

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome XCV

1975

2^{me} trimestre

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
BOITE POSTALE 36
59650 VILLENEUVE D'ASCQ

SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD

Extraits des Statuts

Article 2.

— Cette Société a pour objet de concourir à l'avancement de la géologie en général, et particulièrement de la géologie de la région du Nord de la France.

— La Société se réunit de droit une fois par mois, sauf pendant la période des vacances. Elle peut tenir des séances extraordinaires décidées par le Conseil d'Administration.

— La Société publie des Annales et des Mémoires. Ces publications sont mises en vente selon un tarif établi par le Conseil. Les Sociétaires bénéficient d'un tarif préférentiel ⁽¹⁾.

Article 5.

Le nombre des membres de la Société est illimité. Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans une de ses séances par deux membres de la Société qui auront signé la présentation, et avoir été proclamé membre au cours de la séance suivante.

Extraits du Règlement Intérieur

§ 7. — Les Annales et leur supplément constituent le compte rendu des séances.

§ 13. — L'ensemble des notes présentées au cours d'une même année, par un même auteur, ne peut dépasser le total de 10 pages, 1 planche simill étant comptée pour 2 p. 1/2 de texte.

Le Conseil peut, par décision spéciale, autoriser la publication de notes plus longues.

§ 17. — Les notes et mémoires originaux (texte et illustration) communiqués à la Société et destinés aux Annales doivent être remis au Secrétariat le jour même de leur présentation. A défaut de remise dans ce délai, ces communications prennent rang dans une publication postérieure.

§ 18. — Les Mémoires sont publiés par fascicules après décision du Conseil.

Avertissement

La Société Géologique du Nord ne peut en aucun cas être tenue pour responsable des actes ou des opinions de ses membres.

Tirages à part

Conformément au paragraphe 14 du Règlement Intérieur (Tome LXXXI, p. 12), les tirages à part sont à la charge des auteurs qui doivent en faire par écrit la déclaration expresse en tête des épreuves du bon à tirer.

Cotisations et Abonnements (à la date du 1^{er}-1-1975)

	QUALITE	COTISATION	ABONNEMENT
FRANCE et BENELUX	Personnes physiques ⁽²⁾	15,00 F	55,00 F
	Personnes morales	40,00 F	75,00 F
AUTRES PAYS	Personnes physiques	15,00 F	60,00 F
	Personnes morales	40,00 F	75,00 F

FRANCE et ETRANGER : Abonnement des non-membres : 120,00 F.

Pour tous renseignements et règlements s'adresser à : Secrétariat S.G.N., Sciences de la Terre,
B.P. 36, 59650 Villeneuve d'Ascq - Tél. 56.92.00 — C.C.P. Lille 5247

ANNALES DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD

La vente des Annales s'effectue par tomes entiers aux prix suivants. Exceptionnellement, et jusqu'à épuisement du stock, certains fascicules sont en vente séparément. Leur liste figure en fin de fascicule.

Tomes I à LXXXV (manquent I, II, V à IX, XVI, XXII, XXXIV à XXXVI, XXXIX à XLIII, XLV, XLVII à LVIII) 120,00 F.
Tomes LXXXVI et suivants (manque XCI) 130,00 F.

(1) Modification adoptée lors de l'Assemblée Générale du 10 Janvier 1974.

(2) Les étudiants qui en font la demande annuelle peuvent, par décision du Conseil, bénéficier d'un tarif préférentiel sur l'abonnement (35,00 F).

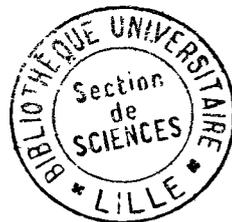
SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome XCV

1975

2^{me} trimestre



SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
BOITE POSTALE 36
59650 VILLENEUVE D'ASCQ

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1975 —

<i>Président d'Honneur</i>	M. G. WATERLOT
<i>Président</i>	M. J. PAQUET
<i>Premier Vice-Président</i>	M. l'Abbé de LAPPARENT
<i>Vice-Présidents</i>	M. J. GANTOIS M. l'Abbé HEDDEBAUT
<i>Secrétaire</i>	M. J.J. FLEURY
<i>Secrétaire-Adjoint</i>	M. F. LETHIERS
<i>Déléguée aux Publications</i> ..	M ^{me} Paule CORSIN
<i>Trésorier</i>	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Archiviste-Bibliothécaire</i>	M. J.L. MANSY
<i>Conseillers</i>	M. P. CELET M. E. MÉRIAUX M. G. SOULIEZ M. J. DERCOURT M. I. GODFRIAUX M. Cl. DEZOBRY

A N N A L E S
D E L A
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

Société fondée en 1870 et autorisée par arrêtés en date des 3 Juillet 1871 et 28 Juin 1873

Secrétariat : Société Géologique du Nord
Sciences de la Terre, Boîte Postale 36, 59650 Villeneuve d'Ascq
Tél. 56.92.00 — C.C.P. Lille 5.247

Compte rendu de l'activité de la Société

SEANCE ORDINAIRE DU 6 MARS 1975

Présidence de M. J. PAQUET, Président

Monsieur J. PAQUET ouvre la séance en annonçant le décès de Monsieur l'Abbé de LAPPARENT, premier Vice-Président et il prononce une courte allocution dans laquelle il retrace rapidement le passé scientifique du disparu. Il fait ensuite procéder à l'élection d'un nouveau membre. Est donc élue :

M^{lle} Marie-Claude DUTERAGE, Université des Sciences et Techniques de Lille, Laboratoire de Géologie et Géotechnique, B.P. 36, à 59650 Villeneuve d'Ascq, présentée par MM. P. Debrabant et J.J. Fleury.

Monsieur le Président donne alors la parole à Monsieur Cl. GUERNET, qui présente une note déposée à la séance de Février et qui a pour titre : « Sur l'existence d'une nappe en Eubée moyenne (zone pélagonienne, Grèce) ».

Puis Monsieur A. BONTE présente à l'Assemblée quelques échantillons de limons provenant du Dôme du Mélançois et renfermant des Foraminifères remaniés du Lutétien.

SEANCE ORDINAIRE DU 10 AVRIL 1975

Présidence de M. J. PAQUET, Président

Cette séance a été précédée d'une conférence de M. P.Ch. LEVEQUE et M^{lle} C. MAURIN, de l'Université de Bordeaux, qui avait pour titre : « Application de la télédétection à la géologie. Notions théoriques, exemples d'application à l'hydrogéologie et aux barrages ».

Communication orale

F. LETHIERS. — Révision de l'espèce *Bairdia (Orthobairdia?) hypsela* Rome, 1971 (Ostracoda) du Strunien ardennais.

Communication écrite

- G. TERMIER, H. TERMIER et Rolf SCHROEDER. — Position structurale unitaire des scléromites calcaires dans certains Sclérosponges et des sterrasters dans les Choristides.

SEANCE ORDINAIRE DU 22 MAI 1975

Présidence de M. J. PAQUET, Président

La journée du 12 Mai 1975 a été entièrement consacrée au thème « Rupture des roches et des massifs rocheux ». Les exposés généraux et communications orales seront tous intégrés dans le fascicule 3 qui ne comprendra que les travaux de cette journée.

Communications écrites

- J. MANIA. — Calcul mensuel du bilan hydrique. Mise au point et présentation d'un programme de restitution automatique de la piézométrie d'une nappe d'eau souterraine.
- J.L. MANSY. — Etude sédimentologique et essai de reconstitution paléogéographique des formations précambriennes et cambriennes des Monts Omineca, Cassiar et Cariboo situés sur le bord occidental des Montagnes Rocheuses (B.C. Canada) (*)
- R. RAUSCHER et M. ROBARDET. — Les microfossiles (Acritarches, Chitinozoaires et spores) des couches de passage du Silurien au Dévonien dans le Cotentin (Normandie).

SEANCE ORDINAIRE DU 19 JUIN 1975

Présidence de M. J. PAQUET, Président

Le Président fait d'abord procéder à l'élection de nouveaux membres. Sont donc élus :

- M. Daniel GOUJET, Chercheur au Muséum National d'Histoire Naturelle, Institut de Paléontologie, 8, rue de Buffon, à 75005 Paris, présenté par MM. A. Blicek et R. Coquel.
- M. Jean-Louis MATHIEU, Géologue au Service de l'aménagement des eaux, Cité Administrative, Bureau 401, à 59048 Lille Cedex, présenté par MM. G. Souliez et J.J. Fleury.
- M. Jean CHOROWICZ, Maître Assistant à l'Université de Paris VI, Département de Géologie Structurale, 4, Place Jussieu, à 75230 Paris Cedex 05, présenté par M. P. Celet et M^{me} G. Termier.

Communication orale

- J.P. COLBEAUX. — Etude d'une zone de chevauchement : la faille d'Hydrequant (Bas-Boulonnais, France).

Communications écrites

- F. AMEDRO. — Ammonite et Crinoïdes nouveaux de l'Albien du Boulonnais (*).
- G. TERMIER et J. CHOROWICZ. — Une faunule silicifiée nouvelle dans le Trias moyen de la Svilaja (Yougoslavie) (*).

(*) Communication insérée dans le fascicule 4 de l'année 1975.

Révision de l'espèce *Bairdia* (*Orthobairdia* ?) *hypsele* Rome, 1971 (Ostracoda) du Strunien ardennais

par Francis LETHIERS (*)

(Planche VII)

Sommaire. — *Bairdia hypsele* Rome, 1971, *Orthobairdia dorsocurvata* Rome, 1971 et *Orthobairdia oxia* Rome, 1971 ne représentent qu'une seule espèce : *Bairdia* (*Orthobairdia* ?) *hypsele* Rome, 1971 émendée. Des espèces affines ont une distribution mondiale vers la limite Dévonien-Carbonifère.

Summary. — *Bairdia hypsele* Rome, 1971, *Orthobairdia dorsocurvata* Rome, 1971 and *Orthobairdia oxia* Rome, 1971 only are one species which is called *Bairdia* (*Orthobairdia* ?) *hypsele* Rome, 1971 emended. Closely related species have a world wide occurrence at the Devonian-Carboniferous boundary.

En 1971, les trois espèces *Bairdia hypsele*, *Orthobairdia dorsocurvata* et *O. oxia* étaient décrites par Rome dans le Strunien (Tn1a) du centre et de l'Est du Bassin de Dinant (**). L'étude ostracodique des mêmes horizons à l'Ouest de ce bassin, dans la région type du strunien (Avesnois) révéla l'existence de formes intermédiaires entre ces "espèces". Une révision de ce groupe était donc nécessaire.

I. — SYSTEMATIQUE

Sous-classe OSTRACODA Latreille, 1806

Ordre PODOCOPIDA Mueller, 1894

Famille BAIRDIIDAE Sars, 1888

Genre *BAIRDIA* McCoy, 1844

Sous-genre *ORTHOBAIRDIA* Sohn, 1960

Subgénérotype : *Bairdia cestriensis* Ulrich, 1891.

(*) Laboratoire de Géologie appliquée, Sciences de la Terre, Université de Lille I, B.P. 36, 59650 Villeneuve d'Ascq (France).

(**) Je rends hommage à la mémoire de Dom Remacle Rome qui, n'ayant pas les mêmes conceptions que moi sur l'espèce, m'avait aimablement envoyé ses holotypes.

Note déposée le 10 Avril 1975.

BAIRDIA (*ORTHOBAIRDIA* ?) *HYPSELA* Rome, 1971

(Pl. VII, fig. 1-8)

- V * 1971 *Bairdia hypsele* n. sp. - Rome, Ostracodes Tournaisien Belgique, p. 21-22, fig. 25-26.
- V • 1971 *Orthobairdia dorsocurvata* n. sp. - Idem., p. 32, fig. 49-50.
- V • 1971 *Orthobairdia oxia* n. sp. - Idem., p. 32-33, fig. 51-52.
- V • 1972 *Bairdia* cf. *hypoconcha* Gibson, 1955 - Lethiers, Ostracodes famenniens Bassin Dinant, p. 160-161, Pl. 24, fig. 22-24.

Diagnose émendée : « Une espèce du genre *Bairdia* McCoy à recouvrement dorsal en "bourrelet" ; à valve droite formant un replat médio-ventral ; présentant en vue dorsale des flancs presque rectilignes et parallèles sur une courte portion de la longueur ; et à rapport $0,40 < b = \text{distance dorso antérieure} / L = \text{Longueur} < 0,52$. Lisse ».

II. — DISCUSSION SUR LE SOUS-GENRE *ORTHOBAIRDIA*

B. hypsele Rome (Pl. VII, fig. 1) présente en vue dorsale des flancs aplatis et parallèles sur une trop faible portion (environ 25 % L) pour

l'auteur qui ne rangeait dans le genre *Orthobairdia* Sohn, 1960 que les "espèces" *dorsocurvata* et *oxia* pour des flancs parallèles = environ 29 % L (Pl. VII, fig. 2-3). Ainsi des genres différents étaient distingués en fonction de la variation d'un caractère. En fait, le degré et la longueur de l'aplatissement latéral des valves sont très variables dans l'espèce *hypsele* émondée et peuvent même s'atténuer surtout chez les larves. Pour cette raison, nous adoptons l'interrogation dans la désignation subgénérique de l'espèce étudiée.

Ces observations mettent en cause la signification du taxon *Orthobairdia* qui ne semble pas contenir de valeur phylogénique. Son emploi en tant que sous-genre permet à la rigueur d'indiquer une particularité morphologique dès la désignation de l'espèce. La même remarque est à formuler pour le taxon *Rectobairdia* Sohn, 1960 à propos duquel Rome (1971, p. 25) reconnaissait qu'il était sujet « à une appréciation personnelle ».

III. — DISCUSSION SUR L'ESPECE

B. (O.?) *HYPSELA* EMEDEE

Rome justifiait la distinction des "espèces" *hypsele*, *dorsocurvata* et *oxia* par des différences portant principalement sur le degré de concavité des bords antérodorsal et postérodorsal, sur la courbure du bord ventral, sur le développement de la lèvre ventrale, et sur l'importance du recouvrement (communication écrite). En fait, ces différences sont celles des morphotypes s'inscrivant dans la répartition biométrique d'une seule espèce (fig. 2) que nous appelons *hypsele* pour respecter l'ordre de description dans le texte de Rome.

Cette interprétation est étayée par les faits suivants :

a) Les trois morphotypes furent décrits dans un horizon (Tn1a) de la même région sédimentaire et deux d'entre eux proviennent du même gisement (Clavier - Belgique).

b) Il existe un caractère absolu commun aux formes de l'espèce *hypsele* émondée et qui ne fut pas mentionné dans les premières descriptions : la section transversale vers le centre de la carapace est asymétrique. La valve gauche est régulièrement bombée avec une cour-

bure maximum vers le bas tandis que la valve droite présente un replat médioventral (fig. 1) se raccordant à la partie supérieure de la valve par un coude distinct.

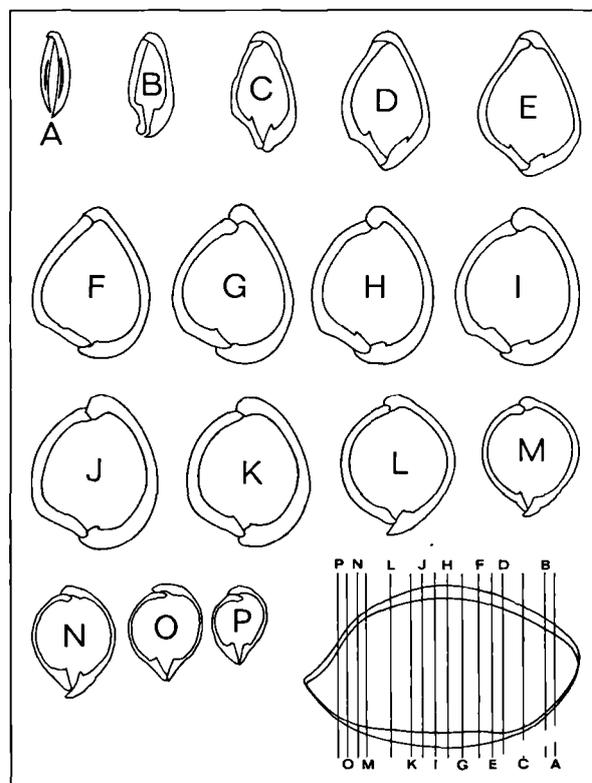


Fig. 1. — *Bairdia* (O.?) *hypsele* Rome, 1971 émondée. Sections sériees transversales dans un individu représenté Pl. VII, fig. 7. Tn1a. Tranchée d'Avesnelles à l'Ouest du Bassin de Dinant.

c) Des études morphométriques récentes sur les Ostracodes actuels des îles Bermudes font conclure : « one might suspect that some of the many species of *Bairdia* described in the literature are geographic variants rather than separate species » (Cadot et Kaesler, 1973, p. 1).

IV. — REPARTITION ET VARIATIONS

Jusqu'ici *B. (O.?) hypsele* émondée est donc reconnue dans le Strunien (Tn1a) pour l'ensemble du Bassin de Dinant et dans le Famennien sommital (Fa2c et Fa2d) en Avesnois.

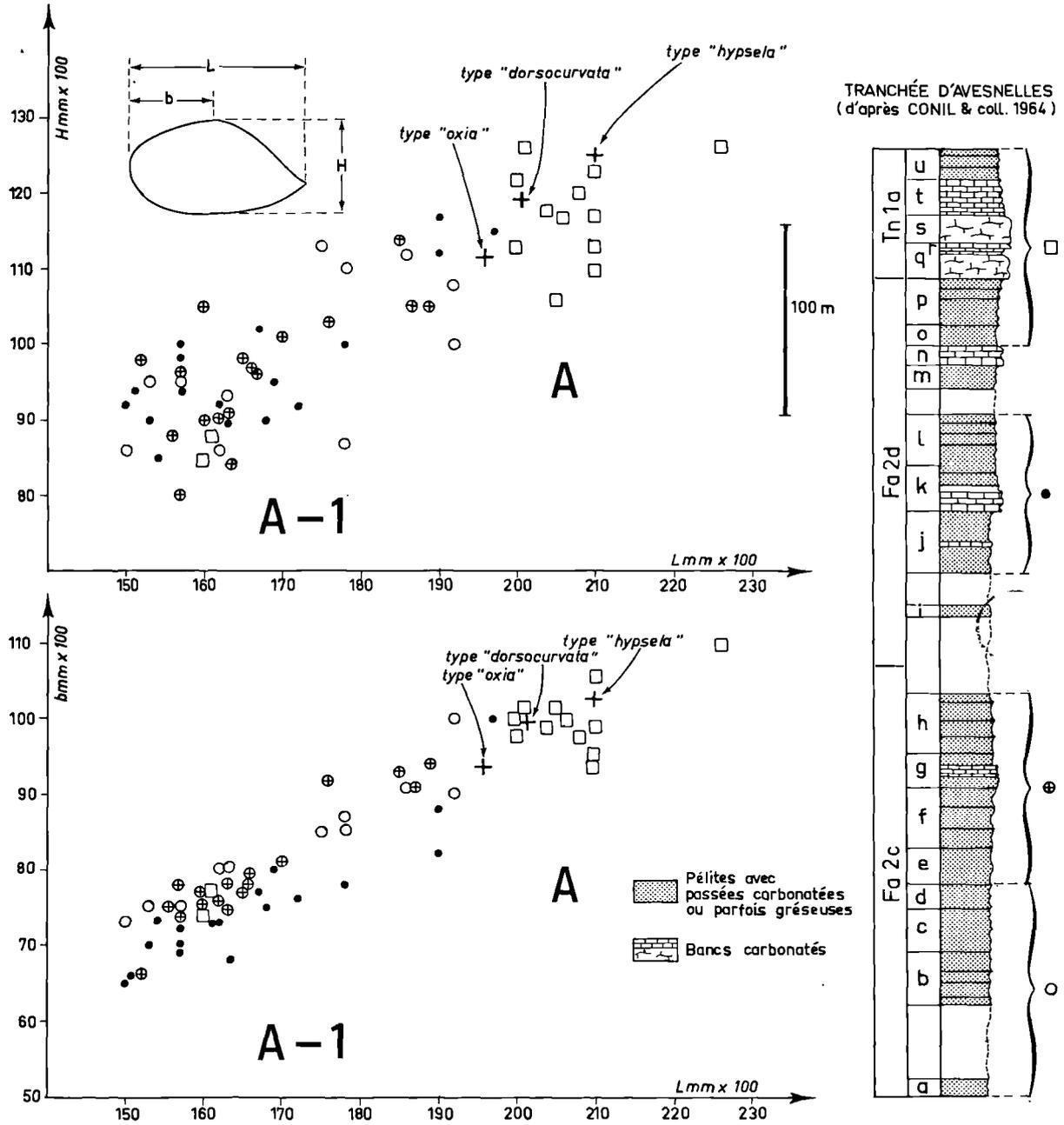


Fig. 2. — *Bairdia* (*O.?*) *hypsela* Rome, 1971 émondée.
Diagrammes H-L et b-L au passage Famennien-Strunien et comparaison avec les types décrits par Rome.

Dans la tranchée d'Avesnelles (décrite par Conil et Coll., 1964), la taille moyenne des adultes de *B. (O. ?) hypsela* émendée est plus grande de 5 % dans le Strunien que dans le Famennien supérieur (fig. 2). Cette évolution à caractère anagénétique coïncide avec l'installation d'une nouvelle sédimentation plus carbonatée dans le Bassin de Dinant. Des variations du rapport Adultes/Larves semblent également liées au changement de faciès. Ainsi, dans les pélites du Famennien supérieur (Fa2c et Fa2d), les individus du dernier stade larvaire sont majoritaires et dans certains horizons (niveau j) les adultes n'ont pas été reconnus. Inversement, au-dessus du biostrome du Strunien inférieur, les larves sont rares (fig. 2).

V. — AFFINITES

Chez les larves de *B. (O. ?) hypsela* émendée, la compression latérale en vue dorsale tend à s'estomper et l'asymétrie de la section transversale est moins marquée (Pl. VII, fig. 8) ; aussi les individus immatures ressemblent beaucoup à *Bairdia hypsoconcha* Gibson, 1955 (Pl. VII, fig. 9) du Dévonien supérieur d'Iowa(*).

(*) Je remercie Monsieur F.J. Collier, Collections Manager au National Museum of Natural History, Washington, D.C., USA, pour l'envoi de l'holotype.

D'ailleurs, cette dernière espèce est peut-être érigée sur un stade larvaire (Sohn, 1960, p. 28).

Orthobairdia ordensis Jones, 1968, du Famennien et du Tournaisien inférieur d'Australie, possède les caractères morphologiques de l'espèce émendée mais en diffère par des dimensions plus faibles d'environ 35 %. Il pourrait s'agir de sous-espèces géographiques.

Bairdia (Bairdia) turgida Blaszyk et Natu-siewicz, 1973, du Tournaisien inférieur de Pologne, présente des analogies avec l'espèce émendée dont elle diffère principalement par sa surface finement granuleuse. Notre espèce est également proche de *Bairdia vara* Buschmina, 1965 du Carbonifère inférieur du Kouznetzk, mais en vue dorsale les flancs de ses extrémités sont plus concaves. Même chose pour *Bairdia sincera* Buschmina, 1965, dont les dimensions sont de moitié. *Bairdia quasicognata* Buschmina, 1969 et *Bairdia turgida* Buschmina, 1969 du Carbonifère inférieur de Sibérie occidentale ressemblent également à notre espèce, mais en diffèrent par leurs flancs moins aplatis en vue dorsale.

Ainsi, à la fin du Dévonien et à l'aurore des temps carbonifères, des espèces affines appartenant au genre *Bairdia*, et qui possèdent les caractères suivants : un bord dorsal arrondi, une section transversale asymétrique et une tendance à la compression latérale, sont largement distribuées dans les mers.

Répartition géographique	USA	France Belgique	Pologne	URSS	Australie
<i>Bairdia</i> du Dévonien supérieur - Carbonifère inférieur	<i>hypsoconcha</i> Gibson	<i>hypsela</i> Rome	<i>turgida</i> Bl. et Nat.	<i>vara</i> <i>sincera</i> <i>quasicognata</i> <i>turgida</i> Buschmina	<i>ordensis</i> Jones

* * *

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) BLASZYK J. et NATUSIEWICZ D. (1973). — Carboniferous Ostracods from the borings in northwestern Poland. *Acta Palaeont. Polonica*, Warszawa, vol. 18, n° 1, p. 117-151, 8 pl., 3 fig.
- 2) BUSCHMINA L.S. (1965). — Ostracodes de l'horizon d'Abyshvsk (Carbonifère inférieur) dans le Bassin du Kouznetzk (en Russe). In : *Stratigraphie et Paléontologie paléozoïque de la partie asiatique d'U.R.S.S.*, Nauk, p. 64-98, 5 pl.
- 3) BUSCHMINA L.S. (1969). — Ostracodes de la limite Dévonien-Carbonifère du Synclitorium d'Eltsovsk (Sibérie occidentale) (en Russe). In : *Vue d'ensemble sur les recherches de microfaunes de Sibérie, Extrême-Orient et autres régions*, Nauk, p. 60-76, 5 pl.
- 4) CADOT H.M. et KAESLER R.L. (1973). — Variation of carapace morphology of Bairdiacean and Cytheracean Ostracoda from Bermuda. *Univ. Kansas Paleont. Contr.*, Lawrence, Paper 61, 10 p., 3 fig. 7 tabl.
- 5) CONIL R. et Coll. (1964). — Localités et coupes-types pour l'étude du Tournaisien inférieur. *Acad. Roy. Belg., Cl. Sc.*, Bruxelles, Mém. 4^e, 2^e sér., t. 15, fasc 4, 87 p., 14 pl., 5 fig.
- 6) GIBSON L.B. (1955). — Upper Devonian Ostracoda from the Cerro Gordo Formation of Iowa. *Bull. Amer. Paleont.*, New-York, vol. 35, n° 154, p. 335-368, 2 pl.
- 7) JONES P.J. (1968). — Upper Devonian Ostracoda and Eridostraca from the Bonaparte Gulf Basin, northwestern Australia. *Commonwealth of Australia*, Canberra, bull. n° 99, 108 p., 7 pl., 21 fig.
- 8) LETHIERS F. (1972). — Ostracodes famenniens dans l'Ouest du Bassin de Dinant (Ardenne). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. XCII, p. 155-169, 3 pl., 14 fig.
- 9) ROME R. (1961). — Contribution à l'étude des Ostracodes du Tournaisien inférieur de la Belgique. *Mém. Inst. géol. Univ. Louvain*, t. 27, fasc 1, 46 p., 77 fig., 1 tabl.
- 10) SOHN I.G. (1960). — Paleozoic species of *Bairdia* and related Genera. *Geol. Surv. Prof. Paper*, Washington, n° 330-A, 105 p., 6 pl., 15 fig.

* * *

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII

Conventions : a = VD, b = VG, c = vue dorsale

Fig. 1a, c. — *Bairdia hypsela* Rome, 1971. Holotype.
Gr. = 20. Tn1a. Maredsous (Belgique). Centre
du Bassin de Dinant.

Fig. 2a, c. — *Orthobairdia dorsocurvata* Rome, 1971.
Holotype. Gr. = 20. Tn1a. Clavier (Belgique)
dans l'Est du Bassin de Dinant.

Fig. 3a, c. — *Orthobairdia oxia* Rome, 1971. Holotype.
Gr. = 20. *Idem*.

Fig. 4 à 8. — *Bairdia* (*Orthobairdia*?) *hypsela* Rome, 1971
émendée. Variations. Tranchée d'Avesnelles
(France) à l'Ouest du Bassin de Dinant.

4a, c - Type "*hypsela*" pour le contour latéral,
mais à flancs plus aplatis en vue dorsale.
Tn1a. Gr. = 20.

5a, c - Type "*dorsocurvata*" mais à pointe
postérieure large et à flancs plus recti-
lignes en vue dorsale. Tn1a. Gr. = 20.

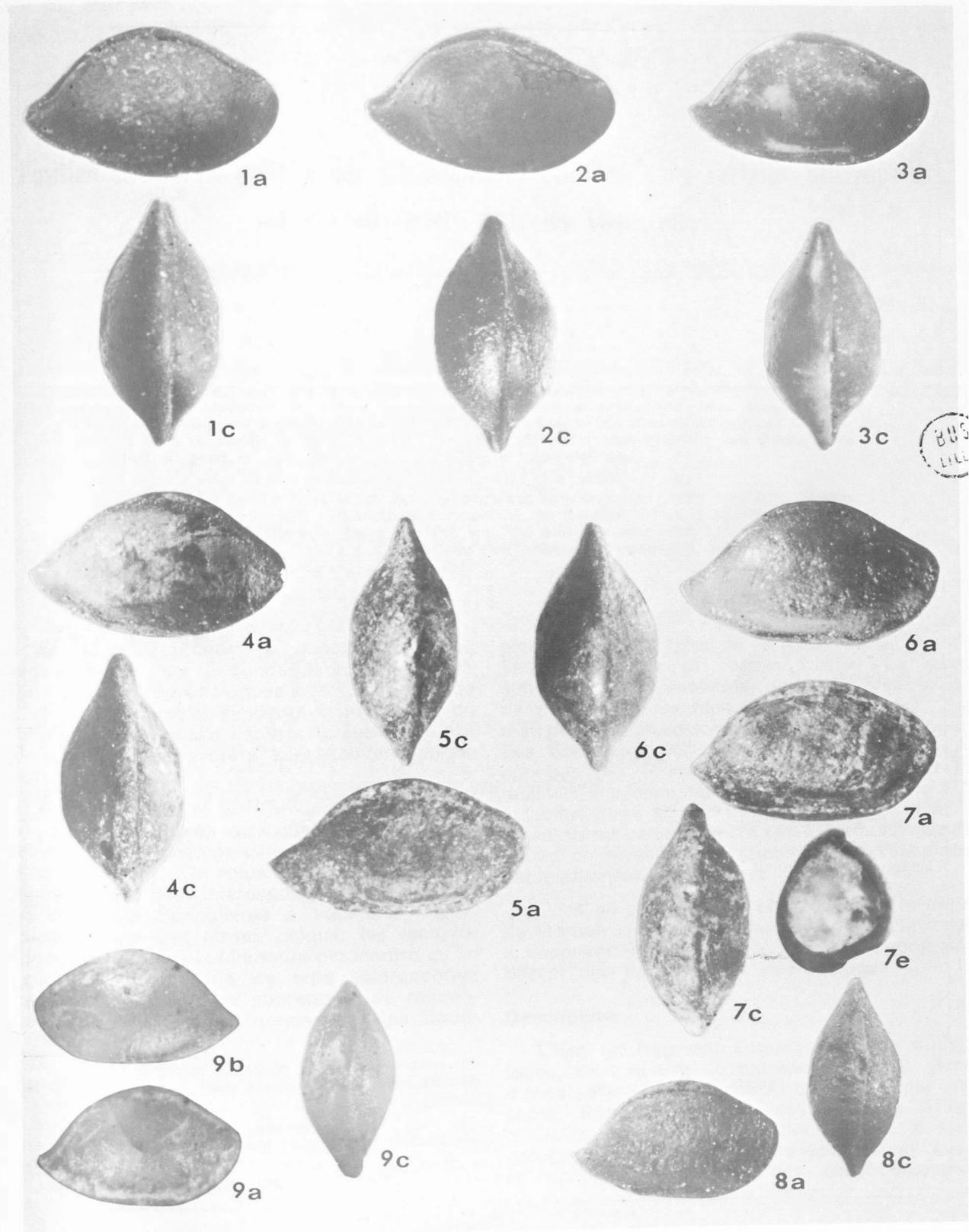
6a, c - Type "*Oxia*" avec un aplatissement des
flancs peu développé. Tn1a. Gr. = 20.

7a, c, e - Type "*dorsocurvata*" avec un aplatis-
sement des flancs presque absent. Individu
utilisé pour l'étude des caractères internes
(fig. 1). e = section polie médiotransver-
sale. Tn1a. Gr. = 20.

8a, c - Larve A-1 montrant des flancs peu aplatis
en vue dorsale. Fa2d. Gr. = 22.

Fig. 9a, b, c. — *Bairdia hypsoconcha* Gibson, 1955.
Holotype. Dévonien supérieur. Iowa. U.S.N.M.
n° 123085. Gr. = 38.

— « » —



Position structurale unitaire des sclérodermites calcaires dans certains Sclérosponges et des sterrasters dans les Choristides

par Henri TERMIER (*), Geneviève TERMIER (*) et Rolf SCHROEDER (**)

(Planche VIII)

Sommaire. — La découverte d'une section d'*Ischyrosponge* permien offrant une paroi poreuse composée de sphérolithes carbonatés, non soudés entre eux, suggère une comparaison, au point de vue fonctionnel, avec la couche de sterrasters siliceux formant la base du cortex de certains Choristides. Elle souligne l'indétermination des Spongiaires tant au point de vue chimique que cellulaire et physiologique.

Summary. — A section through a permian *Ischyrospongia* from southern Tunisia displays a porous wall of carbonate sphaeroliths, not welded, which suggests a comparison, from the functional point of view, with the siliceous sterraster bed of the cortex basis of some Choristides. It underlines the chemical, histological and physiological undetermination of *Porifera*.

En 1969, Schroeder a constaté que les sédiments de l'ère Secondaire renferment des sterrasters isolés analogues à ceux que Hinde a reconnus comme éléments constituant du squelette de *Rhaxella* dans le Jurassique d'Angleterre. Ces sterrasters sont souvent épigénisés en calcite.

En 1973, Termier et Termier signalaient la structure fibro-radiée du squelette calcaire de certains Spongiaires permien du Djebel Tebaga (Sud Tunisien). De plus, ils proposaient le regroupement des Sclérosponges et des Pharétrones, seuls Spongiaires à squelette hypercalcifié, dans une classe unique, les *Ischyrospongia*. Des travaux ultérieurs ont montré qu'un squelette hypercalcifié de type sclérosponge (plus rarement de type pharétrone) se rencontre d'une façon très générale chez les Spon-

giaires permien (plus de 40 espèces) du Djebel Tebaga (Termier et Termier, 1974). La suite évolutive de cet ensemble pendant l'ère Secondaire montre que, dans plusieurs phylums, il y a eu passage de certains types de Démospouges (les Sclérosponges) à certains types de Calcispouges (les Pharétrones), c'est-à-dire que la distinction systématique entre Démospouges (à spicules libres siliceux) et Calcispouges (à spicules libres calcitiques) n'est certainement pas située au niveau élevé (classe) où on la place habituellement (Termier et Termier, 1975).

Dans un prélèvement effectué dans la série de Merbah el Oussif (Djebel Tebaga), Schroeder a découvert la section oblique d'un Spongiaire offrant des particularités intéressantes.

Description.

C'est un fragment comprenant cinq ou six loges, dont quatre se montrent creuses, l'une d'elles étant partiellement traversée par un sept. Parmi les nombreuses espèces déterminables recueillies au Djebel Tebaga, le seul groupe qui offre quelques ressemblances avec ce spécimen est celui des Sphinctozoaires

(*) Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire de Géologie Structurale, 4, Place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05 (France).

(**) Geologisch-Paläontologisches Institut der J.W. Goethe Universität, Senckenberg Anlag 32-34, 6000 Frankfurt am Main (R.F.A.).

Note déposée le 10 Avril 1975.

Permosphincta, qui possède également des loges creuses. Mais là s'arrête la similitude. En effet, la totalité de la texture est fibroradiée, de type cyathoïde lâche (Termier et Termier, 1975). Les sclérodermites (probablement aragonitiques à l'origine) ont en effet les formes ellipsoïdales (Pl. VIII, fig. 5) qu'ils revêtent lorsqu'ils sont isolés ou, au moins, non jointifs. L'étude de la paroi la montre formée par une accumulation assez désordonnée de ces sphérolithes composant jusqu'à une dizaine de couches superposées. La couche la plus interne est stratifiée (le contour des sphérolithes étant peu distinct) et perforée par des pores régulièrement espacés qui pénètrent jusqu'à la zone cyathoïde lâche mais sans y entrer (Pl VIII, fig. 3).

Interprétation.

Partout où a été observée la texture cyathoïde lâche, elle coïncide avec une zone de haute perméabilité (piliers de *Preverticillites*, parois des pores d'*Amblysiphonella*, entre autres exemples). On peut donc considérer que, même en forte épaisseur, un squelette constitué uniquement par cette texture était totalement filtrant, ce qui explique l'arrêt des pores internes à ce niveau. Il s'agit donc d'un type très particulier de paroi, inconnu dans la plupart des Ischyrosponges car les connexions entre sphérolithes doivent être rarement conservées.

Parmi les formes récentes, les sclérodermites des Sclérosponges ne sont jamais superficiels et, chez les "Pharétrones", il y a également séparation du choanosome hypercalcifié et du cortex où demeurent les spicules libres.

Parmi les formes fossiles, la démarcation est loin d'être aussi nette et on observe des spicules inclus dans la charpente des Pharétrones Elasmotomatidés et une paroi ectosomale liée au cortex chez les Sphinctozoaires. Dans le genre *Barroisia* Munier-Chalmas, 1882 existent deux sortes de spicules en connexion avec cette paroi : des triactines calcitiques pro-

fonds et des monaxones fins (peut-être siliceux ?) dans la couche superficielle.

Si nous quittons les Ischyrosponges (Sclérosponges et Pharétrones), on est frappé par l'apparente similitude entre l'exemplaire étudié ici et la paroi de certains Démosponges Tétractinellides de l'ordre des *Choristida* Sollas, dont *Geodia* Lamarck, 1815 est aujourd'hui le représentant le plus typique. La paroi, décrite par Sollas (1888), comporte de l'extérieur vers l'intérieur : 1) un ectosome à spicules monaxones fasciculés (agglutinant des fragments du substrat) ; 2) une couche de sterrasters, faisant encore partie du cortex ; 3) le choanosome armé de grands triaenes et de microsclères de type aster. Ici, tous les spicules sont siliceux. Les sterrasters, vrais spicules siliceux réni-formes considérés comme dérivés d'asters, ont une grande ressemblance avec les sclérodermites carbonatés, probablement aragonitiques, de la texture cyathoïde lâche. La position qu'ils occupent à la base du sclérosome de *Geodia* et plus encore chez *Rhaxella* Hinde, 1890, du Jurassique supérieur d'Angleterre, dont la paroi est entièrement composée de tels sterrasters, est identique à la position des sclérodermites dans le spécimen ici mentionné.

Il y a là une convergence d'autant plus significative qu'elle conduit à établir une homologie de position et probablement de fonction entre des sclérites d'origine chimiquement et histologiquement différente. Les spicules font en effet partie du squelette intracellulaire sécrété par les scléroblastes, tandis que les sclérodermites ont une origine extracellulaire, probablement liée, dans le cas précis qui nous occupe, au pinacoderme.

Ces faits troublants ne font que souligner l'extrême indétermination des Spongiaires, les plus primitifs des métazoaires, indétermination touchant la chimie du squelette (coexistence de spicules siliceux et de sclérodermites calcaires chez les Sclérosponges), ainsi que la différenciation cellulaire, comme l'a montré Lévi (1970).

* * *

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

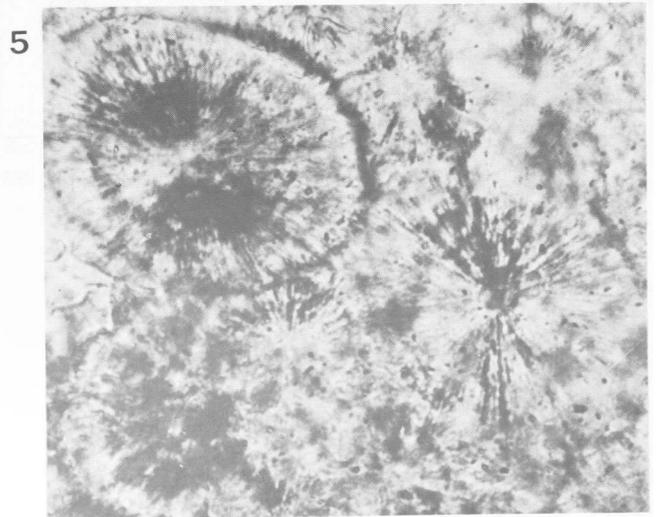
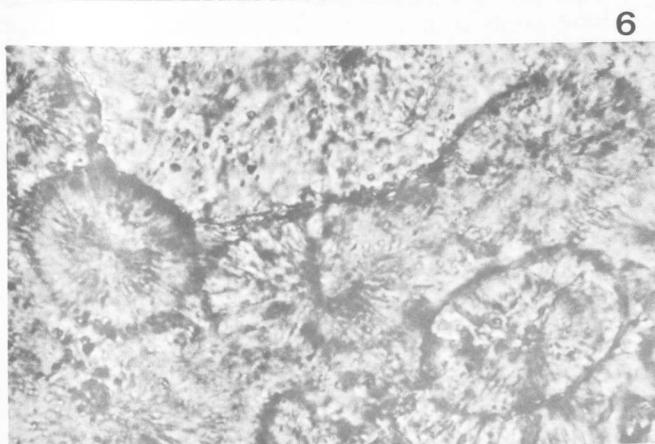
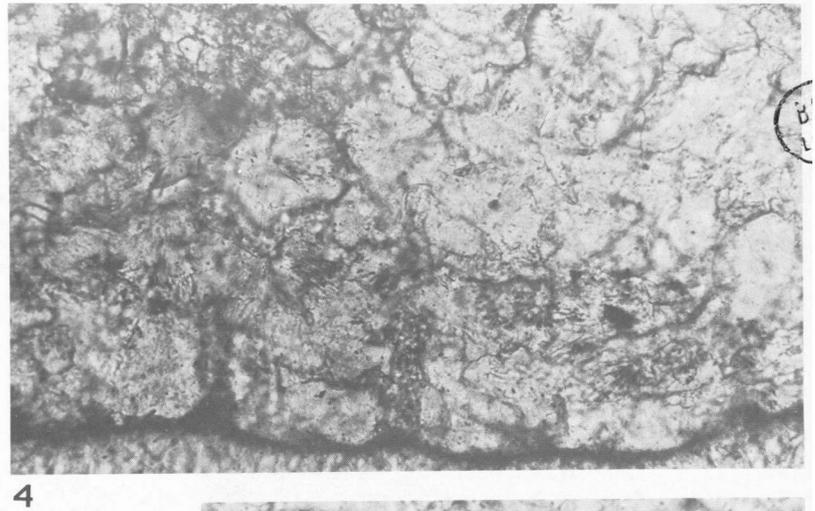
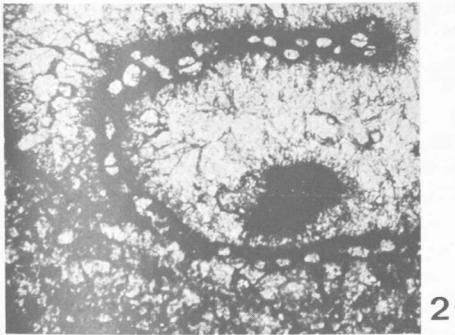
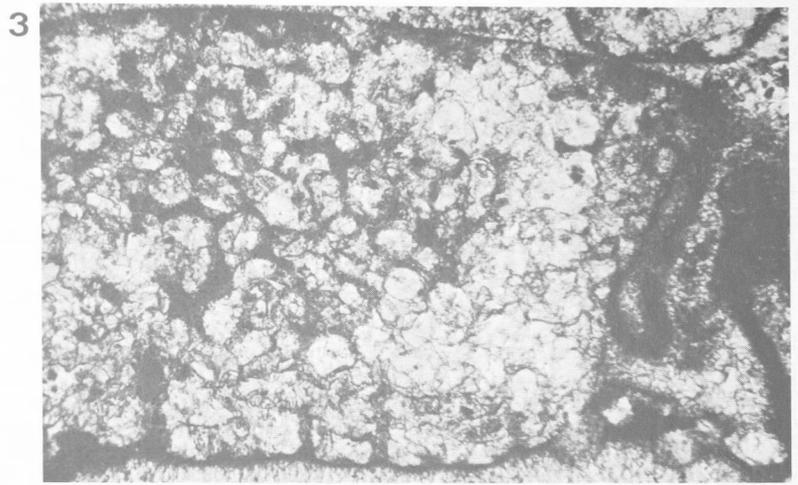
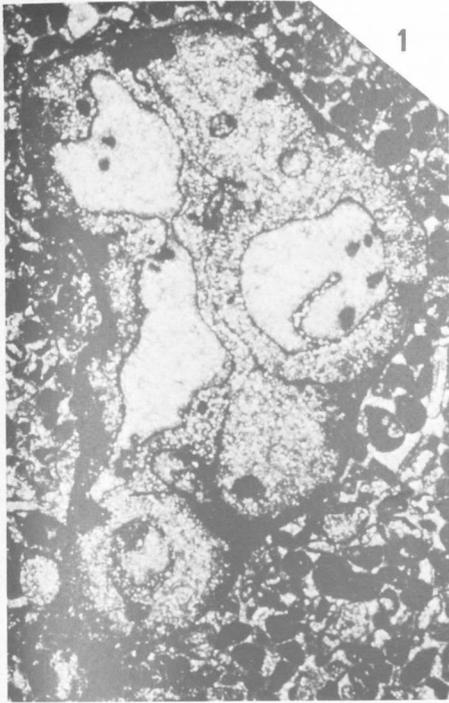
- 1) HINDE G.J. (1890). — On a new genus of siliceous Sponges from the Lower Calcareous Grit of Yorkshire. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, 46, p. 54-61, Pl. 6.
- 2) SCHROEDER R. (1969). — Über die *Globulinites tripartitus* Colom, 1969 (inc. sed.). *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 11, p. 702-704.
- 3) SOLLAS W. (1888). — Tetractinellida. *Challenger Repts. Zool.* 25.
- 4) TERMIER H. et TERMIER G. (1973). — Stromatopores, Sclérosponges et Pharétrones : les *Ischyrospongia*. *Livre Jubil. M. Solignac, Ann. Min. et Géol., Tunis*, n° 26, p. 285-297.
- 5) TERMIER H. et TERMIER G. (1974). — Spongiaires permians du Djebel Tebaga (Sud Tunisien). *C.R. Ac. Sc. Paris*, 279 D, p. 247-249.
- 6) TERMIER H. et TERMIER G. (1975). — Texture du squelette et évolution du système aquifère chez les Spongiaires hypercalcifiés du Permien. *C.R. Ac. Sc. Paris*, 280.

* * *

EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII

- Fig. 1. — Vue générale du spécimen étudié dans cette publication. Gr. = 10.
La bordure noire est un encroûtement algair. Les thallophytes ont rongé le squelette par places, eu égard à la nature poreuse du test et à la solubilité du carbonate qui le constitue.
- Fig. 2. — Détail montrant un septum composé d'une seule couche de sclérodermites ellipsoïdaux. Gr. = 40.
- Fig. 3. — Paroi grossie (= 88) faisant apparaître les nombreux sclérodermites entassés et, vers l'intérieur (en bas), la zone interne plus stratifiée, percée par des pores. A droite, la bordure d'un ostium au niveau duquel la couche interne se relève. On note un tube d'Algue (cf. Girvanella) pénétrant cet ostium.
- Fig. 4. — Grossissement plus fort (= 227) de la zone stratifiée et des pores la traversant, dans la partie interne de la paroi; au-dessus, les sclérodermites arrondis.
- Fig. 5. — Sclérodermites (sphérolithes fibreux) ayant leurs formes propres, ellipsoïdales. Gr. = 577.
- Fig. 6. — Sclérodermites comparables à ceux de la fig. 5 mais provenant de la zone exhalante d'un exemplaire d'*Auriculospongia auriculata* (Termier et Termier), Ischyrosponge foliacé du Permien du Djebel Tebaga (série de Merbah el Oussif). Gr. = 577.

— « » —



Les microfossiles (Acritarches, Chitinozoaires et spores) des couches de passage du Silurien au Dévonien dans le Cotentin (Normandie)

par Raymond RAUSCHER (*) et Michel ROBARDET (**)

(Planches IX à XI)

Sommaire — L'étude micropaléontologique (Acritarches, Chitinozoaires, spores) des couches de passage du Silurien au Dévonien du Cotentin a permis de reconnaître cinq assemblages successifs caractérisés par des Chitinozoaires. Les formes les plus typiques sont présentées et discutées. Les caractères principaux de ces assemblages sont dégagés et des corrélations proposées à l'échelle locale. Les données antérieures relatives à la macrofaune et les éléments micropaléontologiques concernant les niveaux voisins de la limite Silurien-Dévonien dans d'autres régions permettent de discuter l'âge de ces assemblages.

Summary. — The micropaleontological study (acritarchs, chitinozoans, spores) of beds next to the Siluro-Devonian boundary in Cotentin peninsula, revealed five successive assemblages, each of them being characterized by chitinozoans. The most typical forms are exhibited and figured. The main features of these five assemblages are pointed out and local correlations are proposed. The age of these assemblages is discussed, considering both macrofaunal datas in the Cotentin peninsula and micropaleontological datas on comparable horizons from other areas.

INTRODUCTION

En Normandie (fig. 1), les relations entre le Silurien et le Dévonien sont longtemps restées mal connues. Dans la région d'Alençon (Synclinal de Sées et flanc sud de l'Anticlinal d'Écouves), la tectonique et la superficie très limitée des affleurements dévoniens interdisent pratiquement l'étude des rapports entre les deux systèmes. Dans le Cotentin, où tous deux sont, par contre, bien représentés, les interprétations successives restaient contradictoires : certains auteurs admettaient une continuité de sédimentation entre le Silurien et le Dévonien (4, 5), d'autres envisageaient, au contraire, à leur limite, une lacune de sédimentation (19) ou même des mouvements orogéniques (10).

(*) Ecole normale supérieure, 43, rue de la Liberté, Le Bardo, Tunis (Tunisie) et R.C.P. 240 (C.N.R.S.).

(**) Centre Armoricaïn d'Étude Structurale des Socles (Laboratoire C.N.R.S.) et R.C.P. 240 (C.N.R.S.), Laboratoire de Paléontologie et de Stratigraphie, Avenue du Général Leclerc, B.P. 25 A, 35031 Rennes Cedex.

Note déposée le 15 Mai 1975.

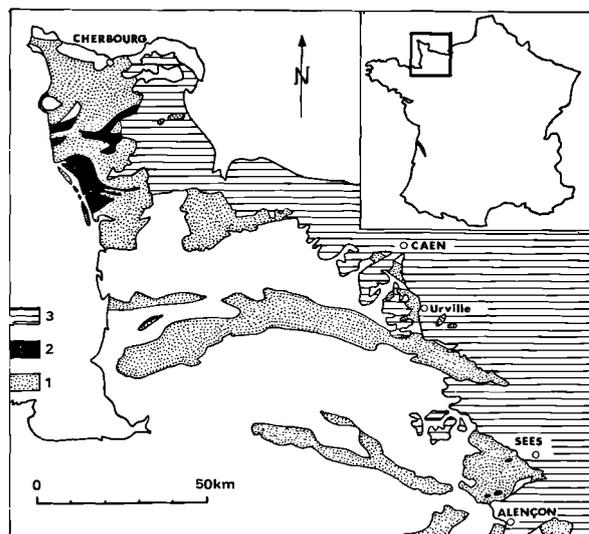


Fig. 1. — Les affleurements de Dévonien inférieur en Normandie.

1. - Paléozoïque (sauf Dévonien inférieur).
2. - Dévonien inférieur.
3. - Terrains post-hercyniens.

I. — LE PASSAGE DU SILURIEN AU DEVONIEN DANS LE COTENTIN

Dans le Cotentin (fig. 2 A), des travaux récents ont apporté, en ce qui concerne le passage du Silurien au Dévonien, des faits nouveaux, dans certains cas décisifs.

La connaissance de l'extension stratigraphique réelle (Caradoc-Gédinnien) de l'ensemble compréhensif "siluro-dévonien" (d¹s⁴ des anciennes cartes géologiques) a permis de poser le problème en termes plus clairs (2, 11, 27, 29).

La découverte de gisements à Graptolites a mis en évidence, dans la succession silurienne, l'existence de niveaux du Llandovery, du Wenlock et du Ludlow, avec, à Saint-Sauveur-le-Vicomte, un horizon à *Monograptus ultimus* Perner équivalent de la partie inférieure de la Formation de Pridoli (eβ2) de Bohême (*) (26, 27, 28, 29).

A Saint-Germain-sur-Ay, une étude micropaléontologique a montré (20, 21), essentiellement grâce aux spores, l'existence du Gédinnien sous la Formation des Grès à *Platyorthis monnieri* que traditionnellement on rapportait au Siegenien inférieur mais pour laquelle un âge gédinnien (peut-être même gédinnien inférieur) semble plus probable (1, 6, et travaux inédits de la R.C.P. 240 auprès du C.N.R.S.).

Au NE de Carteret, la découverte de *Monograptus uniformis* Pribyl à faible distance sous les Grès à *P. monnieri* a révélé l'existence d'un niveau à Graptolites appartenant à la zone à *M. uniformis* (14); cette zone basale de la Formation de Lochkov (eγ) de Bohême, est l'équivalent de la partie inférieure du Gédinnien.

Les Mollusques Bivalves recueillis dans des niveaux qui se situent au voisinage de la limite Silurien-Dévonien ont permis de tenter des corrélations entre différents gisements et, par comparaison avec l'Europe centrale, de constater que les formes reconnues caractérisaient des niveaux très élevés du Silurien (Pridoli) et peut-être l'extrême base (Lochkovien) du Dévonien (3).

Ces résultats démontrent que, dans le Cotentin, la sédimentation a été continue entre

(*) L'équivalent stratigraphique de l'ensemble de la Formation de Pridoli existe au S de Caen dans le synclinal d'Urville (sondage du Quesnay) où le Dévonien n'est pas connu (13).

le Silurien et le Dévonien. Ils indiquent que les affinités paléobiogéographiques existant, au cours du Silurien, entre l'Europe centrale et la Normandie, se prolongent jusqu'à la base du Dévonien. Enfin, ils permettent d'établir des corrélations avec les successions classiques de Bohême, de Thuringe ou de Pologne.

Malgré leur caractère décisif en ce qui concerne les relations entre le Silurien et le Dévonien, les travaux signalés ci-dessus n'ont toutefois pas permis de résoudre certains problèmes. Par suite du caractère ponctuel et de la mauvaise qualité des affleurements, de la rareté des gisements fossilifères, des complications tectoniques et de la monotonie des faciès lithologiques, il a été impossible de donner une cartographie précise des différents étages qui correspondent au sommet de l'Ordovicien, au Silurien et à la base du Dévonien. S'il est bien apparu que l'étude des minéraux argileux pouvait aider à circonscrire ces problèmes, il n'en demeure pas moins que cette méthode ne saurait remplacer les données paléontologiques (30). Il nous a donc paru intéressant d'entreprendre une étude micropaléontologique de l'ensemble compréhensif Caradoc-Gédinnien, en utilisant les repères stratigraphiques que fournissaient les Bivalves, les Crinoïdes (*Scyphocrinites*) et surtout les Graptolites.

II. — LE MATERIEL ETUDIE

Les recherches micropaléontologiques ont donc porté sur des échantillons à macrofaune et sur des échantillons apparemment azoïques correspondant aux niveaux les plus élevés de l'ensemble compréhensif Caradoc-Gédinnien. Dans ce dernier cas, malgré l'absence de coupe continue, il est possible de connaître la succession verticale des échantillons et, pour certains, leur position par rapport à des niveaux à Bivalves ou à Graptolites ou par rapport à la base des Grès à *Platyorthis monnieri*.

Les échantillons (numérotation Robardet) ayant livré des microfossiles déterminables sont les suivants (coordonnées Lambert sur feuille de Bricquebec au 1/50 000) :

A) Environs de Besneville (fig. 2 C)

— 69.S.95 et 72.S.14 : dans le village de Besneville, talus de la route menant au hameau Goubert (x = 312,325, y = 192,875); schistes gris ou ocres et ampélites à *Pterinopecten cybele*.

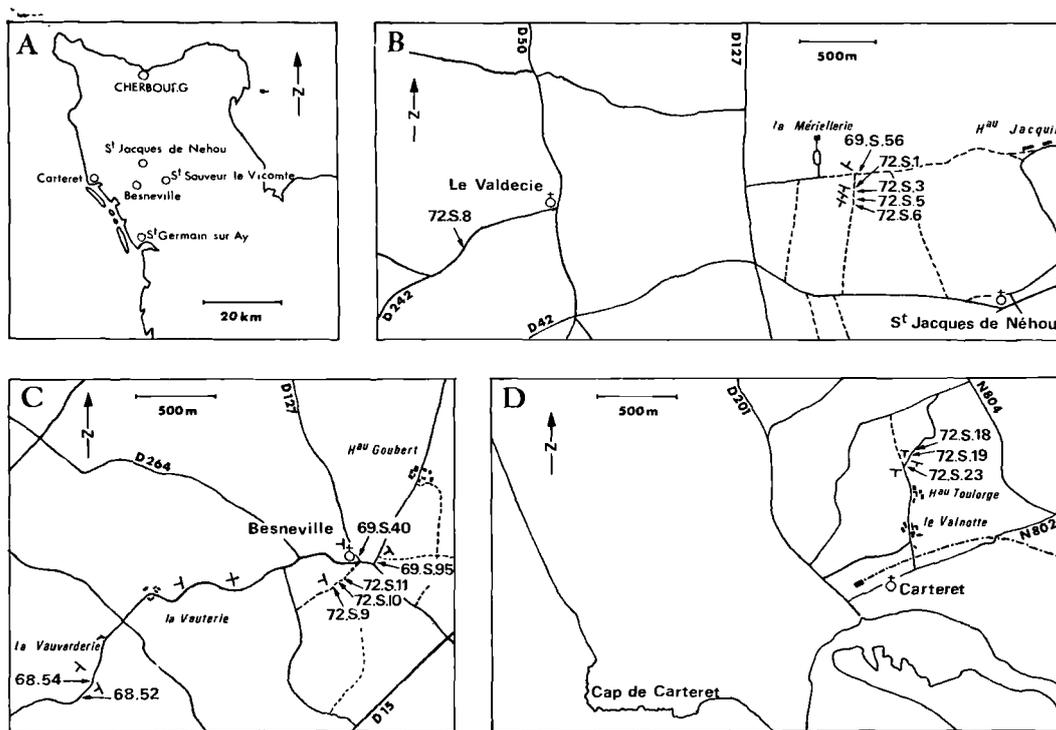


Fig. 2. — Localisation géographique, dans le Col du Cotentin, des échantillons ayant livré des microfossiles au sommet de l'ensemble compréhensif Caradoc-Gédinnien.

A. - Localités citées dans le texte.

B. - Environs de Saint-Jacques-de-Néhou.

C. - Environs de Besneville.

D. - Environs de Carteret.

- 69.S.40 : dans le village de Besneville, talus de la route D 127 sous l'église (x = 312,175, y = 192,950) ; ampélites avec articles de Crinoïdes et nombreux Bivalves (*Praecardium* sp. gr. *amabile*, *Pterochaenia* ? sp. gr. *tenuis*, *Lunulicardium evolvens*, *Leptodesma* sp. cf. *carens*, *Leptodesma* sp. gr. *opportunata*, *Leiopteria contraria*, *Actinopteria* cf. *prospera*, *Posidonya eugyra*).
- 72.S.11, 72.S.10, 72.S.9 (de bas en haut) : talus du chemin NE-SW partant de l'église de Besneville (x = 312, y = 192,700) ; schistes micacés brunâtres.
- 68.54 : au SW de Besneville, le long de la route passant par la Vauterie et la Vauvarderie, au S de cette dernière ferme (x = 310,425, y = 192,200) ; grès et schistes brun-verdâtre appartenant à la Formation des Grès à *Platyorthis monnieri*.
- 68.52 : légèrement au S de 68.54 (x = 310,450, y = 192,100) ; grès et schistes brun-verdâtre avec macrofaune appartenant à la Formation des Grès à *Platyorthis monnieri*.

B) Environs de Carteret (fig. 2 D).

Affleurements le long de la petite route qui relie les nationales N 802 et N 804 en passant par le Valnotte et Hameau Toulorge, au N de ce dernier lieu-dit. Les échantillons étudiés proviennent d'alternances schistes-grès dont

l'ensemble est surmonté par la Formation des Grès à *Platyorthis monnieri*. Dans ces alternances, un niveau ampéliteux (72.S.20 : x = 301,300, y = 195,650), qui a livré *Monograptus uniformis*, des fragments de *Scyphocrinites* et de nombreux Bivalves (*Ontaria* cf. *moneta*, *Cardiola opportuna* ?, *Pterochaenia* sp. gr. *tenuis*, *Mytilarca esuriens*, *Leiopteria contraria*, *Actinopteria migrans*, *Modiolopsis* sp. gr. *subalata*), appartient à la partie inférieure du Lochkovien, c'est-à-dire au Gédinnien. Les échantillons étudiés ici correspondent (de bas en haut) à des schistes gris-brunâtre (72.S.18), à des grès micacés brun-verdâtre (72.S.19) alternant avec des schistes noirâtres (72.S.19 bis) situés sous le niveau à *M. uniformis*, et à des grès brunâtres (72.S.23) alternant avec des schistes de même teinte situés au-dessus du niveau à *M. uniformis*.

C) Environs de St-Jacques-de-Néhou (fig. 2 B).

Au N de Saint-Jacques-de-Néhou, à l'E du lieu-dit la Mérielierie.

- 69.S.56 : dans le sol du chemin menant de la Mérielierie au Hameau Jacquin (x = 312,750, y = 199,300) ; ampélites à fragments de *Scyphocrinites* et à nombreux Bivalves (fragments de *Praecardiidae*, *Dualina* sp., *Pterochaenia* sp. gr. *tenuis*, *Lunulicardium evolvens*, *Leptodesma* cf. *carens*, *Leptodesma* sp. gr. *opportunata*, *Leiopteria contraria*).

- 72.S.3, 72.S.5 et 72.S.6 (de bas en haut sur 15 m de puissance) : schistes bruns affleurant à une centaine de mètres au S (x = 312,650, y = 199,150) du gisement précédent, le long d'un chemin de terre d'orientation N-S.
- 72.S.8 : au SW de l'église du Valdecie dans le talus nord de la route D 242 (x = 310,100, y = 198,900) ; grès micacés brun-verdâtre à fragments de Crinoïdes alternant avec des schistes.
- 72.S.7 : à 2 km à l'W du gisement précédent, lieu-dit Chuquet-du-Bas, au N de Saint-Pierre-d'Arthéglise (x = 308,050, y = 199,100) ; schistes verdâtres à fragments de *Scyphocrinites* alternant avec des grès micacés brunâtres.

III. — ETUDE MICROPALÉONTOLOGIQUE

D'emblée il faut relever le taux important d'échantillons fossilifères (plus de 60 % des échantillons étudiés) et l'état de conservation relativement satisfaisant des microfossiles. Ceux-ci sont essentiellement des Chitinozoaires, des Acritarches et des spores ; s'y ajoutent quelques représentants du genre *Deflandras-trum*, attribué aux Chlorophycées.

De nombreuses études ayant déjà été consacrées aux microfossiles organiques des niveaux siluro-dévonien, il n'était pas question ici de dresser un long inventaire descriptif de toutes les formes observées. Aussi nous sommes-nous limités à présenter et à illustrer les formes les plus caractéristiques ; en revanche, nous nous sommes efforcés à bien dégager les caractères principaux de chaque assemblage, de façon à pouvoir mieux aborder les problèmes stratigraphiques.

A) Les assemblages de microfossiles du secteur de Besneville (fig. 2 C).

Cette région a livré cinq types d'assemblages dont chacun se caractérise par des Chitinozoaires et qui, du plus ancien au plus récent, sont :

- 1) assemblage à *Ancyrochitina*,
- 2) assemblage à *Angochitina* sp. 1,
- 3) assemblage à *Angochitina* sp. 2,
- 4) assemblage à *Angochitina filosa*,
- 5) assemblage à *Angochitina devonica*.

1) Assemblage à *Ancyrochitina* (éch. 72.S.14 - 69.S.95).

Bien que des représentants de ce genre soient également présents dans les autres assemblages, les Chitinozoaires les plus typiques de ce premier assemblage sont les *Ancyrochitina*. Ceux-ci ont souvent les appendices brisés, ce qui ne permet guère d'avancer dans leur détermination spécifique. Parmi les formes reconnues, signalons toutefois *A. ancyrea* (Eis.), *A. diabolo* (Eis.), *A. fragilis brevis* Taug. et Jekh. (Pl. IX, fig. 1). Les autres Chitinozoaires de cette association sont *Clathrochitina rosendae* (Cram.) Jenk. (Pl. IX, fig. 3), *Eisenackitina* (Pl. IX, fig. 2), *Fungochitina*, *Linochitina cingulata* (Eis.), *Margachitina elegans* (Taug. et Jekh.) Eis. (Pl. IX, fig. 6) et *Sphaerochitina*.

Les Acritarches sont essentiellement représentés par des Acanthomorphae, dont *Cymbosphaeridium pilaris* (Cram.) List. (Pl. IX, fig. 4), *Diexallophasis granulatispinosa* (Down.) Lœbl. Jr., *Multiplicisphaeridium ramusculosum* (Defl.) List., *Visbysphaera pirifera* (Eis.) List. Il faut y ajouter quelques *Veryhachium downiei* Stockm. et Will., *Leiofusa estrecha* Cram., des *Cymatio-sphaera* et *Leoniella carminae* Cram. (Pl. IX, fig. 7).

Les spores, peu nombreuses, sont des *Ambitisporites*, des *Archaeozonotriletes* (Pl. IX, fig. 5, 12) et des *Retialetes*.

2) Assemblage à *Angochitina* sp. 1 (éch. 69.S.40)

Remarque préliminaire :

Les nombreuses espèces attribuées au genre *Angochitina* se distinguent par leur silhouette et par l'importance et la distribution de leur ornementation. En fait, ces caractères ne sont pas tranchés ; on note au contraire une importante variabilité, ce qui empêche fréquemment d'attribuer certaines formes à des espèces bien précises.

Dans le cas du matériel de Besneville, nous avons observé quatre types d'*Angochitina*, caractéristiques chacun d'un assemblage :

— *Angochitina* sp. 1 (Pl. IX, fig. 8-11) : il s'agit de Chitinozoaires ayant une silhouette proche de *A. comosa* Taug. et Jekh. ou de *A. filosa* Eis. ; la pilosité est essentiellement restreinte au col ; certaines formes moins ornées sont proches de *Sphaerochitina sphaerocephala* (Eis.).

— *Angochitina* sp. 2 (Pl. IX, fig. 18-24) : c'est essentiellement la silhouette qui caractérise ces formes : la panse est ovoïde, le col est très long ; l'ornementation, qui consiste en petites épines, est plus ou moins dense. Ces Chitinozoaires ont été initialement attribués à *A. longicolla* Eis. (19, 22) puis assimilés (20, 21) au complexe des *A. cf. longicolla* Eis. défini par Cramer (8).

— *Angochitina filosa* Eis. (Pl. XI, fig. 15-18, 20) ; de silhouette identique à *Angochitina* sp. 1, se distingue surtout par sa pilosité très développée et régulièrement répartie sur le col et sur la panse ; les épines sont longues, flexibles et simples.

— *Angochitina devonica* Eis. (Pl. XI, fig. 31) : cette espèce réunit des formes à épines très développées et fréquemment ramifiées.

Dans ce second type d'assemblage, aux *Angochitina* sp. 1, sont associés des *Linochitina cingulata* (Eis.) et des *L. erratica* (Eis.) Pl. IX, fig. 17).

Les Acritarches diffèrent peu de ceux de l'assemblage à *Ancyrochitina* ; y ont été observés : *Ammonidium microcladum* (Down.) List. (Pl. IX, fig. 16), *Diexallophasis granulatispinosa* (Down.) Lœbl. Jr., une forme de *Goniosphaeridium* à appendices épineux (Pl. IX, fig. 15), *Multiplicisphaeridium arbusculiferum* (Down.) List. ; les Polygonomorphitae sont représentés par de rares *Veryhachium* et par de nombreux *Onondagella deunffi* Cram. (Pl. IX, fig. 14) ; des *Leiofusa estrecha* Cram. et *L. striatifera* Cram. complètent la liste des Acritarches de cet assemblage.

Les spores, comme précédemment, sont peu nombreuses (Pl. IX, fig. 13) ; on peut y noter toutefois la présence de formes à exine ornée de petites épines ou de grosses verrues.

3) Assemblage à *Angochitina* sp. 2 (éch. 72.S.11)

Dans cet assemblage indiscutablement le plus riche et le plus varié, ont été observés plusieurs *Deflandrastrum millepedi* Comb. qui sont des Chlorophycées (Pl. X, fig. 18, 23 ; Pl. XI, fig. 1). Ces Algues n'étaient connues jusqu'à présent que dans des régions plus méridionales (Espagne, Afrique du Nord). A

Angochitina sp. 2 s'ajoutent de rares *Ancyrochitina* et des *Linochitina cingulata* (Eis.).

Les Acritarches, très nombreux, sont représentés par des Acanthomorphitae : *Ammonidium microcladum* (Down.) List., *Buedingisphaeridium pyramidale* List., *Diexallophasis granulatispinosa* (Down.) Lœbl. Jr. aux appendices en nombre et de morphologie variés (Pl. X, fig. 3, 6-7), *Goniosphaeridium* sp. (Pl. X, fig. 8), *Multiplicisphaeridium* aff. *corallinum* (Eis.) List. ; des Sphaeromorphitae, des Polygonomorphitae : *Onondagella deunffi* Cram., *Veryhachium downiei* Stockm. et Will., *V. valiente* Cram. ; des Netro-morphitae : *Leiofusa estrecha* Cram., *L. striatifera* Cram. (Pl. X, fig. 9) ; des Herkomorphitae : *Cymatiosphaera* sp. (Pl. X, fig. 10, 15) ; des Pteromorphitae : *Pterospermopsis ? guapita* Cram., *P. hermosita* Cram. (Pl. X, fig. 20), *P. onondagaensis* Dff. (Pl. X, fig. 16, 21) ; des non-classés : *Tunisphaeridium tentaculaferum* (Martin) Dff. et Evitt, *Geron amabilis* Cram., *G. gracilis* Cram. (Pl. X, fig. 19).

Les *Quadrifurcates* (ex-*Tetraletes*) sont également très nombreux : les deux espèces *Q. granulatus* (Cram.) (Pl. X, fig. 22) et *Q. variabilis* (Cram.) (Pl. X, fig. 17) ont été reconnues.

Les spores constituent une partie importante de l'assemblage et leur diversité y est remarquable ; parmi le grand nombre de formes observées, il faut relever la présence d'*Emphanisporites* (Pl. XI, fig. 2), de *Dictyotrilletes* (Pl. XI, fig. 13-14), de *Streelispora* (Pl. XI, fig. 9), de *Synorisporites* (Pl. XI, fig. 3-4) et de formes proches des *Hymenozonotrilletes* (Pl. XI, fig. 10-12) identiques à celles déterminées comme *Zonotrilletes* sp. par Jardiné et Yapaudjian (16).

4) Assemblage à *Angochitina filosa* (éch. 72.S.9-10).

Aux *Angochitina filosa* Eis. (Pl. XI, fig. 15-18, 20) qui caractérisent cet assemblage, s'ajoutent quelques *Ancyrochitina* (Pl. XI, fig. 19), des *Linochitina cingulata* (Eis.) et des *Pterochitina perivelata* Eis. (Pl. XI, fig. 22).

Les Acritarches sont moins nombreux que dans l'assemblage précédent ; les formes présentes sont cependant en grande partie les mêmes. La même remarque peut être faite au sujet des spores (Pl. XI, fig. 23-26).

5) Assemblage à *Angochitina devonica* Eis. (éch. 68.52, 54)

Outre les *Angochitina devonica* Eis. (Pl. XI, fig. 31), cet assemblage contient de nombreux *Ancyrochitina* aux appendices très ramifiés qu'on peut regrouper, comme l'a fait Cramer (8), dans un complexe d'*A. ancyrea* (Eis.) (Pl. XI, fig. 28-29). Quelques formes aux appendices très ramifiés et anastomosés sont à rapprocher des *Clathrochitina* (Pl. XI, fig. 30). Il faut également relever dans cet assemblage la présence de *Margachitina margaritina* (Eis.) (Pl. XI, fig. 32).

Les Acritarches et les spores sont ici dans leur ensemble assez mal conservés, ce qui explique le petit nombre de déterminations proposées. On peut toutefois noter, parmi les Acritarches, la prédominance des formes à appendices ramifiés et épineux du genre *Diexallophasis*.

B) **Les assemblages de microfossiles du secteur de Carteret** (fig. 2 D).

Les échantillons provenant de ce secteur, bien qu'en grande partie fossilifères, n'ont pas livré une succession d'assemblages aussi différenciés que ceux de la région de Besneville.

1) Les microfossiles du niveau 72.S.18.

Pauvre en Chitinozoaires et en Acritarches, ce niveau est surtout riche en spores ; il s'agit essentiellement de formes à exine lisse du type *Archaeozonotriletes* ; quelques rares exemplaires à paroi ornée, épineuse et verruqueuse y ont été observés.

2) Les microfossiles des niveaux 72.S.19 et 72.S.19 bis.

On se trouve ici en présence d'assemblages à *Angochitina* sp. 2 en grande partie identiques à ceux de Besneville.

Aux Chitinozoaires typiques du complexe "*longicolla*" s'ajoutent quelques *Ancyrochitina*. Les Acritarches, comme à Besneville, se caractérisent par leur grande diversité ; parmi les formes les plus marquantes, on peut y citer : *Baltisphaeridium gordonense* Cram. (Pl. X, fig. 2, 5), *Cymbosphaeridium carinosum* (Cram.) (Pl. X, fig. 4), *Diexallophasis granulatispinosa* (Down.) Lœbl. Jr., des *Multiplicisphaeridium*,

dont *M. robertinum* (Cram.) List. (Pl. X, fig. 11) ; ces assemblages ont également livré *Leoniella carminae* Cram. (Pl. X, fig. 14), *Polyedryxium* (?) *tetrahedroide* Cram. (Pl. X, fig. 13), *Triangulina alargada* Cram. (Pl. X, fig. 12) et de nombreux *Cymatiosphaera*. Les spores, comme les Acritarches, sont très variées ; en plus des formes déjà précédemment citées, comme les *Archaeozonotriletes*, on peut citer ici *Dictyotriletes*, et, parmi les nombreuses spores à exine ornementée, des exemplaires à papilles interradianales du type *Streelispora*.

3) Les microfossiles du niveau 72.S.23.

Ce niveau, situé au-dessus de l'horizon à *Monograptus uniformis*, n'a livré que des débris indéterminables de spores et d'Acritarches. Les Chitinozoaires qui y ont été observés sont des *Ancyrochitina* et des chaînes de *Pterochitina perivelata* (Eis.) (Pl. XI, fig. 21) ; la présence de cette dernière forme, rappelons-le, a déjà été notée dans l'assemblage à *A. filosa* du secteur de Besneville.

C) **Les assemblages de microfossiles du secteur de Saint-Jacques-de-Néhou.**

De tous les niveaux étudiés dans ce secteur, on peut en relever quelques-uns qui ont livré des assemblages assez proches de certains de ceux de la région de Besneville.

1) Les microfossiles du niveau 69.S.56.

Ce niveau n'a livré que des Chitinozoaires ; il s'agit de formes identiques à celles déterminées comme *Angochitina* sp. 1 à Besneville ; on peut aussi en rapprocher l'horizon 72.S.1 où n'ont été observés que des Chitinozoaires : *Angochitina* sp. 1, *Ancyrochitina* et *Margachitina elegans* (Taug. et Jekh.) Eis.

2) Les microfossiles des niveaux 72.S.3, 72.S.5, 72.S.6, 72.S.7 et 72.S.8.

La présence d'*Angochitina* sp. 2, c'est-à-dire de Chitinozoaires du complexe "*longicolla*", est le point commun à tous ces niveaux. Outre ces formes à silhouette caractéristique, on peut relever parmi les Chitinozoaires quelques *Ancyrochitina*, des *Bursachitina*, des *Desmochitina acollare* Eis. et des *Linochitina cingulata* (Eis.).

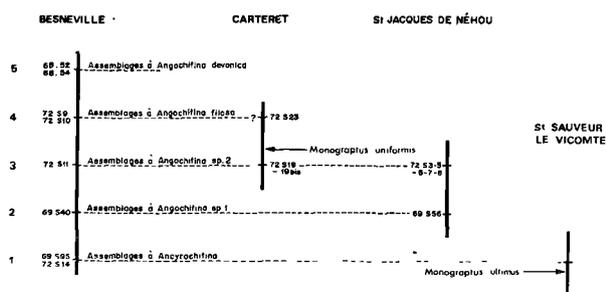


Fig. 3. — Essai de corrélations stratigraphiques entre les différents niveaux étudiés.

B) Comparaison avec les résultats obtenus à Saint-Germain-sur-Ay (20, 21).

C'est dans la coupe de Saint-Germain-sur-Ay, sur la côte occidentale du Cotentin (fig. 2 A), qu'au moyen des microfossiles ont été démontrées la première fois l'existence du Gédinnien dans la série compréhensive du Cotentin et par conséquent la continuité de cette série (20).

Cette coupe a une puissance d'environ 300 m mais certaines zones déprimées étant recouvertes de sables, trois parties seulement de la série ont pu être étudiées. Il est important de noter que les niveaux ampéliteux analysés ici n'ont pas été observés à Saint-Germain-sur-Ay ; ceci explique que la succession des cinq assemblages, notée à Besneville, n'a pas pu y être mise en évidence.

Si on compare les résultats obtenus à Saint-Germain-sur-Ay et ceux présentés ici, il ne fait aucun doute que la majorité des assemblages de la partie -b- et de la base de la partie -c- de Saint-Germain-sur-Ay (*in* Rauscher, 1973 [21]) correspondre aux assemblages de type 3 de Besneville. Si l'âge gédinnien envisagé (cf. ci-dessous) pour ces assemblages 3 s'avérait exact, ceci conduirait donc à attribuer le même âge à la partie -b- de la coupe de Saint-Germain-sur-Ay, ce qui était déjà présumé dans les conclusions de Rauscher (21). Cette éventuelle modification à l'étude de Saint-Germain-sur-Ay n'enlèverait d'ailleurs rien au résultat essentiel concernant cette série, à savoir, la présence du Gédinnien.

C) Discussion sur l'âge des différents assemblages étudiés.

Il ne faut pas perdre de vue que les niveaux analysés se situent à la limite du Silurien et du Dévonien et qu'ils ont des âges très voisins. L'assemblage 1 à *Ancyrochitina* (éch. 69.S.95 et 72.S.14), le plus ancien, est identique à celui qui a été observé, à Saint-Sauveur-le-Vicomte, dans un niveau légèrement supérieur à un horizon à *Monograptus ultimus* ; on doit d'ailleurs remarquer que les deux niveaux qui ont livré cet assemblage 1 contiennent, à Besneville et à Saint-Sauveur-le-Vicomte, la même faune de Bivalves à *Pterinopecten cybele* (3). *M. ultimus* caractérise la partie inférieure de la Formation de Pridoli ($e\beta 2$) de Bohême. L'assemblage 5 à *Angochitina devonica* (éch. 68.52 et 68.54), le plus récent, a été livré par des niveaux situés vers la base de la Formation des Grès à *Platyorthis monnieri* qui semble devoir être attribuée au Gédinnien (cf. plus haut). On se trouve donc en présence d'assemblages stratigraphiquement très proches les uns des autres.

Or si les recherches consacrées aux microfossiles des niveaux proches de la limite Silurien-Dévonien sont particulièrement nombreuses, très peu, en fait, proposent une biozonation très fine de ces horizons. Plusieurs d'entre elles, au contraire, démontrent l'extension importante dans le temps des microfossiles, ce qui ne permet que des distinctions stratigraphiques assez larges : Jardiné (15), par exemple, dans une synthèse sur la distribution des Acritarches du Silurien terminal au Dévonien supérieur, distingue une association du Silurien terminal (Ludlovien et Gédinnien *p. p.*), puis une association éodévotionienne (Lochkovien-Siegenien). Toutefois, les travaux relatifs au Grand Erg occidental et au bassin de Pognon, au Sahara (16, 17) présentent des tableaux de répartition précis auxquels on peut tenter de comparer les résultats obtenus ici. Il se pose certes le problème de la valeur de telles comparaisons, étant donné les distances qui séparent les régions étudiées. Il semble néanmoins, notamment d'après les travaux de Moreau-Benoit (18) et de Deunff, Lefort et Paris (9), que la distribution en provinces des microfossiles soit moins contrastée à partir du Silurien supérieur qu'au Silurien inférieur et moyen : de nombreuses formes sahariennes et espagnoles se retrou-

vent en effet dans le Ludlovien du Massif Armoricaïn.

Magloire (17) distingue, dans l'intervalle Llandovery moyen à Siegenien, au Sahara, quatre zones palynologiques, chacune nommée par une espèce de Chitinozoaires : les zones G (Llandoveryen moyen à Budnanien inférieur), H (Budnanien supérieur à Lochkovien inférieur), I (Lochkovien) et J (Siegenien). La zone I est elle-même divisée en dix sous-zones, chacune étant également définie par une forme de Chitinozoaire.

Jardiné et Yapaudjian (16), définissant une succession de zones aux termes différents, proposent des corrélations entre leur zonation et celle de Magloire : zone IV (Ludlovien) équivalente de la zone G, zone V_c (probablement Gédinnien) équivalente de la zone H, zone V_a (Gédinnien) équivalente en partie de la zone I, zone VI-VII (Gédinnien - Siegenien) peut-être équivalente des zones I *pro-parte* et J.

La comparaison des données relatives au Sahara et des observations effectuées en Normandie fait apparaître les faits suivants :

— L'assemblage 1 à *Ancyrochitina* du Budnanien supérieur est effectivement proche de celui de la zone H à *Margachitina elegans* (Taug. et Jekh.) Eis., de Magloire (17). En plus de cette espèce de Chitinozoaires, la zone H renferme des *Ancyrochitina*, des *Clathrochitina*, des *Bursachitina*, formes toutes observées dans l'assemblage 1 à Besneville.

En ce qui concerne les Acritarches décrits dans cet assemblage 1, plusieurs espèces, comme *Cymbosphaeridium pilaris* (Cram.) List. se retrouvent dans cette même zone H. Les mêmes rapprochements peuvent être faits avec l'association de la zone V de Jardiné et Yapaudjian (16) où ont été décrits *Visbysphaera* gr. *dilatispinosa* (Down.) List. (= *V. pirifera*) et *Leoniella carminae* Cram. On peut noter par ailleurs que ces microfossiles ont été observés dans des formations immergées des Minquiers (Manche) par Deunff, Lefort et Paris (9), mais l'absence de tout contexte stratigraphique n'apporte rien de plus quant à l'âge de l'assemblage 1.

— Pour les autres assemblages étudiés, il est difficile d'établir des correspondances avec les résultats acquis au Sahara. Dans la zone I (Lochkovien, donc Gédinnien), Magloire (17) distingue plusieurs sous-zones dont cer-

taines renferment des Chitinozoaires du genre *Angochitina*. On reconnaît un *Angochitina* voisin de A. sp. 1 dans la sous-zone I_c (Pl. VII, fig. 45) et des formes à long col rappelant *Angochitina* sp. 2 dans la sous-zone I_b (Pl. VI, fig. 17) ou dans la sous-zone I₂ (Pl. III, fig. 16). Les Chitinozoaires pourraient donc suggérer un âge lochkovien pour les assemblages 2, 3 et 4 de Normandie.

— L'utilisation stratigraphique des Acritarches, est, pour ces niveaux, très aléatoire, la totalité des formes observées ayant une extension allant du Silurien terminal au Dévonien inférieur. Leur diversité, surtout dans les assemblages 3, est identique à celle notée dans d'autres formations siluro-dévonniennes comme celle de San Pedro en Espagne (7), par exemple, laquelle correspondrait au Ludlow et au Gédinnien basal.

— Ce sont essentiellement les spores qui représentent ici le meilleur outil. Si, dans les assemblages 1 et 2, ce sont des spores peu variées et banales du Siluro-Dévonien (*Archaeozonotriteles*, *Ambitisporites*), en revanche, à partir de l'assemblage 3 et surtout dans celui-ci, leur diversité est remarquable. Certes, des travaux récents ont souligné cette diversité dès le Ludlow (24, 25), mais il convient de relever parmi les spores de l'assemblage 3 la présence de formes qui ne sont connues qu'à partir du Dévonien inférieur : les *Dictyotriteles* à grandes mailles décrites par Richardson (23) dans le Dittonien, ne sont signalées dans le tableau de répartition proposé par Jardiné et Yapaudjian (16) qu'à partir de la zone VI (Gédinnien-Siegenien) ; il en est de même pour les formes zonales, voisines des *Hymenozonotriteles*, nommées "zonate-pseudosaccate spores", par Richardson (23) dans le Dittonien et *Zonotriteles* sp. par Jardiné et Yapaudjian (16) ; elles sont signalées par Magloire (17) dans la sous-zone I₁ (Pl. III, fig. 25-26). D'après les spores qu'il contient, l'assemblage 3 pourrait donc bien être gédinnien, ce qui serait conforme à la présence à Carteret d'un niveau à *M. uniformis* immédiatement au-dessus de lui.

CONCLUSION

La reconnaissance des cinq assemblages de microfossiles étudiés ici montre que, dans le Cotentin, entre la partie inférieure du Pridoli et le Gédinnien, se succèdent des microfaunes

(Acritarches, Chitinozoaires, spores) différentes les unes des autres. Dans l'ensemble des couches de passage du Silurien au Dévonien, entre les repères stratigraphiques précis fournis par les Graptolites (*M. ultimus*, *M. uniformis*), les Bivalves et les Crinoïdes ne permettraient pas de fixer avec précision la limite entre les deux systèmes. L'étude des Acritarches, des Chitino-

zoaires et des spores, si elle ne fournit pas non plus de solution définitive sur ce point, confirme cependant les données antérieures et permet d'envisager que la base du Lochkovien (généralement considérée comme l'équivalent de la base du Gédinnien) puisse se situer à un niveau légèrement inférieur à celui qui, à Carteret, a livré *M. uniformis*.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BABIN C., CAVET P., LARDEUX H., MORZADEC P., PARIS F., PONCET J. et RACHEBŒUF P. (1972). — Le Dévonien du Massif Armoricain. *Bull. Soc. géol. France*, (7), 14, p. 94-109.
- 2) BABIN C. et ROBARDET M. (1973). — Quelques Paléotaxodontes (Mollusques Bivalves) de l'Ordovicien supérieur de Saint-Nicolas-de-Pierrepont (Normandie). Colloque Ordovicien-Silurien (Brest, Septembre 1971). *Bull. Soc. géol. minér. Bretagne*, (C), 4, 1, p. 25-38, 3 pl.
- 3) BABIN C. et ROBARDET M. (1974). — Mollusques Bivalves du Silurien supérieur et de l'extrême base du Dévonien en Normandie. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCIV, p. 19-45, 6 pl.
- 4) BIGOT A. (1904). — Réunion extraordinaire de la S.G.F. en Basse-Normandie à Caen, Flers, Cherbourg en Septembre 1904. *Bull. Soc. géol. France*, (4), 7, p. 867-908.
- 5) BIGOT A. (1951). — Les relations du Dévonien et du Gotlandien à l'Est du Massif armoricain. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (9), 7, p. 22.
- 6) CARLS P. (1971). — Stratigraphische Übereinstimmungen im höchsten Silur und tieferen Unter-Devon zwischen Keltiberien (Spanien) und Bretagne (Frankreich) und das Alter des Grès de Gdumont (Belgien). *N. Jb Geol. Paläont. Mh.*, Jg. 1971, 4, p. 195-212.
- 7) CRAMER F.H. (1964). — Microplancton from three Palaeozoic formations in the province of Leon, NW-Spain. *Leidse Geol. Meded.*, vol. 30, p. 235-361, 24 pl.
- 8) CRAMER F.H. (1966). — Chitinozoans of a composite section of Upper Llandoveryan to basal Lower Gedinian sediments in northern Leon, Spain. A preliminary report. *Bull. Soc. belge Géol.*, t. 75, fasc. 1, p. 69-129, 5 pl.
- 9) DEUNFF J., LEFORT J.P. et PARIS F. (1971). — Le microplancton ludlovien des formations immergées des Minquiers (Manche) et sa place dans la distribution du paléoplancton silurien. *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*, sér. C, t. 3, fasc. 1, p. 9-28, 4 pl.
- 10) GRAINDOR M.J. (1961). — Mouvement orogénique anté-dévonien en Normandie. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, (10), 2, p. 188-194.
- 11) GRAINDOR M.J., ROBARDET M. et ROBLLOT M.M. (1967). — 3^e édition feuille géologique Saint-Lô au 1/80 000. *Serv. Carte géol. France*.
- 12) GRAINDOR M.J., ROBARDET M. et TAUGOURDEAU P. (1965). — Chitinozoaires du Siluro-Dévonien dans le Nord du Massif Armoricain. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXV, p. 337-343, 1 pl.
- 13) JAEGER H., DORE F. et PHILIPPOT A. (1967). — Présence de Budnien en Normandie dans le synclinal d'Urville (Calvados). Courte description et discussion des Graptolites de cet étage provenant du sondage du Quesnay (Calvados). Colloque Dévonien (Rennes 1964). *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, 33, p. 35-37.
- 14) JAEGER H. et ROBARDET M. (1973). — Découverte de *Monograptus uniformis* Pribyl, Graptolite gédinnien, dans les "schistes et quartzites siluro-dévonien" du Cotentin (Normandie, France). *C.R. Ac. Sc., Paris*, t. 277, D, p. 2129-2132.
- 15) JARDINE S. (1972). — Microplancton (Acritarches) et limites stratigraphiques du Silurien terminal au Dévonien supérieur. *C.R. VII^e Congrès intern. Stratigr. Géol. Carbonifère*, vol. 1, p. 313-323.
- 16) JARDINE S. et YAPAUDJIAN L. (1968). — Lithostratigraphie et palynologie du Dévonien-Gotlandien gréseux du Bassin de Polignac (Sahara). *Rev. Inst. fr. Pétrole*, vol. XXIII, n° 4, p. 439-469, 6 pl.
- 17) MAGLOIRE L. (1968). — Etude stratigraphique, par la Palynologie, des dépôts argilo-gréseux du Silurien et du Dévonien inférieur dans la Région du Grand Erg Occidental (Sahara Algérien). *Alberta Soc. Petrol. Geol. Intern. Symposium Devon. System*, Calgary, p. 473-491, 9 pl.
- 18) MOREAU-BENOIT A. (1971). — Recherches de palynologie et de planctologie sur le Dévonien et quelques formations siluriennes dans le Sud-Est du Massif armoricain. *Thèse Fac. Sci., Paris*, 388 p., 27 pl.
- 19) PONCET J. et DOUBINGER J. (1966). — Sur les rapports du Silurien et du Dévonien près de la plage de Saint-Germain-sur-Ay (Cotentin occidental). *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 3, p. 137-138.
- 20) PONCET J. et RAUSCHER R. (1971). — Données stratigraphiques nouvelles sur la série compréhensive (d¹-s⁴) du Cotentin. *C.R. Ac. Sc., Paris*, t. 273, sér. D, p. 1787-1790.
- 21) RAUSCHER R. (1973). — Recherches micropaléontologiques et stratigraphiques dans l'Ordovicien et le Silurien en France. Etude des Acritarches, des Chitinozoaires et des spores. *Thèse Univ. L. Pasteur, Strasbourg*, 373 p., 12 pl. et *Mém. Sci. Géol.*, n° 38, 224 p., 12 pl.

- 22) RAUSCHER R. et DOUBINGER J. (1967). — Associations de Chitinozoaires de Normandie et comparaisons avec les faunes déjà décrites. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, t. 20, fasc. 4, p. 307-328, 5 pl.
- 23) RICHARDSON J.B. (1967). — Some British Lower Devonian spore assemblages and their stratigraphic significance. *Rev. Paleobotan. Palynol.*, vol 1, fasc. 1-4, p. 111-129, 4 pl.
- 24) RICHARDSON J.B. et IOANNIDES N. (1973). — Silurian palynomorphs from the Tanzeuft and Acacus Formations, Tripolitania, North Africa. *Micropaleontology*, vol. 19, n° 3, p. 257-307, 13 pl.
- 25) RICHARDSON J.B. et LISTER T.R. (1969). — Upper Silurian and Lower Devonian spore assemblages from the Welsh Borderland and South Wales. *Palaeontology*, vol. 12, fasc. 2, p. 201-252, Pl. 37-43.
- 26) ROBARDET M. (1964). — Sur les couches comprises entre le Wenlock et le Siegenien dans le Cotentin. *Bull. Soc. géol. France*, (7), 6, p. 87-90.
- 27) ROBARDET M. (1966). — Sur la limite siluro-dévonienne dans le Cotentin. *Bull. Soc. géol. France*, (7), 8, p. 98-101.
- 28) ROBARDET M. (1970). — Nouvelles données sur la série silurienne dans le Cotentin. *C.R. somm. Soc. géol. France*, p. 198.
- 29) ROBARDET M. (1973). — Evolution géodynamique du Nord-Est du Massif armoricain au Paléozoïque. *Thèse Paris VI*; enregist. C.N.R.S. n° A.O. 8533. 589 p. ronéo., 108 fig., 4 pl. h.-t., 9 pl. photo.
- 30) ROBARDET M. et STEINBERG M. (1972). — Etude de la fraction argileuse de roches sédimentaires du Paléozoïque normand : contribution à la connaissance de la série "siluro-dévonienne". *Bull. Soc. géol. France*, (7), 14, p. 212-217.
- 31) ROBARDET M. et TAUGOURDEAU P. (1971). — Aperçu sur les Chitinozoaires de l'Ordovicien et du Silurien du Cotentin (Normandie - France). Colloque Ordovicien-Silurien (Brest, Septembre 1971). *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, 73, p. 345-354.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche IX

- Fig. 1-7, 12 : Microfossiles de l'assemblage 1 à *Ancyrochitina*.
- Fig. 8-11, 13-17 : microfossiles des assemblages 2 à *Anaochitina* sp. 1.
- Fig. 18-24 : microfossiles des assemblages 3 à *Angochitina* sp. 2.
- Grossissements :
= 200 (1-3, 6, 8-11, 17-24) ; = 500 (7, 12-15) ;
= 1000 (4-5, 16).

- Fig. 1. — *Ancyrochitina fragilis brevis* Taug. et Jekh. L. 5807₂ Besneville 72.S.14.
- Fig. 2. — *Eisenackitina* sp. L. 5808₁ Besneville 69.S.95.
- Fig. 3. — *Clathrochitina rosendae* (Cram.) Jenk. L. 5807₁ Besneville 72.S.14.
- Fig. 4. — *Cymbosphaeridium pilaris* (Cram.) List. L. 5808₁ Besneville 69.S.95.
- Fig. 5. — *Archaeozonotriletes chulus* (Cram.) Rich. et List. L. 5807₃ Besneville 72.S.14.
- Fig. 6. — *Margachitina elegans* (Taug. et Jekh.) Eis. L. 5808₁ Besneville 69.S.95.
- Fig. 7. — *Leoniella carminae* Cram. L. 5808₁ Besneville 69.S.95.
- Fig. 8. — *Angochitina* sp. 1. L. 5809₂ Besneville 69.S.40.
- Fig. 9. — *Angochitina* sp. 1. L. 5809₁ Besneville 69.S.40.
- Fig. 10. — *Angochitina* sp. 1. L. 5809₁ Besneville 69.S.40.
- Fig. 11. — *Angochitina* sp. 1. L. 5842₁ Carteret 69.S.56.
- Fig. 12. — *Archaeozonotriletes chulus* (Cram.) Rich. et List. L. 5808₂ Besneville 69.S.95.
- Fig. 13. — *Archaeozonotriletes chulus* (Cram.) Rich. et List. L. 5809₁ Besneville 69.S.40.

- Fig. 14. — *Onondagella deunffi* Cram. L. 5809₁ Besneville 69.S.40.
- Fig. 15. — *Goniosphaeridium* sp. L. 5809₁ Besneville 69.S.40.
- Fig. 16. — *Ammonidium microcladum* (Down.) List. L. 5809₁ Besneville 69.S.40.
- Fig. 17. — *Linochitina erratica* (Eis.) L. 5809₂ Besneville 69.S.40.
- Fig. 18. — *Angochitina* sp. 2. L. 5832₁ St-Jacques-de-Néhou 72.S.8 bis.
- Fig. 19. — *Angochitina* sp. 2. L. 5832₁ St-Jacques-de-Néhou 72.S.8 bis.
- Fig. 20. — *Angochitina* sp. 2. L. 5812₂ Besneville 72.S.11.
- Fig. 21. — *Angochitina* sp. 2. L. 5812₂ Besneville 72.S.11.
- Fig. 22. — *Angochitina* sp. 2. L. 5812₂ Besneville 72.S.11.
- Fig. 23. — *Angochitina* sp. 2. L. 5838₁ St-Jacques-de-Néhou 72.S.3.
- Fig. 24. — *Angochitina* sp. 2. L. 5812₂ Besneville 72.S.11.

Planche X

Microfossiles des assemblages 3 à *Angochitina* sp. 2.

Grossissements :

= 250 (9, 18, 23) ; = 500 (3, 6-8, 10-12, 14, 17, 19) ;
= 1000 (1-2, 4-5, 13, 15-16, 20-22).

- Fig. 1. — *Cymbosphaeridium carinosum* (Cram.) L. 5838₁ Saint-Jacques-de-Néhou 72.S.3.
- Fig. 2. — *Baltisphaeridium gordonense* Cram. L. 5824₁ Carteret 72.S.19 bis.
- Fig. 3. — *Diexallophasis granulatispinosa* (Down.) Lœbl. Jr. L. 5832₂ Saint-Jacques-de-Néhou 72.S.8 bis.
- Fig. 4. — *Cymbosphaeridium carinosum* (Cram.) - opercule - L. 5824₁ Carteret 72.S.19 bis.

- Fig. 5. — *Baltisphaeridium gordonense* Cram. L. 5824, Carteret 72.S.19 bis.
- Fig. 6. — *Diexallophasis granulatispinosa* (Down.) Lœbl. Jr. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 7. — *Diexallophasis granulatispinosa* (Down.) Lœbl. Jr. L. 5824, Carteret 72.S.19 bis.
- Fig. 8. — *Goniosphaeridium* sp. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 9. — *Leiofusa striatifera* Cram. L. 5832, St-Jacques-de-Néhou 72.S.8 bis.
- Fig. 10. — *Cymatiosphaera* sp. L. 5824, Carteret 72.S.19 bis.
- Fig. 11. — *Multiplicisphaeridium robertinum* (Cram.) List. L. 5824, Carteret 72.S.19 bis.
- Fig. 12. — *Triangulina alargada* Cram. L. 5824, Carteret 72.S.19 bis.
- Fig. 13. — *Polyedryxium* (?) *tetrahedroide* Cram. L. 5824 Carteret 72.S.19 bis.
- Fig. 14. — *Leoniella carminae* Cram. L. 5824, Carteret 72.S.19 bis.
- Fig. 15. — *Cymatiosphaera* sp. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 16. — *Pterospermopsis onondagaensis* Dff. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 17. — *Quadrisporites variabilis* (Cram.) L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 18. — *Deflandrastrum millepedi* Comb. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 19. — *Geron gracilis* Cram. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 20. — *Pterospermopsis hermosita* Cram. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 21. — *Pterospermopsis onondagaensis* Dff. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 22. — *Quadrisporites granulatus* (Cram.) L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 23. — *Deflandrastrum millepedi* Comb. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 4. — *Synorisporites tripapillatus* Rich. et List. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 5. — *Apiculiretusispora* sp. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 6. — *Retusotriletes rotundus* (Stree) L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 7. — *Ambitisporites* sp. B Rich. et Ioann. L. 5824, Carteret 72.S.19 bis.
- Fig. 8. — Spore indéterminée L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 9. — *Streelispora* sp. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 10. — cf. *Hymenozonotriletes* L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 11. — cf. *Hymenozonotriletes* L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 12. — cf. *Hymenozonotriletes* L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 13. — *Dictyotriletes* sp. L. 5812, St-Jacques-de-Néhou 72.S.7.
- Fig. 14. — *Dictyotriletes* sp. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 15. — *Angochitina filosa* Eis. L. 5813, Besneville 72.S.10.
- Fig. 16. — *Angochitina filosa* Eis. L. 5813, Besneville 72.S.10.
- Fig. 17. — *Angochitina filosa* Eis. L. 5814, Besneville 72.S.9.
- Fig. 18. — *Angochitina filosa* Eis. L. 5814, Besneville 72.S.9.
- Fig. 19. — *Ancyrochitina* sp. L. 5814, Besneville 72.S.9.
- Fig. 20. — *Angochitina filosa* Eis. L. 5813, Besneville 72.S.10.
- Fig. 21. — *Pterochitina perivelata* Eis. L. 5830, Carteret 72.S.23 bis.
- Fig. 22. — *Pterochitina perivelata* Eis. L. 5813, Besneville 72.S.10.
- Fig. 23. — *Emphanisporites* cf. *rotatus* McGregor L. 5814, Besneville 72.S.9.
- Fig. 24. — Spore lisse à papilles interrégionales L. 5814, Besneville 72.S.9.
- Fig. 25. — cf. *Hymenozonotriletes* L. 5814, Besneville 72.S.9.
- Fig. 26. — *Retusotriletes* cf. *rotundus* (Stree) L. 5814, Besneville 72.S.9.
- Fig. 27. — *Diexallophasis granulatispinosa* (Down.) Lœbl. Jr. L. 5813, Besneville 72.S.10.
- Fig. 28. — *Ancyrochitina ancyrea* (Eis.) L. 5818, Besneville 68.54.
- Fig. 29. — *Ancyrochitina ancyrea* (Eis.) L. 5818, Besneville 68.54.
- Fig. 30. — *Clathrochitina* L. 5818 Besneville 68.54.
- Fig. 31. — *Angochitina devonica* Eis. L. 5818 Besneville 68.54.
- Fig. 32. — *Margachitina margaritina* (Eis.) L. 5818 Besneville 68.54.

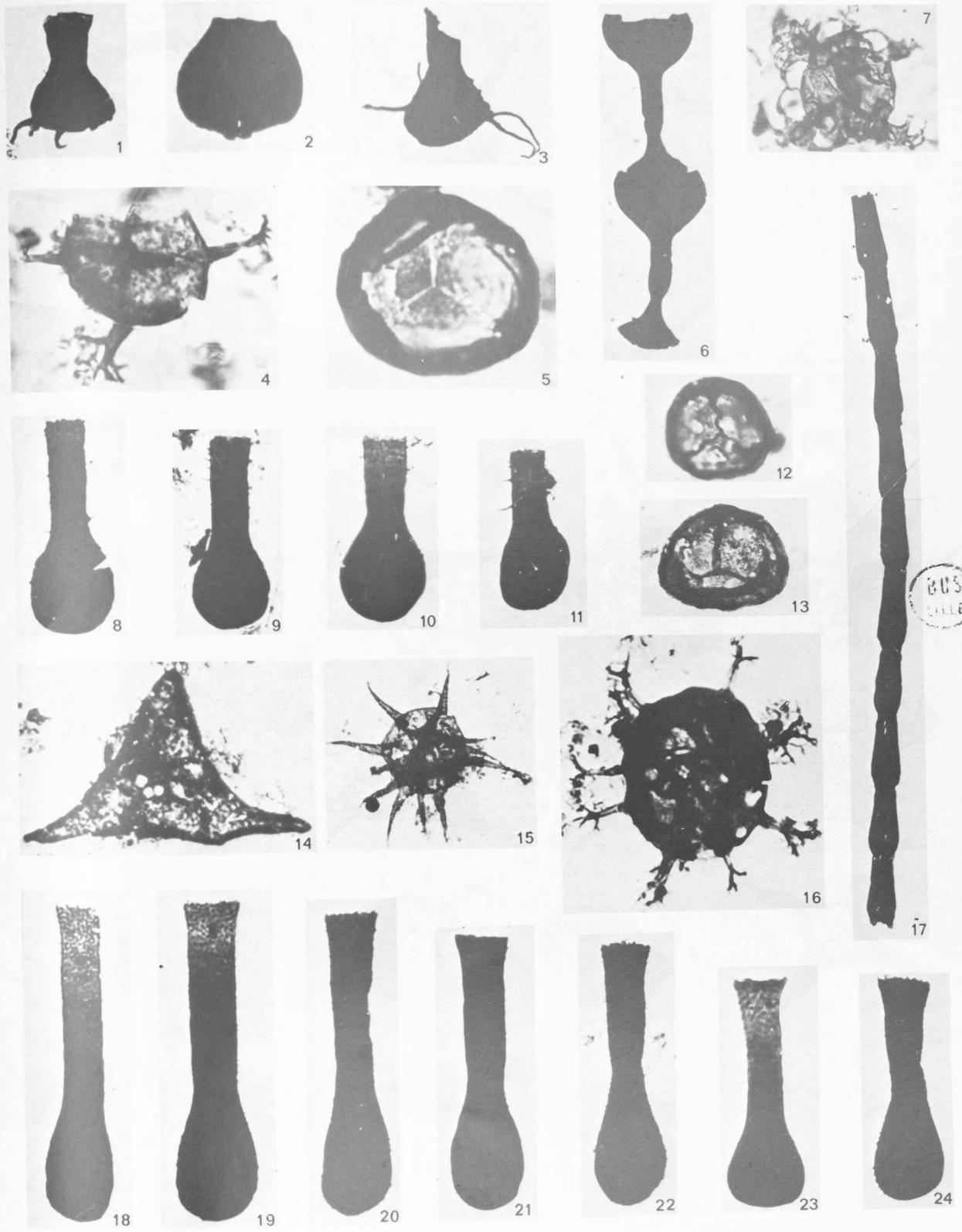
Planche XI

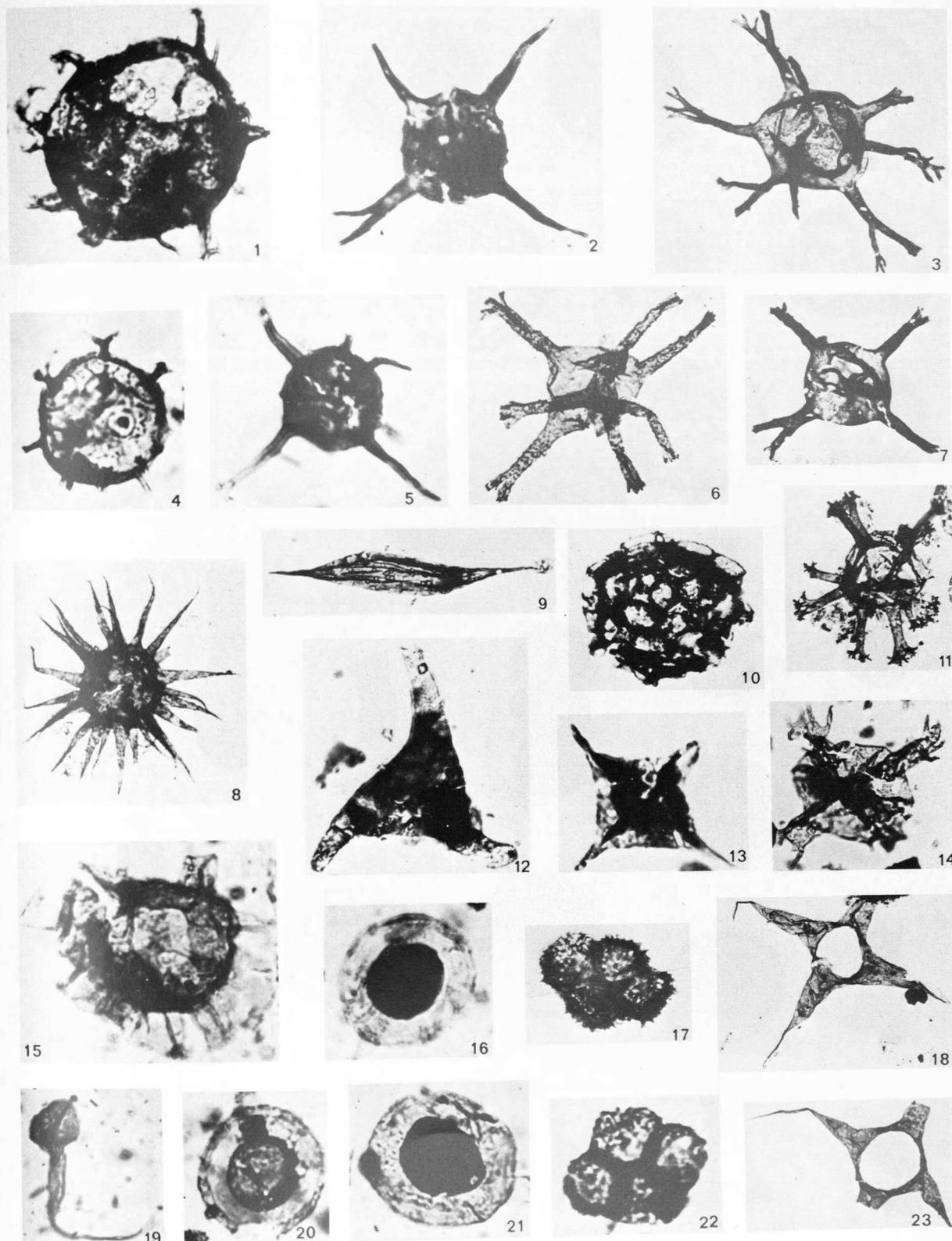
- Fig. 1-14 : microfossiles des assemblages 3 à *Angochitina* sp. 2.
- Fig. 15-27 : microfossiles des assemblages 4 à *Angochitina filosa*.
- Fig. 28-32 : Chitinozoaires des assemblages 5 à *Angochitina devonica*.

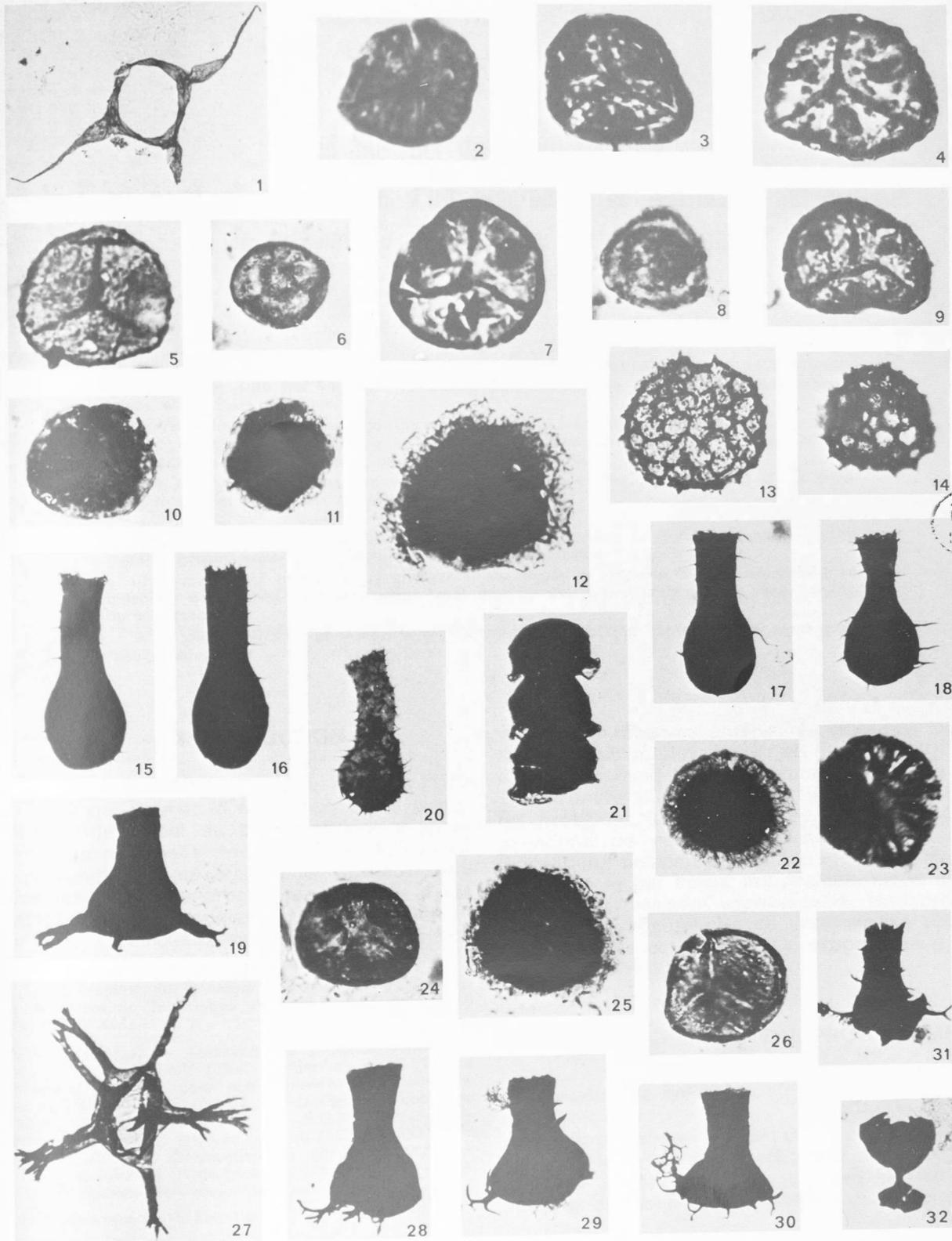
Grossissements :

= 200 (15-22, 28-32) ; = 250 (1) ; = 500 (6, 10-14, 24-27) ;
= 1000 (2-5, 7-9, 23).

- Fig. 1. — *Deflandrastrum millepedi* Comb. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 2. — *Emphanisporites* cf. *neglectus* Vigr. L. 5812, Besneville 72.S.11.
- Fig. 3. — *Synorisporites* sp. L. 5812, Besneville 72.S.11.







Calcul mensuel du bilan hydrique. Mise au point et présentation d'un programme de restitution automatique de la piézométrie d'une nappe d'eau souterraine

par J. MANIA (*)

Sommaire. — Un programme automatique de calcul sur ordinateur restitue d'après l'hypothèse de Turc les variations piézométriques mensuelles des nappes d'eau souterraines et le bilan hydrique.

La recherche des valeurs de transmissivité et du coefficient d'emménagement est rendue possible par le calage de la piézométrie calculée sur la piézométrie réelle et par l'utilisation de deux hypothèses de tarissement de nappe.

Une restitution graphique des variations piézométriques par l'intermédiaire d'une table traçante permet l'obtention de résultats synthétiques.

Summary. — An automatic computer method in according to Turc's assumption plots monthly ground water level fluctuations and hydric balance.

The research of transmissivity and storativity values is possible by the adjustment of calculate water level with real water level and by using two underground water drying up hypothesis.

A graphical plotting of water level fluctuations by tracing table permits synthetical results obtainment.

I. — INTRODUCTION

Un programme écrit dans le langage FORTRAN IV qui permet la restitution de la piézométrie et le calcul du bilan hydrique d'après la formule mensuelle de Turc (Turc, 1961), est ici présenté. Il a été établi pour plusieurs latitudes terrestres. Le programme est issu d'une synthèse d'un programme TURC fonctionnant par années complètes sans liaison directe des

valeurs de réserves antérieures (Bonnet, Dela-
rozière-Bouillin, Jusserand et Roux, 1970) et
d'un programme BILHY suivant l'hypothèse de
Thorntwaite (Cauchetier et Ramon, 1972) qui
ne présente ni les bilans hydriques, ni les
variations de réserve. La reconstitution des
fluctuations piézométriques à partir des valeurs
hydriques et par calcul est possible selon deux
lois de décroissance exponentielle. Une procé-
dure de traçage permet de restituer les piézo-
métries réelle et calculée. Ce programme a été
nommé "TURBI".

(*) Laboratoire de Géologie appliquée de l'Université
des Sciences et Techniques de Lille I, B.P. 36, 59650
Villeneuve d'Ascq.

Remerciements. — J'exprime ma profonde reconnais-
sance à Madame REMY (Chef de Service du C.I.T.I. de
l'Université de Lille) pour son accueil et ses conseils,
ainsi qu'à MM. BONTE (Professeur de Géologie appliquée
à Lille), SOULIEZ (Directeur du S.G.R. B.R.G.M. de
Lezennes), CREMILLE (Hydraulicien au S.G.R. B.R.G.M. de
Lezennes), RICOUR (Hydrogéologue au S.G.R. B.R.G.M.
de Metz) et RAMON (Hydrogéologue à l'Agence de Bassin
de Metz), qui ont bien voulu relire mon manuscrit.

Note déposée le 15 Juin 1975.

II. — DESCRIPTION DU PROGRAMME

1) Domaine de validité.

Le programme TURBI incorpore pour les
diverses latitudes les coefficients mensuels de
la durée astronomique du jour (en heures par
mois) et de l'énergie de radiation qui atteindrait

le sol si l'atmosphère n'existait pas (en petites calories par cm² de surface horizontale et par jour).

2) Caractéristique du calcul de l'évapotranspiration mensuelle.

La formule mensuelle de Turc qui permet le calcul de l'évapotranspiration mensuelle s'établit de la manière suivante :

$$ETP = COEF \cdot \frac{T(l)}{T(l) + 15} [E(l) + 50] \cdot COREC$$

avec :

- ETP : évapotranspiration potentielle mensuelle (en mm).
- COEF : coefficient équivalant à 0,37 pour le mois de février et à 0,40 pour les autres mois de l'année.
- T(l) : température mensuelle moyenne (en °C).
- E : radiation globale moyenne d'origine solaire (en petites calories par cm² de surface horizontale et par jour) pendant le mois considéré. La valeur de E est tirée de l'expression suivante :

$$E = EGA \left(0,18 + 0,62 \frac{MH}{DMJ} \right)$$

avec :

- EGA : énergie de la radiation qui atteindrait le sol si l'atmosphère n'existait pas (en petites calories par cm² de surface horizontale et par jour). Les valeurs mensuelles de EGA sont intégrées dans le programme grâce à l'ordre "DATA" (Dreyfus, 1969).
- MH : durée d'insolation mesurée pendant le mois considéré (en heures par mois).
- DMJ : durée astronomique du jour pendant le mois considéré (en heures par mois) qui est lié à la latitude. Les valeurs mensuelles de DMJ aux diverses latitudes sont incluses dans le programme.

- Latitude nord

Degrés :	0	5	10	15	20	25	30	35	40	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

- Latitude sud

Degrés :	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

Tableau I. — Correspondance entre le numéro d'ordre X et les listes des constantes DMJ et EGA.

N.B. — Une correspondance entre un numéro d'ordre d'appel et les listes des constantes EGA et DMJ est donnée en tableau I. Les valeurs de X allant de 1 à 19 sont celles de l'hémisphère nord alors que celles comprises entre 20 et 29 sont relatives à l'hémisphère sud. Il est possible de garder les constantes DMJ et EGA d'une seule position en latitude afin d'alléger le programme. Un stockage en mémoire des constantes est également réalisable.

COREC : facteur de correction mensuelle qui tient compte de l'humidité relative de l'air HR (en %).

$$COREC = 1 + \frac{50 - HR}{70}$$

Ce facteur n'intervient que pour HR < 50 %.

3) Calcul de la piézométrie.

Deux possibilités de calcul de la piézométrie sont offertes et peuvent être choisies indépendamment en fixant au départ la valeur du coefficient SOL :

— La première possibilité (SOL = 0) utilise un coefficient de tarissement avec l'hypothèse d'un tarissement exponentiel de la nappe (Degallier, 1969) qui répond à l'équation

$$H = H_0 \cdot e^{-At}$$

avec :

- H : charge sur le niveau de base à l'instant t.
- H₀ : charge sur le niveau de base à l'instant initial t = 0.
- A : coefficient de tarissement de la nappe qui peut être calculé d'après

$$A = \frac{\pi^2 T}{4Y^2 S}$$

avec :

- T : transmissivité de l'aquifère (L²T⁻¹).
- S : coefficient d'emmagasinement de l'aquifère (M°TL°).
- Y : longueur de la ligne de courant entre le sommet de la nappe et son exutoire (L).

On schématise les fluctuations piézométriques de la nappe par des apports instantanés (montées) et des décroissances exponentielles du niveau de la nappe en fonction du temps. On supposera en outre que l'aquifère est homogène et isotrope, ce qui suppose des valeurs de perméabilité identiques quel que soit le niveau de l'aquifère intéressé par le battement piézométrique. Le pas de temps choisi étant toujours constant et égal à un mois, on prendra $t = 1$.

La loi de récurrence suivante (Cauchetier et Ramon, 1972) sera utilisée :

$$H(N + 1) = \text{EXC}(N + 1) + [H(N) - \text{HB}] \cdot E^{-A} + \text{HB}$$

Le niveau piézométrique H est mesuré à partir du niveau de base HB (niveau de drainage). Le calcul utilise les valeurs d'excédent [EXC(I)] calculées précédemment.

Il suffit de fixer les valeurs de transmissivité du coefficient d'emménagement, de la longueur de la nappe pour calculer A. Le niveau de base HB (en mm) est nécessaire. Des modifications éventuelles peuvent être apportées par quelques essais de manière à corrélérer la courbe piézométrique réelle (en m) et la courbe piézométrique calculée (en mm) en tenant compte d'un coefficient de proportionnalité.

— La deuxième possibilité (SOL = 1) fait appel à un développement en série décrivant l'évolution des pressions h de la nappe (Degalier, 1970) :

$$H(\alpha, t) = \frac{C_1 \cdot Y^2 \cdot S}{T} \sum_{N=0}^{\infty} \frac{\text{SIN}(2N + 1)}{(2N + 1)^3} \left[1 - e^{-\frac{(2N + 1)^2 \cdot \pi^2 T t}{4Y^2 S}} \right]$$

avec :

$C_1 = dH_0/dt$ représentant un taux d'alimentation constante de la nappe (LT^{-1}).

H : pression par rapport au plan d'eau libre ou hauteur équivalente d'eau douce (L).

H_0 : hauteur d'une recharge instantanée (L) sur l'ensemble de la nappe à l'instant $t = 0$.

Y : longueur de la nappe sur une ligne de courant entre l'exutoire et la limite aval (L).

XZ : distance à la limite aval (L) ou exutoire de la nappe.

t : temps compté à partir de la recharge de la nappe (T).

T : transmissivité de l'ensemble de l'aquifère (L^2T^{-1}).

S : coefficient d'emménagement de l'ensemble de l'aquifère ($M^0T^0L^0$).

N : terme du développement en série allant de 0 à la borne supérieure N MAXI.

Remarque : Les calculs effectués dans les deux cas concernent un aquifère homogène isotrope et un écoulement unidimensionnel parallèle.

4) Introduction des données.

Les données climatologiques nécessaires au calcul de l'évapotranspiration mensuelle peuvent commencer à une date quelconque et avoir une durée variable. Les données sont celles de la pluviométrie, de la température, de l'humidité relative, de la période d'ensoleillement, du débit et de la piézométrie réelle. Les valeurs sont groupées en blocs de cartes ce qui permet d'utiliser plusieurs fois les mêmes données pour des calculs différents où ne varient, par exemple, que les chiffres de pluviosité et de température.

Le nombre de mois consécutifs sur lesquels sont effectués les calculs a été fixé ici à 600 ; cependant, en fonction de la puissance de l'ordinateur (*), on peut augmenter ce chiffre.

III. — UTILISATION DU PROGRAMME

L'ordinogramme schématique de calcul est présenté à la fig. 1. Il fait appel à deux sous-programmes :

— LECTU, qui met en tableau le nombre de données indiqué à partir de la date exprimée sur la première carte d'entrée des données,

— JACK, qui assure le passage du numéro décimal des tableaux aux séries annuelles de 12 mois et permet de changer d'année à chaque mois de Janvier.

Le programme principal exécute après lecture les calculs de bilan et ordonne l'impression des résultats. Un listing du programme TURBI est représenté en Annexe 1.

(*) L'ordinateur CII 10070 utilisé ici est celui du Centre Interuniversitaire de Traitement de l'Information de l'Université des Sciences et Techniques de Lille.

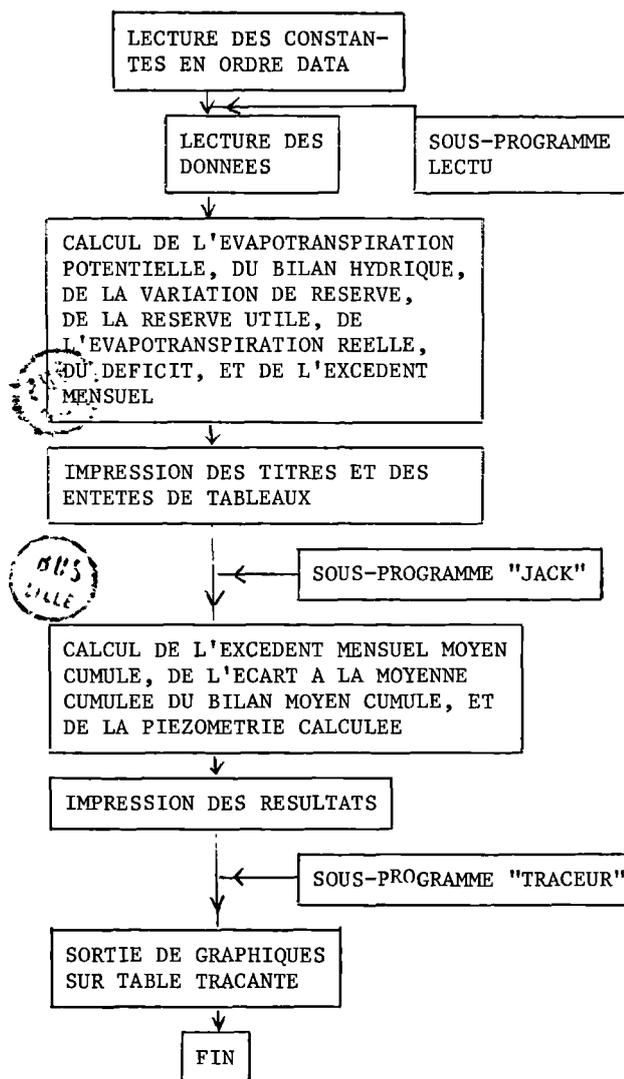


Fig. 1. — Ordinoigramme schématique du programme TURBI.

1) Entrée des données.

a) Remarques générales.

Toutes les données sont des valeurs entières sauf les valeurs de la réserve facilement utilisable qui sont des valeurs réelles. Les températures mensuelles moyennes sont exprimées en dixièmes de degré et les précipitations mensuelles en millimètres.

b) Cartes à introduire au lecteur.

Les données doivent être portées de la façon suivante sur les cartes :

Ligne 1 :

- Colonnes 3 à 4 : valeur de X qui représente le numéro d'ordre des listes DMJ et EGA pour une latitude donnée, en format I2,
- 7 à 12 : ALTI (altitudes en dm) en format I6,
- 15 à 20 : NB (niveau de base en dm, cas de SOL = 1), en format I6,
- 23 à 30 : Y (longueur de la nappe en mètres) en format F8.2,
- 33 à 40 : XZ (distance à la limite aval) en format F8.2,
- 43 à 50 : TR (transmissivité en m²/sec.) en format E8.2,
- 53 à 60 : S (coefficient d'emmagasinement) en format E8.2,
- 63 à 68 : HB (niveau de base en mm, cas de SOL = 0) en format I6,
- Colonne 80 : SOL (solution 0 ou 1) en format I1.

Ligne 2 :

- Colonnes 8 à 9 : NØ (numéro du mois de départ des calculs) en format I2,
- 11 à 14 : ANNEE (millésime considéré) en format I4,
- 25 à 27 : NMAX (nombre maximum de mois calculés) en format I3,
- 42 à 44 : NDEB (numéro du mois de départ des diverses données) en format I3.

ANNEXE 1

I	: Indice de classement séquentiel des diverses valeurs et résultats,	COEF	: Constante,
X	: Numéro d'ordre des listes des constantes DMJ et EGA pour une latitude donnée,	DIF (I)	: Bilan hydrique (en mm),
K	: Indice de classement des douze constantes de DMJ et EGA,	ETR (I)	: Evapotranspiration réelle (en mm),
NØ	: Numéro du mois à partir duquel le calcul débutera,	RU (I)	: Réserve utile (en mm),
N	: Compteur permettant le retour à 1 de l'indice K,	VAR (I)	: Variation de réserve (en mm),
DMJ (X, K)	: Liste des douze constantes de la durée astronomique du jour pendant le mois considéré,	EXC (I)	: Excédent (en mm),
EGA (X, K)	: Liste des douze constantes de l'énergie des radiations solaires pour le mois considéré,	DEF (I)	: Déficit (en mm),
MH (I)	: Durée d'ensoleillement du mois (en heures),	RFUMA	: Réserve maximale facilement utilisable (en mm),
HR (I)	: Humidité relative (en %) du mois,	RFUINI	: Réserve initiale facilement utilisable (en mm),
P (I)	: Pluviométrie mensuelle (en mm),	N MAX	: Nombre maximum de calculs qui seront effectués,
T (I)	: Température moyenne mensuelle (en dixièmes de degré Celsius),	BB (I)	: Excédent cumulé (en mm),
COREC	: Paramètre de correction d'après l'humidité relative,	BBM	: Excédent cumulé mensuel moyen (en mm),
		BBA (I)	: Ecart à la moyenne cumulée du bilan moyen cumulé,
		H (I)	: Valeur piézométrique calculée au bout de 1 mois (en mm),
		A	: Coefficient de tarissement,
		NB	: Niveau de base en mètres (SOL = 1),
		HB	: Niveau de base (en mm) (SOL = 0),
		ALTI	: Altitude exprimée en décimètres.

Ligne 3 :

Colonnes 8 à 11 : RFUMA (valeur exprimée en mm) en format F4.0,
20 à 23 : RFUINI (valeur exprimée en mm) en format F4.0.

Ligne 4 :

Colonnes 1 à 80 : nom de la station thermométrique.

Ligne 5 :

Paquet de cartes ayant chacune douze valeurs de température exprimées en dixièmes de degré Celsius.

Ligne 6 :

Colonnes 1 à 80 : nom de la station pluviométrique.

Ligne 7 :

Paquet de cartes ayant chacune douze valeurs de pluviométrie (exprimée en millimètres).

Ligne 8 :

Paquet de cartes ayant chacune douze valeurs d'humidité relative (en pourcentage).

Ligne 9 :

Paquet de cartes ayant chacune douze valeurs de durée mensuelle d'ensoleillement (en heures).

Ligne 10 :

Paquet de cartes ayant chacune douze valeurs de débit (exprimé en mm de lame d'eau).

Ligne 11 :

Paquet de cartes ayant chacune douze valeurs de profondeur de nappe (en décimètres).

Un exemple de bordereau est présenté à l'Annexe 2 pour les stations de Frévent (températures), de Saint-Pol (pluviométrie) et la station de surveillance piézométrique de la nappe de la craie à Valhuon. Les valeurs des différents tableaux utilisés sont exprimées en format "quatre". Les valeurs sont séparées par un espace blanc et n'excèdent pas le nombre de

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)
	STATION THERMOMETRIQUE: FREVENT											
(1)	42	34	30	88	109	147	165	164	140	108	46	1
	-48	-21	60	88	107	151	163	152	140	101	84	-4
	-5	40	40	86	139	152	171	170	150	91	76	30
	STATION PLUVIOMETRIQUE: SAINT-POL											
(2)	67	43	59	45	60	13	69	71	63	73	115	62
	9	9	64	52	75	88	50	106	60	67	141	17
	29	35	72	53	35	113	41	43	52	136	113	125
(3)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
(4)	61	79	131	170	151	265	161	204	143	125	27	59
	61	76	120	150	188	173	228	129	114	81	56	30
	29	62	72	155	213	220	250	194	214	118	46	45
(5)	5	5	5	5	10	10	10	10	10	5	5	5
	5	5	5	5	10	10	10	10	10	5	5	5
	5	5	5	5	10	10	10	10	10	5	5	5
(6)	312	305	303	305	310	315	320	322	323	324	322	322
	321	321	323	323	323	325	326	326	327	323	324	322
	320	321	319	318	319	319	320	322	325	325	321	314

ANNEXE 2. — Bordereau exemple de l'entrée des données des années 1962, 1963 et 1964.

Les groupes de lignes numérotés de 1 à 6 représentent dans l'ordre les valeurs de température (en dixièmes de degré Celsius), de pluviométrie (en mm), d'humidité relative (en %), de la durée d'insolation (en heures), des débits (en mm), et des profondeurs réelles de la nappe (en décimètres).

Les colonnes A, B, C,... L représentent les mois de janvier à décembre.

N.B. - Les chiffres ou lettres entre parenthèses ont été rajoutés pour la meilleure compréhension du bordereau.

douze par ligne. Le signe négatif sera porté le cas échéant pour les températures.

2) Sortie des données.

Le programme établi permet la sortie sur imprimante des textes, valeurs et données suivantes dans l'ordre (Annexe 3) :

BILAN DE TURC DEPUIS LE MOIS DE JANVIER DE L'ANNEE 1962 PENDANT 132 MOIS CONSECUTIFS
STATION THERMOMETRIQUE DE FREVENT
STATION PLUVIOMETRIQUE DE SAINT-POL
RFU INTIAL = 100.
RFU MAXIMUM= 100.

TRANSMISSIVITE .50E-02 M2/SEC**COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT .10E-03 **
LONGUEUR DE LA NAPPE 2200.00 METRES**DISTANCE A LA LIMITE AVAL 200.00 METRES

NUMERO	ANNEE	MOIS	PLUVIO. MM	TEMP. DEGX10	ETPC MM	REL.HYD MM	VAR.RELV. MM	RES.UTI MM	ETR MM	DEF. MM	EXC. MM	EXC.CUM MM	ECART MOY MM	DEBIT MM	PIEZEQ MM	PROFR MM
1	1962	JANVIER	67	42	10.	57.	0.	100.	10.	0.	57.	56.7	31.3	5.	71.7	308.0
2	1962	FEVRIER	43	34	12.	31.	0.	100.	12.	0.	31.	87.9	37.0	5.	92.9	315.0
3	1962	MARS	59	30	18.	41.	0.	100.	18.	0.	41.	128.9	52.5	5.	122.1	317.0
4	1962	AVRIL	45	88	56.	-11.	-11.	89.	56.	0.	0.	128.9	27.0	5.	107.7	315.0
5	1962	MAI	60	109	66.	-6.	-6.	83.	66.	0.	0.	128.9	1.6	10.	89.5	310.0

ANNEXE 3. — Sortie sur imprimante d'une partie des résultats issus du programme TURBI (d'après listing).

- date de début du calcul et nombre de mois concernés par le calcul,
- nom de la station thermométrique,
- nom de la station pluviométrique,
- rappel de la réserve facilement utilisable (RFU) de départ puis sa valeur maximale,
- le numéro d'ordre du calcul, l'année, le mois, la pluviométrie (en mm), la température (en dixièmes de degré Celsius), l'évapotranspiration potentielle calculée (ETP en mm), le bilan hydrique (en mm), la variation de réserve (en mm), la réserve utile (en mm), l'évapotranspiration réelle (ETR en mm), le déficit (en mm), l'excédent (en mm), l'excédent cumulé (en mm), l'écart du bilan cumulé à la moyenne cumulée (en mm), la piézométrie calculée (m), la piézométrie réelle (m),
- valeur de l'excédent mensuel moyen (en mm) pour la période considérée.

La sortie des données peut être réalisée sous forme de graphiques à l'aide d'un programme de traçage mis au point par le Centre Inter-universitaire de Traitement de l'Information de Lille. L'adaptation des procédures a été effectuée aux seules sorties des piézométries réelles et calculées (fig. 2 et 3).

IV. — CONCLUSIONS

Le programme TURBI permet le calcul de l'infiltration efficace d'après l'hypothèse de Turc et nous donne les résultats intermédiaires indispensables à la bonne compréhension d'un bilan hydrique. La reconstitution piézométrique par calcul à partir d'une décroissance exponentielle ou par utilisation d'un développement en série est intégrée au programme et peut être confrontée aux variations piézométriques réelles en choisissant des valeurs de transmissivité et de coefficient d'emmagasinement adéquates. D'autre part, il est possible de reconstituer des cycles piézométriques absents en calant convenablement l'historique des données disponibles.

Une procédure de traçage automatique permet d'obtenir les graphiques d'évolution des piézométries calculées et réelles.

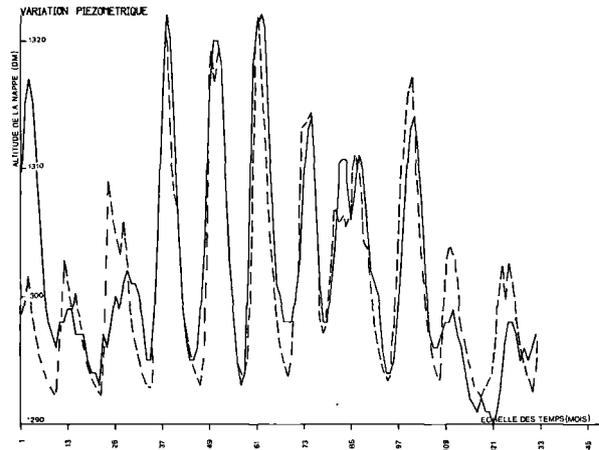


Fig. 2. — Sortie sur table traçante des variations piézométriques réelles (trait continu) et calculée (traits discontinus) d'après l'hypothèse de décroissance exponentielle.

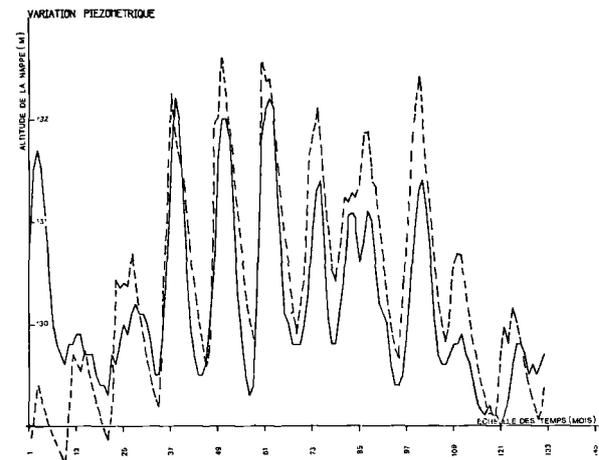


Fig. 3. — Sortie sur table traçante des variations piézométriques réelles (trait continu) et calculée (traits discontinus) d'après l'hypothèse du développement en série.

*
**

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- 1) BONNET M., DELAROZIERE-BOUILLIN O., JUSSERAND Cl. et ROUX P. (1970). — Calcul automatique des "bilans d'eau" mensuels et annuels par les méthodes de Thorntwaite et de Turc. *Rapport B.R.G.M.*, 70 SGN 107 HYD, 18 p., 4 fig.
- 2) CAUCHETIER B. et RAMON S. (1972). — Relation entre les fluctuations de la nappe et le bilan de Thorntwaite dans la région de Dunkerque (Nord). *Rapport B.R.G.M.* 72 SGN 320 NPA, 6 p., 2 ann.
- 3) CAUCHETIER B. et RAMON S. (1972). — Calcul de la formule de Thorntwaite et de l'écart annulé à la moyenne. *Rapport B.R.G.M.*, 72 SGN 347 NPA, 13 p., 5 fig.
- 4) DEGALLIER R. (1969). — Interprétation des variations naturelles du niveau des nappes souterraines. *Rapport B.R.G.M.* 69 SGL 131 HYD.
- 5) DEGALLIER R. (1970). — Tables de fonctions utiles en hydrogéologie. L.H.M.R./70/3 - Ecole des Mines de Paris, 60 p., 50 tabl.
- 6) DREYFUS M. (1969). — Fortran IV. Editions *Dunod*, 184 p.
- 7) TURC L. (1961). — Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. *Ann. Agron.*, 1961, 12 (I), p. 13-49.

————— « » —————

Étude d'une zone de chevauchement : la Faille d'Hydrequent (Bas-Boulonnais, France)

par Jean-Pierre COLBEAUX (*)

(Planches XII et XIII)

Sommaire. — Quelques éléments caractéristiques du chevauchement d'Hydrequent sont présentés. Les joints et les plis étudiés impliquent que les structures observées ont une origine tectonique et sont liées au chevauchement. Une cinématique locale de la déformation est proposée.

Summary. — Some typical features of the Hydrequent thrust are presented. The studied joints and folds are implicating that those structures have a tectonic origin and are linked to the thrust. A local kinematic is proposed for the deformation.

Introduction

Les massifs paléozoïques qui affleurent au cœur de la boutonnière morphologique du Boulonnais sont formés d'unités tectoniques hercyniennes superposées. Le charriage du Condroz ou faille du Midi n'est connu dans cette région que par forages sous la couverture secondaire. La partie chevauchée ou autochtone relatif est découpée en unités tectoniques. Sous la faille du Midi, on aurait (fig. 1a) : le massif d'Hydrequent superposé à celui du Haut-Banc, lui-même chevauchant vers le Nord des séries assimilables au massif de Ferques.

(*) U.E.R. Sciences de la Terre, Université des Sciences et Techniques de Lille, 59650 Villeneuve d'Ascq (France) et L.A. C.N.R.S. n° 234.

Note déposée le 15 Juin 1975.

niennes superposées. Le charriage du Condroz ou faille du Midi n'est connu dans cette région que par forages sous la couverture secondaire. La partie chevauchée ou autochtone relatif est découpée en unités tectoniques. Sous la faille du Midi, on aurait (fig. 1a) : le massif d'Hydrequent superposé à celui du Haut-Banc, lui-même chevauchant vers le Nord des séries assimilables au massif de Ferques.

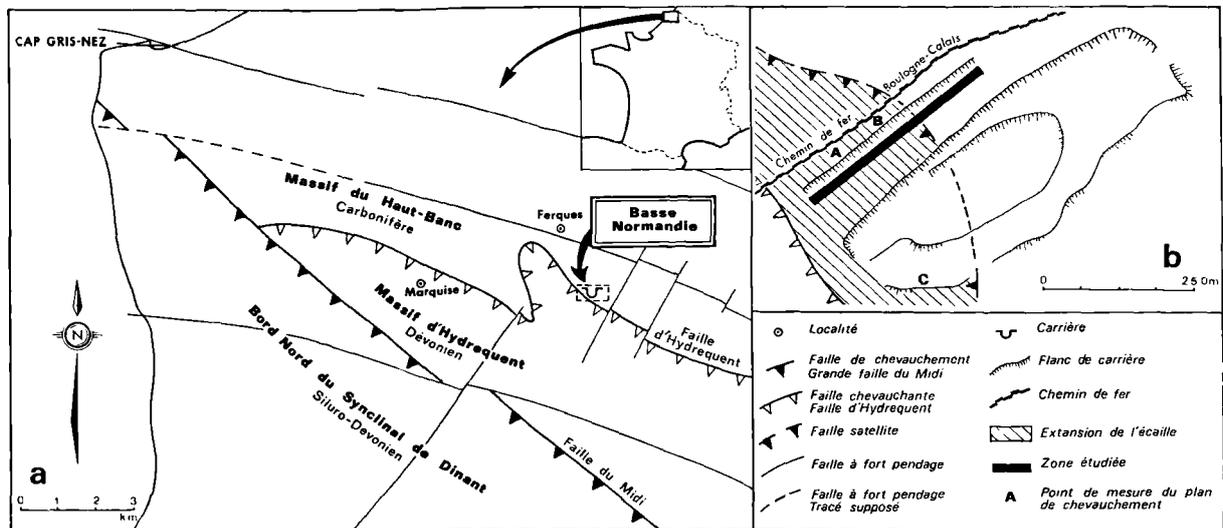


Fig. 1. — 1a : Ecorché infra-mésozoïque du Boulonnais (d'après Bouroz, 1956 modifié). 1b : La carrière de Basse-Normandie : localisation des observations.

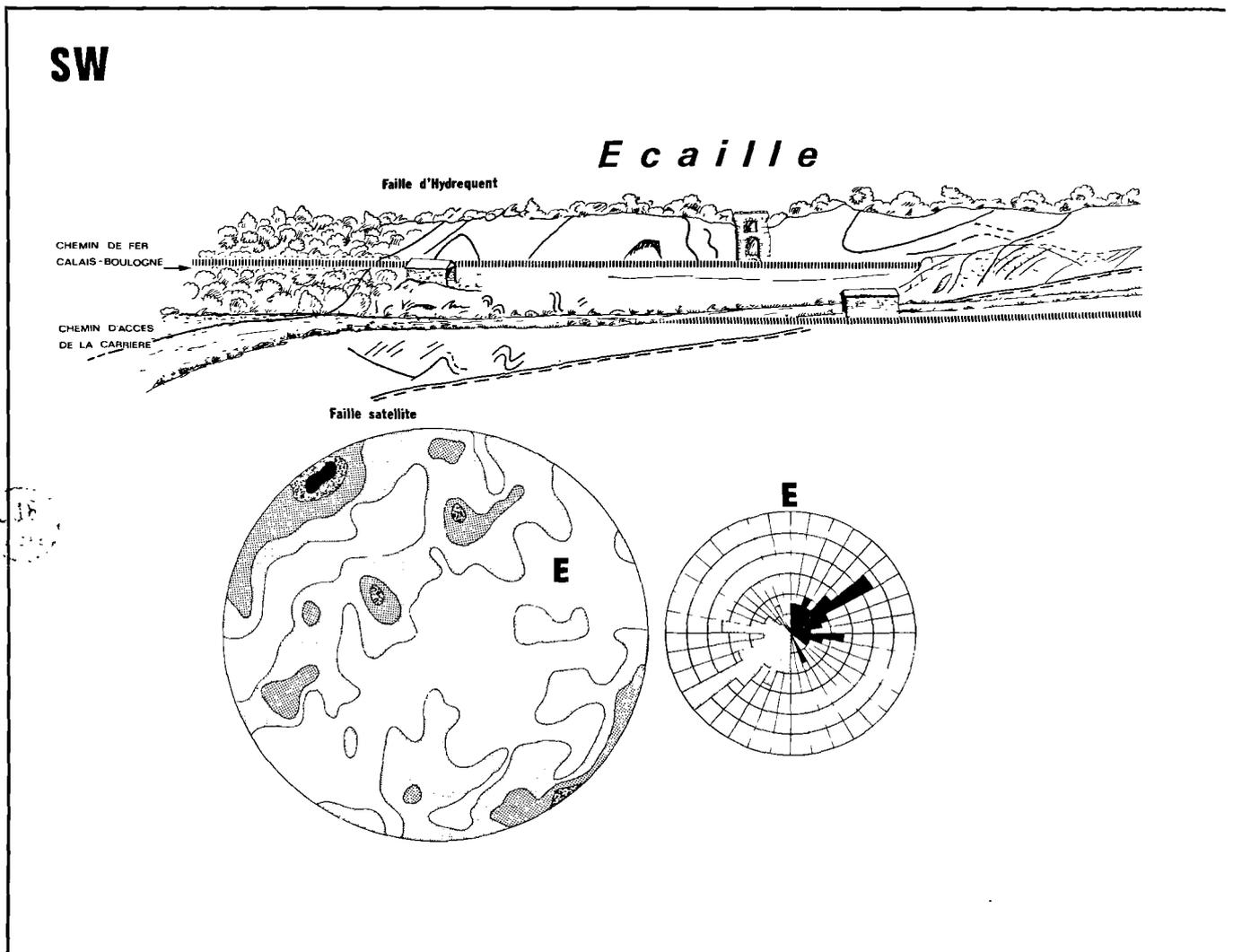


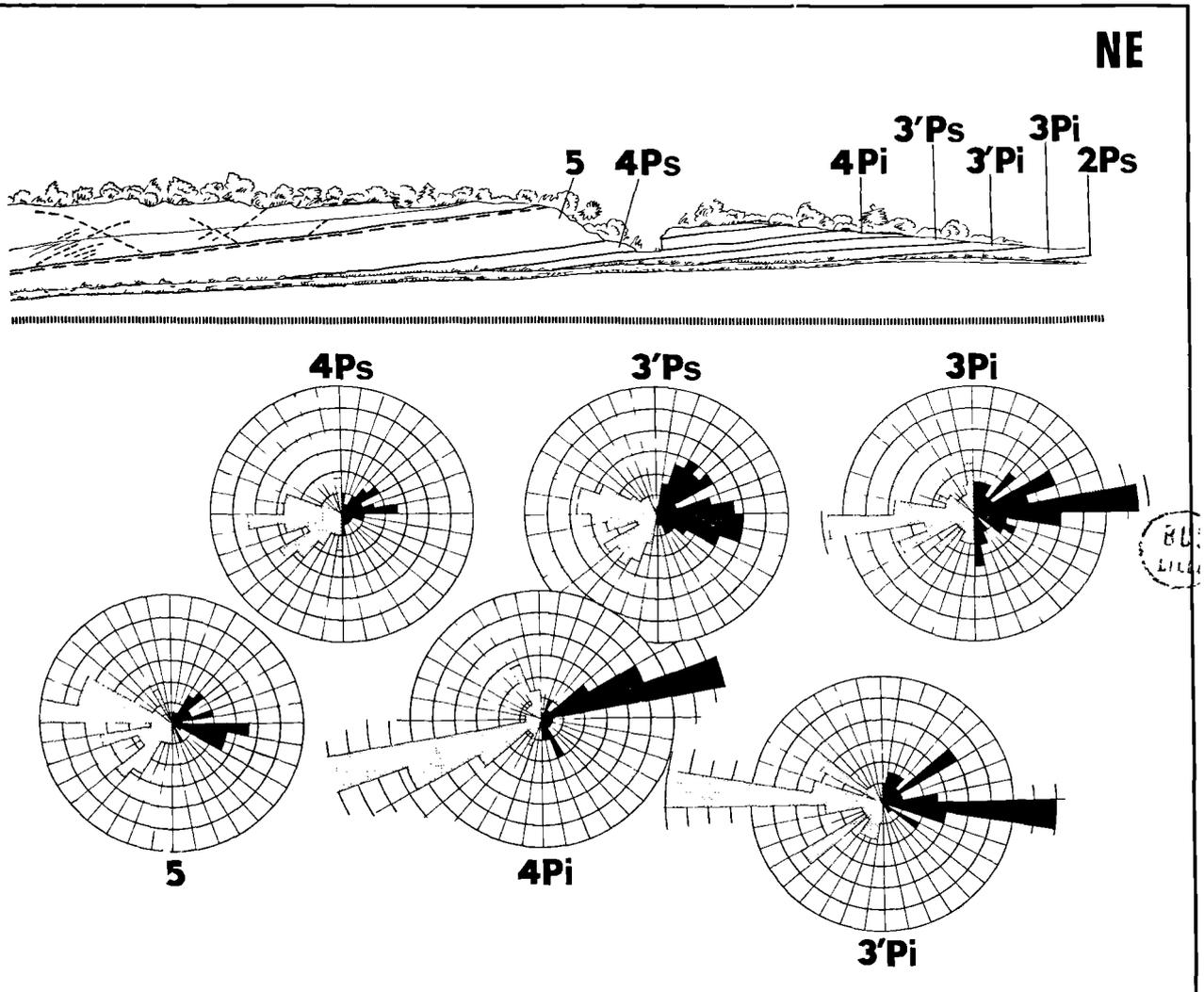
Fig. 2. — Panorama NW de la carrière de Basse-Normandie.
 Stéréogramme : du blanc au noir, 0, 1-2, 3-4, 5-6, 7-8 %. Rosettes : 1 secteur

Reconnue en sondage et en de rares points à l'affleurement, la faille chevauchante d'Hydrequant sépare le massif dévonien d'Hydrequant du massif carbonifère du Haut-Banc (fig. 1a). Elle est accompagnée de failles satellites délimitant ce que nous démontrerons être des écaïlles de poussée. L'une de ces écaïlles, visible le long de la voie ferrée Calais-Boulogne, peut être aisément observée au niveau de la carrière de Basse-Normandie (fig. 1b); dans la partie SW de la carrière, l'écaïlle est située immédiatement sous la faille d'Hydrequant et

au-dessus d'un niveau repère, le banc à *Lithostrotion martini* Milne-Edwards & Haime. L'écaïlle elle-même est composée d'horizons calcaires appartenant au sommet de la biozone à *Productus cora* d'Orb.

I. — Observations structurales

Le plan de base de l'écaïlle est bien individualisé et visible en plusieurs points de la carrière (fig. 1b A, B, C) de Basse-Normandie.



+ 5, 4 Ps, 4 Pi, 3 'Ps, 3 'Pi, 3 Pi : séquences sédimentaires du V_2b ; E : écaille.

de $10^\circ = 1$ classe de joints ; 1 division sur un rayon = moitié gauche 3%, moitié droite 2 joints.

Sa géométrie (*) a été caractérisée soit par des mesures directes (fig. 1a A : $148^\circ/SW 10^\circ-12^\circ$; fig. 1b B : $153^\circ/S 8^\circ$), soit par son intersection avec trois flancs non parallèles de la carrière (fig. 1b C : $132^\circ/S 14^\circ$).

(*) Remarque : on notera les directions de 0° à 180° dans le sens des aiguilles d'une montre. Le sens des pendages est repéré par rapport aux points cardinaux. Les éléments géométriques (plans, linéations) seront définis par Direction/Sens et valeur du pendage.

Des plis d'échelle métrique sont localisés dans la partie supérieure de l'écaille et au contact de la faille d'hydroquent (fig. 2 et Pl. XII). Leur interprétation est soumise à controverse (Bonte, 1969) : ces déformations ont-elles, en effet, une origine mécanique (réaction à la poussée de la lame chevauchante) ou une origine intra-sédimentaire (glissements sous-marins) ? Il s'agit de plis isopaques (Pl. 1, 2) dont les directions de charnières à pendage faible (inférieur à 30°) vers le NW ou le SE

sont comprises entre 117 et 133°. Les plans axiaux sont sensiblement parallèles et inclinés de 65° à 75° vers le SW.

Les joints ont été systématiquement relevés. La fig. 2 donne pour chaque séquence sédimentaire du V₂b (telle qu'elle a été définie dans cette carrière par Hoyez en 1971), la répartition en rosettes des joints à pendage supérieur à 70°.

1) Dans l'écaille (E), plus de 44 % des joints ont un pendage inférieur à 70° (dont 21 % inférieur à 50°) : un stéréogramme (projections sur l'hémisphère inférieur) a donc été figuré en regard de la rosette (fig. 2). Cinq familles de joints peuvent être distinguées (fig. 3).

Familles de joints	Direction / Pendage
1	10°-20° / 90°
2	28°-35° / SE 24°-32°
3	48°-60° / SE 80°-86°
4	88°-96° / S 74°-85°
5	97°-104° / S 46°-54°

Fig. 3. — Les principales familles de joints distinguées dans l'écaille située sous la faille d'Hydrequent.

2) La base de l'écaille, au NE de la carrière de Basse-Normandie, est constituée par un "banc" non plissé, découpé de joints striés et ondulés à caractère chevauchant très net d'après leurs stries dirigées selon le pendage (fig. 2 ; Pl. XII, fig. 3 à 5). Ces joints ont une direction comprise entre 92° et 120° et un pendage sud variable avec un maximum de 60°. Des mesures de l'épaisseur de cette semelle, effectuées tous les deux mètres et sur une distance de 60 m le long du chemin d'accès à la carrière (fig. 2) montrent qu'en allant du SW vers le NE, en s'éloignant donc de la faille chevauchante d'Hydrequent, l'épaisseur diminue pour devenir constante et égale à 1,10 m (fig. 4). La densité des joints ondulés à caractère chevauchant est d'autant plus forte que le "banc" est épais ; comme ce sont les seules déformations visibles à l'affleurement, nous pensons qu'ils ont contribué par une série de micro-

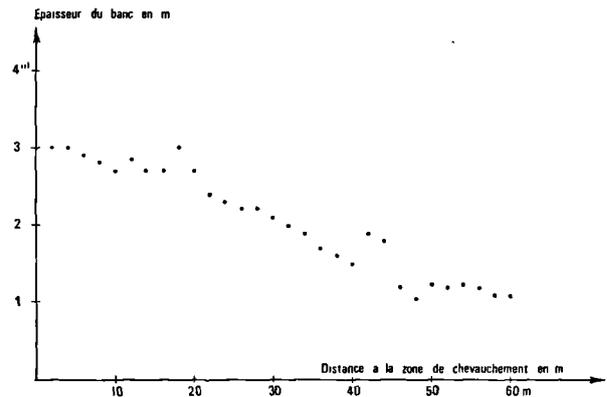


Fig. 4. — Variation de l'épaisseur du banc étudié en fonction de l'éloignement à la zone de chevauchement.

chevauchements (Pl. XII, fig. 4 et 5) au raccourcissement d'au moins 50 % de la base de l'écaille.

3) Sous l'écaille (fig. 2) seuls 5 % des joints ont un pendage inférieur à 70° (dont 1 % inférieur à 50°). Suivant les séquences sédimentaires (+ 5, 4 Ps, 4 Pi, 3 'Ps, 3 'Pi et 3 pi), les joints ont des orientations variables. Mais pour l'ensemble des séquences, les familles de joints de direction 80°-100° sont bien individualisées.

II. — Etude de détail d'un pli

L'un des plis d'échelle métrique cités précédemment a été prélevé (fig. 2 ; Pl. XII et XIII) et découpé perpendiculairement à son axe en trois tranches de 5 cm d'épaisseur, afin de constater la répétition des déformations observées.

Il s'agit d'un pli concentrique ou isopaque à flanc sud chevauchant le flanc nord (*) (fig. 5 ; Pl. XII et XIII). Sur le flanc sud, les stries de friction interbanc sont inclinées de 65° vers le SE sur l'horizontale, elles sont donc obliques par rapport à la charnière ; des recristallisations de calcite montrent un mouvement cisailant interbanc de type dextre.

Différents éléments ont été observés : une zone de déformation continue en cœur du pli,

(*) Charnière : 121°/NW 25° ; flanc sud : 140°/SW 37° ; flanc nord : 120°/N 75°.

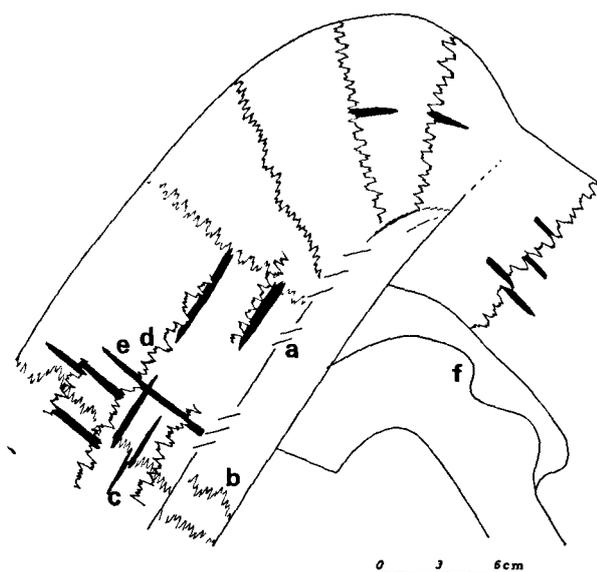


Fig. 5. — Schéma interprétatif du pli isopaque étudié.
a : zone de cisaillement ; b et c : joints stylolitiques H et fentes de traction associées ; d et e : joints stylolitiques V et fentes de traction associées ; f : zone de déformation continue.

des zones de cisaillement, des joints emplis de calcite, des joints stylolitiques à pics pointus.

— *Conventions préliminaires* : Nous entendons par stylolites, la colonne stylolitique et par joint stylolitique, le plan moyen enveloppe des bases de stylolites. Un joint stylolitique H (horizontal) est un joint plan à pics parallèles à la stratification. Un joint stylolitique V (vertical) est un joint plan à pics perpendiculaires à la stratification (Arthaud et Mattauer, 1972 ; Choukroune, 1969 ; Plessmann, 1972).

— *Description* (fig. 5 ; Pl. XIII) : Sur les coupes sériées, on observe des zones de cisaillement parallèles à la stratification et marquées par des joints de Riedel (Pl. XIII, fig. 12) (Tchalenko, 1970) ou des vides emplis de calcite à structure fibreuse (les fibres sont parallèles à la direction de cisaillement, Pl. XIII, fig. 10). On note également des joints stylolitiques H (parallèles à l'enveloppe du pli) et V. Des fentes de traction emplies de calcite leur sont associées ; elles sont parallèles aux pics stylolitiques et sont comprises entre deux joints successifs (Pl. XIII, fig. 6 à 9).

Les joints stylolitiques situés dans les flancs du pli sont de nature H et V. Au niveau de

la charnière, seuls les joints stylolitiques H sont présents et leurs plans convergent vers le cœur du pli ; leurs pics restent donc parallèles à la stratification, il en est de même pour les fentes de traction associées.

— *Relations entre les différents éléments définis ci-dessus* :

a) Dans les flancs du pli, les joints stylolitiques H situés de part et d'autre des zones de cisaillement ne se correspondent pas (Pl. XIII, fig. 10). On est donc amené à considérer que les plans de cisaillement et les joints stylolitiques H sont génétiquement associés.

b) Dans les flancs du pli, les joints H s'effacent alors que les joints V sont clairement individualisés (Pl. XIII, fig. 7 et 8). De plus, les pics des joints V entament les fentes de traction associées aux joints H (Pl. XIII, fig. 11 et 13). Il apparaît donc que la déformation génératrice des joints V efface les joints H. Les joints V seraient donc postérieurs aux joints H.

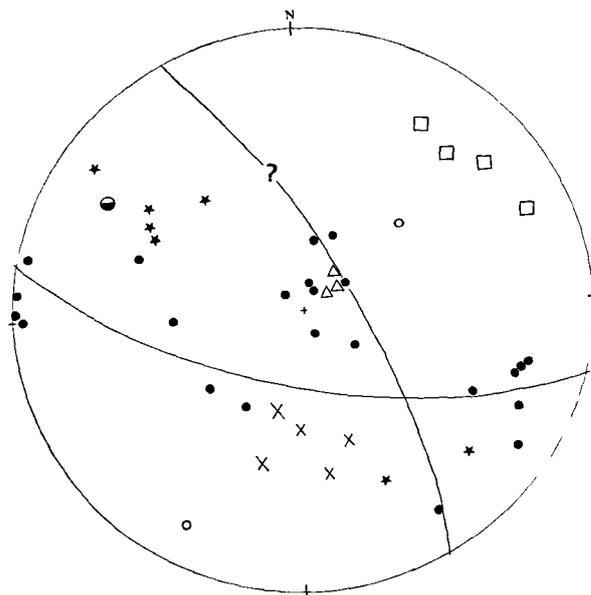


Fig. 6. — Stéréogramme relatif aux joints et plis.
●, joints striés, méthode de Cruden ; ★, charnière des plis ; ⊙, charnière du pli étudié ; □, pôles des plans axiaux ; Δ, pôle du plan de l'écaïlle ; ×, perpendiculaires à l'intersection des joints striés et du plan de base de l'écaïlle.

c) Dans la charnière du pli, les distinctions sont plus difficiles. Néanmoins, les joints H épousent la déformation de la tête du pli : leurs plans sont en éventail et convergent vers le cœur du pli, les fentes de traction qui leur sont associées sont ondulées et recoupées par d'autres fentes de traction non déformées, isolées ou associées à de rares joints V.

— la méthode de Cruden (1971) appliquée statistiquement aux stries de glissement sur les joints conduit à une direction de déplacement $14^\circ/N 22^\circ$ à côté d'une autre moins nette $62^\circ/SW 14^\circ$ (fig. 6) ;

— les charnières de plis (117 à 133°) sont normales à la direction de raccourcissement maximum qui a donc une orientation (27 à 43°).

III. — Conclusions (*)

Diverses méthodes ont permis d'apprécier la direction de raccourcissement maximum dans cette zone :

(*) Je remercie vivement Messieurs H.A.K, Charlesworth (Université d'Alberta, Canada) et J. Paquet (Université des Sciences et Techniques de Lille) qui ont accepté de relire et de corriger le manuscrit.

Les figures ont été effectuées par M. Prouvot et les photographies par J. Carpentier. Je les remercie tous deux.

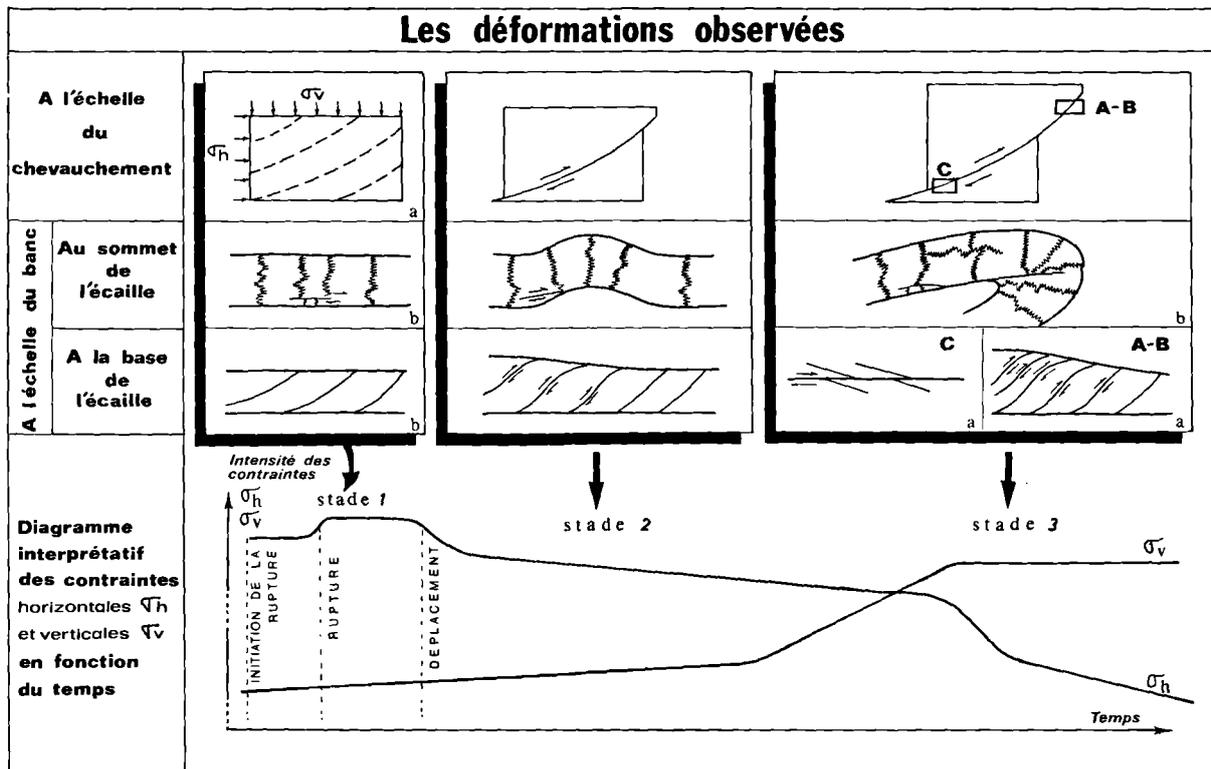


Fig. 7. — Tectonogramme retraçant l'évolution tectonique du secteur étudié. Les axes sont sans échelle et les relations entre σ_h et σ_v ne sont que qualitatives.

σ_h contraintes locales de compression horizontales ; σ_v : contraintes locales de compression verticales.

Stade 1. - a : mise en contrainte et initiation de la rupture ; b : coalescence des fissures et développement des joints H

Stade 2. - Déplacements le long des surfaces de ruptures (chevauchements majeurs et mineurs) et plissement des strates situées contre la faille chevauchante d'Hydrequant.

Stade 3. - a : le chevauchement s'amplifie, avec formation de ruptures de second ordre (C) et raccourcissement du "banc" situé à la base de l'écaille ; b : mise en place de la lame chevauchante, exagération des plissements et formation des joints V.

Le sens relatif de la déformation des plis, souligné par les déversements des plans axiaux, serait dirigé du S vers le N ;

— les intersections des joints ondulés à caractère chevauchant (découpant le "banc" situé à la base de l'écaille) avec le plan de base peuvent être considérées comme perpendiculaires à la direction de raccourcissement maximum qui se révèle être comprise entre 162° et 16°.

Il ressort de ces observations et de leur interprétation que la direction de raccourcissement maximum est approximativement N-S. Ce résultat est conforme à ceux obtenus à l'échelle de la carrière de Basse-Normandie et à l'échelle régionale (Colbeaux, 1975).

Interprétation de l'étude détaillée d'un pli.

Les joints stylolitiques H situés dans la charnière du pli sont le témoin d'un premier stade de la déformation. En effet, par leur disposition en éventail de part et d'autre du plan axial, les joints stylolitiques H se révèlent être antérieurs au pli et contemporains d'un stade précède de la déformation (fig. 7, stade 1).

Dans un second stade, les strates indurées, non ployées, sont plissées par le jeu simultané de cisaillements inter et intra-bancs (fig. 7, stade 2).

Dans un troisième stade, le chevauchement s'amplifie avec la formation de ruptures de second ordre et raccourcissement du "banc" situé à la base de l'écaille (fig. 7, stade 3a).

Enfin, dans un stade ultime, les joints stylolitiques V naissent de contraintes autres que celles ayant induit le plissement et en tout cas postérieures. Etant donné leur nature (V), ces stylolites pourraient provenir de la surcharge conséquence du chevauchement (fig. 7, stade 3b).

Ainsi, l'étude de détail d'une écaille située sous la faille chevauchante d'Hydrequent a permis de mettre en évidence :

- a) la répartition des joints dans et aux abords d'une zone chevauchante,
- b) l'existence de contraintes d'orientation N-S confirmée par les joints à surface striée, les plis mésoscopiques et par l'étude régionale,
- c) les déformations continues observées sont attribuables au même événement tectonique que le chevauchement d'Hydrequent.

Les structures observées sous la faille chevauchante d'Hydrequent dans la carrière de Basse-Normandie sont donc le résultat d'une tectonique tangentielle hercynienne et non de phénomènes intra-sédimentaires.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ARTHAUD F. et MATTAUER M. (1972). — Sur l'origine tectonique de certains joints stylolitiques parallèles à la stratification ; leur relation avec une phase de distension (exemple du Languedoc). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), XIV, p. 12-17, 6 fig.
- 2) BONTE A. (1969). — Le Boulonnais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXI, p. 23-46, 2 fig., 1 annexe.
- 3) CHOUKROUNE P. (1969). — Un exemple d'analyse microtectonique d'une série calcaire affectée de plis isopaques (concentriques). *Tectonophysics*, (7), 1, p. 57-70, 12 fig., 1 pl.
- 4) COLBEAUX J.P. (1975). — Géométrie et cinématique de la fracturation en Boulonnais. Extension vers l'Est. *Thèse 3^e Cycle*, Lille, Avril 1975.
- 5) CRUDEN D.M. (1971). — Traces of lineation on random planes. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 82, p. 2303-2306, 3 fig., 1 tabl.
- 6) HOYEZ B. (1971). — Le Viséen du Boulonnais : analyse et corrélations séquentielles. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCI, p. 113-128, 5 fig., 1 tabl.
- 7) PLESSMANN V.W. (1972). — Horizontalstylolithen in französisch-schweizerischen Tafelund und Faltenjura und ihre, Einpassung in den regionalen Rahmen. *Geol. Rund.*, p. 332-347, 7 fig.
- 8) TCHALENKO J.S. (1970). — Similarities between shear zones of different magnitudes. *Geol. Soc. America Bull.*, 81, p. 1625-1640, 12 fig., 2 tabl.

* * *

EXPLICATION DES PLANCHES

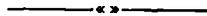
Planche XII

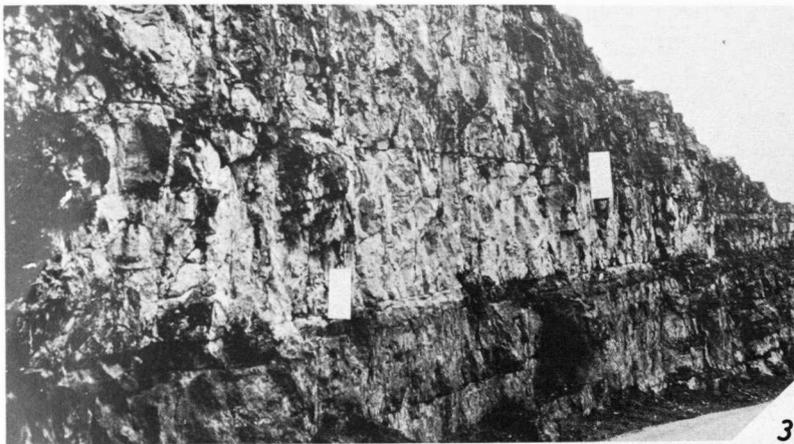
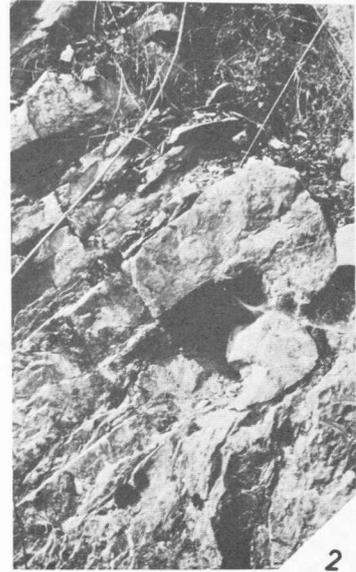
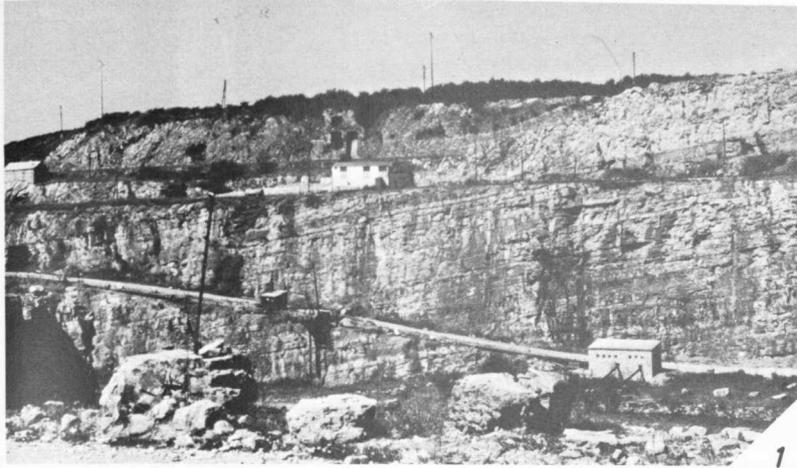
- Fig. 1. — Vue d'ensemble du front NW de la carrière de Basse-Normandie.
- Fig. 2. — Le pli étudié, en place.
- Fig. 3. — Le "banc" situé à la base de l'écaille, vue d'ensemble. Les coins blancs donnent l'emplacement de la fig. 4.
- Fig. 4. — Le "banc" situé à la base de l'écaille. On notera le pendage variable des joints chevauchants. Les coins blancs donnent l'emplacement de la fig. 5.
- Fig. 5. — Le "banc" situé à la base de l'écaille, vue de détail.

(*) Toutes les figures sont au grossissement = 3.

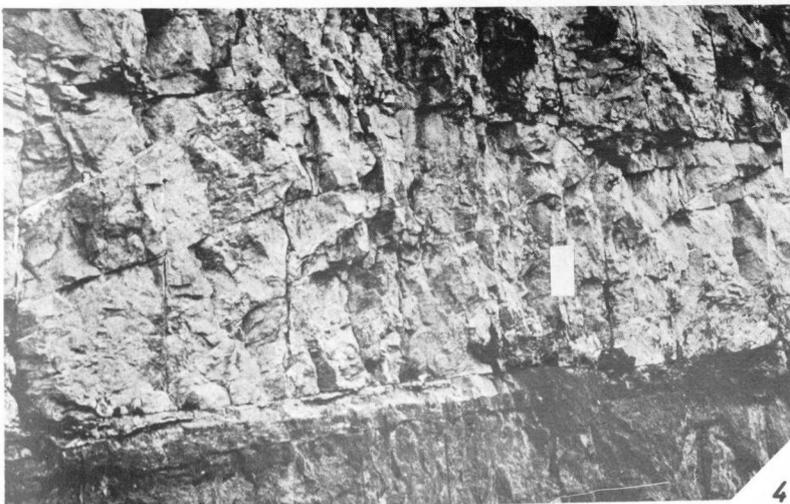
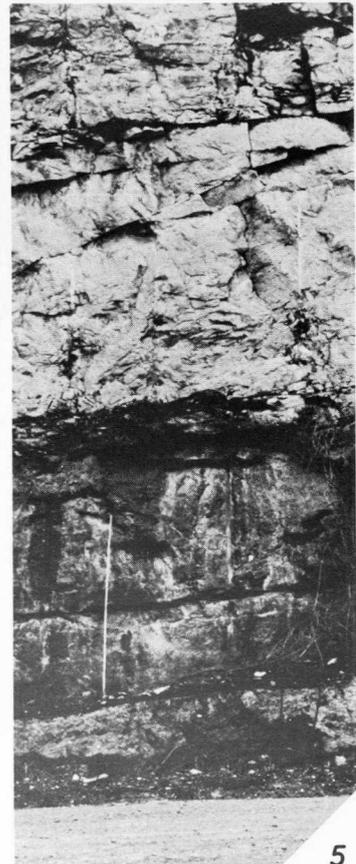
Planche XIII (*)

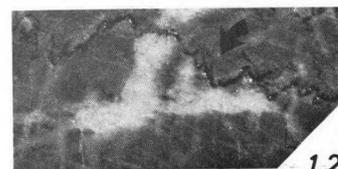
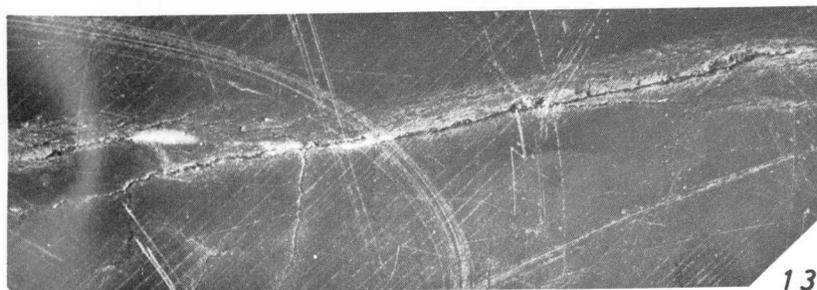
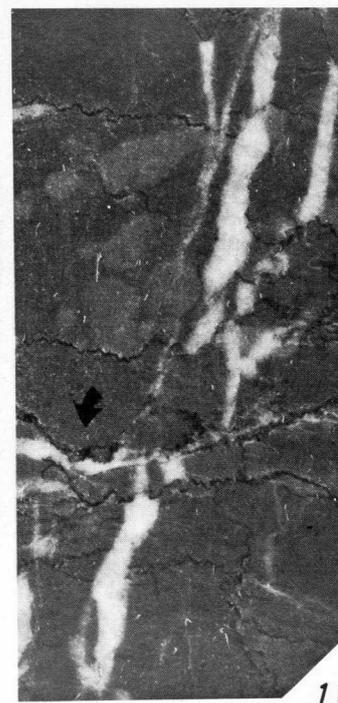
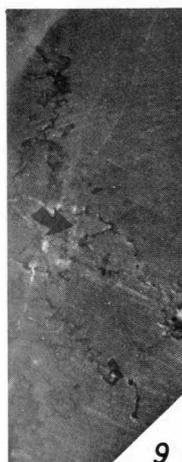
- Fig. 6-9. — Joints stylolitiques horizontaux et verticaux avec fentes de tensions associées.
6. - Joints stylolitiques verticaux et fentes de traction associée.
- 7 et 8. - Joints stylolitiques verticaux et fentes de traction associées, joints stylolitiques horizontaux effacés.
9. - Joints stylolitiques horizontaux effacés.
- Fig. 10. — Relations entre les joints stylolitiques horizontaux et les zones de cisaillements ; on remarquera la non-identité des joints stylolitiques située de part et d'autre de la zone de cisaillement.
- Fig. 11 et 12. — Des joints stylolitiques verticaux entament les fentes de tensions associées aux joints stylolitiques horizontaux.
- Fig. 13. — Détail d'une zone de cisaillement.





BU
LILLE





ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

Liste des fascicules disponibles en vente séparée jusqu'à épuisement du stock (*)

			Le fascicule —
Tome IX	(1881-82)	fascicules 1, 2, 4 et 5	30,00 F.
Tome XI	(1883-84)	fascicules 1, 4	40,00 F.
Tome XIII	(1885-86)	fascicules (1-2), 3, 4, 6	30,00 F.
Tome XIV	(1886-87)	fascicules 1, (2-3), 4	40,00 F.
Tome XV	(1887-88)	fascicules 1, 2, (5-6)	40,00 F.
Tome XVI	(1888-89)	fascicules 1, 5, 6	30,00 F.
Tome XVII	(1889-90)	fascicules 4, 5, 6	30,00 F.
Tome XVIII	(1890)	fascicule 3	40,00 F.
Tome XIX	(1891)	fascicules 2, (3-4), (5-6)	40,00 F.
Tome XXII	(1894)	fascicule 3	40,00 F.
Tome XXIII	(1895)	fascicules 1, 4	40,00 F.
Tome XXVI	(1897)	fascicules 1, 2, 4	40,00 F.
Tome XXVII	(1898)	fascicules 3, 4	40,00 F.
Tome XXVIII	(1899)	fascicules 1, 3, 4	40,00 F.
Tome XXIX	(1900)	fascicules 2, 4	40,00 F.
Tome XXX	(1901)	fascicules 1, 2, 3, 5	30,00 F.
Tome XXXI	(1902)	fascicules 1, 3, 4	40,00 F.
Tome XXXII	(1903)	fascicules 1, 2, 4	40,00 F.
Tome XXXIII	(1904)	fascicules 2, 3	40,00 F.
Tome XXXIV	(1905)	fascicules 1, 2, 4	40,00 F.
Tome XXXV	(1906)	fascicule 4	40,00 F.
Tome XXXVI	(1907)	fascicule 4	40,00 F.
Tome XXXVII	(1908)	fascicules 2, 3, 4	40,00 F.
Tome XXXVIII	(1909)	fascicules 2, 3, 4	40,00 F.
Tome XL	(1911)	fascicules 3, 4	40,00 F.
Tome XLI	(1912)	fascicules 1, 2, 4	40,00 F.
Tome XLII	(1913)	fascicules 3, 4	40,00 F.
Tome XLIII	(1914)	fascicules 2, (3-4)	48,00 F.
Tome XLV	(1920)	fascicule 2	40,00 F.
Tome XLIX	(1924)	fascicules 1, 3	48,00 F.
Tome L	(1925)	fascicule 2	72,00 F.
Tome LI	(1926)	fascicules 2, 3, 4	40,00 F.

(*) Les Annales de la Société géologique du Nord sont normalement en vente par tomes entiers (voir tarif couverture). Cependant, un certain nombre de fascicules sont actuellement disponibles et seuls vendus séparément. Selon la décision du Conseil du 11 avril 1974, leur prix varie en fonction de celui du volume complet.

			Le fascicule
			—
Tome LII	(1927)	fascicule 1	60,00 F.
Tome LIII	(1928)	fascicule 2	40,00 F.
Tome LIX	(1934)	fascicules 2, 3	48,00 F.
Tome LX	(1935)	fascicule 2	72,00 F.
Tome LXI	(1936)	fascicule 2	72,00 F.
Tome LXII	(1937)	fascicule 1	72,00 F.
Tome LXIII	(1938)	fascicule 2	72,00 F.
Tome LXIV	(1939)	fascicule 2	72,00 F.
Tome LXVI	(1946)	fascicule 2	72,00 F.
Tome LXVII	(1947)	fascicule 2	72,00 F.
Tome LXVIII	(1948)	fascicules 1, 3	48,00 F.
Tome LXIX	(1949)	fascicule 2	72,00 F.
Tome LXXI	(1951)	fascicules 2, 3	48,00 F.
Tome LXXIV	(1954)	fascicules 1, 3	48,00 F.
Tome LXXV	(1955)	fascicules 2, 3	48,00 F.
Tome LXXVI	(1956)	fascicules 1, 2	48,00 F.
Tome LXXVIII	(1958)	fascicules 2, 3	48,00 F.
Tome LXXIX	(1959)	fascicules 1, 2	48,00 F.
Tome LXXX	(1960)	fascicules 2, 4	40,00 F.
Tome LXXXI	(1961)	fascicules 1, 2	48,00 F.
Tome LXXXII	(1962)	fascicules 2, 3, 4	40,00 F.
Tome LXXXIII	(1963)	fascicules 2, 3, 4	40,00 F.
Tome LXXXIV	(1964)	fascicules 2, 3, 4	40,00 F.
Tome LXXXV	(1965)	fascicules 3, 4	40,00 F.
Tome LXXXVI	(1966)	fascicules 1, 2, 3	45,00 F.
Tome LXXXVII	(1967)	fascicules 1, 2, 3	45,00 F.
Tome LXXXVIII	(1968)	fascicules 1, 2, 4	45,00 F.
Tome LXXXIX	(1969)	fascicules 1 (*), 2, 4	45,00 F.
Tome XC	(1970)	fascicules 2, 3, 4 (**)	45,00 F.
Tome XCI	(1971)	fascicule 4	45,00 F.
Tome XCII	(1972)	fascicules 1, 2, 3	45,00 F.

(*) Fascicule réservé à la Géologie du Nord de la France : 45,00 F.

(**) Fascicule spécial du Centenaire de la S.G.N. : 75,00 F.

COLLOQUE DU JURASSIQUE

à Luxembourg, 1967

MEMOIRE DU B. R. G. M.

N° 75, 760 pages, nombreuses illustrations

Prix de vente : 200,00 F.F.

Cet important colloque se propose de faire le point sur un grand nombre d'études relatives au Jurassique.

Après une introduction sur les définitions, la nomenclature et les méthodes d'études spécifiques à cet étage, une partie importante de l'ouvrage est consacrée aux problèmes paléogéographiques, biogéographiques et biostratigraphiques du Jurassique.

Un chapitre traite plus spécialement des limites Jurassique-Crétacé et de celles Jurassique moyen et supérieur.

Enfin, les derniers chapitres concernent la stratigraphie régionale en Europe, les problèmes de zonations et l'ouvrage se termine par un ensemble d'articles sur la stratigraphie générale du Jurassique hors d'Europe (Canada, Etats-Unis, Nouvelle-Zélande, etc...).

MEMOIRES DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD

Tome I :	
Mémoire N° 1. - Ch. BARROIS, <i>Recherches sur le terrain crétacé de l'Angleterre et de l'Irlande</i> , 1876, 232 p.	240,00 F.
Mémoire N° 2. - P. FRAZER, <i>Géologie de la partie Sud-Est de la Pensylvanie</i> , 1882, 178 p.	180,00 F.
Mémoire N° 3. - R. ZEILLER, <i>Mémoire sur la flore houillère des Asturies</i> , 1882, 24 p.	24,00 F.
Tome II. — Ch. BARROIS, <i>Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice</i> , 1882	épuisé
Tome III. — Ch. BARROIS, <i>Faune du Calcaire d'Erbray</i> , 1889	épuisé
Tome IV :	
Mémoire N° 1. - J. GOSSELET, <i>Etude sur les variations du Spirifer Verneuilli</i> , 1894, 63 p., 7 pl.	60,00 F.
Mémoire N° 2. - L. CAYEUX, <i>Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires</i> , 590 p., 10 pl.	épuisé
Tome V. — M. LERICHE, <i>Contribution à l'étude des Poissons fossiles du Nord de la France et des régions voisines</i> , 1906	épuisé
Tome VI :	
Mémoire N° 1. - P. BERTRAND, <i>Etude du stipe de l'Adelophyton jutieri</i> B. Renault, 1907, 38 p., 4 pl.	60,00 F.
Mémoire N° 2. - J. GOSSELET, Ch. BARROIS, M. LERICHE, A. CREPIN, P. PRUVOST, G. DUBOIS, <i>Description de la faune siluro-dévonienne de Liévin</i> , 1912-1920. Fascicule 1	épuisé
Fascicule 2, 230 p., 17 pl.	240,00 F.
Mémoire N° 3. - V. COMMONT, <i>Saint-Acheul et Montières : Notes de Géologie, de Paléontologie et de Préhistoire</i> , 1909, 68 p., 3 pl.	120,00 F.
Tome VII :	
Mémoire N° 1. - P. BERTRAND, <i>Etude des Stipes d'Asterochloena laxa</i> Stenzel, 1911, 72 p., 6 pl.	72,00 F.
Mémoire N° 2. - A. CARPENTIER, <i>Contribution à l'étude du Carbonifère du Nord de la France</i> , 1913	épuisé
Tome VIII :	
Mémoire N° 1. - G. DUBOIS, <i>Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France</i> , 1923	épuisé
Mémoire N° 2. - Ed. LEROUX, <i>Le tunnel de l'Ave Maria. Observations géologiques et hydrologiques sur le plateau et la falaise au Sud de Boulogne-sur-Mer</i> , 1929, 50 p., 5 pl.	84,00 F.
Tome IX :	
Mémoire N° 1. - G. DUBAR, <i>Etude sur le Lias des Pyrénées françaises</i> , 1925, 332 p., 7 pl.	300,00 F.
Mémoire N° 2. - Dom Grégoire FOURNIER et P. PRUVOST, <i>Description des poissons élasmobranchés du marbre noir de Denée</i> , 1926, 23 p., 6 pl.	72,00 F.
Tome X :	
Mémoire N° 1. - A. CARPENTIER, <i>La flore wealdienne de Féron-Glageon (Nord)</i> , 1927	épuisé
Mémoire N° 2. - J.W. LAVERDIERE, <i>Contribution à l'étude des terrains paléozoïques des Pyrénées occidentales</i> , 1931, 132 p., 8 pl.	120,00 F.
Tome XI. — A. DUPARQUE, <i>Structure microscopique des charbons du Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais</i> , 1934	épuisé
Tome XII. — D. LE MAITRE, <i>Etude sur la Faune des Calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis</i> , 1934, 268 p., 18 pl.	240,00 F.
Tome XIII. — P. BRICHE, P. DANZE-CORSIN et J.P. LAVEINE, <i>Flore infraliasique du Boulonnais (Macro- et Microflore)</i> , 1963, 145 p., 11 pl.	180,00 F.
Tome XIV. — G. WATERLOT, <i>Les Gigantostacés du Siluro-Dévonien de Liévin</i> , 1966, 23 p., 5 pl.	62,00 F.

ESQUISSE GEOLOGIQUE DU NORD DE LA FRANCE

par J. GOSSELET

Fascicule I (Terrains primaires), Fascicule II (Terrains secondaires), Fascicule III (Terrains tertiaires)	épuisés
Fascicule IV (Terrains quaternaires)	20,00 F.
Carte géologique du Département du Nord au 1/320 000° (par J. GOSSELET, M. LERICHE, H. DOUXAMI)	31,00 F.
Ecorché géologique infra-mésozoïque (extrait de « Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France », présentée par C.F.P. (M.), COPESEP et S.N.P.A.)	30,00 F.

SERIE DOCUMENTATION (Pochettes de 6 Diapositives avec notice)

Série I. — Paysages du Nord de la France au cours des temps géologiques	20,00 F.
Série II. — Aperçu sur les microfaciès de la craie	20,00 F.
Série III. — Les Nannofossiles calcaires de la craie	15,00 F.

Les membres bénéficient d'une réduction de 20 % sur un exemplaire de chacune de ces publications.

Les prix sont augmentés des frais de port et d'emballage quand les volumes ne sont pas pris directement au dépôt.

SOMMAIRE

Tome XCV
2^{me} trimestre

	Pages
F. LETHIERS. — Révision de l'espèce <i>Bairdia</i> (<i>Orthobairdia</i> ?) <i>hypselæ</i> Rome, 1971 (Ostracoda) du Strunien ardennais	71
H. TERMIER, G. TERMIER et R. SCHROEDER. — Position structurale unitaire des sclérodermites calcaires dans certains Sclérosponges et des sterrasters dans les Choristides	77
R. RAUSCHER et M. ROBARDET. — Les microfossiles (Acritarches, Chitinozoaires et spores) des couches de passage du Silurien au Dévonien dans le Cotentin (Normandie)	81
J. MANIA. — Calcul mensuel du bilan hydrique. Mise au point et présentation d'un programme de restitution automatique de la piézométrie d'une nappe d'eau souterraine	93
J.P. COLBEAUX. — Etude d'une zone de chevauchement : la Faille d'Hydrequent (Bas-Bouloonnais, France)	101