

50376  
1962  
36

50376  
1962  
36

Contribution à l'étude



du GIVETIEN  
et du FRASNIEN

du Boulonnais.

## A V A N T   P R O P O S

---

Ce travail a été préparé au Laboratoire de Géologie de la Faculté libre des Sciences de Lille.

Je tiens à remercier en premier lieu Mademoiselle D. LE MAITRE, Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille qui m'a proposé ce sujet. J'ai eu souvent recours à ses excellents conseils qu'elle n'a cessé de me prodiguer durant la préparation de ce travail.

Ma reconnaissance va également à Monsieur G. DUBAR, Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

Je remercie aussi Monsieur le Directeur des Carrières Tartynskal qui m'a facilité l'entrée des carrières du Banc Noir et du Griset, et qui a bien voulu me permettre de consulter les plans de ces carrières.

## SOMMAIRE

### I.- INTRODUCTION

#### 1ère Partie : STRATIGRAPHIE

### II.- CADRE GEOLOGIQUE

### III.- HISTORIQUE

### IV.- DESCRIPTION ET ETUDE STRATIGRAPHIQUE DES CARRIERES

a/ carrière du Banc Noir

b/ carrière du Griset.

### V.- ETUDE TECTONIQUE.

### VI.- LES BIOHERMES ET BIOSTROMES DU GIVETIEN SUPERIEUR DU BOULONNAIS.

#### 2ème Partie : ETUDE PALEONTOLOGIQUE

A) BRACHIOPODES : 1/ SPIRIFERIDES  
2/ RYNCHONELLIDES

B) LAMELLIBRANCHES

C) GASTROPODES

D) CEPHALOPODES

E) ARTHROPODES

F) POISSONS

CONCLUSIONS : a/ Résultats stratigraphiques  
b/ Résultats paléontologiques

BIBLIOGRAPHIE

PLANCHES

INTRODUCTION

Nous avons entrepris la révision des formations dévoniennes du Boulonnais. Toutefois, ce travail, en raison de son importance, est limité à l'étude du Givétien supérieur, du Frasnien inférieur et de la base du Frasnien moyen. Nous avons donc délibérément laissé de côté les couches de base du Givétien : Poudingue et grès de Caffiers. Le calcaire Givétien de Blacourt est exploité à l'extrémité Sud-orientale des affleurements dévoniens, dans les carrières du Banc Noir et du Griset. L'étude de ces carrières a permis d'établir une stratigraphie détaillée du calcaire de Blacourt et d'observer pour la première fois dans le Givétien du Boulonnais, de petits biohermes bien définis.

Pour la partie paléontologique, nous nous sommes limitée à une étude détaillée des Brachiopodes dont les Spiriféridés. Etant donné l'importance et le but donnés à cette étude, il a fallu laisser de côté toute la description des Polypiers et des Stromatopores.

## II.- CADRE GEOLOGIQUE

Le Bas Boulonnais (Pl.1, fig. 1) est une région ayant presque la forme d'un demi-cercle, bordé du côté Ouest par la mer et des autres côtés par une ceinture crétacée. Cette région fait partie d'un anticlinal qui s'est formé dans le Bassin anglo-parisien et qui comprend avec le Boulonnais une région anglaise plus étendue, le Weald. Le sommet de l'anticlinal a été complètement érodé. La craie forme une ceinture escarpée du côté interne tandis qu'elle descend en pente douce vers l'extérieur.

Le Bas Boulonnais est composé principalement des assises jurassiques moyennes et supérieures, les terrains paléozoïques n'apparaissent que dans la partie N.-E. Les terrains dévoniens disparaissent sous le Crétacé au N. et à l'E., sous le Jurassique à l'W. et sont recouverts par le Carbonifère au S. La direction générale des couches est W.- N.W - E.-S.E. et le pendage moyen est de 20 à 25° au Sud-Ouest. Les terrains dévoniens forment une bande de 6 Km de longueur sur 1,500 Km de largeur, depuis le ruisseau de Blacourt à l'Ouest jusqu'au ruisseau de Crembreux à l'Est. On peut évaluer leur épaisseur à 700 m. environ.

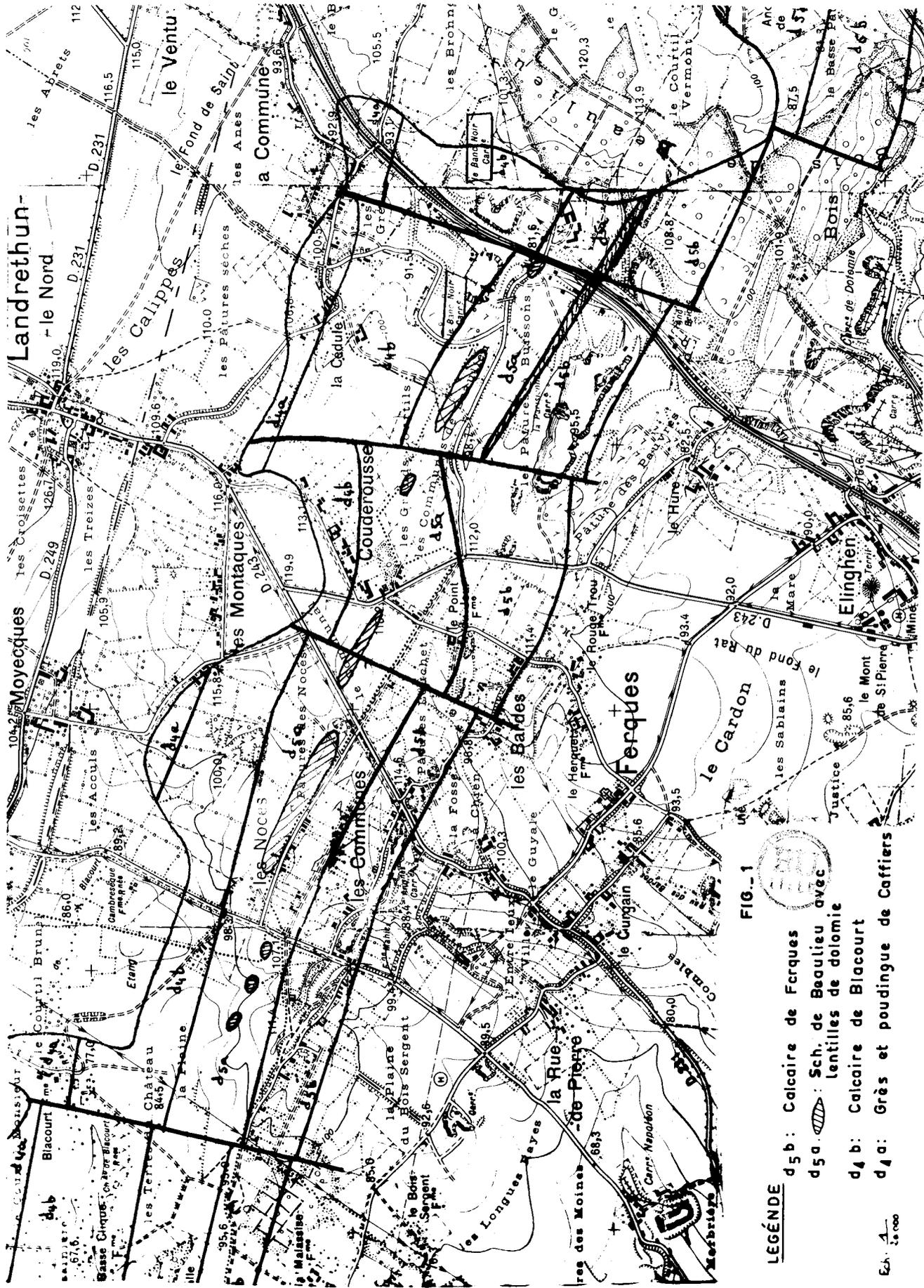


FIG. 1

- LEGENDE**
- d5b: Calcaire de Ferques
  - d5a: Sch. de Beaulieu avec lentilles de dolomie
  - d4b: Calcaire de Blacourt
  - d4a: Grès et poudingue de Caffiers

Ech. 1/5000

### III. HISTORIQUE

Les terrains paléozoïques du Bas Boulonnais ont fait l'objet de recherches nombreuses et détaillées. Mais nous ne citerons ici que les études ayant trait tout spécialement au Dévonien. D'autres auteurs seront nommés au fur et à mesure du développement de ce travail et figureront dans la bibliographie.

Les toutes premières recherches furent réalisées par GARNIER qui, en 1823, publie un "Mémoire Géologique" sur les terrains du Bas Boulonnais. Il étudie la composition et la texture des calcaires exploités à cette époque.

C'est à ROZET que revient le mérite d'avoir remarqué le premier (1828) une identité entre les couches du Boulonnais et celles de la Belgique.

En 1831, LONSDALE étudiant les récoltes de DU SOUICH, reconnaît lui aussi une grande similitude entre les fossiles dévoniens du Boulonnais et ceux de la Belgique. En même temps qu'une étude détaillée de dix espèces fossilifères, LONSDALE donne une liste comparative des fossiles de la France, de la Belgique et du Devonshire.

G. AUSTIN publie en 1853 une étude stratigraphique des séries paléozoïques du Boulonnais. La succession des couches concernant le Dévonien est insérée dans le tableau stratigraphique (pg. 6). L'exemplaire de l'article que nous avons pu consulter à la Bibliothèque de Boulogne comportait des remarques personnelles de RIGAUX concernant le calcaire de LA CEDULE. Celui-ci avait été placé par AUSTIN en-dessous des schistes et grès à plantes de BLACOURT. Une excursion commune de RIGAUX et AUSTIN montra que le calcaire de LA CEDULE était en réalité au-dessus des grès à plantes.

GOSSELET reprend, en 1860 une étude comparée des terrains primaires du Boulonnais avec ceux de la Belgique. La succession donnée par GOSSELET est insérée dans le tableau stratigraphique (pg. 6)

Les premières études détaillées consacrées exclusivement au Primaire du Boulonnais furent publiées par RIGAUX en 1865. Dans sa notice stratigraphique sur le Bas Boulonnais, RIGAUX divise le Givétien et la base du Frasnien en quatre assises principales :  
Ce sont de la base au sommet :

- 1) Quartzites et poudingue de CAFFIERS formant la couche la plus inférieure de la série.
- 2) Calcaire de BLACOURT : cette assise est composée de calcaires alternant avec des schistes qui lui ont fourni : *Spirifer bouchardi*, *Leptoena dutertrii*, *Choetetes goldfussi*, *Rhynchonella*.
- 3) Dolomie des NOCES intercalée dans les schistes de BEAULIEU.
- 4) Schistes de BEAULIEU de 100 à 120 m. d'épaisseur.

Cet auteur cite dans les couches inférieures des schistes de Beaulieu : *Spirifer bouchardi*, "*Spirigerina*" *reticularis*, *Cyrtina heteroclyta*, *Orthis striatula*, *Strophalosia productoides*, *Choetetes goldfussi*, *Chonetes* n.sp. , *Favosites dubia*.

En 1872, RIGAUX publie une étude détaillée de quelques Brachiopodes du Dévonien de Ferques, et en 1878, le même auteur présente dans le "Geological Magazine" une liste des Brachiopodes du Bas-Boulonnais.

Les similitudes entre les terrains primaires du Boulonnais et ceux de l'Ardenne étant établies, GOSSELET précise, en 1880, la position du Boulonnais par rapport aux Bassins de Namur et de Dinant. L'absence du Dévonien inférieur dans le Boulonnais le rapproche du Bassin de Namur et Caffiers serait situé sur le bord du plateau du Brabant. Ce n'est qu'au Givétien que la mer dévonienne pénètre dans le Bassin de Namur.

En 1892, RIGAUX reprend l'étude stratigraphique du Boulonnais et publie une notice géologique sur le Bas Boulonnais. Cet auteur ne s'est pas contenté de donner une succession des terrains paléozoïques résumée dans le tableau stratigraphique (pg. 6). Il étudie aussi les variations spatiales des gîtes fossilifères. C'est ainsi qu'il remarque qu'à l'Ouest le calcaire de Blacourt est dur, peu fossilifère, alors que près de Beaulieu, ce calcaire est tendre, riche en fossiles. RIGAUX précise également la position stratigraphique du calcaire Bastien épais d'une dizaine de mètres, séparé du calcaire de Blacourt par des schistes peu développés. D'après la faune, ce calcaire serait plutôt rattaché à l'étage Frasnien.

Ayant établi une succession détaillée des couches du Paléo-

zoïque du Boulonnais (pg. 6) RIGAUD s'attache ensuite à l'étude paléontologique de soixante espèces rencontrées dans le Boulonnais.

Dans une note publiée sous le titre "Esquisse géologique du Boulonnais", BARROIS présente, en 1895, la succession des couches du Boulonnais résumée dans le tableau stratigraphique (pg. 6)

D'après les fossiles recueillis, BARROIS date le calcaire de Blacourt comme étant du Dévonien moyen.

A part les comparaisons entre les terrains primaires du Boulonnais et ceux de la Belgique, la tectonique du Boulonnais n'avait pas fait l'objet d'une étude détaillée. Ce fut ROBINSON qui, en 1921, étudia les différentes phases des orogènes calédonienne et hercynienne dans le Boulonnais. Cet article est illustré par une carte détaillée des terrains paléozoïques et des nombreuses failles qui les ont affectées.

Cette étude tectonique du Boulonnais fut reprise en détail par MM. PRUVOST et PRINGLE, en 1924, ainsi que son étude stratigraphique.

La légende de la carte géologique de Boulogne, établie par M. PRUVOST et éditée en 1928 nous donne également la stratigraphie (voir pg. 6) et les affleurements de ces terrains dans le Boulonnais.

Enfin, Mlles D. LE MAITRE et I. DEVOS ont publié, en 1961, deux notes concernant le Dévonien de Ferques en Boulonnais. Les résultats de cette révision stratigraphique du Givétien et de la base du Frasnien moyen sont présentés dans le tableau stratigraphique (pg. 6)

#### DESCRIPTION ET ETUDES STRATIGRAPHIQUES DES CARRIERES.-

##### a) Carrière du Banc Noir. (Pl. II , fig. 1)

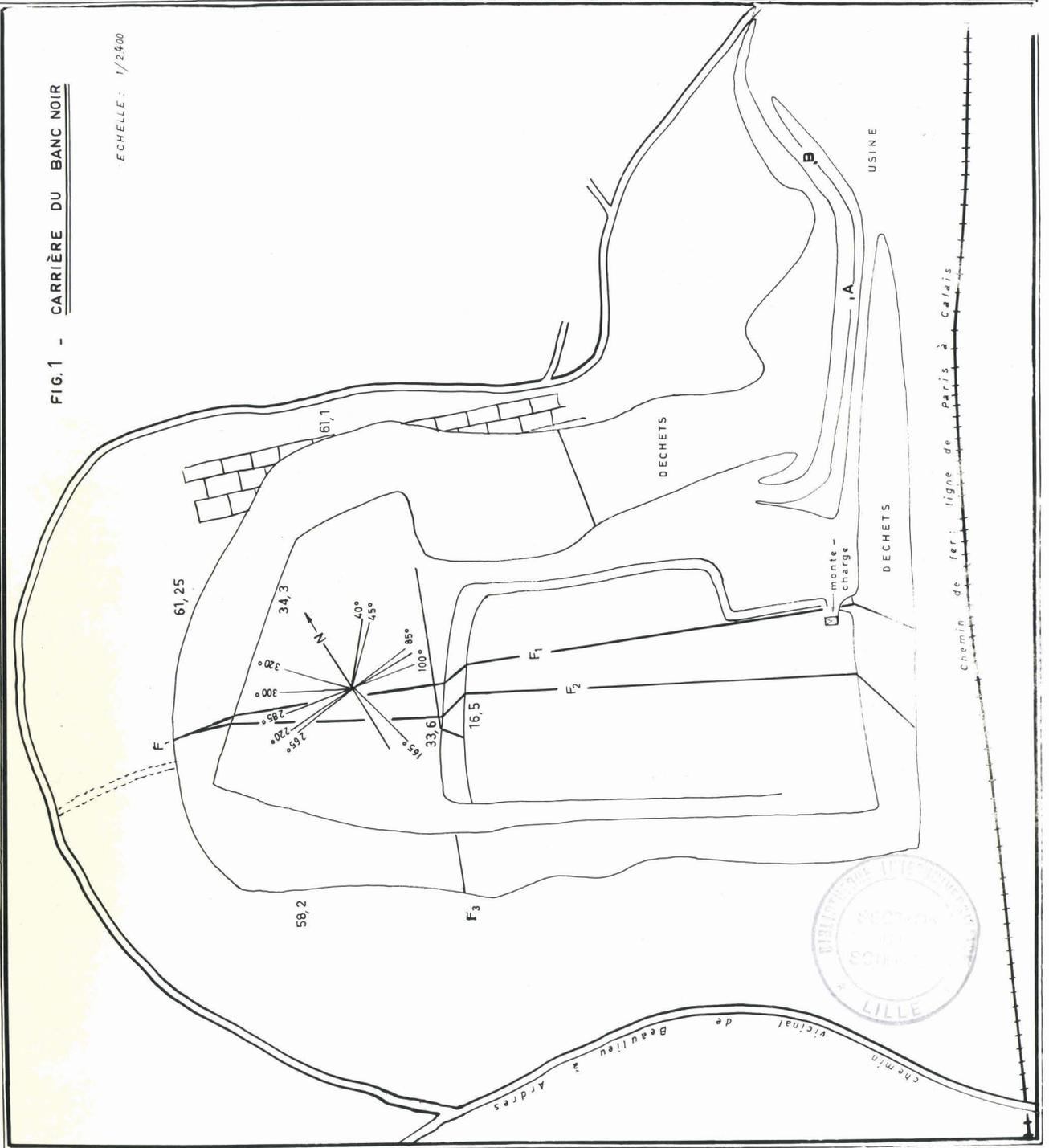
La carrière du Banc Noir est située à environ 5 Km de la Cédule, à l'Ouest de la voie ferrée Calais-Boulogne. L'exploitation se fait sur une longueur de 90 m. entre les angles 85° et 165°, et la hauteur du front de taille est de 17 m. L'avancée se fait vers l'Ouest 30° Nord. Les calcaires exploités sont concassés, enrobés de macadam et utilisés à l'empierrement des routes. L'ancienne

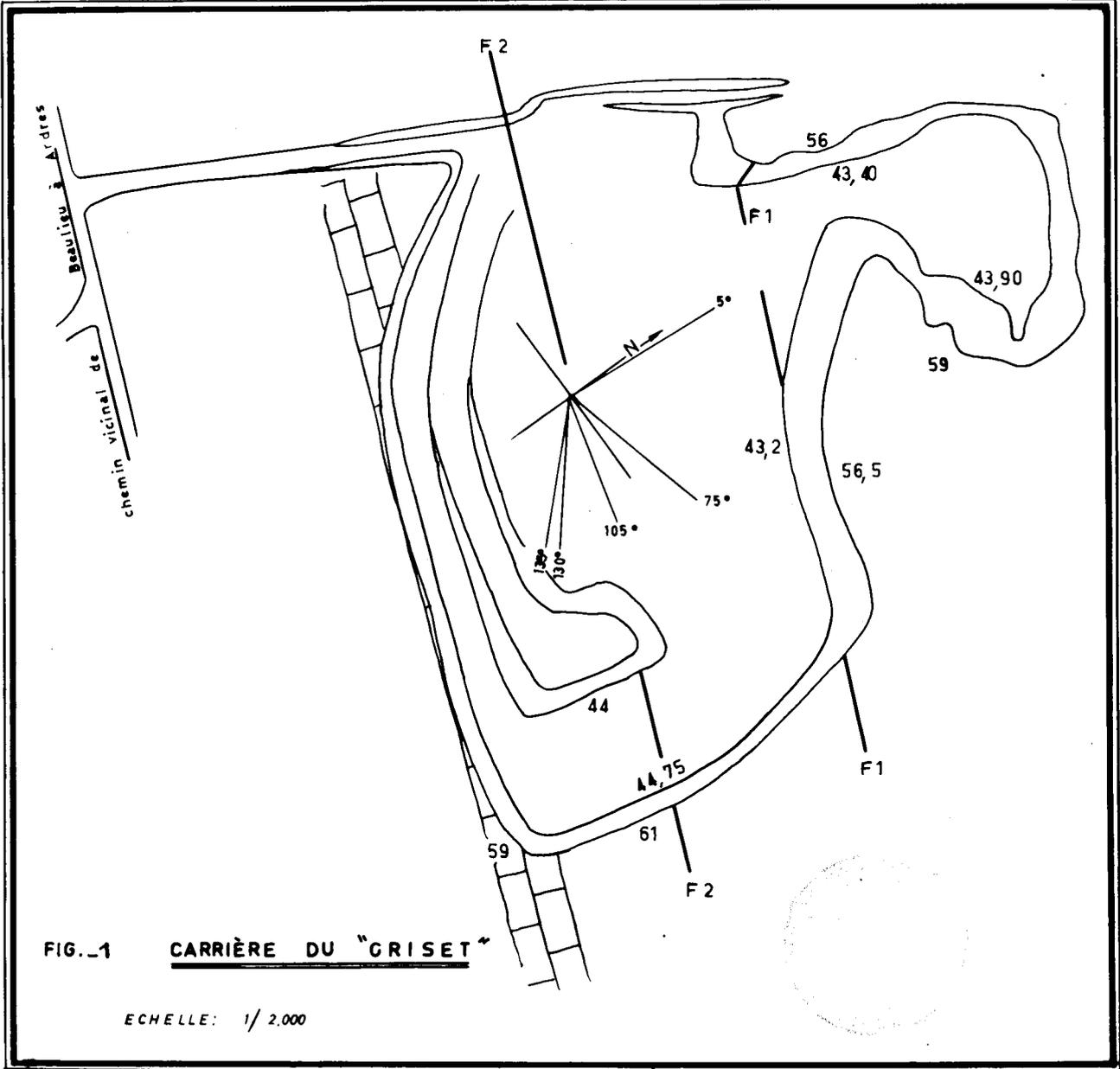
AUSTIN 1853	GOSSELET 1860	RIGAUX 1865	RIGAUX 1909	P. PRUVOST 1928	D. LE MAITRE et I. DEVOS - 1961	ETAGES
	grès rouges et jaunes de Fiennes	Schistes et psammites du Huré	Grès psammitiques de Ste. Godelaine	Grès blancs et psammites de Ste. Godelaine	non étudié	Famennien
Calcaire de Ferques	Calcaire de Ferques	Calcaire de Ferques	2) Ferquien	Schistes rouges d'Hydrequent	non étudié	Frasnien supérieur
Niveau à dolomie avec intercalations de schistes	Schistes rouges Dolomie caverneuse Schistes à polypiers	Schistes de Beaulieu et Dolomie des Noces	I) Beaulien Schistes de Beaulieu Dolomie des Noces Schistes de Cambresèque	Calcaire de Ferques	Dolomie de Fiennes Schistes de Beaulieu et dolomie des Noces zone à C. supradisjunctus	Frasnien moyen
				Dolomie de Fiennes Schistes de Beaulieu et Dolomie des Noces	Schistes et plaquettes calcaires à <u>M. bouchardi</u>	Frasnien inférieur
				Calcaire de la Cédule		
Calcaire de Blacourt	Calcaire de Blacourt	Calcaire de Blacourt	Schistes et calcaire Bastien	Calcaire de Blacourt	Calcaire de Blacourt Bancs à Murchisonia Bancs à Stringocephalus Calcaire récifal	Givétien supérieur
Grès à plantes de Blacourt Schistes Calcaire de la Cédule Poudingue de Caffiers.	grès verts et schistes rouges	Quartzite et Poudingue de Caffiers	Calcaire de Blacourt	Grès de Caffiers	Calcaire crinoïdique et grès de Caffiers	Givétien moyen
			Poudingue et grès de Caffiers.	Poudingue de Caffiers	Poudingue de Caffiers	Givétien inférieur
			Schistes	Siluriens à Monograptus colonus		

T A B L E A U   S T R A T I G R A P H I Q U E

FIG.1 - CARRIÈRE DU BANC NOIR

ECHELLE: 1/2400





exploitation se faisait à un étage supérieur sur une longueur de 130 m. entre les angles 265° et 45° et sur une profondeur de 27 m. C'est l'étude de cette paroi exploitée antérieurement qui nous permettra d'établir une coupe détaillée du calcaire de Blacourt.

Le Calcaire de Blacourt présente une direction générale Est 20° Sud avec un pendage de 20 à 22° S-S.W. En fait, cette direction est plus méridionale car des failles subverticales de direction N-S. repoussent en bloc les couches vers le Sud. Ce calcaire possède une épaisseur d'environ 80 m. mais n'affleure pas totalement dans cette carrière.

C'est la face Ouest qui nous a permis d'étudier très en détail le calcaire de Blacourt. La paroi est abrupte et rend parfois l'étude difficile, mais un chemin, tracé en pointillé sur la planche n° 2, permet d'accéder à la partie supérieure de la carrière. En cet endroit, la terre arable ne masque plus les affleurements calcaires et permet ainsi de suivre la succession stratigraphique banc par banc. Le calcaire de Blacourt n'affleure pas complètement sur cette paroi, il est possible de poursuivre son étude en suivant le talus bordant le plan incliné A B parallèle à la remontée des wagonnets.

#### b) Carrière du Griset. (Pl. III, fig. 1)

La carrière du Griset située à l'Est de la voie ferrée Calais-Boulogne recoupe les mêmes formations que celles rencontrées dans la carrière du Banc Noir. Le calcaire est exploité à deux étages différents :

- à l'étage supérieur, sur une longueur de 130 m. entre les angles 5° et 75°, une largeur de 120 m. entre les angles 75° et 130°. La hauteur de la paroi exploitée atteint 16 m.
  - à l'étage inférieur, sur une largeur de 50 m entre les angles 105° et 135°. L'étude de ces parois exploitées et abruptes est difficile. Seule la face sud ne l'est pas et a permis l'observation de biostromes que l'on retrouve sur la paroi exploitée est.
- Immédiatement au Nord, une petite excroissance non exploi-

tée de cette carrière a permis de poursuivre les comparaisons avec les couches du Banc Noir. Le calcaire qui affleure est semblable par la faune trouvée aux couches calcaires inférieures et supérieures au Récif I.

Les fossiles rencontrés sont les suivants :

- des Polypiers : Cyathophyllides simples et composés (*Hexagonaria boloniense*)  
1) Rugueux Cystiphyllidés.
- 2) Tabulés : Favositidés, Alveolitidés, Auloporidés.
- des Stromatopores lamellaires avec présence de tubes de *Caunopora*.
- des Bryozoaires.
- des Brachiopodes : *Atrypa reticularis*, *Atrypa betencourti*, *Atrypa aspera*, *Cyrtina heteroclyta*, *Cyrtospirifer conoides*, *Cyrtospirifer aperturatus* var *cuspidata*, *Athyris concentrica*, *Undispirifer undiferus*.
- des restes de Poissons: dont une dent de *Ptyctodus*.

ETUDE STRATIGRAPHIQUE. (Pl. IV, fig. 1 et 2) Carrière du Banc Noir

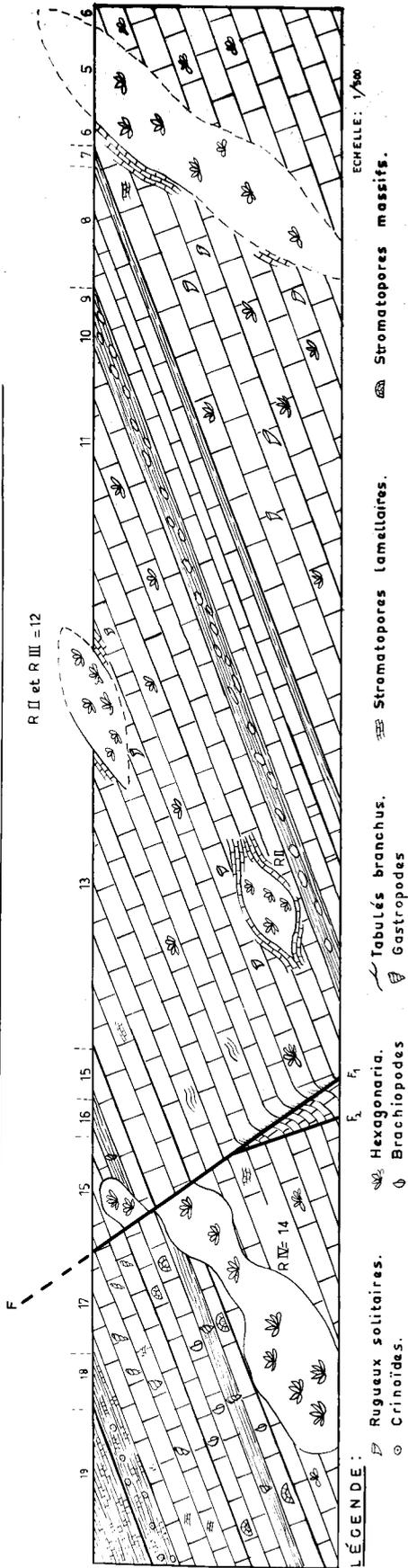
La succession, le long du plan incliné AB, a été établie. On rencontre de bas en haut : (voir Pl. II, fig. 1)

1. calcaire rougeâtre très crinoïdique.
2. schistes calcaréo-marneux alternant avec des plaquettes très fossilifères dans la partie supérieure (e = 1,20 m.)  
Ces dernières ont fourni notamment des *Athyris concentrica*, des *Atrypa reticularis*, des *Crurithyris inflata*.
3. Calcaire gris crinoïdique à Brachiopodes (e = 2 m.)
4. Schistes à nodules calcaires (e = 1,20 m.) . Les mensurations de ces nodules sont en moyenne égales à 25 cm. sur 13 cm. et une épaisseur de 8 à 10 cm.

Les séries supérieures suivantes ont été observées sur la paroi Ouest de la carrière du Banc Noir :

- a/ une série récifale de 4 Biohermes.
- b/ une série de calcaires stratifiés encadrant les récifs, avec quelques intercalations de schistes.

FIG. 1. — COUPE DE LA FACE OUEST DE LA CARRIÈRE DU BANC NOIR



PL. IV

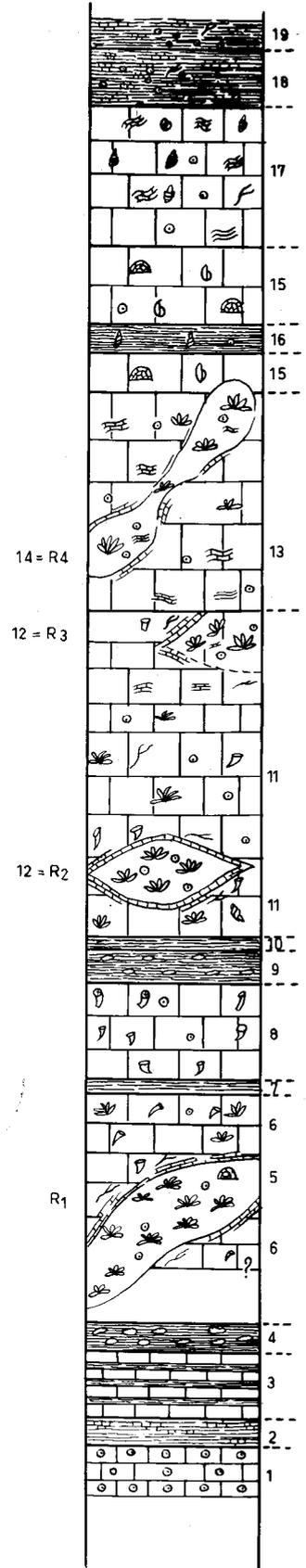


FIG. 2.

De la base au sommet, nous notons la présence :

5. du Récif 1 qui s'étend jusqu'à la partie supérieure de la carrière sur une largeur de 10 m. environ. Le calcaire construit est massif, gris rougeâtre à faune abondante comprenant :

- des Polypiers : Polypiers simples et composés dont *Hexagonaria boloniense*, colonies atteignant parfois de grandes dimensions.
- 1) Rugueux : Cystiphyllidés.
- 2) Tabulés : Favosites, Alveolites, Aulopora, Thamnopora.

Les passées schisteuses bordant le Récif 1 sont très fossilifères, les récoltes ont fourni :

- des Cyathophyllidés simples, des Polypiers branchus.
- des Crinoïdes : tiges d'encrines.
- des Bryozoaires
- des Brachiopodes : *Atrypa reticularis*, *Atrypa betencourti*, *Atrypa aspera*, *Cyrtina heteroclyta*, *Cyrtina sauvagei*, *Cyrtospirifer conoïdeus*, *Cyrtospirifer aperturatus* var. *echinulata*, *Cyrtospirifer aperturatus* var. *cuspidata*, *Spinocyrtia ascendens* var. *plicatilis*, *Undispirifer undiferus*, *Athyris concentrica*, *Stringocephalus burtini* (rare).
- des Céphalopodes : *Michelinoceras anguliferum*.

6. Six bancs calcaires à Polypiers qui servent de soubassement et de couches d'envasement au Récif 1. Leur épaisseur est d'environ 15 m. Le banc inférieur est rempli de calcite ce qui le rend friable. Dans ces bancs calcaires, des colonies d'*Hexagonaria* atteignent une grande taille. Nous avons relevé les mesures suivantes : 80 cm de longueur sur 70 cm de largeur et une hauteur de 50 cm environ. La faune est semblable à celle rencontrée aux alentours immédiats du Récif 1, mais moins abondante. Elle a fourni

des Tetracoralliaires, Tabulés, Stromatopores, Crinoïdes, Bryozoaires, parmi les Brachiopodes, *Stringocephalus burtini* très rare, *Cyrtospirifer aperturatus*, *Cyrtospirifer conoïdeus*, *Undispirifer undiferus*, *Athyris concentrica*, *Atrypa reticularis*, *Atrypa aspera*, *Cyrtina heteroclyta*.

7. schistes calcaréo-marneux ( e = 0,5 m.)
8. trois bancs calcaires à Cystiphyllidés, Cyathophyllidés simples et composés, Athyridés, Bellerophontidés (e = 4,5 m).
9. schistes à nodules et plaquettes calcaires (e = 1,5 m.)
10. schistes calcaréo-marneux (e = 0,5 m.)
11. Cinq bancs calcaires à Polypiers : Tétracoralliaires, Cyathophyllidés simples et composés (*Hexagonaria bolo-niense*), Tabulés, Stromatopores lamellaires, des Brachiopodes dont *Cyrtospirifer aperturatus*, *Atrypa reticularis*, *Atrypa aspera*, *Cyrtina heteroclyta*, *Athyris concentrica*, *Undispirifer undiferus*, *Stringocephalus burtini*, *Conocardium marsi*, *Conularia gerolsteinensis*, *Bellerophon*, *Orthoceras*.  
Le banc supérieur est relevé, l'angle de pendage est égal à 35° de direction S. 10° E. , alors que les quatre bancs inférieurs reprennent un pendage normal égal à 20, 22° de direction S -S.W. (e = 9,50 m.)
12. Sous forme d'enclaves dans les bancs calcaires précédents, on observe la série des Récifs : II et III.
  - Récif II : gisant à l'angle 300° de la carrière. Il est bordé de plaquettes calcaires, schisteuses, de couleur gris foncé à *Crurithyris inflata*.
  - Récif III : affleurant au sommet de la carrière, à l'angle 320°. Ce récif est visible partiellement car entamé par l'exploitation ancienne. Sur les flancs du récif, la faune des Brachiopodes est très riche. Les schistes gris foncé qui ont envasé le Récif III contiennent des *Athyris concentrica* en grand nombre. La faune ayant participé à la construction de ces récifs est semblable à celle du Récif I. Des mensurations de colonies coralliennes d'*Hexagonaria* ont pu être réalisées.

Certaines ont 60 cm de longueur, 45 cm de largeur, et 40 à 50 cm de hauteur.

13. Cinq bancs calcaires à Polypiers et Stromatopores.  
(e = 10 m.)
14. Récif IV : est plus développé et sa croissance s'est poursuivie pendant une période assez longue. Il est légèrement discordant sur les couches calcaires sous-jacentes, et il a remonté la pente du talus au fur et à mesure du mouvement de subsidence.
15. Trois bancs calcaires à *Stringocephalus burtini* et à *Stromatopores* massifs de 25 cm de diamètre sur une hauteur de 40 cm, à *Cyathophyllides* simples et composés (*Hexagonaria boloniense*), Crinoïdes, Bryozoaires, des Brachiopodes, *Atrypa reticularis*, *Athyris concentrica*, *Undispirifer undiferus*, des Lamellibranches, *Conocardium clathratum*.
16. Entre les premier et deuxième bancs calcaires à *Stringocephalus burtini*, s'intercalent des schistes calcaréo-marneux à Favositidés (*Favosites dubia*), Bryozoaires Brachiopodes; Undispirifer undiferus, *Athyris concentrica*, *Athyris betencourti*, *Atrypa aspera*; Gastropodes; *Murchisonia intermedia*, *Murchisonia coronata*, *Murchisonia bigranulosa*, *Pleurotomaria defranci*.
17. Quatre bancs calcaires cloisonnés par des filons de calcite ont fourni des Polypiers Rugueux, des colonies de Favositidés, des Stromatopores lamellaires, des Crinoïdes, des Bryozoaires, des Brachiopodes dont *Atrypa aspera*, *Undispirifer undiferus*, *Athyris concentrica*, *Athyris betencourti*. Ces bancs calcaires ont subi une torsion, ils plongent d'abord à l'Ouest puis insensiblement reprennent le pendage S -S.W. (e = 6,5 m).
18. Au toit du banc à *Murchisonia*, des bancs de calcaire foncé, crinoïdique, se débitant en plaquettes peu épaisses alternant avec des marnes bleu foncé. Les fossiles y sont nombreux.  
- des Polypiers : *Heliophyllum*, *Disphyllum goldfussi*,  
*Disphyllum coespitosum*.

- des Crinoïdes : tiges d'encrines.
- des Bryozoaires.
- des Brachiopodes : *Leptaena Ceduloe*, *Leptaena asella*,  
*Leptaena fourmarieri*, *Productus subaculeatus*, *Atrypa reticularis*, *Atrypa aspera*, *Atrypa Legayi*, *Cyrtina demar-  
lii*, *Cyrtina heteroclyta*, *Cyrtospirifer verneulli*, *Mucrospirifer dorlo-  
doti*, *Undispirifer undiferus*, *Gürichella pseudomultifida*, *Athyris con-  
centrica*, *Athyris kaysini*, *Rhynchonella ferquensis*, *Rhynchonella  
omaliusi*, *Camarotoechia Barroisi*,  
*Schizophoria striatula*, *Douvillina thomasi*, *Skenidium*, *Streptorhynchus  
elegans*.
- des Lamellibranches : *Parallelodon*, *Avicula cf ma-  
riae*, *Aviculopecten cf. gilsoni*.
- des Ptéropodes : *Tentaculites*.
- des Céphalopodes : Orthocères.
- des Trilobites : pygidium de *Dechenella* (e = 2,5 m)

19. Alternance de schistes violets et de calcaires crinoïdiques en plaquettes.

Schistes et calcaires contiennent la même faune :  
des Crinoïdes, des Bryozoaires, des Brachiopodes, *Leptaena Ceduloe*, *Leptaena asella*, *Leptaena fourmarieri*, *Douvillina thomasi*, *Streptorhynchus elegans*, *Schizophoria striatula*, *Productus subaculeatus*, *Atrypa reticularis*, *Atrypa aspera*, *Atrypa Legayi*, *Cyrtospirifer verneulli*, *Cyrtospirifer grabau*, *Cyrtospirifer malaisei*, *Cyrtospirifer orbelianus*, *Cyrtospirifer stolbovi*, *Cyrtospirifer syringothyriiformis*, *Cyrtospirifer supradisjunctus*, *Gürichella pseudomultifida*, *Athyris concentrica*, *Atrypa aspera*, *Atrypa reticularis*, *Atrypa legayi*, des Rhynchonelles dont une espèce rare et encore inconnue dans le Boulonnais : "*Rhynchonella*" triloba accompagnant *Rhynchonella ferquensis*, *Rhynchonella omaliusi*,

*Camarotoechia Barroisi*.

- des Lamellibranches : Aviculidés.

- des Céphalopodes : Orthocères.

Le fossile dominant ; *Cyrtospirifer supradisjunctus* y caractérise une zone distincte.

## V. ETUDE TECTONIQUE

D'après les auteurs, PRUVOST et PRINGLE, les terrains siluriens du Boulonnais ont été plissés lors de l'orogénèse calédonienne en une zone anticlinale de direction S.W. - N.E. Le Boulonnais, alors émergé, fut à nouveau envahi par la mer au Dévonien moyen qui occupe alors la dépression appelée Bassin de Ferques et dépose, en discordance sur les schistes du Ludlow inférieur, le poudingue de Caffiers. La sédimentation se poursuit ainsi jusqu'à la fin du Carbonifère.

Au cours de l'orogénèse hercynienne, le fait marquant est l'avancée vers le Nord des terrains situés au Sud. Ces terrains poussés vers le Nord sont plissés en une série de crêtes parallèles : anticlinaux de direction W. - N. - W, E. - S. E., séparés par des synclinaux qui sont du S. au N. : ceux de Rinxent, Hardingham et Calais.

Les axes anticlinaux sont inclinés vers le Nord et transformés en plis-failles. Ainsi le flanc Nord de l'anticlinal de Caffiers est supprimé par faille. De plus cet anticlinal s'effondre rapidement vers l'Ouest.

Les bancs de direction W. - N.W., E. - S.E. sont recoupés par de nombreuses failles subverticales à déplacement horizontal. Celles-ci divisent les bancs en blocs et les ont graduellement repoussés vers le Sud en direction de l'Est (Pl. 1, fig. 1). De ce fait la direction générale est plus méridionale : 25° S. - S.E. alors que la direction moyenne des bancs est de 10° à 15° S. - S.E. Les failles n'affectent que les couches du Dévonien et du Carbonifère, et sont donc post-carbonifères. Ce type de faille a pu être observé dans la carrière du Banc Noir, faille notée F3 (Pl. IV, Fig. 1) de direction N. 20° E. Les couches ont été repoussées en bloc vers le



Fig. 2: Face Est: F<sub>2</sub>

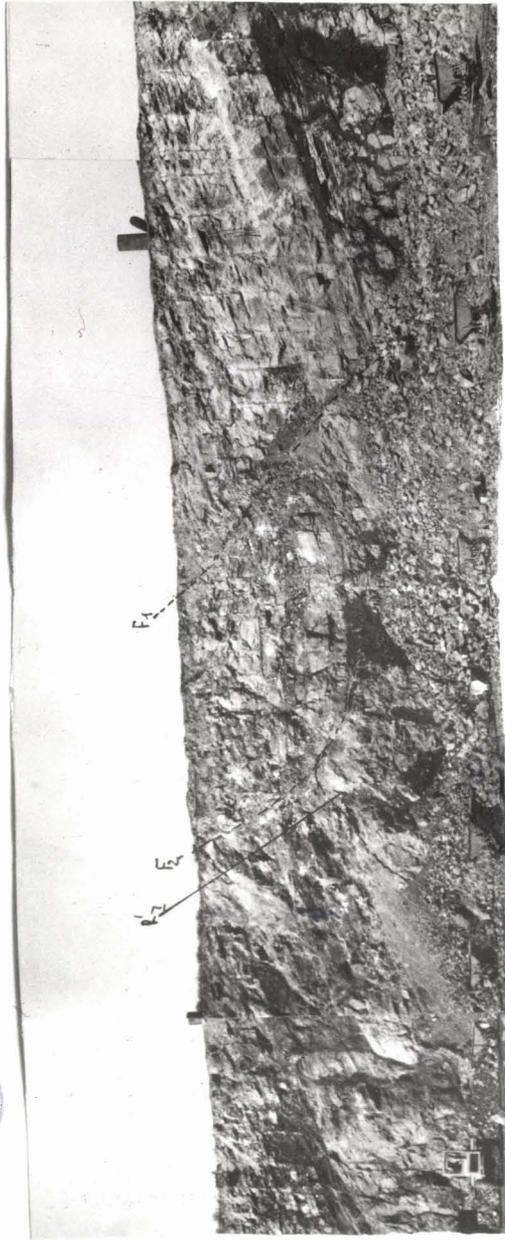


Fig. 3: Face d'exploitation.



Fig. 1: Plan de Faille: F<sub>3</sub>

Carrière du Banc Noir

Sud ce qui explique l'affleurement des schistes seulement sur la partie Est de la paroi N.W.-S.E. de cette carrière.

Les failles subverticales de direction générale N-S sont recoupées par des failles de subsidence, parallèles à la direction des plis et d'âge post-carbonifère. Dans la carrière du Banc Noir, les failles F1 et F2 (Pl. II) de directions respectives E.22°S. et E.30°S. (Pl. V, fig. 3) ont un rejet de 1 m environ vers le Sud. Le pendage est de 45° S.-S.W. pour la faille F1 et 50° S.-S.W. pour la faille F2. Dans la carrière du Griset, des failles de subsidence ont été observées également telles les failles F1 et F2 (Pl. III) de directions respectives E. 22° S. et E. 25° S. et de rejet égal à 2 m. vers le Sud. Leur pendage varie de 45° à 55°.

Ainsi sont tracées les principales lignes structurales du Boulonnais. Il existe donc un massif de schistes siluriens qui constitue une zone anticlinale sur laquelle repose en discordance les couches dévono-carbonifères.

#### VI. LES BIOHERMES ET BIOSTROMES DU GIVETIEN DU BOULONNAIS (Pl. VI)

Le calcaire de Blacourt, bien développé dans la carrière du Banc Noir, est connu comme étant un calcaire récifal, ayant livré de très beaux exemplaires d'organismes coralligènes : Polypiers et Stromatopores. Pour la première fois, la présence de récifs, des biohermes, -petits, il est vrai-, a été signalée dans le Boulonnais.

Les Biohermes apparaissent sur les parois érodées de la carrière comme un calcaire récifal bréchiforme (Pl. VI, fig. 3), caractère dû à la présence de Coraux, légèrement mis en relief sur un calcaire grenu plus altérable. Les Coraux de couleur plus claire tranchent également par rapport au ciment calcaire plus foncé.

Les organismes constructeurs ont conservé leur position de vie même sur les flancs du récif qui sont parfois abrupts. Les biohermes se sont donc développés dans une zone calme, sous la zone d'action des vagues. On remarque à la partie supérieure des Récifs I et II, le renversement de certaines colonies coralliennes. On atteindrait donc là une zone un peu plus turbulente.

La zone calme a favorisé la décantation des boues en suspen-

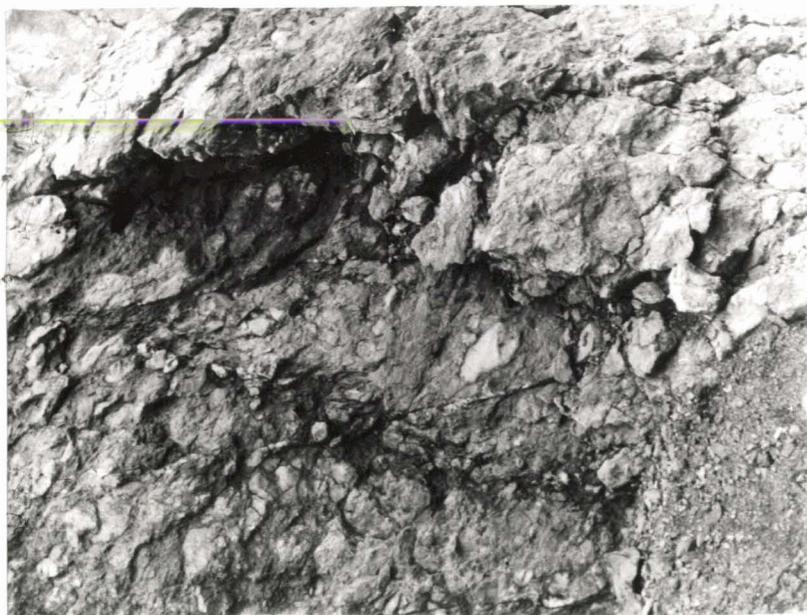


fig. 3

Calcaire récifal: les taches blanches représentent des colonies coralliennes



fig. 4

Récif RII



Récif: R I

fig. 1



fig. 2

Récif: R II

sion dans la zone turbulente; ces boues se sont déposées entre les Coraux développés en zone calme. Elles sont de couleur rouge ou verte avec présence de cristaux de pyrite. Parfois les sédiments argileux forment une couche continue ou "terrasse" qui correspond à un arrêt de croissance du bioherme. De telles terrasses, dues à une subsidence accélérée du fond marin, peuvent être observées dans le Récif I suivant une direction sensiblement parallèle à celle des couches calcaires stratifiées encadrant ce récif. Le bioherme RI', affleurant à l'étage inférieur de l'exploitation, montre plusieurs terrasses parfois épaisses de 10 cm ou plus.

En zone calme, la faune des biohermes est très abondante au point de vue nombre des individus mais pauvre en espèces. Les mieux représentés sont les Cyathophyllides simples et composés, les Cystiphyllides et les Tabulés avec les genres Favosites, Alveolites, Thammopora. Les Stromatopores sont rares et s'ils sont présents, ce sont des Stromatopores lamellaires. Ils s'accoutument mal d'un tel milieu où la décantation est intense, les boues inhibant leur croissance. Les Stromatopores massifs manquent car ils exigent un milieu agité, limpide et moins profond.

Autour des biohermes, la vie foisonne : Polypiers Rugueux, Tabulés, Crinoïdes, Brachiopodes, Gastéropodes ainsi que le témoignent les listes de fossiles données précédemment.

En résumé, les petits biohermes du Givétien du Boulonnais apparaissent donc comme des enclaves dans des couches calcaires stratifiées, celles-ci allant en s'amincissant et en se relevant sur les flancs du récif.

Quand le développement du bioherme atteint la zone de turbulence, la sédimentation se présente alors sous forme de calcaires stratifiés où l'élément détritique est dominant par rapport aux organismes constructeurs qui sont déplacés, transportés, broyés. Il n'y a plus possibilité de dépôts argileux dans les interstices des coraux et la roche est de teinte plus claire. Cette agitation des eaux marines est favorable au développement de Stromatopores lamellaires. Nous avons relevé leur présence dans les couches à Murchisonia tandis que les Stromatopores massifs sont surtout abon-

dants dans les calcaires à Stringocéphales. Accompagnant les Stromatopores (Actinostroma, Trupetostroma, Stromatopora), on remarque la présence de Polypiers simples : Cyathophyllidés, Cystiphyllidés, de Polypiers composés : Hexagonaria boloniense. Les Tabulés sont nombreux : Favositidés et Alveolitidés parmi lesquelles des formes branchues : Caliapora, Thamnopora, Cladopora. Les Crinoïdes, les Brachiopodes abondent. Il suffit de se reporter aux listes de fossiles établies précédemment.

En comparant la faune des biostromes à celle des biohermes, on remarque que cette dernière est plus abondante mais beaucoup moins variée. L'étude du calcaire givétien de Blacourt montre l'existence d'un faciès calcaire récifal prédominant: les biostromes, calcaires stratifiés, passent de façon progressive au calcaire massif et construit des biohermes.

## IIème P A R T I E

### IX. ETUDE PALEONTOLOGIQUE

Le Givétien et le Frasnien du Boulonnais sont très fossilifères, la plupart des groupes Invertébrés y sont représentés. Toutefois, nous n'aborderons pas l'étude de tous ces groupes. C'est ainsi qu'il ne sera pas question des Stromatopores, Polypiers et Bryozoaires dont l'étude nous eût entraînée hors des limites de ce travail.

Notre attention s'est portée principalement sur les Brachiopodes et, parmi ceux-ci, sur les Rhynchonellidés et Spiriféridés dont un bon nombre d'espèces n'avaient pas encore été signalées par les auteurs dans les formations dévoniennes de cette région, par exemple : "Rhynchonella" triloba, Cyrtospirifer aperturatus, grabau, stolbovi, supradisjunctus, syringothyriiformis. Etant donné l'importance des Spiriféridés, leur étude précèdera celle des Rhynchonellidés. Ayant recueilli, à la faveur de conditions spéciales et assez rares, plusieurs centaines de Cyrtospirifer supradisjunctus, nous avons pu réaliser une étude biométrique de cette espèce, étude qui sera exposée ci-après. Nous présenterons d'abord la partie générale concernant

les méthodes de mesures et calculs statistiques.

#### METHODE DES STATISTIQUES

GOSSELET fut le premier à réaliser des séries de mesures de fossiles, et à établir les marges de variations des caractères d'une espèce : le "Spirifer verneuili". Dans son étude, il calcula des moyennes arithmétiques et fit même des comparaisons entre certaines mensurations en réalisant des rapports. Cette méthode fut reprise ensuite par des paléontologistes notamment par W. PAECKELMANN. Mais M. VANDERCAMMEN fut le premier à appliquer cette méthode statistique en détail, telle qu'on le fait en Biologie (1).

Nous nous sommes efforcée de condenser en ces quelques pages les méthodes de mesures et les calculs statistiques réalisés au cours de cette étude. Ceux-ci n'ayant pas encore été publiés, il nous semble utile et intéressant de le faire en ce travail.

Dans les schistes qui affleurent au sommet de la paroi sud de la carrière du Banc Noir, nous avons pu récolter plusieurs centaines de Cyrtospirifer supradisjunctus. Ces spécimens proviennent donc tous d'un même faciès schisteux et d'un même gisement. Ils constituent donc une population homogène et nombreuse, conditions favorables à une étude statistique de cette espèce. Ces séries de mesure vont permettre de mieux définir les limites de l'espèce et les modifications qu'elle subit au cours de l'ontogenèse. Les spécimens retenus pour toute étude statistique doivent être en excellent état de conservation afin de ne pas fausser les mensurations réalisées qui sont les suivantes :

(La liste des abréviations employées correspond à celle adoptée par M. VANDERCAMMEN).

- A. ap : angle apical
- A. b : angle du bourrelet
- A. d : angle delthyrial
- A. s : angle du sinus
- E. vv : épaisseur de la valve ventrale
- E. vd : épaisseur de la valve dorsale
- Et : épaisseur totale
- Ha : hauteur de l'area
- Hvd : hauteur de la valve dorsale
- Ic : longueur cardinale
- It : longueur totale

---

(1) Mr. VANDERCAMMEN a bien voulu nous initier aux méthodes de mesures qu'il a pratiquées, et nous l'en remercions vivement.

I. MENSURATIONS. Les mensurations choisies sont celles qui permettent de discriminer le mieux les espèces et le dimorphisme que l'on peut rencontrer au sein d'une espèce. M. VANDERCAMMEN a divisé les grandeurs en quatre catégories.

1/ Mesures réelles : Ce terme représente une distance entre deux points situés aux extrémités d'une ligne droite ou courbe.

Longueur de la valve ventrale (Lvv)

Hauteur de l'area (Ha)

2/ Mesures volumétriques : Toute mesure volumétrique représente une distance entre deux droites parallèles, situées soit dans le plan de séparation des valves :

Hauteur de la valve dorsale (Hvd)

Longueur totale (lt)

Longueur cardinale (lc)

soit perpendiculairement au plan de séparation des valves :

Epaisseur de la valve ventrale (Evv)

Epaisseur de la valve dorsale (Evd)

Epaisseur totale (Et)

3/ Mesures d'angles : Les angles sont mesurés directement sur le spécimen sauf pour l'angle apical qui doit être calculé.

Angle apical (A. ap)

Angle du sinus (A.s)

L'angle delthyrial et l'angle du bourrelet n'ont pas été mesurés car leur étude n'apporte pas de caractéristiques pour la discrimination des deux formes.

4/ Rapports : Il peut être intéressant de comparer la croissance de deux paramètres et la réalisation de rapports obtenus est un excellent moyen de comparaison.

## II. METHODES DE MESURES.

a) Lvv : La mesure de la longueur de la valve ventrale correspond à la longueur de la côte bordière du sinus. Le sinus est peu profond, mal délimité chez cette espèce, aussi est-il délicat parfois de déterminer l'emplacement de la côte bordière. Cependant on remarque que les côtes du sinus se multiplient fréquem-

ment alors que les côtes des flancs sont simples et plus larges que dans le sinus. Il est possible de délimiter le sinus en choisissant comme côtes bordières les premières côtes plus larges et non divisées qui encadrent le sinus. On pointe en couleur les extrémités des côtes bordières et du crochet. Sur une surface plane de pâte à modeler, on place la commissure des valves perpendiculairement à la surface, ce qui laisse les empreintes des extrémités distales des côtes bordières du sinus. On fait rouler le fossile suivant la convexité de sa valve ventrale jusqu'au crochet. On obtient ainsi trois points rouges que l'on joint. Il suffit de mesurer les deux valeurs de  $L_{vv}$  et de faire la moyenne des deux valeurs. Cette mesure est faite à 0,5 mm près.

- b) As : La mesure précédente permet de connaître l'angle du sinus, c'est-à-dire l'angle compris entre les deux côtes bordières.
- c) Ha : La mesure de la hauteur de l'area ventrale nécessite l'emploi de la chambre claire et d'un curvimètre. L'area dorsale est souvent inobservable car peu développée.

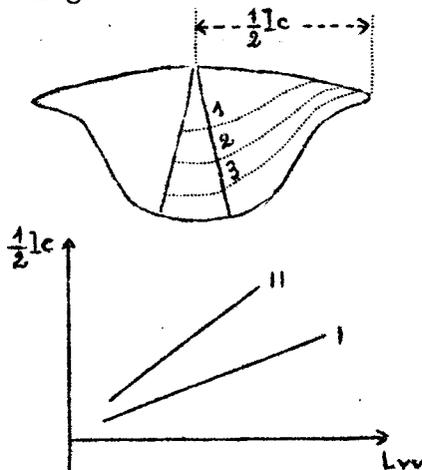
Le fossile est placé de telle manière que le plan passant par la ligne cardinale et la commissure des valves soit perpendiculaire au plan de la platine du microscope. A l'aide d'une chambre claire, il est possible d'obtenir l'image de l'area. Cette image projetée et agrandie de l'area est mesurée à l'aide d'un curvimètre. Connaissant le grossissement du microscope, on en déduit la hauteur de l'area. Ce grossissement doit être calculé pour chaque mesure étant donné que la mise au point diffère pour chaque spécimen. Quand cette mise au point est obtenue pour l'area, un décimètre, coulissant sur un support, est placé dans le même plan de mise au point que l'area. Le grossissement est égal au rapport entre la mesure de la projection de 5 cm sur la longueur réelle :

$$\frac{\text{longueur image}}{\text{longueur objet}} = G$$

- d) lc : Pour la longueur cardinale, étant donnée l'absence totale ou partielle des extrémités cardinales, il a fallu extrapoler. A l'aide de spécimens bien conservés, dont les lignes d'accroissement se suivent facilement sur la valve ventrale, on peut éta-

blir deux droites, l'une correspondant aux variations de  $lc$  dans la forme I et l'autre aux variations de  $lc$  dans la forme II.

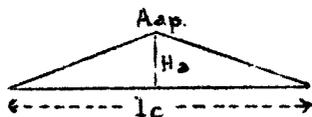
Sur un même fossile, il est possible d'observer plusieurs lignes d'accroissement. On mesure la longueur de la valve ventrale correspondant à la ligne I (figure ci-contre). Cette strie peut être suivie jusqu'à la ligne cardinale. La distance qui sépare ce point du plan de symétrie de la coquille mesure la moitié de la longueur cardinale correspondante à une valeur de  $L_{vv}$  déterminée. Cette opération doit être recommencée pour un nombre important de stries d'accroissement. Suivant la zone de plus forte densité de mesures (forme I) on trace une droite qui donne rapidement la valeur approximative de  $lc$  en mm; de même pour les individus de la forme II.



La distance qui sépare ce point du plan de symétrie de la coquille mesure la moitié de la longueur cardinale correspondante à une valeur de  $L_{vv}$  déterminée. Cette opération doit être recommencée pour un nombre important de stries d'accroissement. Suivant la zone de

plus forte densité de mesures (forme I) on trace une droite qui donne rapidement la valeur approximative de  $lc$  en mm; de même pour les individus de la forme II.

- e) A. ap : L'angle apical n'est pas mesurable directement car l'area est courbe. Mais connaissant les valeurs de  $lc$  et de  $H_a$ , il est possible de calculer A. ap.



L'area déroulée montre que la tangente de la moitié de l'angle apical est égale au rapport du côté opposé  $\frac{1}{2} lc$  sur le côté adjacent  $H_a$  :

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} A. \text{ ap} = \frac{\frac{1}{2} lc}{H_a}$$

La valeur de l'angle apical est ensuite calculée en degrés.

- f) Et : L'épaisseur totale est mesurée au pied à coulisse. Pour que les mesures soient précises le plan de séparation des valves doit être vertical. Les deux pointes du pied à coulisse sont alors disposées parallèlement au plan de séparation des valves. La valeur de l'épaisseur totale est donnée en mm à 1/10 de mm près.

- g) Env et Evd : L'échantillon garde la même position que précédemment. Le plan vertical passant par la commissure des valves,

sépare l'épaisseur totale en deux valeurs qui sont celles de E<sub>vv</sub> et E<sub>vd</sub>.

- h) H<sub>vd</sub> : La hauteur de la valve dorsale mesurée en mm au pied à coulisse est égale à la distance entre la ligne cardinale et l'extrémité marginale de la commissure des valves. Pour cette mesure, il faut que les deux pointes du pied à coulisse soient dans le plan de séparation des valves.

III. NOTION DE DISTRIBUTION DE FREQUENCES. Après avoir réalisé ces séries de mesures, le premier travail consiste à classer les individus d'âge croissant, la référence choisie étant la longueur de la valve ventrale. Cette classification peut sembler arbitraire, mais, d'après M. VANDERCAMMIEN, elle répond le plus exactement à un âge ontogénétique approximatif. La longueur de la valve ventrale est un caractère qui peut, dans le cas des mensurations effectuées, prendre théoriquement toutes les valeurs numériques possibles. Il s'agit, en théorie, de variables continues. Mais, comme le nombre des spécimens n'est pas infiniment grand, tout se ramène, en pratique, au cas de variables discontinues. Pour chaque valeur de L<sub>vv</sub>, une fiche est établie et toutes sont classées par L<sub>vv</sub> croissant. Sur chaque fiche, seront notés les mensurations et les rapports caractéristiques de ce spécimen.

A chaque valeur de la variable L<sub>vv</sub> (y), correspond une classe. Mais pour avoir une distribution de fréquences qui ne soit pas trop dispersée, il faut grouper plusieurs valeurs dans une même classe. De ce fait, les classes sont moins nombreuses. Toutes les classes ont même intervalle et ne doivent pas se chevaucher. Il y a donc coïncidence entre la limite supérieure d'une classe et la limite inférieure de l'autre. Dans ce cas, il arrive parfois qu'une valeur de la variable soit égale à une des limites réelles de la classe. Il faut donc convenir au début, si cette valeur entre dans l'intervalle inférieur ou l'intervalle supérieur.

IV. VALEURS TYPIQUES D'UNE DISTRIBUTION. Après avoir classé toutes ces fiches et réalisé ces mesures et rapports, il convient d'étudier les variations d'une grandeur en fonction d'une autre qui, dans cette étude, sera toujours L<sub>vv</sub>. Ces variations peuvent être résumées en un tableau où l'une des variables est portée en ordonnée (L<sub>vv</sub> dans ce cas)

et l'autre en abscisse. Les limites réelles des classes sont choisies selon les valeurs minimale et maximale de la variable. D'après ces classes, le tableau est divisé en cases dont chacune correspond à une classe déterminée de l'une et de l'autre variable. Dans une case quelconque du tableau est inscrit le nombre de couples répondant aux deux classes correspondantes à la case

$x$	$x_1$	$x_2$			$x_i$		$x_m$
$y=LvV$							
$y_1$	$n_{1-1}$	$n_{1-2}$					
$y_2$	$n_{2-1}$	$n_{2-2}$					
$y_j$					$n_{j-i}$		
$y_k$							$n_{k-m}$

Les résultats obtenus dans ce tableau peuvent être représentés graphiquement. Chaque couple de résultats détermine un point dans un système de coordonnées rectangulaires où  $y$  est  $LvV$  et  $x$  la variable comparée aux variations de  $LvV$ . L'ensemble des points forme un nuage appelé diagramme de dispersion. Sur le tableau de corrélation comme sur le diagramme de dispersion, le nuage de points paraît scindé en deux parties qui sont sans doute en relation avec le dimorphisme de l'espèce : Formes I et II. Parfois des points sont totalement extérieurs au nuage, il s'agit soit d'une erreur de mesure ou de pointage soit d'un cas aberrant, ou d'une autre espèce, qu'il faut supprimer de la série.

Ainsi, à partir du tableau de corrélation et du diagramme de dispersion, il est possible de déterminer les individus appartenant à la forme I ou à la forme II. Dans la zone commune aux deux nuages de points, il faut faire appel à une méthode basée sur l'observation. D'ailleurs, il faut spécifier que cette dernière méthode, appliquée

à tous les spécimens sans l'aide du tableau de corrélation, montre qu'à de rares exceptions près, la discrimination à vue des formes I et II correspond à celle du tableau. Cette méthode directe est donc valable et peut être appliquée à la reconnaissance des formes I et II pour les spécimens appartenant à la surface de chevauchement des deux nuages de points. Cette discrimination est ainsi réalisée pour chaque étude de la variable  $x$  égale soit Hvd, Evd, lt/Hvd, As, etc... par rapport à Lvv. On peut donc établir des recoupements. Ces deux échantillons de fossiles nécessitent la réalisation de deux tableaux correspondant, l'un à la Forme I, l'autre à la Forme II.

Lvv \ x	$x_1$	$x_2$		$x_i$	$x_m$	$f(y)$	$f(y) \cdot y$	$f(y) \cdot y^2$
$y_1$	$n_{1-1}$	$n_{1-2}$				$n'_1$	$n'_1 y_1$	$n'_1 y_1^2$
$y_2$	$n_{2-1}$	$n_{2-2}$				$n'_2$	$n'_2 y_2$	$n'_2 y_2^2$
$y_j$				$n_{ji}$		$n'_j$	$n'_j y_j$	$n'_j y_j^2$
$y_k$					$n_{km}$	$n'_k$	$n'_k y_k$	$n'_k y_k^2$
$f(x)$	$n_1$	$n_2$		$n_i$	$n_m$	$N$	$\sum f(y) \cdot y$	$\sum f(y) \cdot y^2$
$f(x) \cdot x$	$n_1 x_1$	$n_2 x_2$		$n_i x_i$	$n_m x_m$	$\sum f(x) \cdot x$		
$f(x) \cdot x^2$	$n_1 x_1^2$			$n_i x_i^2$	$n_m x_m^2$	$\sum f(x) \cdot x^2$		



Chaque tableau de corrélation nous permet de calculer avec plus de facilité les paramètres caractéristiques d'une distribution de fréquences qui sont la moyenne, l'écart type, la covariance, l'indice de corrélation, le coefficient de régression.

Un tableau de corrélation permet de se rendre compte de la dispersion des spécimens autour d'une taille moyenne. La moyenne

arithmétique  $\bar{x}$  est en effet la valeur la plus utilisée et la plus expressive. Elle est égale au rapport de la somme des mesures sur le nombre de spécimens :

$$m = \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_i \dots + x_m}{N} = \frac{\sum x}{N}$$

Mais il est important de connaître comment sont groupées les diverses valeurs de la variable autour de la moyenne, donc de connaître leur dispersion. L'indice de dispersion choisi est la variance mais on utilise, en général, la racine carrée de cette variance qui est l'écart-type.

La variance d'une distribution est égale à la moyenne des carrés des écarts de la moyenne :

$$v = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}$$

et l'écart type est donné par la formule :

$$\sigma = \sqrt{v} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}}$$

Les calculs peuvent être simplifiés en utilisant une moyenne provisoire judicieusement choisie. Les formules précédentes sont alors égales à :

$$v = \frac{\sum x^2}{N} - \bar{x}^2$$
$$\sigma = \sqrt{v} = \sqrt{\frac{\sum x^2}{N} - \bar{x}^2}$$

La variance et l'écart type sont exprimés avec la même unité que la variable  $x$ . Pour pouvoir comparer la dispersion de plusieurs distributions, il faut faire appel à un coefficient de variation  $V$  indépendant des unités employées, avec une erreur standard de

$$\frac{\sigma}{\sqrt{2N}}$$
$$V = \frac{100 \sigma}{\bar{x}} \%$$

La moyenne d'une distribution, bien qu'étant le paramètre le plus important, ne présente d'intérêt que si elle est accompagnée du calcul de l'intervalle de confiance ou de sécurité, limites entre

lesquelles est réellement situé ce paramètre.

Pour connaître ces limites, on aura à calculer l'erreur standard de la moyenne ou Sm

$$S_m = \frac{\sigma}{\sqrt{N - 1}}$$

$\sigma$  est l'écart type de la distribution.

Lorsque N est grand Sm est pratiquement égal à :  $S_m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$

Les limites de sécurité d'une moyenne sont alors égales à

$$\bar{x} \pm t \cdot S_m$$

La valeur de t correspondant à des taux de sécurité choisis, nous est connue directement en consultant les tables de t.

Voici quelques valeurs :

t = 2,6 pour un taux de sécurité de 99 %

t = 2 " " " " " " 95 %

V. COMPARAISON DE DEUX MOYENNES. La discrimination des spécimens en deux échantillons des formes I ou II, nous a permis de calculer la moyenne de chacune de ces deux séries soit m1 et m2. Une comparaison de ces deux moyennes est ensuite réalisée pour s'assurer que la différence d entre les deux valeurs de m est imputable à des fluctuations dues au hasard de l'échantillonnage ou alors le cas d'une différence d assez importante qui permettra de conclure à l'existence de deux formes au sein d'une même espèce. Cette différence (m1 - m2) sera significative si le rapport  $t = \frac{m_1 - m_2}{S_d}$  est supérieur à :

2,6 pour un coefficient de sécurité de 99 %

2 " " " " " " 95 %

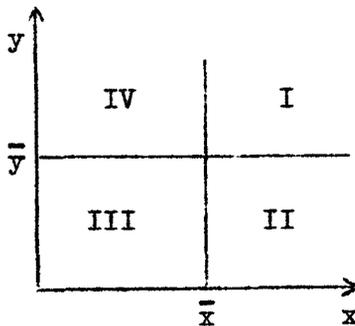
Sd est l'erreur standard de la différence des moyennes et s<sup>2</sup>d la variance standard. Cette variance standard s<sup>2</sup>d est égale à la somme des erreurs standards pour les deux moyennes considérées.

$$S^2_d = S^2_{m_1} + S^2_{m_2}$$
$$S^2_d = \frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}$$
$$S_d = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}$$

et la valeur de  $t$  est ainsi connue :  $t = \frac{|m_1 - m_2|}{sd}$

Si la valeur de  $t$  est supérieure à celle correspondant au taux de sécurité choisi, on dit que la différence est significative pour ce taux de sécurité et qu'il y a réellement deux formes distinctes. On peut passer ensuite à un essai de représentation graphique du diagramme de dispersion.

A première vue, on remarquera que les points groupés dans la région centrale du tableau de corrélation dessinent un nuage aux contours plus ou moins elliptiques.



Cette bande est le plus souvent inclinée vers l'un ou l'autre des axes de coordonnées. Si elle est oblique par rapport à l'axe des abscisses, c'est qu'aux plus grandes valeurs de  $x$  correspondent les plus grandes valeurs de  $y$ . Si elle est oblique par rapport à l'axe des  $y$ , c'est qu'aux plus petites valeurs de  $x$  correspondent les plus grandes valeurs de  $y$ . Il y a donc une certaine dépendance entre les deux séries de variables, on dit alors qu'il y a une certaine corrélation entre elles. Deux paramètres nous permettent d'indiquer dans quelle mesure les valeurs de  $x$  et de  $y$  sont liées entre elles. Ces deux paramètres sont la covariance et le coefficient de corrélation  $r$ . Quand on divise le diagramme de dispersion en quatre quadrants autour du point central de coordonnées  $\bar{x}$  et  $\bar{y}$ , on remarque que pour les points situés dans les quadrants I et III, le produit  $(x - \bar{x})(y - \bar{y})$  est positif tandis que pour ceux situés dans les quadrants II et IV le produit est négatif.

Suivant l'obliquité de la bande elliptique, le produit sera positif ou négatif, et c'est ce produit qui intervient dans le calcul de la covariance et de l'indice de corrélation.

$$\text{covariance} = p = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{N}$$

$$\text{coefficient de corrélation} = r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{N \sigma_x \sigma_y}$$

donc  $r = \frac{P}{\sigma_x \sigma_y}$

Comme pour tout autre paramètre, il importe de déterminer l'intervalle de confiance d'un coefficient de corrélation. Quand le nombre de fossiles est très élevé, l'erreur standard  $S_1$  est égale à :

$$S_1 = \frac{1 - r^2}{\sqrt{N}}$$

Les limites de l'intervalle de confiance s'obtiennent donc de cette manière :

$$r \pm t \cdot sr$$

t dépendra du coefficient de sécurité.

Quand l'effectif de l'échantillon est inférieur à  $n = 300$ , on doit réaliser un changement de variable, appelée  $z$ . Un tableau donnant les correspondances entre les valeurs de  $r$  et de  $z$ , permet de connaître directement  $z_0$ .

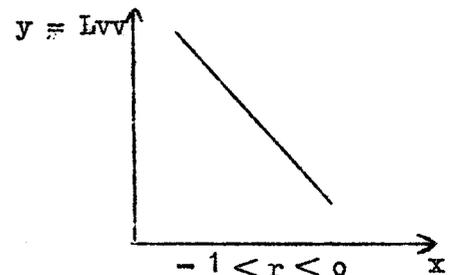
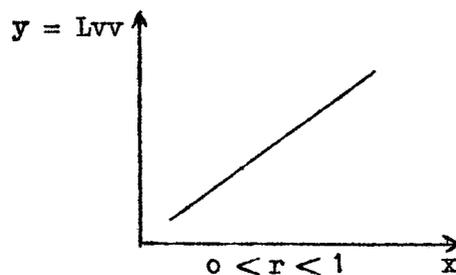
Les limites de confiance de  $z_0$  sont :

$$z_0 \pm t \frac{1}{\sqrt{N - 3}}$$

Ces deux valeurs limites de  $z$  sont de nouveau transformées et donnent les limites de sécurité du coefficient de corrélation  $r$ .

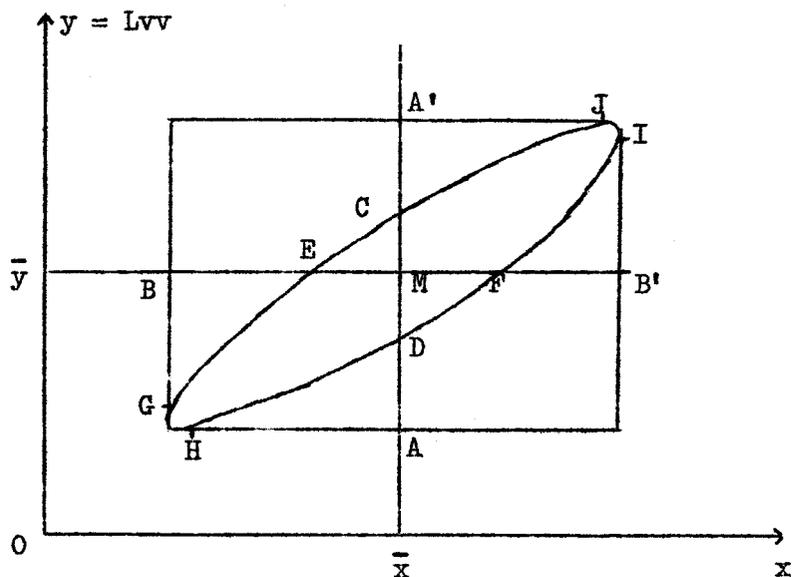
Si  $r = 0$ , il n'y a pas de corrélation entre les deux variables étudiées. Si  $r$  est positif c'est-à-dire compris entre 0 et + 1, aux plus grandes valeurs de  $x$  correspondent les plus grandes valeurs de  $y$ . Si  $r$  est négatif, c'est-à-dire compris entre 0 et - 1, aux plus grandes valeurs de  $x$  correspondent les plus petites valeurs de  $y$ .

La direction de la courbe est donc importante pour l'interprétation des résultats.



Au lieu de tracer le nuage de points correspondant à chaque tableau de corrélation, il est préférable de construire une ellipse entourant plus ou moins les points.

Pour tracer les ellipses qui nous donnent une idée de la dispersion des points, il suffit de connaître quelques points dont voici les coordonnées :



$$\begin{aligned}
 MB &= MB' = \lambda \sigma_x \\
 MA &= MA' = \lambda \sigma_y \\
 AH &= A'J = r \lambda \sigma_x \\
 BG &= B'I = r \lambda \sigma_y \\
 ME &= MF = \lambda \sigma_x \sqrt{1 - r^2} \\
 MC &= MD = \lambda \sigma_y \sqrt{1 - r^2}
 \end{aligned}$$

Afin de diminuer la dispersion des points, on limite le nombre des individus à 70%. Dans ce cas,  $\lambda$  est égal à 1,552. Pour les taux de sécurité de 95% ( $\lambda = 2,448$ ); de 99% ( $\lambda = 3,055$ ), on obtiendrait deux autres ellipses concentriques à la première. Pour tracer

cette ellipse, les unités de coordonnées doivent nécessairement être semblables. Si elles ne le sont pas, il faut alors transposer. Dans ce cas, on peut écrire :  $x' = \alpha x$  ( $\alpha$  étant la valeur en cm pour 1 unité de  $x$ )

$y' = \beta x$  ( $\beta$  étant la valeur en cm pour 1 unité de  $y$ ).

Des calculs, à partir de ces coefficients  $\alpha$  et  $\beta$ , doivent être réalisés pour obtenir tous les points nécessaires au tracé de chaque ellipse, après transposition ; Ex :  $\lambda\sigma_{x'}$ ,  $\lambda\sigma_{y'}$ ,  $r\lambda\sigma_{x'}$ , etc...

En étudiant les variations d'un paramètre  $x$  quelconque en fonction de  $y = Lv_v$ , on obtient deux ellipses qui sont l'expression imagée de la dispersion des spécimens de la Forme I et de ceux de la Forme II.

#### COMPARAISON DE DEUX COEFFICIENTS DE CORRELATION.-

Après avoir tracé ces deux ellipses, il s'agit de savoir si la différence qui existe entre les deux coefficients de corrélation est significative ou non. Quand le nombre de fossiles est très important, on a vu précédemment qu'il fallait changer de variable  $z$ . De même pour comparer deux coefficients de corrélation transformés  $z_1$  et  $z_2$ , on calcule l'erreur standard  $S_{z_1 - z_2}$  qui est égale

$$\text{à } S_{z_1 - z_2} = \frac{1}{N_1 - 3} + \frac{1}{N_2 - 3}$$

Si le rapport  $\frac{z_1 - z_2}{S_{z_1 - z_2}}$  est supérieur à  $t$  qui dépend du

taux de sécurité choisi, les deux échantillons sont significativement différents. Il y a alors dimorphisme.

#### DROITE DE REGRESSION.-

Après avoir tracé les ellipses, comparé les moyennes, les coefficients de corrélation des deux formes, il est intéressant de connaître à présent dans quel sens évolue le paramètre étudié par rapport à  $Lv_v$ , dans les deux formes.

Les variations de chaque paramètre au cours de l'ontogénèse

peuvent être mises en évidence par le tracé de la droite de régression. Dans le tableau de corrélation, à chaque valeur de  $y = Lvv$  correspondent plusieurs valeurs de  $x$ . Les variations moyennes de  $x$  en fonction de  $Lvv$  donnent toute une série de points ayant pour coordonnées  $x_k$  et  $y_k$ . Tous ces points ne sont pas en ligne droite car le nombre d'individus n'est pas illimité. Mais on peut chercher à établir une droite théorique qui représente la variation moyenne de  $x$  en fonction de  $y = Lvv$ . Cette droite passe nécessairement par le point central de l'ellipse qui a pour coordonnée  $\bar{y}$  et pour abscisse  $\bar{x}$ . La somme des distances par rapport aux axes de coordonnées des points situés d'un côté de la courbe est égale à la somme des distances des points situés de l'autre côté. La droite de régression de  $x$  en  $y$  est alors représentée par une équation de la forme :

$$(x - \bar{x}) = bx/y (y - \bar{y})$$

Seule la droite de régression de  $x$  en  $y$  nous intéresse dans cette étude, mais l'autre aurait pour équation :

$$(y - \bar{y}) = by/x (x - \bar{x})$$

$bx/y$  est appelé coefficient de régression. Il mesure la pente ou coefficient angulaire de la droite, c'est-à-dire l'angle que fait la droite de régression avec l'axe des ordonnées.

$$bx/y = \frac{\sum (x_k - \bar{x}) (y_k - \bar{y})}{\sum (y_k - \bar{y})^2}$$

comme la covariance  $p$  est égale à :

$$p = \frac{\sum (x - \bar{x}) (y - \bar{y})}{N}$$

$$\text{et } \sigma_y^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{N}$$

la formule  $bx/y$  s'écrit alors :

$$bx/y = \frac{p}{\sigma_y^2}$$

et comme

$$r = \frac{p}{\sigma_x \sigma_y}$$

$$bx/y = r \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$$

Seules les droites de régression de  $x$  en  $y$  pour les Formes I et II, nous intéressent. Ces droites donnent des indications sur la vitesse de croissance d'un caractère, d'un rapport, en relation avec  $L_{vv}$ . La valeur du coefficient de régression ou module de croissance des Formes I et II, permet de comparer l'évolution du paramètre étudié dans chaque forme.

L'interprétation des courbes et droites de régression permet de se rendre compte de l'évolution de cette espèce et d'établir les caractères discriminatifs des deux formes.

N.B.- Tous les calculs ont été effectués à 6 décimales, dont les trois premières seules ont été retenues.

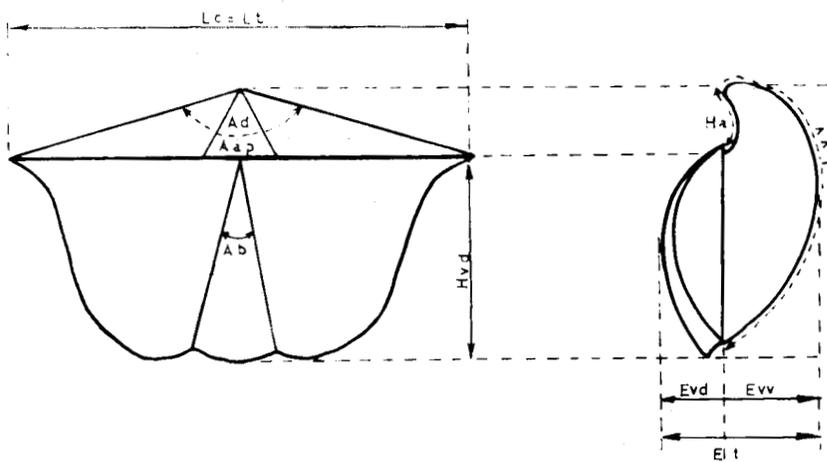
A) BRACHIOPODES :

I/ Spiriféridés.

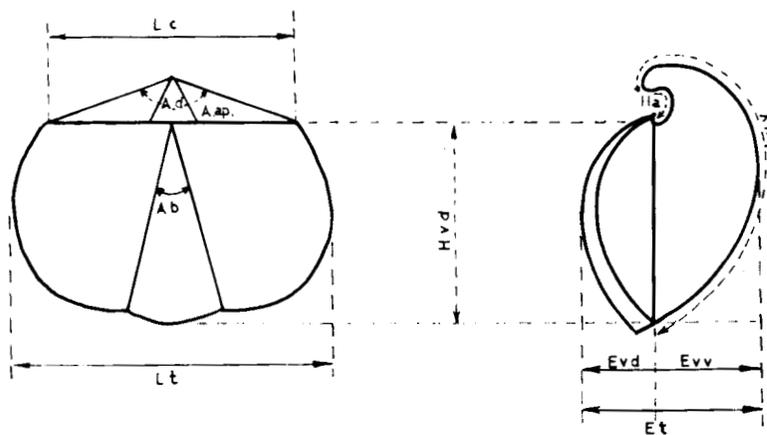
Etude biométrique du *Cyrtospirifer supradisjunctus*.

Après cet exposé général des méthodes de mesures et des calculs statistiques, nous les avons appliquées aux 130 spécimens de *Cyrtospirifer supradisjunctus* sélectionnés pour cette étude. Les tableaux des paramètres statistiques des Formes I et II donnent les résultats des valeurs typiques d'une distribution de fréquences pour  $x = H_{vd}$  ou  $x = Et$ , ...  $Ev_v$ ,  $Ha/L_{vv}$ . A partir de ces valeurs typiques il est possible de tracer les ellipses et les droites de régression qui après interprétation donneront ainsi une idée de la variation du caractère étudié par rapport à  $L_{vv}$  et de connaître l'évolution de ce paramètre par rapport à  $L_{vv}$  (Pl. VIII et IX).

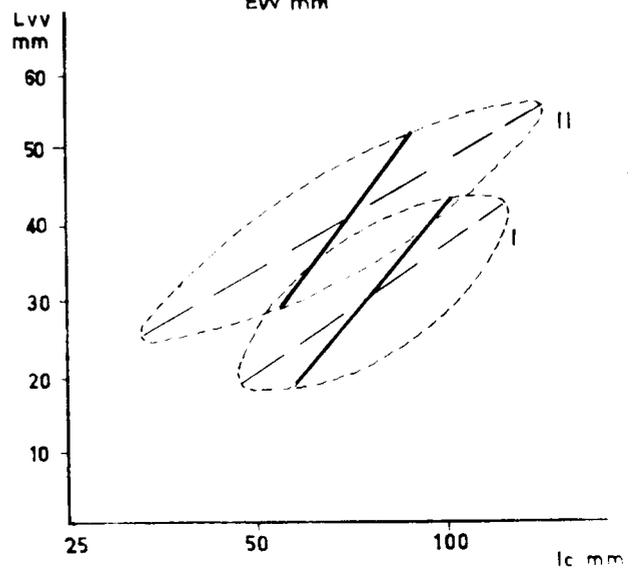
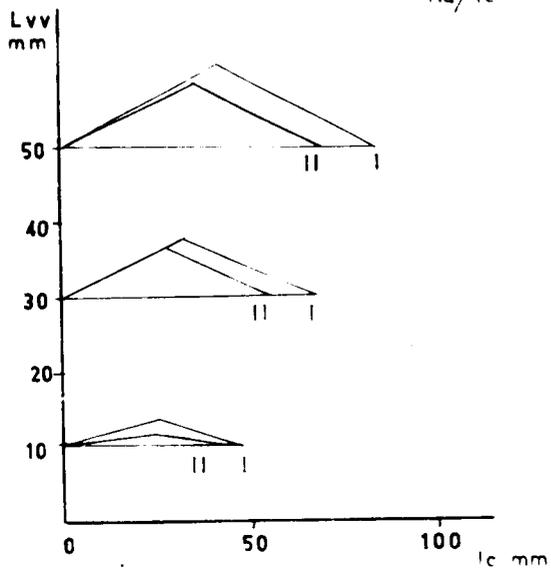
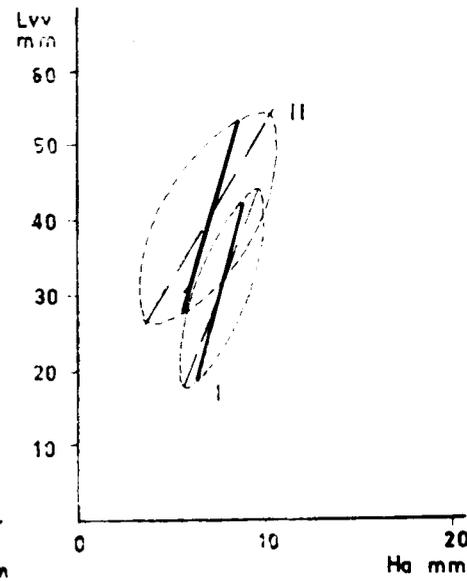
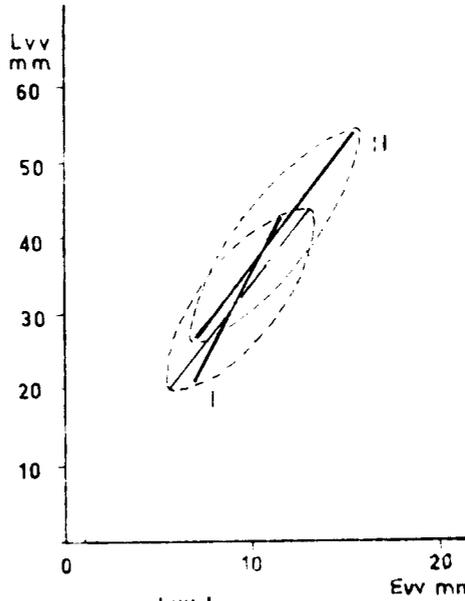
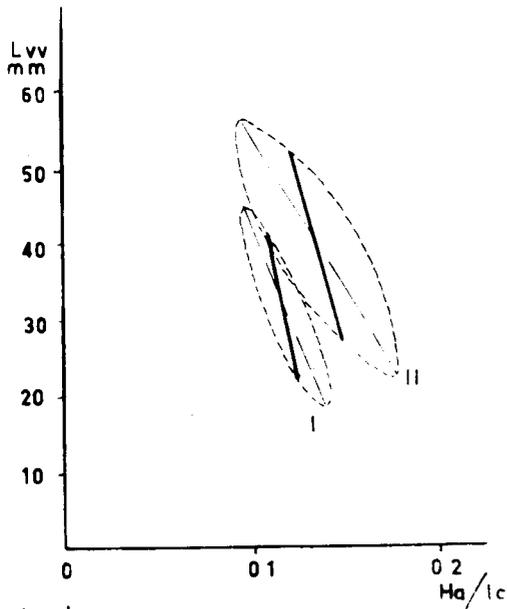
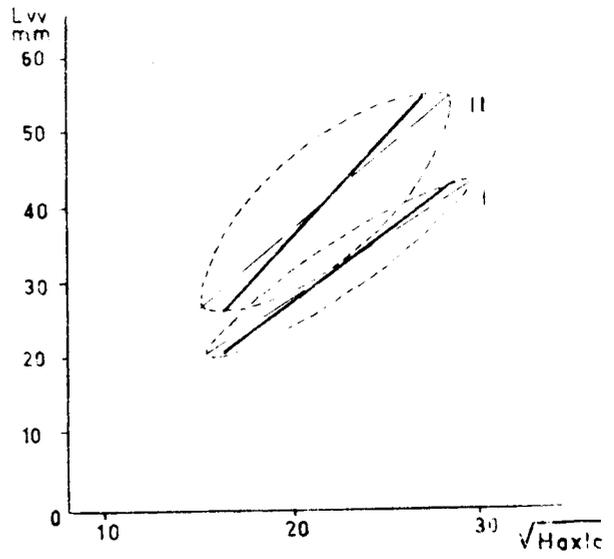
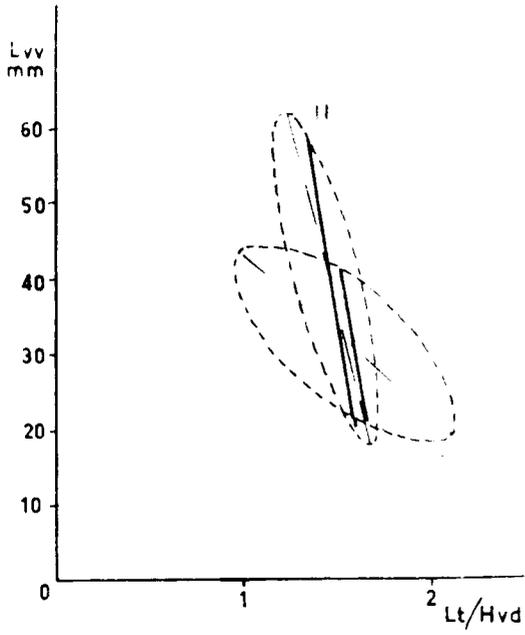
La forme générale est légèrement mégathyride ou équithyride suivant le type de forme I et II. Les éperons cardinaux parfois conservés augmentent encore la mégathyridie. La représentation graphique indique bien que, à  $L_{vv}$  égal,  $lc_1$  est plus grande que  $lc_2$ . Les droites de régression sont subparallèles, cependant le module de croissance de la Forme I est plus élevé que celui de la Forme II. Ce caractère distinctif entre les 2 formes ira donc en s'accroissant avec la croissance. Les droites de régression se rencontrent en dehors des dimensions habituelles. On remarque aussi que le coefficient de variation est plus élevé pour la Forme II que pour

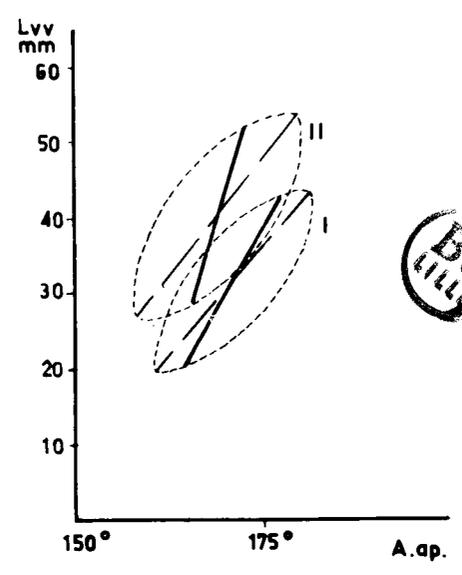
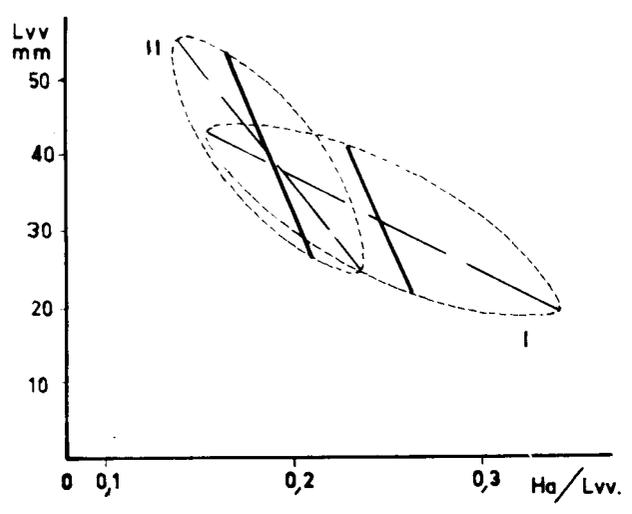
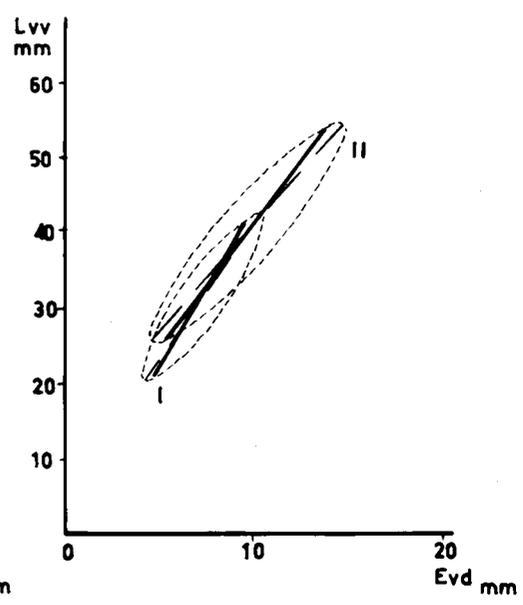
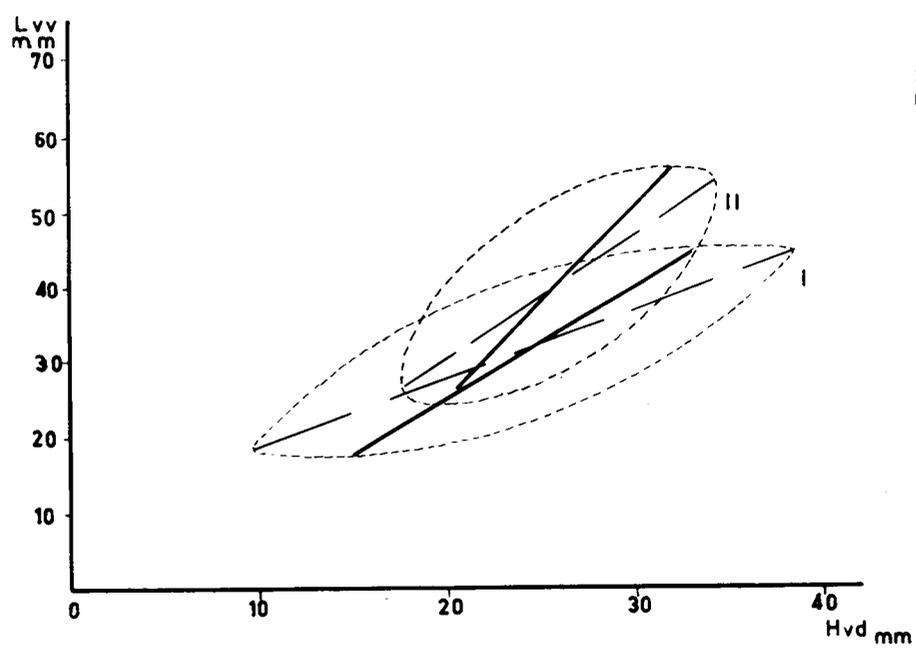
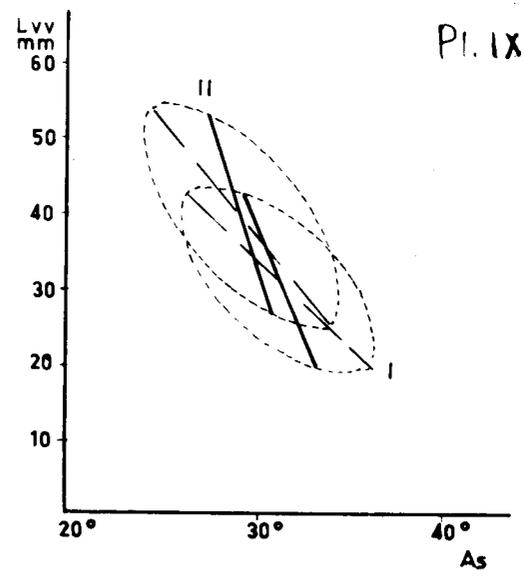
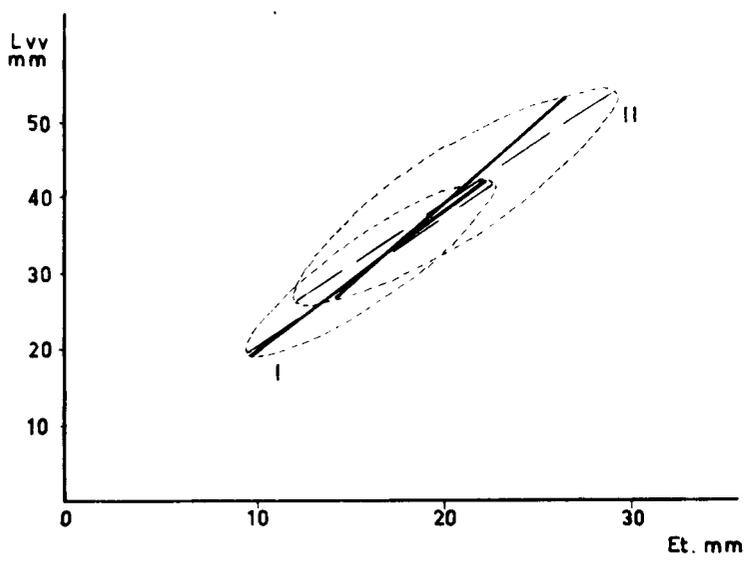


FORME I



FORME II





Forme I - N = 70

x	$\bar{x}$	$\sigma$	$\sigma^2$	V	r	$r \frac{\sigma x}{\sigma_{Lvv}}$
Hvd	24,340	8,374	70,127	34,404	0,566	0,685
Et	16,210	4,627	18,210	26,339	0,919	0,567
Evv	9,148	2,320	5,384	25,355	0,657	0,220
Evd	7,088	2,045	4,181	28,843	0,905	0,264
lc	65,588	10,350	107,122	15,782	0,585	0,854
Ha	7,610	1,094	1,195	14,375	0,788	0,123
A.sp	170,766	5,941	35,292	3,479	0,691	0,582
$\sqrt{Ha.lc}$	22,136	4,065	16,528	18,360	0,947	0,571
Ha/Lvv	0,247	0,053	0,0028	21,457	- 0,621	- 0,0017
Ha/lc	0,117	0,0094	0,000087	8,034	- 0,529	- 0,00071
As	30,330	2,922	8,543	9,634	- 0,367	- 0,152
lt/Hvd	1,555	0,310	0,096	19,935	- 0,148	- 0,0071
lc/Hvd	2,957	0,268	0,072	9,054	0,290	0,0120

x	$\bar{x}$	$\sigma$	$\sigma^2$	V	r	$r \frac{\sigma_x}{\sigma_{Lvv}}$
Hvd	25,964	5,319	28,290	20,489	0,639	0,402
Et	20,517	5,270	27,777	25,682	0,773	0,481
Evv	10,992	2,620	6,867	23,818	0,879	0,271
Evd	9,732	3,107	9,658	31,932	0,876	0,317
lc	61,965	15,632	244,380	25,230	0,775	0,773
Ha	7,240	2,044	4,180	28,232	0,545	0,131
A. sp.	168,503	6,326	40,025	3,754	0,429	0,330
$\sqrt{Ha.lc}$	21,407	4,058	16,472	18,962	0,802	0,384
Ha/Lvv	0,187	0,027	0,00074	14,438	0,547	0,0017
Ha/lc	0,122	0,019	0,000382	15,573	0,427	0,00087
A.s	29,305	3,009	9,058	10,273	0,360	0,119
lt/Hvd	1,432	0,117	0,013	8,206	0,660	0,0064
lc/Hvd	2,361	0,495	0,245	20,974	0,221	0,0127



la Forme I, observation qui peut être faite sur le graphique en comparant l'étalement des 2 ellipses. La différence des moyennes est significative pour un taux de sécurité de 90%. Ce caractère peut donc être retenu pour la différenciation des deux formes.

La hauteur de la valve dorsale (Hvd) de la Forme II a une moyenne plus forte que celle de la Forme I. Cependant  $Hvd_I$  a un module de croissance plus élevé que  $Hvd_{II}$ . Les droites de régression se rencontrent vers  $Lvv = 25$  mm et  $Hvd = 20,5$  mm. On en conclut donc que, au cours de la croissance, la hauteur de la valve dorsale  $Hvd_I$  tend à devenir égale ou supérieure à celle de la Forme II, ce qui est l'inverse pour les stades jeunes. La différence des moyennes est peu significative. Le coefficient de variation de la Forme I est beaucoup plus élevé que celui de la Forme II.

Dans les deux formes, le rapport  $lt/Hvd$  diminue avec l'âge.  $Hvd$  croît plus rapidement que  $lt$ . La forme tend donc à devenir équithyride ou à prendre des contours légèrement arrondis. Les modules de croissance sont négatifs. Les droites de régression ont leur point de rencontre vers  $Lvv = 86$  mm. et  $lt/Hvd = 1,25$ . Ce rapport diminue plus rapidement dans le cas de la Forme I, que dans celui de la Forme II. La différence des moyennes est significative :  $t = 3,075$  (99%).

De même l'étude du rapport  $lc/Hvd$  dans les deux formes présente un module négatif dans les deux cas et la différence des moyennes est hautement significative ( $t = 8,418$ ). Le rapport  $lc/Hvd$  comme le précédent est un excellent moyen de discrimination des deux formes.

L'épaisseur de la valve ventrale de la Forme II présente une valeur plus grande que celle de la Forme I. Le module de croissance de la Forme II est supérieur à celui de la Forme I. Cette différence aura donc tendance à s'accroître au cours de l'ontogénèse. Les droites de régression ont leur point de jonction vers  $Lvv = 39$  mm et  $Evv = 12$  mm. A ce stade, les fossiles présentent donc une épaisseur identique. Chez les formes jeunes, l'épaisseur de la valve ventrale est plus élevée dans le cas de la Forme I que dans celui de la Forme II.

Au cours de la croissance, après le stade  $L_{vv} = 39$  mm,  $E_{vv_{II}}$  devient supérieure à  $E_{vv_I}$  et cette différence va en s'accroissant au cours de l'ontogénèse. La différence des moyennes est très significative ( $t = 4,219$ ).

L'épaisseur de la valve dorsale de la Forme I est nettement inférieure à celle de la Forme II. La vitesse de croissance de  $E_{vd_I}$  est inférieure à celle de  $E_{vd_{II}}$  comme l'indiquent leurs modules de croissance. Le point de jonction des droites de régression se fait vers  $L_{vv} = 39$  mm. et  $E_{vd} = 9,5$  mm. Cette différence va ensuite en s'accroissant chez les formes adultes. La variabilité de  $E_{vd_{II}}$  est plus élevée que celle de  $E_{vd_I}$ . La différence des moyennes est très significative ( $t = 5,625$ ).

On peut remarquer aussi que, dans les deux formes, la valve ventrale est plus épaisse que la valve dorsale. Cependant les modules de croissance de  $E_{vd}$  sont plus élevés que ceux de  $E_{vv}$ . Il y aura donc tendance à un épaississement plus rapide de la valve dorsale par rapport à celui de la valve ventrale. On note également une variabilité plus forte de  $E_{vd}$  que celle de  $E_{vv}$  et ceci pour les deux formes.

La Forme I est moins épaisse que la Forme II, mais le module de croissance de  $E_{t_I}$  est plus élevé que celui de  $E_{t_{II}}$ . Les droites de régression se rencontrent vers  $L_{vv} = 32$  mm et  $E_t = 16,3$  mm. Au cours de la croissance, la forme générale tend donc à s'épaissir; en effet, les indices de corrélation de  $E_t$  I et  $E_t$  II par rapport à  $L_{vv}$  sont élevés, surtout pour la forme I qui atteindra dans les stades âgés, une épaisseur comparable à celle de  $E_t$  II. La différence des moyennes est très significative,  $t = 5,055$ . Ces trois paramètres  $E_t$ ,  $E_{vv}$ ,  $E_{vd}$  sont donc à retenir pour la discrimination des deux formes.

La hauteur de l'area de la forme I est plus élevée que celle de la forme II. Les droites de régression sont subparallèles et leur point de rencontre se fait totalement en dehors des dimensions habituelles. La différence des moyennes est signifi-

cative pour un taux de sécurité de 90%. Néanmoins, il faut remarquer que, dans le cas de la forme II, le crochet est toujours très recourbé; ceci donne à la hauteur de l'area déroulée une valeur élevée voisine de celle de la forme I qui est toujours droite, seule la pointe du crochet est légèrement recourbée. La variabilité de la hauteur de l'area de la forme II est double de celle de la forme I.

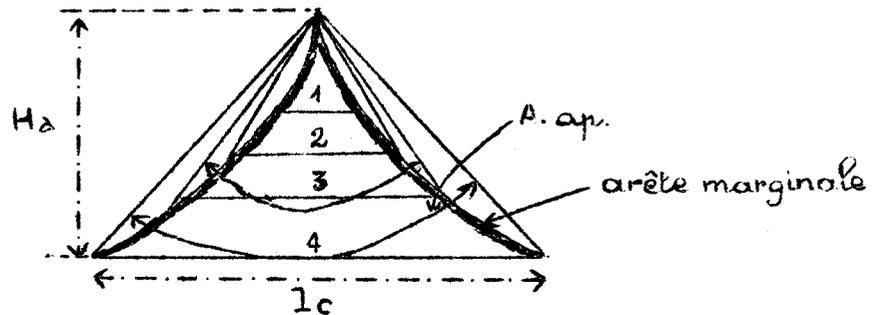
Le rapport  $H_a/L_{vv}$  a un module de croissance négatif dans les deux formes. Ceci implique une croissance plus rapide de la longueur de la valve ventrale par rapport à la hauteur de l'area. Du fait de cette croissance plus rapide de  $L_{vv}$ , l'area aura tendance à se recourber au cours de l'ontogénèse. Cette accentuation de la courbure est d'ailleurs plus élevée pour la forme II que pour la forme I. La variabilité de  $H_a/L_{vv}$  dans le cas de la forme I est plus élevée que celle de la forme II. La différence des moyennes est hautement significative ( $t = 8,428$ ).

Comme le rapport  $H_a/L_{vv}$ , le rapport  $H_a/l_c$  diminue au cours de la croissance, dans les deux formes. Ce rapport est nettement inférieur pour la forme I. Cette constatation est en relation avec la valeur de  $l_c$  plus élevée dans la forme I que dans la forme II et la valeur de  $H_a$  légèrement inférieure dans la Forme II à celle de la forme I. C'est surtout  $l_c$  qui diffère. Pour des valeurs à peu près identiques de  $H_a$ ,  $l_{c_I}$  sera supérieur à  $l_{c_{II}}$  et, ainsi,  $H_a/l_{c_I}$  sera inférieur à  $H_a/l_{c_{II}}$ . Les droites de régression se rencontrent en dehors des dimensions habituelles, cependant que la vitesse de diminution de ce rapport se fait un peu plus rapidement pour la Forme II. La différence des moyennes est significative pour un taux de sécurité de 90% ( $t = 1,697$ ). La variabilité de  $H_a/l_{c_{II}}$  est bien plus élevée que celle de  $H_a/l_{c_I}$ .

Les variations de la "surface" de l'area en fonction de  $L_{vv}$  sont étudiées à partir du paramètre  $\sqrt{H_a \cdot l_c}$ . On évite ainsi l'obtention de courbes trop étendues. Par observation des deux ellipses, on se rend compte que la "surface" de l'area de la Forme I

est plus étendue que celle de la Forme II. En effet, en se référant à l'étude des paramètres  $Ha$  et  $lc$  par rapport à  $L_{vv}$ , on a vu qu'ils étaient plus élevés pour la Forme I; il en sera de même pour la racine carrée de leur produit. La vitesse de croissance de  $Ha.lc_I$  est supérieure à celle de  $Ha.lc_{II}$ . Le coefficient de corrélation de la Forme I par rapport à  $L_{vv}$  est élevé ( $r_1 = 0,947$ ) ainsi que celui de la Forme II ( $r_2 = 0,802$ ).

L'angle apical de la Forme I,  $A. ap_I$  est plus grand que celui de la Forme II. Ceci semble en relation avec la longueur cardinale qui est plus élevée pour la Forme I, donc l'angle apical plus ouvert. La croissance est régulière dans les 2 Formes mais plus rapide pour la Forme I qui possède un module de croissance plus élevé. Cette croissance régulière de l'angle apical entraîne la concavité de l'arête marginale de l'area, comme le démontre également le rapport  $Ha/lc$  qui a un module de croissance négatif.  $lc$  croît dans ce cas plus rapidement que  $Ha$  (voir figure suivante).



#### Croissance régulière de l'angle apical

Le coefficient de variation de la Forme I est légèrement plus faible que celui de la Forme II. Les droites de régression se rencontrent vers  $L_{vv} = 12$  mm. et pour une valeur de l'angle apical de  $159^\circ$ . Au fur et à mesure de la croissance, la valeur de l'angle apical devient donc un moyen de discrimination des 2 formes. La différence des moyennes est significative (taux de sécurité = 95%).

Le sinus est large, peu profond, mal délimité et l'angle du sinus diminue avec l'âge. Pour les deux formes, le module de croissance est négatif. Au cours de l'ontogénèse, l'angle du sinus de la Forme I diminue plus rapidement que celui de la Forme II. Les

droites de régression se rencontrent vers  $Lvv = 58 \text{ mm}$  et  $A.S. = 26^{\circ}30'$ . La variabilité de  $As_{II}$  est un peu plus élevée que celle de  $As_I$ . La différence des moyennes est significative (taux de sécurité = 95%). Cependant ce caractère présente peu d'intérêt pour la discrimination des deux formes.

D'après l'interprétation des calculs et des courbes, les paramètres intéressant la discrimination des 2 formes sont donc,  $lc$ ,  $lt/Hvd$ ,  $lc/Hvd$ ,  $Evd$ ,  $Evv$ ,  $Et$ ,  $Ha$ ,  $Ha/Lvv$ .

Après la réalisation et l'interprétation des courbes, nous pouvons à présent donner une diagnose générale des 2 Formes du *Cyrtospirifer supradisjunctus*.

-----o00o-----

SUPER FAMILLE DES SPIRIFERACEA - WAAGEN 1883

FAMILLE DES SPIRIFERIDAE - KING 1846

A. Sous Famille des SPIRIFERINAE - SCHUCHERT 1913

1. Genre CYRTOSPIRIFER (D. NALIVKIN). 1918

-----  
CYRTOSPIRIFER SUPRADISJUNCTUS (W.A. OBRUTSCHEW). 1913

Pl. X & XI, fig. 1-6, 1-7.

1913 - *Spirifer supradisjunctus*, W.A. Obrutschew, p. 46, pl. II, fig. 3 et 4

1930 - *Spirifer supradisjunctus*, Nalivkin, p. 75, Pl. 7, fig. 6 a-e

1942 - *Spirifer (Cyrtospirifer) supradisjunctus* :

. var. *latisellata*, W. Paeckelmann, p. 73, fig. 33

. var. *angustisellata*, W. Paeckelmann, p. 73, fig. 32

1959 - *Cyrtospirifer supradisjunctus*. A. Vandercammen, p. 63, pl. II fig. 17 à 24.

FORME GENERALE :

Ce *Cyrtospirifer* est dimorphe.

La Forme I est légèrement mégathyride devenant équithyride chez les formes adultes. Cette mégathyridie est le plus souvent

accentuée par des éperons cardinaux plus ou moins bien conservés. La Forme II est plutôt brachythyride avec éperons cardinaux peu développés ou le plus souvent absents. Cette forme est aussi plus globuleuse que la précédente.

L'area de la Forme I est développée, droite, légèrement recourbée dans la région du crochet. L'area de la Forme II est moins élevée, mais présente une concavité très prononcée. Le crochet très recourbé vient recouvrir l'area.

Dans les deux Formes, le sinus peu profond, mal délimité, est bordé de chaque côté par une côte plus élargie qui se divise plus tardivement que les autres. Sur les flancs, les côtes sont simples.

#### ORNEMENTATION :

1) Valves : Sur les flancs de la coquille, les côtes sont simples, fines, arrondies et séparées par des sillons intercostaux peu profonds. Dans les formes gérontiques, les côtes se divisent près de la commissure des valves.

Dans le sinus et sur le bourrelet, les côtes se multiplient dichotomiquement. En arrivant au voisinage de la commissure des valves, les côtes ont toutes atteint la même taille et elles sont plus fines que sur les flancs. Elles sont particulièrement fines dans la partie centrale du sinus et du bourrelet.

2) Area : L'area ventrale, la seule bien développée et observable, présente des lignes longitudinales de croissance. Quelques-unes sont plus fortes et marquent de véritables arrêts de croissance. Cette ornementation longitudinale est recoupée perpendiculairement par de fines côtes, l'ensemble formant un quadrillage. Cependant, seules les lignes longitudinales persistent sur toute la surface de l'area y compris les zones marginales.

#### ORNEMENTATION FINE :

Sur les valves, les lamelles concentriques d'accroissement sont étroites et régulières. Elles sont visibles dans les sillons intercostaux et sur les sommets des côtes sur lesquels elles se

soulèvent légèrement formant alors des lamelles de croissance, à aspect déchiqueté. De plus, les valves sont recouvertes de micro-épines plus ou moins allongées et disposées radialement. Ces micro-épines suivent exactement les contours des lamelles concentriques d'accroissement.

ORGANISATION INTERNE :

Certains spécimens laissent voir sur la valve ventrale les lamelles dentaires. Elles sont courtes et très divergentes pour tout individu appartenant à la Forme I, tandis qu'elles sont longues et faiblement divergentes dans la Forme II.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

*Cyrtospirifer supradisjunctus* diffère du *Cyrtospirifer malaisei* :

- 1°/ par la présence de côtes plus fortes ;
- 2°/ par son area plus développée ;
- 3°/ par son sinus très peu profond.

L'ornementation fine micro-épineuse est le meilleur critère de discrimination de ces deux espèces.

PAECKELMANN considère deux variétés de *Cyrtospirifer supradisjunctus* :

1. variété angustisellata : à lamelles dentaires courtes et fortement divergentes.
2. variété latisellata à lamelles dentaires longues et faiblement divergentes.

Ces deux variétés semblent correspondre au dimorphisme qui a été étudié précédemment : la première variété en relation avec la Forme I et la seconde avec la Forme II.

LOCALITES ET GISEMENTS :

- a) France : en Boulonnais, carrière de Blacourt.
- b) Belgique : Bomal, Nismes.
- c) Allemagne : environs d'Aix-la-Chapelle.
- d) Russie : Semiluki, Petino.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

Cette espèce a été récoltée pour la première fois en abondance à la base des schistes de Beaulieu, appelés schistes de Cambre-

sèque par RIGAUX. *Cyrtospirifer supradisjunctus* y caractérise une zone repère distincte que l'on peut appeler "zone à *Cyrtospirifer supradisjunctus*". Elle correspondrait à la "zone des monstres" définie par GOSSELET qui est d'âge F2a. D'après VANDERCAMMEN, cette espèce est rare en Belgique et localisée dans le Frasnien moyen.

Par ailleurs, *Cyrtospirifer supradisjunctus* a été rencontré en Russie, dans les couches de Semiluki qui correspondent au Frasnien moyen de Voroneje.

En Allemagne, *Cyrtospirifer supradisjunctus* provient de la base du Frasnien supérieur des "Grenz-Schieferen".

CYRTOSPIRIFER APERTURATUS. (SCHLOTHEIM 1820)

Var. ECHINULATA (ARCH. et VERN. 1842)

Pl. XII fig. 1-3

- 1842 - *Spirifer aperturatus* var. *echinulata* d'Arch. et de Verneuil.  
vol. VI, page 369, Pl. XXXV, fig. 8 - 8a
- 1871 - *Spirifer aperturatus*, Quendstedt., p. 502, Pl. 53, fig. 43-43a.
- 1942 - *Cyrtospirifer aperturatus* var. *echinulata* W. Paeckelmann,  
p. 62, Pl. 2, fig. 4

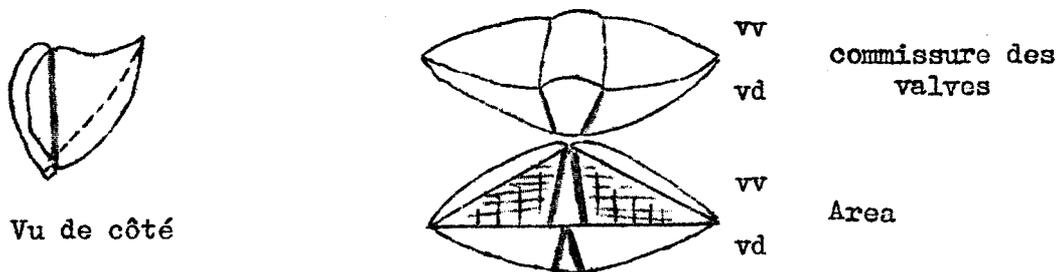
Forme générale transverse à contour arrondi.

La valve ventrale est pyramidale. Elle est munie d'un sinus peu profond qui part du crochet et qui va en s'élargissant progressivement jusqu'à la commissure des valves. Le sinus délimité par deux côtes bordières B, présente six côtes radiaires sur le spécimen observé, mais le nombre est variable et augmente dans les stades gérontiques.

La valve dorsale est mince et présente un bourrelet bien délimité par deux sillons pariétaux de la longueur d'un espace intercostal. Le bourrelet peu saillant près du crochet, va en s'élevant légèrement jusqu'à la commissure des valves. Le bourrelet est lisse près du crochet avec un méplat, mais ensuite les côtes apparaissent se multipliant par dichotomie ou intercalation.

L'area ventrale est très développée, triangulaire, orthocline,

c'est-à-dire perpendiculaire à la ligne cardinale. Elle présente des stries longitudinales fines et nombreuses. Les lignes transversales sont plus fortes et de ce fait moins nombreuses.



ORNEMENTATION :

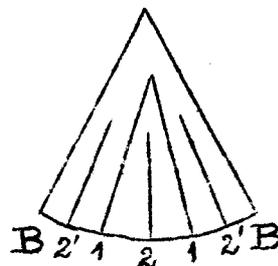
Toute la surface des valves est garnie de côtes radiaires, de section arrondie. Les côtes sont au nombre de 30 à 35 sur les ailes et sont plus saillantes que sur les sinus et bourrelet. On n'observe pas de divisions ni d'intercalations de côtes sur les ailes. D'après W. PAECKELMANN, il peut y avoir divisions de côtes sur les ailes, mais elles sont très rares et ne se produisent que dans les stades gérontiques. Les spécimens que nous possédons sont d'ailleurs de taille petite ou moyenne.

Ornementation des sinus et bourrelet.

1) sinus



2) bourrelet



MICROORNEMENTATION:

Elle est très caractéristique : formée d'épines allongées et les lamelles concentriques d'accroissement sont soulevées par ces épines. Les sillons intercostaux sont lisses, ne laissant voir que les lamelles concentriques d'accroissement. La microornementation est bien représentée par QUENDSTEDT (1871, Pl. 53, fig. 43).

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

*C. aperturatus* var. *echinulata* se distingue par son ornementation fine caractéristique. Cette espèce diffère de *C. stolbovi* par son contour arrondi et non pentagonal. *C. stolbovi* possède une ornementation fine localisée sur le sommet des côtes, mais celle-ci consiste en pustules très serrées et non en épines allongées comme c'est le cas de *C. aperturatus* var. *echinulata*.

LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France : Dans le Boulonnais, carrières du Banc Noir et du Griset.
2. Allemagne : Bensberg

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

1. France : Dans le Boulonnais, où elle est signalée pour la première fois, cette espèce est d'âge Givétien supérieur.
2. Belgique : dans le Couvinien, le Givétien et la base du Frasnien moyen.
3. Allemagne : Dans le Givétien.

CYRTOSPIRIFER APERTURATUS (SCHLOTEIM 1820)

Var. VERNEUILIFORMIS (PÆCKELMANN. 1912)

Pl. XII

Fig. 4 a-c

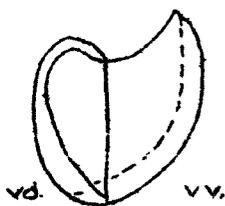
- 1882-1884 - *Spirifer verneuili* Davidson - V. p. 35 pl.II, fig. 1  
1894 - *Spirifer aperturatus* Gosselet p.45, pl.VII fig.67 a-b.  
1895 - *Spirifer aperturatus* Holzapfel p.249, pl.16 fig.14 a-b.  
1934 - *Spirifer aperturatus* Torley. p. 114, pl. VIII, fig. 37  
1942 - *Spirifer aperturatus* var. *verneuiliiformis* Paeckelmann.,  
p. 57, fig. 3, pl. 2

Forme générale mégathyride à contours arrondis.

La valve ventrale est pyramidale. Le sinus à profil courbe est bien délimité par deux côtes pariétales de même importance que les côtes des ailes. Le sinus va en s'élargissant jusqu'à la

commissure des valves où il se termine par une languette sinusale, rectangulaire. Le crochet est proéminent et rejeté sur le côté. Le bourrelet de la valve dorsale est bien délimité par deux sillons plus larges que les sillons intercostaux. Le bourrelet peu saillant, mais net près du crochet, va en s'élargissant progressivement jusqu'à la commissure des valves.

L'area de la valve ventrale est triangulaire, très développée et concave. Elle présente une ornementation qui consiste en striés longitudinales très fines recoupées par des lignes transversales plus fortes, perpendiculaires aux précédentes.



L'area de la valve dorsale n'est pas visible.

#### ORNEMENTATION :

Les sinus et bourrelet portant cinq à six côtes qui se multiplient par dichotomie ou par intercalation. Elles sont simples sur les flancs et au nombre de trente environ. Les côtes sont assez fines et ont un profil arrondi. L'ornementation fine est formée de fines lamelles concentriques d'accroissement.

#### RAPPORTS ET DIFFERENCES :

*C. aperturatus* var. *verneuilliformis* diffère de :

1. *C. aperturatus* var. *echinulata* par l'absence d'ornementation fine épineuse.
2. *C. aperturatus* var. *cuspidata* par sa taille plus grande et son area concave.

#### LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France : Boulonnais, carrières du Banc Noir et du Griset.
2. Allemagne : Eifel : Sötenich  
Bensberg : Paffrath  
Waldgirmes.

#### NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

En Allemagne, cette espèce est givétienne.

Dans le Boulonnais, où elle est rencontrée pour la première fois, *C. aperturatus* var. *verneuilliformis* est d'âge Givétien supérieur.

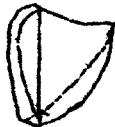
CYRTOSPIRIFER APERTURATUS (SCHLOTEIM 1820)

Var. CUSPIDATA (d'ARCH et de VERN 1842)

- 1842 - Spirifer aperturatus var. cuspidata. d'Arch. et de Verneuil.  
(2), vol. VI, p. 369, pl. XXXV, fig. 7-7a).
- 1850-1856 - Spirifer tenticulum. Sandberger, pl. XXXI, fig. 12-12 a
- 1871 - Spirifer aperturatus cuspidatus. Quendstedt. p. 502, Pl. 53,  
fig. 46-47.
- 1942 - Cyrtospirifer aperturatus var. cuspidata. W. Paeckelmann, p. 64,  
Pl. II, fig. 5-8.

Forme générale légèrement mégathyride, à extrémités cardinales arrondies.

La valve ventrale est pyramidale. Elle présente un sinus courbe, peu profond qui part du crochet et qui va en s'élargissant jusqu'à la commissure des valves. Le sinus est bien délimité par deux côtes bordières plus fortes que les côtes radiaires qui ornent les flancs de la coquille. La valve dorsale, peu épaisse, est ornée d'un bourrelet qui part du crochet. Il va en s'élevant progressivement jusqu'à la commissure des valves, mais, malgré tout, le bourrelet reste peu proéminent. Il est délimité par deux sillons plus profonds



area anacline.



area apsacline.

que les sillons intercostaux. L'area de la valve ventrale est très élevée et triangulaire. Sur les spécimens observés, l'angle qu'elle forme avec la ligne cardinale est variable. L'area ventrale est, soit anacline, soit apsacline. L'ornementation de l'area ventrale consiste en stries longitudinales très fines et nombreuses, recoupées perpendiculairement par des stries transversales plus épaisses puisqu'elles s'associent le plus souvent par trois pour ne plus former qu'une costule plus prononcée. L'area dorsale n'est pas visible.

ORNEMENTATION :

Les sinus et bourrelet sont ornés de cinq à six côtes radiaires se multipliant par dichotomie ou par intercalation. Les

côtes ont un profil arrondi sur les sinus et bourrelet comme sur les ailes où elles sont simples et au nombre de trente à trente cinq et même parfois quarante.

Il n'y a pas d'ornementation fine caractéristique en dehors de lamelles concentriques d'accroissement.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

*C. aperturatus* var. *cuspidata* diffère de :

1. *C. aperturatus* var. *echinulata* par la présence chez cette dernière espèce d'épines sur le sommet des côtes.
2. *C. aperturatus* var. *verneuiformis* qui a une taille plus grande, des côtes plus fortes, une area concave.

PAECKELMANN place en synonymie *C. aperturatus* var. *cuspidata* et *C. tenticulum*. Il est en effet difficile de séparer ces deux espèces. La figuration de SANBERGER pour le *C. tenticulum* correspond au *C. aperturatus* var. *cuspidata* de PAECKELMANN.

LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France : Boulonnais : dans les carrières du Bano Noir et du Griset.
2. Belgique : Bassins de Dinant et de Namur.
3. Allemagne : Paffrath.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

Dans le Boulonnais, cette espèce, d'âge Givétien supérieur, est citée pour la première fois.

En Allemagne, elle est rencontrée dans le Givétien des Plattenkalk.

CYRTOSPIRIFER CONOIDEUS (ROEMER. 1843).

Pl. XII, Fig. 5-6

Pour la synonymie et la bibliographie se référer à celles données par M. VANDERCAMMEN.

1843 - *Spirifer conoideus* F.A. Roemer. p. 12, Pl. 56, fig. 13 a et b.

1959 - *Cyrtospirifer conoideus*. Vandercammen, p. 151.

Forme générale conique, équithyride, c'est-à-dire que la ligne cardinale est égale à la plus grande largeur de la coquille.

La valve ventrale aux contours arrondis, est pyramidale et munie d'un sinus peu profond, à profil courbe et allant en s'évasant jusqu'à la commissure des valves. Le sinus est nettement limité par deux côtes bordières saillantes. Le crochet est pointu et rejeté parfois sur le côté. La valve dorsale est operculiforme, le bourrelet obsolète.

L'area de la valve ventrale est très développée, triangulaire. Elle est anacline ou orthocline. L'area est plane mais parfois légèrement recourbée au voisinage du crochet.



area orthocline



area anacline



area, vue de face.

#### ORNEMENTATION :

Les sinus et bourrelet sont ornés de côtes radiales au nombre de 6 à 8. Elles se multiplient par dichotomie ou intercalation.

Chaque aile porte de 17 à 20 côtes simples, à profil arrondi. Quand l'échantillon est décortiqué, les côtes radiales s'atténuent peu à peu en se rapprochant de la région cardinale et du crochet. Ceci correspond à la figuration donnée par ROEMER.

#### ORNEMENTATION FINE:

Elle consiste en lignes concentriques d'accroissement. L'ornementation fine de l'area n'est pas visible.

#### VARIATIONS.

Les sinus et bourrelet sont parfois plus marqués. De ce fait, certains auteurs l'ont appelés *Cyrtospirifer tenticulum*. Malgré tout il est difficile de les distinguer l'un de l'autre. Certaines figurations données par les auteurs du *C. conoideus* correspondent au *C. tenticulum* figuré par d'autres. Nous n'avons donc gardé que la dénomination *C. conoideus*.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

C. conoïdeus diffère de :

1. C. stolbovi par a/ son contour arrondi  
b/ sa forme moins transverse  
c/ son area plus développée.

De plus C. stolbovi, présente des pustules sur le sommet des côtes alors que C. conoïdeus en est dépourvu.

LOCALITES ET GISEMENTS :

Cette espèce est connue :

1. En France : dans le Boulonnais, carrières du Banc Noir et du Grisot.
2. En Allemagne : Harz, Breiniger Berg.
3. En Russie : dans le Turkestan.
4. En Belgique : à Givet, au Fort Condé.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

Cette espèce se trouve dans le Givétien et le Frasnien.

CYRTOSPIRIFER GRABAU (W. Paeckelmann, 1942)

Pl. XII , fig. 7-8

Pour la synonymie et la bibliographie se référer à celles données par M. VANDERCAMMEN.

1942 - *Cyrtospirifer verneuili* var. *grabau*. Paeckelmann p. 111  
Pl. IV, fig. 1-3

1959 - *Cyrtospirifer grabau*. Vandercammen. p. 130, Pl. V, Fig. 1 à 9.

Forme générale fortement mégathyride, mucronée, de grande taille ou bien gibbeuse et légèrement mégathyride.

La valve ventrale est plus profonde que la valve dorsale; elle présente des contours arrondis et la ligne cardinale se prolonge par des mucrons rarement conservés. Le crochet est pointu, fortement recourbé. Certains spécimens ont le crochet plus recourbé que d'autres. Le sinus est large et profond, à profil courbe, assez bien délimité par deux côtes bordières plus fortes, les côtes sinusales. La languette sinusale plus ou moins développée suivant les spécimens

peu présenter des aspects assez divers : soit largement arrondie, soit subquadrantique.

La valve dorsale, vue de profil, est très convexe. Le crochet de la valve dorsale est assez élevé, recourbé sur l'area dorsale. Ce crochet recouvre même souvent en partie ou en totalité l'ouverture delthyriale. Le bourrelet peu élevé, à profil arrondi, est limité par deux sillons de même largeur que les sillons intercostaux latéraux. Sur deux spécimens, le bourrelet présente une amorce de sillon qui le divise en deux.

L'area ventrale est concave, peu élevée, à bords subparallèles. Cette area est procline, c'est-à-dire en surplomb sur elle-même. L'area déroulée présente une forme triangulaire, très aplatie et transverse. La courbure de l'area tend à s'accroître avec l'âge. Les lamelles dentales sont épaisses, plus ou moins divergentes et peu allongées.

L'area dorsale beaucoup moins développée que l'area ventrale est concave et également procline.

#### ORNEMENTATION :

Les côtes radiales latérales, au nombre de 30 à 40 sur chaque aile sont simples et plus larges que celles des sinus et bourrelet. Les côtes ont un profil arrondi près du crochet mais s'aplatissent et s'élargissent progressivement jusqu'à la commissure des valves. Les espaces intercostaux aussi larges que les côtes près du crochet deviennent beaucoup plus étroits au fur et à mesure de la croissance de la coquille.

Les sinus et bourrelet sont ornés de côtes fines qui se multiplient par dichotomie mais elles ont même épaisseur du crochet au front.

#### ORNEMENTATION FINE :

a/ sur les valves : elle comprend des lamelles concentriques d'accroissement qui en passant sur les côtes radiales prennent une allure en chevrons.

On observe aussi des microcostules pseudoradiaires allongées remontant lentement jusqu'au sommet des côtes.

b/ sur l'area : l'ornementation de l'area est composée de microcostules longitudinales de croissance recoupées perpendiculairement par des costules transversales qui se joignent par deux ou trois.

VARIATIONS :

Certains spécimens sont moins larges et plus gibbeux. Leur area est plus concave, moins élevée. Ils correspondraient à la Forme II décrite par VANDERCAMMEN.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

C. grabaui se distingue des autres espèces par son area basse à bords subparallèles et sa microornementation. Il faut aussi noter la grande largeur des côtes radiaires latérales en comparaison des sillons intercostaux qui sont de plus en plus étroits.

LOCALITES ET GISEMENTS :

Cette espèce est connue dans les pays et localités suivants :

1. France : en Boulonnais, carrière du Banc Noir.
2. Allemagne : Breiniger Berg près de Aachen.
3. Angleterre : Cornwall : Sud de Petherwin  
North Devon : Saunton, Pilton, Croyde  
Baggy Point.  
South Devon : Hope près de Torquay,  
Yealmpton.
4. Belgique : stations de Barvaux, des Mignées Biron,  
Senzeilles, Nismes, Lompret.
5. Prusse : Stolberg.

REPARTITION STRATIGRAPHIQUE :

Dans le Boulonnais, cette espèce a été recueillie pour la première fois à la base du Frasnien moyen dans la zone à C. supradisjunctus.

PAECKELMANN signale cette espèce dans le Frasnien et le Famennien.

CYRTOSPIRIFER MALAISEI (GOSSELET. 1894)

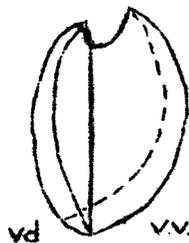
Pl. XIII, Fig.1-2

- 1894 - Spirifer Malaisi. Gosselet p. 47, Pl. VII, fig. 70-72  
1908 - Spirifer Malaisi. Rigaux. p. 15  
1942 - Spirifer (Cyrtiopsis) Malaisi. W.A. Paeckelmann, p. 157, Pl. VIII, fig. 1  
1942 - Cyrtiopsis n.sp. malaisi. W.A. Paeckelmann, p. 158-159, fig. 72.  
1959 - Cyrtospirifer malaisei. Vandercammen, p. 59, Pl.II, Fig.9-16.

Forme générale carrée, de grande taille, brachythyride : la ligne cardinale égalant à peine la plus grande largeur de la coquille.

La valve ventrale à crochet recourbé est plus profonde que la valve dorsale. Le sinus est large et à profil courbe. Ses limites sont peu précises, mais la finesse des côtes qui s'y trouvent servent de point de repère pour définir sa largeur. En général, la profondeur est très faible mais devient appréciable chez les spécimens de grande taille. La languette sinusale décrit une courbe régulière.

La valve dorsale porte un bourrelet très faible mais bien délimité par deux sillons pariétaux de même largeur que les sillons latéraux.



L'area ventrale est peu élevée, subtriangulaire. Elle est d'abord perpendiculaire à la ligne cardinale puis concave.

L'area dorsale assez élevée est en surplomb sur l'area ventrale.

ORNEMENTATION :

Les côtes radiaires qui ornent les valves sont fines, arrondies et très nombreuses. Sur les flancs, les divisions de côtes sont rares sauf chez les formes âgées où il y a une forte tendance à la dichotomie. Gosselet indique comme caractère important la bifurcation des côtes latérales. Nos spécimens comme ceux récoltés par RIGAUX, dans le Boulonnais, montrent rarement des divisions de côtes.

Les bourrelet et sinus sont ornés de côtes beaucoup plus fines que sur les ailes et ce caractère, ainsi que nous l'avons dit précédemment, délimite le sinus. Les côtes se multiplient par dichotomie ou par intercalation aussi bien sur le bourrelet que dans le sinus.

L'area ventrale présente la même ornementation que les autres *Cyrtospirifer* : lignes longitudinales d'accroissement et costules transversales. Cette ornementation est absente sur les bords latéraux de l'area.

L'area dorsale est visible et présente la même ornementation que l'area ventrale.

#### ORNEMENTATION FINE :

Elle est formée de fines lamelles concentriques d'accroissement visibles au binoculaire. Ces lamelles sont déchiquetées et très serrées, mais sur un des spécimens, la coquille est ornée d'épines plus fines moins allongées que celle du *C. supradisjunctus*.

#### RAPPORTS ET DIFFERENCES :

*C. Malaisei* diffère du *C. supradisjunctus* par ses côtes plus fines, son sinus plus profond et son area moins élevée.

#### LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France : dans le Boulonnais à Couderouche, par Rigaux.  
dans la carrière du Banc Noir où sa présence est reconnue pour la première fois.
2. Belgique : Durbuy  
GOSSELET la signale à Boussu-en-Fagne, Nismes, Bomal, Roux.
3. Allemagne : Walheim près de Aachen où il accompagne *C. seminoi* et *C. bisinus*.

#### NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

1. France : dans le Boulonnais à la base du Frasnien moyen.
2. Belgique : Frasnien moyen.
3. Allemagne : dans les schistes de passage du Dévonien moyen au Dévonien supérieur.

CYRTOSPIRIFER ORBELIANUS (ABICH. 1858)

---

Pl. XIII, fig. 3 a-b

- 1858 - Spirifer orbelianus, Abich. p. 524, Pl. I, fig. 2 - 3 ;  
Pl. II, fig. 4 - 5
- 1894 - Spirifer orbelianus, Gosselet. p. 41, Pl. VI, fig. 60-65  
p. 46, Pl. VII, fig. 57 a-b.
- 1908 - Spirifer orbelianus. Rigaux. p. 15
- 1922 - Spirifer orbelianus. C. Reed. p. 60, Pl. XI, fig. 12 - 12 a
- 1942 - Spirifer (Cyrtospirifer) verneuili var. orbeliana,  
W.A. Paeckelmann, p. 129.
- 1959 - Cyrtospirifer orbelianus. Vandercammen. p. 130, Pl. V, fig. 1-9.

Forme générale, soit légèrement mégathyride (Forme I), soit brachythyride et gibbeuse (Forme II).

La valve ventrale est beaucoup plus profonde que la valve dorsale. Elle possède des contours arrondis mais présente parfois un aspect subquadratique. Les extrémités cardinales sont cassées, mais on peut supposer que l'area se prolonge par des mucrons. Le sinus est large, assez bien délimité, peu profond, à profil courbe, et présentant chez le type un gonflement médian formant bosse. Ce dernier caractère peut parfois faire défaut mais comme le fait remarquer M. VANDERCAMMEN, il n'apparaît que vers L<sub>vv</sub> = 25 à 30 mm. Le sinus se prolonge au front en une languette légèrement trapézoïdale.

La valve dorsale est beaucoup moins profonde que la valve ventrale. Mais on observe que la valve dorsale de la Forme II est proportionnellement plus bombée que celle de la Forme I. Le bourrelet dorsal est peu élevé, à profil arrondi. L'area dorsale, peu élevée, est inobservable. L'area ventrale, très développée, est proportionnellement plus élevée dans la Forme I que dans la Forme II. Elle est plus concave chez cette dernière forme et le crochet est alors plus recourbé sur l'area. Chez la Forme I, l'area est presque plane et le crochet peu proéminent.

Un des spécimens appartenant à la Forme II, présente un delthyrium obturé par les plaques deltidiales soudées, l'ensemble de ces plaques formant un symphytium. Il est proéminent dans

sa partie médiane, selon une ligne qui correspond à la région de suture des plaques deltidiales. Pour SAERTENAER, le symphytium est formé de plaques imbriquées comme les tuiles d'un toit, alors que pour M. VANDERCAMMEN, il s'agirait plutôt de zones d'accroissement comparables à celles observées sur les valves.

ORNEMENTATION :

Les valves sont ornées de côtes radiaires arrondies, nombreuses, simples sur les flancs. Elles se multiplient par dichotomie dans le sinus et sur le bourrelet et sont plus fines que sur les flancs.

ORNEMENTATION FINE :

a/ sur les valves : Elle se compose de lignes concentriques d'accroissement et de petites pustules qui ornent le sommet des côtes. Ces pustules sont légèrement allongées radialement. Les espaces intercostaux sont étroits et ne portent pas d'ornementation fine caractéristique. Ils sont seulement traversés par les lignes concentriques d'accroissement.

b/ sur l'area : L'ornementation fine de l'area se compose de lignes longitudinales d'accroissement. Elles sont recoupées perpendiculairement par des microcostules transversales, qui se soudent par 2 ou 3, formant ainsi une costule plus marquée. Sur les bords externes de l'area, seule l'ornementation longitudinale subsiste.

VARIATIONS :

D'après GOSSELET, *C. orbelianus*, semblerait dériver du *C. verneuili* et cette idée, fut reprise par PAECKELMANN.

Dans les collections de la Faculté Libre des Sciences de Lille, certains spécimens provenant de la "zone des monstres", à Givet, présentent des côtes plus fortes et se rapprochent des formes figurées par GOSSELET (Pl. VI, fig. 64 a-b). Des spécimens sahariens que Mlle D. LE MAÎTRE nous a fait observer portaient de fortes côtes.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

*Cyrtospirifer orbelianus* se caractérise par son ornementation fine composée de pustules légèrement allongées radialement, présentés uniquement sur le sommet des côtes. Si l'ornementation fine n'est pas conservée, la forme gibbeuse, l'area élevée et apsacline permettent de distinguer cette espèce des *Cyrtospirifer verneuili*, *grabau*, *supradisjunctus*, *malaisei*.

Le caractère spécifique défini par ABICH est la présence d'une partie gonflée formant bosse dans le sinus.

LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France : Beaulieu et Cambresèque en Boulonnais.  
Givet dans la "zone des Monstres" définie par GOSSÉLET.
2. Belgique : Dourbes, Nismes.
3. Inde : Chitral.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

*Cyrtospirifer orbelianus* commence au Frasnien inférieur, atteint son maximum à la base du Frasnien moyen F2a et disparaît dans le Frasnien supérieur. C'est donc une espèce proprement frasnienne.

CYRTOSPIRIFER STOLBOVI (D. NALIVKIN 1941).

Pl. XII, fig. 9 a-e

1941 - *Spirifer stolbovi*. D. Nalivkin. p. 177-212, Pl. VI, fig. 6-7

1959 - *Cyrtospirifer stolbovi*. Vandercammen. pl. II, fig. 25 à 32.

Forme générale mégathyride, à contour pentagonal. Nous n'avons trouvé qu'un seul exemplaire qui présente les dimensions suivantes :

Longueur de la valve ventrale	: 15 mm
Longueur totale = longueur cardinale	: 27,5 mm
Hauteur de la valve dorsale	: 14 mm
Hauteur de l'area	: 8 mm
Angle apical	: 125°
Angle du sinus	: 31°

La valve ventrale est pyramidale. Elle est munie d'un sinus

qui part du crochet et qui va en s'élargissant jusqu'à la commissure des valves. Le sinus est peu profond, à profil courbe et il n'y a pas de languette sinusale. Il est nettement limité par 2 côtes pariétales plus fortes que les autres.

La valve dorsale est peu épaisse. Le bourrelet obsolète est limité par deux sillons pariétaux de la largeur d'un espace intercostal.

L'area ventrale de 8 mm de hauteur est triangulaire, très développée et anacline. L'area est légèrement recourbée près du crochet et présente de fines lignes concentriques d'accroissement qui sont parallèles au bord cardinal. Les costules transversales sont perpendiculaires aux précédentes et se joignent par paire, formant ainsi des lignes transversales plus prononcées. Cette ornementation ne recouvre pas la partie marginale de l'area. L'area de la valve dorsale est visible (1/2 mm de hauteur).

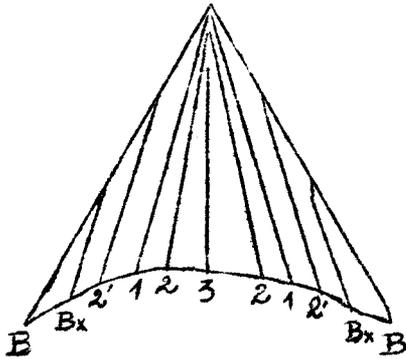
#### ORNEMENTATION :

Toute la surface est couverte de côtes radiaires de section arrondie qui se dirigent vers le crochet sans l'atteindre. Les côtes sont simples sur les ailes et au nombre de 22 sur chaque flanc du spécimen observé.

Les côtes sont plus fines dans le sinus et sur le bourrelet où elles se multiplient par bifurcation ou intercalation.

#### FORMULE SINUSALE :

Nous désignons les côtes bordières par la lettre B; les côtes primaires (1) sont les premières apparues et généralement plus fortes que les autres. De part et d'autre des côtes primaires, qui divisent le sinus en 3 secteurs, les côtes plus fines sont désignées par 2, 3 ... etc... Les polyfurcations sont désignées par la lettre x, quand il s'agit d'une bifurcation, x y d'une trifurcation.



la formule sinusale s'écrit donc :

B Bx 2' 1 2 3 2 1 2' Bx B



ORNEMENTATION FINE :

Elle n'est visible que sur l'aile droite de la valve dorsale. Les sommets des côtes sont ornés de nodules serrés et irrégulièrement répartis.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

C. stolbovi se sépare de C. conoideus par :

1. son contour pentagonal un peu transverse.
2. les sinus et bourrelet peu marqués.
3. son area moins développée.
4. son ornementation fine.

LOCALITES ET GISEMENTS :

Jusqu'à présent, deux gisements sont connus :

1. dans les couches de Svinord à Stolbovo, signalé par Halivkin.
2. en Belgique, à Pétigny, dans la tranchée de chemin de fer de Virelles - Lompret.

Avec ces deux gisements connus, s'ajoute celui de la carrière du Banc Noir, où nous l'avons recueillie à la base des schistes de Beaulieu.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

L'espèce est rare partout et en Russie comme en Belgique, elle est localisée dans le Frasnien moyen.

Dans le Boulonnais, C. stolbovi se rencontre à la base du Frasnien moyen, F2a.

CYRTOSPIRIFER SYRINGOTHYRIFORMIS (W.A. PAECKELMANN.1942)

Pl. XIII, fig. 4 a-b

1894 - Spirifer verneuili. Gosselet, Pl. III, fig. 16

1942 - Cyrtospirifer verneuili var. syringothyriiformis. W. Paeckelmann.  
p. 123, fig. 59 et 60, Pl. IV, fig. 7 et 8

1959 - Cyrtospirifer syringothyriiformis. Vandercammen p. 142, Pl. IV  
fig. 19 à 26.

Forme générale fortement mégathyride. Les extrémités cardinales doivent sans doute se terminer par des mucrons.

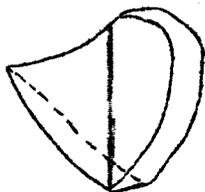
La valve ventrale est pyramidale. Le sinus part du crochet et va en s'évasant largement jusqu'à la commissure des valves; le sinus, à profil courbe, est profond et bien limité par deux côtes bordières saillantes.

La valve dorsale présente un bourrelet proéminent dont l'angle d'ouverture est inférieur à celui du sinus. Le bourrelet est limité par deux sillons pariétaux plus prononcés que les espaces intercostaux.

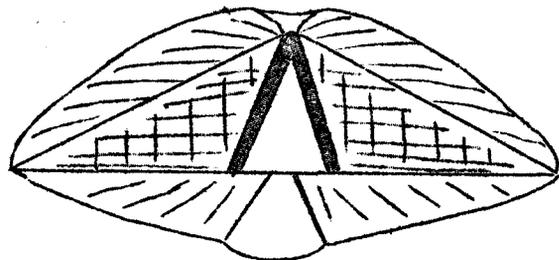
L'area ventrale, triangulaire, droite plus légèrement recourbée près du crochet est très développée et anacline.

L'area dorsale est beaucoup moins élevée que l'area ventrale. Elle est cependant visible et forme un angle de 90° avec l'area ventrale.

Les lamelles dentales, visibles sur un des spécimens, sont épaisses, courtes et très divergentes.



Vu de côté



Area

### ORNEMENTATION

Toute la surface est couverte de côtes radiaires simples, de section arrondie, dirigées vers le crochet sans l'atteindre. Elles sont séparées par des espaces intercostaux de même largeur qu'elles.

Sur les sinus et bourrelet, les côtes se multiplient par dichotomie ou par intercalation. Elles sont au nombre de 15 à 20 dans le sinus des spécimens observés.

### ORNEMENTATION FINE :

Elle est faite de fines lignes concentriques d'accroissement qui se soulève en chevrons sur le sommet des côtes. Nous n'avons pas vu les microcostules pseudoradiaires signalées par M. VANDERCAMMEN

Sur l'area, l'ornementation est formée de fines lignes longitudinales recoupées par des costules transversales qui se réunissent par 4 ou 5. Cette ornementation fine de l'area ne se retrouve pas sur les parties marginales de l'area ventrale.

### RAPPORTS ET DIFFERENCES :

Cette espèce diffère de :

1. *C. stolbovi* par son area plus élevée et sa forme plus transverse.
2. *C. grabau* par son area beaucoup plus élevée et de type anacline.
3. *C. verneuili* par son area plus élevée à l'v égal et d'après M. VANDERCAMMEN par la présence d'une microsculpture épineuse.

### LOCALITES ET GISEMENTS :

1. Boulonnais : cette espèce y est signalée pour la première fois dans les schistes frasniens affleurant dans la carrière du Banc Noir.
2. Belgique : Sud de Barvaux (Station de Mignies)
3. Allemagne : Breiniger Berg.

### NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

*C. syringothyriiformis* est rare dans tous les gisements où elle est connue. Elle semble localisée dans le Frasnien avec un maximum de développement dans le sommet du Frasnien moyen. Dans le Boulonnais, nous l'avons recueillie à la base du Frasnien moyen.

2. Genre MUCROSPIRIFER GRABAU. 1931

MUCROSPIRIFER SAUVAGEI RIGAUX. 1872

Pl. XIII      fig. 6

1872 - Spirifer Sauvagei Rigaux. p. 4, fig. 2 abc

1877 - Spirifer Sauvagei Gosselet. Ann. Soc. Géol. du Nord Tome IV,  
p. 263

1908 - Spirifer Sauvagei Rigaux. p. 16.

Coquille petite et de forme générale semi-circulaire.

La valve ventrale est convexe et porte un sinus assez profond pourvu en son milieu d'une costule. Le crochet est petit et légèrement recourbé. L'area ventrale est assez développée et de forme triangulaire.

La valve dorsale est moins épaisse et munie d'un bourrelet peu saillant garni d'une légère dépression médiane.

Chaque valve est ornée de 16 à 18 côtes rayonnantes, simples, couvertes de stries concentriques lamelleuses. Parallèlement à ces lamelles concentriques, on observe à la loupe de fines stries concentriques recoupées par des costules peu élevées et rayonnantes. L'ensemble forme un quadrillage caractéristique bien visible sur le bourrelet, dans le sinus et les sillons intercostaux.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

M. Sauvagei diffère du M. Legayi par l'absence du mucrons prologéant les bords cardinaux. De plus, l'ornementation fine recouvrant toute la coquille permet de distinguer le M. Sauvagei du M. Legayi.

M. Barroisi se sépare du M. Sauvagei par sa forme sudquadrangulaire et par la présence de mucrons prolongeant les bords cardinaux. Ce Mucrospirifer possède cependant une ornementation fine qui le rapprocherait du M. Sauvagei.

LOCALITES ET GISEMENTS :

France : Beaulieu en Boulonnais.

Belgique : Bassin de Dinant.

a/ Bande Nord (Calc. N-E. de l'arrondissement d'Avesnes) Ferrière-la-Grande, Montigny Saint-Christ, Rocq, Cousolre, Hestrud.

b/ Bande Sud (Calc. de Frasnes)  
Hotton, Chimai, Lompret, Nismes.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

Dans le Boulonnais, RIGAUX signale cette espèce dans la zone à *Streptorhynchus elegans*. *M. Sauvagei* semble localisée dans le Frasnien moyen.

GROUPE DU MUCROSPIRIFER BOUCHARDI (MURCHISON. 1840)

Ce groupe comprend plusieurs formes :

1. *Mucrospirifer Bouchardi*. Murchison. 1840
2. *Mucrospirifer Bouchardimutatio belliloci*. Rigaux. 1908.
3. *Mucrospirifer Dorlodoti*. Rigaux. 1908.

Dans le Boulonnais, *M. Bouchardi* est caractéristique du Frasnien supérieur, tandis que *M. Bouchardi mutatio belliloci* et *M. Dorlodoti* se rencontrent dans le Frasnien inférieur. Nous nous limiterons à l'étude de ces deux dernières formes, rencontrées dans les schistes de Beaulieu et Cambresèque. Pour la diagnose concernant *M. Bouchardi* type, il est possible de se référer aux études données par les auteurs.

MUCROSPIRIFER BOUCHARDI MUTATIO BELLILOCI. (RIGAUX 1908)

1908 - *Spirifer Bouchardi mutatio belliloci*. Rigaux p. 19, Pl. I, fig. 6

1912 - *Spirifer Bouchardi mutatio belliloci*. Asselberghs, p. 11,  
Pl. I. fig. 10

Forme générale transverse et triangulaire, mucronée, mais ceux-ci sont rarement conservés.

La valve ventrale est convexe, le crochet petit et recourbé. Le sinus est bordé par deux côtes très saillantes, fortes et au fond du sinus, on observe une côte peu prononcée. L'area ventrale est fort étroite à bords subparallèles.

La valve dorsale est plate, triangulaire et la charnière rectiligne. Le bourrelet saillant est limité par des sillons profonds et présente une légère dépression médiane.

Chaque valve porte environ 16 à 18 côtes saillantes, recouvertes de nombreuses lamelles d'accroissement serrées, un peu écailleuses et donnent lieu à une disposition en chevrons.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

*M. Bouchardi mutatio belliloci* diffère du *M. Bouchardi* type par sa taille en général beaucoup plus grande, par les deux côtes du sinus qui sont plus saillantes et par les sillons plus profonds qui délimitent le bourrelet. Le nombre de côtes ornant les valves du *M. Bouchardi* est supérieur à celui du *M. Bouchardi mutatio belliloci*.

LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France : Boulonnais : carrière du Banc Noir
2. Belgique : Cerfontaine.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

Frasnien inférieur.

MUCROSPIRIFER DORLODOTI. (RIGAUX 1908)

Pl. XIII fig. 7 a-b

1908 - Spirifer Dorlodoti. Rigaux p. 19, Pl. I, fig. 7

1912 - Spirifer Dorlodoti, Asselberghs p. 11, Pl. I, fig. 11

Forme générale subquadrangulaire. La plus grande largeur de la coquille correspond au bord cardinal qui est prolongé par deux mucrons assez courts.

La valve ventrale est convexe et le crochet petit et recourbé. Le sinus est assez profond et limité par deux côtes bordières plus fortes que les côtes qui ornent les valves. Le fond du sinus présente une côte médiane peu prononcée. L'area ventrale est très étroite et à bords subparallèles.

La valve dorsale est presque plane bien que légèrement convexe. Cette valve porte un bourrelet peu saillant limité par deux sillons

qui ne sont guère plus profonds que les sillons intercostaux. Une dépression médiane correspondant à la costule du sinus divise le bourrelet.

Les valves sont ornées de 12 à 16 côtes à profil triangulaire et garnies de stries concentriques écailleuses formant chevrons sur le sommet des côtes.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

M. Dorlodoti se distingue des deux espèces précédentes par sa forme subquadrangulaire et les éperons qui prolongent le bord cardinal.

LOCALITES ET GISEMENTS :

Boulonnais : dans la carrière du Banc Noir.

RIGAUX signale également cette espèce à Cambresèque.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

M. Dorlodoti se rencontre à la base des schistes de Cambresèque, sous le niveau à M. Bouchardi mutatio belliloci. M. Dorlodoti est de la base du Frasnien inférieur.

B. Sous-famille des RETICULARIINAE, WAAGEN 1883

Genre UNDISPIRIFER, HAVLICEK 1959

UNDISPIRIFER UNDIFERUS ROEMER 1844

Pl. XIII, fig. 5 c-d

1844 - Spirifer undiferus. F. Roemer. p. 73, Pl. VI, fig. 6  
pour la synonymie, se référer aux auteurs suivants :

1957 - Plectospirifer undiferus. Vandercammen p. 3, Pl. I fig 1 à 15  
Pl. II fig. 1 et 2

1959 - Undispirifer undiferus V. Havlicek p. 168, Pl. IV, fig. 8

Forme générale subpentagonale, gibbeuse. La brachythyridie est générale et les extrémités cardinales sont arrondies. La plus grande largeur de la coquille se trouve à la mi-hauteur des valves.

La valve ventrale porte un sinus peu profond, large, arrondi qui commence au quart antérieur de la coquille et qui détermine une légère sinuosité à la commissure des valves. Le sinus présente parfois un sillon central mais ce caractère peut-être dû chez certains spécimens à une déformation mécanique.

La valve dorsale est moins gibbeuse que la valve ventrale et elle porte un bourrelet peu marqué.

L'area de la valve ventrale est triangulaire, assez élevée et courbe. Le crochet est proéminent. Il n'y a pas d'ornementation visible sur les spécimens observés. L'area dorsale n'est pas distincte.

#### ORNEMENTATION :

Les sinus et bourrelet sont lisses.

Les valves sont ornées de côtes radiaires larges, arrondies, peu marquées, réduites parfois à de simples ondulations. Toutefois, la commissure des valves est toujours ondulée. Le nombre de côtes varie de 5 à 10 sur chaque flanc. Nous n'avons pas observé de division pas plus que d'intercalation de côtes comme le fait remarquer DAVIDSON. D'ailleurs, les échantillons observés sont de petite taille.

#### ORNEMENTATION FINE :

Elle est microépineuse. Les épines sont disposées parallèlement aux lignes concentriques d'accroissement. Seules les bases de ces épines sont conservées et elles sont pyriformes avec la pointe dirigée vers le crochet. Mais parfois elles peuvent présenter deux pointes allongées dans le sens des côtes radiaires. Entre ces grosses épines se trouvent intercalées de petites épines.

#### VARIATIONS :

Dans le Boulonnais, les spécimens frasniens ont une taille plus grande et des côtes radiaires plus marquées que celles des formes givétiennes. En général, les côtes sont simples mais dans les stades gérontiques, il y a une forte tendance à la dichotomie.

#### LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France : en Boulonnais : carrières du Banc Noir et du Grisot.

- : Massif armoricain : dans le calcaire de Cob-choux.
- 2. Angleterre : Wolborough et Lummaton.
- 3. Allemagne : dans les calcaires de Greifenstein.
- 4. Bohême : Moravie, Nemecko.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

- 1. France : dans le Boulonnais, Givétien supérieur et base du Frasnien moyen.  
: W. de la France : Frasnien.
- 2. Belgique : Couvinien  
abondante dans le Givétien et jusque dans la partie supérieure du Frasnien moyen.
- 3. Allemagne : calcaires à Stringocéphales et base du Frasnien supérieur.
- 4. Bohême : Givétien et base du Frasnien.

En conclusion, *Undispirifer undiferus* a une extension verticale assez grande, de l'Eifélien au Frasnien moyen compris.

C. Sous-famille des AMBOCOELIINAE, GEORGE 1931  
Genre CRURITHYRIS, GEORGE 1931.

CRURITHYRIS INFLATA - SCHNUR 1853

Pl. XIV, fig. 1-2

- 1853 - *Spirifer inflatus*. Schnur. p. 43, Pl. XVI, fig. 2 a b c d
- 1875 - *Spirifer Urii*, Davidson. Pl. IV. fig. 25-28
- 1908 - *Ambocoelia unguiculus*. Rigaux p. 20
- 1959 - *Crurithyris inflata*, Shimer et Shrock. p. 329

Coquille de petite taille, plus haute que large et aux contours arrondis.

La valve ventrale est convexe, avec un sinus large, peu profond s'étendant depuis le crochet jusqu'au front. Le crochet très incurvé surplombe légèrement l'area ventrale concave et de forme triangulaire.



Forme générale transverse et elliptique.

La valve ventrale est plus épaisse que la valve dorsale. Elle porte un sinus assez profond bien délimité par deux côtes radiaires qui ne sont pas plus fortes que les côtes des flancs. Le sinus porte trois côtes obsolètes, mais ce nombre est variable suivant les spécimens. Le crochet est petit et recourbé sur l'area ; celle-ci est peu élevée, concave, triangulaire, à base rectiligne.

La valve dorsale est légèrement convexe et de forme semi-elliptique. Cette valve porte un bourrelet étroit, peu saillant mais bien délimité. Il est garni de trois sillons qui correspondent aux costules du sinus. Chaque valve est ornée de 12 à 14 côtes radiaires arrondies et élevées. De ce fait, la commissure des valves est crénelée.

ORNEMENTATION FINE :

- a) Valves : L'ornementation fine des valves est constituée de microcostules pseudoradiaires assez courtes, se terminant par des bases d'épines arrondies qui couvrent la surface totale de la coquille.
- b) Area : l'ornementation fine de l'area est double : on peut observer des stries longitudinales de croissance recoupées perpendiculairement par des microcostules, le tout formant quadrillage.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

Son ornementation fine constituée de microcostules pseudoradiaires et de bases d'épines arrondies distingue *Gülichella pseudomultifida* des autres espèces voisines.

LOCALITES ET GISEMENTS :

- 1. France : Boulonnais, carrières du Banc Noir et de la Parisienne.
- 2. Belgique : Han-sur-Lesse.  
Rochefort  
Barvaux  
Sautour

NEVEAU STRATIGRAPHIQUE : Frasnien moyen.

SUPER-FAMILLE des RHYNCHONELLIACEA, SCHUCHERT 1896

FAMILLE des RHYNCHONELLIDAE, GRAY. 1948

"RHYNCHONELLA" TRILOBA. SOWERBY. 1840

Pl. XV, fig. 1-2

- 1840 - *Atrypa triloba*, Sowerby, Pl. 56 fig. 14-25  
1865 - *Rhynchonella triloba*, Davidson p. 54, pl. 12, fig. 1-7  
1871 - *Rhynchonella triloba*, Kayser p. 527  
1885 - *Rhynchonella triloba*, Maurer p. 210, Pl. 8, fig. 39 et 40.  
1887 - *Rhynchonella triloba*. Tschernyschew. p. 86, Pl. XI, fig. 1-6  
Pl. XIV, fig. 9-11  
1908 - *Rhynchonella triloba*. Torley p. 27, Pl. V, fig. 15  
Pl. VI, fig. 1  
1941 - *Camarotoechia triloba fornicata*. Herta Schmidt p. 12, Pl. 1  
fig. 8-10.

Forme générale de la coquille ovale, plus large que longue, aux contours arrondis.

La valve ventrale est très excavée par un sinus très large, profond et très recourbé depuis le crochet jusqu'à la commissure des valves. La languette sinusale, extrêmement développée, a une forme triangulaire chez les formes gérontiques ou trapézoïdales chez les formes plus jeunes. La languette s'élève au fur et à mesure de la croissance et son relèvement est tel qu'elle devient perpendiculaire à la valve dorsale. Les flancs arrondis de la coquille lui donnent un aspect ailé, caractère d'autant plus marqué que le spécimen est de grande taille. Le crochet est petit, surélevé et percé au sommet d'un orifice rond. Les bords cardinaux sont pincés, mettant ainsi en surplomb le crochet ce qui entraîne la formation d'une fausse area.

La valve dorsale est très convexe, ailée, légèrement échan-crée dans la région du crochet. Chez les formes adultes qui ont la languette sinusale très développée, le bourrelet s'élève en pente douce jusqu'au front. Il présente une partie antérieure horizontale ou légèrement recourbée vers le front chez les formes jeunes.

La surface des valves est ornée de côtes simples, nombreuses,

très fines près du crochet. Elles vont ensuite en s'élargissant et s'aplatissant jusqu'à la commissure des valves. Ces côtes plates sont séparées par des stries linéaires, bien marquées et profondes.

Dans le sinus et sur le bourrelet, les côtes sont plus sail-lantes et donnent un aspect crénelé à la commissure des valves dans la région frontale. Sur les flancs, les côtes radiaires sont couvertes de fines stries concentriques d'accroissement très serrées.

#### RAPPORTS ET DIFFERENCES :

Par sa forme générale, "Rhynchonella" triloba ressemble à Rhynchonella Meyendorfi (de Verneuil) mais celle-ci présente des côtes radiaires très fines et beaucoup plus nombreuses.

"Rhynchonella" triloba présente quelques affinités avec l'espèce Hypothyridina procuboïdes mais cette dernière à une forme moins ailée et une languette sinusale quadrangulaire.

#### LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France : Boulonnais : Carrière du Banc Noir. C'est la première fois que "Rhynchonella" triloba a été trouvée dans cette région.
2. Allemagne : Eifel : Waldgirmes  
Sauerland : Iserlohn  
Harz : Iberg près de Gründ.
3. Angleterre : Wolborough Quarry près de New Abbot.  
Barton près de Torquay  
Plymouth
4. Russie : N-W de la Russie  
Région de la Petschora  
Oural.

#### NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

Givétien et Frasnien.

Dans le Boulonnais, cette espèce a été trouvée pour la première fois, dans les schistes de Beaulieu, donc à la base du Frasnien moyen.

B.- LAMELLIBRANCHES

ORDRE des HETERODONTA, NEUMAYR. 1883

FAMILLE des CONOCARDIIDAE, NEUMAYR. 1883

Genre CONOCARDIUM. BRONN. 1835

CONOCARDIUM CLATHRATUM, d'ORBIGNY. 1850

Pl. XIV, fig. 7

1842 - Conocardium aliforme var. clathrata. Archiac et de Verneuil  
p. 374, Pl. 36, fig. 7-7a.

1895 - Conocardium clathratum. Beushausen. p. 385, Pl. XXVIII, fig<sup>1</sup>  
14-15.

1934 - Conocardium clathratum. D. Le Maître p. 89

Seule l'empreinte de la valve gauche est conservée. La contre-empreinte nous a permis de noter les observations suivantes :

Coquille de taille petite et transverse, à ligne cardinale longue et rectiligne.

La coquille est très bombée dans la région médiane et comprimée vers l'avant et vers l'arrière. Le crochet est petit et légèrement recourbé, vers la partie antérieure. La région cardinale se prolonge en un tube antérieur assez allongé et dépourvu de côtes rayonnantes. Dans le cas du spécimen observé, le tube est en partie brisé. La commissure des valves est droite du côté antérieur, complètement fermée et faiblement crénelée, tandis que dans la partie postérieure, les valves deviennent baillantes pour le passage des siphons.

La partie médiane de la coquille est plane et délimitée de chaque côté par un pli saillant. Cette région porte 5 côtes.

La coquille est ornée de côtes rayonnantes, saillantes à profil arrondi et séparée par des espaces aussi larges que les côtes. L'ensemble est recoupé par de très fines stries concentriques d'accroissement lamellaires qui se soulèvent en passant au-dessus des côtes.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

La partie médiane plane et bien délimitée est le seul caractère qui distingue C. clathratum de C. Marsi dont la forme générale

est identique.

*C. clathratum* est semblable à *C. aliforme* mais cette espèce est localisée dans le Carbonifère.

LOCALITES ET GISEMENTS :

Dans le Boulonnais, cette espèce a été rencontrée dans les bancs à Stringocéphales.

Mlle D. LE MAITRE la signale dans le calcaire de Chaudefonds (Bassin d'Ancenis).

BARROIS l'a trouvée dans le Coblencien de Ferrones et dans les schistes à Calcéoles d'Arnac.

BEUSHAUSEN l'indique dans l'Eifel, à Paffrath, à Soetenich, Finnentrop, Villmar.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE : Coblencien et Dévonien moyen.

CONOCARDIUM MARSII. OEHLERT 1886

---

Pl. XIV, fig. 6 a-c

1886 - *Conocardium Marsii*. Oehlert p. 15, Pl. I, fig. 23-31

Le spécimen observé répond à la diagnose et à la figuration données par OEHLERT.

Le seul caractère différenciant *C. Marsii* de *C. clathratum* est la forme non aplatie de la partie médiane qui passe insensiblement à la partie postérieure. De plus, chez *C. clathratum*, cette partie médiane est limitée par deux côtes radiaires plus fortes.

LOCALITES ET GISEMENTS :

D'après OEHLERT, cette espèce est abondante dans les couches dévoniennes de l'Ouest de la France.

Dans le Boulonnais, *C. marsii* a été trouvé dans la carrière du Banc Noir.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE : Dévonien moyen.

C.- GASTROPODES

SUPER-FAMILLE des PLEUROTOMARIACEA

FAMILLE des MURCHISONIIDAE

Genre MURCHISONIA. D'ARCH. et de VERNEUIL 1841

MURCHISONIA CORONATA VAR.  $\alpha$  ARCH et VERN. 1841

---

1841 - Murchisonia coronata var.  $\alpha$  Archiac et de Verneuil. p. 355  
Pl. XIII, fig. 5 a-b

Forme générale turriculée. Les cours de spire sont jointifs et la ligne de suture est simple. Elle est assez profonde car chaque tour de spire est masqué en partie par le tour suivant plus saillant.

L'ouverture de la coquille n'est pas conservée, mais elle est normalement de forme circulaire ou ovale. La marge de l'ouverture ou péristome présente chez les Pleurotomariidés, une fente pleurotomarienne profonde. Cette fente est progressivement cimentée à son bord postérieur; elle laisse ainsi à la surface de la coquille un étroit ruban caractéristique finement strié. Les stries correspondent aux lignes concentriques d'accroissement.

L'ornementation de la coquille est double; elle est formée tout d'abord de fines stries concentriques d'accroissement obliques vers l'arrière jusqu'à l'approche du milieu de la spire. A cet endroit, elles dessinent une courbe concave pour redevenir ensuite obliques par rapport à l'axe.

A cette ornementation axiale est associée une ornementation spirale, parallèle à l'enroulement de la coquille. Cette dernière consiste en une traînée de nodules qui surplombe la spire précédente et semble la couronner.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

M. coronata var.  $\alpha$  diffère de :

1. M. bigranulosa par sa forme plus conique et son ornementation spirale plus simple. Celle-ci comprend une seule bande de nodules.

2. *M. intermedia* par son ornementation noduleuse plus saillante qui est présentée sur la partie inférieure de la spire seulement.

LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France : Boulonnais : carrière du Banc Noir.
2. Ardenne : Bassins de Dinant et de Namur.  
Rhisne.
3. Allemagne : Paffrath, Iserlohn, Villmar, Soetenich.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

Espèce très commune dans les couches à Stringocéphales donc d'âge Givétien.

MURCHISONIA INTERMEDIA. d'ARCH et de VERN. 1841

-----  
Pl.XV, fig.3

1841 - Murchisonia intermedia, d'Archiac et de Verneuil p. 356,  
Pl. XXXII, fig. 4

Forme générale turriculée, les tours de spire sont jointifs et la ligne de suture profonde est ornée d'une bande de nodules peu saillants. L'ornementation laissée par la fente pleurotomarienne est semblable à celle des formes précédentes. L'ornementation double de la coquille consiste en stries concentriques d'accroissement fines et nombreuses et en une ornementation spirale noduleuse, nodules qui se soudent parfois et forment alors une bande continue.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

*M. intermedia* se distingue de :

1. *M. coronata* par son ornementation noduleuse obsolète formant parfois une bande continue. Cette ornementation spirale est double tandis que *M. coronata* ne possède qu'une bande noduleuse à la partie inférieure de la spire.
2. *M. bigranulosa* qui est de forme générale plus turriculée. l'ornementation, chez les deux espèces, consiste en deux bandes noduleuses mais les nodules sont plus marqués chez *M. coronata*.

LOCALITES ET GISEMENTS :

D'après d'ARCHIAC et de VERNEUIL, cette espèce se rencontre dans les mêmes gisements que *M. bigranulosa*.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE : Givétien.

MURCHISONIA BIGRANULOSA. d'ARCH. et de VERN. 1841

Pl. XV ,            fig. 4 a-b

1841 - *Murchisonia bigranulosa*, d'Archiac et de Verneuil p. 356, Pl. XXXII, fig. 9

1841 - *Murchisonia bilineata*, Phillips. p. 102, Pl. XXXIX, fig. 191

Forme générale turriculée. Les tours de spires sont jointifs et la ligne de suture assez profonde est ornée de nodules arrondis ou ovoïdes.

La fente pleurotomarienne progressivement cimentée à son bord postérieur, laisse à la surface de la coquille un étroit ruban caractéristique des Pleurotomariidés.

L'ornementation de la coquille est double : elle est formée de stries concentriques d'accroissement accompagnées d'une ornementation spirale parallèle à l'enroulement de la coquille. Elle consiste en une ligne inférieure et une ligne supérieure de nodules, de forme arrondie ou ovoïde, allongés dans le sens de l'enroulement.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

*M. bigranulosa* diffère de :

1. *M. coronata* par sa forme plus turriculée et surtout par son ornementation.
2. *M. bigranulosa* par son ornementation noduleuse obsolète.

LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France            : Boulonnais : carrière du Banc Noir.
2. Ardenne         : Bassin de Dinant et de Namur.
3. Angleterre     : dans le Devonshire  
                          Sud du Devon : Bradley
4. Allemagne     : Paffrath.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE : Givétien.

D. CEPHALOPODES

ORDRE des MICHELINOCERATIDA. FLOWER  
FAMILLE des MICHELINOCERATIDAE. FLOWER  
= FAMILLE des ORTHOCERATIDAE. TEICHERT et MILLER  
GENRE MICHELINOCERAS. FOERSTE. 1932

MICHELINOCERAS ANGULIFERUM . ARCH. et de VERN. 1841

Pl. XIV, Fig. 5

1841 - Orthoceratites anguliferus. Archiac et de Verneuil p. 346,  
Pl. XXVII, fig. 6

1939 - Michelinoceras anguliferum. Kindle p. 326

Coquille de forme conique très allongée. La surface de la coquille est lisse et recouverte de bandes alternativement brunes et claires. Ces bandes présentent l'aspect de chevrons très pointus dont les angles sont dirigés ou vers le sommet ou vers la base du cône. Les bandes brunes d'un demi-millimètre environ de largeur sont déparées par des intervalles clairs qui ne sont guère plus larges.

RAPPORTS ET DIFFERENCES :

Cette espèce se distingue de tous les autres Orthoceratites et Michelinoceras par son ornementation colorée et anguleuse.

LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France : Boulonnais : M. anguliferum y a été trouvée pour la première fois, sur le pourtour du récif R 1
2. Allemagne : Paffrath.
3. Amérique : Long Island, Kassar Bay, Alaska.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

Cette espèce est très rare et semble localisée dans le Dévonien moyen.

E.- ARTHROPODES

TRILOBITES : SUPER-FAMILLE des PROETIDAE  
FAMILLE des DECHENELLIDAE. PRIBYL. 1945  
Sous-Famille des DECHENELLINAE  
Genre DECHENELLA. KAYSER. 1880

DECHENELLA VERNEUILI. BARRANDE. 1852

---

1950 - Dechenella verneuili, Richter p. 153, Pl. I fig. 1 et 2  
Pl. III fig. 27.

1954 - Dechenella verneuili, Zofia Kielan. p. 17, Pl. III, fig.8-9

Seul le pygidium est conservé. Il est plus large que long (4 mm de longueur). Le rachis pygidial très convexe porte 9 segments bien délimités par des rainures obliques profondes, les autres sont plus ou moins fusionnés. Ces segments sont de plus en plus étroits vers l'extrémité pygidiale. Les lèvres pygidiales portent des côtes orientées qui, vers la partie postérieure, sont orientées de plus en plus obliquement par rapport à l'axe.

RAPPORTS ET DIFFERENCES

D. verneuili est voisin de D. alpenensis décrit par STUMM. Mais cette dernière espèce diffère cependant de D. verneuili par l'absence de la quatrième paire de sillons sur la glabelle.

LOCALITES ET GISEMENTS :

1. France : Boulonnais : carrière du Banc Noir.
2. Belgique : Bord Nord des Synclinaux de Namur et de Dinant : Justin-Tailfer  
Bord Sud du Synclinal de Namur : Wépion.
3. Allemagne : Pelm dans l'Eifel Rhénanie.
4. Pologne : Montagnes de Sainte Croix.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

1. France : Boulonnais : base du Frasnien

2. Belgique : Frasnien moyen (assise de Frasnes et calcaire de Bovesse).
3. Allemagne : dans les Fleringer Schichten (Givétien)
4. Pologne : dans la zone i de la série de Skaly, d'âge Givétien.
5. Amérique : Traverse Group of Michigan (Givétien)

F. POISSONS

PLACODERMES

SOUS CLASSE des ARTHRODÈRES

FAMILLE des PYCTODONTIDES

PYCTODUS OBLIQUUS. PANDER. 1858

Pl. XV, fig. 6 a-c

1858 - *Ptyctodus obliquus*. Pander p. 63-64, Pl. VIII.

1925 - *Ptyctodus obliquus*. Leriche p. 86

1930 - *Ptyctodus obliquus*, Dutertre p. 578, Pl. LIX, fig. 1-6

Le Genre *Ptyctodus* possède une dentition caractéristique formée de deux plaques dentaires à chaque mâchoire avec présence à la face orale d'un triturateur. Ces triturateurs sont très durs et se conservent mieux que les autres parties de la mâchoire. Chaque triturateur est formé de lamelles superposées, disposées plus ou moins obliquement par rapport à la surface triturante. Ces lamelles sont séparées par des canaux qui viennent s'ouvrir à la surface formant des alignements d'orifices parallèles aux lamelles. La surface triturante, assez large et légèrement concave, va en s'amin-  
cissant et en s'aplatissant vers l'extrémité. Nous avons trouvé un de ces triturateurs dont voici les dimensions :

- longueur : 50 mm
- largeur max. : 12,5 mm
- longueur de la surface triturante : 35 mm
- largeur max. de la surface triturante : 5 mm.

LOCALITES ET GISEMENTS :

Dans le Dévonien du Boulonnais, les restes de Poissons sont rares. Le tableau suivant résumé les différentes découvertes qui ont été faites.

Givétien inf. : Poudingue de Caffiers → Holonema

Givétien sup. : Calc. de Blacourt → Macropetalichthys ?

Frasnien moyen : Schistes de Beaulieu → Ptyctodus obliquus

Ces restes de Poissons sont tous des Placodermes Arthrodières qui ont vécu dans des lagunes saumâtres bordant le grand continent de l'Old Red Sandstone. Dans le Boulonnais, P. obliquus n'avait été signalé que dans les schistes de Beaulieu. Nous l'avons trouvé dans le calcaire de Blacourt.

Ptyctodus obliquus est également présent en Russie (Novgorod, Léninegrad, Pakov), en Allemagne (Eifel), en Belgique (Dave), au Canada (Manitoba), aux Etats-Unis (New-York, Kentucky, Wisconsin, Illinois, Iowa, Missouri).

La répartition géographique de cette espèce est donc très large.

NIVEAU STRATIGRAPHIQUE :

Dévonien moyen et supérieur.

C O N C L U S I O N S

a/ Résultats stratigraphiques. L'étude des carrières du Banc Noir et du Griset nous a permis de relever les faits nouveaux suivants :

- 1) De petits biohermes sont observés, pour la première fois, dans le Boulonnais. Ils avaient jusqu'alors échappé à l'observation, sans doute à cause de leurs dimensions réduites et aussi parce qu'ils sont entourés de calcaires stratifiés ou biostromes.

Les calcaires et récifs affleurant dans les deux carrières appartiennent probablement au Givétien supérieur, d'après la faune récoltée dans les bancs calcaires inférieurs : Cyrtospirifer aperturatus var. cuspidata, Cyrtospirifer aperturatus var. echinulata, Undispirifer undiferus, Stringocephalus burtini.

- 2) Le banc à Murchisonia est, semble-t-il, à rattacher au Givétien le plus supérieur, car nous y avons retrouvé la même faune et en particulier, les mêmes espèces de Murchisoniidés présentes dans les bancs à Stringocéphales sous-jacents.

Le calcaire de Blacourt affleurant dans les deux carrières est donc, probablement, d'âge Givétien supérieur.

- 3) Outre le Givétien (calcaire de Blacourt), le Frasnien inférieur  $F_1$  et le Frasnien moyen  $F_2$  sont aussi présents dans la carrière du Banc Noir.

- Les calcaires noirs en plaquettes et les marnes (terme 18 de la coupe) à Mucrospirifer Bouchardi sont du Frasnien inférieur  $F_1$ . Contrairement aux connaissances antérieures, ce Frasnien inférieur est très réduit. Son épaisseur a pu être relevée, elle est de l'ordre de 2,5 m.

- Les schistes (terme 19 de la coupe), niveau à Cyrtospirifer supradisjunctus, formant la base des schistes de Beaulieu, étaient considérés comme appartenant au Frasnien inférieur.

Nous avons démontré en nous basant sur sa faune très riche en Spiriféridés, notamment : C. orbelianus, C. Grabaui, C. malaisei, C. stolbovi, C. syringothyriiformis, C. supradisjunctus, que ces schistes sont du Frasnien moyen  $F_{2a}$ . Ce résultat stratigraphique est un fait important à retenir.

b/ Résultats paléontologiques :

- 1) Outre les espèces citées par les auteurs, nous avons découvert une série d'espèces non encore signalées dans le Boulonnais :
- "Rhynchonella" triloba, à la base des schistes de Beaulieu
  - Nichelinoceras anguliferum, dans les délités calcaréo-marneux bordant le récif I.
  - Dechenella verneuili, dans le Frasnien supérieur.

Une étude détaillée de ces espèces a donc été faite mais ce sont surtout les Spiriféridés nouvellement trouvés qui ont retenu notre attention. Ce sont :

Cyrtospirifer aperturatus var. cuspidata  
" " var. echinulata  
" " var. verneuiliiformis

Cyrtospirifer stolbovi  
Cyrtospirifer grabau  
Cyrtospirifer syringothyriiformis  
Cyrtospirifer supradisjunctus  
Gülichella pseudomultifida

La découverte de ces espèces enrichit la liste des fossiles donnée antérieurement par les auteurs.

- 2) Au point de vue extension verticale des espèces, nous avons noté les résultats suivants :

- Dans le Boulonnais comme en Ardenne, Cyrtospirifer supradisjunctus est localisé dans le Frasnien moyen F<sub>2</sub>. Dans les terrains étudiés, cette espèce présente un maximum de développement dans le F<sub>2a</sub>. Nous y avons recueilli plus de 300 spécimens. Cette espèce est donc très abondante dans le Boulonnais et constitue la "zone à Cyrtospirifer supradisjunctus". En Belgique, cette espèce est rare au même niveau F<sub>2a</sub> où le fossile dominant est C. orbelianus, dans la "zone des monstres" définie par Gosselet.

- Cyrtospirifer syringothyriiformis est une espèce frasnienne rare dans tous les gisements où elle a été trouvée. Elle avait été signalée par Paeckelmann dans le calcaire de Ferques. Nous

l'avons découverte à la base du Frasnien moyen F<sub>2a</sub>.

- "Rhynchonella" triloba est signalée par les auteurs comme étant une espèce givétienne. Toutefois une variété de cette espèce, Camorotoechia triloba fornicata, est présente dans l'Eifélien supérieur. C'est à la base des schistes de Beaulieu, c'est à dire à la base du Frasnien moyen que nous avons recueilli R. triloba.

- 3) L'abondance de Cyrtospirifer supradisjunctus nous a permis la réalisation de mesures biométriques et nous avons pu soumettre les résultats aux calculs statistiques. Les limites de l'espèce et les modifications subies par celle-ci au cours de l'ontogénèse, sont ainsi précisées et peuvent se lire sur les graphiques. "L'espèce prend ainsi une valeur collective et c'est autour du type moyen que doivent être groupés les individus qui en feront partie" (Bergounioux). Cette méthode permet de mettre en évidence le dimorphisme existant au sein d'une même espèce. Par application de ces mesures biométriques à plusieurs espèces différentes et par comparaison des graphiques obtenus, la détermination des espèces serait facilitée.

-----ooOoo-----

## BIBLIOGRAPHIE

- ABICH - 1858. - Vergleichende grundzüge der Geol. des Kaukas wie der Armenischen u. Nordpersischen Gebirge. Mém. Ac. Sc. Saint Pétersbourg. 6<sup>ème</sup> Série. VII.
- ALFEROY - 1937. - Novaya Zemlya. Inst. Géol. Congr. Moscou. Excursion II. p. 5.
- d'ARCHIAC et de VERNEUIL - 1841. - On the fossils of the Older Deposits in the Rhenish Provinces. Trans. Géol. Soc. of London. 2 d. série. vol. VI.
- ASSELBERGHS - 1912. - Description d'une faune frasnienne inférieure du Bord Nord du Bassin de Namur. Bull. Soc. Belge de Géol. t. XXVI.
- AUSTIN - 1853. - On the series of Upper Palaeozoic Groups in the Boulonnais. Quart. Jour. of. Géol. Soc.
- BARROIS - 1895. - Esquisse géologique du Boulonnais. Proc. Geol. Ass. vol. VI, n° 1
- BEUSHAUSEN - 1895. - Die Lamellibranchiaten des rheinischen Devon. Atlas zu den Abh. der k. p. Geol. Landesanstalt. Berlin, Heft. 17.
- COWPER - REED - 1922. - Devonian Fossils from Chitral and Pamirs
- CUMMINGS - 1932. - Reef or Bioherms? Bull. Geol. Soc. Amer. t. 43, p. 231 - 352.
- DAVIDSON - 1864-1871. - British Fossil Brachiopoda. vol. III, Palaeonto-graphical Society. London.
- DUMON et MAILLEUX - 1937. - Contribution à la connaissance du Dévonien moyen de l'Ardenne : le Couvinien et le Givétien au Nord de Wellin. Bull. Mus. Royal d'Hist. Nat. de Belgique. t. XIII, n° 37, p. 1 à 6.
- DUTERTRE - 1930. - Les Poissons Dévoniens du Boulonnais. Bull. Soc. Géol. de France. Tome XXX. 4<sup>ème</sup> série.
- GARNIER - 1823. - Mémoire Géologique sur les terrains du Bas Boulonnais et particulièrement sur les calcaires compacts et grenus qu'ils renferment. (Boulogne).

- GOLDFUSS - 1844. - Petrefacta Germaniae.
- GOSSELET - 1860. - Mémoire sur les terrains primaires de la Belgique, des environs d'Avesnes et du Boulonnais.
- GOSSELET - 1877. - Comparaison de la faune des Calcaires du N-E de l'arrondissement d'Avesnes avec celle du calcaire de Ferques (Boulonnais) et du calcaire de Frasnès.  
Ann. Soc. Géol. du Nord, tome IV.
- GOSSELET - 1880 - Considérations générales sur les divisions et la disposition du terrain dévonien dans le Nord de la France et surtout dans le Boulonnais, Bull. Soc. Géol. de France. 3<sup>ème</sup> Série. tome VIII. p. 491.
- GOSSELET - 1894. - Etudes sur les variations du Spirifer Verneული.  
Mém. Soc. Géol. du Nord. Tome IV
- HAVLICEK - 1959. - Spiriferidae du Silurien et du Dévonien
- HOLZAPFEL - 1895. - Das Obere Mitteldevon im rheinischen Gebirge.  
Abh. preuss. Geol. Landes. N. F. 16.
- KAYSER - 1871. - Die Brachiopoden des Mittel-und Ober Devon von der Eifel. Zeit. deutsch. geol. Ges. 23, p. 491 - 647.
- KIELAN Z. - 1954. - Les Trilobites mésodévoniens des Monts de Sainte Croix, Palaeontologica Polonica. n° 6.
- KINDLE - 1907. - Notes on the Paleozoic faunas and stratigraphy of Southeastern Alaska. Journ. Geol. vol. 15, p. 314 - 337.
- LAMOTTE. M. - 1957. - Initiation aux Méthodes Statistiques en Biologie.  
Masson.
- LECOMPTE - 1959. - Phénomène récifal dévonien dans la partie occidentale du Bassin de Dinant et du Bassin de Namur. Soc. Geol. de Belgique. tome 83.
- LE MAÎTRE D. - 1934. - Etudes sur la faune des calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis. Mém. Soc. Géol. du Nord. tome XII.
- LE MAÎTRE D. - 1944. - Contribution à l'étude du Dévonien du Tafilalet, La faune coblencienne de Haci - Remlia (S.W. de Taouz).  
Notes et Mém. n° 61

LE MAÎTRE D. - 1959. - Les faciès hercyniens de la bordure Sud-Orientale du Massif Armoricaïn. Ext. Bull. Soc. d'Etudes Scientifiques d'Angers. Nelle série t. II. 89ème année.

LE MAÎTRE D. et DEVOS I. - 1961

- Observations nouvelles sur le Dévonien du Massif de Ferques en Boulonnais. C. R. Ac. Sc., t. 252, p. 761-763.
- Le Dévonien de la carrière du " Banc Noir " (Massif de Ferques : Boulonnais). Note préliminaire. Ext. Ann. Soc. Géol. du Nord. t. LXXXI, p. 63.

LERICHE M. - 1925. - Sur la présence du genre Ptyctodus dans le Frasnien des environs de Namur. Bull. Soc. belge de Géol. Pal. Hyd. tome XXX, fasc. 1.

MAILLEUX - 1919. - Présence des récifs coralligènes dans le Dévonien moyen. Bull. Soc. belge de Géol. Pal. Hyd. t. XXIX, fasc. 3, p. 93-94.

MAURER - 1885. - Die Fauna der Kalke von Waldgirmes bei Giessen. Abh. Grossherz Hess. Geol. Landes. Darmstadt.

NALIVKIN D. - 1930. - The Semiluki and the Voroneje beds of the Upper Devonian of Voroneje region. Bull. Geol. prospect. Service Leningrad. t. XLIX, n° 1, p. 53-93.

NALIVKIN D. - 1941. - Brachiopods of the Main Dev. field, in Fauna of the Main Dev. Field. Pal. Inst. U. R. S. S. Acad. Sc. Moscou.

OBRUTSCHEW W.A. - 1916. - Dévonien de Voroneje et le Groupe du Spirifer Verneuli. Murch. Mém. Sect. Géol. Soc. Amis. Sc. Nat. Moscou. 5.

OEHLERT. 1886-1887. - Etudes sur quelques fossiles dévoniens de l'Ouest de la France. Ann. Sc. Géol. t. XIX.

PAECKELMANN - 1942. - Beiträge zur Kenntnis devonischen Spiriferen. Abh. Reich. Bodenf. Berlin. N. F. 197

PANDER - 1858. - Über die Ctenodipterinen des devonischen systems Saint Petersburg.

PHILLIPS - 1841. - Palaeozoic Fossils of Cornwall, Devon and West Somerset. London.

PRUVOST - 1928. - Carte géologique de Boulogne. 1/80.000<sup>ème</sup>  
(légende)

PRUVOST et PRINGLE - 1924. - A synopsis of the Geology of the Boulonnais. Proc. Geol. Ass. vol. XXXV, part. 1, p. 33 à 67.

QUENSTEDT - 1871. - Die Brachiopoden Petrefaktenkunde Deutschlands. II. Leipzig.

RICHTER - 1950. - Arten der Dechenellinae. Band. 31

RIGAUX - 1865. - Notice stratigraphique sur le Bas Boulonnais. Ext. Bull. Soc. Acad. de Boulogne. n° 4.

RIGAUX - 1872. - Description de quelques Brachiopodes Dévoniens de Ferques. Mém. Soc. Ac. Boulogne. Vol. V.

RIGAUX - 1892. - Notice géologique sur le Bas Boulonnais. Mém. Soc. Ac. de Boulogne. Vol. XIV.

RIGAUX - 1908. - Le Dévonien de Ferques et ses Brachiopodes

ROBINSON - 1921. - The Devonian of Ferques. Quart. Journ. of Geol. Soc. Vol. LXXVI. part. 3, n° 303, p. 228 - 237

ROEMER - 1843. - Die Versteinerungen des Harzgebirges. Hannover

ROZET - 1828. - Description géognostique du Bassin du Bas-Boulonnais.

SANDBERGER - 1850 - 1855. - Die Versteinerungen des Rheinischen Schichtensystems in Nassau.

SCHMIDT H. - 1941. - Die Mitteldevonischen Rhynchonelliden der Eifel.

SCHNUR - 1853. - Die Eifel Brachiopoden. Paleontographica. T. 111 p. 169 - 192.

SHIMER et SHROCK - 1959. - Index fossils of North America.

SOWERBY - 1840. - Trans. Géol. Soc. Vol. V.

- STUMM E. - 1953. - Lower Middle Devonian Proetid Trilobites from Michigan, Southwestern Ontario and Northern Ohio. Museum of Paleontology. Michigan. Vol. XI, n° 2, p. 11-31.
- TORLEY - 1908. - Die Fauna des Schleddenhofes bei Iserlohn.
- TORLEY - 1934. - Die Brachiopoden des Massenkalkes der Oberen Givet Stufe von Bilveringsen bei Iserlohn. Abh. Senke. Naturf. Ges. 43, 3, p. 67-148.
- TSCHERNYSCHEW - 1887. - Die Fauna des Mittleren und Oberen Devon am West Abhange des Urals. Mem. Com. Geol. III, 3.
- VANDERCAMMEN - 1955. - Quelques Spiriferidae nouveaux du Dévonien de la Belgique. Bull. Inst. Royal des Sc. Nat. de Belgique. t. XXXI, n° 90.
- VANDERCAMMEN - 1957. - Révision des Réticulariinae du Dévonien de la Belgique. G. Plectospirifer. Grabau. 1931. Bull. Inst. Roy. des Sc. Nat. Tome XXXIII, n° 24.
- VANDERCAMMEN - 1957. - Révision du Genre Gúrichella. W. Paeckelmann. 1913. Mém. Inst. Roy. des Sc. Nat. de Belgique, n° 24.
- VANDERCAMMEN - 1959. - Essai d'Etude Statistique des Cyrtospirifer du Frasnien de la Belgique. Mém. Inst. Roy. Sc. Nat. de Belgique. n° 145.

\* \* \* \* \*

\* \* \* \*

P L A N C H E X (1)

CYRTOSPIRIFER SUPRADISJUNCTUS. W.A. OBRUTSCHEN ..... Page 38

Fig. 1 - Forme I : 1a valve dorsale ; 1b valve ventrale.

Fig. 2 - Forme I : 2a valve ventrale d'un autre spécimen  
2b valve dorsale; 2c vue frontale;  
2d vue de l'area.

Fig. 3 - Forme I : 3a valve dorsale d'un autre spécimen.  
3b valve ventrale.

Fig. 4 - Forme I : 4a valve ventrale; 4b valve dorsale;  
4c vue frontale, 4d vue de l'area ;  
4e vue de profil.

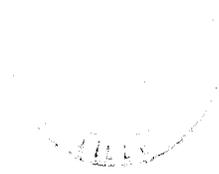
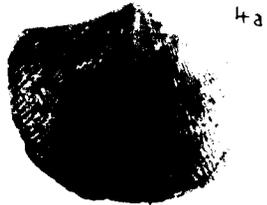
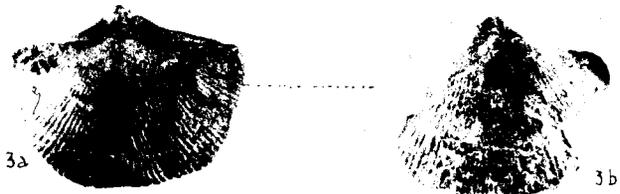
Fig. 5 - Forme II : 5a valve ventrale; 5b valve dorsale ;  
5c vue frontale; 5d vue de l'area ;  
5e vue de profil.

Fig. 6 - Forme I : 6a valve ventrale d'un autre spécimen;  
6b valve dorsale.

====ooOoo====

---

(1) Sauf indication du grossissement, la présentation des spécimens est en grandeur naturelle.



P L A N C H E X I

CYRTOSPIRIFER SUPRADISJUNCTUS W.A. OBRUTSCHEN ..... Page 38

Fig. 1 - Forme I : 1a valve dorsale ; 1b valve ventrale ;  
1c vue de l'area ; 1d vue frontale.

Fig. 2 - Forme II : 2a valve dorsale d'un autre spécimen  
2v valve ventrale.

Fig. 3 - Forme I : 3a valve dorsale d'un autre spécimen  
3b valve ventrale.

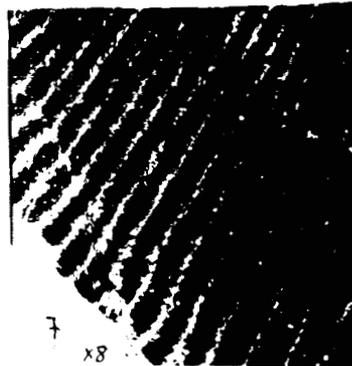
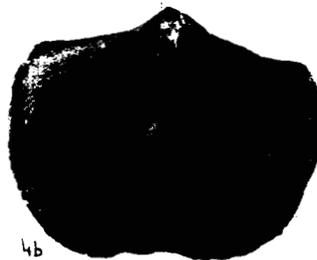
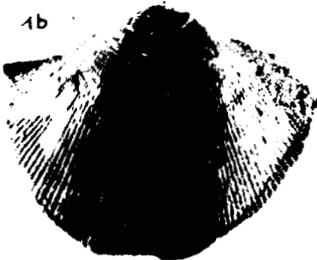
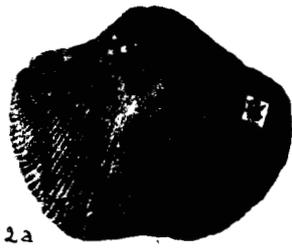
Fig. 4 - Forme I : 4a valve dorsale d'un autre spécimen ;  
4b valve ventrale.

Fig. 5 - Forme II : 5a valve dorsale d'un autre spécimen ;  
5b valve ventrale.

Fig. 6 - Ornementation fine (x8)

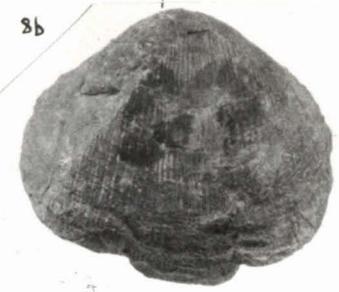
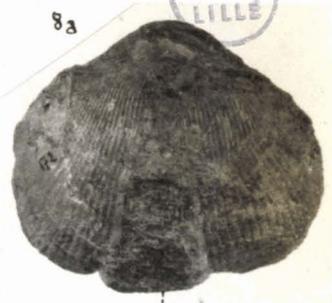
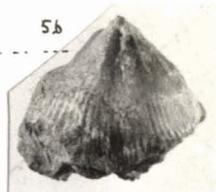
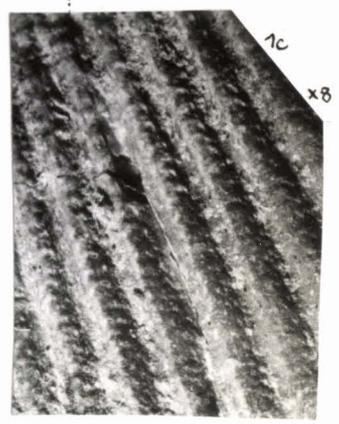
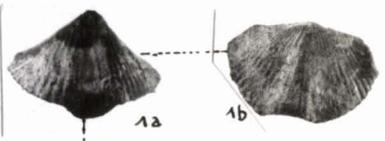
Fig. 7 - Ornementation fine d'un autre spécimen (x8)

-----ooOoo-----



P L A N C H E    X I I

- Fig. 1 - CYRTOSPIRIFER APERTURATUS SCHLOTH. VAR. ECHINULATA. D'ARCH.  
ET DE VERN. . . . . . Page 45  
1a valve ventrale ; 1b valve dorsale ;  
1c ornementation fine (x8).
- Fig. 3 - CYRTOSPIRIFER APERTURATUS SCHLOTH. VAR. ECHINULATA. D'ARCH  
ET DE VERN.  
Ornementation fine d'un autre spécimen (x8)
- Fig. 4 - CYRTOSPIRIFER APERTURATUS SCHLOTH. VAR. VERNEULLIFORMIS  
PAECKELMANN . . . . . Page 41  
4a valve ventrale ; 4b valve dorsale ;  
4c vue de l'area.
- Fig. 5 - CYRTOSPIRIFER CONOIDEUS. ROEMER. . . . . . Page 46  
5a vue de l'area ; 5b valve ventrale.
- Fig. 6 - CYRTOSPIRIFER CONOIDEUS. ROEMER  
Valve ventrale d'un autre specimen.
- Fig. 7 - CYRTOSPIRIFER GRABAU. W.A. PAECKELMANN . . . . . Page 48  
Forme I : 7a valve dorsale ; 7b valve ventrale.
- Fig. 8 - CYRTOSPIRIFER GRABAU. W.A. PAECKELMANN  
Forme II : 8a valve dorsale ; 8b valve ventrale.
- Fig. 9 - CYRTOSPIRIFER STOLBOVI. D. NALVIKIN . . . . . Page 55  
9a valve ventrale ; 9b valve dorsale ;  
9c vue de l'area ; 9d vue frontale ;  
9e vue de profil.



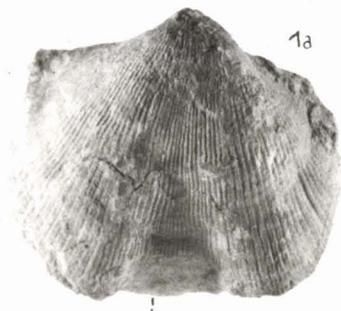
BU  
LILLE

BIBLIOTHEQUE MUSEUM HISTORIQUE  
SECTION  
DE  
SCIENCES  
LILLE

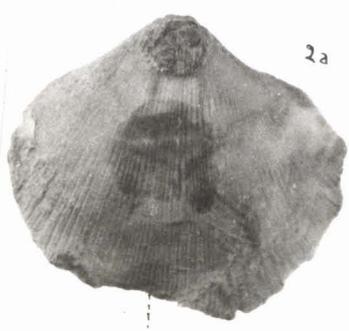
P L A N C H E X I I I

- Fig. 1 - CYSTOSPIRIFER MALAISEI. GOSSELET. . . . . . Page 51  
1a valve ventrale; 1b valve dorsale ;  
1c vue frontale.
- Fig. 2 - CYRTOSPIRIFER MALAISEI. GOSSELET.  
1a valve ventrale ; 1b valve dorsale.
- Fig. 3 - CYRTOSPIRIFER ORBELIANUS. ABICH. . . . . . Page 53  
3a vue de l'area ; 3b valve dorsale.
- Fig. 4 - CYRTOSPIRIFER SYRINGOTHYRIFORMIS W.A. PAECKELMANN .Page 58  
4a vue de l'area ; 4b valve ventrale.
- Fig. 5 - UNDISPIRIFER UNDIFERUS. ROEMER . . . . . Page 63  
5a valve dorsale ; 5b valve ventrale ;  
5c ornementation fine (x 8); 5d ornementation fine  
d'un autre specimen (x8)
- Fig. 6 - MUCROSPIRIFER SAUVAGET. RIGAUX . . . . . Page 60  
Ornementation fine (x 8)
- Fig. 7 - MUCROSPIRIFER DORLODOTI. RIGAUX . . . . . Page 62  
7a valve dorsale ; 7b valve ventrale.

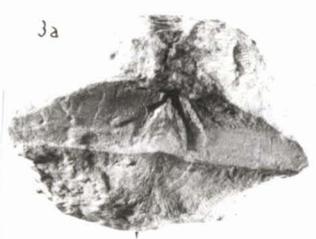
-----ooOoo-----



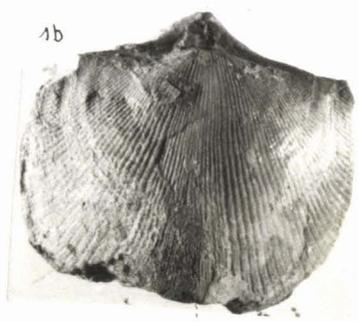
1a



2a



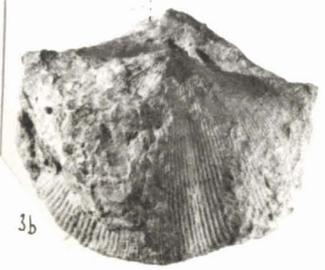
3a



1b



2b



3b



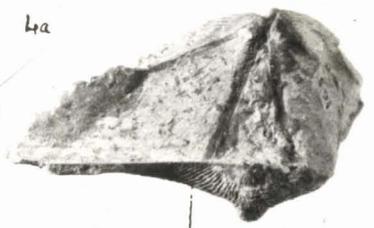
4c



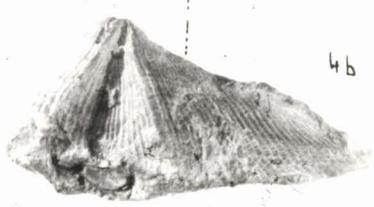
5c  
x8



5d  
x8



4a



4b



6



5a

5b



7a

7b



P L A N C H E X I V

- Fig. 1 - CRURITHYRIS INFLATA. SCHNUR . . . . . Page 65  
Plaquette calcaire.
- Fig. 2 - CRURITHYRIS INFLATA. SCHNUR  
Ornementation fine (x 8).
- Fig. 3 - GÜRICHHELLA PSEUDOMULTIFIDA VANDERCAMMEN . . . . . Page 66  
3a valve ventrale ; 3b vue de l'area ;  
3c valve dorsale.
- Fig. 4 - GÜRICHHELLA PSEUDOMULTIFIDA VANDERCAMMEN  
Ornementation fine du spécimen 3 (x 8).
- Fig. 8 - GÜRICHHELLA PSEUDOMULTIFIDA VANDERCAMMEN  
Ornementation fine d'un autre spécimen (x 8)
- Fig. 5 - MICHELINOCERAS ANGULIFERUM ARCH ET DE VERN. . . . . . Page 75
- Fig. 6 - CONOCARDIUM MARSI. OEHLERT . . . . . Page 71  
6a valve droite (grandeur naturelle) et  
6b valve droite (x 2) ; 6c région cardinale (x 2).
- Fig. 7 - CONOCARDIUM CLATHRATUM. D'ORBIGNY . . . . . Page 70  
Empreinte de la valve gauche (x 2)

-----ooOoo-----



5



6a



x2

6b



x2

6c

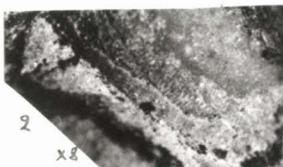


x2

7



1



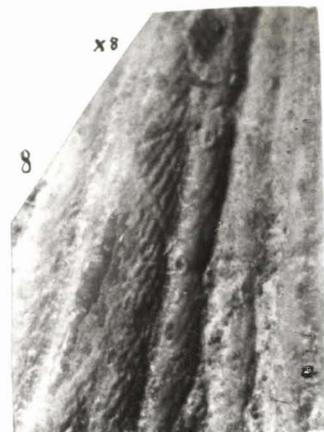
2

x8



x8

3



x8

8



3a



3c



3b

P L A N C H E X V

- Fig. 1 - "RHYNCHONELLA" TRILOBA. SCHUCHERT . . . . . Page 68  
1a valve ventrale; 1b valve dorsale ;  
1c vue du sinus frontal.
- Fig. 2 - "RHYNCHONELLA" TRILOBA. SCHUCHERT  
2a valve ventrale d'un autre spécimen ;  
2b valve dorsale.
- Fig. 3 - MURCHISONIA INTERMEDIA. ARCH. ET DE VERN. . . . . Page 73
- Fig. 4 - MURCHISONIA BIGRANULOSA. ARCH. ET DE VERN. . . . . Page 74  
4a (grandeur naturelle) et 4b (x 2).
- Fig. 5 - MURCHISONIA CORONATA VAR.  $\alpha$  ARCH. ET DE VERN. . . Page 72  
5a (grandeur naturelle) et 5b (x 2)
- Fig. 6 - TRITURATEUR DE PTYCTODUS OBLIQUUS. PANDER . . . . Page 77  
6a surface du triturateur ; 6b vue latérale ;  
6c ornementation fine (x 8).

-----ooOoo-----



1c



5b



6a



6b