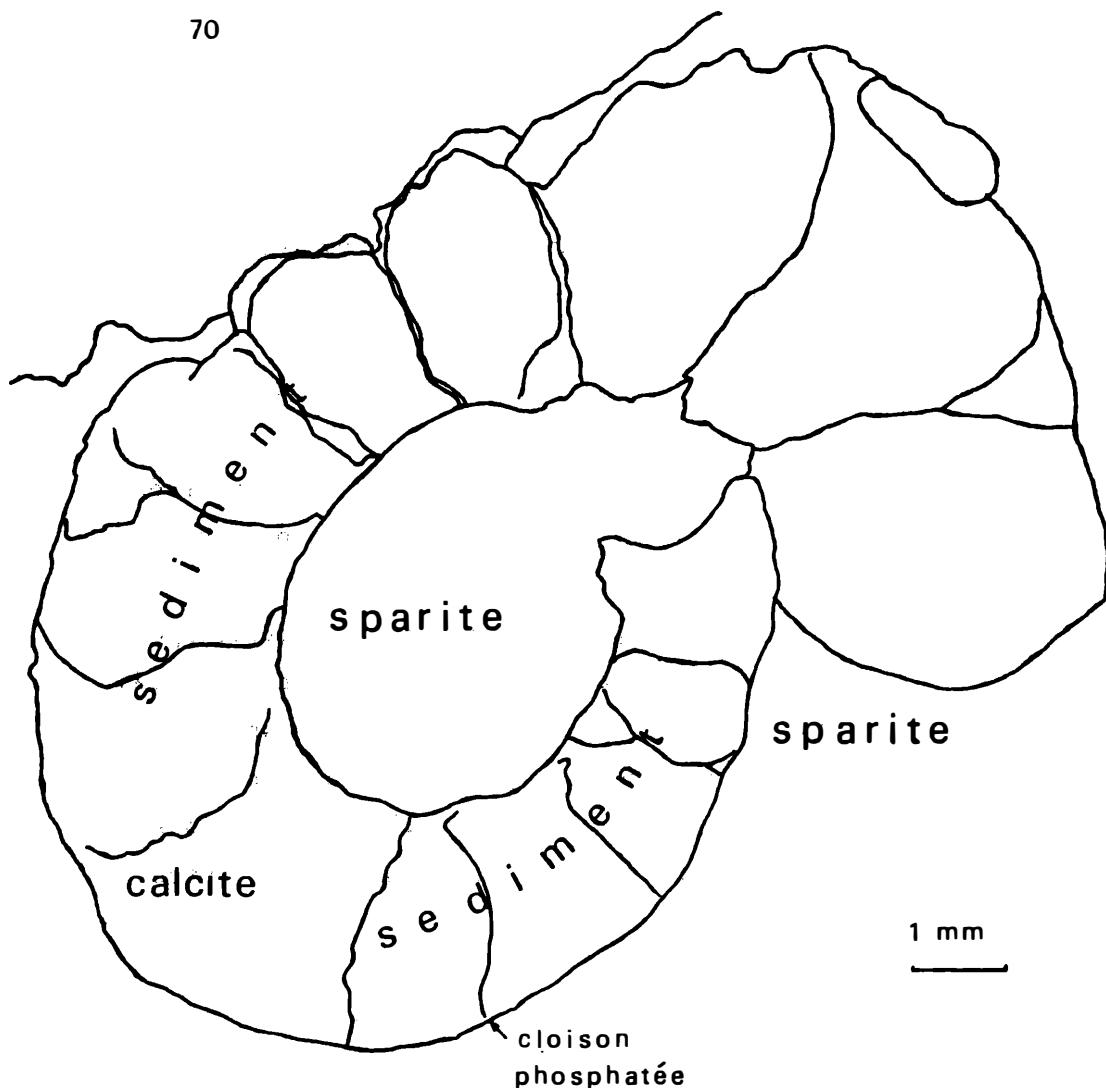
Conclusions:

- § les premières conclusions se vérifient;
- § les cloisons sont souvent conservées; protoconque, premiers tours et siphon le sont beaucoup plus rarement;
- § l'état de conservation ne semble pas lié à la systématique: il n'y a pas conservation préférentielle de certaines espèces, en ce qui concerne les structures internes.

**Douvilleiceras gr mammillatum* D12: pl 18 - 22

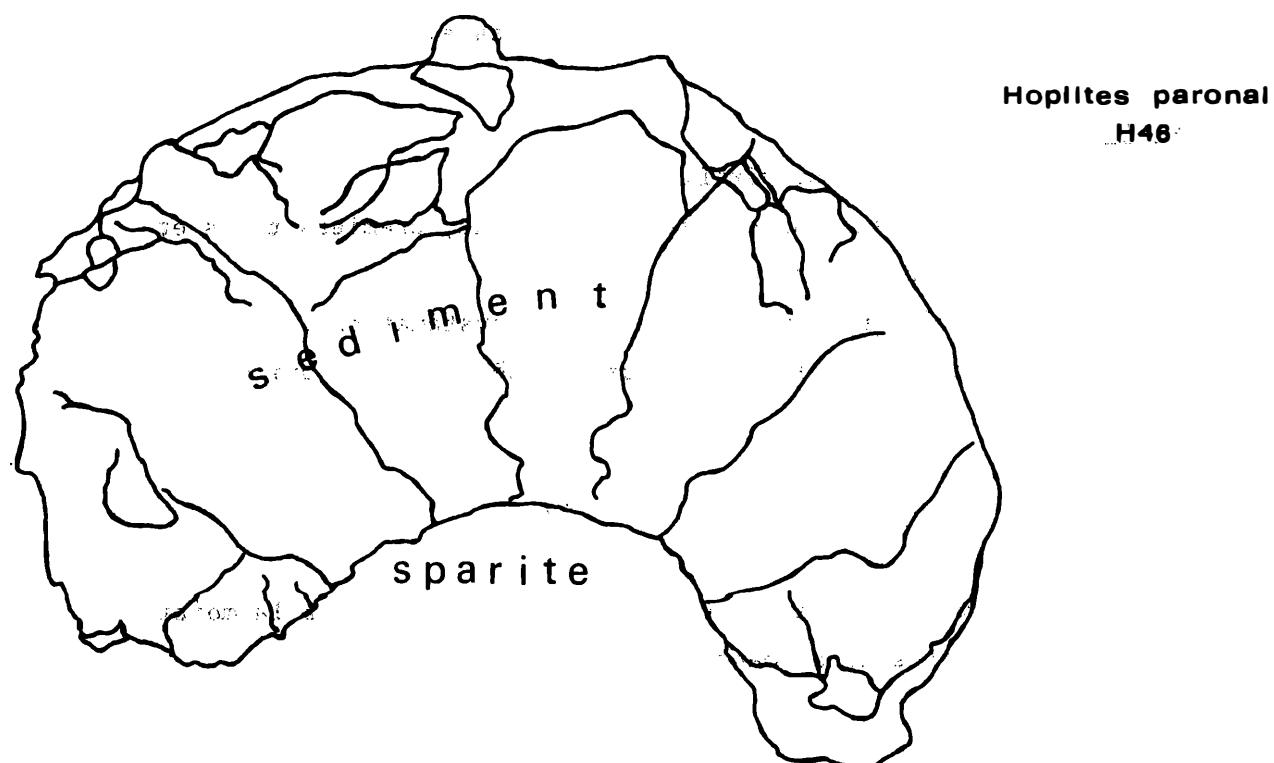
Etat externe:

Coquille mal conservée, l'ornementation n'est visible que sur la moitié du dernier tour, et très localement dans l'ombilic.



TOURS INITIAUX DEFORMES
FLOTTANTS DANS LA SPARITE

DERNIER TOUR NON DEFORME



Section:

Les cloisons sont préservées jusqu'à la protoconque; le siphon est fragmenté. La protoconque et les loges qui lui succèdent (sur un tour et demi) sont emplies de calcite. Calcite et sédiment alternent sur un tour, puis on ne trouve que du sédiment.

•*Douvilleiceras gr mammillatum* D10**Etat externe:**

Coquille en très mauvais état: moins de la moitié subsiste; ombilic partiellement conservé; ornementation cassée; fractures superficielles.

Section:

Chambre d'habitation conservée; tour suivant à cloisons conservées. La partie centrale est constituée de loges groupées par 2 ou 3 qui sont en position quelconque; l'agencement de l'enroulement est totalement bouleversé. Siphon et protoconque sont détruits. Remplissage de sédiment.

•*Hoplites latesulcatus* H51 pl 16**Etat externe:**

Environ la moitié de la coquille est conservée; l'ombilic est intact sur la face latérale gauche, pas sur la droite. Cassure selon une cloison.

Section:

Chambre d'habitation présente. Dans les tours précédents, seules quelques cloisons sont conservées; le test ne l'est pas. Certaines "loges" sont comblées par de grands cristaux de calcite, quelques unes par du sédiment; tout le centre est en calcite en petits cristaux.

•*Hoplites escragnollensis* H16 : pl 14**Etat externe:**

Coquille localement cassée; au-delà du second tour à partir de l'ouverture l'ombilic n'est pas conservé.

Section:

Cloisons et test sont conservés tant que l'ornementation externe est visible. Le centre est du sédiment sans structure: l'ornementation externe est détruite.

•*Hoplites paronai* H55 pl 12**Etat externe:**

Ornementation conservée sur le demi tour externe. Au-delà sédiment de remplissage et sédiment externe sont en continuité: le dégagement ne met pas en

évidence une surface de discontinuité entre les deux.

Section:

Seules quelques loges internes, avec test et cloisons sont préservées et flottent dans le sédiment de remplissage. La cassure affectant le dernier tour s'est produite avant le remplissage; en effet, le sédiment interne contient de gros fragments d'ammonites et un brachiopode.

→ 2- conclusions:

§ un mauvais état de conservation externe peut avoir deux causes:

- + des cassures avant le remplissage
- + des cassures post diagénétiques.

§ les conséquences de ces deux processus sur la conservation des structures internes sont différentes:

- + dans le premier cas, les structures ne sont pas conservées
- + dans le second cas, elles peuvent être préservées.

§ l'état de conservation externe ou interne n'a pas de relation évidente avec la position systématique des fossiles, ni avec un type morphologique donné: exemple: coquille involute et évolute, lisse ou ornementée...

§ la nature du remplissage n'influe pas directement sur la conservation interne. Notons seulement que quand toutes les structures sont présentes (siphon et protoconque), la calcite est souvent présente à ce niveau.

§ l'ombilic peut être partiellement ou totalement détruit. Quand l'ornementation n'est pas du tout conservée sur l'une des faces latérales, la cassure permet la pénétration du sédiment et les structures internes sont détruites.

Il peut également y avoir enfouissement de l'ombilic et conservation de l'ornementation exemple Hoplites escragnolensis H4.

II STRUCTURES INTERNES

1) le test:

Les fragments de test conservés sur les derniers tours des fossiles sont rares. La coloration de Feigl, pratiquée sur des sections polies du test, a prouvé que ces fragments étaient calcitiques.

Les sections longitudinales permettent de compléter ces observations:

- + le test est totalement calcique et sa structure n'est pas conservée; c'est ce que l'on observe chez de nombreux Hoplitidés;
- + le test est phosphaté et calcique;

Une attaque à l'acide acétique dilué permet une mise en évidence de la structure; deux couches externes phosphatées (non attaquées par l'acide) encadrent une couche médiane calcitique. La nature phosphatée des deux couches externes a été prouvée à l'aide des réactions spécifiques colorées des phosphates. Nous pouvons rapprocher cette observation de celles de Grandjean: "La paroi de l'ovisac (protoconque) et des premiers tours ainsi que les cloisons sont formées d'une couche centrale en carbonate de chaux, ordinairement limpide et incolore, bordée de part et d'autre par deux couches externes plus minces, jaunes et troubles. Ces deux couches externes semblent amorphes; elles ont la même apparence que la paroi siphonale et comme celle-ci est en phosphate de chaux, j'admettrai que les deux couches externes en sont formées également. La lame calcaire centrale est particulièrement épaisse dans la région de la protoconque où s'attachent le caecum siphonal et ses bandelettes. Elle est très mince au contraire dans les premières cloisons."

On peut supposer que la couche médiane, au moins chez certaines espèces, était originellement en aragonite. Il est peu probable qu'une telle structure soit due à une épigénie; en effet Grandjean l'a observée sur des fossiles provenant de gisements de nature pétrographique variée, et d'autre part, elle est relativement constante quel que soit l'état de conservation des individus.

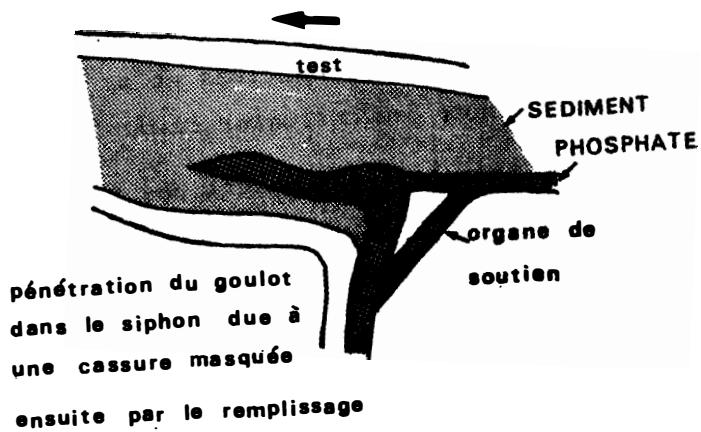
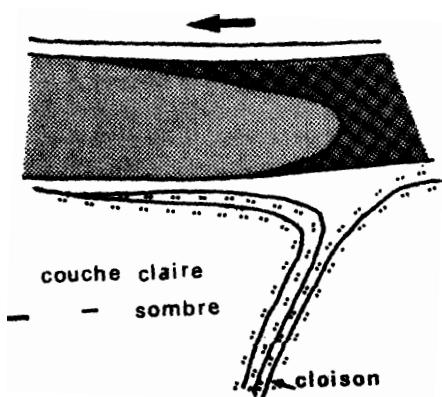
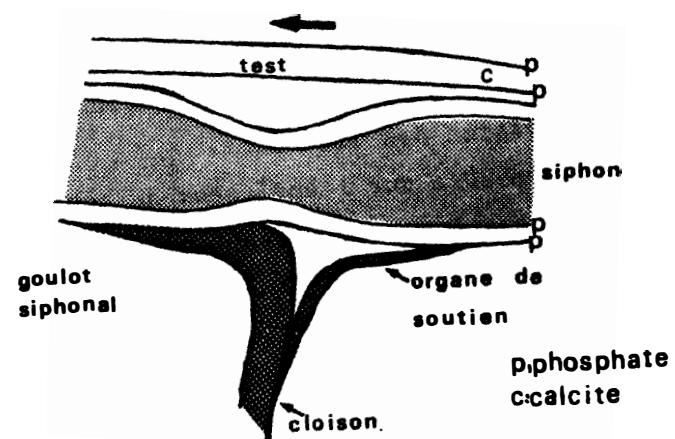
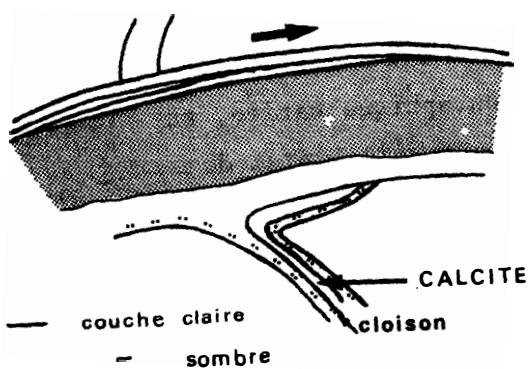
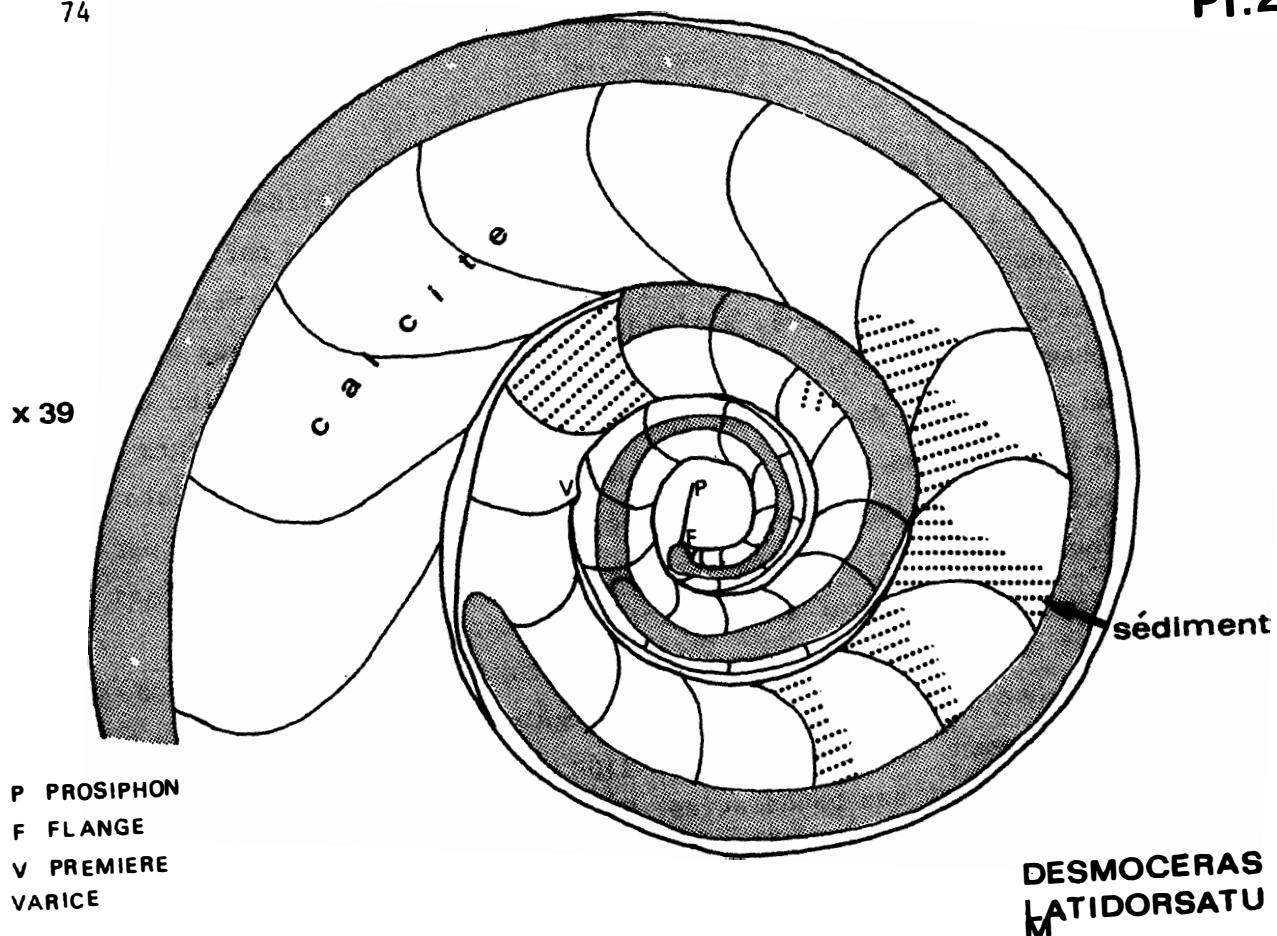
Aucune mesure sur l'épaisseur du tour ne sera faite, la calcitisation de la couche centrale étant plus ou moins développée et cette couche ayant une épaisseur variable.

Chez *Douvilleiceras* (pl 22), l'épaisseur de la couche calcitique médiane varie; les trois couches sont distinctes dès la protoconque.

Chez *Desmoceras latidorsatum* (pl 20), la couche interne phosphatée et la paroi du siphon sont contiguës localement; la couche médiane peut être distincte. A certains endroits, les trois couches et la paroi du siphon sont parfaitement jointives et ne peuvent être individualisées. Il en est de même chez *Beudanticeras beudanti* (pl 21).

Ces différences ne semblent pas en rapport direct avec la nature du remplissage, puisque les couches de la paroi de la coquille peuvent être jointives que le remplissage soit sédimentaire ou calcitique.

Dans une certaine mesure, la conservation du test dans les tours internes permet de compléter les informations concernant l'ornementation; chez *Douvilleiceras* les côtes ornées de tubercules sur la face ventrale observées sur le moule existent aussi sur le test. Les côtes des *Hoplites*



paronai existent sur le test: exemple H55, pl 12.

La composition chimique et la microstructure du test ont été étudiées par différents auteurs, chacun considérant avoir observé la structure originelle, H.K. Erben, G. Flajs, A. Siehl 1969:

" Des coquilles d'aspect similaire, très voisin dans la même partie de la roche et provenant de la même espèce pouvaient avoir un état de conservation d'un degré tout à fait différent qui pouvait aller de l'état de conservation excellent de la structure primaire jusqu'à une très large recristallisation à l'intérieur des différentes couches de la coquille... Ainsi chez les Ammonoidés le matériau de structure original de la coquille était peut-être exclusivement de l'aragonite comme chez le Nautilus actuel.... s'impose alors la conclusion que la calcite observée chez les Ammonoidés et Nautiloidés fossiles est de nature secondaire.... Le remplissage de calcite dans les loges n'influe pas sur la structure primaire de la coquille."

Selon ces mêmes auteurs, les analyses radiodiffractionnelles de fragments voisins de ceux observés au microscope électronique, et ayant une structure primaire, indiquent des tests aragonitiques.

Yu. D. Zakharov, V.O. Khudolozhkin 1969:

Les céphalopodes étudiés proviennent du Trias inférieur et du Crétacé supérieur de différentes régions;

" Ils (les céphalopodes) sont tout à fait identiques pour la composition minéralogique, qui se caractérise par une concentration élevée d'aragonite (jusqu'à 99,5 ± 0,2 %). Néanmoins leurs structures se distinguent par des compositions minéralogiques différentes. Les différentes parties des tests des coquilles montrent une concentration moyenne plus élevée dans les cloisons que dans le mur externe (où elle est nettement plus faible que dans les autres parties de la coquille). Cela est probablement dû à ce que le mur externe est plus exposé à la diagenèse que les cloisons. Les résultats montrent également que la composition minéralogique varie dans deux individus trouvés dans la même concrétion, et dans un individu à différents stades de développement."

Ces exemples pourraient être multipliés, bien que la plupart des auteurs s'intéresse plus à la microstructure qu'à la composition minéralogique. Aucune publication, hormis celle de Grandjean, ne signale la présence de phosphate dans le test; aragonite ou nacre sont les éléments reconnus.

2) les cloisons:

Leur conservation est très inégale.

Elles peuvent être presque totalement absentes: H55, H4, H51,(pl 12.13. 16. 17) ou presque complètement conservées; D10, D12, D16, L16,(pl 20 18. 22).

Il y a un rapport étroit entre la présence des cloisons et l'état externe des fossiles. Les individus chez lesquels elles sont rares sont des fragments dont les cassures sont pré-remplissage. Par contre, les individus dont les cloisons existent sont entiers et n'ont pas de cassures pré-remplissages. Présence et absence ne sont pas liées à la nature de ce remplissage; elles peuvent être parfaitement conservées que les loges soient en calcite ou en sédiment.

Lorsqu'elles sont rares ou mal conservées, elles sont en calcite et souvent doublées d'un filonnet calcitique; elles peuvent être également épaissies ou déformées. Au contact du test épaissi de H55, *Hoplites paronai*, elles sont plissotées comme si l'épaisseur du test avait joué dans un seul sens, en réduisant la hauteur des loges concernées. Elles sont entières ou fragmentées.

Elles ont la même structure que le test: deux couches externes phosphatées encadrent une couche médiane calcitique. L'épaisseur de la couche centrale est variable, alors que pour le test, celle des couches phosphatées est plus régulière. Les trois couches sont contiguës ou non.

La convexité des cloisons n'est pas constante, que ce soit dans le degré de convexité ou dans le sens. Ce phénomène est plus souvent apparent que réel. Une section n'est jamais parfaitement médiane, et un organisme parfaitement symétrique. Le lobe externe est divisé en deux parties par une selle accessoire et l'ensemble est étroit. La forme de la cloison varie donc rapidement dans l'espace et selon que la section coupe le lobe, ou la selle accessoire, ou l'extrémité de la première selle, la convexité sera différente en sens et en degré. Ceci est très net dans une section de *Douvilleiceras* (D12): la section d'une cloison est convexe vers l'ouverture; la même cloison, à quelques microns vers l'intérieur, est concave .

Les phénomènes de diagenèse et de cristallisation de la calcite peuvent également affecter la forme des cloisons, ainsi que les déformations ultérieures dues à la tectonique de la région.

H46, *Hoplites paronai*, pl 11-18 , est fracturé selon une cassure transversale presque médiane; l'emplacement des premiers tours est conservé. Extérieurement l'ornementation est conservée sur la face latérale gauche, elle est absente sur la face latérale droite. La cassure de l'ombilic a

permis au sédiment très calcitique de pénétrer dans les loges. Le dernier tour a une forme normale. Les tours précédents ne possèdent aucune cloison, et on trouve, dans une position qui est à peu de chose près la position initiale, un tour flottant dans le sédiment calcitique. Ce tour est ovale et donc déformé, ainsi que ses cloisons. Cette observation confirme ce qui a été signalé lors de l'étude des déformations souples: on attribue trop rapidement une origine tectonique à ce type de déformation.

Passage cloison - test:
 ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~

Beudanticeras beudanti: D13

La première cloison a la structure suivante:

- une couche externe claire, phosphatée, mince
- une couche foncée, plus épaisse que la précédente
- une couche claire, phosphatée, plus épaisse que la précédente
- une couche foncée, calcitique
- une couche claire phosphatée.

Sur le même individu, on peut observer plusieurs contacts cloison - test:
 pl 21.

La distinction entre couches claires et foncées n'est pas toujours très nette et les schémas obtenus peuvent différer.

Douvilleiceras D12

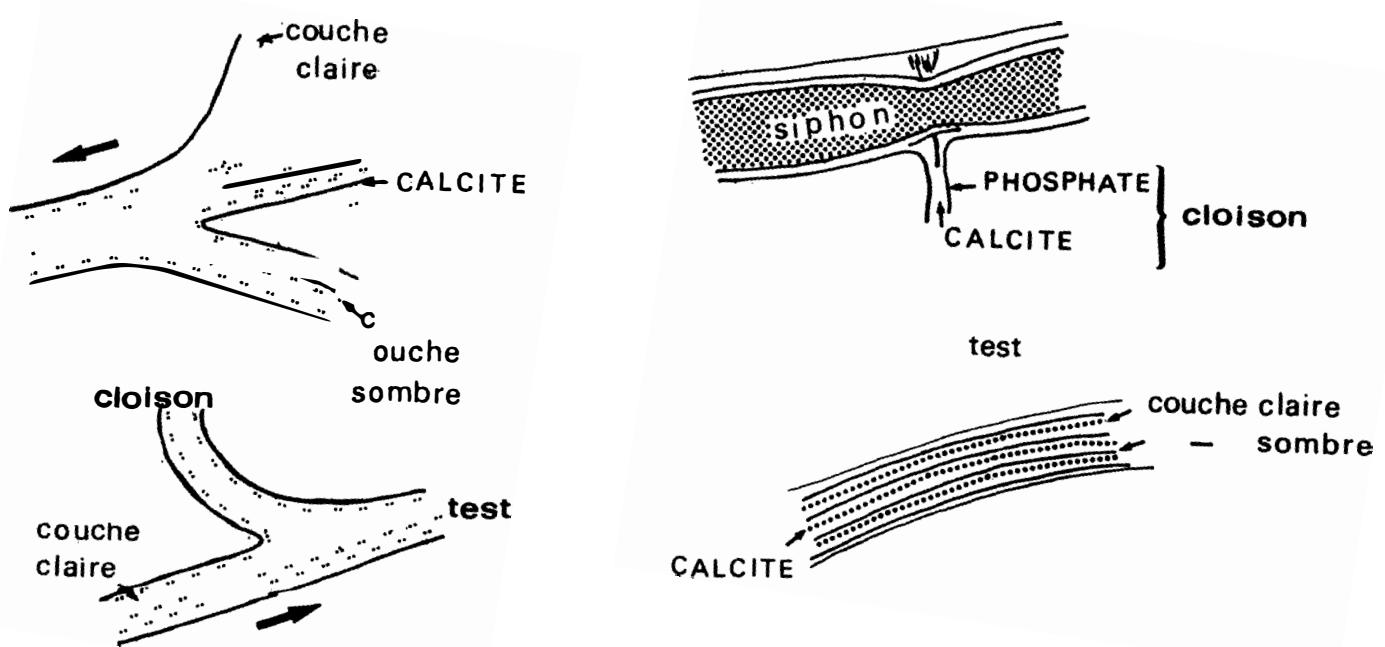
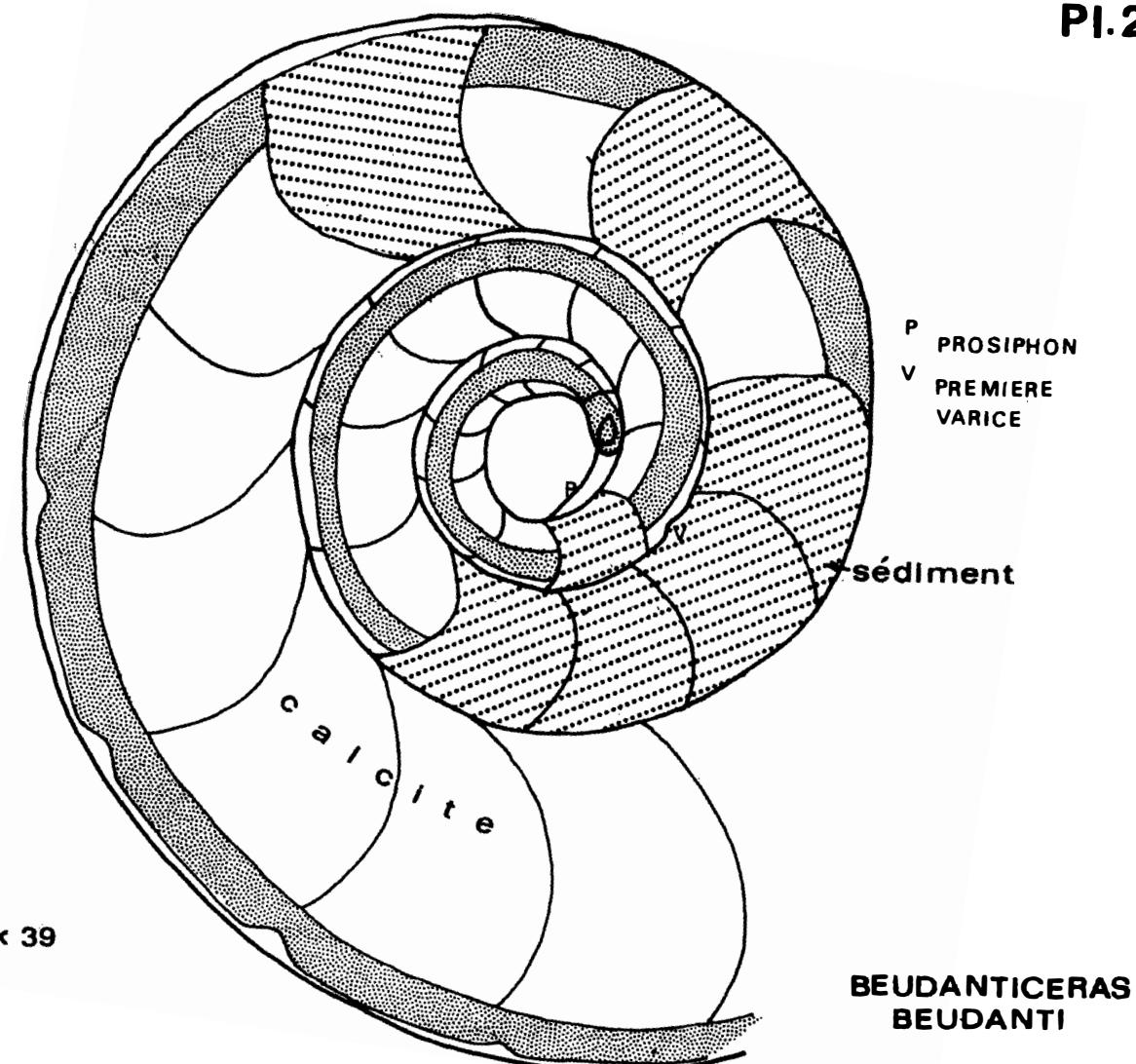
Le nombre de couches paraît également variable quand on observe les cloisons en sections, et les limites en sont plus ou moins nettes. Comme dans le cas précédent, la couche interne foncée du test n'est jamais en continuité avec une cloison externe, et la couche foncée externe n'est jamais en continuité avec une cloison interne.

La structure des cloisons, mis à part le nombre de couches, est identique à celle du test; elle est identique à ce qu'a décrit Grandjean.

Lyelliceras pseudolyelli L5

Les cloisons ne se prolongent pas dans le test de la face ventrale sur laquelle elles s'appuient. La structure du test est identique à celle qui a été décrite.

Il est assez difficile d'observer avec beaucoup de détails ces structures car elles sont rarement conservées.



3) le siphon:

Une attaque à l'acide acétique dilué a permis de dégager le siphon dans les loges à remplissage calcitique. Une dissolution dans l'acide nitrique, et la réaction spécifique des phosphates ont été positives.

Beudanticeras beudanti: D13 pl 21

§ position: nous avons déjà signalé que le siphon était très externe, Il suit exactement le contour arrondit de la face ventrale. Dans le premier tour, il est à peu près à mi hauteur du tour, mais il devient rapidement superficiel, sans être en contact avec le test. Son diamètre augmente progressivement: il double en deux tours, puis il augmente moins rapidement ensuite.

§ structure: on observe deux couches claires phosphatées, la plus externe semblant prolonger les couches externes de la cloison. Une troisième couche claire, très locale, existe au point de contact siphon - cloison. Du côté face ventrale la couche la plus externe du siphon rejoint le test dont la structure n'est pas visible à cet endroit. On ne distingue pas de goulots siphonaux individualisés.

Quand le siphon est entier, c'est à dire quand il n'a pas été coupé, les goulots siphonaux ne sont pas visibles; le siphon semble passer dans une ouverture de la cloison, sans que celle-ci se recourbe, soit vers la protoconque, soit vers l'ouverture. On pourrait penser que la couche la plus externe du siphon correspondrait au goulot siphonal très long puisqu'il joindrait deux cloisons, mais dans le dernier tour, des goulots sont visibles alors que le siphon n'est pas conservé.

Cette absence du siphon dans le dernier tour est expliquée par une hypothèse de Trueman: le siphon n'est pas encore phosphaté dans les loges précédant la chambre d'habitation; seule existe la membrane souple non fossilisable. Peut-être également a-t-il été détruit par la fossilisation, et le contact cloison - siphon, non visible, a joué comme une surface de discontinuité et a permis la conservation du goulot siphonal.

Desmoceras latidorsatum: D10 pl 20

§ position: le siphon devient très rapidement superficiel; à partir de un tour, il est presque en contact avec le test. Dans les premières loges, il est à mi hauteur du tour. Son diamètre double en deux tours et reste presque constant ensuite.

§ structure: il est formé par deux couches phosphatées. Que le siphon soit entier ou coupé, on ne distingue généralement pas les goulots siphonaux, sauf dans un cas. La structure de la cloison est visible,

et seule sa partie externe (vers l'ouverture) constitue le goulot siphonal. Celui-ci n'est pas en contact permanent avec la paroi du siphon, dont la structure n'est pas visible.

Que ce soit dans les premières loges ou dans le dernier tour, le siphon est arrondi et suit le contour de la face ventrale. Le dernier tour n'a pas de cloisons. Cependant, ce n'est pas la chambre d'habitation car les sutures sont parfaitement visibles à l'extérieur. La section qui n'est pas parfaitement médiane ne recoupe pas le siphon, mais sa trace est nette sur la face ventrale.

En lame mince, on observe à plusieurs reprises ce que Grandjean appelle "les organes de soutien" (p 502 fig 3). Un prolongement de la cloison, phosphaté, soutient le siphon dans le sens opposé à celui du goulot.

Le diamètre constant (sans affaissement hors du goulot) et l'allure raide du siphon sont peut être dus à ce soutien.

Les goulots siphonaux sont parfois distincts de l'enveloppe du siphon. Seule la couche externe de la cloison participe à la formation du goulot s. st. Cette paroi est mince et le goulot long; il s'amincit progressivement et ceci explique peut-être que le contact ne soit pas visible. La couche médiane de la cloison semble se prolonger et constituer la couche externe de l'enveloppe siphonale, mais la structure n'est pas nette. La couche interne de l'enveloppe siphonale double la couche externe.

Douvilleiceras D12 pl 18 22

§ position: médian dans les premières loges, le siphon est ensuite externe, mais n'est jamais en contact avec la paroi ventrale. Il est rectiligne et ne suit pas le contour du test. Contrairement à ce qui a été observé chez les individus précédents, le diamètre du siphon n'est pas constant dans une loge. Le bord externe est concave vers la face ventrale, comme le serait une membrane souple subissant la gravité; ce phénomène est encore plus accentué pour le bord interne. Les goulots siphonaux sont visibles, et la paroi du siphon s'affaisse brusquement après les goulots, comme si elle n'était plus soutenue. Cette souplesse existe dans les premiers et les derniers tours.

Hoplites paronai: H46 pl 11

Le siphon n'est pas conservé, mais les goulots siphonaux sont très nets.

Comparaison avec le Nautilus actuel:
~~~~~

Outre la position constamment médiane du siphon, il existe plusieurs différences quand on le compare aux ammonites:

- à l'intérieur d'une loge, le siphon est rectiligne: il n'est à aucun moment parallèle à la face ventrale, et son diamètre est constant; ceci est particulièrement net dans les premières loges;
- il est composé d'une membrane organique et d'une paroi externe calcaire;
- la paroi calcaire est externe par rapport aux goulots siphonaux, alors que classiquement, on représente le siphon interne. Une coupe longitudinale du siphon donnée dans le "Treatise on invertebrate paleontology, part K, mollusca 3" représente parfaitement le goulot interne.

► Conclusions:

Quelques exemples suffisent à mettre en évidence la variété des résultats obtenus concernant la composition du siphon:

Grandjean 1910: phosphate de chaux;

Trueman 1920: phosphate de chaux;

Spath 1920: n'a jamais obtenu la réaction caractéristique des phosphates;

Erben 1962: prosiphon: matériel carbonaté identique au proseptum;  
siphon conchyoline (?).

La similitude observée entre cloison, test et siphon semble logique, ces structures ayant été élaborées par un même organe: le manteau.

4) la protoconque:

*Desmoceras latidorsatum*: D10 pl 20

En section longitudinale, la protoconque est circulaire. Elle est traversée par une lame phosphatée qui n'atteint pas le bord opposé au caecum: le prosiphon. Cette lame est très mince et son épaisseur perpendiculairement au plan de symétrie très réduite. Si le rôle de soutien que lui accorde Grandjean est exact, le prosiphon devait être continu d'une paroi à l'autre, et la discontinuité observée serait une cassure.

Ce type de soutien serait caractéristique des ammonites récentes.

Les deux premières cloisons: proseptum et septum primaires sont épaisses.

La "flange" ou "arête interne" de Grandjean se prolonge jusqu'au caecum.

Elle n'est pas en continuité avec le prosiphon.

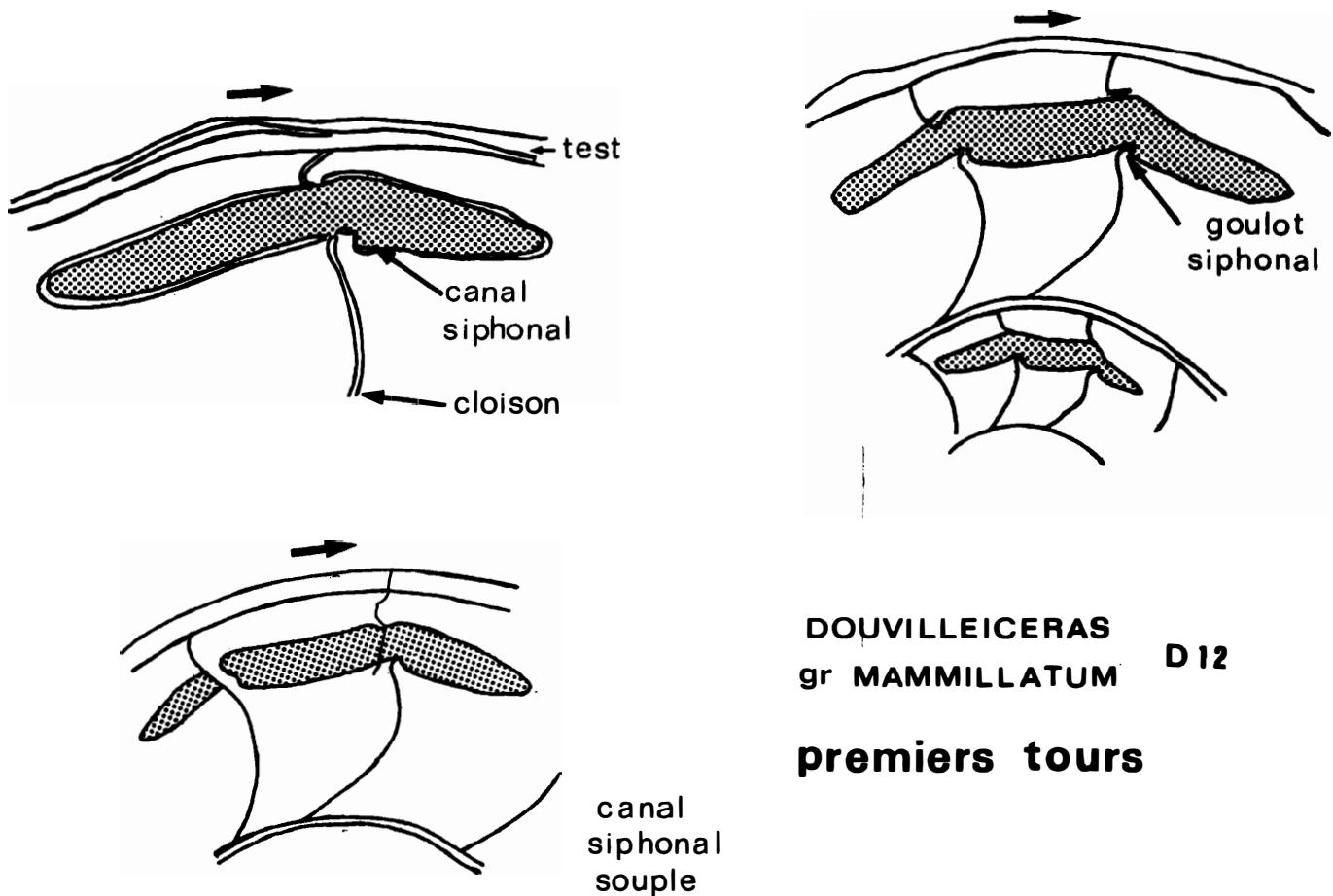
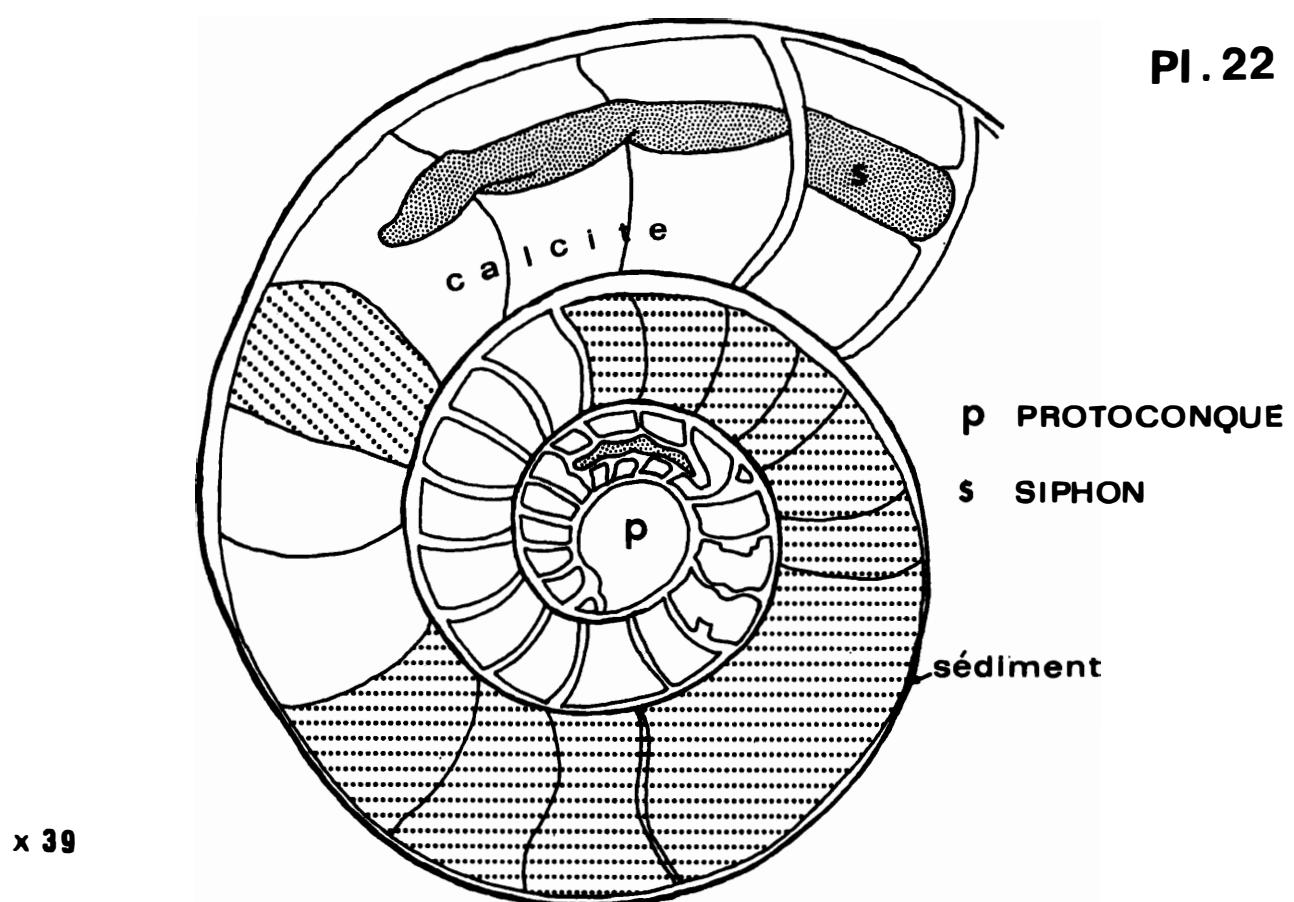
Toutes ces structures sont phosphatées.

*Beudanticeras beudanti* D13 pl 21

La protoconque est circulaire en section longitudinale.

Le prosiphon est une lame phosphatée, transparente, qui la traverse complètement et son épaisseur perpendiculairement au plan de symétrie semble plus

PI. 22



importante que chez *Desmoceras latidorsatum*.

La section laissant le siphon entier, les deux premières cloisons ne sont pas individualisées.

L'arête interne a une position comparable à celle qu'elle a chez *Desmoceras latidorsatum*.

La similitude d'aspect entre ces deux individus est très nette. Peut-on lui accorder une valeur systématique ? deux observations sont insuffisantes pour apporter une réponse.

#### *Douvilleiceras D12 pl 22*

Le caecum n'est pas conservé et la première cloison visible correspond probablement au septum primaire. L'arête interne n'est pas préservée; l'absence du prosiphon est-elle originelle ou est-elle due aux phénomènes de fossilisation ? la seconde hypothèse paraît plus vraisemblable.

Coquille et cloisons sont phosphatées.

Rappelons l'hypothèse de J. Wiedmann sur les Douvilleiceratidés:

Ainsi les Douvilleiceratidés peuvent être traités comme un cas type de l'importance phylogénétique et systématique de la ligne de suture et en particulier du développement des lobes. Si l'on attribue à la suture une importance en tant que critère d'homologie, alors il doit y avoir preuves supplémentaires de la phylogénie de la suture et peut-être dans la morphologie de la coquille jeune des Douvilleiceratidés, qui appuieraient l'hypothèse fondée sur le développement des lobes de *Douvilleiceras*, qu'ils dérivent des hétéromorphes.

Mais les tours jeunes sont parfaitement jointifs; la loi de la récapitulation ontogénique ne se vérifie pas ici. Cela prouve une fois encore qu'il ne suffit pas d'utiliser un seul caractère pour établir une phylogénie correcte, puisqu'ici, les résultats sont contradictoires.

#### → Conclusions:

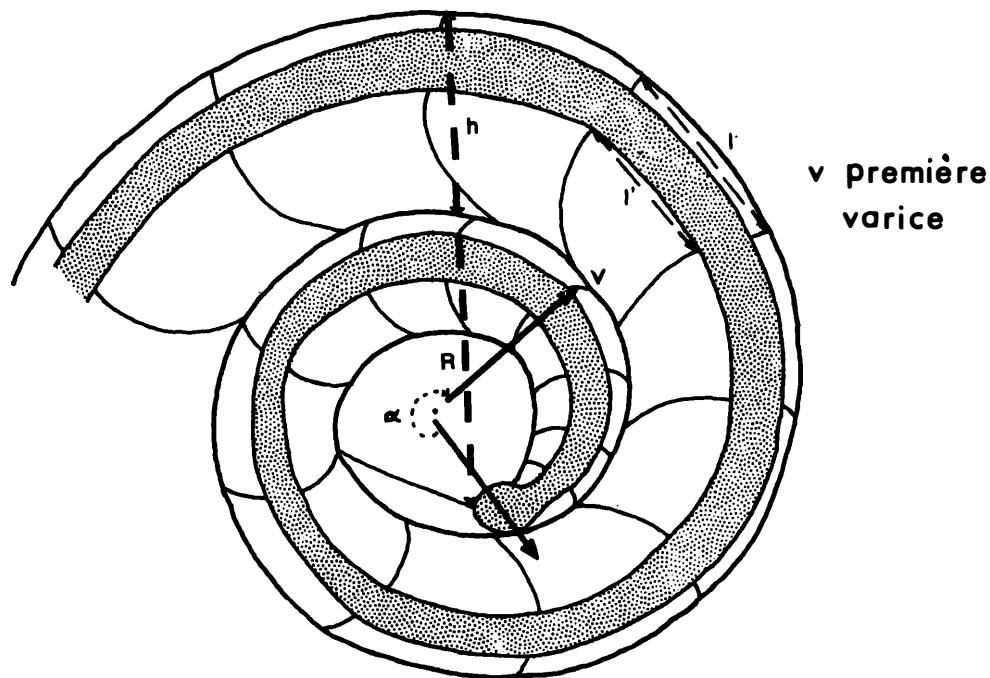
*La protoconque est rarement conservé dans le matériel étudié; quand elle existe, il n'est pas toujours possible d'observer ses relations avec le prosiphon et les premières cloisons.*

*La conservation de toutes ces structures chez un même individu est exceptionnelle.*



## I GENERALITES

Sur le schema suivant, les mesures ont été reportées:



h: hauteur du tour; mesurée du point de contact cloison-test de la face ventrale jusqu'à la face ventrale du tour précédent selon un rayon.

R: rayon; le centre de la protoconque n'étant pas un point matériel, il a paru préférable de choisir un point arbitraire mais réel comme point de références pour les mesures. Selon les orientations des rayons, le diamètre de la protoconque sera inclus ou non dans le rayon et cela se traduira sur les graphiques, de façon d'autant plus nette que ce rayon sera faible par rapport au diamètre de la protoconque.

l: largeur de la loge, sur la face ventrale.

l': largeur de la loge, sous le siphon.

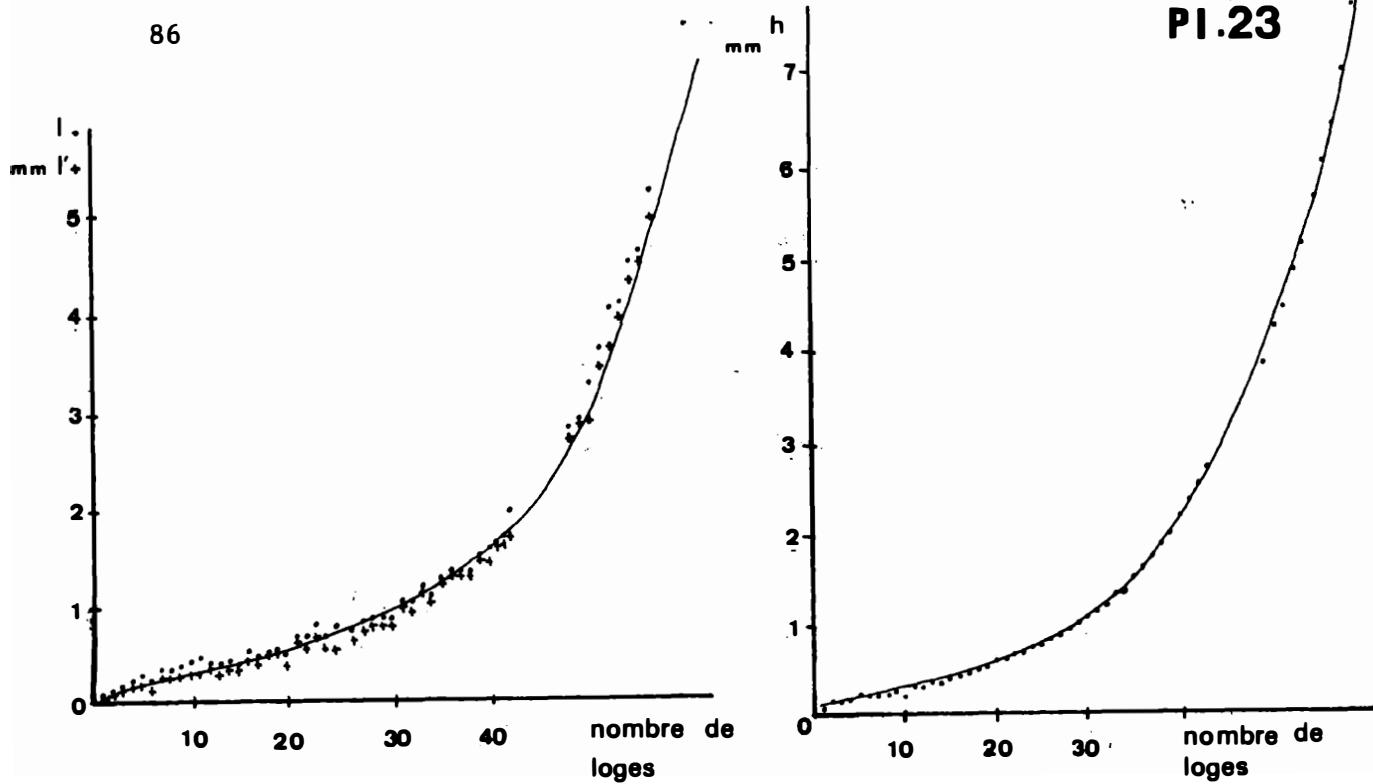
α: angle d'involution correspondant à la première varice.

a: angle de la spirale logarithmique. Cet angle a été calculé par deux méthodes:

à partir des rapports des rayons situés sur un même diamètre:  
OD/OI, OE/OJ

à partir des hauteurs de loges: EF/KJ, DE/IJ

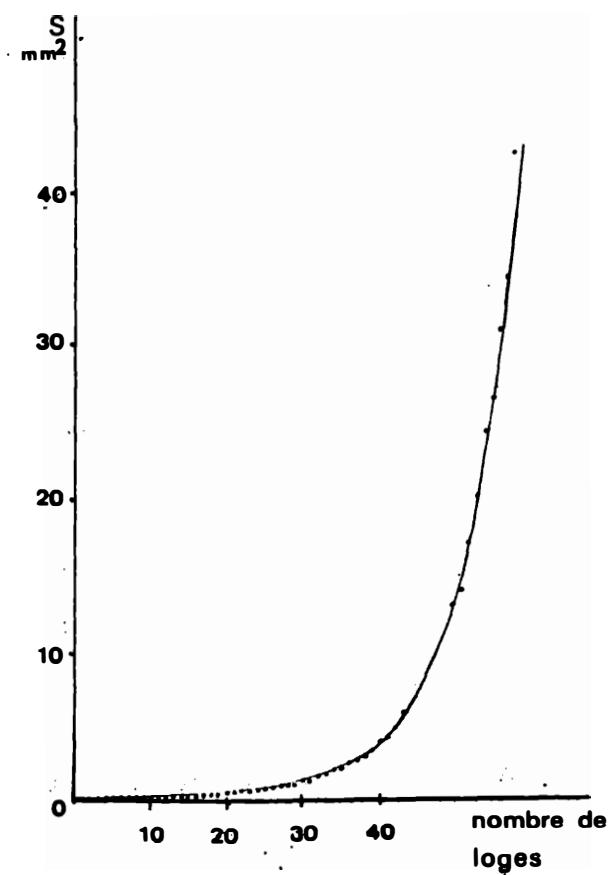
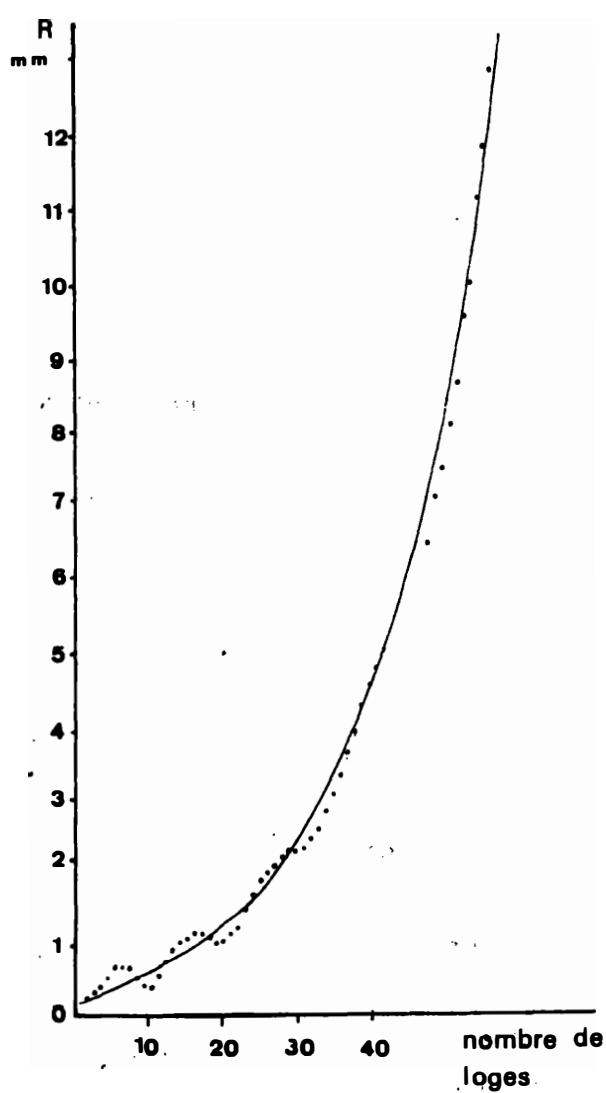
Selon E.D. Currie (1942), quand on peut définir plusieurs stades de croissance: " il apparaît que les calculs de l'angle spiral basé sur les



### **Beudanticeras**

#### **beudanti**

**croissance**



rapports des hauteurs médianes des tours ne donneront pas dans ces circonstances des résultats identiques à ceux déduits des rapports des diamètres, puisque la spirale de chaque stade inclut un stade précédent avec une courbure différente. En d'autres termes, les rapports des hauteurs médianes du stade a3 (3<sup>e</sup> stade de croissance défini chez *Promicroceras marstonense*) impliquerait un certain angle spiral seulement si le même rapport avait été maintenu plus tôt. Il est clair que les rapports des diamètres successifs reflèteront plus correctement la forme de la spirale que les rapports des hauteurs moyennes.

Nous comparerons les résultats obtenus par les deux méthodes.

## II BEUDANTICERAS BEUDANTI D13 pl 23.24

### § Largeur des loges:

l et l' ont été mesurées afin de connaître l'influence du remplissage des loges. La modification de courbure des cloisons due à la cristallisation de la calcite risque d'être plus importante au niveau de l', la surface de la cloison étant plus grande; la surface correspondant à l est beaucoup plus réduite.

En fait les deux courbes sont presque parfaitement parallèles et l'influence de la diagenèse peut être négligée.

La largeur des loges augmente avec le nombre de loges, c'est à dire avec l'âge. Une absence de points sur le graphe correspond à une zone dans laquelle les cloisons ne sont pas conservées; leur nombre peut être estimé à trois ou quatre.

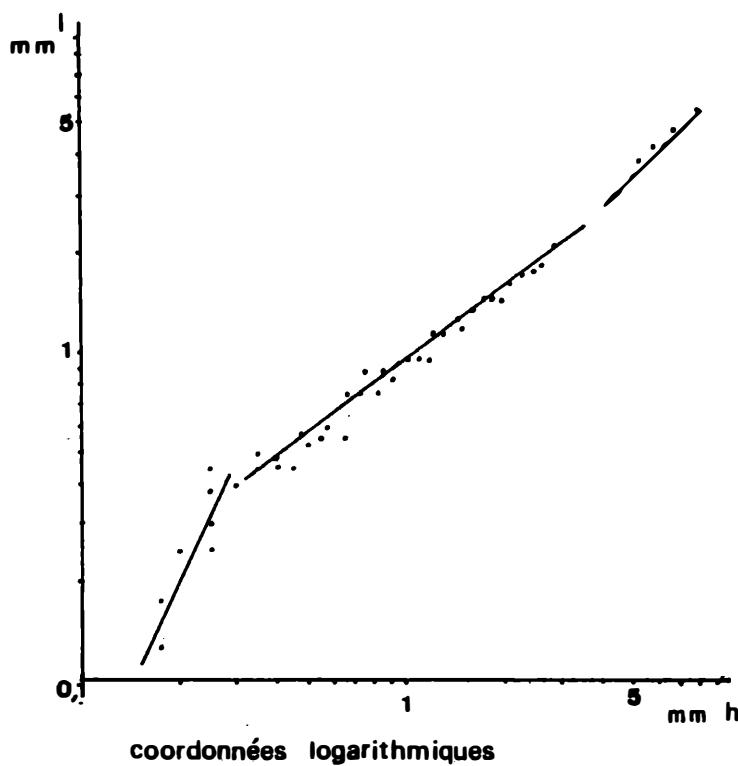
La croissance n'est pas parfaitement régulière; la courbe se divise en deux parties, le changement de courbure se situant dans la lacune de points. La première partie se divise elle-même en deux; la largeur des loges augmente plus rapidement dans la seconde partie que dans la première, et beaucoup plus rapidement dans la troisième que dans la seconde; les limites de ces zones sont à  $h = 0,75 \text{ mm}$  et  $h = 1,75 \text{ mm}$  (?).

Dans chaque subdivision, des irrégularités apparaissent. Alors que les trois zones correspondent probablement à des stades de croissance, les irrégularités de détail traduisent certainement des conditions de milieu moins favorables à la croissance (saisons ?).

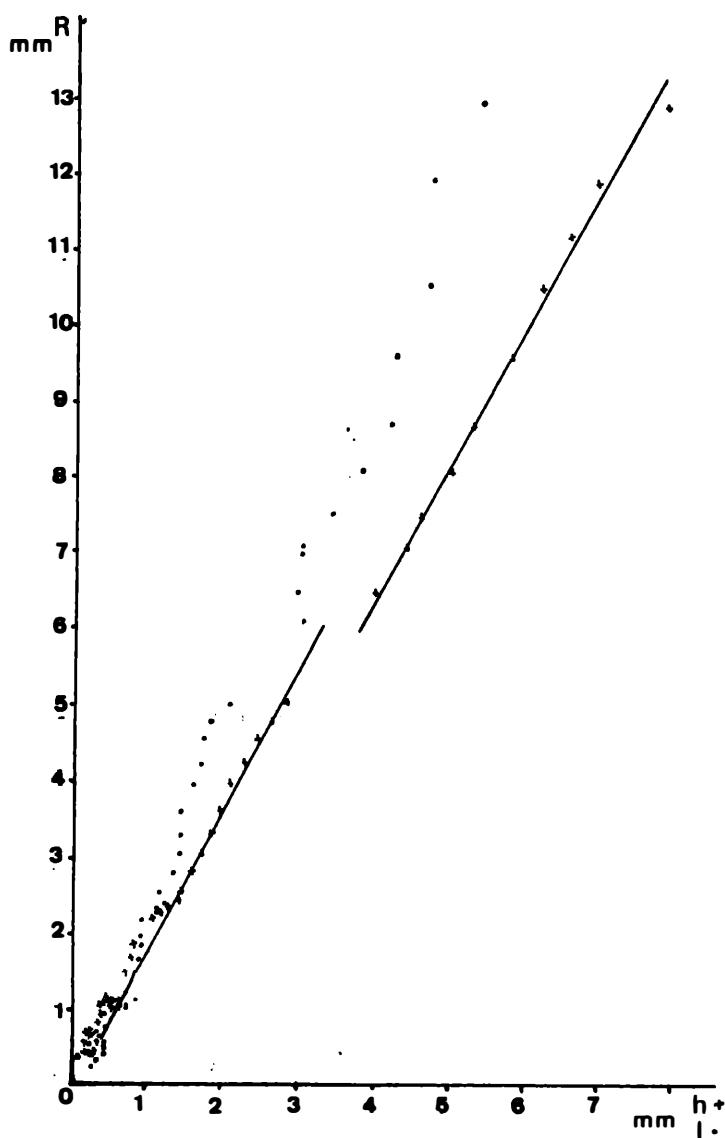
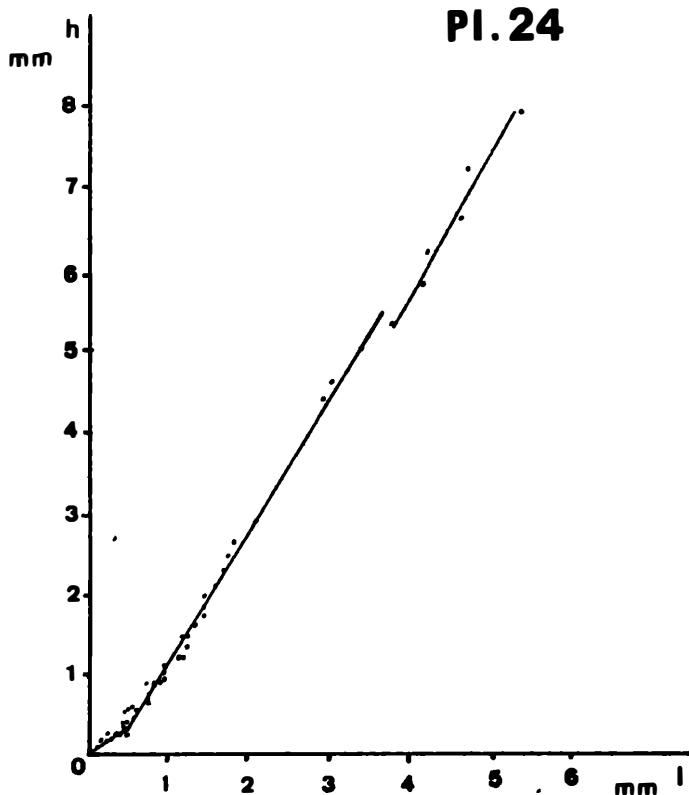
Sur le premier tour, on observe la première varice V. L'angle d'involution est  $307^\circ$ . La largeur de la loge n'a rien de particulier.

### § hauteur des loges:

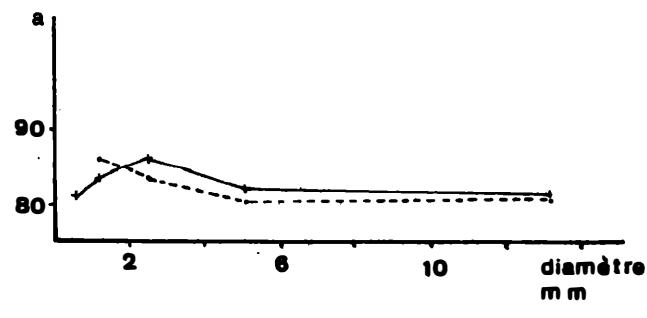
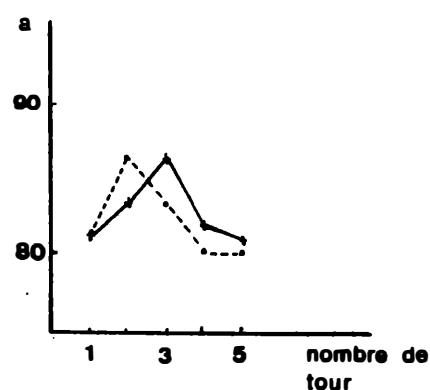
La hauteur du tour augmente de plus en plus rapidement avec l'âge. Les



coordonnées logarithmiques



**Beudanticeras  
beudanti  
croissance**



stades définis par la largeur des loges ne se retrouvent pas dans cette courbe. Les irrégularités observées dans les premières loges sont minimes et peuvent être dues aux méthodes de mesure.

La partie pseudo-horizontale est plus courte que dans les courbes l et l' (les loges sont alors plus hautes que larges).

#### § rayon:

La méthode de mesure utilisée aboutit à une courbe avec bosses et creux; cela permet d'attirer l'attention sur le fait que les deux premiers tours ont le même nombre de loges. Le rayon croît de plus en plus rapidement avec le nombre de loges, de façon continue.

#### § surface des loges: l x h = S:

La surface des loges augmente avec le nombre de loges:

elle est multipliée par 10 dans les 8 premières loges,  
- - - - 10 - - 21 loges suivantes;

Les irrégularités des courbes l et h ne se retrouvent pas sur la courbe S. Les croissances des surfaces sont des approches plus exactes de la réalité que les croissances linéaires.

#### § h - l:

En coordonnées logarithmiques, trois tronçons sont distincts sur la courbe:

| h    | l       |
|------|---------|
| 0,25 | 0,35 mm |
| 3,5  | 2,5 mm  |

Dans le premier stade ( $h = 0$  à  $0,25\text{mm}$ ), les loges sont plus larges que hautes, dans le second, elles sont plus larges que hautes et deviennent plus hautes que larges; dans le troisième ( $h > 3,5\text{ mm}$ ) elles sont plus hautes que larges.

Il y a donc une évolution progressive de la forme des loges, fait non traduit quand on considère uniquement la croissance de la surface. Cette évolution correspond elle à un changement progressif des conditions de vie, à un changement de milieu ? N'oubliions pas que chez les céphalopodes, les jeunes ne vivent pas dans le même milieu que les adultes.

Ces trois stades se retrouvent, moins nettement dans le graphe en coordonnées décimales; les coordonnées logarithmiques ont l'avantage de multiplier les irrégularités des petites dimensions, ce qui les rend plus faciles à comparer avec celles des dimensions supérieures.

#### § R - l et R - h:

Indépendamment des "bosses" l et h ne croissent pas régulièrement en fonction du rayon, surtout h. Ce graphe permet de vérifier que les pre-

mières loges sont plus larges que hautes, et qu'ensuite elles deviennent plus hautes que larges, à partir d'un rayon de 2 mm. L'écart s'accentue avec le rayon. Si l'on trace les segments de droite passant par les points non situés sur les bosses et les creux, l'angle que fait chaque segment avec la verticale augmente avec le rayon; la croissance est de plus en plus rapide. Ceci suffirait à prouver que l'individu étudié n'est pas adulte si des fossiles de taille supérieure n'étaient pas connus.

§ angle de la spirale logarithmique a:

Quelle que soit la méthode de calcul utilisée, l'angle a n'est pas constant au cours des premiers stades de croissance. Cependant ses variations diminuent d'ampleur quand le diamètre augmente.

Sur le graphe: a obtenu à partir des rayons: + —————

hauteurs de tour: -----

→ Conclusions:

Il serait hâtif de généraliser les résultats obtenus à partir de un individu à l'espèce; cependant, on peut noter:

- l'existence de stades de croissance; les limites ne se correspondent pas toujours d'un graphe à l'autre; ceci peut être dû à des erreurs de mesures, mais aussi à ce que tous les organes ne croissent pas à la même vitesse.
- la forme des loges se modifie au cours de la croissance.

### III DESMOCERAS LATIDORSATUM D10

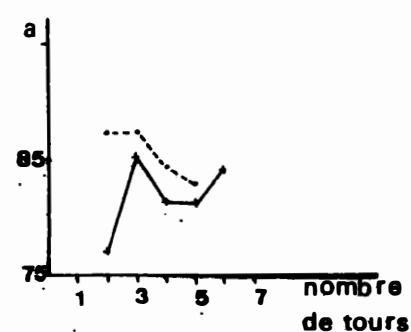
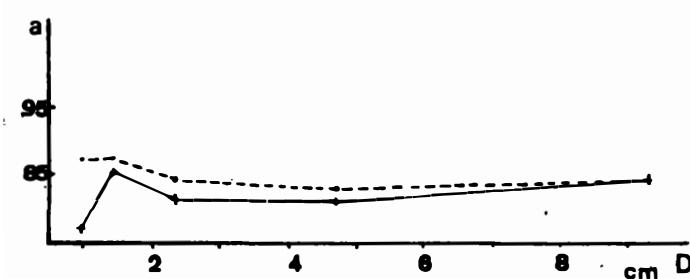
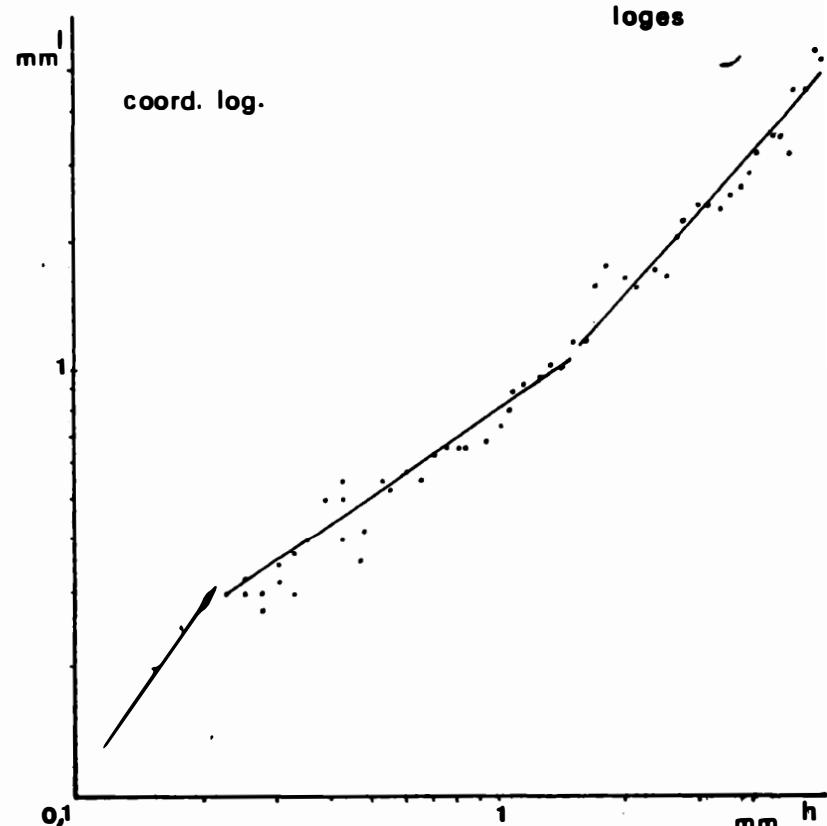
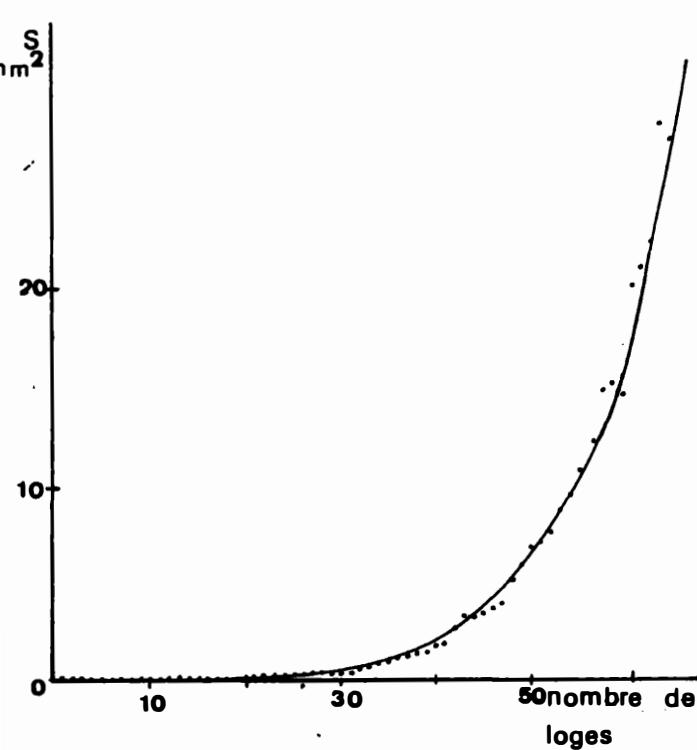
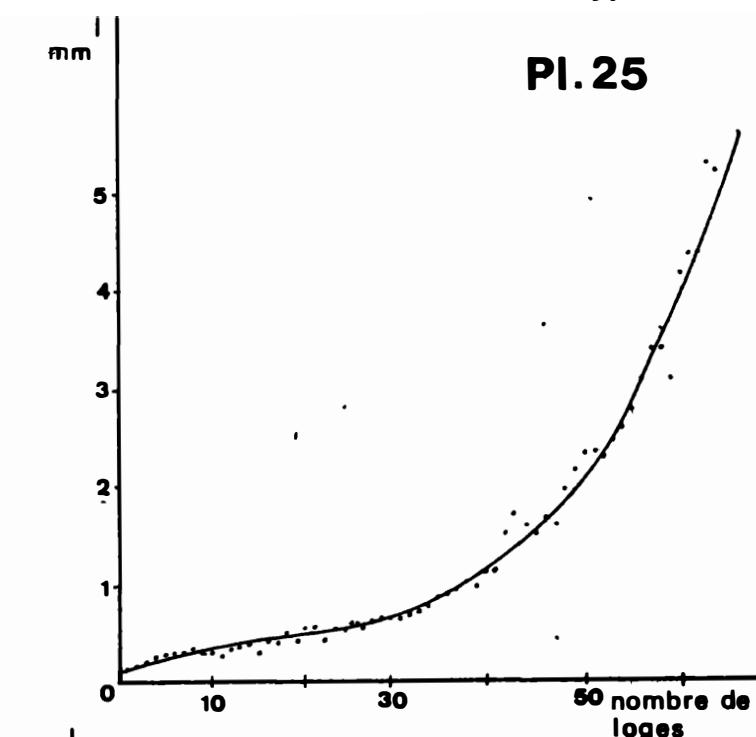
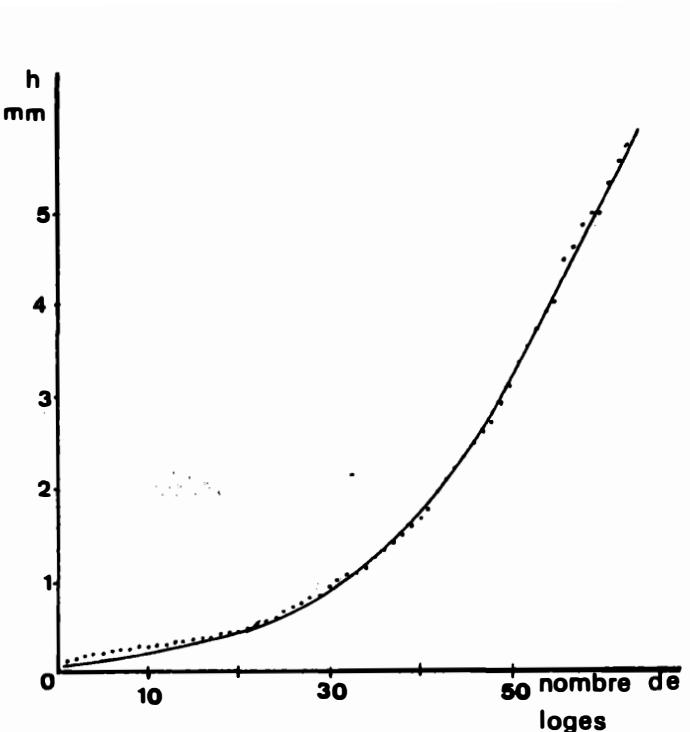
§ largeur des loges l:

Trois parties dans la courbe d'allure générale similaire à celle de *Beudanticeras*; les changements d'orientation se situant à  $l = 0,30$  et  $l = 1$  mm. La seconde partie a la vitesse de croissance la plus faible, la troisième la plus élevée. Les irrégularités sont nombreuses et sont peut-être dues au remplissage calcique. Nous avons vu précédemment que la calcite pouvait n'avoir aucune influence, mais nous avons ici une preuve du cas contraire: le siphon de l'une des loges est cassé et les deux lèvres sont écartées; la largeur de la loge a donc été modifiée. L'angle d'involution  $\alpha$  de la première varice est  $297^\circ$ .

§ hauteur du tour h:

Les irrégularités du graphe précédent n'existent pas ici; la courbe est plus ouverte que ne l'était celle de *Beudanticeras*. La différence apparaît dès la fin du premier tour. La croissance est plus rapide.

Pl. 25

*Desmoceras latidorsatum*

croissance

§ surface des loges:  $l \times h = S$ :

Moins régulière que chez *Beudanticeras*, la croissance de la surface des loges est également moins rapide (ce qui était prévisible à la suite des observations effectuées sur  $h$  et  $l$ ).

Toutes ces courbes prouvent que l'individu étudié est jeune, puisque nous n'observons pas de stade de ralentissement de croissance indiquant un âge adulte. La petite taille du fossile laissait prévoir une telle conclusion, mais ces courbes peuvent être très utiles pour indiquer l'âge relatif d'un individu quand on ignore la taille maximale que peut atteindre l'espèce.

§ hauteur du tour - largeur des loges:  $h - l$ :

Ces mesures ont été reportées en coordonnées logarithmiques.

Les limites des stades de croissance définis par la courbe  $l$  se retrouvent plus nettement encore dans ce graphe:  $l = 0,3$  mm et  $l = 1$  mm. Cela permet de reconnaître les valeurs correspondantes de  $h$ , non appréciables dans la courbe  $h$  qui est très continue et régulière.:  $h = 0,2$  mm et  $h = 1,5$  mm. La limite du premier stade est visible sur le graphe  $h$ ; la pente est plus acceptée avant cette dimension. La seconde limite n'est pas individualisée.

La croissance, très rapide dans le premier stade, ralentit ensuite au cours du second; puis elle s'accélère dans le dernier stade observé, tout en restant moins rapide que dans le stade initial. L'influence de  $h$  tempère donc celle de  $l$ : le dernier stade était en effet le plus rapide.

§ angle de la spirale logarithmique:  $a$

Calculé à partir des rayons: -----

- - - - hauteur de tours: + -----

Les droites obtenues sont très semblables à celles de *Beudanticeras*.

Après avoir augmenté rapidement, l'angle spiral diminue et tend à devenir constant, quelle que soit la méthode de calcul utilisée.

→ Conclusions:

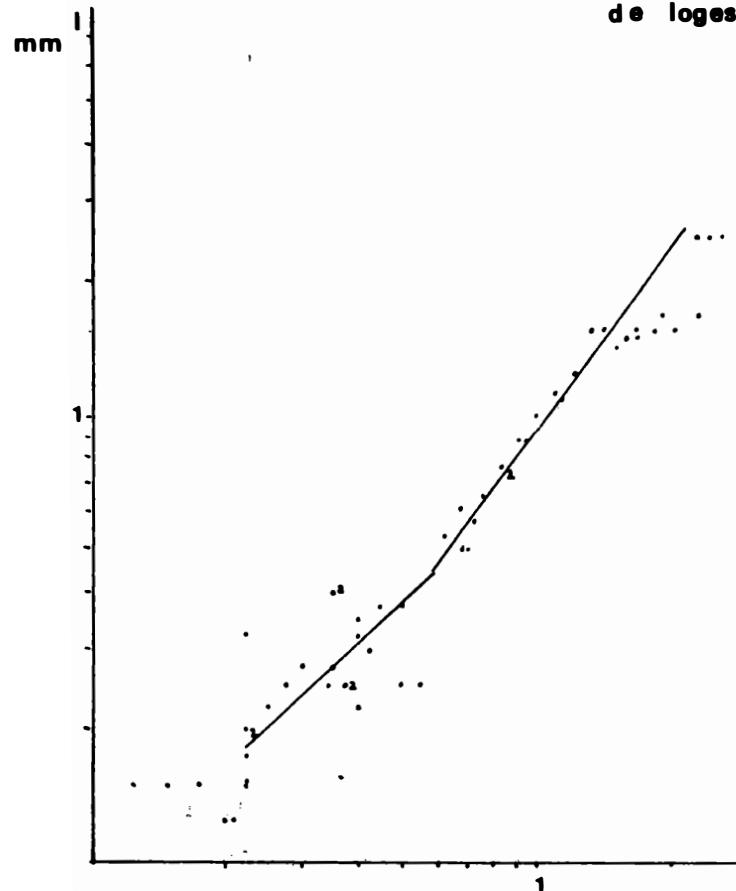
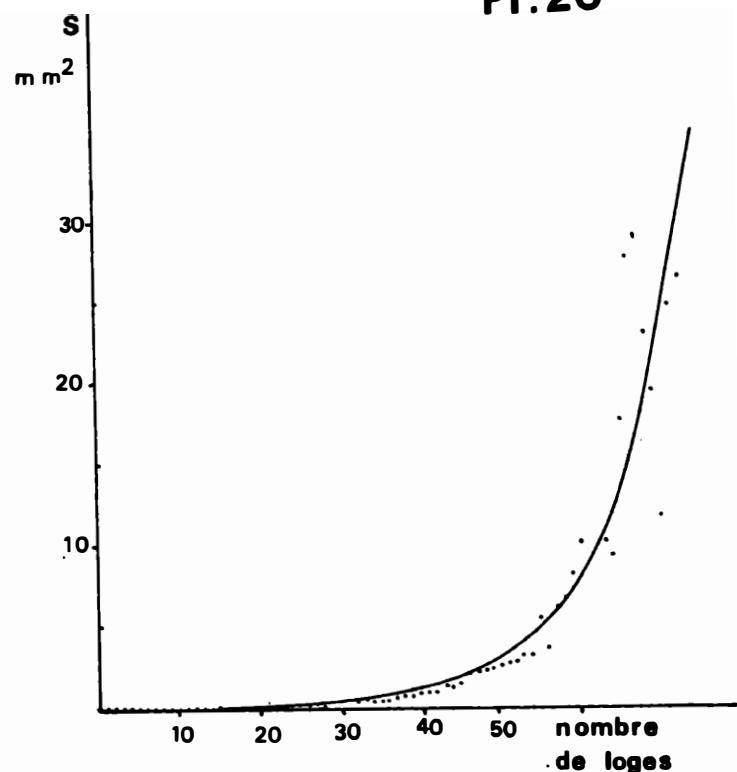
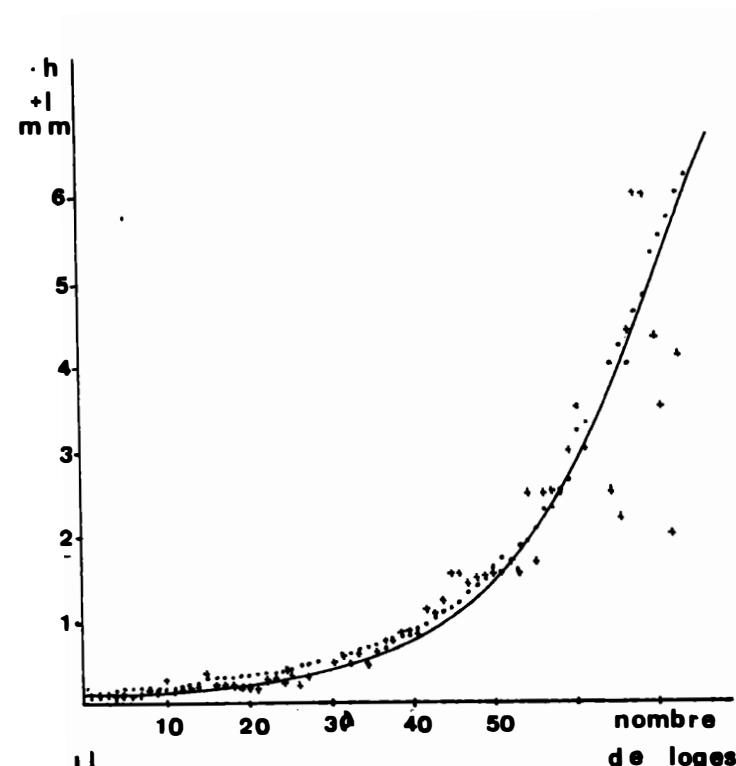
- 3 stades de croissance sont définis;
- l'individu n'est pas adulte;
- la croissance est moins rapide que chez *Beudanticeras*.

IV DOUVILLEICERAS gr MAMMILLATUM D12

§ largeur et hauteur des loges:  $h - l$ :

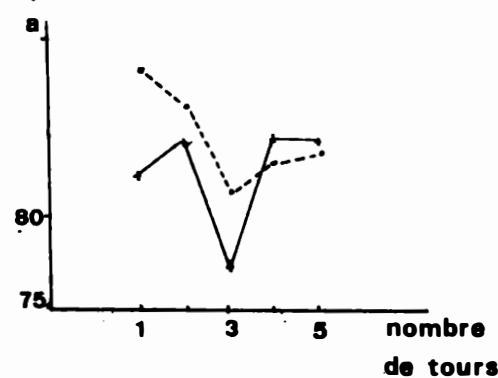
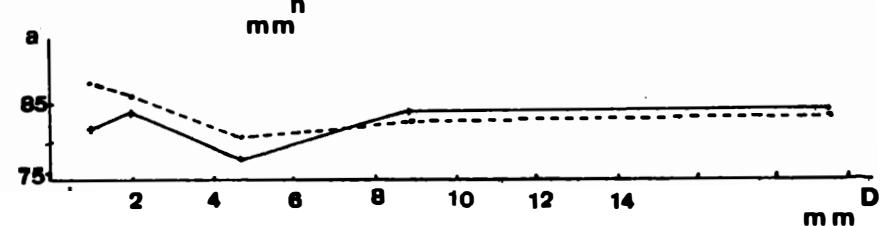
Les premières loges sont plus hautes que larges, ensuite les proportions sont irrégulières.

PI. 26



**Douvilleiceras**  
**gr. mammillatum**

croissance

coordonnées  
logarithmiques

La hauteur des loges croît de façon continue et régulière; la largeur est variable. Sur l'individu, on voit nettement que certaines loges sont beaucoup plus étroites que d'autres; d'autre part, la concavité des cloisons n'est pas constante.; nous avons déjà expliqué les raisons de ce phénomène (section non parfaitement médiane et phénomènes de fossilisation). Nous ne pouvons définir des stades de croissance d'après cette courbe.

#### § surface des loges $h \times l = S$

Les irrégularités dues à l se retrouvent dans la courbe S. La croissance est plus lente que celles des individus précédents, mais elle est du même type.

#### § hauteur et largeur des loges $h - l$ :

En coordonnées logarithmiques, la courbe est très irrégulière et dans ses premiers points, très différente des précédentes: h et l ne semblent pas très bien corrélés dans le stade jeune. A partir de  $l = 0,5\text{mm}$  et  $h = 0,6\text{ mm}$ , la courbe reprend une allure classique.

L'individu étudié n'est pas adulte.

#### § angle de la spirale logarithmique a:

Calculé à partir des rayons: ----

- - - - hauteur des tours: + -----

Le fait que la section ne soit pas parfaitement médiane ne semble pas influencer profondément la valeur de a; cette valeur tend à se stabiliser quand le diamètre augmente.

#### → Conclusions:

Malgré l'imperfection de la section, ce *Douvilleiceras* a le même type de croissance que les individus précédents et rien ne laisse supposer des ancêtres hétéromorphes dans les courbes obtenues.

#### Conclusions:

Une étude sur plusieurs individus d'une même espèce permettrait d'obtenir des conclusions beaucoup plus générales: les stades de croissance sont-ils caractéristiques d'une espèce ? les travaux de E.D. Currie semblent le confirmer. Malheureusement, les spécimens sciés sont souvent médiocrement conservés quant à leurs structures internes et nous n'avons pas pu obtenir plusieurs individus d'une même espèce pour faire de telles comparaisons.

*Les stades de croissance chez les ammonites sont définis d'après 3 méthodes:*

*- les mesures de diverses dimensions, telles que hauteur de loges, largeur.... Les courbes ainsi construites sont divisées en stades aux changements de courbure ou de pente (méthode utilisée par E.D. Currie).*

*- la microstructure du test (nombre de couches) et position de la première varice sont également utilisées (Erben, Drushits et Khiami).*

*- une 3<sup>e</sup> méthode consiste à mesurer une population d'individus jeunes et adultes, tous attribués à la même espèce. Les premiers stades ne sont généralement pas connus dans ce cas, car il est très rare de trouver des protoconques isolées; d'une part parce qu'elles sont très fragiles et peu fossilisées, d'autre part parce que le milieu de vie des jeunes n'est pas celui des adultes chez les céphalopodes.*

*Dans le chapitre précédent, la microstructure du test n'a pas été envisagée; par contre la première varice est très nette; étant donné qu'elle indique l'apparition de nouvelles couches dans le test, son observation équivaut à une observation de la microstructure. Sur aucune des courbes étudiées, la position de la première varice ne correspond à une limite d'un stade de croissance définie par les changements de pente.*

*Les stades observés sur les courbes correspondent-ils à des changements biologiques réels ? Tous les organes d'un individu croissent-ils à la même vitesse ? Il est prouvé que non (exemple des vitesses de croissance différentes des deux diamètres -dap et dup- des lamellibranches). Dans ce cas, il est logique que les limites des différents stades ne se correspondent pas parfaitement d'une courbe à l'autre.*

*Quels sont les critères à utiliser pour définir les stades de croissance ? Courbes ou apparitions de nouvelles structures ?*





## **Conclusions générales**

### Conclusions générales

Ces ammonites proviennent d'une région tectonisée, à facies albiens nérithiques, proches de grandes étendues continentales pourvues d'un réseau hydrographique puissant. Elles ont été remaniées.

Elles sont cassées et déformées. Une analyse de ces phénomènes permet d'en connaître les causes et d'en établir une chronologie; on aboutit ainsi à une reconstitution des différentes phases de fossilisation. Toutes ces déformations ne sont pas tectoniques.

Cependant, il est impossible de relier l'état de conservation des fossiles et leur position systématique (nous entendons par position systématique les conséquences morphologiques telles que épaisseur du test, forme de l'ornementation...) ou la forme générale de l'ammonite: involute ou evolute, tour épais et discoidal, lisse ou ornemente... Tout au plus pouvons nous constater que les Beudanticeras sont très souvent déformés, alors que les Desmoceras par exemple (beaucoup plus épais) le sont peu. Mais les Beudanticeras sont les seuls à posséder cette forme involute et mince; nous ne pouvons donc affirmer que cette abondance de déformation est uniquement due à la morphologie.

Le sédiment de remplissage est un calcaire phosphaté à glauconie et fossiles (biomicrite à glauconie dans la classification de Folk). Les cassures pré-rempissage sont souvent accompagnées de plages sparitiques. Quelques loges ont un remplissage calcique qui a envahi tout l'espace vide. Il n'y a pas de loges en géodes. Même quand nous observons une croissance des cristaux de calcite selon un processus identique à celui des géodes (sur les claires et le test), toute la loge est comblée.

Le sédiment est remarquablement homogène dans l'ensemble des ammonites et semble prouver que ces fossiles sont rema-

niés à partir d'un seul lieu; un autre fait le confirme: les fossiles des autres gisements albiens de la région ont un aspect tout à fait différent.

Le problème du mécanisme du remplissage n'est pas résolu.

Les microfaunes trouvées à Gourdon et Escragnolles ne sont pas très riches: dents de poissons, ostracodes, Lenticulines.

Les états de conservation externe et interne ne sont pas liés par des règles rigoureuses. Les individus de grande taille ne sont jamais très bien conservés quant à leurs structures internes. Cependant, parmi les individus de petite taille, seuls quelques-uns sont intacts.

Tous les organes internes sont phosphatés:

§ test et cloisons: deux couches externes phophatées encadrant une couche médiane calcitique (aragonitique du vivant de l'animal?).

§ siphon: phosphate de chaux.

§ prosiphon: phosphate de chaux.

§ organes de soutien: phosphate de chaux.

Quand le siphon est conservé, les goulots siphonaux sont très rarement visibles. Chez un individu (*Desmoceras latidorsatum*, pl 18), nous observons un goulot siphonal à l'intérieur du canal. Ceci est probablement dû à une cassure pré-remplissage, masquée ultérieurement par le sédiment.

La phosphatation des structures est-elle primaire ou secondaire ? Certes, il y a du phosphate dans le sédiment de remplissage. Mais une phophatation secondaire serait-elle aussi constante et régulière; et pourquoi la couche médiane du test et des cloisons serait-elle en calcite.

D'autre part, Grandjean a étudié ces structures phosphatées sur des ammonites issues de sédiments qui ne l'étaient pas. Une structure phosphatée chez les êtres vivants est considérée comme un niveau d'évolution plus élevé qu'une structure aragonitique ou calcitique. Les céphalopodes sont effectivement des organismes évolués. Mais de nombreux auteurs ont constaté que le test était aragonitique. Nous pourrions supposer, pour expliquer ces divergences, que les premiers

céphalopodes avaient un squelette aragonitique, les plus évolués étant ensuite en phosphate. Mais beaucoup trop d'arguments réduisent à néant une telle hypothèse:

- les ammonites étudiées par Grandjean étaient en partie liasiques;
- Erben, Mutvei et Zakharov ont observé un test aragonitique sur des ammonites crétacées;
- rien dans l'ontogenèse ne permet de déceler une évolution aragonite - phosphate.

Les spécimens décrits n'ont pas de face dorsale; c'est ce qui est généralement admis par les auteurs. La différence avec le Nautilus est importante. On a longtemps supposé que les ammonites déroulées provenaient d'une "dégénération" due à leur position en fin de phylum évolutif. Mais de telles ammonites existent dès le Trias et cette interprétation est considérée actuellement comme erronée. Il semble par contre y avoir une différence importante entre ammonites déroulées et à enroulement normal: les premières ont une face dorsale, pas les secondes. Il n'a pas été possible de prouver la présence d'une face dorsale chez le Douvilleiceras décrit; si cette famille dérive réellement d'hétéromorphes, il est probable qu'elle en possède une, au moins au niveau de la protoconque. Cette lacune est peut-être due aux moyens d'observation utilisés.

La croissance des ammonites étudiées est continue; des stades sont définis, mais pas des arrêts de développement. Les stades établis d'après les courbes et ceux définis d'après les changements de structure ne sont pas identiques. Il en est de même pour les stades définis d'après différentes courbes.

Certaines irrégularités observées sont-elles dues à des saisons ? Le nombre d'observations effectuées est trop limité pour aboutir à une généralisation effective.

Malgré cela, les différences observées ont certainement une valeur systématique, à un niveau non précisé, qui complèterait heureusement les diagnoses qui se limitent aux

*caractères de la morphologie externe.*

*Nous n'avons pas observé les faits décrits par Yu. D. Zakharov:*

" Les ammonoidés qui diffèrent significativement dans la forme de la coquille ont généralement un nombre de loges différent. Le nombre le plus petit de loges est caractéristique de beaucoup de coquilles qui ont un tour épais et bas. Les ammonoidés à nombreuses chambres sont des coquilles minces et discoidales, ou minces et lenticulaires; les tours jeunes de telles coquilles sont normalement moins comprimés que les tours adultes et ont donc un nombre relativement plus petit de loges. L'accroissement du nombre de loges dans les phragmocônes comprimés leur donne une nouvelle force. En même temps, des espacements plus étroits dans les sections individuelles de coquille peuvent être également dus à d'autres facteurs (saisons) non liés à la forme des tours en sections transversales. La nature de l'effet des conditions climatiques sur la structure des phragmocônes des céphalopodes vivants a été établie par E. Denton et D. Taylor (1966)."

*Les interprétations de tous ces phénomènes a été limitée par le fait que ces individus sont des échantillons de collections.*

| Albien inférieur<br>Douvilleicératien IV |                                                      | Albien moyen<br>Oxytropidocératien V                                                 |                                                                                     | Albien supérieur<br>Hystérocératien VIa                                                                |                                                                    |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Leymeriellien                            | Protohoplitiens<br>Zone à Douvemonile et D. orbignyi | Hoplitien<br>Zone à Hoplites dentatus et Anahoplites mimeticus                       | Dipoloceroidien<br>Zone à H. (Euhoplites) nitidus et D. (D) subdelaruei             | Dipolocératien<br>horizon à Anah. daviesi                                                              | Néoharpocératien<br>sous zone à Hystericeras varicosum et H. binum |
|                                          |                                                      | Horizon à A. (Dimorphoplites) niobe<br>s. z. à Anahoplites intermedius et A. praecox | s. z. à Hoplites dentatus et H. spathi<br>s. z. à H. benettianus et H. pseudodeluci | s. z. à H. (Euhoplites) nitidus et D. (D) equicosatum<br>s. z. à D (D) subdelaruei et D (D) spinulosum |                                                                    |
|                                          |                                                      | <i>Puzosia quenstedti</i>                                                            |                                                                                     | <i>Uhligella balmensis U. rebouli U. walleranti</i>                                                    |                                                                    |
|                                          |                                                      | <i>Brancoceras aegoceratooides, humile, retrosum</i>                                 |                                                                                     | <i>B. beudanti</i>                                                                                     |                                                                    |
|                                          |                                                      | B. compressum                                                                        |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | B. senequieri                                                                        |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | Falloticeras proteus                                                                 |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | O. mirapel. roissyi                                                                  |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | D. delaruei                                                                          |                                                                                     | D. spinulosum                                                                                          |                                                                    |
|                                          |                                                      | Luellceras hirsutum                                                                  |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | L. lyelli                                                                            |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | L. pseudolyelli                                                                      |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | T. oceras camatteanum                                                                |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | T. versicostatum                                                                     |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | H. escragnollensis                                                                   |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | H. latesulcatus                                                                      |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | H. paronai                                                                           |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | H. similis                                                                           |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | A. evolutus                                                                          |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          |                                                      | A. intermedius                                                                       |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          | s. z. à L. canteriata                                |                                                                                      |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          | s. z. à L. tardifurcata                              |                                                                                      |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |
|                                          | s. z. à L. (P) schrammeni                            |                                                                                      |                                                                                     |                                                                                                        |                                                                    |



## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- 1- d'ARCY THOMPSON W. - 1952 On growth and form. 2<sup>e</sup> édition, 1116 p, 2 tomes, Cambridge.
- 2- ARKELL W.J. - 1957 Introduction to mesozoic ammonoidea. In Treatise on invertebrate paleontology, Mollusca part L, p 81-129. Moore.
- 3- BATHER A. - 1887 The growth of cephalopod shells. Geol. Mag., dec III, vol IV, p 446-9. G.B.
- 4- BATHER A. - 1888 Shell growth in Cephalopoda. Ann. Mag. Nat. Hist.,G.B., ser VI, vol I, p 298-310.
- 5- BERTRAND L. et LANQUINE A. - 1913 Observations tectoniques aux environs de Grasse. C. R. Acad. Sci.,France, t 156, p 1867.
- 6- BERTRAND L. et LANQUINE A. - 1923 Extension des "duplicatures provençales" sous la nappe du Cheiron (Alpes-maritimes) à l'Ouest de la vallée du Var. C. R. Acad. Sci.,France, t 176, p 399.
- 7- BERTRAND L. et LANQUINE A. - 1923 Les grandes nappes provençales de l'Audibergue et du Cheiron. C. R. Acad. Sci.,France, t 176, p 521.
- 8- BIRKELUND T. - 1967 Submicroscopic shell structure on early growth stages of Maestrichtian ammonites. Meddr. Dansk. Geol. Fören, 17, (1), p 95-101, 3 Abb., 4 Taf.
- 9- BLAKE J.F. - 1878 On the measurment of the curves formed by Cephalopods and other mollusks. Philos. Mag., ser. 5, vol. 6, p 241-63, G.B.
- 10- BOONE - 1926 Note sur la résorption chez les ammonites et explication de divers accidents de leur coquille. Bull. Soc. Géol. Minéral. Bretagne, vol. 6, p 46,pl 1 - 8.
- 11- BURNABY T.P. - 1966 Allometric growth of ammonoid shells: a generalization of the logarithmic spiral. Nature, vol. 209, n° 5026, p 904-6, Londres.
- 12- CAYEUX L. - 1892 Notes sur la glauconie. Ann. Soc. Géol. Nord, t XX, p 380, Lille
- 13- COLLET L.W. - 1905 Les concrétions phosphatées et la glauconie des mers actuelles. Eclogae geol. Helv., vol. 9, p 118-9.
- 14- COLLET L.W. et GABRIEL W.L. - 1906 Recherches sur la glauconie. Proc. r. Soc. Edinburgh, vol. 26, p 238-78.

- 15- COTILLON P. - 1968 Le Crétacé inférieur de l'arc subalpin de Castellane entre l'Asse et le Var. Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, 28, p 25-107. 18 fig.
- 16- COTILLON P. et MEDUS J. - 1971 Données stratigraphiques et palynologiques sur un horizon albien dans l'arc de Castellane (Basses-Alpes, Alpes-Maritimes, Var). Conséquences paléogéographiques. Geobios, Fr, 4, n° 2, p 101-16, 4 fig, 1 pl.
- 17- CRICK G.C. - 1898 On the muscular attachment of the animal to its shell in some fossil cephalopods. Trans. Linn. Soc. London, ser. 2, zool. 7, p 71-113.
- 18- CURRIE E.D. - 1942 Growth stages in the ammonite *Promicroceras marstonense* Spath. Proc. r. Soc. Edinburgh sect. A, 61, (3), n° 25, p 344-67, 13 fig.
- 19- CURRIE E.D. - 1943 Growth stages in some species of *Promicroceras*. Geol. Mag., vol 80, p 15-22, 5 fig., G.B.
- 20- DEVERIN L. - 1922 Etude lithologique des roches crétacées des Alpes-Maritimes. Bull. Serv. Carte Géol. Fr. tXXVI, n° 150, 115p.
- 21- DRUSHITS V.V et KHIAMI N. - 1970 Structure of the septa, protoconch walls and initial whorls in early cretaceous ammonites. Paleontol. Zh., SSSR , vol. 4, n°1, p 26-39, 5 fig, 2 pl. trad A.G.I.
- 22- EFREMOV J.A. - 1950 Taphonomie et annales géologiques. Trav. Inst. paléontol. Acad. Sci. U.R.S.S., 24, 1, p 3-178, 45 fig, 4 pl hors-texte; Trad. 971.
- 23- ERBEN H.K. - 1962 Über den Prosiphon, die Prosutur und die Ontogenie der Ammonoidea. Paläontol. Z. Dtsch., vol. 36, p 99-108, 2 Abb, Taf. 11-2.
- 24- ERBEN H.K., FLAJS G. et SIEHL A. - 1968 Ammonoids: early ontogeny of ultra-microscopic shell structure. Nature, vol. 219, n° 5152, p 396-8, G.B.
- 25- ERBEN H.K., FLAJS G. et SIEHL A. - 1969 Die frühontogenetische entwicklung der schalenstruktur ectocochleater cephalopoden. Palaeographica, sect. A, paléozoologie, stratigraphie, t 132, 1-3, p 1-93, 12 fig, 3 tab, 15 pl, Allemagne.
- 26- EWALD et BEYRICH - 1839 Sur le terrain crétacé du Sud Est. Bull. Soc. Géol. France, 1ère série, t X, p 322

- 27- FALLOT E. - 1885 Etude géologique sur les étages moyen et supérieur du terrain Crétacé, dans le Sud Est de la France. Ann. Sci. géol., XVIII, 1, 268 p, 8 pl.
- 28- FISHER A.G. et TEICHERT C. - 1969 Cameral deposits in cephalopod shells. Univ. Kansas, Paleontol. Contrib., n° 37, 30p, 4 pl, 8 fig.
- 29- FOLK R.L. - 1959 Practical petrographic classification of limestones. Bull. amer. Ass. Petrol. Geologists, vol 43, janvier 1959, p 1-39.
- 30- FROMAGET J. - 1950 Observations sur le Crétacé inférieur dans le Sud Ouest des Alpes - Maritimes. C. R. Acad. Sci., France, t 230, p 312-4.
- 31- FROMAGET J. - 1950 Observations sur le Crétacé moyen dans le Sud Ouest des Alpes - Maritimes. C. R. Acad. Sci., France, t 230, p 453-5.
- 32- FROMAGET J. - 1953 Le Crétacé moyen dans le prolongement sud est de la fosse vocontienne. C. R. Acad. Sci., France, t 237, p 917-9.
- 33- FROMAGET J. et VARCIN P. - 1954 Nouvelle contribution à la connaissance du Crétacé moyen de la fosse vocontienne. C. R. Acad. sci., France, t 238, p 1048-50.
- 34- GINSBURG L. - 1960 Etude géologique de la bordure subalpine à l'ouest de la basse vallée du Var. Bull. Serv. Carte géol. Fr., t LVII, n° 259, 38 p.
- 35- GOGUEL J. - 1936 Description tectonique de la bordure des Alpes de la Bléone au Var. Mém. Carte géol. Fr., 360 p, 253 fig, 2 pl.
- 36- GOGUEL J. - 1953 Géologie régionale de la France: VIII: les Alpes de Provence. Actualités scientifiques et industrielles. 123 p, 45 fig, Hermann et Cie Ed.
- 37- GOLDMAN M.I. - 1922 Basal glauconite and phosphate beds. Science U.S.A., 56, p 171.
- 38- GRANDJEAN F. - 1910 Siphon des ammonites et des belemnites. Bull. Soc. géol. Fr., IV, X, p 496-519, 22 fig.
- 39- GUEBHARD A. - 1901 Sur les recoupements et étoilements des plis observés dans les Alpes - Maritimes. C. R. VIII<sup>e</sup> congrès géol. intern., Fr., n° 6, 15 p.

- 40- GUEBHARD A. et ZURCHER Ph. - 1902 Réunion extraordinaire de la Société géologique de France en 1902 dans les Alpes - Maritimes, (sous la direction de Guébhard A. et Zurcher Ph.). Bull. Soc. géol. Fr., sér. 4, t II, p 510-941.
- 41- HÖLDER H. - 1970 Anomalien an Molluskenschalen, insbesondere Ammoniten, und deren Ursachen. Paläont. Z., Dtsch., v 44, n° 3-4, p 182-195, 12 fig.
- 42- HOLLMAN R. - 1968 Diagenetische Gehause Hypertrophie an Ammoniten auss dem Oberjura Ostafrikas. Neues Jb. Geol. Paläontol. Abhdlg., Dtsch., 130, n° 3, p 305-34, 4 fig., 5 pl.
- 43- JACOB C. - 1907 Etudes paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises. Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble, Thèse, VIII, fasc 2, p 280-590, 6 pl.
- 44- JACOB C. - 1908 Etudes sur quelques ammonites du Crétacé moyen. Mém. Soc. géol. Fr., Paléont. XV, 38, p 1-64, pl I-IX.
- 45- MENNESSIER G. - 1957 Etude tectonique des confins alpins provençaux entre le Verdon et l'Argens. Mém. Soc. géol. Fr., n° 87, tXXXVIII, fasc. 4 , 174 p.
- 46- MILLER A.K. et UNKLESBAY A.G. - 1943 The siphuncle of late paleozoic ammonoids. J. Paleontol., U.S.A., 17 (1), p 1-25, 9 fig, 5 pl, Tulsa, Okla.
- 47- MOSELEY H. - 1838 On the geometrical forms of turbinated and discoid shells. Philos. Trans. r. Soc. London, part 1, p 351-70.
- 48- MOSELEY H. - 1842 On conchyliometry. Philos. Mag. G.B., ser. 3, 21, p 300-5.
- 49- MÜLLER A.H. - 1970 Weitere Aberrationen bei Ceratiten (Ammonoidea, Cephalopoda) aus dem germanischen Oberen Muschelkalk und Bemerkungen zur Originalschale der Ceratiten. Monatsber. Deutsch. Akad. Wissensch. Berlin, v 12, H 2-3, p 219-231.
- 50- MUTVEI H. - 1967 On the microscopic shell structure in some jurassic ammonoids. Neues Jb. Geol. Paläontol. Abhdlg. Dtsch., 129, p 157-66, 4 Abb., Taf 14.
- 51- PALFRAMAN D.F. - 1967 Mode of early shell growth in the ammonite *Promicroceras marstonense* Spath. Nature , n° 216, p 1128-30, 3 fig, Londres.

- 52- PAQUIER V. -1900 Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies orientales. Trav. Lab. géol. Univ. Grenoble, V, (1899-1900), 1901, p 149-556, pl I-VII, thèse.
- 53- PARONA C.F. et BONARELLI E.G. - 1897 Fossili albiani d'Escragnolles, del Nizzardo e della Liguria occidentale. Palaeontogr., Ital., vol II, P 53-112, pl X-XV.
- 54- ROUSSET C. - 1965 Modalités de l'enracinement du pli chevauchant de Caussols, sur le versant ouest des gorges du Loup., Ann. Fac. Sci. Marseille, t XXXVII, p 27-37
- 55- SCHINDEWOLF O.H. - 1962 Parasitäre Tallophyten in Ammoniten-Schalen. Paläont. Z., H. SCHMIDT Festb, 206-215, 1 Abb, Taf 21-3.
- 56- SCHINDEWOLF O.H. - 1967 Analyse eines Ammoniten-Gehäuses. Abh. Akad., Wiss. Lit., math - nat. KL, p 139-188, 2 Abb, 16 Taf, NR8.
- 57- SEILACHER A. - 1968 Sedimentationsprozesse in Ammonitengehäusen. Akad. Wiss. u Lit., Abh d. Math. Naturw. KL. mainz 9, p 191-203
- 58- SEILACHER A. - 1971 Preservational history of ceratite shells. Paleontology, G.B., vol 14, part 1, p 16-22 , 2 fig, 1 pl.
- 59- RAUP D.M. - 1966 Geometric analysis of shell coiling: general problems. J. Paleontol., U.S.A., v 40, n° 5, p 1178-90, 10 fig.
- 60- RAUP D.M. - 1967 Geometric analysis of shell coiling: coiling in ammonoids. J. Paleontol., U.S.A., v 41, n° 1, p 43-65
- 61- RAUP D.M. et MICHELSON A. - 1965 - Theoretical morphology of the coiled shells. Science U.S.A., 147, p 1294-5.
- 62- SPATH L.F. - 1920 The ammonite siphuncle. Geol. Mag., G.B., 57, p 142-3.
- 63- SPATH L.F. - 1923-43 A monograph of the ammonoidea of the Gault. Palaeontogr. Soc., G.B., I-XVI, 75-97, IV, X, 787 S.
- 64- SPATH L.F. - 1950 The study of ammonites in thin median sections. Geol. Mag. , G.B., v 87, p 77-84
- 65- TRUEMAN A.E. - 1920 The ammonite siphuncle. Geol. Mag., G.B., v 57, p 26
- 66- TRUEMAN A.E. et SWINNERTON - 1917 Morphology and development of the ammonite septum. Quart. J. geol. Soc. London, vol LXXIII, part 1, p 26-58.

- 67- WESTERMANN G.E.C. - 1971 Form, structure and function of shell and siphuncle in coiled mesozoic ammonoids. *Life Sci. Contr. R. Ont. Mus.*, n° 78, 39 p., 17 fig., 1 pl.
- 68- WIEDMANN J. - 1966 *Stammesgeschichte und system der posttriadischen ammonoideen.* Neues Jb. Geol. Paläontol. Abhdg. Dtsch., 125, p 49-79, Fig 1-13, 2 pl, et 127, p 13-81, fig 14-47, 2 pl.
- 69- WIEDMANN J. - 1969 The heteromorphs and ammonoid extinction. *Biol. Reviews*, v 44, p 563-602, 23 fig, 2 pl.
- 70- ZAKHAROV Yu. D. - 1971 Some features of the development of the hydrostatic apparatus in early mesozoic ammonoids. *Palaeontol. Zh.*, vol 5, n° 1, p 24-34, 2 fig, 1 pl., SSSR trad. A.G.I.
- 71- ZAKHAROV Yu. D. et KHUDOLOZKHIN V.O. - 1970 Chemical and mineralogical studies of mesozoic cephalopod shells from artic Siberia and the Far East. *Palaeontol. Zh.*, vol 3, n° 3, p 309-16, 1 fig, 3 pl., SSSR, trad A.G.I.

### Index alphabétique général

---

Les numéros en chiffres normaux correspondent aux pages, les numéros en chiffres fins aux planches.

---

- A -

- Acanthoceras* 28 .  
*aegoceratoides* 103 .  
*albien (ne)* 16 . 17 . 18 . 23 . 24 . 25  
 26 . 27 . 28 . 33 . 39 . 48 . 60 . 63  
 99 . 100 .  
*ammonite* 11 . 26 . 33 . 40 . 44 . 47 .  
 49 . 51 . 52 . 53 . 54 . 57 . 60 . 61 .  
 63 . 67 . 72 . 80 . 81 . 95 . 99 . 100  
 101 . 102 .  
*Anahoplites* 38 . 39 . 42 . 103 .  
*Arenobulimina* 62 . 63 .  
*astierianum* 28 .  
*Astiericeras* 28 .  
*Avicula* 17 . ,

- B -

- balmensis* 26 . 103 .  
*barstensteini* 63 .  
*benettianus* 26 .  
*beudanti* 26 . 42 . 68 . 73 . 77 . 78 .  
 79 . 81 . 86 . 87 . 88 . 103 .  
*beudanticeras* 42 . 68 . 73 . 77 . 78 .  
 79 . 81 . 84 . 86 . 87 . 88 . 90 . 92 .  
 103 .  
*bonarelli* 38 . 103 .  
*bouchardianum* 28 . 103 .  
*Brancoceras* 37 . 103 .

- C -

- caillaudianus* 28  
*calcaire* 16 . 17 . 19 . 20 . 24 . 25 .  
 27 . 28 . 63 . 73 . 99 .  
*calcite* 43 . 47 . 50 . 53 . 55 . 56 .

- 57 . 58 . 59 . 60 . 64 . 67 . 70 .  
 71 . 72 . 74 . 75 . 78 . 80 . 81 .  
 82 . 87 . 96 . 100 .  
*calcitique* 43 . 47 . 51 . 52 . 53 .  
 60 . 68 . 72 . 73 . 75 . 76 . 90 .  
 99 . 100 .  
*camatteanum* 28 . 37 . 103 .  
*canal (siphonal)* 52 . 53 . 60 .  
*canavarii* 26  
*cassure* 34 . 36 . 37 . 38 . 39 .  
 40 . 41 . 43 . 44 . 45 . 52 . 53 . 67 .  
 68 . 71 . 72 . 75 . 99 . 100 .  
*Castellane* 16 . 17 . 21 . 23 . 24 .  
 27 .  
*chambre d'habitation* 37 . 40 . 52 .  
 55 . 59 . 60 . 64 . 67 . 68 . 69 . 78 .  
*chevauchement* 20 . 21 . 24 . 25 .  
*cloison* 37 . 40 . 51 . 52 . 53 . 59 . 64 .  
 67 . 68 . 69 . 70 . 71 . 73 . 74 . 75 .  
 76 . 78 . 80 . 81 . 82 . 83 . 85 . 87 . 100  
*compressum* 103 .  
*contorta* 17 .  
*cornutum* 28 . 103 .  
*côte (s)* 35 . 47 . 73 .  
*Crétacé (es)* 16 . 17 . 19 . 20 . 21 .  
 23 . 25 . 26 . 33 . 63 . 75 . 101 .  
*cristatum* 28 . 39 . 103 .  
*croissance* 11 . 86 . 87 . 88 . 89 .  
 90 . 91 . 92 . 93 . 94 . 95 . 101 .

- D -

- debrioensis* 62 .  
*decorata* 17 .  
*déformation* 41 . 43 . 44 . 75 . 76 . 99 .

- delaruei* 28 . 38 . 103 .  
*deluci* 26 .  
*dentatus* 23 . 26 . 28 .  
*Desmoceras* 26 . 67 . 73 . 74 . 79 . 81  
   83 . 84 . 90 . 91 . 103 .  
*Dipoloceras* 35 . 37 . 38 . 39 . 103 .  
*dissolution* 33 . 43 . 45 .  
*Douvilleiceras* 28 . 35 . 36 . 37 . 39  
   52 . 69 . 71 . 73 . 76 . 77 . 80 . 82  
   83 . 92 . 93 . 94 . 103 .  
     - E -  
*empreinte* 29 . 33 . 39 . 43 .  
*escragnollensis* 34 . 36 . 37 . 42 .  
   43 . 55 . 56 . 71 . 72 . 103 .  
*Escragnolles* 14 . 16 . 18 . 19 . 20 .  
   21 . 22 . 23 . 24 . 25 . 26 . 27 . 29  
   61 . 62 . 63 . 100 .  
*evolutus* 38 . 39 . 42 . 103 .  
     - F -  
*facies* 16 . 17 . 18 . 20 . 24 . 27 .  
   28 . 63 . 99 .  
*Falloticeras* 28 . 37 . 103 .  
*fente* 34 . 41 . 43 .  
*fosse vocontienne* 16 . 17 . 18 .  
*fracturation* 40 . 60 .  
*fracture* 37 . 38 . 39 . 51 . 69 .  
*fragment* 33 . 35 . 37 . 39 . 40 . 43  
   49 . 61 . 72 . 75 .  
     - G -  
*Galvelinella* 62  
*glaconie* 17 . 18 . 23 . 33 . 47 .  
   48 . 49 . 50 . 51 . 52 . 53 . 54 .  
   61 . 63 . 64 .  
*glaconieux (se)* 18 . 23 . 27 . 33 .  
   55 . 60 . 63 .  
*goulot siphonal* 50 . 51 . 64 . 67 .  
     74 . 77 . 79 . 80 . 82 . 100 .  
*Gourdon* 11 . 14 . 15 . 17 . 18 . 19 . 20 .  
   21 . 22 . 23 . 25 . 26 . 27 . 29 . 39 . 40 .  
   48 . 60 . 61 . 63 . 100 .  
     - H -  
*Hedbergella* 63 .  
*hirsutum* 28 . 103 .  
*Holcodiscus* 28 .  
*Hoplites* 23 . 26 . 28 . 33 . 34 . 35 . 36 .  
   37 . 38 . 41 . 42 . 43 . 50 . 51 . 54 . 55 .  
   56 . 57 . 58 . 59 . 70 . 71 . 72 . 73 . 76 .  
   80 . 103 .  
*huberianum* 28 .  
*humile* 103 .  
     - I -  
*inaequinodum* 28 .  
*intermedius* 103 .  
     - J -  
*Jurassique* 17 . 17 . 20 . 21 . 22 . 60 .  
     - L -  
*latesulcatus* 43 . 58 . 59 . 71 . 103 .  
*latidorsatum* 26 . 67 . 73 . 74 . 79 . 81 .  
   83 . 90 . 91 . 103 .  
*Latidorsella* 26 .  
*lautus* 26 .  
*Lenticulina* 63 .  
*Leymeriella* 23 . 28 .  
   logé 40 . 43 . 47 . 53 . 60 . 68 . 71 . 72 .  
   75 . 76 . 79 . 84 . 85 . 86 . 87 . 89 . 90 .  
   91 . 92 . 93 . 94 . 99 . 102 .  
*lyelli* 28 . 103 .  
*Lyelliceras* 28 . 37 . 38 . 68 . 69 . 77 .  
   103 .  
     - M -  
*mammillatum* 28 . 52 . 69 . 71 . 82 . 92 .

- 93 . 103 .*  
*marstonense* 87 .  
*mayorianum* 26 .  
*milletianus* 26 .  
*mirapelianum* 103 .  
*Mortoniceras* 28 .  
*moule* 33 . 43 . 61 .  
  
 - *N* -  
*nappe* 19 . 20 . 21 . 25 .  
*nautile* 61 . 63 . 74 . 75 . 78 . 80 .  
 101 .  
*nodosa* 63 .  
  
 - *O* -  
*ombilic* 33 . 43 . 55 . 67 . 68 . 69 .  
 70 . 71 . 72 . 76 .  
*ornementation* 35 . 37 . 38 . 51 . 52 .  
 69 . 71 . 73 . 75 . 99 .  
*ouachensis* 63 .  
*Oxytropidoceras* 103 .  
  
 - *P* -  
*Parahoplites* 26 .  
*paronai* 33 . 35 . 36 . 37 . 38 . 39 .  
 41 . 50 . 51 . 54 . 70 . 71 . 75 .  
 76 . 80 . 103 .  
*paucicostatum* 28 .  
*péломорфосе* 44 .  
*phosphate* 18 . 27 . 48 . 73 . 74 . 76  
 78 . 79 . 80 . 81 . 99 . 100 . 101 .  
*phosphaté (es)* 23 . 24 . 27 . 28 . 47 .  
 60 . 61 . 70 . 72 . 73 . 75 . 76 . 77 .  
 78 . 79 . 83 . 101 .  
*Phylloceras* 33 .  
*Planomalveolina* 62 .  
*pigmentaire (глаукония)* 47 . 48 . 51 .  
 53 . 63 . 64 .  
*planus* 103 .
- preslii* 62 . 63 .  
*Promicroceras* 87 .  
*proseptum* 79 .  
*prosiphon* 74 . 78 . 79 . 80 . 81 . 83 .  
 84 . 100 .  
*Protanisoceras* 67 .  
*proteus* 28 . 37 . 103 .  
*protoconque* 51 . 53 . 67 . 68 . 69 . 71 .  
 72 . 73 . 77 . 79 . 82 . 83 . 84 . 85 .  
 95 . 101 .  
*pseudaon* 103 .  
*pseudolyelli* 28 . 37 . 38 . 68 . 69 . 77 . 103 .  
*Pulchella* 28 .  
*pulchellia* 28 .  
*Puzosia* 26 . 103 .  
  
 - *Q* -  
*quenstedti* 103 .  
  
 - *R* -  
*rebouli* 26 . 37 . 103 .  
*regularis* 26 . 28 .  
*remplissage* 40 . 41 . 43 . 51 . 52 . 60 .  
 61 . 67 . 69 . 71 . 73 . 75 . 87 . 90 . 99 .  
*retrosum* 103 .  
*Rhynchonella* 17 .  
*roberti* 62 .  
*Robulus* 61 . 63 .  
*roissyanum* 28 .  
*roissyi* 103 .  
  
 - *S* -  
*scruteri* 63 .  
*senequieri* 28 . 37 . 103 .  
*septum* 79 . 83 .  
*seunesi* 28 .  
*similis* 42 . 103 .  
*siphon* 35 . 61 . 64 . 67 . 68 . 69 . 71 .  
 72 . 73 . 74 . 77 . 78 . 79 . 80 . 81 .

82 . 83 . 85 . 90 . 96 . 100 .  
*spinulosum* 35 . 38 . 103 .  
*spirale* 85 . 87 . 90 . 92 . 94 .  
*splendens* 26 .

- T -

*taphonomie* 29 .  
*tardefurcata* 23 .  
*tardefurcatus* 28 .  
*Tegoceras* 37 . 103 .  
*test* 33 . 34 . 35 . 37 . 40 . 41 .  
43 . 45 . 51 . 52 . 54 . 61 . 69 . 71  
72 . 73 . 74 . 75 . 76 . 77 . 78 . 80  
81 . 82 . 85 . 95 . 99 . 100 . 101 .  
*Ticinella* 62  
*Trias* 15 . 16 . 17 . 19 . 20 . 75 .  
101 .  
*tubercule* 35 . 36 . 73 .

- U -

*Uhligella* 26 . 37 . 103 .  
*usure* 33 . 35 . 43 .

- V -

*varice* 74 . 78 . 85 . 87 .  
*ventrale* (face) 35 . 39 . 44 . 77 .  
79 . 80 . 81 . 85 .  
*versicostatum* 103 .

- W -

*walleranti* 26 . 103 .

x

x

. x

## LISTE DES FIGURES

|                                                                          | PAGE |
|--------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Première partie: ETUDE REGIONALE . HISTORIQUE</b>                     |      |
| pl 1 : cartes de situation -----                                         | 14   |
| pl 2 : fig 4: répartition des zones de facies au Crétacé inférieur ----- | 16   |
| fig 5: colonne stratigraphique                                           |      |
| pl 3 : fig 6: digitations de la nappe -----                              | 19   |
| fig 7: schéma structural: sud de l'Estéron                               |      |
| pl 4 : fig 8: coupe de la rive droite du Loup -----                      | 22   |
| fig 9: replis de Gourdon                                                 |      |
| fig10: coupe de la Siagne                                                |      |
| pl 5 : fig11: carte de facies: Albien inférieur et moyen -----           | 24   |
| fig12: carte de facies: Albien supérieur                                 |      |
| pl 6 : fig13: carte de répartition des facies, Albien zones IV-V -----   | 27   |
| fig14: transgression des dépôts mésocrétacés                             |      |
| fig15: coupe du gisement de Gourdon                                      |      |
| <br><b>Deuxième partie: TAPHONOMIE . PETROGRAPHIE DES FOSSILES</b>       |      |
| pl 7 : aspect externe -----                                              | 34   |
| pl 8 : cassures, ornementation -----                                     | 36   |
| pl 9 : cassures, ornementation -----                                     | 38   |
| pl10 : déformations: réduction d'épaisseur, torsion du profil -----      | 42   |
| <br>pl11 : Sections polies de Hoplites paronai H46 -----                 | 50   |
| pl12 : sections polies de Hoplites paronai H55 -----                     | 54   |
| pl13 : sections polies de Hoplites escragnollensis H4 -----              | 55   |
| pl14 : sections polies de Hoplites escragnollensis H16 -----             | 56   |
| pl15 : sections polies de Hoplites escragnollensis H9 -----              | 57   |
| pl16 : sections polies de Hoplites latesulcatus H51 -----                | 58   |
| pl17 : sections polies de Hoplites latesulcatus H51 -----                | 59   |
| <br><b>Troisième partie: STRUCTURES INTERNES . CROISSANCE</b>            |      |
| pl18 : sections de D1.1: Desmoceras latidorsatum -----                   | 64   |
| L9 et L22: Lyelliceras pseudolyelli                                      |      |
| D12: Douvilleiceras gr mammillatum                                       |      |
| pl19 : tours initiaux de H46, déformés et flottant dans la sparite --    | 70   |
| pl20 : Desmoceras latidorsatum D10 -----                                 | 74   |
| pl21 : Beudanticeras beudanti D13 -----                                  | 78   |
| pl22 : Douvilleiceras gr mammillatum D12 -----                           | 82   |
| pl23 : Beudanticeras beudanti D13 croissance -----                       | 86   |
| l et l' fonction du nombre de loges                                      |      |
| h fonction du nombre de loges                                            |      |

|                                                       |                 |
|-------------------------------------------------------|-----------------|
| R en fonction du nombre de loges                      |                 |
| S - - - - -                                           |                 |
| <b>pl 24 : Beudanticeras beudanti D13 croissance</b>  | <b>----- 88</b> |
| l - h: coordonées logarithmiques                      |                 |
| h - l                                                 |                 |
| R - h et R - l                                        |                 |
| a: angle de la spirale logarithmique                  |                 |
| <b>pl 25 : Desmoceras latidorsatum D10 croissance</b> | <b>----- 91</b> |
| h en fonction du nombre de loges                      |                 |
| .l - - - - -                                          |                 |
| S - - - - -                                           |                 |
| l - h coordonées logarithmiques                       |                 |
| a: angle de la spirale logarithmique                  |                 |
| <b>pl 26 : Douvilleiceras gr mammillatum D12</b>      | <b>----- 93</b> |
| h et l en fonction du nombre de loges                 |                 |
| S en fonction du nombre de loges                      |                 |
| l - h coordonées logarithmiques                       |                 |
| a: angle de la spirale logarithmique                  |                 |

**planches hors textes A - E**

**Planches hors - texte**

## Planche A

Fig. 1: *Hoplites escragnollensis* SPATH H6a

- a- face latérale x 0,9 f: fentes, c: cassures
- b- ouverture et face ventrale x 1; c: cassures

Fig. 2: *Hoplites paronai* SPATH H55 x 1,2

Face latérale d'un individu dont l'ornementation vigoureuse est localement bien conservée (t); ombilic détruit ayant permis l'entrée du sédiment. Un schéma des sections polies est figuré p 54, pl 12.

Fig. 3: *Dipoloceras cristatum* (DELUC MS) BRONGNIART M18 x 1

- a- l'ornementation du tour précédent est conservée et nettement visible; la cassure est donc post-diagénétique. Le tracé de la suture est également visible.
- b- fragment dont l'ornementation (carène et tubercules ventraux) est parfaitement conservée. La cassure avant est quelconque; la cassure arrière suit le tracé d'une cloison.

Fig. 4: *Dipoloceras delaruei* (d'ORBIGNY) M20 x 1

- a- face latérale: t: zone à tubercules ventraux conservés;  
c: - - - - - cassés.  
Les côtes sont également cassées et la carène est fragmentaire.
- f: fractures.
- b- face ventrale: f: fractures

Fig. 5: *Dipoloceras cornutum* (PICTET) M16.1 x 1

- Individu à ombilic encrouté, sans fractures.
- a- face ventrale: carène préservée; tc: tubercules ventraux cassés.
- b- face latérale.

Fig. 6: *Hoplites escragnollensis* SPATH H17 x 1

Face latérale d'un individu jeune à ornementation faible bien conservée; ombilic encrouté; pas de fractures.

Fig. 7: *Dipoloceras bouchardianum* (d'ORBIGNY) M17 x 1

- a- face latérale: la cassure de l'ombilic est pré-remplissage: il n'y a aucune trace de l'ornementation du tour précédent et le sédiment externe est en continuité avec le sédiment interne. Seule la chambre d'habitation est conservée. Carène fragmentaire.
- b- face ventrale.

Fig. 8: *Brancoceras aegoceratoides* STEINMAN B2 x 1,3

Face ventrale d'un individu déformé et cassé.

Fig. 9: *Oxytropidoceras roissyi* (d'ORBIGNY) M2 x 1

Fragment de tour; la cassure est pré-remplissage; carène cassée et déformée (d);

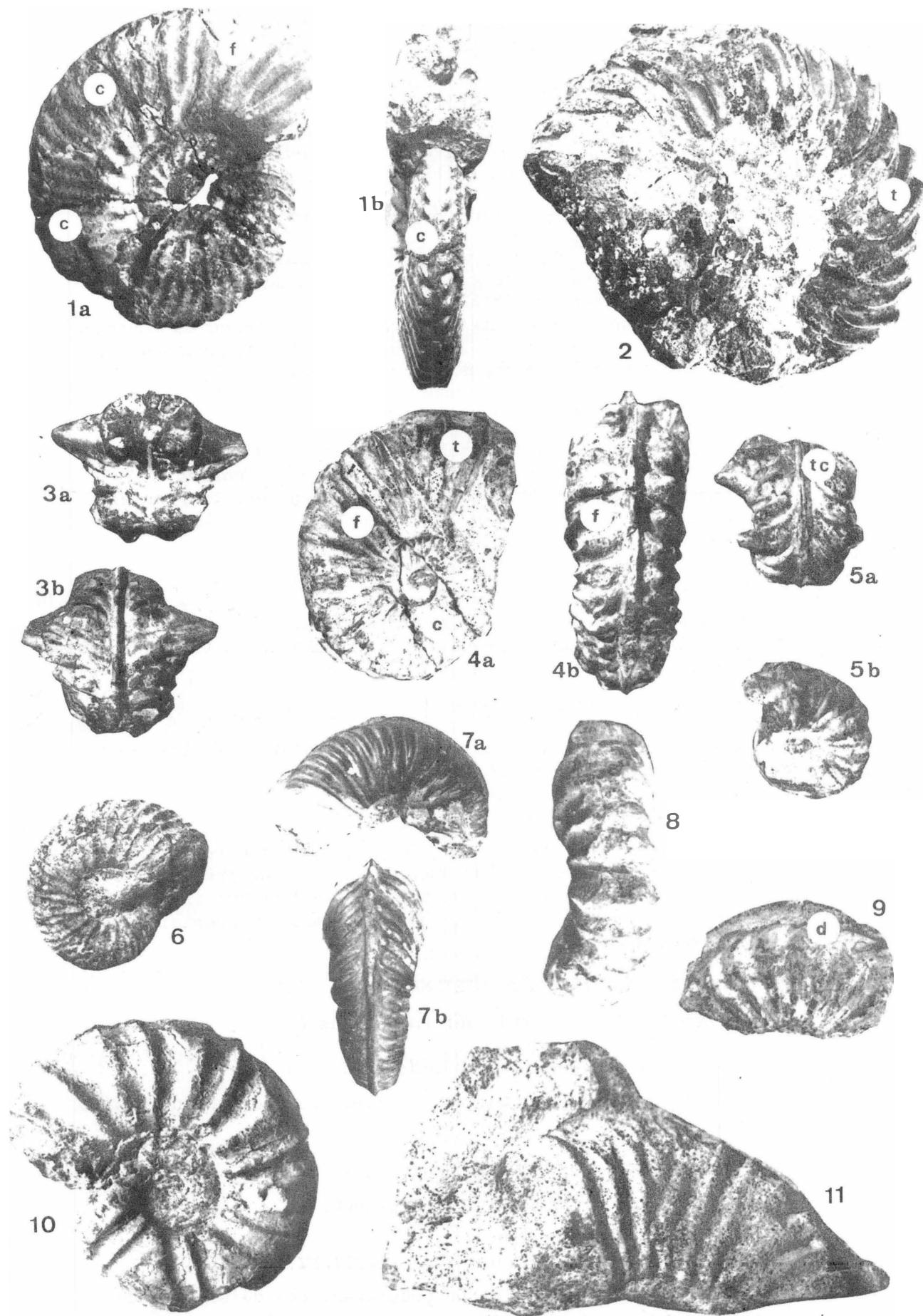
Fig. 10: *Brancoceras senequieri* (d'ORBIGNY) H74 x 1,3

Face latérale d'un individu bien conservé.

Fig. 11 *Oxytropidoceras mirapelianum* (?) (d'ORBIGNY) M6 x 1

Face latérale d'un individu ne présentant pas de surface de discontinuité avec la gangue. Ornamentation mal conservée.

PI.A



## Planche B

Fig. 1: *Hoplites escragnollensis* SPATH H18 x 0,6

Individu dont le profil est représenté p 42 pl 10; c:cassures; ornementation uséé.

Fig. 2: *Dipoloceras cristatum* (DELUC MS) BRONGNIART H71a x 1

a- face ventrale: ornementation cassée: o  
b- face latérale: carène et ornementation assez bien conservées.  
Ombilic détruit; chambre d'habitation absente.

Fig. 3: *Hoplites escragnollensis* SPATH H16.1 x 1,1

Un dessin est donné p 36 pl 8. Les tours internes sont visibles sous la forme d'empreinte externe: e.

Fig. 4: *Dipoloceras cornutum* (PICTET) M26 x 1

Face latérale d'un individu dont les tours externes ne sont conservés que sur une moitié. L'ornementation est très cassée. Le dernier tour comporte une partie de la chambre d'habitation.

Fig. 5: *Hoplites escragnollensis* SPATH H16 x 0,6

Un schéma des sections polies de cet individu est figuré p 56 pl 14. La face latérale représentée ici est la mieux conservée.

Fig. 6: *Dipoloceras cristatum* (DELUC MS) BRONGNIART M1 x 1

a- face ventrale: tc: tubercules cassés; carène assez bien conservée.  
b- face latérale: le dernier tour comporte une partie de la chambre d'habitation.

Fig. 7: *Hoplites latesulcatus* SPATH H7a x 0,6

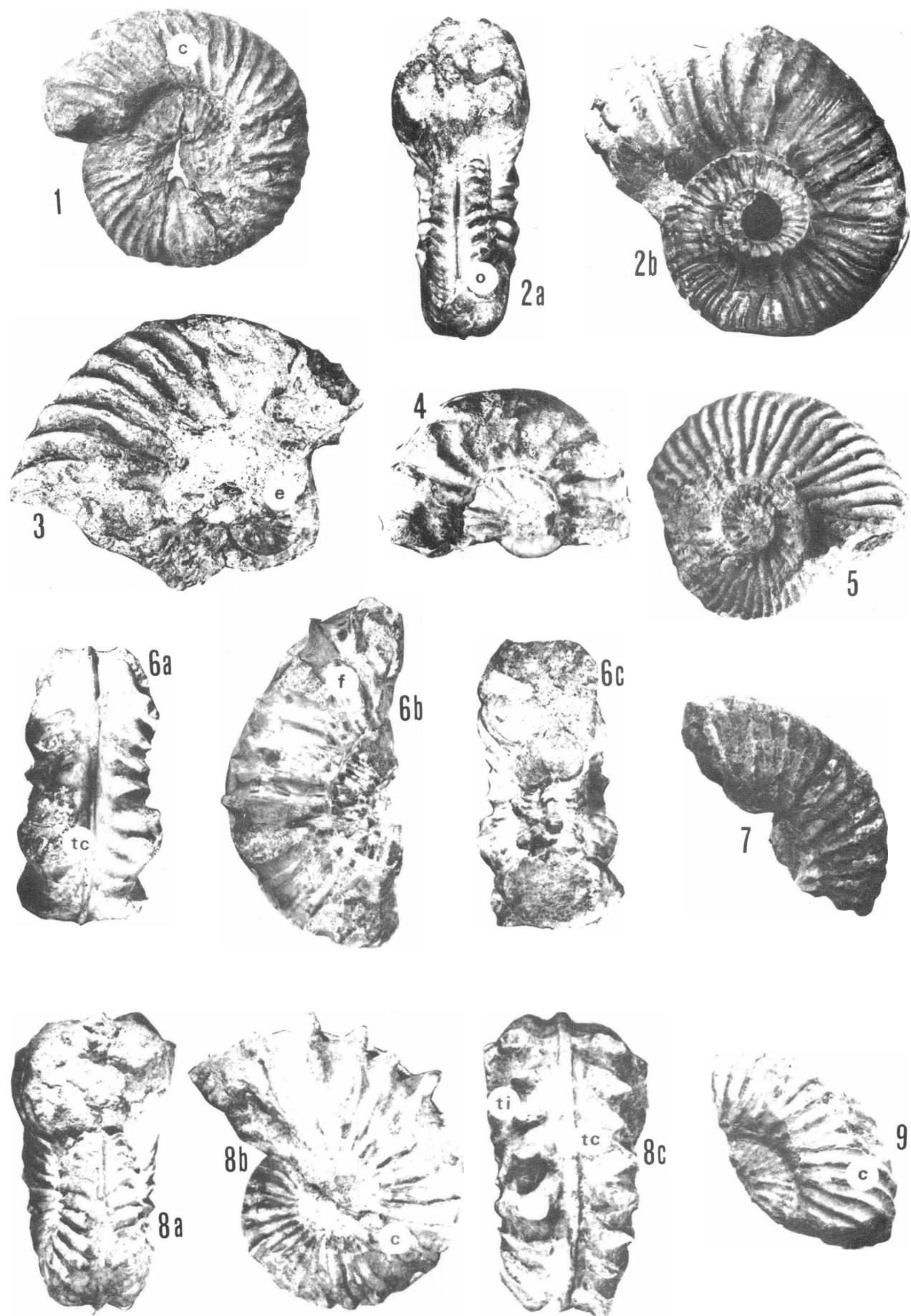
Face latérale: chambre d'habitation.

Fig. 8: *Dipoloceras spinulosum* SPATH M29 x 1

a- face ventrale et ouverture: la carène et les tubercules ventraux très tranchants sont partiellement détruits.  
b- face latérale: c: cassure; ombilic non conservé.  
c- face ventrale: tc: tubercules cassés; ti: tubercules intacts.

Fig. 9: *Ahahoplites evolutus* SPATH H7c x 0,6

Fragment dont l'ornementation est assez bien conservée; c: cassure.



## Planche C

Fig. 1: *Hoplites paronai* SPATH H50 x 1

Section polie montrant les structures internes relativement bien conservée. Protoconque détruite.  
c: calcite.

Fig. 2: *Hoplites paronai* SPATH H55 x 1,9

Détail du remplissage: B: brachiopode.

Fig. 3: *Hoplites escragnollensis* SPATH H9 x 2,4

Détail du remplissage: A: section transversale d'ammonite.

Fig. 4: *Hoplites latesulcatus* SPATH H51 x 1,9

Détail du remplissage: S: spicules d'éponges.

Fig. 5: *Hoplites paronai* SPATH H55 x 1,9

Détail du remplissage: A: section d'ammonite;  
G: gastéropode.

Fig. 6: *Hoplites paronai* SPATH H55 x 1,9

Test épaissi, calcitisé et plissoté.

PI. C

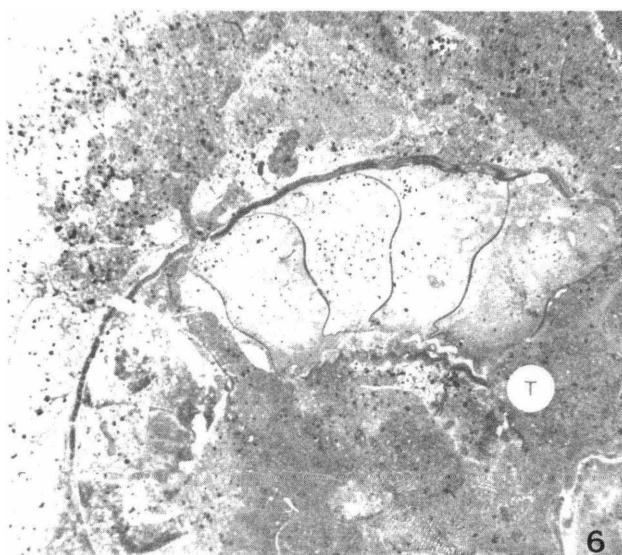
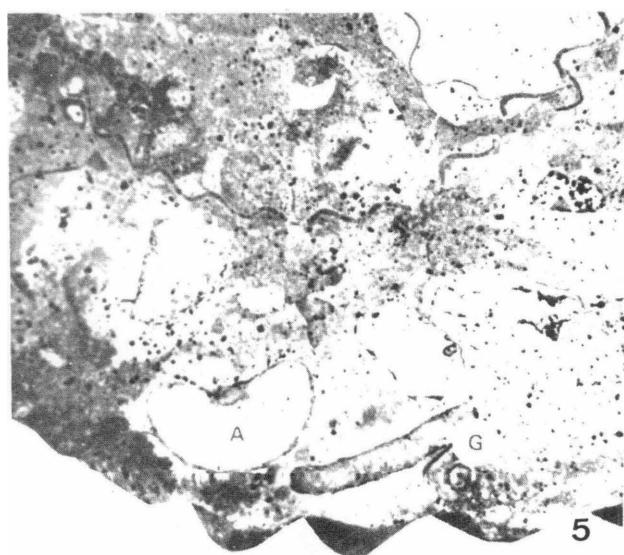
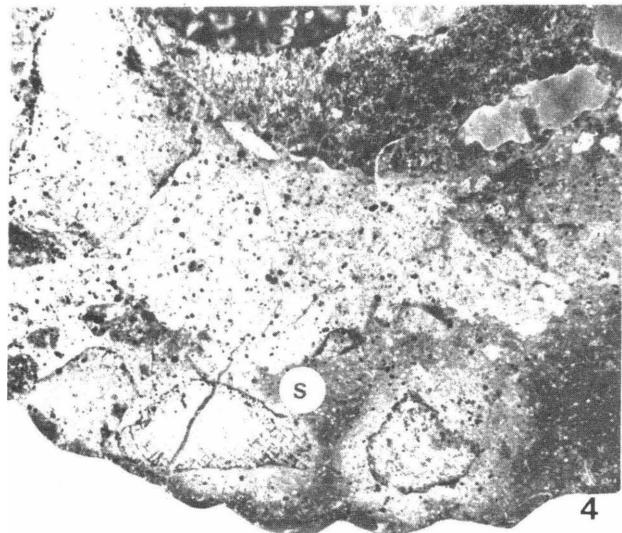
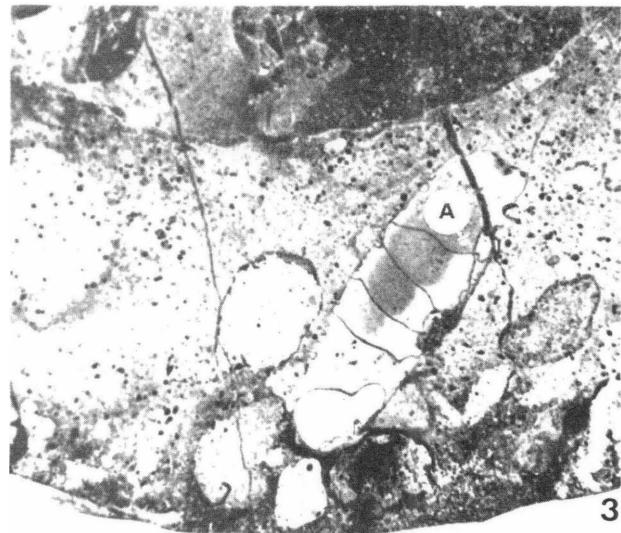
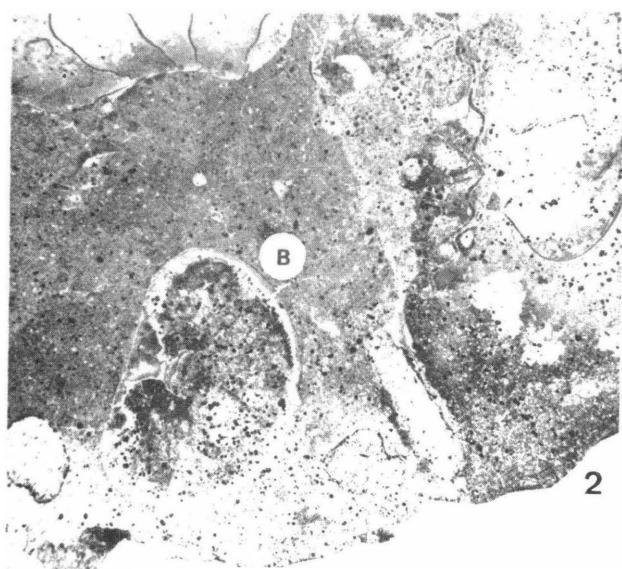


Planche D

Fig. 1: *Desmoceras latidorsatum* (MICHELIN) D10  
vue d'ensemble des premiers tours; remplissage principalement calcitique.

c: cloison dont les 3 couches sont visibles: 2 couches externes phosphatées encadrant une couche médiane calcitique.

s: siphon.

Fig. 2: *Desmoceras latidorsatum* (MICHELIN) D10

Voir également schéma p 74 pl 20

p: prosiphon phosphaté

v: première varice indiquant la fin du premier tour

s: siphon

Fig. 3: *Beudanticeras beudanti* (BRONGNIART) D13

vue d'ensemble des premiers tours; remplissage calcitique et sédimentaire.

s: siphon

c: cloison

Fig. 4: *Beudanticeras beudanti* (BRONGNIART) D13

Voir également schéma p 78 pl 21

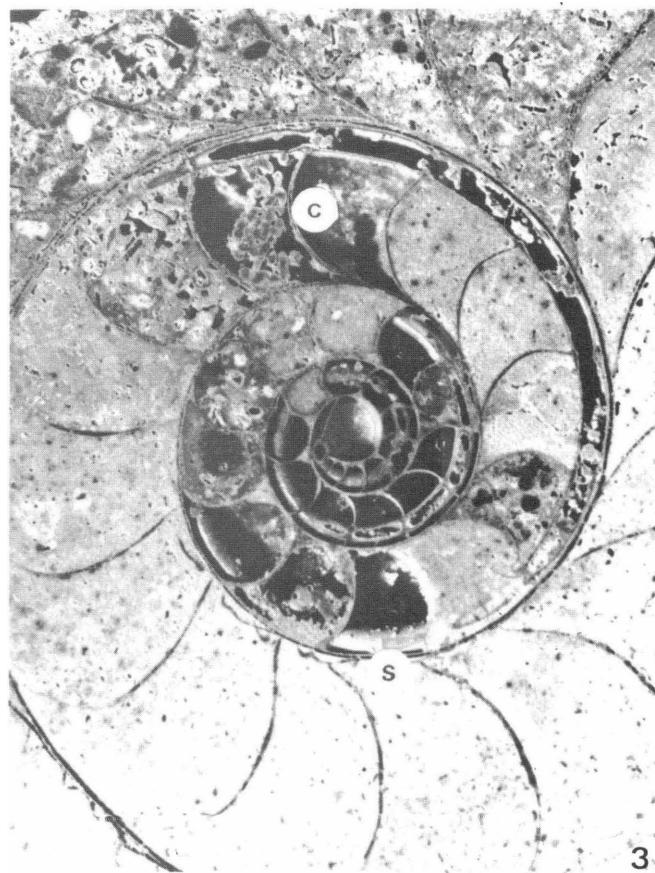
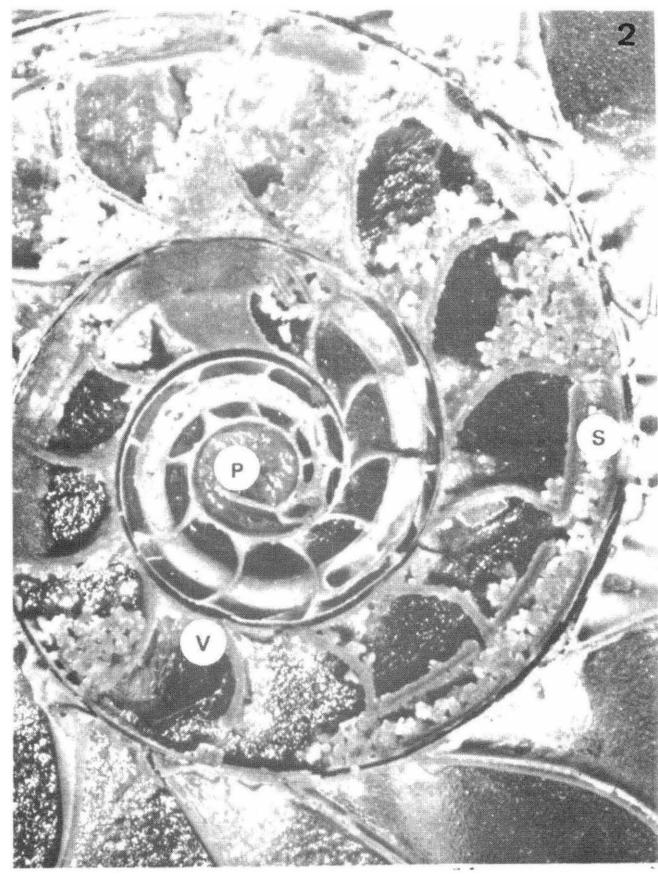
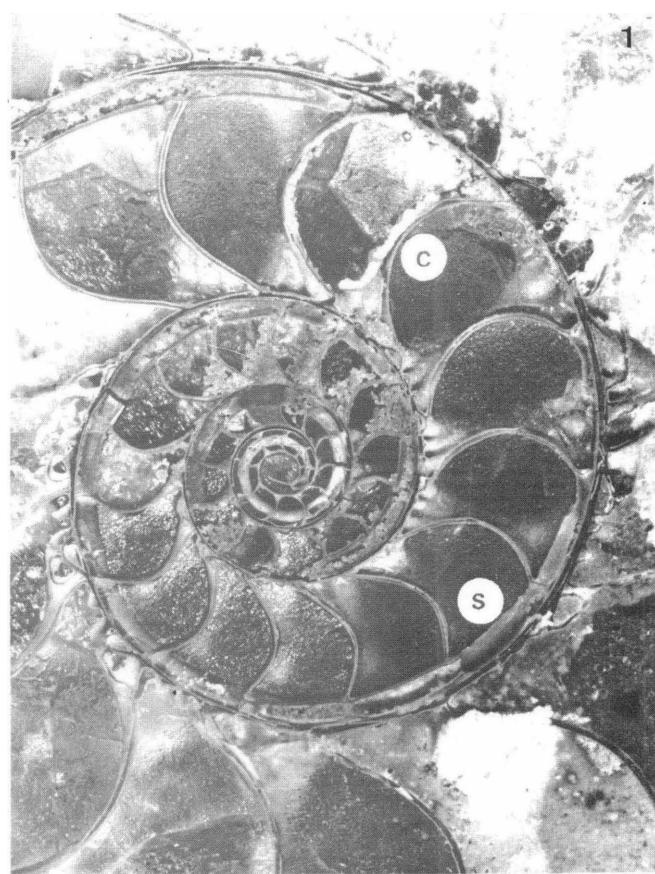
p: prosiphon phosphaté

s: canal siphonal

v: première varice indiquant la fin du premier tour.

PR: protoconque

**PI.D**



## Planche E

Fig. 1: *Douvilleiceras gr mammillatum* SCHLOTHEIM D12

vue d'ensemble des premiers tours

s: siphon phophaté non complètement conservé et montrant son allure souple.

c: cloison

Fig. 2: *Lyelliceras pseudolyelli* PARONA et BONARELLI L5

section polie non parfaitement médiane et ne passant pas par la protoconque.

T: test montrant les trois couches déjà décrites 2 couches phophatées externes et une couche médiane calcitique.

S: siphon

C: cloison montrant les 3 couches.

Fig. 3: Nautilus actuel

P: protoconque

S: siphon calcitaire, médian et rectiligne

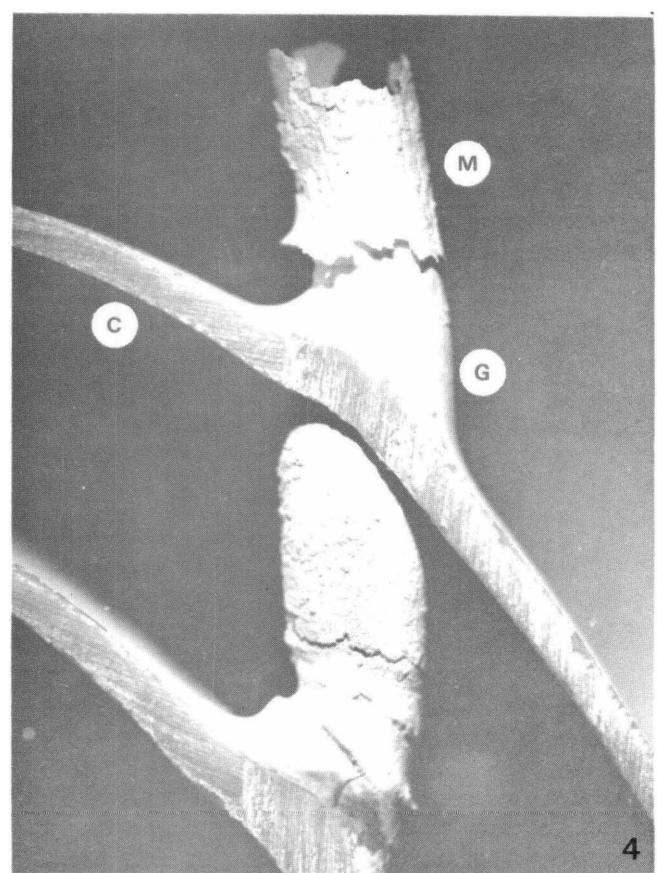
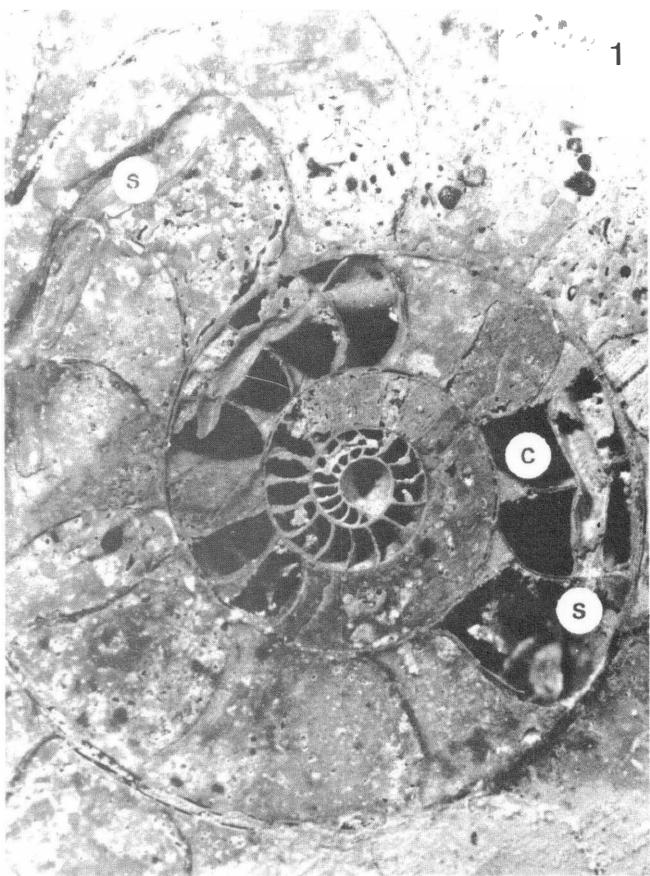
C: cloison en aragonite

T: test aragonitique

Fig. 4: Nautilus actuel

G: goulot siphonal interne par rapport à la membrane calcaire du siphon M

C: cloison





**Planche A:**

**fig. 3 a-b, 4 a-b, 5 a-b, 7 a-b, 9, 11: clichés J. DIDELOT**

**Planche B:**

**fig. 2 a-b, 4, 6 a-b-c, 8 a-b-c: clichés J. DIDELOT**

**Planche D:**

**fig. 1, 2, 3, 4: clichés J.P. CUIF**

**Planche E:**

**fig. 1, 2, 3, 4: clichés J.P. CUIF**



## Table des matières

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

|                                                 |          |
|-------------------------------------------------|----------|
| <i>Avant-propos</i>                             | .....    |
| <i>Sommáire</i>                                 |          |
| <i>Introduction</i>                             | ..... 11 |
| <i>Première partie</i>                          |          |
| <i>Etude régionale - historique</i>             |          |
| I . SITUATION GEOGRAPHIQUE .....                | 15       |
| a) Gourdon .....                                | 15       |
| b) cadre géographique .....                     | 15       |
| <i>Relief</i> .....                             | 15       |
| <i>Hydrographie</i> .....                       | 15       |
| <i>Climat et végétation</i> .....               | 15       |
| II . SITUATION GEOLOGIQUE . STRATIGRAPHIE ..... | 17       |
| a) cadre géologique .....                       | 17       |
| b) stratigraphie .....                          | 17       |
| <i>Trias</i> .....                              | 17       |
| <i>Jurassique</i> .....                         | 17       |
| <i>Crétacé</i> .....                            | 17       |
| <i>Tertiaire</i> .....                          | 18       |
| III. HISTORIQUE .....                           | 18       |
| IV. ETUDES PALEONTOLOGIQUES .....               | 26       |
| a) Parona et Bonarelli .....                    | 26       |
| b) Jacob C. .....                               | 26       |
| c) Gouraou et Escragnolles .....                | 29       |
| <i>Conclusions</i>                              | .....    |
| <i>Deuxième partie</i>                          |          |
| <i>Taphonomie - Pétrographie des fossiles</i>   |          |
| <b>ASPECT EXTERNE DES FOSSILES</b>              |          |
| I. CARACTERES GENERAUX .....                    | 33       |

|                       |       |           |
|-----------------------|-------|-----------|
| <b>V. MICROFAUNES</b> | ..... | <b>61</b> |
| 1- Gourdon            | ..... | 61        |
| 2- Escragnolles       | ..... | 61        |

*Troisième partie*  
**Structures internes - croissance**

**STRUCTURES INTERNES**

|                                                   |       |           |
|---------------------------------------------------|-------|-----------|
| <b>I RELATION ASPECT EXTERNE - ASPECT INTERNE</b> | ..... | <b>67</b> |
| 1- exemples                                       | ..... | 67        |
| <i>Desmoceras latidorsatum D1.1</i>               | ..... | 67        |
| <i>Desmoceras latidorsatum D1.5</i>               | ..... | 67        |
| <i>Desmoceras latidorsatum D10</i>                | ..... | 67        |
| <i>Beudanticeras beudanti D13</i>                 | ..... | 68        |
| <i>Premières conclusions</i>                      | ..... | 68        |
| <i>Lyelliceras pseudolyelli L5</i>                | ..... | 68        |
| <i>Lyelliceras pseudolyelli L22</i>               | ..... | 69        |
| <i>Lyelliceras pseudolyelli L20</i>               | ..... | 69        |
| <i>Conclusions</i>                                | ..... | 69        |
| <i>Douvilleiceras gr mammillatum D12</i>          | ..... | 69        |
| <i>Douvilleiceras gr mammillatum D10</i>          | ..... | 71        |
| <i>Hoplites latesulcatus H51</i>                  | ..... | 71        |
| <i>Hoplites escragnollensis H16</i>               | ..... | 71        |
| <i>Hoplites paronai H55</i>                       | ..... | 71        |
| 2- conclusions                                    | ..... | 72        |

|                               |       |           |
|-------------------------------|-------|-----------|
| <b>II STRUCTURES INTERNES</b> | ..... | <b>72</b> |
| 1) le test                    | ..... | 72        |
| 2) les cloisons               | ..... | 76        |
| 3) le siphon                  | ..... | 79        |
| 4) la protoconque             | ..... | 81        |
| <i>Conclusions</i>            | ..... | 83        |

**CROISSANCE**

|                                      |       |           |
|--------------------------------------|-------|-----------|
| <b>I GENERALITES</b>                 | ..... | <b>85</b> |
| <b>II BEUDANTICERAS BEUDANTI D13</b> | ..... | <b>87</b> |
| § largeur des loges                  | ..... | 87        |
| § hauteur des loges                  | ..... | 87        |

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| § rayon .....                                       | 89  |
| § surface des loges $l \times h = S$ .....          | 89  |
| § $h - l$ .....                                     | 89  |
| § $R - l$ et $R - h$ .....                          | 89  |
| § angle de la spirale logarithmique .....           | 90  |
| <i>Conclusions</i> .....                            | 90  |
| <b>III DESMOCERAS LATIDORSATUM D10</b> .....        | 90  |
| § largeur des loges $l$ .....                       | 90  |
| § hauteur du tour $h$ .....                         | 90  |
| § surface des loges $l \times h = S$ .....          | 92  |
| § hauteur du tour - largeur des loges $h - l$ ..... | 92  |
| § angle de la spirale logarithmique $a$ .....       | 92  |
| <i>Conclusions</i> .....                            | 92  |
| <b>IV DOUVILLEICERAS gr MAMMILLATUM D12</b> .....   | 92  |
| § largeur et hauteur des loges $h - l$ .....        | 92  |
| § surface des loges $h \times l = S$ .....          | 94  |
| § hauteur et largeur des loges $h - l$ .....        | 94  |
| § angle de la spirale logarithmique .....           | 94  |
| <i>Conclusions</i> .....                            | 94  |
| <b>Conclusions générales</b> .....                  | 99  |
| <b>Tableau de répartition stratigraphique</b> ..... | 103 |
| <b>Bibliographie sommaire</b> .....                 | 105 |
| <b>Index alphabétique général</b> .....             | 111 |
| <b>Liste des figures</b> .....                      | 115 |
| <b>Planches hors texte</b> .....                    |     |

\*

\*

\*

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| a) absence du test .....                 | 33 |
| b) érosion des fossiles .....            | 33 |
| § degré d'usure .....                    | 35 |
| § localisation de l'érosion .....        | 35 |
| c) fossiles entiers et fragments .....   | 35 |
| d) datation relative des fractures ..... | 37 |
| e) conclusions .....                     | 39 |
| <br>II. DEFORMATIONS .....               | 41 |
| a) les déformations cassantes .....      | 41 |
| b) les déformations souples .....        | 44 |
| § réduction d'épaisseur .....            | 44 |
| § torsion de profil .....                | 44 |
| § compressions selon un diamètre .....   | 44 |
| <br><i>CONCLUSIONS</i> .....             | 45 |

## ETUDE DU SÉDIMENT

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| I. NATURE DE SEDIMENT .....                          | 47 |
| A) LITHOFACIES .....                                 | 47 |
| a) la glauconie .....                                | 47 |
| b) le phosphate .....                                | 48 |
| c) argiles .....                                     | 48 |
| d) conclusions .....                                 | 48 |
| B) BIOFACIES .....                                   | 49 |
| <br>II. REPARTITION DU SEDIMENT DANS LES LOGES ..... | 51 |
| <i>Hoplites paronai H46</i> .....                    | 51 |
| a) description .....                                 | 51 |
| b) interprétation .....                              | 51 |
| <i>Douvilleiceras grammillatum</i> .....             | 52 |
| a) description .....                                 | 52 |
| b) interprétation .....                              | 53 |
| <i>Conclusions</i> .....                             | 53 |
| <br>III. COMPARAISON ENTRE DIVERSES AMMONITES .....  | 59 |
| <br>IV. MECANISME DU REMPLISSAGE .....               | 60 |

