

ISSN 0767-7367

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome CV

1985

3^{me} trimestre

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

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 l'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. — Seuls les membres ayant acquitté leurs cotisation et abonnement de l'année peuvent publier dans les Annales. 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}-1-1983)

	QUALITE	COTISATION	ABONNEMENT aux Annales	TOTAL
FRANCE et BENELUX	Personnes physiques (*)	30,00 F	135,00 F T.T.C.	165,00 F
AUTRES PAYS	Personnes physiques	30,00 F	150,00 F T.T.C.	180,00 F

Abonnement des

— ETRANGER : 350,00 F

Pour tous renseignements
59655 Villeneuve d'

at S.G.N., Sciences de la Terre,
- 4132 — C.C.P. Lille 52-47 Y

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 LXXIX (manquent I, II, V à IX, XVI, XXII, XXXIV à XXXVI, XXXIX à XLIII, XLV, XLVII à LVIII)	190,00 F H.T.
Tomes LXXX à XCV (manque XCI)	255,00 F H.T.
Tomes XCVI et suivants	300,00 F H.T.

(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 (67,50 F).

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome CV

1985

3^{me} trimestre

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1985 —

<i>Président</i>	M. V. PRUDHOMME
<i>Premier Vice-Président</i>	M. E. MERIAUX
<i>Vice-Présidents</i>	M. J. CHALARD
	M. M. WATERLOT
<i>Conseillers</i>	M ^{lle} D. BRICE
	M. H. CHAMLEY
	M. J. CHARVET
	M. Ch. DUPUIS
	M. B. MISTIAEN
	M. F. THIEBAULT
<i>Secrétaire</i>	M. A. BLIECK
<i>Secrétaire-Adjoint</i>	M. Y. DESPEYROUX
<i>Directeur de la Publication</i>	M ^{me} Paule CORSIN
<i>Trésorier</i>	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Archiviste-Bibliothécaire</i>	M ^{lle} S. CRASQUIN

COMITE DE LECTURE

— 1985 —

M^{me} Paule CORSIN, Directeur de la publication
M. J.M. CHARLET
M. Ch. DELATTRE
M. P. CELET
M I. GODFRIAUX

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, B.P. 36, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex
Tél. 20 43 43 43 (postes 4140 et 4132) — C.C.P. Lille 52-47 Y

Compte rendu de l'activité de la Société

ASSEMBLEE GENERALE DU 5 JUIN 1985

Présidence de M. V. PRUDHOMME, Président

Au cours de cette assemblée, ont d'abord été élus Membres :

M. Raymond NOEL, 132. rue des Vennes à B 4020 Liège (Belgique), présenté par M^{me} P. Corsin et M. E. Mériaux.
M. Philippe LEGRAND, 160, rue Ledru-Rollin, à 62110 Hénin-Beaumont, présenté par MM. C. Dezobry et A. Belhis.

Communications orales

- F. AMEDRO. — Biostratigraphie des Ammonites dans le Cénomaniens du Boulonnais.
P. CLABAUT et H. CHAMLEY. — Observations sédimentologiques sur le littoral de Wissant (Pas-de-Calais).
Y. DESPEYROUX et H. CHAMLEY. — Distribution des sédiments récents dans l'estuaire de la Canche (Pas-de-Calais).
F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Présence du genre *Zdenekia* dans le Westphalien inférieur de Belgique.
F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Paléodictyoptère nouveau du Namurien belge.

Communications écrites

- R. MIGUEZ et J.P. HENRY. — Le discage : propositions de conventions pour une étude de la morphologie (*).
F. BERGERAT, A. BOTHOREL et J. CHOROWICZ. — Evaluation du traitement en composantes principales des images MSS Landsat pour la cartographie géologique. Application à l'analyse structurale de la région ardéchoise (France) (*).

(*) Communications intégrées dans le fascicule 1 du Tome CV.

Biostratigraphie des craies cénomaniennes du Boulonnais par les ammonites

Biostratigraphy of Cenomanian chalks of the Boulonnais, as based on ammonites

par Francis AMEDRO (*)

Résumé. — Plusieurs tableaux présentent la répartition et la fréquence des ammonites dans les craies du Cénomaniens du Boulonnais. Sept zones sont reconnues dans la succession.

Abstract. — Several charts show the frequency and the vertical distribution of Cenomanian ammonites of the Boulonnais. Seven ammonites zones are defined in the succession.

I. — HISTORIQUE

Les falaises crétacées du Cap Blanc-Nez constituent dans le Nord de la France un lieu privilégié pour la récolte de macrofaunes, à la fois par l'étendue des

affleurements et l'abondance des fossiles. L'intérêt du gisement explique que, dès 1872, Chellonneix ait proposé un découpage paléontologique des formations crayeuses (fig. 1). Celui-ci sera ensuite revu par Barrois en 1875 puis 1879 (fig. 1).

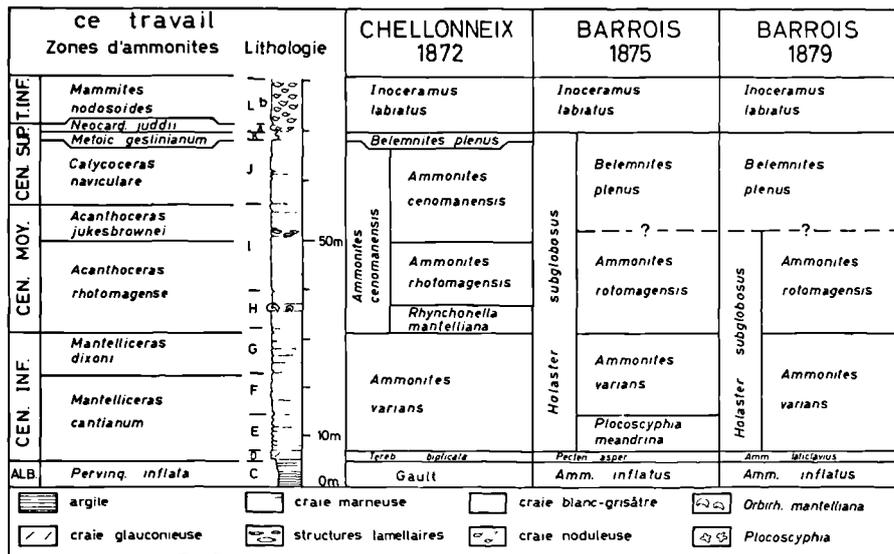


Fig. 1. — Historique des divisions reconnues dans le Cénomaniens du Boulonnais.

Fig. 1. — Subdivision of the Cenomanian stage (Lower Chalk and Plenus Marls) in the Boulonnais.

(*) 26, rue de Nottingham, 62100 Calais (France).

Note présentée le 5 Juin 1985 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 7 Mai 1986.

L'absence de coupes métrées, sauf en ce qui concerne le Niveau à *Actinocamax plenus* étudié par Jefferies en 1963, et l'imprécision d'un certain nombre de déterminations paléontologiques ont conduit récemment Amédéo *et al.*, (1976, 1978, 1978a), Robaszynski et Amédéo *coord. et al.* (1980), à établir des levés lithologiques précis joints à des récoltes macro et micro-paléontologiques. Ces travaux ont abouti à la construction d'échelles paléontologiques parallélisées concernant les ammonites, inocérames, échinides, brachiopodes, foraminifères planctoniques et benthiques, dinoflagellés et nannoplancton calcaire. Cependant, depuis 1980, un certain nombre de récoltes complémentaires d'ammonites ont été effectuées. Celles-ci permettent d'actualiser les tableaux de répartition présentés antérieurement.

II. — LA SUCCESSION LITHOLOGIQUE

Les formations cénomaniennes du Blanc-Nez ont été divisées par Amédéo *et al.* (1976) en ensembles lithologiques formés de bancs ou de groupes de bancs. De bas en haut, la succession est la suivante (fig. 4), avec les principaux repères macrofaunistiques :

— Formation de Strouanne (Cénomaniens inférieur *pars*).

Ensemble D (bancs 1 et 2) : 2,00 m. Succession de deux bancs de craie glauconieuse bioturbée, d'aspect conglomératique, à nodules phosphatés remaniés. Les ammonites sont fréquentes, à la fois dans les nodules et dans la craie : *Sciponoceras roto* Cieslinski, *Neostlingoceras carcitanense* (Mathéron), *Hypoturritites gravesianus* (d'Orbigny), *Schloenbachia varians* (Sowerby), *Mantelliceras lymense* (Spath), *M. mantelli* (Sowerby)... (fig. 4). A noter le cas particulier de *Sharpeiceras latilavium* (Sharpe) trouvé jusqu'à présent uniquement dans la craie.

— Formation du Petit-Blanc-Nez (Cénomaniens inférieur et moyen *pars*).

Ensemble E (bancs 3 à 9) : 7,50 m. Ensemble de bancs de 0,50 m à 2 m d'épaisseur de craies marneuses dont la teinte générale est bleutée. Le sommet des bancs contient de nombreuses éponges du genre "*Plocoscyphia*", des inocérames et des ammonites : *Anisoceras auberti* (Pervinière), *Neostlingoceras carcitanense*, *Hypoturritites mantelli* (Sharpe), *Mariella lewesiensis* (Spath), *Schloenbachia varians*, *Mantelliceras cantianum* Spath, *M. mantelli* [tous deux fréquents], *M. saxbii* (Sharpe) [occasionnel].

Ensemble F (bancs 10a à 10k) : 8,50 m. Ensemble de bancs crayeux à teinte générale plus claire, riches en ammonites. L'inventaire des espèces est comparable à celui de l'ensemble E avec toutefois une plus grande fréquence des espèces comprimées de *Mantelliceras* : *M. saxbii*, *M. picteti* Hyatt à partir du banc 10e.

Ensemble G (bancs 11 à 16) : 9,00 m. Bancs métriques de craie marneuse à teinte bleue prononcée. La macrofaune est relativement rare : *Mantelliceras* gr. *dixonii* Spath en 11, *Acompsoceras sarthiense* (Guéranger) en 15, *Turritites costatus* Lamarck et *Acanthoceras rhotomagense* (Brongniart) en 16.

— Formation du Cran (Cénomaniens moyen *pars*).

Ensemble H (bancs 17 à 20) : 7,50 m. Bancs métriques à dominante crayeuse avec de très minces lits marneux. Les ammonites sont nombreuses : *Sciponoceras baculoides* (Mantell) [qui pullule dans le banc 18], *Turritites costatus*, *Parapuzosia (Austiniceras) austeni* (Sharpe), *Schloenbachia coupei* (Brongniart), *Acanthoceras rhotomagense*, *Euomphaloceras inerme* (Pervinière), *Calycoceras newboldi* (Kossmat)... Les bancs 17 et 18 contiennent en outre de nombreuses petites rhynchonelles : *Grasirhynchia martiniana* (Mantell) en 17, *Orbirhynchia mantelliana* (Sowerby) en 18.

— Formation d'Escalles (Cénomaniens moyen et supérieur *pars*).

Ensemble I (bancs 21 à 24) : 18,00 m. Ensemble finement rythmé de bancs crayeux épais de quelques décimètres, séparés par de minces lits marneux bleuâtres. Le banc 23, plus massif, est constitué par une craie blanc-grisâtre épaisse de 2,50 m. parsemée de masses lenticulaires de craie rèche. Au point de vue paléontologique, ce banc est également caractérisé par l'abondance remarquable d'une ammonite : *Acanthoceras jukesbrowni* (Spath) et d'un échinide spatangoïde : *Holaster subglobosus* (Leske). Deux espèces d'*Acanthoceras* se relaient dans l'ensemble I : *A. rhotomagense* (bancs 21 et 22) et *A. jukesbrowni* (moitié supérieure de 22 à 24).

Ensemble J (bancs 25 et 26) : 13,00 m. Craie blanc-grisâtre massive, avec quelques lits marneux au sommet de 25. La macrofaune est très rare et surtout localisée dans les trois mètres supérieurs du banc 26 avec quelques ammonites : *Calycoceras naviculare* (Mantell), et des brachiopodes : *Ornatothyris latissima* Sahni.

— Formation des Crupes (Cénomaniens supérieur *pars*).

Ensemble K (banc 27) : 1,30 m. "Niveau à *Actinocamax plenus*" où l'on retrouve la succession lithologique définie par Jefferies (1963) à Merstham (U.K.), avec une alternance de huit lits à dominante crayeuse ou marneuse (fig. 5). A noter que les *A. plenus* (de Blainville) sont localisés dans les lits 4 à 6 et plus particulièrement dans le lit 4, qui a livré une cinquantaine de rostrés. La répartition des ammonites recueillies dans la Formation des Crupes est indiquée dans la fig. 5.

— Formation du Grand Blanc-Nez *pars* (Cénomaniens supérieur *pars* et Turonien inférieur).

Sous-ensemble La : 1,50 m. Craie noduleuse divisée en bancs séparés par des niveaux marneux centimétriques. A 0,80 m au-dessus de la base du sous-ensemble se trouve un hard-ground en relief dans la falaise et rempli de petites ammonites : *Sciponoceras bohemicum anterius* Wright et Kennedy, accompagnées d'inocérames : *I. pictus* Sowerby.

Sous-ensemble Lb : 9,50 m. Masse cohérente de craie très noduleuse riche en ammonites de grande taille (*Mammites*, *Lewesiceras*) et en inocérames (*I. mytiloides* Mantell, *I. labiatius* Schlotheim).

Remarques.

Plusieurs bancs ou groupes de bancs peuvent servir de niveaux-repères non seulement dans la falaise et sur l'estran du Blanc-Nez, mais également dans les affleu-

rements situés le long de la cuesta crayeuse du Boulonnais. Du bas vers le haut, ces niveaux-repères sont :

— la Formation de Strouanne qui, par son caractère de craie glauconieuse d'aspect conglomératique, est un « tourtia » suivant la terminologie utilisée régionalement dans le Nord de la France ;

— le banc 18 à *Orbirhynchia mantelliana*, facilement reconnaissable par ses rhynchonelles et par la présence de milliers de moules internes d'une ammonite déroulée : *Sciponoceras baculoides* (Mantell) ;

— le banc 23 à *Acanthoceras jukesbrowni*, dont la craie est caractérisée par l'existence de structures lamellaires ;

— le Niveau à *Actinocamax plenus*.

Notons que, dès 1872, Chellonneix avait mis en évidence au niveau des sources du Cran d'Escalles un horizon riche en "*Rhynchonella mantelliana*" (banc 18) et "à la partie avancée du grand cap, ...un banc (23) d'*Ammonites cenomanensis* d'une richesse inépuisable" (nom donné par Chellonneix à *A. jukesbrowni*). Ces bancs 18 et 23 sont également les équivalents respectifs des beds 9 et 13 de Kennedy (1969) dans les falaises de Folkestone, ce qui leur confère un intérêt particulier pour les corrélations.

III. — LES AMMONITES

1) Abondance.

La fig. 2 résume l'abondance en ammonites des craies cénomaniennes du Boulonnais. Si les ensembles D à F et la base de l'ensemble H sont très riches en ammonites, le nombre des individus décroît en revanche sensiblement dans l'ensemble G et surtout dans l'ensemble H, au-dessus du banc 18 à *O. mantelliana*. Cette seconde phase d'appauvrissement affecte tout d'abord les coquilles de petite taille (*Turrilites*, *Schloenbachia*), puis s'étend en J à toutes les espèces. Les craies marneuses du Céno-manien inférieur et moyen apparaissent donc beaucoup plus favorables aux récoltes d'ammonites que les craies plus blanches du Céno-manien supérieur. Deux faits peuvent expliquer cet appauvrissement.

D'une part, une dissolution des coquilles en aragonite avant l'enfouissement a été envisagée dans les faciès de craie blanche par Jefferies (1963) et Kennedy (1969). Ce mécanisme serait lié à une augmentation et à un refroidissement de la tranche d'eau. Or l'existence d'une telle variation bathymétrique est mainte-

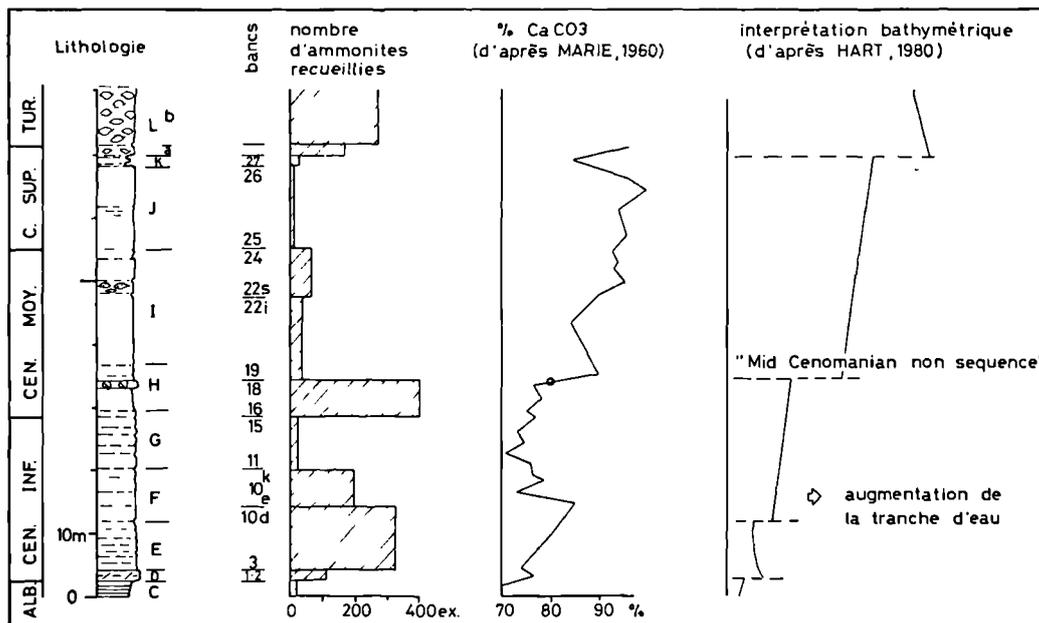


Fig. 2. — Fréquence des ammonites dans les craies cénomaniennes du Boulonnais, en relation avec le pourcentage de CaCO₃ et les variations d'épaisseur de la tranche d'eau.

Fig. 2. — Relations between the abundance of ammonites in Cenomanian chalks of the Boulonnais with percentage of CaCO₃ and sea-level changes.

nant connue au-dessus du banc à *O. mantelliana* (fig. 2) comme en témoignent : 1°) la disparition des ostracodes (Damotte, 1978 in Amédéo *et al.*); 2°) le changement brutal du rapport foraminifères planctoniques / benthiques (Carter, 1969 in Kennedy; Robaszynski, 1980 in Robaszynski et Amédéo *coord. et al.*; Hart, 1980); 3°) l'élévation rapide de la teneur en carbonates (Des Tombes et Shephard-Thorn, 1972).

D'autre part, la raréfaction des *Schloenbachia* au-dessus du banc à *O. mantelliana* rappelle l'effondrement du « stock des Anahoplitids » de Spath (1942) observé à la limite Albien moyen-Albien supérieur. Dans la mesure où les *Schloenbachia* dérivent phylétiquement des « Anahoplitids », et puisque la diminution de fréquence est dans les deux cas contemporaine d'une augmentation de l'océanité, il est possible que l'appauvrissement des populations ait pu être réel. L'événement serait alors d'ordre biologique.

L'augmentation de la tranche d'eau au-dessus du banc à *O. mantelliana* pourrait avoir eu deux conséquences : l'une directe, déterminant une régression des populations de *Schloenbachia*, au moins au niveau régional; l'autre indirecte, entraînant une dissolution des coquilles en aragonite avant l'enfouissement, ce mécanisme affectant surtout les coquilles de petite taille.

2) Biostratigraphie.

Les tableaux de répartitions présentés dans les fig. 3, 4 et 5 sont établis à partir de la récolte de près de 1 100 ammonites (plus de 2 000 si l'on tient compte des *Sciponoceras* qui existent par centaines dans le banc 18 et dans le Sous-ensemble La). Si certaines familles restent occasionnelles et n'offrent pas un grand intérêt stratigraphique (Hamitidae, Anisoceratidae, Scaphitidae, Lyelliceratidae), d'autres retien-

bancs n°:		1-2	3-10d	10e-k	11-15	16-18	19-22	23-24	25-26	27	La
familles	HAMITIDAE					1					
	BACULITIDAE	5		1		x100	1			2	x100
	ANISOCERATIDAE	2	1								
	TURRILITIDAE	8	39	13	1	19	2	1			
	SCAPHITIDAE			5	2	4	7		2		
	DESMOCERATIDAE		1	2	1	8	4	4	1	1	
	HOPLITIDAE	1	4	1							
	SCHLOENBACHIIDAE	63	220	135	25	130	4	4			
	LYELLICERATIDAE		1	1		1					
	ACANTHOCERATIDAE	24	74	32	5	97	30	49	5	8	
genres	<i>Hamites</i>					1					
	<i>Sciponoceras</i>	5		1		x100	1			2	x100
	<i>Idiohamites</i>	2									
	<i>Anisoceras</i>		1								
	<i>Neostling./Hypoturrilites</i>	8	24	10		1					
	<i>Mariella</i>		15	3							
	<i>Turrilites</i>				1	18	2	1			
	<i>Scaphites</i>			5	2	4	7		2		
	<i>Puz.(Anapuzosia)</i>							1		1	
	<i>Par.(Austiniceras)</i>		1	2	1	8	4	3	1		
	<i>Hyphoplites</i>	1	4	1							
	<i>Schloenbachia</i>	63	220	135	25	130	4	4			
	<i>Forbesiceras</i>		1	1		1					
	<i>Sharpeiceras</i>	4									
	<i>Mantelliceras</i>	20	74	31	4						
	<i>Acompoceras</i>			1	1						
	<i>Acanthoceras</i>					80	28	45			
<i>Euomphaloceras</i>					17	1				1	
<i>Calycoceras</i>						1	4	5	1		
<i>Meloicoceras</i>									7		
Total		103	340	190	34	>260	48	58	8	11	

Fig. 3. — Distribution quantitative des ammonites dans les craies cénomaniennes du Boulonnais. Les nombres indiquent la somme des spécimens recueillis dans chaque groupe de bancs. Dans le total des bancs 16 à 18, ne sont pas comptés les *Sciponoceras* qui abondent par centaines en 18.

Fig. 3. — Vertical distribution and abundance of ammonites in Cenomanian chalks of the Boulonnais. (Numbers give the total of ammonites collected in beds. Hundreds of specimens of *Sciponoceras* are omitted from the bed 18).

nent l'attention par leur fréquence ou leur répartition verticale.

a) *BACULITIDAE*.

Le genre *Sciponoceras* est représenté dans le Cénomaniens du Boulonnais par quatre espèces successives qui abondent seulement aux confins des discontinuités sédimentaires, soit du bas vers le haut dans :

— La Formation de Strouanne : *Sciponoceras roto* Cieslinski,

— le banc 18 à *O. mantelliana* : *Sciponoceras baculoides* (Mantell),

— le Niveau à *A. plenus* : *Sciponoceras gracile* (Shumard),

— le hard-ground médian du Sous-ensemble La : *Sciponoceras bohemicum anterius* Wright et Kennedy.

En dehors de ces niveaux, les *Sciponoceras* sont rares. Au Blanc-Nez, seuls deux *Sciponoceras* sp. ont été recueillis dans les bancs 10e et 22. Dans la mesure où la même distribution verticale discontinue est observée en Normandie (Juignet et Kennedy, 1976), dans la Sarthe (Kennedy et Juignet, 1983) et dans le Sud-Est de l'Angleterre (Kennedy, 1969, 1971), il est possible que ces phases de multiplication successives soient liées à un environnement particulier (niveaux de haute énergie ?).

b) *TURRILITIDAE*.

Le tableau de répartition révèle deux périodes de développement privilégiées dans les craies du Boulonnais. La première se situe dans le Cénomaniens inférieur et correspond à l'épanouissement des genres *Neostlingoceras*, *Hypoturrilitis* et *Mariella* (du banc 1 au banc 10e). La seconde, à la base du Cénomaniens moyen, souligne l'acmé des *Turrilitis* (des bancs 16 à 20). Entre les deux, l'intervalle représenté par les bancs 10f à 15 voit au contraire une diminution du nombre des *Turrilitidae* suite à une raréfaction des *Hypoturrilitis* et *Mariella* alors que les *Turrilitis* sont encore peu nombreux. A noter que *T. acutus* Passy, index de zone dans le Sud de l'Angleterre (Kennedy, 1969) est connu au Blanc-Nez par un seul exemplaire provenant du banc 19.

c) *DESMOCERATIDAE*.

Malgré sa présence occasionnelle (0,5 à 4 % des populations d'ammonites), cette famille à caractère mésogéen mérite d'être mentionnée par la taille de ses représentants. *Parapuzosia (Austiniceras) austeni* (Sharpe) est en effet la plus grande ammonite présente dans le Cénomaniens du Boulonnais, certains exemplaires atteignant jusqu'à 1,20 m de diamètre. A noter également la récolte dans le Sud du Boulonnais (sans doute provenant d'un équivalent du banc 23) du seul *Puzosia (Anapuzosia)* « géant » connu actuellement dans le Cénomaniens à travers le monde (Amédéo, 1982).

d) *HOPLITIDAE* et *SCHLOENBACHIIDAE*.

Ces deux familles, descendantes des *Hoplitidae* de l'Albien supérieur, trouvent leurs origines respectives dans les « Euhoplitids » et les « Anahoplitids » de Spath (1942). Si les *Hyphoplites* restent rares dans le Cénomaniens inférieur (0,8 % des populations), les *Schloenbachia* représentent au contraire plus de 50 % des assemblages. Mais leur abondance décroît cependant vers le haut : 66 % en D, 44 % en H, moins de 1 % en J (à la diminution réelle du nombre des individus s'ajoute alors la dissolution des coquilles en aragonite de petite taille). Malgré leur importance quantitative, les *Schloenbachia* n'offrent toutefois pas un grand intérêt biostratigraphique.

e) *ACANTHOCERATIDAE*.

La famille des *Acanthoceratidae* constitue un marqueur privilégié pour l'étude du Cénomaniens par le grand nombre de genres produits. Dès la base de la succession se développent les *Mantelliceras*, dominés du banc 1 au banc 10d par des espèces renflées : *M. cantianum* Spath, *M. mantelli* (Sowerby). A partir du banc 10e, la fréquence de ces espèces diminue. Celles-ci sont alors relayées par des formes comprimées (présentes toutefois plus bas) : *M. saxbii* (Sharpe), *M. picteti* Hyatt. En 11 apparaît enfin *M. gr. dixoni* Spath. A ces taxons s'ajoutent d'abord quelques *Sharpeiceras* : *S. laticlavium* (Sharpe) en 1 et 2, puis des *Acompsoceras* : *A. cf. sarthense* (Guéranger) de 10g à 15. En 16, les *Mantelliceras* ont disparu. Ils sont remplacés par les *Acanthoceras* qui s'épanouissent de 16 à 24 avec deux espèces : *A. rhotomagense* (Brongniart) (bancs 16 à 22), puis *A. jukesbrowei* (Spath) (moitié supérieure de 22 à 24). Parallèlement, les *Euomphaloceras* se différencient de 17 à 20 avec *E. cunningtoni* (Sharpe) et *E. inerme* (Pervinquière). Les premiers *Calycoceras* apparaissent aussi en 19 avec *C. newboldi* (Kossmat), mais le genre se développe surtout dans les bancs 25 à 27 avec *C. naviculare* (Mantell). Dans ce dernier banc, correspondant au Niveau à *Actinocamax plenus*, s'ajoutent enfin *Metoicoceras geslinianum* (d'Orbigny) et *Euomphaloceras septemseriatum* (Cragin).

3) **Biozonation.**

Les travaux de Kennedy (1969, 1971), Juignet, Kennedy et Wright (1973), Juignet et Kennedy (1976), Wright et Kennedy (1981), Kennedy et Juignet (1983-1984) ont abouti à la construction d'une zonation d'ammonites détaillée, utilisée avec profit dans les faciès crayeux du Sud de l'Angleterre et de la Normandie (fig. 6). Toutefois, comme nous l'avons déjà signalé (Amédéo, 1980 in Robaszynski et Amédéo coord. et al. ; Amédéo, 1981), cette zonation appelle plusieurs remarques :

— *Neostlingoceras carcitane* et *Mantelliceras saxbii* y caractérisent deux zones successives, or ces taxons présentent la même extension verticale ;

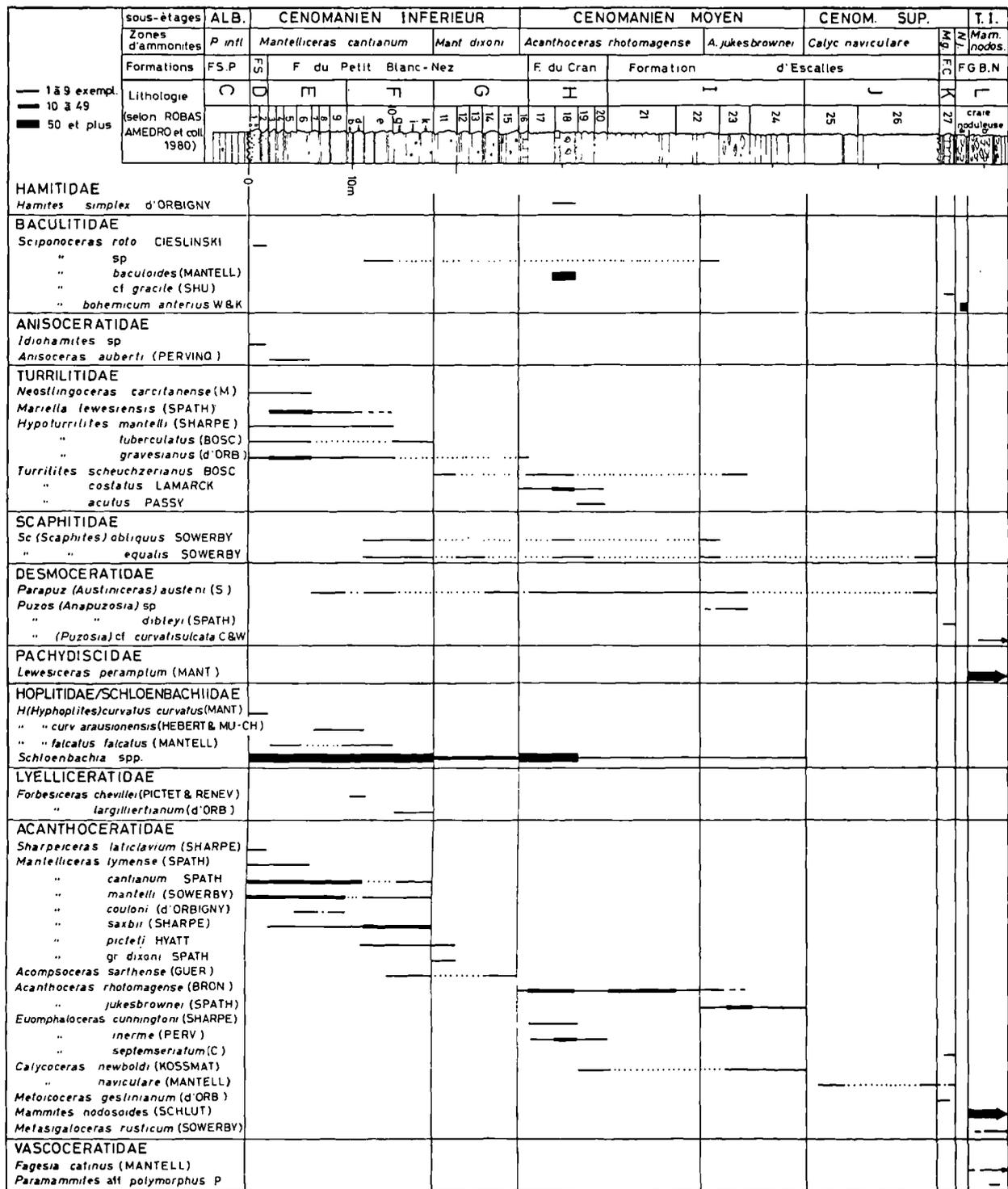


Fig. 4. — Répartition des ammonites dans les craies cénomaniennes du Boulonnais.

Fig. 4. — Vertical distribution of ammonites in Cenomanian chalks of the Boulonnais.

— *Turrilites costatus* indexe une zone dans le Cénomanién moyen, mais l'espèce est connue du Cénomanién inférieur au Cénomanién supérieur ;

— enfin, *T. acutus* n'est pas fréquent dans les craies du Nord de la France.

Pour ces raisons, une zonation homogène basée sur la succession dans le temps de plusieurs genres d'Acanthoceratidae, donc proche d'une zonation phylétique, a été proposée en 1980 par Amédéo in Robaszynski et Amédéo coord. et al. (fig. 6). Cette zonation vient d'être reprise par Wright et Kennedy (1984) avec deux modifications : substitution de *Mantelliceras mantelli* à *M. cantianum* comme index de zone dans le

Cénomanién inférieur et de *Calycoceras guerangeri* (Spath) à *C. naviculare* dans le Cénomanién supérieur (fig. 6). Malgré ces nuances, un accord existe maintenant dans la division zonale de l'étage cénomanién à l'échelle du bassin anglo-parisien. Les Assemblages-Zones d'ammonites présentes dans les formations cénomaniennes du Boulonnais apparaissent dans les fig. 4 et 5.

Une remarque doit enfin être formulée sur les limites inférieure et supérieure de l'étage cénomanién dans le Boulonnais. Si la limite Albien-Cénomanién est repérée de façon très précise dans les coupes par suite d'une lacune de sédimentation (Amédéo et al., 1981 :

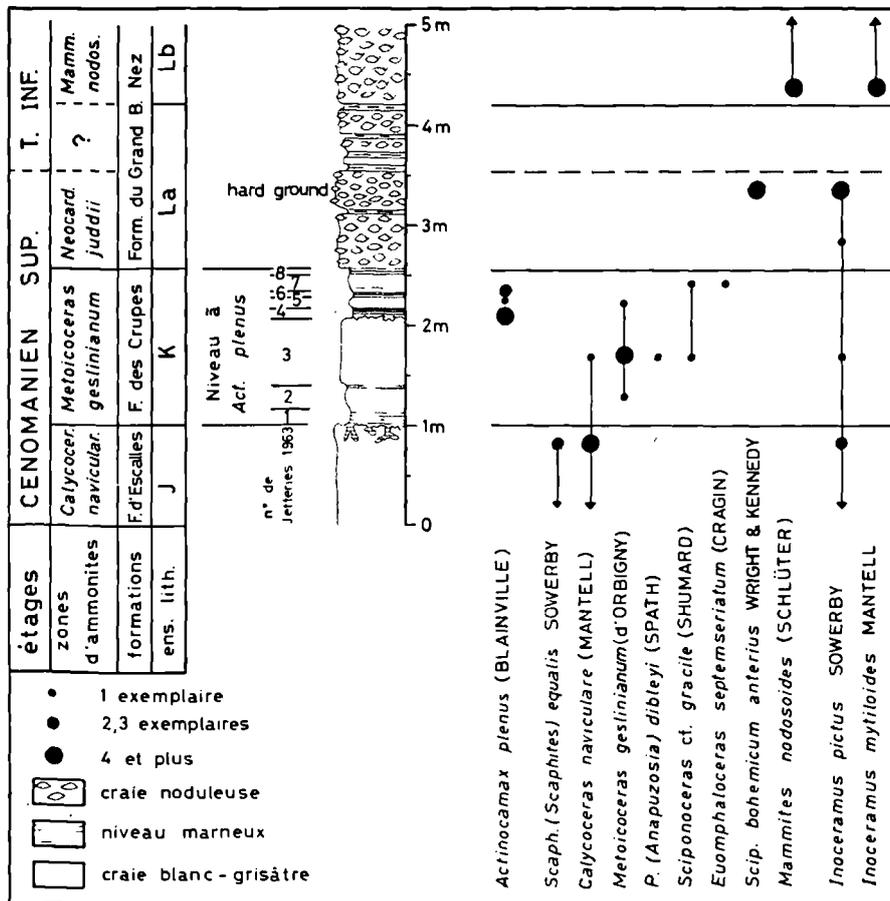


Fig. 5. — Distribution verticale des bélemnites et des ammonites recueillies à la limite Cénomanién-Turonien dans les craies du Boulonnais (les trois points représentant les récoltes d'*A. plenus* correspondent aux beds 4, 5 et 6 de Jefferies, 1963).

Fig. 5. — Vertical distribution of belemnites and ammonites at the Cenomanian-Turonian boundary in the Boulonnais. (*Actinocamax plenus* is restricted to beds 4-6 of the Plenus Marls).

Amédéo et Magniez-Jannin, 1982), la limite entre le Cénomaniens et le Turonien est appréciée seulement à quelques décimètres près. En effet, bien que la présence de *Sciponoceras bohemicum anterius* Wright et Kennedy permette d'attribuer le hard-ground médian du Sous-ensemble La au Cénomaniens terminal (Assem-

blage-Zone à *Neocardioceras juddii*) et que la récolte de *Mammites nodosoides* (Schlüter) date la base du Sous-ensemble Lb du Turonien inférieur (A-Z à *M. nodosoides*), aucune ammonite n'a été trouvée pour l'instant dans les 0,50 m supérieurs du Sous-ensemble La. Cet intervalle pourrait représenter l'A-Z à *Watino-ceras coloradoense* dont la base a été retenue lors du Colloque sur le Turonien (Alcaydé et Robaszynski coord., 1983) pour définir la limite inférieure de l'étage turonien, mais des récoltes restent à entreprendre pour confirmer cette hypothèse.

IV. — CONCLUSION

La récolte de plus de 1 100 ammonites dans les coupes métrées échelonnées le long des falaises et sur l'estran du cap Blanc-Nez permet de préciser la distribution des ammonites dans les craies cénomaniennes du Boulonnais. Plusieurs événements sont reconnus, en particulier une raréfaction des coquilles de petite taille au cours du Cénomaniens moyen, liée, semble-t-il, à une augmentation brutale de la tranche d'eau. Enfin, sept zones d'ammonites sont définies à travers la succession.

	ENGLAND Kennedy et al. 1969, 1976	FRANCE Amédéo 1980, modifié	ENGLAND Wright & Kennedy 1981, 1984
CEN. SUP.	<i>Neocardioceras juddii</i>	<i>Neocardioceras juddii</i>	<i>Neocardioceras juddii</i>
	<i>Meloicoceras geslinianum</i>	<i>Meloicoceras geslinianum</i>	<i>Meloicoceras geslinianum</i>
	<i>Eucalycoceras pentagonum</i>	<i>Calycoceras haviculare</i>	<i>Calycoceras guetangeri</i>
CEN. MOY.	<i>Acanthoceras jukesbrowni</i>	<i>Acanthoceras jukesbrowni</i>	<i>Acanthoceras jukesbrowni</i>
	<i>Turrillites acutus</i>	<i>Acanthoceras rhotomagense</i>	<i>Acanthoceras rhotomagense</i>
	<i>Turrillites costatus</i> Tc.		
CEN. INF.	<i>Mantelliceras gr. dixonii</i>	<i>Mantelliceras dixonii</i>	<i>Mantelliceras dixonii</i>
	<i>Mantelliceras saxbii</i> Ms	<i>Mantelliceras cantianum</i>	<i>Mantelliceras mantelli</i>
	<i>Neostlingoceras Nc. carcitanense</i>		

Fig. 6. — Les zonations d'ammonites en usage dans le Cénomaniens du Sud-Est de l'Angleterre et du Nord de la France.

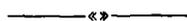
Fig. 6. — *Ammonite zonations of the Cenomanian stage in south-eastern England and northern France.*

Remerciements. — Je dois mes plus vifs remerciements à F. Robaszynski, qui a bien voulu relire ce manuscrit en y apportant ses remarques constructives, et a assuré la réalisation graphique des figures à la Faculté Polytechnique de Mons.

✱ ✱ ✱

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ALCAYDE G., ROBASYNSKI F. coord. (1983). — Colloque sur le Turonien. *Mém. Mus. nat. Hist. nat., Paris*, N.S., série C, t. 49, 241 p., 4 pl.
- 2) AMEDRO F. (1981). — Actualisation des Zonations d'ammonites dans le Crétacé moyen du bassin anglo-parisien. Essai d'une zonation phylétique de l'Albien au Turonien. *Cretaceous Research*, vol. 2, p. 261-269.
- 3) AMEDRO F. (1982). — *Puzosia (Anapuzosia)* et *Paramammites* : deux genres d'ammonites rares dans le Crétacé moyen du Nord de la France. *Bull. Soc. géol. Normandie*, t. 69, fasc. 3, p. 19-27, Pl. I.
- 4) AMEDRO F., BIDAR A., DAMOTTE R., MANIVIT H., ROBASYNSKI F. et SORNAY J. (1978). — Echelles biostratigraphiques dans le Turonien du Cap Blanc-Nez (Pas-de-Calais, France). *Bull. Inf. Géol. Bassin Paris*, vol. 15, p. 3-20.
- 5) AMEDRO F., DAMOTTE R., MAGNIEZ-JANNIN F. et MANIVIT H. (1981). — Echelles biostratigraphiques dans l'Albien du Boulonnais (macro, micro, nannofossiles). *Bull. Inf. Géol. Bassin Paris*, vol. 18, p. 3-19.
- 6) AMEDRO F., DAMOTTE R., MANIVIT H., ROBASYNSKI F. et SORNAY J. (1978a). — Echelles biostratigraphiques dans le Cénomaniens du Boulonnais (macro, micro, nannofossiles). *Géol. Médit.*, t. 5, p. 5-18.
- 7) AMEDRO F., DEJONGHE L., DUPUIS Ch. et ROBASYNSKI F. (1976). — Les falaises crayeuses du Boulonnais : lithostratigraphie et repères biostratigraphiques de l'Aptien au Sénonien. *C.R. somm. Soc. géol. France*, p. 91-94.
- 8) AMEDRO F. et MAGNIEZ-JANNIN F. (1982). — Corrélations lithologiques et biostratigraphiques (ammonites, foraminifères) dans l'Albien du Boulonnais. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. CI, p. 133-143.
- 9) BARROIS Ch. (1875). — La zone à *Belemnites plenus*. Etude sur le Cénomaniens et le Turonien du bassin de Paris. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. II, p. 146-193.
- 10) BARROIS Ch. (1879). — A geological sketch of the Boulonnais. *Proc. Geol. Ass.*, vol. 6, n° 1, p. 1-37.
- 11) CHELLONNEIX E. (1872). — Note sur la craie du Cap Blanc-Nez. *Bull. Soc. géol. France*, vol. 3, t. 3, p. 431-439.
- 12) DESTOMBES J.P., SHEPHARD-THORN E. (1972). — Résultats géologiques des recherches pour l'implantation d'un tunnel sous la Manche. *Mém. B.R.G.M.*, n° 79, p. 101-115, 1 fig.
- 13) HART M.B. (1980). — The recognition of Mid-Cretaceous Sea-Level changes by means of foraminifera. *Cretaceous Research*, vol. I, p. 289-297.
- 14) JEFFERIES R.P.S. (1963). — The stratigraphy of the *Actinocamax plenus* subzone in the Anglo-Paris basin. *Proc. Geol. Ass.*, vol. 74, p. 1-33, Pl. 1-2.
- 15) JUIGNET P., KENNEDY W.J. (1976). — Faunes d'ammonites et biostratigraphie comparée du Cénomaniens du Nord-Ouest de la France (Normandie) et du Sud de l'Angleterre. *Bull. Soc. géol. Normandie*, t. 63, 193 p., 34 pl.
- 16) JUIGNET P., KENNEDY W.J. et WRIGHT C.W. (1973). — La limite Cénomaniens-Turonien dans la région du Mans (Sarthe). *Ann. Paléont. (Invert.)*, N° 59, p. 207-242, Pl. 1-3.
- 17) KENNEDY W.J. (1969). — The correlation of the Lower Chalk of South-East England. *Proc. Geol. Ass.*, vol. 80, p. 459-560, Pl. 15-22.
- 18) KENNEDY W.J. (1971). — Cenomanian ammonites from Southern England. *Palaeontology*, Spec. Pap., n° 8, 130 p., 64 pl.
- 19) KENNEDY W.J., JUIGNET P. (1983-1984) — A revision of the ammonites faunas of the type Cenomanian. Part. 1 et 2. *Cretaceous Research*, vol. 4 (1983), p. 3-83, 40 fig. ; vol. 5 (1984), p. 93-161, 30 fig.
- 20) MARIE P. (1960). — Le sondage d'Escalles (Pas-de-Calais). *Rapport B.R.G.M.*, 45 p.
- 21) ROBASYNSKI F. et AMEDRO F. coord., FOUCHER J.C., GASPARD D., MAGNIEZ-JANNIN F., MANIVIT H., SORNAY J. (1980). — Synthèse biostratigraphique de l'Aptien au Santonien du Boulonnais à partir de sept groupes paléontologiques : foraminifères, nannoplancton, dinoflagellés et macrofaunes. *Rev. Micropal.*, vol. 22, n° 4, p. 195-321, Pl. 1-19.
- 22) SPATH L.F. (1942). — A Monograph of the Ammonoidea of the Gault. Part XV. *Palaeontogr. Soc.*, p. 669-720.
- 23) WRIGHT C.W. et KENNEDY W.J. (1981). — The Ammonoidea of the *Plenus Marls* and the Middle Chalk. *Palaeontogr. Soc.*, 148 p., 32 pl.
- 24) WRIGHT C.W. et KENNEDY W.J. (1984). — The Ammonoidea of the Lower Chalk. Part I. *Palaeontogr. Soc.*, 126 p., 40 pl.



Observations sédimentologiques sur le littoral de Wissant (Site des caps, Boulonnais)

Sedimentological observations in the Wissant Bay (Boulonnais, Northern France)

par Philippe CLABAUT(*) et Hervé CHAMLEY(*)

Résumé. — La baie de Wissant présente dans sa partie occidentale une instabilité élevée de l'estran et des dunes. Des observations de terrain et des études granulométriques permettent de décrire et d'analyser les phénomènes d'érosion éolienne et marine, et de recul du trait de côte. L'érosion éolienne, importante lors des tempêtes, est conditionnée par l'orientation du trait de côte et par le degré de fixation de la dune. L'érosion marine semble notamment liée à la présence, temporairement importante, d'un contre-courant local, agissant à l'intérieur de la baie.

Abstract. — *The western part of the Wissant Bay shows a high instability of the tidal-flats and eolian sediments. Field observations combined with grain-size analyses allow to describe and interpret the erosional and depositional processes. The eolian erosion strongly increases during the storm periods. Its importance depends on the shore orientation in regard to the prevailing western winds, and on the degree of the dune fixation by the vegetation. Various situations occur along the shore, from the vicinity of the Blanc-Nez Cape at the NE to the Gris-Nez Cape at the SW. The importance and location of the marine erosion seem to be peculiarly related to the existence of a temporary counter-current in the inner part of the Wissant Bay.*

I. — INTRODUCTION

La baie de Wissant, située au NW du Boulonnais entre le Cap Gris-Nez et le Cap Blanc-Nez (fig. 1), présente une forte instabilité des dépôts littoraux, principalement dans sa partie occidentale. Sur une distance d'environ 5 km, entre la Pointe de la Courte-Dune et le hameau de Strouanne, l'étroit cordon dunaire et l'estran qui le borde montrent des modifications rapides, caractérisées par des phénomènes d'érosion, de transfert et de dépôt. Cette évolution du trait de côte, dont les conséquences sont importantes sur le plan de l'environnement et de la protection du littoral, a fait l'objet d'études de deux types (1) :

— une observation directe du terrain et des variations morphologiques saisonnières ;

— des analyses sédimentologiques d'échantillons prélevés selon un maillage régulier.

Les dépôts récents de la baie de Wissant sont limités au S et à l'E par une falaise pléistocène, qui s'estompe vers le SW (fig. 1). Au pied de cette falaise, attribuée à une ancienne ligne de rivage (2), s'étend le marais de Tardinghen. Il s'agit d'une petite plaine côtière, colmatée à l'Holocène par des dépôts marins et continentaux alternants (3).

Ce marais est isolé du domaine marin par un cordon dunaire qui comprend, d'W en E, la dune du Châtelet, la dune d'Aval et la dune d'Amont. L'estran sableux recouvre des bancs de tourbe qui affleurent localement et témoignent de l'extension ancienne du marais. Vers le large, la topographie des fonds marins

(*) Dynamique sédimentaire et structurale, UA 719 C.N.R.S., Université de Lille I, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex. Note présentée le 5 Juin 1985 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 4 Juin 1986.

continuité de la couverture végétale détermine une forte attaque locale par le vent. Ceci confère à cette zone un aspect irrégulier, où les buttes fixées par la végétation alternent avec des couloirs d'érosion.

2) Les phénomènes marins.

a) En domaine intertidal.

En période estivale, la zone intertidale présente, par suite des déferlements successifs, une série de barres sableuses séparées par des dépressions ou "bâches". En période hivernale, le renforcement des actions hydrodynamiques entraîne une érosion importante de l'estran et un aplanissement de son profil (fig. 3), qui déterminent un écoulement diffus, non chenalisé, des eaux de jusant. Cette érosion saisonnière est particulièrement marquée à l'W de la baie, où des bancs de tourbe, masqués en été, affleurent sur une hauteur pouvant atteindre 1,5 m. Cet escarpement de tourbe s'atténue progressivement vers l'E, pour disparaître aux abords de Wissant. Ceci pourrait traduire une activité hydrodynamique décroissante d'W en E.

b) Au niveau de la haute plage.

Les mesures effectuées de juillet 1983 à décembre 1984 ont permis de constater une grande variabilité de la vitesse de recul de la côte, selon le lieu et en fonction des conditions météorologiques et océanographiques. Les zones d'attaque se déplacent selon l'incidence des houles, dont les effets croissent de manière différentielle vers les périodes de vives eaux combinées à des tempêtes d'W.

a) Pendant l'hiver 1983-1984. Cinq tempêtes ont eu lieu, au cours desquelles les vents ont atteint des

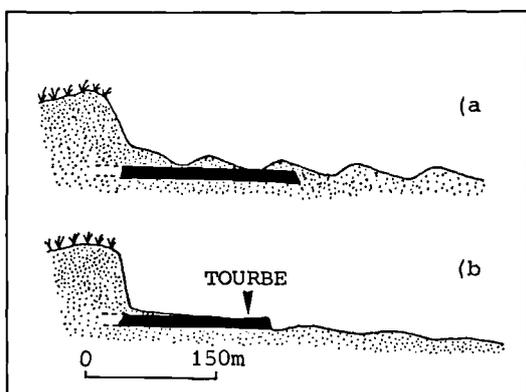


Fig. 3. — Profil de l'estran de Wissant, à l'Ouest de la baie, en été (a) et en hiver (b).

Fig. 3. — Cross-profile of the western part of Wissant tidal-flats, in summer (a) and in winter (b) conditions.

vitesse instantanées de 30 à 37 m/s (108 à 133 km/h), coïncidant toutefois avec des marées de morte-eau. L'érosion marine, pratiquement nulle entre l'extrémité NE de la dune d'Amont et l'extrémité SW de la digue de Wissant, concerne particulièrement deux secteurs (fig. 4) :

— Vers le NE, les falaises crétacées de Strouanne et du Petit Blanc-Nez reculent environ de 0,5 m/an.

— Vers le SW, l'érosion débute au niveau de la ligne de fortification ("Mur de l'Atlantique") qui prolonge la digue de Wissant, et se poursuit jusqu'à la pointe de la Courte Dune. La zone d'attaque maximum se trouve immédiatement au SW de la digue : le "Mur de l'Atlantique" se disloque progressivement ; une brèche, ouverte pendant l'hiver 1982-1983, se développe rapidement. La dune d'Aval, en arrière de l'extrémité effondrée de ce mur, a reculé de 10 m au cours de l'hiver. Vers l'W, l'érosion est plus faible : elle a entraîné un recul de 2 m environ de la zone de transition entre les dunes d'Aval et du Châtelet, et de 0,5 m seulement de la dune du Châtelet elle-même. Notons que la vitesse de recul du trait de côte, dépourvue de variation continue tout au long de la baie, n'apparaît pas en accord avec le gradient d'hydrodynamisme défini précédemment (v. II, 2, a).

β) A la fin du mois de novembre 1984. La conjonction de vents très violents (46 m/s, soit 166 km/h) avec une pleine mer de vive-eau (coefficient de marée : 102) a provoqué une évolution rapide de la partie occidentale de la baie (fig. 5). La zone d'érosion s'est étendue vers le NE. La limite de la zone non érodée, stable auparavant, s'est déplacée de 150 m, jusqu'au milieu de la dune de Wissant. Le démantèlement du "Mur de l'Atlantique" s'est accentué : la largeur de la brèche est passée de 25 à 40 m.

Le recul du trait de côte, généralisé de Wissant à la Pointe de la Courte Dune, a été très rapide : 17 m au niveau de la dune d'Aval ; 12 m à l'extrémité de la dune du Châtelet, en arrière du cordon de galets de Tardinghen. Les houles se sont engouffrées dans les couloirs d'érosion éolienne et au niveau des zones plus basses de la dune d'Aval, provoquant un début de rupture du cordon dunaire. Six chenaux ont ainsi été créés dans la dune, en direction du marais de Tardinghen ; ils sont étroits (5 à 15 m) mais échancrent profondément l'appareil éolien (100 m au maximum, soit les deux tiers de la largeur de la dune). L'érosion marine littorale est ainsi relayée par l'érosion éolienne.

c) En résumé.

Lors de conditions météorologiques moyennes, l'érosion du domaine littoral (estran et dune) est limitée en fonction du degré de fixation dunaire, de la présence de cordons de galets et de bancs de tourbe. En revanche, lors de tempêtes violentes associées à des marées de vives eaux, l'érosion et le transfert sédimentaire sont intenses et peu dépendants des particularités et

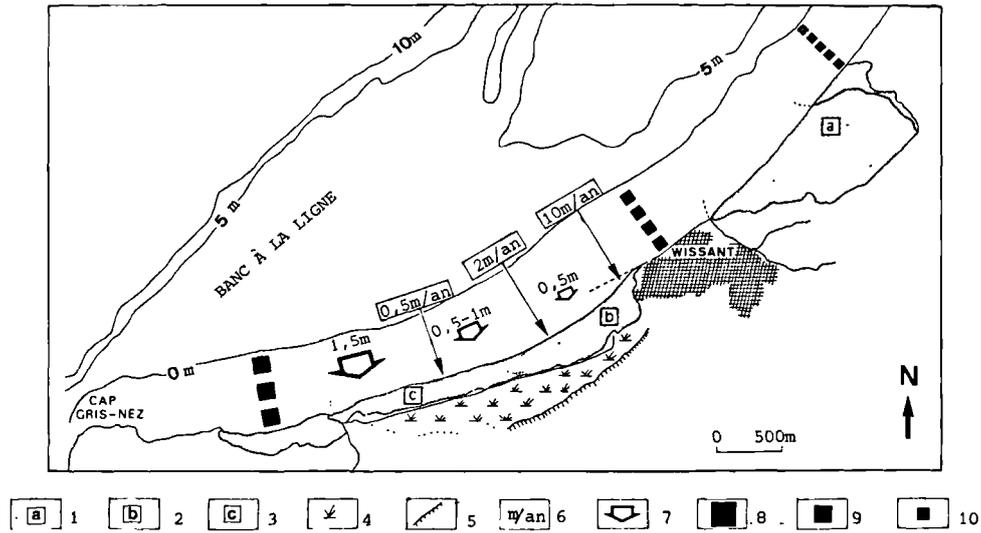


Fig. 4. — Morphologie et dynamique littorale de la baie de Wissant, hiver 1983-1984.
 1, Dune d'Amont. — 2, Dune d'Aval. — 3, Dune du Châtelet. — 4, Marais de Tardinghen. — 5, Falaise fossile. — 6, Valeurs du recul de côte. — 7, Erosion de l'estran. — 8, Variations granulométriques fortes. — 9, Variations granulométriques moyennes. — 10, Variations granulométriques faibles.

Fig. 4. — Morphology and coastal dynamics in the Wissant Bay, winter 1983-1984.
 1, Amont Dune. — 2, Aval Dune. — 3, Châtelet Dune. — 4, Tardinghen Marsh. — 5, Ancient cliff. — 6, Backward movement values of the coastal line. — 7, Erosion of the tidal-flat. — 8, Strong grain-size variations. — 9, Medium grain-size variations. — 10, Low grain-size variations.

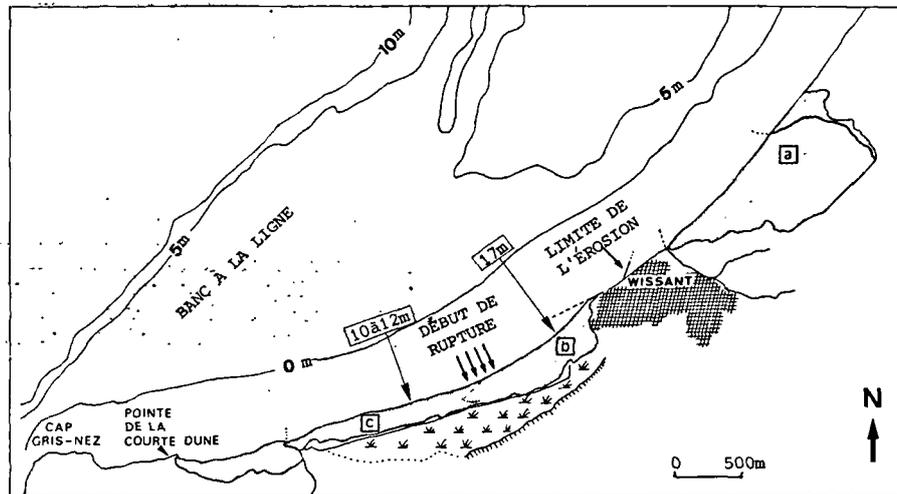


Fig. 5. — Morphologie et dynamique littorale de la baie de Wissant, novembre 1984 (légende, fig. 4).

Fig. 5. — Morphology and coastal dynamics in the Wissant Bay, november 1984 (for legend, fig. 4).

des obstacles locaux. Cette variabilité, et le rôle essentiel des conditions météorologiques et océanographiques extrêmes, rendent l'estimation des vitesses de recul de la côte très difficile à établir. La valeur moyenne de 7 m/an, estimée d'après des observations effectuées entre 1949 et 1977 (5), correspond en fait à des variations considérables et de très courte période.

III. — VARIATIONS HYDRODYNAMIQUES SAISONNIERES

1) Echantillonnage et traitement des données.

Dans le but de suivre l'évolution des paramètres granulométriques des sables de l'estran pour mieux connaître la dynamique littorale, 189 échantillons ont été prélevés en baie de Wissant. Ils sont répartis selon des radiales perpendiculaires à la côte, depuis le pied de dune jusqu'au niveau des basses mers (fig. 1). En raison de l'homogénéité constatée lors des premières analyses, le nombre de radiales d'échantillonnage, dont l'emplacement est demeuré fixe, a été réduit de 11 en août 1983 à 5 en octobre 1983, puis à 3 en février 1984.

Les principaux paramètres granulométriques utilisés sont les suivants (6, 7) :

— Paramètres de position : mode, médiane (Q_{50}), quartiles (Q_{25} et Q_{75}). Les valeurs Q_{25} , Q_{50} et Q_{75} représentent la taille maximum des particules composant respectivement 25 %, 50 % et 75 % du poids de l'échantillon.

— Paramètres de dispersion : L'indice de classement So de Trask défini par la relation $So = \frac{Q_{25} \text{ (mm)}}{Q_{75} \text{ (mm)}}$, représente la dispersion des tailles de grains de part et d'autre du mode.

L'indice d'asymétrie Sk , défini par la relation $Sk = \frac{Q_{25} \times Q_{75}}{(Q_{50})^2}$, caractérise le mode de distribution de l'échantillon par rapport à la médiane.

Pour limiter les erreurs d'échantillonnage liées aux grains les plus grossiers ou les plus fins, nous avons utilisé la notion de grain moyen, qui prend en compte la partie du sédiment comprise entre Q_{10} et Q_{90} . La valeur du grain moyen est donnée par la relation :

$$GM (\varphi) = \frac{\varphi_{10} + \varphi_{30} + \varphi_{50} + \varphi_{70} + \varphi_{90}}{5}$$

φ_{10} , φ_{30} , φ_{50} , φ_{70} , φ_{90} étant les dimensions en échelle φ qui correspondent aux fréquences 10 %, 30 %, 50 %, 70 %, 90 %.

2) Résultats.

a) Distribution d'ensemble du grain moyen.

En baie de Wissant, le grain moyen des sables de l'estran varie de 315 μm à 190 μm . L'ensemble de ces sables est bien à très bien classé (l'indice So varie de 1,05 à 1,21), et de répartition symétrique par rapport à la médiane (l'asymétrie Sk varie de 0,86 à 1,14).

Le grain moyen des sables marins diminue depuis le haut-estran (300-315 μm), jusqu'au niveau des plus basses mers, à environ 600 m de la côte (190-200 μm). Ceci indique l'existence d'un hydrodynamisme décroissant depuis la côte vers le large.

b) Variations saisonnières du grain moyen dans chaque secteur de la baie.

A l'exception des zones de chenaux, où la granularité est très élevée, les profils granulométriques de l'estran (fig. 6) se décomposent en deux parties, depuis le pied de dune vers le large : d'abord une zone à grain moyen croissant, puis une seconde zone à grain moyen décroissant jusqu'au niveau des basses mers.

La partie ascendante de la courbe, qui correspond au niveau supérieur de l'estran, est relative à une zone atteinte par les houles seulement lors des marées de fort coefficient. Des apports, par le vent du large, de sédiments fins issus des niveaux inférieurs de l'estran découverts à marée basse, sont responsables de cet abaissement relatif du grain moyen en pied de dune.

La partie ascendante de la courbe montre, à partir de valeurs de 270 μm à 310 μm , une diminution variable du grain moyen selon les profils et les périodes d'échantillonnage :

— A l'Est de la baie, les variations sont faibles d'un échantillonnage à l'autre (fig. 6a).

— Devant Wissant, le grain moyen, élevé jusqu'à une distance située à 300 m du haut-estran (280 μm), diminue plus rapidement vers le large en octobre qu'aux autres périodes (fig. 6b). Ainsi, à 400 m de la côte, le grain moyen passe de 250 μm en août à 200 μm en octobre, puis à 270 μm en février. Ces valeurs indiquent une inversion de l'évolution du grain moyen au cours de l'hiver.

— A l'W de la baie, le grain moyen diminue au cours de l'hiver, malgré un hydrodynamisme accru. Cette diminution est particulièrement marquée entre octobre et février (fig. 6c).

c) Variations saisonnières des fractions granulométriques extrêmes dans chaque secteur de la baie.

Afin de déterminer la fraction granulométrique responsable des variations saisonnières du grain moyen, nous avons étudié les variations quantitatives des différentes classes granulométriques, regroupées en trois stocks : particules de taille supérieure à 326 μm ; parti-

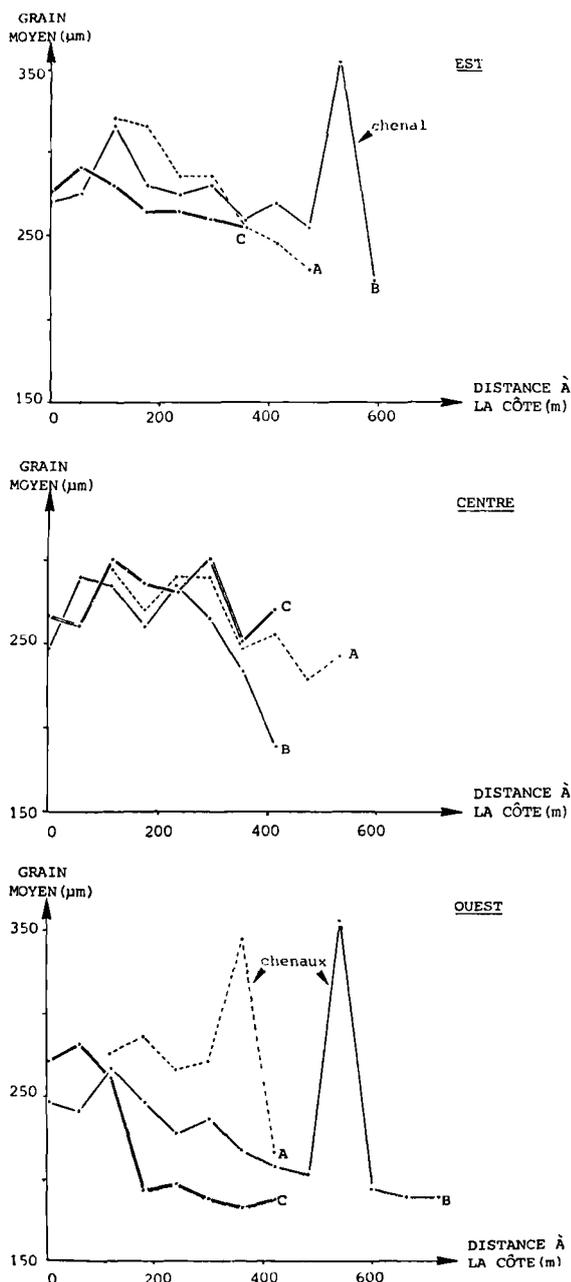


Fig. 6. — Variations saisonnières du grain moyen dans trois secteurs de la baie de Wissant.

A : Août 1983. — B : Octobre 1983. — C : Février 1984.

Fig. 6. — Seasonal variations of the mean grain-size in different parts of the Wissant Bay.

A : August 1983. — B : October 1983. — C : February 1984.

cules de taille comprise entre $326 \mu\text{m}$ et $185 \mu\text{m}$ (stock correspondant à l'intervalle de variation du grain moyen); particules de taille inférieure à $185 \mu\text{m}$.

— *A l'Est de la baie*, le pourcentage de particules de taille supérieure à $326 \mu\text{m}$ est assez constant dans la partie inférieure de l'estran (10-15 %). Il est plus variable en haut-estran (20-35 %), où il décroît d'août 1983 à février 1984 (fig. 7a). En revanche, le pourcentage de particules inférieures à $185 \mu\text{m}$, faible à la côte, augmente modérément vers le large lors des trois échantillonnages (fig. 7b).

— *Devant Wissant*, les variations du pourcentage de particules supérieures à $326 \mu\text{m}$ sont comparables pour les trois échantillonnages, dans la partie supérieure de l'estran (20-30 %). A partir d'une distance à la côte de 350 m, elles diffèrent nettement et leur évolution dans le temps est identique à celle du grain moyen : on observe une diminution d'août à octobre, puis une forte élévation d'octobre à février (fig. 8a). L'augmentation vers le large des particules de taille inférieure à $185 \mu\text{m}$, faible en août, est plus rapide en octobre et février (fig. 8b).

— *A l'Ouest de la baie*, les variations du pourcentage des particules supérieures à $326 \mu\text{m}$ sont plus importantes en haut-estran qu'en bas-estran (fig. 9a). Par contre, l'augmentation vers le large des particules inférieures à $185 \mu\text{m}$ (fig. 9b), modérée en août et octobre, est beaucoup plus importante en février, à partir d'une distance à la côte faible (150 m).

3) Discussion.

La comparaison des courbes de variation du grain moyen et des fractions granulométriques extrêmes montre que, dans la partie supérieure de l'estran, les modifications du grain moyen sont déterminées par le stock des particules supérieures à $326 \mu\text{m}$. En effet, dans ce domaine, les particules inférieures à $185 \mu\text{m}$ sont peu nombreuses et en quantité constante. En revanche, dans la partie inférieure de l'estran, les modifications du grain moyen sont principalement déterminées par les particules inférieures à $185 \mu\text{m}$, puisque le stock des particules supérieures à $326 \mu\text{m}$ est dans l'ensemble stable, à l'exception de l'estran inférieur en face de Wissant.

Au niveau de Wissant, malgré des conditions hydrodynamiques de plus en plus sévères au cours du temps, on observe en octobre 1983, dans la partie inférieure de l'estran, une diminution du grain moyen par rapport à août, suivie d'une augmentation nette en février 1984. A l'W de la baie en revanche, la diminution du grain moyen est continue d'août à février. Elle est déterminée par un excès du stock granulométrique le plus fin, et résulte de l'érosion de l'estran par les vagues et courants, ainsi que par la mise à l'affleurement d'un horizon inférieur, plus fin. En effet, des carottages effectués dans la partie inférieure de l'estran, depuis Wissant jusqu'à la Courte-Dune, montrent l'exis-

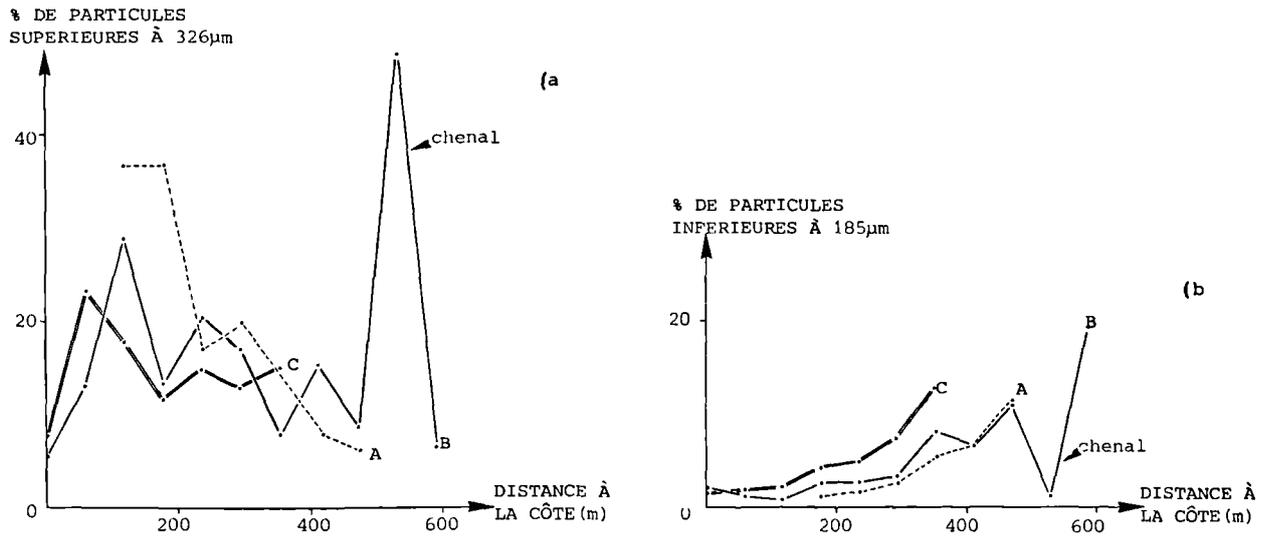


Fig. 7. — Variations saisonnières des particules extrêmes à l'Est de la baie.
A : Août 1983. — B : Octobre 1983. — C : Février 1984.

Fig. 7. — Seasonal variations of largest and smallest particles, eastern part of Wissant Bay.
A : August 1983. — B : October 1983. — C : February 1984.

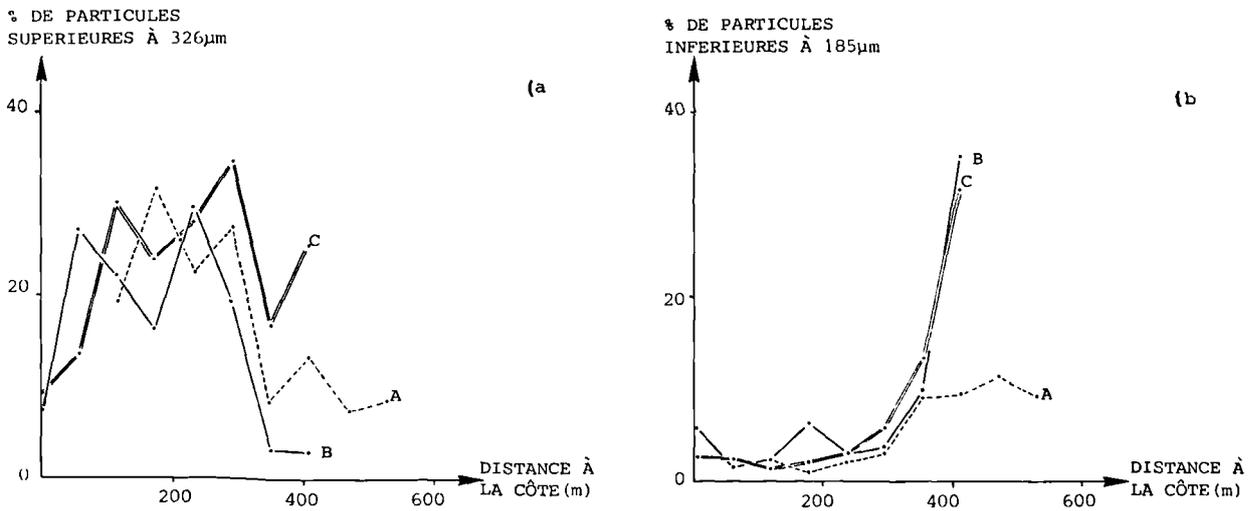


Fig. 8. — Variations saisonnières des particules extrêmes, devant Wissant.
A : Août 1983. — B : Octobre 1983. — C : Février 1984.

Fig. 8. — Seasonal variations of largest and smallest particles, in front of Wissant.
A : August 1983. — B : October 1983. — C : February 1984.

tence de sable beige, relativement grossier (grain moyen de $240\ \mu\text{m}$ à $310\ \mu\text{m}$) surmontant du sable gris, plus fin (grain moyen de $180\ \mu\text{m}$ à $210\ \mu\text{m}$). Cette érosion, qui affecte dès octobre la zone comprise entre Wissant et la Pointe de la Courte-Dune, semble suivie d'un apport de sable beige plus grossier sur l'estran inférieur de Wissant, en février. Ceci pourrait traduire un début d'engraissement, plus précoce à Wissant que dans la partie W de la baie.

Ni les courants, dont la résultante est orientée vers le NE, ni les houles, portant aussi dans cette direction, ne peuvent expliquer à eux seuls ce phénomène d'érosion au SW et de sédimentation au centre de la baie. L'intervention d'une composante additionnelle de trans-

port, orientée localement et temporairement du NE vers le SW, devient nécessaire. La mise en place d'un tel contre-courant côtier, entre Wissant et la Pointe de la Courte-Dune, pourrait être déterminée par une modification de la direction du courant de flot, portant au large vers le NE. En effet, à proximité du Cap Gris-Nez, le niveau du Banc à la Ligne, élevé, pourrait provoquer une réfraction du courant. Cette réfraction s'atténuerait progressivement, au fur et à mesure que la hauteur du banc diminue vers le NE, jusqu'aux abords de Wissant (fig. 10). La situation s'estomperait ultérieurement par suite de l'abaissement printanier puis estival du Banc à la Ligne, que les houles de flot franchiraient alors sans subir de déformation importante.

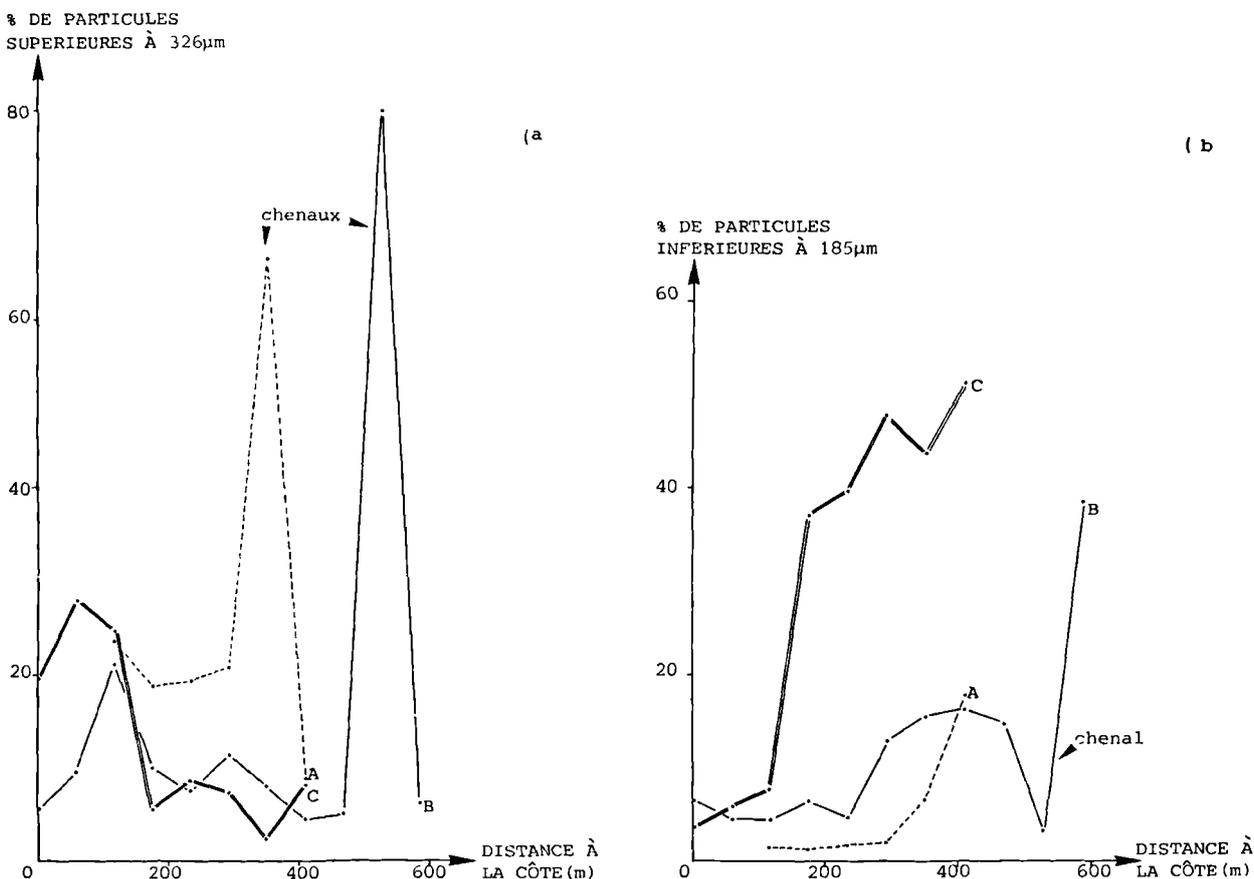


Fig. 9. — Variations saisonnières des particules extrêmes, à l'Ouest de la baie.
A : Août 1983. — B : Octobre 1983. — C : Février 1984.

Fig. 9. — Seasonal variations of largest and smallest particles, western part of Wissant Bay.
A : August 1983. — B : October 1983. — C : February 1984.

IV. — CONCLUSION : MOUVEMENTS SEDIMENTAIRES EN BAIE DE WISSANT

La dynamique sédimentaire actuelle de la baie de Wissant est marquée par deux types de phénomènes, éoliens et marins, étroitement liés.

Les phénomènes éoliens sont importants en raison des vitesses élevées des vents lors des tempêtes, et de la vaste étendue de l'estran découverte à marée basse. Leur action sur le cordon dunaire est conditionnée par l'orientation du trait de côte.

— Si les directions des vents dominants et du trait de côte sont parallèles, les sables sont exportés et on n'observe pas d'engraissement de la dune. L'érosion éolienne peut alors être importante, notamment si la dune est mal fixée. C'était le cas récemment de la dune d'Aval. L'aboutissement probable de l'évolution consiste dans une rupture du cordon dunaire et l'envahissement par la mer du marais situé en arrière. Le problème de l'érosion éolienne de la dune revient donc essentiellement à un problème de fixation du sable.

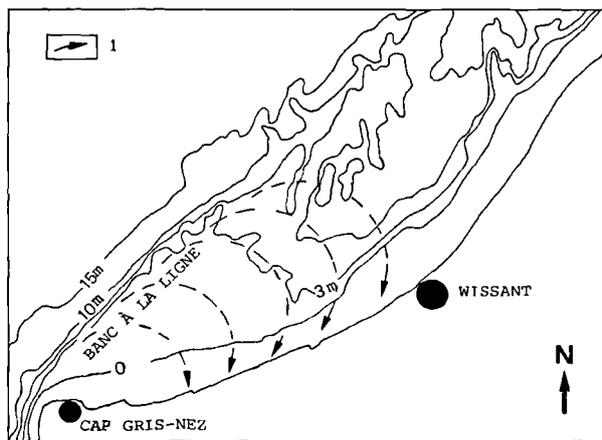


Fig. 10. — Hypothèse d'un contre-courant saisonnier en baie de Wissant.

1 : Sens possible de réfraction des courants.

Fig. 10. — Hypothesis of a seasonal counter-current in the Wissant Bay.

1 : Possible direction of refraction of the currents.

— Si les directions des vents sont obliques par rapport au trait de côte, l'érosion éolienne de l'estran lors des tempêtes tend à provoquer un engraissement de la dune. C'est le cas actuellement de la dune d'Amont. Toutefois, la dune d'Amont s'engraisse non seulement parce qu'elle reçoit des apports arrachés par le vent à l'estran, mais aussi et surtout parce qu'elle ne subit pas l'action des houles.

L'érosion marine s'ajoute à l'érosion éolienne, selon des modalités complexes. En domaine intertidal existe un gradient hydrodynamique croissant d'Est en Ouest, qui détermine une érosion maximale de l'estran au niveau de la Courte Dune. Cette érosion primaire, qui affecte surtout le sable superficiel beige, dégage en début de période hivernale des formations sous-jacentes, plus résistantes à l'érosion, comme de la tourbe ou le cordon de galets de Tardinghen. Elle met aussi à l'affleurement un horizon inférieur de l'estran, composé de sable plus fin et plus gris.

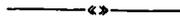
L'observation d'un début d'engraissement devant Wissant, en février, alors que l'érosion est encore très active à l'W, permet d'envisager la présence d'un contre-courant portant vers le SW, à l'intérieur de la baie, entre Wissant et la Pointe de la Courte-Dune. Un tel contre-courant pourrait être responsable de l'instabilité de la partie occidentale de la baie, à la fois sur l'estran et au niveau du trait de côte. Il expliquerait la transition brutale, devant Wissant, d'une zone stable à une zone particulièrement soumise à l'érosion, ainsi que le déplacement de la limite entre ces deux zones lors de tempêtes exceptionnelles, par extension du contre-courant vers le NE. Les conséquences de tels mécanismes sur le plan de l'environnement et de l'aménagement pourraient être considérables : semi-fermeture saisonnière de la partie occidentale de la baie de Wissant, accumulation potentielle de particules fines et de polluants... L'hypothèse proposée ici doit être éprouvée par des mesures de courants, et par un suivi hydrodynamique précis.

Remerciements. — Nous exprimons notre vive reconnaissance à l'Etablissement Public Régional Nord-Pas-de-Calais et à l'IFREMER, qui ont soutenu les recherches à Wissant dans le cadre d'une convention pluriannuelle, et qui ont facilité l'ouverture du laboratoire de Sédimentologie de Lille à des recherches régionales fondamentales à conséquences appliquées. Nos remerciements s'adressent également à J.P. Dhorme (Service maritime du port de Boulogne-sur-Mer) et aux personnels de la Station marine de Wimereux qui ont facilité nos travaux, ainsi qu'à P. Debrabant et A. Richard, qui ont accepté de critiquer le premier manuscrit.

* * *

BIBLIOGRAPHIE

- 1) CLABAUT P. (1985). — Dynamique sédimentaire du littoral de Wissant et de ses abords. *D.E.A. Géol. dyn. prat.*, Lille I, 51 p. + ann.
- 2) BRIQUET A. (1930). — *Le littoral du Nord de la France et son évolution morphologique*. Orléans, 439 p., 151 fig., 1 pl.
- 3) MORTIER A. et BOELS M. (1980). — The morphological evolution of the littoral region in Wissant (N. France), during the Holocene. *Bull. Ass. Franc. Et. Quat.*, 1-2, p. 41-45.
- 4) PAVAGEAU C. (1983). — Rapport littoral. *Direction départementale de l'Équipement*, 59 p.
- 5) I.G.N. — Photographies aériennes de la région de Marquise. Missions de 1949, 1957, 1963, 1976, 1977, 1979, 1981, échelles 1/50 000 à 1/12 500.
- 6) RIVIERE A. (1977). — *Méthodes granulométriques. Techniques et interprétations*. Masson, éd., 170 p.
- 7) BERTHOIS L. (1975). — *Etude sédimentologique des roches meubles. Techniques et méthodes*. Doin, éd., 278 p., 145 fig.



Distribution des sédiments récents dans l'estuaire de la Canche (Pas-de-Calais)

Distribution of recent sediments in the Canche estuary (North of France)

par Yves DESPEYROUX (*) et Hervé CHAMLEY (*)

Résumé. — La Canche débouche en Manche orientale par l'intermédiaire d'un estuaire d'orientation SE-NW, soumis à des marées fortes et décroissant de manière régulière vers l'amont. La morphologie estuarienne est marquée par un comblement résultant d'apports marins et d'actions anthropiques. Elle est caractérisée par une flèche littorale au sud, opposée à une érosion de la rive nord. Ce phénomène, provoqué par les actions de transfert littoral, détermine une dérive de l'axe de l'estuaire vers le Nord.

Les lithofaciès présentent une distribution latérale typique. Les données granulométriques, pétrographiques et minéralogiques permettent de caractériser diverses zones : le chenal, la zone protégée par le banc du Pilon, la slikke, le schorre et le domaine en aval de l'embouchure. L'évolution de la sédimentation au cours du temps conduit à un affinement granulométrique sur le schorre. A la périphérie de ce domaine, la sédimentation est liée à la combinaison des actions éolienne, marine et fluviales. Au total, on dispose d'une référence cartographique et sédimentologique détaillée de l'estuaire de la Canche, qui peut être comparée à l'évolution passée et à venir de ce domaine d'interface continent-mer.

Abstract. — *The Canche river flows into the Eastern English Channel through a macrotidal and hyposynchronous estuary. The estuarine morphology is characterized by a sedimentation due to sea influx and man actions. The lower part and the mouth of the estuary tend to move to the North, because of the action of coastal transfers.*

The lithofacies present a typical lateral distribution. Grain-size, petrographic and mineralogic data allow to characterize different zones: the channel, the zone behind the Pilon sand-bar, the slikke, the schorre and the open sea sector. The sedimentation is fining up on the schorre. Fluvial, marine and eolian effects interfere at the periphery of the estuary. Sedimentological and cartographic data offer an useful present-day reference on past and future changes in the Canche estuary.

I. — INTRODUCTION

De 1982 à 1984, un programme d'étude pluridisciplinaire des estuaires régionaux a été mis en place par le CNEXO-IFREMER et l'Etablissement Public Régional Nord-Pas-de-Calais. Au sein de ce programme, les recherches en sédimentologie ont conduit à porter une attention particulière sur les estuaires de l'Aa et de la Canche. Cette étude a été réalisée dans le but d'établir une référence sur les caractères de la sédimentation par rapport à l'évolution passée et future, naturelle et artificielle. Nous nous intéressons ici à l'estuaire de la Canche (Despeyroux, 1985a). Il échancre la partie septentrionale de la plaine maritime picarde et

s'ouvre en Manche orientale entre le secteur de Lornel au Nord et la ville du Touquet au Sud (fig. 1). Il a été modifié par des endiguements qui ont permis une répartition pratiquement symétrique des différents domaines rencontrés, depuis l'axe de l'estuaire jusque sur ses bordures.

La Manche orientale est marquée par une grande amplitude des marées et par la prédominance des vents de SW à W. Ces deux facteurs conjugués, combinés aux courants de marée, sont à l'origine d'un transfert littoral actif portant vers le Nord. Ils déterminent l'existence à l'embouchure, d'une barre littorale ou poulier au Sud, opposée à une rive en érosion ou musoir au Nord (secteur de Lornel).

(*) Sédimentologie et Géochimie, UA 719 C.N.R.S., Université de Lille I, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex.

Note présentée le 5 Juin 1985 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 4 Juin 1986.

L'étude pluridisciplinaire de la Basse-Canche repose sur plus de 200 échantillons (prélèvements mai-juin 1982) de sédiments superficiels et de sondages à la tarière, et sur une centaine de prélèvements d'eau effectués au cours de quatre sorties correspondant à des marées de vive-eau et de morte-eau. L'ensemble a permis de préciser l'évolution géomorphologique de l'estuaire, d'établir des cartes sédimentologiques détaillées, et de comprendre la dynamique sédimentaire par l'étude des matières en suspension et de la chimie des eaux. Nous nous limitons ici à l'observation de la distribution des sédiments. La partie concernant la dynamique sédimentaire est présentée ailleurs (Despeyroux, 1985b).

Les prélèvements des sédiments superficiels immergés ont été effectués au moyen d'une benne Ekman, sur une épaisseur de 10 cm. En domaine intertidal, l'échantillonnage a été pratiqué à la main. Les analyses granulométriques sur sédiments naturels non décarbonatés ont été réalisées selon des techniques classiques d'analyses exposées par Despeyroux (1985a) et reprises de Vatan (1967) et de Berthois (1975). Les études comprennent en outre l'analyse des minéraux argileux par diffraction des rayons X, le dosage du carbonate de calcium au calcimètre de Bernard, et le dosage du carbone organique à l'aide d'un doseur Babcock et Wilcox.

De l'amont vers l'aval, les stations d'échantillonnage sont réparties sur des profils perpendiculaires au chenal

(192 stations). A partir du cercle de voile du Touquet, les radiales se succèdent en général autour d'un axe centré sur le phare du Touquet (fig. 2).

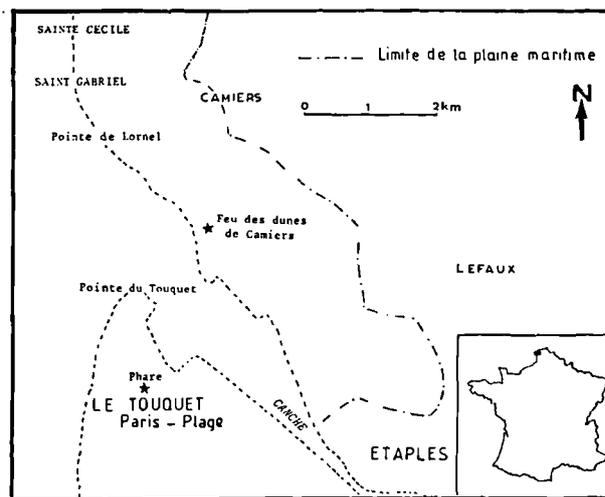


Fig. 1. — Cadre géographique de la basse Canche.

Fig. 1. — Geographic sketch of the lower Canche.

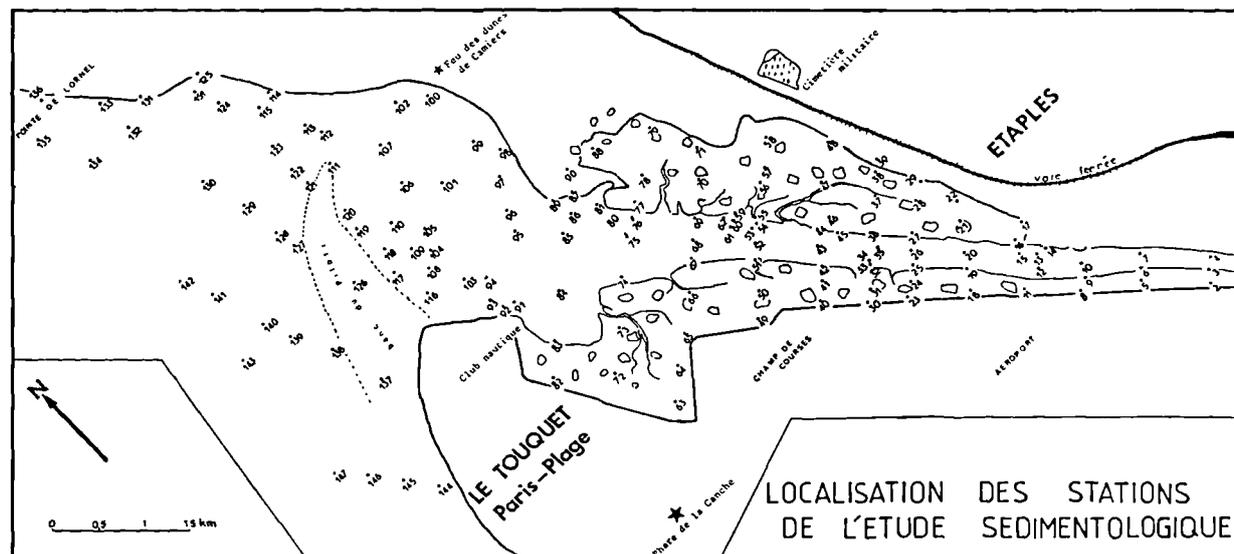


Fig. 2. — Localisation des prélèvements sédimentaires.

Fig. 2. — Location of sedimentary samples.

II. — LITHOFACIES

La nature et la répartition des sédiments sont contrôlés par l'intensité des processus hydrodynamiques et éoliens, la morphologie des fonds et la quantité d'alluvions apportées. Les variations de ces différents paramètres permettent de définir cinq ensembles sédimentaires ou faciès (fig. 3) : sableux, sables et vases, slikke, schorre, et sables humifères et tourbes.

1) Les faciès sableux.

Ils regroupent les domaines du chenal, des dunes, de l'embouchure et de l'estran.

Depuis Etaples jusqu'au Touquet, le chenal est limité par deux digues submersibles et sépare l'estuaire axialement. A l'embouchure, ses divagations sont responsables de l'échancrure du littoral, et il coupe le réseau des dunes littorales. Trois générations de dunes (Mariette, 1971) ceinturent l'estuaire du Nord au Sud. Elles sont mieux implantées au Nord et représentent une unité transgressive sur le schorre ou "herbu". Au Sud, elles ont été aplanies et fixées artificiellement. Les dunes de l'estran sont moyennement bien classées avec des valeurs du coefficient S_0 (Trask) de 1,20 à 1,26 ; elles présentent une asymétrie légèrement tournée vers les phases grossières.

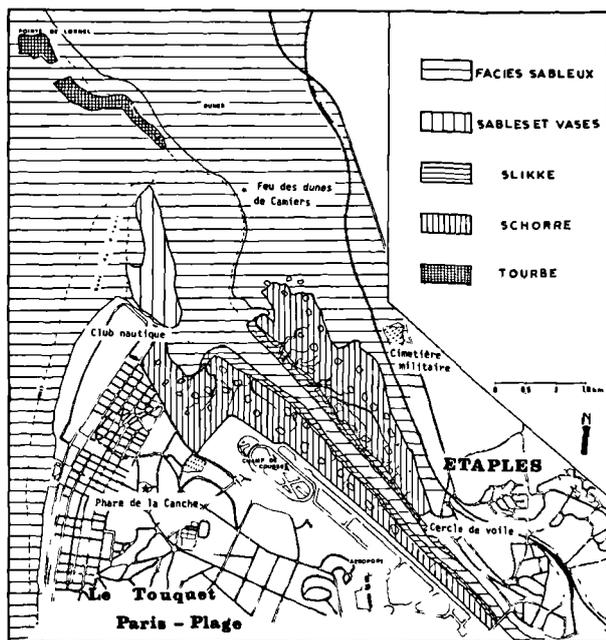


Fig. 3. — Distribution des lithofaciès.

Fig. 3. — Lithofacies distribution.

Dans le chenal, les bancs sableux stockent temporairement le sable qui chemine vers l'amont ou vers l'aval. Les sédiments du chenal sont très bien classés ($S_0 = 1,14$). L'asymétrie des courbes oscille autour de 1 et témoigne d'une bonne normalité.

A l'embouchure, les courants de marée, les vents dominants d'Ouest et les fortes marées favorisent une migration rapide et aléatoire du chenal. Le sédiment y est très bien à moyennement bien classé et présente une légère asymétrie tournée vers les tailles grossières.

Sur l'estran, le sédiment est bien à moyennement bien classé ($S_0 = 1,30$). L'asymétrie indique une dominance relative des fractions grossières, sauf sur le haut estran où elle se situe autour de 1. Au Nord, à Sainte-Cécile, le sable est voisin de celui des plages du Touquet ; le classement est respectivement de 1,13 à 1,32, et de 1,17 à 1,39.

2) Le faciès des sables et des vases.

Ce faciès se développe dans la partie aval de l'estuaire, et se trouve pris entre le flanc interne du banc du Pilon et le club nautique du Touquet. Les sédiments sont souvent réduits, de couleur noirâtre et riches en matière organique. Cette partie de l'embouchure offre, par endroits, des teneurs en particules inférieures à $63 \mu\text{m}$ pouvant atteindre 47 % du sédiment. Les chenaux abandonnés par le cours actuel de la Canche, situés en position déprimée et colmatés par des particules fines, sont le siège d'une décantation importante des matières en suspension. Entre ces zones de moindre énergie relative s'intercalent des entablements sableux riches en peuplements d'Annélides polychètes. Le sédiment de ces entablements présente un mauvais classement avec une courbe d'asymétrie tournée vers les sédiments fins. On y trouve localement en petits bancs, dans des sédiments souvent réduits, une faune abondante de Pélécy-podes, coques (*Cardium edule*) et lavagnons (*Scrobicularia plana*).

3) Le faciès de slikke.

Ce faciès se développe de part et d'autre du chenal et se trouve recouvert par chaque marée. Sa surface est souvent tapissée d'une mince couche de "crème de vase" ainsi que d'un voile de diatomées benthiques. La faune benthique est caractérisée par la présence de vers (*Nereis diversicolor*), de mollusques (*Scrobicularia plana*, *Macoma*, *Hydrobia* et *Cardium edule*), et de petits crustacés.

Les sédiments sablo-vaseux de la basse slikke, ainsi que ceux de la confluence du chenal principal avec les marigots ou chenaux, sont souvent réduits ; ils deviennent moins réducteurs en remontant vers la haute slikke, qui peut être colonisée par une végétation halophile de spartines (*Spartina townsendii*) et de salicornes (*Salicornia europea*) (Duval, 1973). La haute slikke est souvent marquée par des intercalations beiges de silts et de sables. Les sédiments des slikkes sont caractérisés

par un très mauvais classement ($0,3 < S_0 < 4$) et présentent une asymétrie < 1 .

Dans l'estuaire proprement dit, une microfalaise sépare la haute slikke du schorre. En progressant vers l'aval, la slikke et le schorre s'estompent en une plage sableuse dans le secteur de Lornel.

4) Le schorre ou "herbu".

Désigné sous le terme de "mollière" en Picardie, il s'établit de part et d'autre de la slikke pour s'imbriquer dans le massif dunaire au Nord, et se terminer au niveau des aménagements urbains de la ville du Touquet au Sud. Il n'est recouvert par l'eau que lors des coefficients de marée de vive-eau, et sa partie supérieure est délimitée par une laisse de haute mer. Des mares artificielles s'observent à sa surface; un réseau dense de chenaux indente le tapis végétal qui est dominé par une population halophile d'obiones (Duval, 1973). La couverture sédimentaire est constituée de vases compactées; le sédiment est mal classé ($S_0 = 1,30$), avec une asymétrie tournée vers les particules fines. Ces marigots très sinueux constituent le prolongement de la slikke par où arrive le flot.

5) Faciès de sables humifères et de tourbes.

Dans la partie nord de l'embouchure, la côte offre de larges estrans sableux, et le déplacement du rivage met à nu des couches d'argiles et de sables humifères associés à des tourbes. Ces faciès représentent des dépôts d'arrière-marais qui se sont développés à l'abri d'un cordon dunaire et se poursuivent sur l'estran en direction de Sainte-Cécile et de Saint-Gabriel (fig. 1). Ils ont été étudiés par Munaud et Gilot (1977), qui ont identifié onze unités lithostratigraphiques. Ces unités s'échelonnent sur une période d'environ 4 700 ans B.P., du Boréal au Subatlantique. Parmi celles qui affleurent se trouve une tourbe datant d'environ 6 000 ans B.P., surmontée d'argiles litées d'estuaire, de sables humifères et de sables gris riches en matière organique (2 160 ans B.P.).

III. — FRACTION SABLEUSE

La fraction sédimentaire la plus grossière (400 à $800 \mu\text{m}$) est composée d'éléments organogènes regroupant surtout des débris coquilliers de Mollusques et quelques Foraminifères hérités du Tertiaire (nummulites). Dans les fractions granulométriques inférieures à $160 \mu\text{m}$, le sédiment devient plus quartzueux et les autres constituants minéraux (feldspaths, micas, glauconie, minéraux lourds) sont peu abondants et de répartition uniforme.

La fraction détritique minérale, dominante, est constituée surtout par des silex, des débris calcaires et des quartz. Ces derniers sont l'élément prépondérant et peuvent dépasser 90 % du sédiment.

La fraction organogène occupe une place moins importante (10 % en moyenne). Les Foraminifères benthiques (Despeyroux, 1985a) n'en constituent qu'une faible partie (moins de 3 % en moyenne). Ils regroupent essentiellement des espèces marines infralittorales, dominées par *Ammonia beccarii* et *Elphidium excavatum*. S'y ajoutent localement quelques espèces peu abondantes de schorre, notamment *Elphidium articulatum* et *Protelphidium germanicum*.

Les Bryozoaires comprennent une très grande quantité de cyclostomes, très abîmés et usés, associés à des cheilostomes (*Cellaria*, *Heterocella* et *Nellia*).

Les Ostracodes regroupent des espèces d'environnement euryhalin et marin. Une grande partie d'entre elles est associée à des biotopes phytiaux et périphytaux. Le caractère euryhalin de la plupart des espèces identifiées suggère un développement sur du matériel végétal issu des schorres avoisinants.

IV. — FRACTION FINE

La répartition des particules inférieures à $63 \mu\text{m}$ (fig. 4) est en relation directe avec la dynamique des particules en suspension. Ces teneurs s'ordonnent en

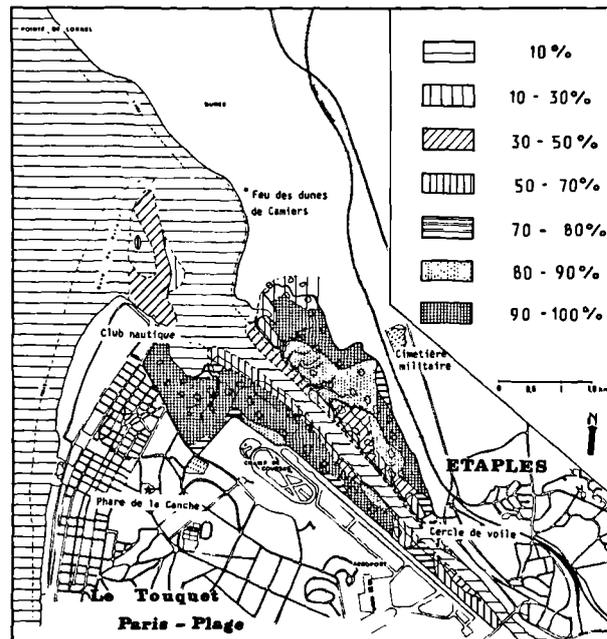


Fig. 4. — Distribution des particules inférieures à $63 \mu\text{m}$.

Fig. 4. — Distribution of less than $63 \mu\text{m}$ particles.

zones variées dont les coupures nettes séparent les domaines sableux (chenal, embouchure, estran) des domaines plus envasés :

— la zone située à l'abri du banc du Pilori, favorable au dépôt des particules fines du fait de sa position à l'abri des vagues et des courants, présente des proportions de fraction fine qui varient de 30 à 50 % du sédiment ;

— la slikke, dont les teneurs fluctuent de 30 à 70 % du sédiment, offre un ensablement plus prononcé en rive droite et un envasement plus accentué en rive gauche ;

— le schorre, plus riche en particules fines (70 à 90 %) est, comme la slikke, plus sableux sur la rive droite et plus enrichi en particules inférieures à $63 \mu\text{m}$ sur la rive gauche.

Cette abondance plus grande de particules fines en rive gauche de la Canche est due à un hydrodynamisme moins actif, ainsi qu'à l'abri relatif vis-à-vis des vents dominants de Sud-Ouest à Ouest (ville du Touquet, banc du Pilori). Ces derniers, en soufflant sur les dunes, favorisent une migration des sables sur la partie droite de l'estuaire. La combinaison des caractéristiques morphologiques de l'estuaire et des particularités hydrologiques est responsable d'une distribution granulométrique asymétrique.

L'analyse minéralogique de 41 sédiments superficiels de l'estuaire montre la distribution des minéraux argileux (particules $< 2 \mu\text{m}$). Le cortège moyen est dominé par l'illite et la smectite pour environ 25 % chacune, puis par les interstratifiés irréguliers, illite-smectite et illite-vermiculite (env. 15 %), ainsi que par la kaolinite pratiquement constante (15 %). Les interstratifiés irréguliers, chlorite-smectite et chlorite-vermiculite (env. 10 %) et la chlorite (env. 5 %) sont subordonnés ; la vermiculite se rencontre parfois en faible abondance.

Les minéraux argileux montrent des variations modérées au long de l'estuaire. La distribution de détail des minéraux paraît correspondre principalement à des variations de l'hydrodynamisme moyen. La proportion de smectite, qui augmente vers les zones protégées de la rive gauche, traduit par son pouvoir de flottation et sa portance, l'hydrodynamisme atténué de ce secteur de la Basse-Canche.

V. — LE GRAIN MOYEN

Le grain moyen correspond à la moyenne arithmétique des dimensions des diverses particules correspondant aux fréquences 10 %, 30 %, 50 %, 70 %, 90 %. Les valeurs calculées reflètent bien la taille moyenne du sédiment et conduisent à préciser les données granulométriques. On identifie quatre zones principales et trois zones accessoires (fig. 5).

Les zones principales comprennent :

— le schorre, caractérisé par un grain moyen de $125 \mu\text{m}$ (> 3 unités ϕ),

— le chenal, caractérisé par un grain moyen de 125 à $175 \mu\text{m}$ (2,5 à 3 ϕ),

— le banc du Pilori, la frange littorale du Lornel et le large de l'embouchure, caractérisés par un grain moyen de 175 à $250 \mu\text{m}$ (2 à 2,5 ϕ),

— le Nord et le Sud de l'embouchure, caractérisés par un grain moyen de 250 à $350 \mu\text{m}$ (1,5 à 2 ϕ).

Les zones accessoires regroupent :

— la zone abritée par le banc du Pilori, de grain moyen de 175 à $350 \mu\text{m}$ (1 à 1,5 ϕ),

— une petite zone située sur la pointe extérieure du banc du Pilori, avec un grain moyen supérieur à $700 \mu\text{m}$ ($< 0,5 \phi$). Il se produit dans cette zone un mouvement tourbillonnaire lors du remplissage de l'estuaire,

— les bandes sédimentaires de grain moyen de 250 à $350 \mu\text{m}$ (1,5 à 2 ϕ), situées de part et d'autre de l'embouchure, et qui correspondent à des passages préférentiels des courants de flot et de jusant.

En résumé, le grain moyen, expression synthétique de la distribution granulométrique des sédiments, traduit les grandes variations hydrodynamiques dans l'estuaire, et permet d'individualiser à l'aval des domaines correspondant à des passages préférentiels de courants.

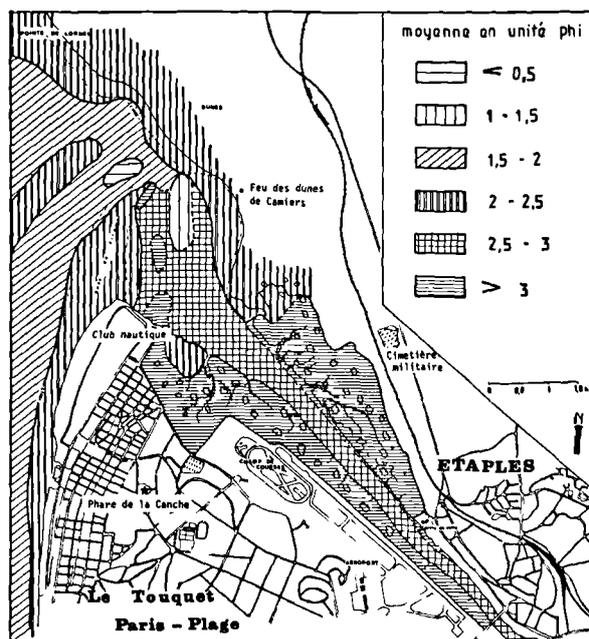


Fig. 5. — Distribution du grain moyen.

Fig. 5. — Mean grain distribution.

VI. — LE CARBONATE DE CALCIUM

Les teneurs en carbonate de calcium (fig. 6) permettent de préciser la distribution des diverses zones de sédimentation :

1° Les teneurs à moins de 15 % de CaCO_3 concernent les sables d'estran, du chenal, du banc du Pilori et de la plus grande partie de l'embouchure externe.

2° Les teneurs de 15 à 30 % caractérisent des dépôts restreints en rive droite du chenal, dans la zone abritée par le banc du Pilori, ainsi que localement dans l'embouchure externe.

3° Les teneurs de 30 à 35 % sont limitées à la rive droite de l'estuaire. Elles caractérisent des sédiments qui bordent la slikke d'amont en aval, et soulignent un réseau de cheneaux adjacents au lit principal.

4° Les teneurs de 35 à 40 % délimitent des zones restreintes et éparées dans l'estuaire.

5° Les teneurs les plus élevées en calcaire (40 à 50 %) s'observent sur le schorre.

De façon générale, les pourcentages de calcaire fluctuent parallèlement à ceux de la fraction fine. Ainsi la slikke de la rive gauche, moins sableuse que celle de la rive droite (30 à 35 %, contre 50 à 70 % de

particules $> 63 \mu\text{m}$), est plus carbonatée (35 à 40 %, contre 10 à 15 % de CaCO_3). Les sédiments sableux ne renferment que localement de fortes proportions de débris coquilliers. Dans la zone abritée par le banc sableux du Pilori, notamment, ces teneurs correspondent à des accumulations pouvant déterminer environ 60 % de calcium.

VII. — EVOLUTION RECENTE DE LA SEDIMENTATION

A la suite de l'étude de Montaigne (1973), une trentaine de sondages à la tarière a été effectuée au cours du mois de juillet 1983, dans la zone de schorre, de la slikke et de la zone abritée par le banc du Pilori (fig. 7). La pénétration moyenne des sondages est de 2,40 m, avec des profondeurs minimales de 1,20 m et maximales de 4,20 m. L'évolution verticale de la sédimentation permet de distinguer une zone de schorre et une zone de bordure.

— La zone de schorre présente une sédimentation de type "fining up", reflet du colmatage récent de l'estuaire. Les sédiments sont sableux à la base et s'enrichissent progressivement en fraction fine vers la surface. Les teneurs en carbonate de calcium fluctuent parallèlement à celles de particules fines. Parfois, quelques lits coquilliers s'insèrent dans la sédimentation des vases sableuses ou des sables vaseux. La coloration des sédiments passe de teintes brunes en surface à des teintes grises, gris-bleu, gris-noir à faible profondeur (de 0,3 à 1 m). Plus profondément, le gris s'éclaircit, ce qui correspond souvent à des sédiments sableux noyés dans la nappe phréatique.

— La zone de bordure se différencie par d'importantes variations au cours du temps. La zone septentrionale est marquée par une succession de faciès vaseux et sableux, ainsi que par la présence de sédiments reliques (galets) à la base des sondages. Ce cordon de

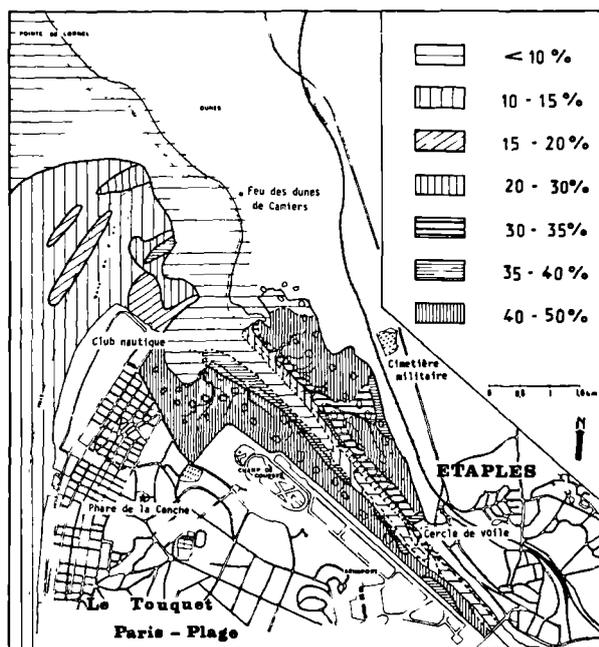


Fig. 6. — Distribution du carbonate de calcium.
Fig. 6. — Calcium carbonate distribution.

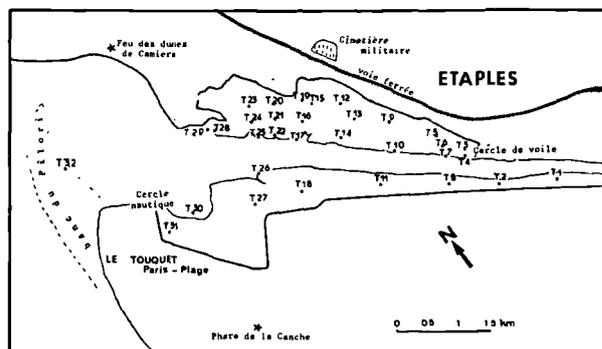


Fig. 7. — Localisation des sondages à la tarière.
Fig. 7. — Auger bore-holes location.

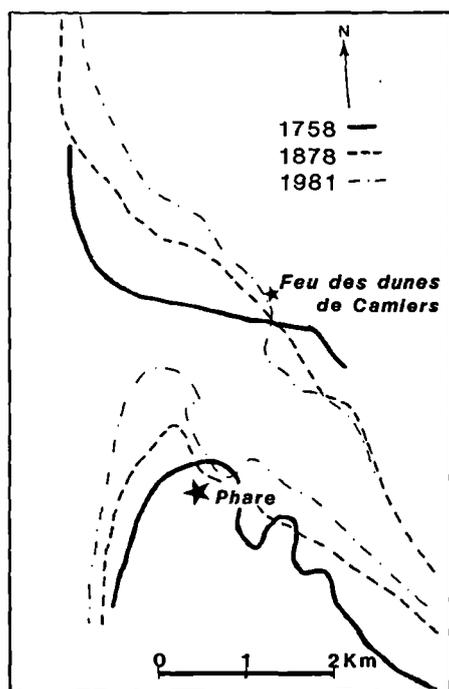


Fig. 8. — Variations du trait de côte.
Fig. 8. — Shore-line variations.

galets correspond, selon la littérature, au cordon de galets de Bel Air (Dubois, 1924 ; Briquet, 1930), ensemble littoral mis en place sous l'action des houles. Les galets sont présents à des profondeurs variant de 0,50 m à 2,50 m, près de la limite nord de l'estuaire actuel.

— *A l'aval*, la succession des différents faciès traduit l'affrontement entre les influences du domaine marin et du domaine continental, marqué dans la sédimentation par une alternance de vases et de sables. Les dépôts sableux sont prépondérants sur les dépôts fins et augmentent au cours du temps, lorsque les conditions hydrodynamiques s'accroissent avec le remplissage de l'estuaire.

— *Au niveau du schorre*, les sables abondants identifiés en profondeur ont certainement été mis en place au cours des dernières décennies, postérieurement à l'installation des digues délimitant le chenal (1863). En effet, celles-ci limitent les divagations du cours de la Canche, et permettent sur le schorre une sédimentation récente plus fine. Avant la mise en place des digues submersibles, l'estuaire plus ouvert aux influences marines favorisait le dépôt des sables. En reprenant les cartes anciennes (fig. 8), on constate une diminution, au cours du temps, de la surface de l'estuaire, de son volume et des influences marines. On observe par ailleurs une dérive de l'axe de l'estuaire vers le Nord, sous l'action des transferts littoraux (cf. traits de côte de 1758, 1878 et 1981). Depuis 1758, l'érosion de la rive nord est évaluée à 2 km environ.

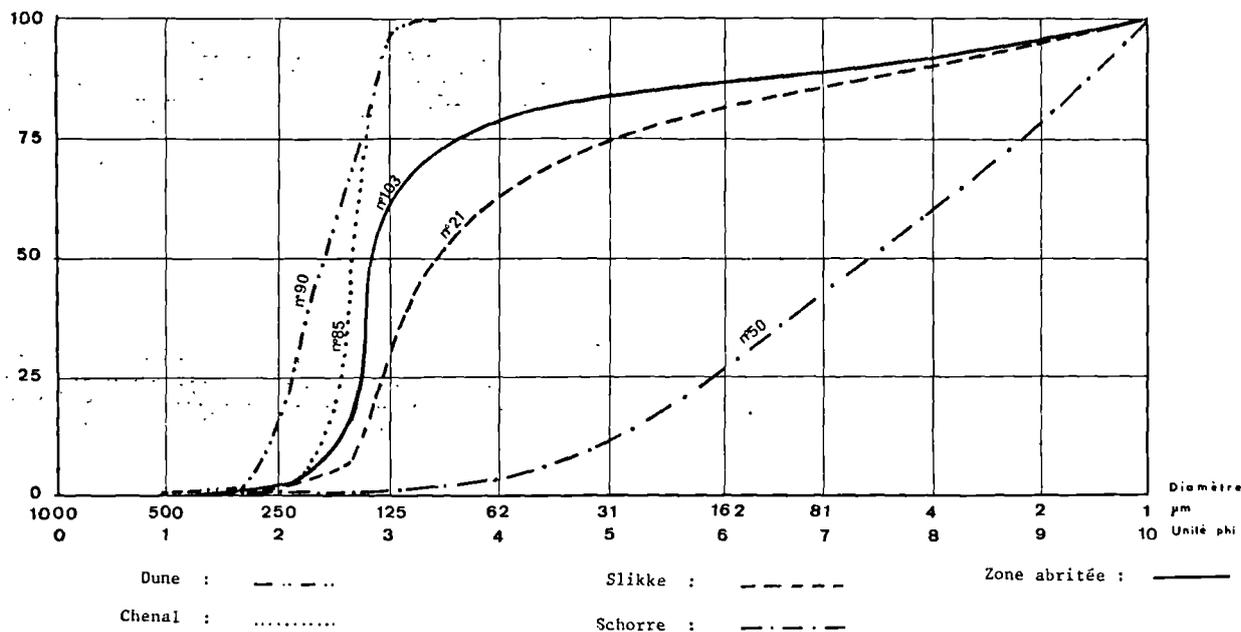


Fig. 9. — Courbes granulométriques typiques.
Fig. 9. — Main grain-size curves.

VIII. — CONCLUSION

L'estuaire de la Canche est caractérisé principalement par une zonation latérale des dépôts et par l'existence d'un chenal sableux. Ce dernier est déterminé par une vidange importante de l'estuaire lors du perdat. Les grands domaines observés permettent de différencier cinq lithofaciès, caractérisés chacun par une courbe granulométrique spécifique (fig. 9) : sables, sables et vases, slikke, schorre, sables humifères et tourbes.

L'arrangement des faciès sédimentaires de part et d'autre du chenal s'accompagne de certains gradients dissymétriques ; la rive droite est soumise à des actions hydrodynamiques moyennes plus fortes que la rive gauche, du fait de l'orientation oblique de l'estuaire par rapport aux vents et aux courants dominants, et de l'existence d'un poulie d'embouchure au sud. Ceci se traduit en rive gauche par une sédimentation enrichie en fraction fine, et par des proportions plus élevées en carbonates et en smectites. A l'aval, le grain moyen permet de faire ressortir des domaines bien individualisés, lieux de passages préférentiels des courants.

Les sondages à la tarière effectués sur les mollières ont permis de mettre en évidence un banc de galets

en profondeur sur la bordure nord, un enrichissement en particules fines vers la surface du schorre par suite du colmatage récent, enfin l'antagonisme des actions éoliennes et des apports marins dans les zones de bordure.

Au cours du temps, les houles obliques à la côte déterminent la progradation de la rive sud et l'érosion de la rive nord. Ils déterminent ainsi la dérive de l'axe de l'estuaire vers le nord.

L'étude pluridisciplinaire menée dans l'estuaire de la Canche permet ainsi de proposer un état d'ensemble sur la nature, la distribution et le comportement des sédiments. Elle permet également de disposer d'un état de référence et d'appréhender les relations existant entre les dépôts et les autres caractéristiques de l'estuaire.

Remerciements. — Nous tenons à exprimer nos remerciements à l'E.P.R. Nord-Pas-de-Calais et au CNEXO-IFREMER pour leur aide financière et morale, ainsi qu'à l'ensemble des collègues impliqués dans le programme pluridisciplinaire des estuaires régionaux. Le manuscrit a bénéficié de la lecture critique de P. Castaing, que nous remercions vivement.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BERTHOIS L. (1975). — Etude sédimentologique des roches meubles (techniques et méthodes). Doin Editeur, Paris, 278 p.
- 2) BRIQUET A. (1930). — Le littoral du Nord de la France et son évolution morphologique. A. Colin Editeur, Paris, 484 p.
- 3) DESPEYROUX Y. (1985a). — Etude hydrosédimentaire de l'estuaire de la Canche (Nord - Pas-de-Calais). Thèse 3^e cycle, Université de Lille I, 188 p.
- 4) DESPEYROUX Y. (1985b). — Hydrodynamique sédimentaire en baie de Canche. *Actes du Colloque franco-japonais d'Océanographie*, Marseille, septembre 1985 (sous presse).
- 5) DUBOIS G. (1924). — Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France. *Mém. Soc. géol. du Nord*, 6, 359 p.
- 6) DUVAL J. (1973). — Productivité primaire en baie de Canche. Thèse 3^e cycle, Université de Lille, 90 p.
- 7) E.P.R. Nord - Pas-de-Calais, CNEXO (1983). — Etude intégrée du littoral - Estuaires (Aa, Canche, Authie, Somme). Rapport d'étude interdisciplinaire 1982, Université des Sciences et Techniques de Lille et Institut Pasteur de Lille, 194 p.
- 8) MARIETTE H. (1971). — Archéologie des dépôts flamands du Boulonnais. *Quaternaria*, XIV, p. 137-150, 8 fig.
- 9) MONTAIGNE M. (1973). — La plaine maritime picarde et sa bordure dans la région de la Canche. *Cah. Géogr. phys.*, Lille, n° 1, p. 65-74, 4 fig.
- 10) MUNAUT A.V., GILOT E. (1977). — Recherches palynologiques et datations 14c dans les régions côtières du Nord de la France : phases transgressives et stabilisations dunaires flamandes dans l'estuaire de la Canche (Pas-de-Calais). *Bull. Ass. Fr. Et. Quat.*, n° 52, p. 17-25.
- 11) VATAN A. (1967). — Manuel de sédimentologie. Technip Editeur, Paris, 397 p.

Paléodictyoptère nouveau du Namurien belge

A new Namurian Palaeodictyopteron from the Belgian coal-measures

par Francine LAURENTIAUX-VIEIRA (*) et Daniel LAURENTIAUX (**)

Résumé. — Présentation et discussion d'un petit Insecte paléodictyoptère nouveau du Namurien supérieur (Yeadonien) de Belgique: *Straeleniella namurensis* n. gen., n. sp.

La nervation de *Straeleniella* est remarquable par l'organisation et l'hétérogénéité topographique du système médian antérieur. Cette disposition plésiomorphe est en désaccord avec les schémas archétypiques proposés des Paléodictyoptères (et des Ptérygotes). *Straeleniella* (aile mésothoracique) est rapprochée de *Severinula* Pruv. (aile métathoracique) (Westphalien A belge). Comparaison et traits communs des genres *Straeleniella* et *Eubleptus* Handl. (*Eubleptidae*).

Abstract. — Description of a small palaeodictyopteron Insect occurring in the Upper Namurian (Yeadonian) of Belgium: *Straeleniella namurensis* n. gen., n. sp.

The mesothoracic venation of *Straeleniella* with its unorthodox and plesiomorphic anterior media disagrees with the archetypal pattern of Palaeodictyoptera (and Pterygota) and the primitive fluting of the main veins as classically assumed. That new form (forewing) looks near *Severinula* Pruv. (hind-wing) (Westphalian A of Belgium). Assignment to a new family *Straeleniellidae*. Many veinal features of *Straeleniella* and *Eubleptus* Handl. (*Eubleptidae*) are minutely alike.

INTRODUCTION

Au Namurien, l'histoire des Insectes est profondément engagée mais la documentation paléontologique sur les mondes entomologiques de cette période demeure restreinte et n'en donne qu'une image très tronquée. La vingtaine de fossiles inventoriés atteste, toutefois, un long passé des Ptérygotes par la divergence et la diversification des lignées figurées (Paléodictyoptères, Odonatoptères, Protorthoptères, Miomoptères, Homoptères, etc...). A quelques exceptions près, les Insectes namuriens ne nous sont connus que par des ailes isolées, en gisements individuels ou peu nombreux. L'étalement géographique et stratigraphique des récoltes ajoute aux difficultés. La couche 31 du bassin d'Ostrava (Tchécoslovaquie), sous la limite immédiate du Westphalien, et le Mardsenien de Westphalie (Vorhalle-Schichten) ont fourni les découvertes les plus groupées.

L'unique forme décrite du Namurien belge restait *Protoprobole* Laurentiaux, 1952 (Mardsenien inférieur) révélant la présence bien inattendue à ce niveau des

Homoptères et le plus haut degré hiérarchique, jusqu'ici connu, atteint par les Insectes carbonifères. Le propos de cet article est la présentation critique d'un second fossile, *Straeleniella namurensis* n. gen., n. sp. (Paléodictyoptère) d'un horizon un peu plus récent (Yeadonien).

Les récoltes faites en Tchécoslovaquie (Kukalová, 1958-1960) et surtout en Westphalie (Laurentiaux, 1958; Brauckmann et Hahn, 1978; Brauckmann et Koch, 1982, 1983; Brauckmann, 1984) établissent que, dès le Namurien supérieur, la diversité des Paléodictyoptères est déjà sensible avec mention des *Dictyoneuridae*, *Breyeriidae*, *Graphiptilidae*, *Patteiskyidae*, *Homoiopteridae*. Cette dernière famille est considérée par Kukalová (1969), Kukalová-Peck (1983) comme la plus primitive (closely knit systematic unit).

L'importance de *Straeleniella* tient dans son ajout à l'inventaire, dans la nouveauté du gisement mais surtout dans son particularisme nervuraire qui, selon nos vues, met en débat le problème de la nervation archétypique des Paléodictyoptères et des Ptérygotes.

(*) Centre de Géologie Générale et Minière, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 60, Boulevard St-Michel, 75272 Paris Cedex 06.

(**) Laboratoire des Sciences de la Terre de l'Université de Reims, B.P. 347, 51162 Reims Cedex.

Note présentée le 5 Juin 1985 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 7 Mai 1986.

Ordre PALAEODICTYOPTERA Goldenberg, 1854

Famille STRAELENIELLIDAE n. fam.

Diagnose : « Petits Paléodictyoptères uniquement connus par des ailes isolées, les antérieures sub-ovales et allongées, les postérieures larges.

Bord costal à inflexion médiane plus ou moins prononcée ; apex arrondi ; bord interne d'une courbure régulière, simplement relevé dans la partie basale (aile postérieure dépourvue de lobe anal élargi).

Sc (—) longue atteignant presque l'extrémité du bord costal, relèvement de sa terminaison libre, très proche de Co (+) dans la seconde moitié de l'aile. R1 (+) à convexité fort affirmée, étroitement parallèle à Sc. Espace interrégional large. Rs (—) s'individualisant au premier quart alaire et à pectination précoce débutant à peu près au milieu de l'aile. M (+) court. Groupe médian externe *composite* : MA (+) diversement ramifié avec, en face antérieure, une ou deux branches basses. (Mpa —) (*) simples. Mp (—) branchu. Cu très bref. CuA (+) et CuP (—) divisés (bifides à polyfides). Nervation anale peu dense. Transverses ténues. Absence de traces de coloration ».

Genres (monotypiques) :

Straeleniella n. gen. (Namurien C - Yeadonien - de Belgique) (aile mésothoracique) ; *Severinula* Pruvost, 1930 (Westphalien A de Belgique) et (?) *Severinopsis* Kukalová, 1958 (sommet du Namurien C de Tchécoslovaquie) (ailes métathoraciques).

Genre *STRAELENIELLA* n. gen.

Espèce-type : *Straeleniella namurensis* n. gen., n. sp. (voir ci-après).

Genre dédié en hommage à la mémoire du Professeur Dr V. Van Straelen, ancien Directeur de l'Institut Royal de Sciences Naturelles de Belgique. Le diminutif rappelle la petite taille de ces Paléodictyoptères.

Diagnose : « Aile mésothoracique sub-ovale, trois fois plus longue que large. Légère incurvation médiane du bord costal et courbure molle du bord interne. Présence (*) de CP (—). Aire sous-costale large dans le premier tiers alaire, se rétrécissant progressivement jusqu'au milieu de l'aile (Sc (—) longeant Co au-delà. Rs (—) pectiné vers l'arrière, moyennement dense (sept terminaisons occupant tout l'apex ; première branche longuement fourchue, troisième à courte bifidie, les autres simples). MA (+) (Médiane antérieure *s. str.*) avec brève fourche marginale, admettant en face externe

deux nervures simples *distinctement concaves* (Mpa —). MP (—) quadrifide et assez symétrique. Division de R (+) et de M (+) au même niveau, postérieure à celle de Cu (+). CuA (+) ne comportant qu'une bifurcation avec branche interne faible. CuP (—) très précocement bifide. Système anal peu fourni avec veine antérieure (A1) fortement infléchie à sa base (espace cubito-anal large) se divisant en deux rameaux, le groupe suivant (A2) avec quatre ou cinq nervures simples. Transverses ténues ».

STRAELENIELLA NAMURENSIS n. sp.

Diagnose (cf. diagnose générique par monotypie) : « Terminologie spécifique en rappel de l'âge de l'holotype ».

ORIGINE ET HORIZON. — Charbonnages d'Amercœur (Belgique). Puits à Naye-à-Bois, étage 790 m, nouveau nord à 238 m de l'axe du puits d'extraction (banc n° 86). Schistes gris-noir à rayures blanches (avec nombreuses Lycopodiales et tubulations pyriteuses) au toit d'une veine terreuse de 0,40 m sise à 33,80 m au-dessous de la veine Sainte-Barbe de Ransart (= Sarnsbank = Fraxhisse) qui marque la limite Namurien/Westphalien.

Le gîte yeadonien de *Straeleniella* correspond sensiblement à l'horizon de Hauptflöz (zone à *Gastrioceras cancellatum*, *G. crencellatum*, *Arthracoceras carinatum*) soit au milieu de l'ancienne zone de Gilly (Namurien C, Nm2c) (Paproth *et al.*, 1983).

COLLECTION. — Institut Royal de Sciences Naturelles de Bruxelles (Belgique) : coll. Ass. Et. Pal. Strat. Houillères, échantillons I.G. 11 312 (empreintes positive et négative), Holotype.

Compléments descriptifs et discussion nervuraire.

Aile mésothoracique gauche complète : longueur 18-19 mm, largeur 6 mm. Nervation peu dense au relief bien marqué avec R1 plus saillant (fig. 1).

Le sillon oblique en avant de Sc (fig. 1 et 3) est peut-être à rapporter à CP (—) (Post-costale Kukalová-Peck, 1983 *sensu*) mais l'absence apparente (*in fossile*) de nervure s'y logeant et d'innervation du triangle basal laisse subsister un doute sur son origine nervuraire et cette homologie. CP, en tant que veine distincte, n'a été mentionnée qu'en quelques cas de nervation archaïque (méso- ou métathoracique) : Paléodictyoptères *Homoiopteridae*, Ephéméroptères *Protoreismaiidae* (Kukalová-Peck, 1983). Son maintien (atypique ?) chez *Straeleniella* serait donc plésiomorphe, en accord avec l'âge ancien de cette forme et l'archaïsme attribué à la présence de Mpa (—).

Les empreintes ne montrent aucune trace effective de coloration. Ce qui paraît correspondre à des bandes transversales (cf. *Spilapteridae*). — alternativement claires et foncées (fig. 1) — n'est dû qu'à des effets de

(*) Voir discussion nervuraire.

lumière réfléchi liés à de légères déformations. Quelques transverses ténues et difficilement observables sont conservées, notamment dans la région apicale.

a) *Structure du système médian de Straeleniella.*

Cette nervation est fondamentalement marquée par l'hétérogénéité du groupe médian externe. Celle-ci résulte de la présence de branches *distinctement concaves* (fig. 1 ; a, b fig. 2 et 3) en face antérieure d'une veine principale convexe figurant typiquement MA (+). Il faut noter que la course de cette médiane antérieure vraie est régulière, sans brisure et qu'elle ne forme pas de véritable fourche à la naissance géniculée des rameaux externes bas. Cette particularité du relief nervuraire exclut, selon nous, une appartenance de *Straeleniella* aux *Spilapteridae* malgré les analogies nombreuses avec cette famille et l'apparence graphique d'une médiane antérieure multifide.

Cette disposition fait problème. Si sa mention est originale, une telle structure se retrouve aussi chez *Severinula* (Pruvost, 1930, Pl. IV, fig. 2) et, semble-t-il, chez *Severinopsis* (Kukalová, 1958 ; Řehoř et Řehořová, 1972, Pl. LXIII, fig. 2). Cette répétition et en même condition chez *Straeleniella* et *Severinula*, ne saurait être le seul fait du hasard et de la fossilisation, d'autant qu'elle se présente à la fois sur l'empreinte positive et négative de *Straeleniella* et non comme une simple marque en creux de veine.

La convexité et la concavité des divers systèmes nervuraires — troncs exceptés (Kukalová-Peck, 1983, p. 1650-1651) — sont toujours nettement exprimées

chez les Paléodictyoptères et il n'est pas mis en doute qu'elles traduisent un état initial. Les modalités ontogéniques des veines hautes et basses ont été souvent évoquées (rappel *in* Carpenter, 1966 ; Kukalová-Peck, 1978) et un abaissement secondaire des *seules* branches distales d'une médiane antérieure, *ab initio* toute entière convexe, ne peut qu'apparaître singulier et difficilement explicable. L'admettre sans possibilité d'en argumenter l'origine ou invoquer une nécessité mécanique (improbable) en rapport avec le vol, ne peut que relever plus de l'a priori que de l'explication. Le relief concave de ces branches externes associées à MA (+) n'est pas différenciable, chez *Straeleniella*, de celui de Rs (—) ou de MP (—) (fig. 1 et 2). Il en est de même chez *Severinula* et *Severinopsis* (à en juger d'après les photographies publiées). Le système sectorial s'avère toujours bas (et noté comme tel) chez les Paléodictyoptères et rien ne justifie d'en reconnaître la neutralité (Rs ±) et une convergence topographique, par abaissement secondaire *pro parte*, des rameaux médians externes (MA *p. p.* ±).

b) *Nervation médiane de Straeleniella et schémas archétypiques.*

De tous les Insectes, les Paléodictyoptères sont ceux qui conservent la nervation la plus généralement primitive et la plus complète. Celle-ci a servi de base pour l'établissement du schéma archétypique des ailes de Ptérygotes et de guide pour les homologies des veines. Lameere (1922) a mis en évidence l'alternance de groupes nervuraires appariés (notamment radial, médian et cubital). Le plan lameerien fondamental a été

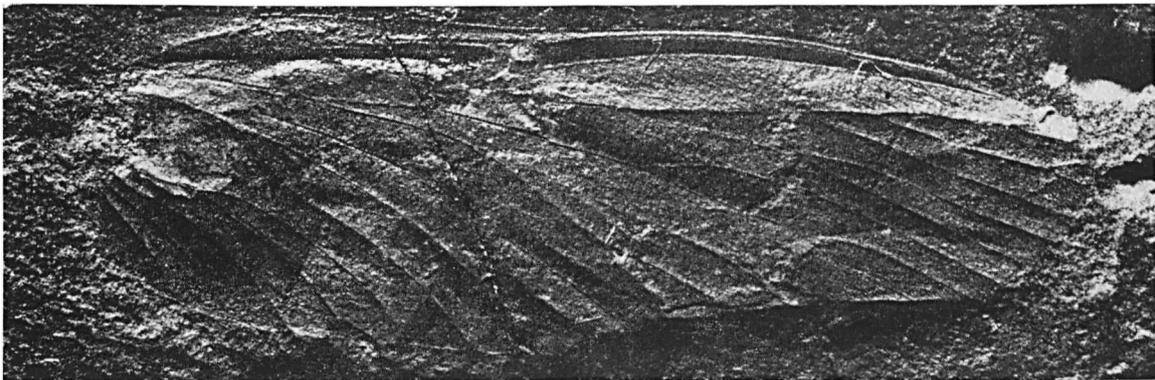


Fig. 1. — *Straeleniella namurensis* n. gen., n. sp. (holotype). Aile mésothoracique gauche (empreinte négative) (Gr. = 8). Naye-à-Bois (Belgique) ; veine à 33,8 m sous Veine Sainte-Barbe de Ransart ; Namurien supérieur (Yeadonien). (Noter l'alternance de plages claires et foncées simulant des traces de coloration).

Fig. 1. — *Straeleniella namurensis* n. gen., n. sp. (holotype). Left fore wing (obverse) ($\times 8$). Naye-à-Bois (Belgium) ; coal-seam 33,8 m under Sainte-Barbe de Ransart Coal ; Upper Namurian (Yeadonian). (Factitious bright and dull areas shaped like coloured bands).

récemment amendé par Kukalová-Peck (1983) et dans le sens d'une symétrie totale et sans écart, l'ensemble de la nervation étant assujéti à la règle d'alternance topographique.

L'hétérogénéité du groupe médian externe constaté chez *Straeleniella* apparaît donc en désaccord avec cette alternance et les schémas archétypiques proposés qui, tous, la prennent en compte.

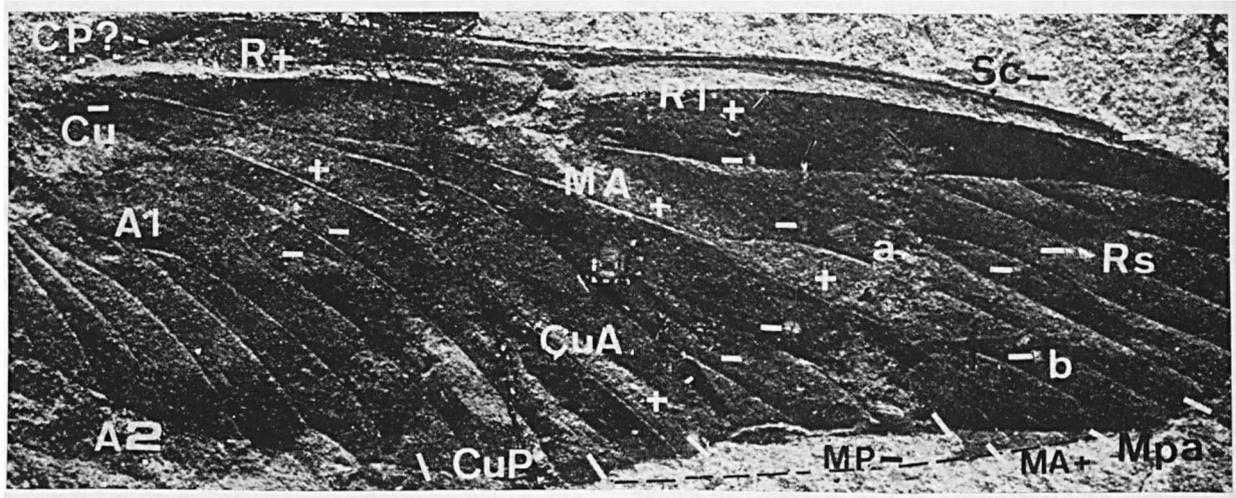


Fig. 2. — *Straeleniella namurensis* n. gen., n. sp. (holotype). (Gr. = 10).

Mise en évidence du relief nervuraire (en vraie valeur). Orientation de la fig. 1 conservée. Photographie prise avant dégageement du bord interne.

Fig. 2. — *Straeleniella namurensis* n. gen., n. sp. (holotype) (× 10).

Emphasis of the venational corrugation (actual topography). Fitting in comparison with fig. 1. The photograph has been made before removal of the matrix obscuring the inner margin.

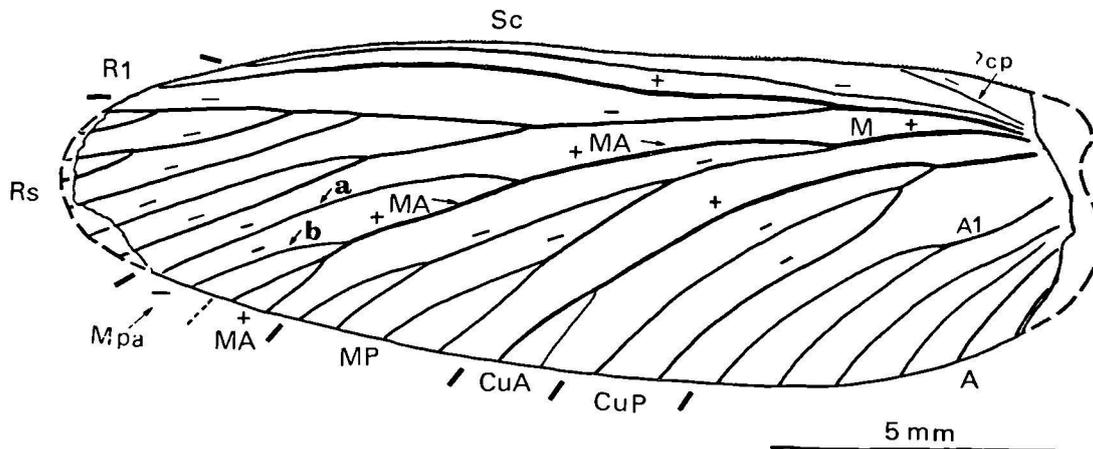


Fig. 3. — Calque alaire de *Straeleniella namurensis* n. gen., n. sp. Aile mésothoracique gauche (holotype) (Gr. = 7,5).

Fig. 3. — Venational pattern of *Straeleniella namurensis* n. gen., n. sp. Left fore wing (holotype) (× 7,5).

En partant de tels modèles, une explication de la structure médiane de *Straeleniella* (et *Straeleniellidae*) pourrait être recherchée dans un « transfert » partiel de branches sectoriales (Rs —) à la vraie médiane antérieure (MA +) soit éventuellement de RP'' (—) dans le schéma et selon la notation de Kukalová-Peck (1983), Rs perdant la duplicité initiale y mentionnée (RP'/RP''). Les systèmes radial (R-Rs) et médian (M-MA) conservent, chez *Straeleniella*, une totale indépendance sans élément de liaison, sans approximation ni indice d'anomalie (par exemple nervure avortée traduisant une potentielle instabilité). Accepter un tel « transfert » entraîne l'hypothèse complémentaire d'un effacement secondaire de trace de ces rapports à l'origine du remodelage.

La seule autre interprétation est d'admettre que ces branches concaves associées à MA (+) constituent un groupe distinct et bas rapportable, par position, au système médian. La notation Mpa (—) (médiane pré-antérieure) a été retenue pour le désigner (fig. 2 et 3). Sa présence chez *Straeleniella*, traduirait, sauf preuve dirimante, un ensemble nervuraire primordial et une disposition archaïque dont la plésiomorphie serait probablement atténuée par perte de la monogélie originelle (veine commune en départ). En l'état de l'information paléontologique, seuls les *Straeleniellidae* auraient maintenu le souvenir d'un système médian fondamentalement trifurqué avec Mpa (—), MA (+) et MP (—) (*). Cette médiane pré-antérieure aurait disparu lors de l'évolution tant il est difficilement défendable — pour les raisons déjà évoquées — que devenue secondairement convexe, elle ait participé à la riche ramification de la médiane antérieure d'autres Paléodictyoptères, en particulier des *Spilapteridae* (famille dont les nervations offrent le plus d'analogies et de ressemblances graphiques avec les *Straeleniellidae*).

Comparaisons et affinités.

Les étroites similitudes nervuraires de *Straeleniella* et de *Severinula* conduisent à un étroit rapprochement de ces deux genres. Le même bâti nervuraire s'y répète avec même présence de deux branches concaves (Mpa) en face apicale de MA typiquement convexe et terminée par une fourche marginale, même extension et structure des différents champs externes (Sc, R, Rs), MP tétrafidie. *Severinula* n'est malheureusement connu que par une empreinte unique d'aile (dont la base fait défaut) du même ordre de petite taille que celle de *Straeleniella*. Le galbe plus trapu est conséquent d'une condition métathoracique comme l'admettait Pruvost (1930) [estimée mésothoracique par Kukalová (1958)]. A s'en tenir aux caractères indiscutables de *Severinula*, les dissemblances apparaissent assez faibles, peut-être, au plus, de degré spécifique (richesse un peu supérieure

de Rs, MP sans symétrie, Mpa relativement plus tardif). Pruvost (1930, fig. 2a) a reconnu une nervation cubitale (cb) fournie avec cinq terminaisons raméales mais seule la fourche marginale de CuA (+) est nette ; les autres branches indiquées sont faibles et les rapports avec la cubitale antérieure, distinctement convexe, restent incertains (CuP ?) de même que leur nombre et leur arrangement.

Severinula a d'abord été classé (Pruvost, 1930, p. 151) dans les *Cryptoveniidae* Bolton, 1912, famille de statut précaire établie d'après une seule aile postérieure — *Cryptovenia* Bolton, 1912 (Pl. XXXII, fig. 4, 5 et 6) — avec MA simple. Kukalová (1958) devait transférer *Severinula* dans les *Spilapteridae* (considérant la polyfidie de MA et de CuA) au voisinage de *Severinopsis*. Ce classement semble avoir été ensuite abandonné, le genre n'apparaissant plus dans le catalogue de la famille (Kukalová, 1969, p. 167). Il est clair, pour nous, que le genre belge s'intègre dans les *Straeleniellidae* et que le rapprochement de *Straeleniella* (aile antérieure) et de *Severinula* (aile postérieure) reste susceptible de suggérer l'image du diagramme ptéronologique de cette famille malgré le léger décalage stratigraphique et taxonomique de ces deux formes.

Severinopsis vetusta Kukalová, 1958 (sommet du Namurien C de Tchécoslovaquie) a été attribué aux *Spilapteridae* (Kukalová, 1958 et 1969, p. 167). La taille de l'aile (métathoracique) est un peu plus grande que celle de *Straeleniella* (rapport 3/2 environ). La médiane antérieure semble comporter, en face externe, deux rameaux concaves (Kukalová, 1958, Pl. I, fig. 1 ; Rehoř et Rehořová, 1972, Pl. LXIII, fig. 2) suggérant la présence de Mpa (—). La richesse de CuA est le plus notable point de différenciation avec *Straeleniella*. Il s'y ajoute l'extrême brièveté de M (division antérieure à celle de R), le port de MP, etc... Le genre tchèque a été ici rangé (avec réserve) dans les *Straeleniellidae* bien que cela conduise à une définition large de la famille (richesse de MA et CuA). Il ne faut pas négliger que l'existence de Mpa doit d'abord être comprise comme significative d'un palier d'évolution et d'une plésiomorphie qui a pu être maintenue dans des familles différentes. Le progrès des récoltes amènera sans doute une acception plus stricte (division faible et tardive, voire simplicité, de MA et CuA). Il reste à établir si la modeste densité de la nervation de *Straeleniella* est archaïque ou déjà réduite et apomorphe.

Eubleptus Handlirsch, 1906, genre longtemps controversé du Westphalien supérieur de l'Illinois (Carpenter, 1965, fig. 3), est l'unique représentant des *Eubleptidae* Handlirsch, 1906. L'aile antérieure présente d'étonnantes ressemblances avec celle de *Straeleniella*, à la fois par la taille naine, la morphologie et la nervation. Les mêmes dispositions nervuraires se retrouvent presque au détail : quadribifidie symétrique de MP, CuP à bifidie longue et précoce (aile droite), CuA avec une seule fourche marginale, pauvreté et faible extension du

(*) Cette construction n'a rien à voir avec la trifurcation du système médian (et cubital) retenue par la théorie de Vignon (1929).

champ anal, etc... La simplicité de AI n'introduit qu'une dissemblance modeste et l'isolement plus basal (antérieur à celui de Rs) est, probablement, une acquisition secondaire. Ce qui en est connu indique une aile postérieure plus large conduisant à un ensemble ptéronologique comparable à celui, supposé, des *Straeleniellidae*.

Chez *Eubleptus*, le groupe médian antérieur, attribué à MA (+), serait dans l'aile mésothoracique, au moins quadrifide (amorces des divisions seules conservées) et ne comporterait, dans l'aile postérieure, qu'une fourche assez tardive. A défaut d'examen direct de l'échantillon holotype et de photographie publiée, force est de s'en tenir à cette homologie, d'autant que, selon Carpenter (1965, p. 182), convexités et concavités nervuraires seraient bien indiquées sur le fossile. Conclure, d'après des seules données graphiques, à une éventuelle présence de Mpa (—) — entraînant une mise en synonymie des *Straeleniella* et *Eubleptidae* — serait, en l'état, une démarche non fondée. Les nombreuses ressemblances et analogies de *Straeleniella* et d'*Eubleptus* résultent peut-être de convergences (ou de parallélismes) mais elles restent, en tous cas, étonnamment remarquables.

Sans exclure une possible synonymie des *Eubleptidae* et des *Spilapteridae*, Carpenter (1965) a souligné, avec raison, la particularité du CuA d'*Eubleptus* (identique à celui de *Straeleniella*) alors que cette veine admet, très ordinairement, une riche ramification chez les *Spilapterides*. Kukulová (1969, p. 167), maintient le distinguo des deux familles argumenté par la très petite taille des *Eubleptidae*, la simple division tardive de CuA, et un archédiction combiné aux transverses Carpenter (1965) n'a fait aucune allusion à un réseau intercalaire chez *Eubleptus*, ni ne le figure. Kukulová (1969) en donne seulement mention (observation personnelle ?).

Qu'un archédiction existât chez *Straeleniella* serait peut-être en accord avec la primitivité (Mpa) de la nervation et son ancienneté, toutefois son évidence reste problématique. Examinée sous fort grossissement et éclairage rasant convenable, la surface alaire apparaît

chagrinée (plus nettement dans les espaces internervuraires large) mais cette « microréticulation », faible et mal distincte, pourrait n'être due qu'aux grains du support en sous-impression de la membrane alaire. La pose d'un film plastique a révélé que cette apparence se maintenait hors des limites de l'aile. La présence d'une structure archéodictyale est trop significative pour être inscrite, sans évidence probatoire, au nombre des critères diagnostiques.

La précédente discussion a été orientée et argumentée par l'identification d'une Mpa (—). S'il était établi que ce système n'a pas de réalité propre et appartient, en fait, à une MA très ramifiée, la nervation de *Straeleniella* serait de faciès spilapteride. Ceci justifierait un classement dans les *Spilapteridae* ou, plus précisément, dans les *Eubleptidae* en voisinage immédiat d'*Eubleptus*.

CONCLUSIONS

L'interprétation défendue ici aboutit à récuser, au moins en ce qui concerne le système médian, une duplicité fondamentale et l'alternance topographique, soit d'admettre que la nervation des Paléodictyoptères — telle qu'elle est classiquement comprise — est déjà décomplétée. La diversification nervuraire des plus vieux représentants (namuro-westphaliens) de l'ordre reflète une histoire déjà longue qui laisse peu de chance au maintien d'une nervation archétypique (et complète) même par les plus généralement plésiomorphes. Malgré leur primitivité [conservation d'une médiane pré-antérieure, Mpa (—)] qui s'accorde avec leur localisation stratigraphique, les *Straeleniellidae* ne sauraient figurer un type nodal précurseur d'où dériveraient les autres familles de Paléodictyoptères. Ils n'ont pu échapper aux modalités d'une évolution en mosaïque qui, à tous degrés, caractérisent l'évolution des organismes et de leurs structures, et dont la concomitance, chez les Paléodictyoptères, d'un rostre suceur spécialisé et de structures alaires et anatomiques fort primitives fournit témoignage au niveau ordinal.

* * *

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BOLTON H. (1912). — Insects-remains from the Midland and South-Eastern Coal-Measures. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXVIII, p. 317, Pl. XXXII, fig. 4 à 6 (*Cryptoveniidae*).
- 2) BRAUCKMANN C. (1984). — Weitere neue Insekten (*Palaeodictyoptera*; *Protorthoptera*) aus dem Namurium B von Hagen-Vorhalle. *Über. naturwiss. Ver. Wuppertal*, t. 37, p. 108-115, 4 fig.
- 3) BRAUCKMANN C. et HAHN G. (1978). — Ein neuer Palaeodictyopteren-Fund aus dem westdeutschen Namurium. *Paläont. Z.*, t. 52, n° 1/2, p. 13-18, 1 fig.
- 4) BRAUCKMANN C. et KOCH L. (1982). — Neue Insekten aus Vorhalle Schichten (oberes Namurium B) von Hagen-Vorhalle. *Dortmunder Beitr. Land., naturwiss. Mitt.*, t. 16, p. 15-26, 6 fig.
- 5) BRAUCKMANN C. et KOCH L. (1983). — Eine weitere neue Insektenart aus den Vorhalle-Schichten (Ober-Karbon, oberes Namurium B) von Hagen-Vorhalle. *Dortmunder Beitr. Land., naturwiss. Mitt.*, t. 17, p. 3-8, 4 fig.
- 6) CARPENTER F.M. (1965). — Studies on North American Carboniferous Insects. 4. The genera *Metroptator*, *Eubleptus*, *Hapaloptera* and *Hadentomum*. *Psyche*, vol. 72, n° 2, p. 175-190, 7 fig.
- 7) CARPENTER F.M. (1966). — The lower Permian Insects of Kansas. Part 11. The orders *Protorthoptera*, *Orthoptera*. *Psyche*, vol. 77, n° 1, p. 46-51 (introd.).
- 8) KUKALOVÁ J. (1958). — On czechoslovakian *Spilapteridae* Handlirsch (*Insecta-Palaeodictyoptera*). *Acta Univ. Carolinae Praha, Geol.*, vol. 3, p. 231-240, fig. 1, Pl. I, fig. 1, 2 (*Severinopsis*).
- 9) KUKALOVÁ J. (1960). — New *Palaeodictyoptera* (*Insecta*) of the Carboniferous and Permian of Czechoslovakia. *Sborník Ustr. Ust. Geol. Praha*, p. 239-248, 4 fig., 2 pl.
- 10) KUKALOVÁ J. (1969). — Revisional study of the order *Palaeodictyoptera* in the Upper carboniferous shales of Commentry, France. Part I. *Psyche*, vol. 76, n° 2, p. 163-215, 28 fig.
- 11) KUKALOVÁ-PECK J. (1978). — Origin and evolution of Insect wings and their relation to metamorphosis as documented by fossil records. *Journ. Morphol.*, vol. 156, n° 1, p. 1-97, 14 pl.
- 12) KUKALOVÁ-PECK J. (1983). — Origin of the Insect wing and wing articulation from the arthropoden leg. *Canadian Journ. Zool.*, vol. 61, n° 7, p. 1618-1669, 30 fig.
- 13) KUKALOVÁ-PECK J. et RICHARDSON E.S. (1983). — New *Homoiopteridae* (*Insecta: Palaeodictyoptera*) with wing articulation from Upper Carboniferous strata of Mazon Creek, Illinois. *Canadian Journ. Zool.*, vol. 61, n° 7, p. 1670-1687, 24 fig.
- 14) LAURENTIAUX D. (1952). — Découverte d'un Homoptère prosboloïde dans le Namurien belge. *Ass. Et. Pal. Strat. Houillère, Bruxelles*, Publ. n° 14, 16 p., 2 pl.
- 15) LAURENTIAUX D. (1958). — *Patteiskya bouckaerti* nov. gen. et sp., Insect aus dem Namur des Ruhrkarbons. *N. Jb. Geol. Paläont.*, vol. 7, p. 302-306, 1 fig.
- 16) PAPROTH E., DUSAR M. et coll. (1983). — Bio- and lithostratigraphic subdivisions of the Silesian in Belgium, a review. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. 106, p. 241-283.
- 17) PRUVOST P. (1930). — La Faune continentale du terrain houiller de la Belgique. *Mem. Mus. Roy. Hist. Nat. Belgique*, Mém. 44 (*Cryptoveniidae*: p. 151-152, Pl. IV, fig. 2 et 2a).
- 18) ŘEHOŘ F. et ŘEHOŘOVÁ M. (1972). — Makrofauna Uhlonosného Československé části, Hornoslezské panve. *Vyr. ostravské Muz. (Insecta*: p. 98-99, Pl. LXIII-LXIV).
- 19) VIGNON P. (1929). — Introduction à de nouvelles recherches de morphologie comparée sur l'aile des Insectes. *Arch. Mus. Hist. Nat. Paris*, t. IV, p. 89-123, 45 fig., 4 pl.

Présence du genre *Zdenekia* Kuk. (Protorthoptères Paoliides) dans le Westphalien inférieur de Belgique

On the occurrence of the genus *Zdenekia* Kuk. (Protorthoptera Paoliidae) in the lower Westphalian of Belgium

par Francine LAURENTIAUX-VIEIRA (*) et Daniel LAURENTIAUX (**)

Résumé. — La découverte dans le Houiller belge (Wn1c) du genre *Zdenekia* Kuk. (Insectes Protorthoptères) confirme l'intérêt stratigraphique du groupe paoliide *Paolia-Zdenekia* connu au Westphalien A avec une large distribution euraméricaine. *Zdenekia occidentalis* n. sp. s'avère éminemment proche (aile mésothoracique) de l'holotype tchèque *Z. grandis* Kuk. (sommet du Namurien C de Haute-Silésie). Brèves remarques sur les *Paoliidae*.

Abstract. — The occurrence of the genus *Zdenekia* Kuk. (protorthopterous Insects) in the belgian coal-measures (Wn1c) affords a new evidence of the stratigraphic value of the *Paolia-Zdenekia* group (Paoliidae) known from the Westphalian A with an extensive euramerican distribution. *Zdenekia occidentalis* n. sp. looks very near (fore wing) the type-species *Z. grandis* Kuk. (top of the Namurian C; Upper Silesian coal basin). Brief remarks on the questionable significance of the *Paoliidae*.

INTRODUCTION

D'abord érigée pour des formes de l'Indiana (*Paolia*, *Paoliola*), la famille *Paoliidae* Handlirsch, 1906, enracinée dans le Namurien supérieur, admet à l'Eowestphalien une large distribution euraméricaine.

La réinterprétation du genre-type *Paolia* Smith, 1871, établissait (Laurentiaux, 1950) l'appartenance de ces Insectes aux Protorthoptères et non aux Paléodictyoptères. L'étude de nouveaux Paoliides du Namurien C et du Westphalien A de Haute Silésie (Tchécoslovaquie) confirmait cette conclusion (Kukalová, 1958), l'un d'eux (*Sustaia*) montrant d'ailleurs les ailes en repli partiel. La description de *Zdenekia grandis* Kuk., 1958, révélait l'étroit voisinage des genres *Zdenekia* Kuk., 1958 et *Paolia* et indiquait que les ailes définissant ce dernier étaient de condition métathoracique.

L'absence à l'aile postérieure d'un lobe anal repliable (*Paolia*, *Sustaia*, *Zdenekia*) démontre la grande primitivité des *Paoliidae*. Disposition incontestablement plésiomorphe, elle singularise ces Insectes dans le contexte connu des Protorthoptères (s. l.). Toutefois, leur rangement dans les *Protoptera* Sharov, 1966, en illustration d'un groupe nodal d'où dériveraient, en double divergence, *Paleoptera* et *Neoptera* Martynov, 1924, n'apparaît pas justifié. Nous comprenons, ici, les *Paoliidae* comme de véritables Néoptères et des protorthoptéroïdes primitifs peut-être voisins de la souche des lignées plécoptères.

Si *Paolia* est connu avec une distribution euraméricaine (Laurentiaux, 1950), le genre voisin *Zdenekia* n'avait été rencontré que dans le bassin tchèque d'Os-trava (couche 31 de Karviná). La nouvelle espèce du Westphalien A de Belgique, *Z. occidentalis* n. sp. est caractérisée par une nervation mésothoracique fort peu différenciée de celle de *Z. grandis*.

(*) Centre de Géologie Générale et Minière, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 60, Boulevard St-Michel, 75272 Paris Cedex 06.

(**) Laboratoire des Sciences de la Terre de l'Université de Reims, B.P. 347, 51162 Reims Cedex.

Note présentée le 5 Juin 1985 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 7 Mai 1986.

Ordre PROTORTHOPTERA (Carpenter *sensu* 1966)

Famille PAOLIIDAE Handlirsch, 1906

Genre *ZDENEKIA* Kukalová, 1958

Espèce-type : *Zdenekia grandis* Kukalová, 1958.

ZDENEKIA OCCIDENTALIS n. sp.

Diagnose : « Aile antérieure. Espèce très voisine de *Z. grandis* avec pour caractères distinctifs : séparation R1-Rs moins tardive, champ médian libre à port postérieur et sans symétrie, plongée de CuA moins rapide, détail des ramifications secondaires (nervures cubitales bifides), nervulation marginale apparemment moins dense. Taille et galbe très comparables à ceux de *Z. grandis* (holotype) ».

ORIGINE ET HORIZON. — Charbonnages de Ressaix (Belgique), siège de Sainte-Aldegonde, chantier Couchant (pilier sous 870). Massif du Centre Poirier, schistes

micacés à 0.6 m du toit de veine 6 (coordonnées en référence au Beffroi de Mons : 19 051 m à l'Est, 1 966 m au Sud, cote 748). Flore associée : *Mariopteris muritica*, *Neuropteris obliqua*, *Alethopteris valida* (détermination Charbonnages de Ressaix).

Assise de Charleroi, zone de Genck (= Mons), Westphalien A (Wn1c). Horizon à environ 145 m sous le niveau marin de Quaregnon et sensiblement en équivalence de Veine Dix Paumes.

COLLECTION. — Institut Royal de Sciences Naturelles de Bruxelles (Belgique) : coll. Ass. Et. Pal. Str. Houillères, échantillon n° 3455 (empreinte et contre-empreinte). Holotype. Récolte Charb. de Ressaix.

Description.

Aile mésothoracique droite (fig. 1 et 2A), de grande taille : longueur conservée (base manquante) 53 mm, longueur totale estimée 63 mm, largeur maximale (CuA) 21,5 mm. Courbure du bord interne régulière et un peu plus accentuée que celle du front costal. Apex arrondi.

Relief nervuraire bien marqué, dominé par une forte saillance de R1.



Fig. 1. — *Zdenekia occidentalis* n. sp. (Holotype). Aile mésothoracique droite (Gr. = 3). Charbonnages de Ressaix (Belgique), siège de Sainte-Aldegonde, veine 6, Westphalien A (Wn1c).

(Topographie nervuraire inversée par effet d'éclairage et restituable en vraie valeur par retournement de la figure).

Fig. 1. — *Zdenekia occidentalis* n. sp. (holotype). Right fore-wing (= 3). Ressaix colliery (Belgium), shaft Sainte-Aldegonde, coal-seam 6, Westphalian A (Wn1c).

The venational topography, as shown in the photograph, is altered by illumination. The restitution of the due condition may be obtained when the figure is examined upside down.

Co (+) marginale, nette mais peu épaisse. Sc (—) rectiligne, avec brève fourche terminale sur Co et R1 environ aux deux-tiers de la longueur alaire ; champ longuement triangulaire, à pectination dense, simple et oblique.

Scission du tronc radial (R+) vers le quart basal de l'aile. R1 (+) infléchi vers l'arrière au-delà de la terminaison de Sc. Rs (—) tardivement ramifié (dernier tiers de l'aile) : trois branches (seconde à longue bifidie) occupant l'apex.

Système médian attribué en totalité à MP (—). Groupe libre (médiane *s. str.*) sans bipartition évidente et d'un port plutôt postérieur ; veine initiale basse, se ramifiant à partir du centre de l'aile après émission de deux courtes nervures incomplètes mais bien différenciées du réseau archéodictyal : première branche com-

portant, dans sa seconde moitié et après un départ nervuraire avorté, deux rameaux postérieurs simples ; seconde branche fourchue et les deux ultimes non divisées.

Nervation médio-cubitale (CuA + MP) de relief mixte, s'étendant jusqu'à peu près les deux-tiers de la longueur de l'aile. Veine principale (CuA +) à nette convexité et prolongée par une nervure basse (α , fig. 2a) marquant l'individualisation de MP (—). Branches secondaires (cinq conservées) au moins fourchues. Espace médio-cubital large dans la région précentrale.

Maillage archéodictyal dense et homogène sur toute la surface alaire mais assez difficilement observable. Présence au bord interne de brèves marginales probablement d'origine intercalaire. Entre R1 et Rs nervulation trabéculaire oblique, à éléments antérieurs faibles,

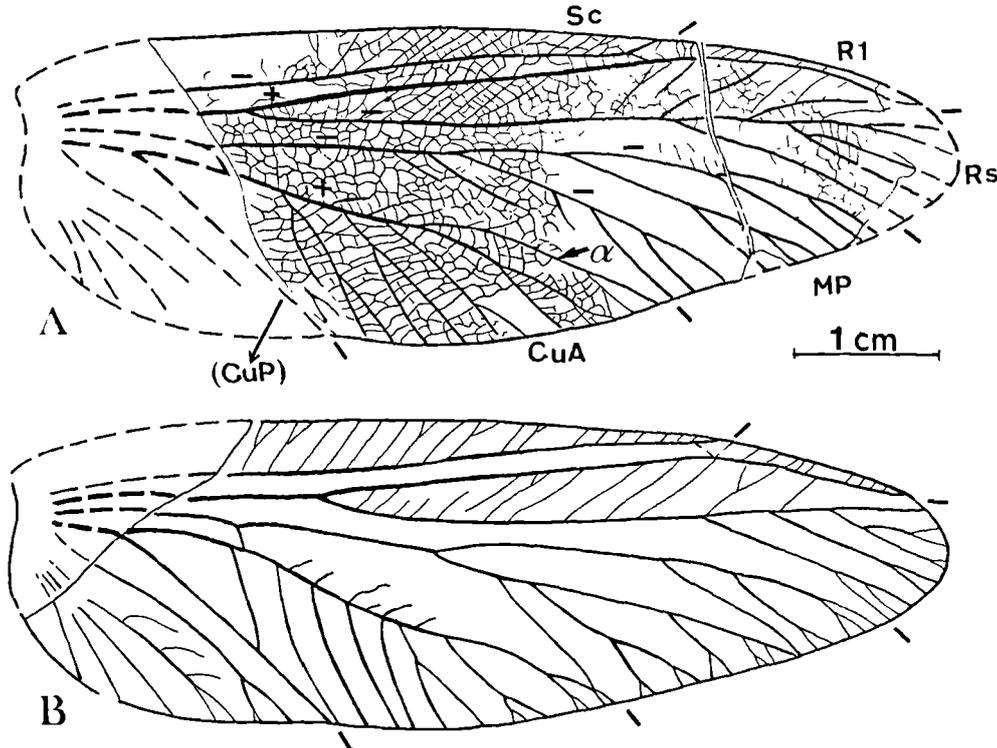


Fig. 2. — Calques alaires (Gr. = 2).

- A : *Zdenekia occidentalis* n. sp. (aile droite holotype ; Westphalien de Ressaix, Belgique ; Wn1c).
 B : *Zdenekia grandis* Kuk. (aile gauche holotype ; Namurien sommital de Haute-Silésie, Tchécoslovaquie).
 (dessin original ; sens alaire inversé pour comparaison ; archeodictyon non figuré).

Fig. 2. — Wing patterns ($\times 2$).

- A : *Zdenekia occidentalis* n. sp. (right fore-wing, holotype ; Westphalian of Ressaix, Belgium ; Wn1c).
 B : *Zdenekia grandis* Kuk. (left fore-wing, holotype ; top of the Namurian, Upper Silesian Coal Basin, Czechoslovakia). (Original drawing ; figured as a right wing for easier comparison ; reticulation not drawn).

seuls les plus apicaux (dernier tiers de l'aile) étant fortement marqués sur l'empreinte fossile (? RsE).

Discussion et affinités.

Les étroites analogies des nervations mésothoraciques d'*occidentalis* n. sp. et de *Zdenekia grandis* Kukulová, 1958, ressortent d'emblée de la comparaison des calques alaires (fig. 2) que l'extrême équivalence des dimensions, de la morphologie et du tracé des principales nervures rend presque entièrement superposables. Ces ajustements sont d'autant plus remarquables que la fig. 3 a été obtenue à partir de photographies au grandissement 3, ce qui ne pouvait qu'accentuer les écarts. Cette superposabilité valide la reconstitution proposée (fig. 2 a) de la base du fossile belge disparue au débitage, lors de la récolte. Elle permet d'estimer la faible ampleur des divergences, les unes spécifiques, les autres individuelles bien que le partage reste parfois incertain.

Il faut souligner (fig. 3) la singulière concordance des courses de Sc, R1 et Rs et des limites de leur champ. La ramification sectoriale, d'égale densité, s'opère pratiquement au même niveau tardif. Mis à part le détail des ramifications secondaires — la densité de chaque groupe nervuraire n'étant guère modifiée — *occidentalis* ne se distingue que par une sous-costale à peine plus courte, un isolement plus basal de Rs, la distribution et le port du système médian autonome, la rectitude de son CuA et l'extension un peu supérieure de MP-CuA, enfin par l'atténuation de la nervulation marginale et de la force des interradiales les plus antérieures.

a) Le léger raccourcissement de Sc et surtout l'antériorité plus marquée de l'isolement de Rs chez *occidentalis* sont conformes aux tendances évolutives habituelles et en accord, ici, avec le faible écart stratigraphique des deux formes belge et tchèque. Toutefois, à l'exception de *Z. grandis* (aile mésothoracique), cette précocité de Rs libre se constate sur toutes les empreintes connues de *Paoliidae* (y compris dans l'aile postérieure de *Z. grandis* et de *Paolia*).

b) Le réticulum, les brèves marginales et les interradiales (les plus apicales exceptées) ne sont guère observables que sous éclairage rasant. Bien que le support sédimentaire du fossile belge soit moins fin (microgréseux) que celui de l'holotype *grandis*, cette atténuation (et le nombre apparent de fourches au bord interne) pourrait ne pas résulter de la seule fossilisation mais traduire une ténuité naturelle et une texture plus membraneuse de l'aile. En appui, il faut noter la présence de microfroissements et de traces filiformes facilitées par la minceur de l'organe. De telles traces accompagnent fréquemment les fossilisations carbonifères d'ailes de grande taille et de condition membraneuse évidente (cf. Breyeriides, Pachytylopsides, Omaliides, etc...). Elles existent aussi sur l'empreinte alaire métathoracique du néotype de *Paolia* (Laurentiaux, 1950, Pl. I, fig. 2).

c) La « nervulation » interradielle semble, a priori, de nature intercalaire et intervenir en renfort. Il n'est toutefois pas impossible que les éléments apicaux (seuls robustes et bien marqués ici) appartiennent à la nervation principale. Ils pourraient alors se rapporter à un groupe sectorial externe (RsE) comme cela semble être

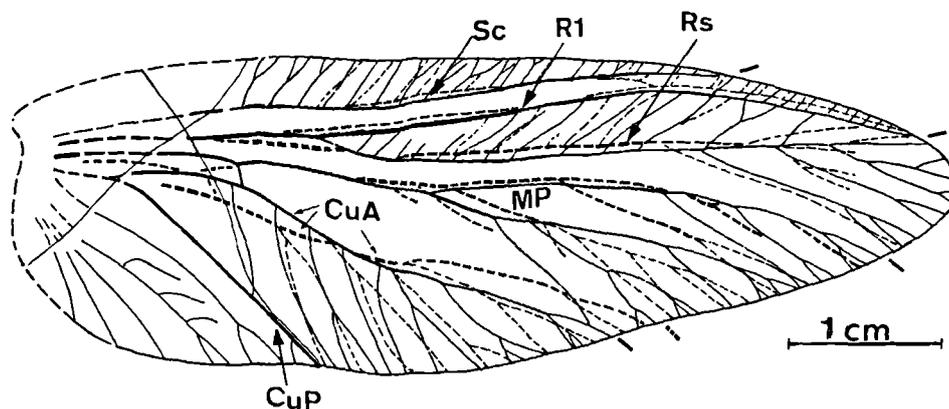


Fig. 3. — Superposition des calques alaires mésothoraciques (voir fig. 2) de *Zdenekia occidentalis* n. sp. (en tiretés) et de *Zdenekia grandis* Kuk. (en traits pleins) montrant l'étroite concordance des deux formes (archeodictyons non représentés).

Fig. 3. — Superposition of the fore-wings (see fig. 2) of *Zdenekia occidentalis* n. sp. (dotted line) and of *Zdenekia grandis* Kuk. (continuous line) pointing out the close concordance of these two wings (reticulations not figured).

le cas pour certaines nervations de Blattides archaïques (Laurentiaux-Vieira et Laurentiaux, 1979).

d) La médiane libre de nombreux Protorthoptères et, très ordinairement celle des Paoliides, comporte une bifidie initiale nette dont la richesse respective des deux groupes nervuraires conditionne la plus ou moins grande symétrie du système. Il demeure que l'homogénéité constante du relief (non convexe) dénote l'unicité de l'ensemble, MP (—) selon nous et Kukalová (1958), MA (\pm) selon les plus récentes conclusions de Kukalová-Peck (1983, fig. 17c). Comme l'a souligné Carpenter (1966), le seul critère absolu pour homologuer MA chez les Protorthoptères serait la convexité, ce qu'aucune forme ne montre. Toute attribution à la médiane antérieure ressort, dès lors, de l'hypothèse de travail.

D'autre part, si le port médian plutôt postérieur (absence de bifidie initiale nette) singularise *Z. occidentalis*, on ne peut qu'être indécis sur la valeur systématique de ce critère (? spécifique) du fait de l'existence de multiples nervures incomplètes trahissant d'évidence des anomalies de l'instabilité de ce système nervuraire.

e) La comparaison de *Z. grandis* et *Z. occidentalis* (fig. 2 et 3) montre que chez la forme belge l'innervation cubitale est moins régulière, la plongée de CuA (+) plus douce. Le champ médio-cubital (CuA + MP) y est un peu plus long, mais la différence ne porte que sur la branche distale basse et en ressaut (α , fig. 2a). La disposition générale rappelle celle du système homologue de *Holasicia* (Kukalová, 1958, fig. 3 et 4). Cette portion abaissée nous paraît devoir être homologuée à MP (—) comme le pense maintenant Kukalová-Peck (1983) mais sans représenter en totalité, selon nous, la médiane postérieure.

f) Dans la formation houillère de Karviná (Haute Silésie) — exclusivement continentale et sans hiatus stratigraphique — la limite namuro-westphalienne a été fixée à l'apparition (veine 27) de *Lyginopteris hoeninghausi*. Le riche horizon à insectes au toit de la veine 31 d'Horní-Suchá (gîte typique de *Z. grandis*), en sous-jacence (environ 140 m en stampe normale) de ce repère d'une rigueur incertaine, est donc réputé appartenir aux couches les plus sommitales du Namurien C (Yeardonien) (discussion in Havlena et al., 1977).

La flore du Westphalien A d'Europe (cf. Havlena, 1977; Paproth, Dusar et al., 1983) conserve d'assez nombreux termes pré-westphaliens. Cette continuité se retrouve pour les entomofaunes bien que le trop petit nombre de restes d'insectes n'en apporte que des indices (*Severinula/Severinopsis*, *Zdenekia*, *Holasicia*, *Breyeria*, *Erasipteridae*, *Homoiopteridae*).

Les analogies constatées (ailes antérieures) de *Z. grandis* et *Z. occidentalis* pouvaient laisser attendre un

écart stratigraphique moindre de ces deux espèces. Il précise l'extension verticale du genre *Zdenekia* mais avec la réserve qu'impose une identification de celui-ci dans le Westphalien A seulement d'après l'aile antérieure (*Z. occidentalis*).

La morphologie de l'aile postérieure distingue *Zdenekia* de *Paolia*, la structure nervuraire fondamentale restant la même. Il n'est pas improbable que le type alaire mésothoracique (galbe et nervation) devait être similaire dans les deux genres. Toutefois, un rattachement d'*occidentalis* à *Paolia* ne peut être, jusqu'ici, objectivement argumenté malgré l'étroite concordance stratigraphique de l'holotype belge et du néotype néerlandais de *Paolia* (*).

L'élargissement conduisant à la forme nettement triangulaire de l'aile postérieure de *Zdenekia* n'étant pas subordonné au développement d'une aire anale repliée (plane dans le mode primitif) et recouverte au repos, est en rapport probable avec le vol (augmentation de la surface portante). Ceci minore sa signification phylétique et stratigraphique. Cette différenciation morphologique a pu être acquise indépendamment par divers genres (bien que reconnue seulement chez *Zdenekia*) à partir d'un type ptéronologique subhomonome maintenu par *Sustaia* et *Paolia*.

Remarques sur les Paoliidae.

L'écartement latéro-postérieur des ailes que présente, in fossile, l'holotype de *Sustaia impar* (**) a été retenu comme argument et illustration d'un mode de repli alaire primordial caractérisant les *Protoptera* Sharov, 1966, cohorte créée pour les *Paoliidae* (***) desquels dériveraient, indépendamment, *Paleoptera* et *Neoptera*. Kukalová-Peck (1978-1983) a discuté et rejeté cette théorie. Une telle orientation alaire, même si elle correspond à une position de repos, n'implique pas obligatoirement une non-appartenance aux Néoptères. Il est plus vraisemblable qu'elle résulte, en ce cas, de conditions taphonomiques, peut-être d'un insecte abattu à la surface de la lagune houillère. Les fossiles d'incontestables Néoptères (y compris de Protorthoptères) dans un état similaire ou voisin ne sont pas exceptionnels.

La situation taxonomique et phylétique des *Paoliidae* reste essentiellement déterminée par la primitivité qu'exprime l'absence à l'aile métathoracique d'une aire anale non repliable. Le seul pliement basal éventuel se

(*) La correction chronologique (Namurien) introduite par Kukalová (1958, p. 949) pour cet insecte est impropre. son gîte (Laurentiaux, 1950, p. 15) se trouvant peu au-dessus du niveau de Wasserfall (= Stenaye-Grosse Pierre), est sensiblement synchrone de celui d'*occidentalis*.

(**) Décrit uniquement d'après photographie (Kukalová, 1958), l'échantillon ayant été perdu.

(***) Rasnitsyn (1977, p. 65, Pl. VII, fig. 1-3) admet dans les *Protoptera*, en leur reconnaissant un niveau ordinal, la famille monospécifique *Evenkiidae* Ras.

limiterait à la région jugale (Kukalová-Peck, 1983, p. 1648) en interprétant comme telle, la rupture linéaire basale des fossiles de *Paolia*, toujours en même situation et avant le même groupe nervuraire, qu'un sillon de pli a pu guider.

La reconnaissance d'une structure médio-cubitale spécialisée avait conduit Kukalová (1958) au classement des *Paoliidae* dans le sous-ordre *Cacurgoidea* Handlirsch, 1937. Le relief nervuraire infirme cette attribution. La nervation s'avère d'un faciès protorthoptère plus banal avec veine en liaison M-CuA (MP—) et champ mixte CuA + MP. Notre propre lecture de l'organisation médio-cubitale ne diverge de celle révisée de Kukalová-Peck (1983) que par l'homologie de la médiane autonome à MP— et non à MA± (*).

Le tronc médian est bas dans l'aile métathoracique (*Paolia*, *Zdenekia* cf. *grandis*) mais distinctement convexe dans l'aile antérieure. Cette convexité s'interrompt brusquement au niveau de l'anastomose M-CuA et le tronc n'étant à l'origine d'aucune veine haute, il n'apparaît pas d'autre alternative que d'admettre qu'elle réponde à une nécessité mécanique en rapport avec le vol (Kukalová-Peck, 1983, p. 1650-1651), et qu'elle n'induit, en ce cas, aucune homologie.

La convexité de CuA affirmée dans les ailes mésothoraciques (cf. *Zdenekia grandis*, *Z. occidentalis*) ne se retrouve pas dans les postérieures où le relief de cette veine reste indifférencié. Cette dernière condition n'est pas imputable à la fossilisation comme le montre le cas du néotype de *Paolia* (Laurentiaux, 1950, Pl. I, fig. 2a) les nervures et non leur seule empreinte étant conservées.

(*) La nouvelle acception nervuraire des *Paoliidae* exclut de cette famille où il avait été admis (Kukalová, 1958) *Ampeliptera limburgica* Pruvost, 1927, petite forme monotypique du Namurien néerlandais.

En référence démonstrative du type paoliide et de sa véritable néoptérie, Kukalová-Peck, 1983, fig. 17c) retient *Protoblattina bouvieri* Meunier, 1909 du Stéphaniien de Commeny (Allier) (Meunier, 1909, p. 151, Pl. V, fig. 7).

La nervation des ailes antérieures (les seules conservées) est construite (Kukalová-Peck, 1983, fig. 17c) comme celle des *Paoliidae* namuro-westphaliens sans être plus spécialement proche d'un des genres décrits. La plus grande précocité de la bifidie de la médiane, le desserrement de l'archéodictyon et le défaut d'un renfort internervuraire, l'extension un peu supérieure de CuA-MP traduiraient une évolution plus accentuée en accord avec l'âge plus récent. Toutefois, ce type de nervation protorthoptère reste trop plésiomorphe pour suffire à assurer une appartenance aux *Paoliidae*. La connaissance des ailes métathoraciques permettrait seule des conclusions non conjecturales. Ces réserves sont introduites pour prévenir des extrapolations prématurées ou abusives à partir de cet insecte stratigraphiquement isolé (caractères anatomiques, notamment prothorax, des *Paoliidae*; extension verticale de la famille).

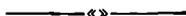
CONCLUSION

Compte tenu de la diversification des Insectes carbonifères, de la disparité géographique de leurs gisements et des fossilisations, souvent isolées ou en groupement peu nombreux, il semblerait qu'il n'existe qu'une faible chance de répétition, dans des bassins différents, de formes déjà connues ou étroitement voisines. Il n'en est que plus surprenant que ces répétitions soient fréquentes et concernent toujours des niveaux synchrones ou en faible écart chronologique. Le cas du groupe *Zdenekia-Paolia* n'est nullement exceptionnel. Il ne fait que refléter la large distribution et la fréquence des *Paoliidae* dans les entomofaunes anciennes (Namurien très supérieur / Eowestphalien) fort homogènes dans le domaine de la forêt houillère euraméricaine.

* * *

BIBLIOGRAPHIE

- 1) CARPENTER F.M. (1966). — The lower Permian Insects of Kansas, part. 11, the orders *Protorthoptera* and *Orthoptera*. *Psyche*, vol. 73, n° 1, p. 46-88.
- 2) HAVLENA V. (1977). — The Namurian in Czechoslovakia and stratigraphical comparisons. *Symposium on Carboniferous Stratigraphy*, Praha, 1973, *Ustr. Ust. geol. Praha*, p. 265-288.
- 3) KUKALOVÁ J. (1958). — *Paoliidae* Handlirsch (*Insecta Protorthoptera*) aus dem Oberschlesischen Steinkohlenbecken. *Geol.*, t. 7, p. 935-959, 21 fig., Pl. I-II.
- 4) KUKALOVÁ J. (1958a). — On the systematic position of *Ampeliptera limburgica* Pruvost, 1927 (*Insecta Protorthoptera*). *Vestník U.U.G.*, vol. XXXIII, p. 377-378, Pl. I.
- 5) KUKALOVÁ-PECK J. (1978). — Origin and Evolution of Insect wings and their relation to metamorphosis, as documented by the fossil record. *Journ. Morphology*, vol. 156, n° 1, p. 53-126, 14 pl.
- 6) KUKALOVÁ-PECK J. (1983). — Origin of the insect wing and wing articulation from the arthropodan leg. *Canadian Journ Zool.*, vol. 61, n° 7, p. 1618-1669, 30 fig.
- 7) LAURENTIAUX D. (1950). — Les Insectes Houillers du Limbourg hollandais. *Meded. Geol. Sticht, Heerlen, Nieuw Ser.*, n° 4, p. 13-22, 4 pl.
- 8) LAURENTIAUX-VIEIRA F. et LAURENTIAUX D. (1979). — Nouvelle contribution à la connaissance du genre *Manoblatta* Pruvost (Blattaires Archimylacridiens). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCIX, p. 415-423, 5 fig.
- 9) MEUNIER F. (1909). — Nouvelles recherches sur les Insectes du terrain houiller de Commeny (Allier). *Ann. Paleont.*, t. IV, (*Protoblattina*), p. 154, fig. 23, Pl. V, fig. 7.
- 10) PAPROTH E., DUSAR M. et al. (1983). — Bio- and lithostratigraphic subdivision of the Silesian in Belgium. A review. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. 106, p. 241-283.
- 11) RASNITSIN A.P. (1977). — Nouveaux Insectes paléozoïques et mésozoïques. *Akad. Nauk. C.C.C.P.*, n° 1 (ordre *Protoptera*, *Evenkiidae*), p. 64-65, fig. 1, Pl. VII.
- 12) ŘEHOŘ F. et ŘEHOŘOVÁ M. (1972). — Makrofauna uhlonosného karbonu Československé casti, Hornoslezské panve. *Publ. Mus. Ostrava (Insectes)*: p. 98-99, Pl. LXIII-LXIV).



An outline stratigraphy and palaeobotanical records from the middle Carboniferous rocks of northwestern Turkey

Aperçu stratigraphique et inventaire paléobotanique du Carbonifère moyen du Nord Ouest de la Turquie

by I.E. KERREY (*), G. KELLING (**) and R.H. WAGNER (***)

(Plates VII to XI)

Abstract. — Namurian-Westphalian strata occur in several isolated outcrops near and on the Black Sea coast in northwestern Turkey. They comprise about 1 800 m of clastic sediments overlying Viséan platform carbonates and are unconformably or structurally succeeded by younger rocks, mainly Permian red sandstones and Cretaceous limestones or flysch deposits. The Namurian and Westphalian sequences have yielded significant collections of megafloora, microflora and invertebrate faunal remains (marine and non-marine) which allow the lithostratigraphic units to be assigned reasonably precise ages; they also demonstrate the strong links with Europe, as has been often stated in the literature.

The middle Carboniferous rocks can be assigned to four lithostratigraphic units, which are defined and subdivided where appropriate. These lithostratigraphic units are: Alacağzı Formation (uppermost Viséan to upper Namurian), Kozlu Formation (uppermost Namurian to Westphalian A), Karadon Formation (Westphalian B, C), and Kızıllı Formation (Westphalian D); the latter formation is introduced in this paper.

Megafloreal remains from all these formations are listed and partly illustrated (Pl. VII-XI).

An outline geological map shows the different areas of Carboniferous outcrop and Fig. 2-6 record stratigraphic successions.

Résumé. — Il y a un développement assez complet du Namurien et du Westphalien en faciès terrigène dans plusieurs affleurements près de la côte de la Mer Noire, en Turquie nord-occidentale. Il s'agit de 1 800 m environ de sédiments clastiques qui suivent des calcaires du Viséen. Le contact entre le faciès carbonaté et le terrigène se trouve dans la partie plus haute du Viséen. Le Westphalien terrigène, qui est en faciès houiller, est surmonté en discordance, soit en contact stratigraphique, soit en contact structurel par des formations plus modernes, souvent des grès rouges du « Permien », mais aussi des calcaires crétacés ou du flysch également du Crétacé. La succession Namurien et Westphalien a livré des méga- et microflores, ainsi que des invertébrés capables de donner l'âge chronostratigraphique des formations décrites; ils montrent aussi les affinités très fortes qui existent avec les flores et faunes carbonifères de l'Europe.

Les couches du Carbonifère moyen peuvent être attribuées à quatre formations lithostratigraphiques: Alacağzı (Viséen sommital et Namurien), Kozlu (Namurien sommital et Westphalien A), Karadon (surtout du Westphalien B et C), et Kızıllı (Westphalien D); celle-là est introduite ici.

Les mégaflores ramassées en cours de cette étude sont mentionnées et plusieurs espèces ont été figurées sur les planches VII à XI.

Une carte géologique schématique montre les affleurements étudiés et les coupes stratigraphiques des Figures 2 à 6 montrent le développement caractéristique des formations.

(*) Department of Geology, University of Firat, Elazığ (Turkey).

(**) Department of Geology, University of Keele, Staffordshire, ST5 5BG, England, U.K.

(***) Jardín Botánico de Córdoba, Apartado 3048, Córdoba, Spain (formerly at the Department of Geology, The University, Beaumont Building, Brook Hill, Sheffield S3 7HF, England, U.K.).

Note présentée le 6 Février 1985 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 4 Juin 1986.

INTRODUCTION

Geological Setting.

Middle Carboniferous rocks are exposed in a number of relatively small outcrops near the Black Sea in northwestern Turkey (fig. 1), where overlying unconformable or structurally emplaced younger rocks have been stripped off by erosion. The latter are often Permian red beds (mainly sandstone), but there is also Mesozoic cover. Four main areas have been examined for this study which was undertaken to elucidate and refine the stratigraphy of the middle Carboniferous terrestrial strata. These are the Zonguldak, Amasra, Pelitova and Azdavay areas.

Previous work.

Although there are numerous published and unpublished reports on various aspects of the middle Carboniferous rocks in northwestern Turkey, it has consistently proved difficult to fix definite boundaries between the stratigraphical subdivisions of these successions on the basis of lithostratigraphy, biostratigraphy or chronostratigraphy. In the present paper the stratigraphical analysis of the studied areas is based upon lithological differentiation of the rock units, together with an analysis of fossil floras and faunas. Previous work is duly taken into account.

The existence of coal beds in these middle Carboniferous strata was first brought to general notice by the sailor Uzun Hasan (1829), but they were not systematically exploited by the Turkish government until the 1930's.

Schlehan (1852) gave brief descriptions of some patches of Carboniferous near Amasra, and Admiral Spratt (1877) collected fossils which were assigned a Carboniferous age, near Kozlu in the Zonguldak area. However, the most important contributions concerning the stratigraphy and fossil floras are those of Zeiller (1895, 1896, 1899), Ralli (1896, 1933), Jongmans (1939, 1955) and Egemen (1959). A general succession of megaflores ranging from lower Namurian to middle Stephanian was published by Wagner (in Stockmans, 1962).

The coal-bearing strata were subdivided by Ralli into four units which he called the Alacağzi, Kılıç, Kozlu and Karadon stages. Subsequently, these stage definitions were generally accepted, although the Kılıç stage was not widely recognised. For instance, Charles (1933) assigned the Kılıç group to Westphalian A, whilst the Kozlu group was allocated to the Westphalian A and B. Later, Arni (1931, 1938, 1941), working in the Zonguldak Coalfield, introduced the term "series", replacing the earlier "stage" terminology. He also disputed the conclusions of Ralli and Zeiller, stating that there was no stratigraphical break between the Kozlu and Karadon series.

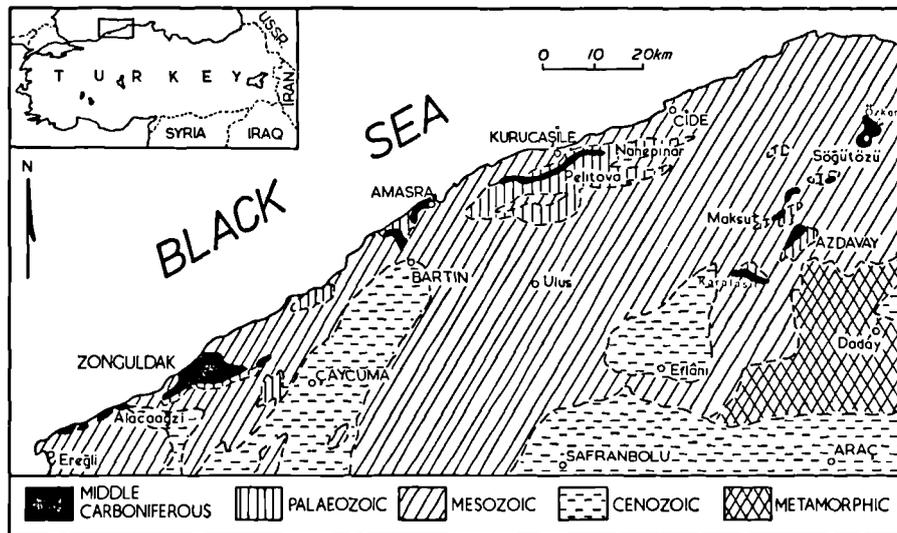


Fig. 1. — Generalised geological map of part of northwestern Turkey (see inset), indicating location of middle Carboniferous sequences discussed in this paper.

The stratigraphical studies of Hartung (1937), Gran-
cy (1939), Jongmans (1939, 1955), Patijn (1950, 1953,
1954), Tokay (1952, 1954, 1961, 1981), Fratschner
(1952, 1954), and Özkocak *et al.* (1978) all utilised
plant fossils to a greater or lesser extent.

Several studies concerned largely with plant spores
have been published in recent years. These include
Dijkstra (1952), Artüz (1957, 1963), Okay and Artüz
(1964), Yahşiman (1956, 1959, 1960, 1961), Ergönül
(1953, 1960, 1961), Ağralı (1963, 1969, 1970), Ağralı
and Konyalı (1963), Akyol (1968, 1974), and Nakoman
(1976, 1977).

Biron (1961) and Yahşiman (1961) were the first
to use the term "Formation" for these groups of
rocks, but Kerey (1982) provided the first formal defi-
nition of the middle Carboniferous formations from
northwestern Turkey, in accordance with internatio-
nally recognised procedures (Hedberg, 1976).

I. — STRATIGRAPHY

Four formations have been defined and described
for the entire basin, comprising the various areas of
outcrop. These are (in ascending order):

- I. — Alacağzı Formation
- II. — Kozlu Formation
- III. — Karadon Formation
- IV. — Kızıllı Formation

1) Alacağzı Formation (uppermost Visean - upper Namurian).

Exposures of this formation are confined to the
Zonguldak and Amasra areas.

The formation comprises a succession of mudstones,
siltstones (some calcareous) and thin sandstones which
constitutes a broadly coarsening upwards deltaic sequen-
ce displaying regionally variable influence of wave
activity and longshore currents. The delta-plain sub-
association is usually complete and indicates a fluvi-
ally dominated type of delta with southeasterly transport
directions.

The lower contact of this formation with the under-
lying Visean carbonate sediments is transitional, and
the upper contact with the Kozlu Formation is also
gradational. The general thickness of the formation
is about 600 m, and it can be subdivided into four
informal "members".

a) *Kokaksu* "Member". The base of this succession
of mudstones and wackestones is characterised by the
incoming of some typical lower Namurian brachiopods
(identified by Dr J. Pattison, B.G.S., Keyworth, Not-
tingham): *Gigantoproductus elongatus* (Sarytcheva), *G.*

expansus (Sarytcheva) and *G. cf. tulensis* (Bolkhoviti-
nova). These are associated with goniatites, bivalves
and trilobites (Kerey, 1982).

b) *Gökgöl* "Member". This rock unit is distin-
guished from adjacent members by its higher content
of silt and sand units, and also by the presence of
occasional thin, light-coloured, silty laminae in dark
mudstones. Plant fragments and carbonaceous debris
are common, and include poorly preserved but identi-
fiable elements of early Namurian flora: *Diplomema*
adiantoides (Von Schlotheim) Gothan (Pl. VII, fig. 2),
cf. Lyginopteris larischii (Stur) Pattenisky, *Sphenopteris*
sp. Some poorly preserved bivalves have also been
found.

c) *Tarlaağzı* "Member". This member is domina-
ted by fine to medium-grained, well-sorted sandstones
which display good internal sedimentary structures.
Sections through this member conform to coarsening-
upwards sequential motifs. In the *Tarlaağzı* "Mem-
ber" at Amasra (fig. 1) abundant specimens of *Giganto-*
productus expansus have been found in several (fig. 2).
Additionally, the following brachiopod and bivalve
taxa have been collected: *Rugosochonetes* sp., *Leuf-*
teina sp. (*lunulata*) (J. Pattison *det.*). These suggest
an early Namurian age for the *Tarlaağzı* "Member"
(J. P., pers. comm.).

d) *Asma* "Member". This is a predominantly
sandy unit, the basal boundary being marked by the
appearance of erosional channel-fill sandstones, dis-
playing successive fining-upwards sequences. The *Asma*
"Member" has not yielded diagnostic megafaunal or
floral elements and its exact age therefore has not been
established. However, some long-ranging floral elements
have been found (as identified by Prof. W.G. Chaloner,
London University): *Stigmara ficoides* Sternberg, *Lepi-*
dodendron sp. *cf. L. rimosum* Sternberg, *Lepidoden-*
dron sp. (floated twigs).

Taking account of the published spore content,
the possible range in age for this "member" is from
mid-Namurian to early late-Namurian.

DISCUSSION. — The four members of the
Alacağzı Formation, while laterally variable in thick-
ness and in minor lithological characters, are recogni-
sable throughout the Zonguldak and Amasra areas.
In these areas the most distinct lithological and faunal
change occurs near the end of the Visean rather than
within the Namurian, and there is no evidence of the
widespread break in Namurian sedimentation pre-
viously reported from the marginal parts of the North
Turkish basins.

2) Kozlu Formation (upper Namurian - Westphalian A).

While most fully developed in the Zonguldak
area and in the Amasra region (where the Kılıç
"member" may be incomplete - Nakoman, 1977),

lithological units comparable with the Kozlu Formation have also been identified in the Pelitova and Azdavay areas. This is a dominantly sandy succession, with subordinate shales, pebbly units and thick coals (fig. 3). The basal part of the Kozlu Formation is characterised by lacustrine deposits while the upper part comprises sequences formed by southeasterly flowing meandering and low-sinuosity rivers. The thick, laterally extensive Kozlu Formation coals are assigned to flood-plain

environments and the sedimentary model closely resembles that for the later Westphalian coals of north-western Europe.

In this study the 50 m of dark grey and olive mudstones below the Kürt Şerif Conglomerate, formerly considered to form the upper part of the Alacağzı "Series" in the Zonguldak area, are assigned to the Kılıç "Member" in accordance with the views expressed by Zeiller and Ralli (1895, 1896). However, these authors assigned such muddy beds to a separate unit lying between the Alacağzı Formation and the Kozlu Formation. The second "member" of the Kozlu Formation comprises a sandstone-dominated succession which displays a number of fining-upwards sequences. This is termed here the Dılavır "Member". The upper boundary of this formation is taken at the base of a succession of thick conglomeratic layers just above the Agop Coal Seam. The thickness of the Kozlu Formation is about 750 m in the Zonguldak area, and about 300 m in the subsurface of the Bartın region, Amasra.

a) *Kılıç "Member"*. The transitional basal boundary is placed immediately above the topmost sandstones of the Alacağzı Formation (Asma "Member"). On the other hand, the upper contact of the Kılıç mudstones with the overlying hard pebbly sandstones of the Dılavır "Member" is abrupt. The Büyük Kılıç, Topuz, Sulman, Çivelek and Ömeraga are important coal seams occurring in this "member". Plant fossils are abundant. Recent finds are indicated below, with the principal localities:

Locality 37, south of the 520 Colliery, Zonguldak area: *Neuraethopteris larischi* (Susta) Laveine (Pl. VII, fig. 3), *Neuropteris obliqua* (Brongniart) Göppert (Pl. VII, fig. 1), *Sphenophyllum amplum* Kidston, *Annularia jongmansii* Walton, *Mariopteris beneckeii* Huth (Pl. VII, fig. 6), *Lyginopteris cf. hoeninghausii* forma *sparsa* sensu Gothan.

Locality Gelik 1, road cutting in front of Gelik Colliery, Zonguldak area: *Neuraethopteris schlehanii* (Stur) Cremer, *Karinopteris acuta* (Brongniart) Boersma, *Lyginopteris baeumleri* (Andrae) Gothan (Pl. VIII, fig. 1), *Lepidostrobophyllum* sp.

These floral associations suggest that the lower part of the Kılıç "Member" is best assigned to the upper Namurian (Yeadonian), whilst its upper part may be of early Westphalian A age and is thus compatible with the Kozlu Formation, as noted by Arni (1939).

b) *Dılavır "Member"*. The upper boundary of the Dılavır "Member" is generally marked by the abrupt appearance of a further succession of thick, grey to green conglomerates. This "member" contains abundant plant fossils as follows.

Locality 11, upper levels of locality Gelik 1, Zonguldak area: *Neuraethopteris schlehanii* (Stur) Cremer (Pl. VII, fig. 4), *Sphenopteris limai* Zeiller, *Asterophyllites palaeaceus* Stur (Pl. IX, fig. 6), "seeds".

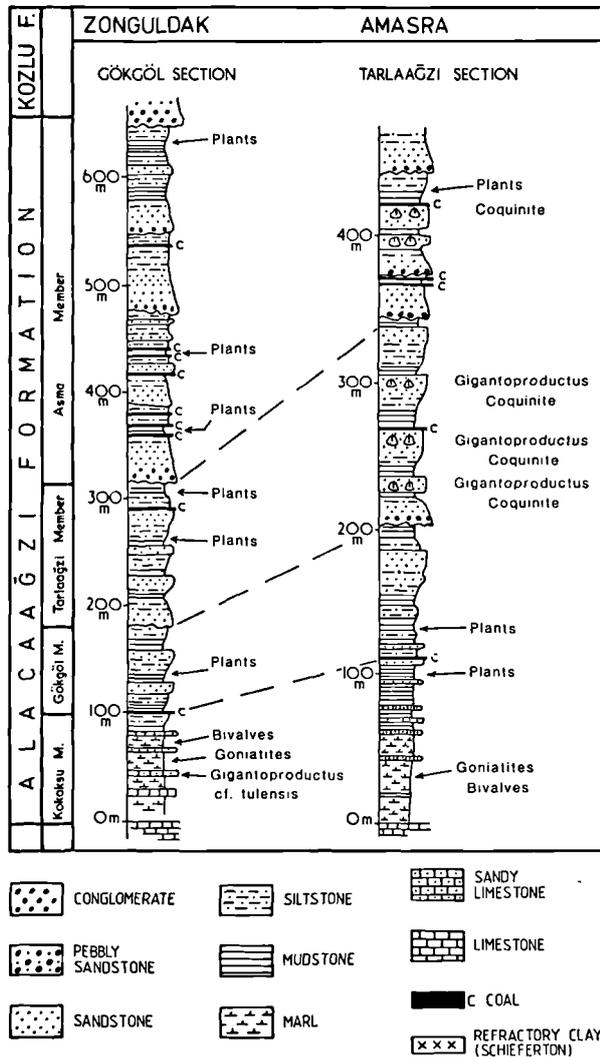


Fig. 2. — Typical lithological successions for the Alacağzı Formation in the Zonguldak and Amasra areas, with suggested correlation of informal members.

- Locality Açık Yarma 6, west of Güntepe Colliery, Zonguldak area : *Sphenopteris limai* Zeiller.
- Locality Açık Yarma 7, 150 m north of loc. 6, Zonguldak area : *Neuralethopteris schlehanii* (Stur) Cremer, *Karinopteris acuta* (Brongniart) Boersma, *Renaultia?* cf. *typica* (Stur) (Pl. VII, fig. 5), *Sphenophyllum amplum* Kidston, *Lepidostrobus* sp.
- Locality Açık Yarma 8, 300 m north of loc. 7, north of Kırat Tepe, Zonguldak area : *Paripteris gigantea* (Sternberg) Gothan (Pl. VII, fig. 7), *Neuralethopteris schlehanii* (Stur) Cremer, *Karinopteris acuta* (Brongniart) Boersma (Pl. VII, fig. 8), *Lyginopteris baeumleri* (Andrae) Gothan, *Lepidostrobophyllum* sp.
- Locality Açık Yarma 10A, approximately 500 m north of loc. 8, Zonguldak area : *Mariopteris mosana* Willière (Pl. VIII, fig. 2), *Asterophyllites* cf. *palaeaceus* Stur (Pl. VIII, fig. 2).
- Locality Açık Yarma 10B, higher level of loc. 10A, Zonguldak area : *Neuralethopteris schlehanii* (Stur) Cremer, *Sphenopteris coriacea* Marrat, "seeds".
- Locality 33, south of Kırat Tepe, Zonguldak area : *Neuralethopteris schlehanii* (Stur) Cremer, cf. *Karinopteris acuta* (Brongniart) Boersma.
- Locality Kk, Kokaksu Valley, Zonguldak area : *Sphenopteris coriacea* Marrat (Pl. IX, fig. 2 ; Pl. X, fig. 4), *Asterophyllites* cf. *palaeaceus* Stur.
- Locality 40, east of Yeşildağ Tepe, near Kozlu, west of Zonguldak area : cf. *Paripteris* sp., *Karinopteris acuta* (Brongniart) Boersma, *Lyginopteris hoeninghausi* (Brongniart) Potonié, *Sphenophyllum* cf. *cuneifolium* Sternberg.
- Locality 34, further south of Kırat Tepe, Zonguldak area : *Alloiopteris similis* (Sternberg) Potonié, *Sphenopteris* sp. indet.
- Locality 41, north of Üzülmöz, Zonguldak area : *Sphenopteris limai* Zeiller (Pl. IX, fig. 3).
- Locality Kozlu, road cutting east of Kasaptarla Colliery, Zonguldak area : *Linopteris neuropteroides* (Von Gutbier) Potonié.

The sum total of the floras collected shows that the upper "member" of the Kozlu Formation is not younger than Westphalian A. This agrees with the opinion of earlier authors (e.g. Jongmans, 1955), who also assigned the Kozlu Formation to the Westphalian A. In the Zonguldak area the upper part of the Dilaver "Member" passes laterally into a lithological succession which closely resembles the Karadon Formation, the basal part of which is dated as Westphalian B.

DISCUSSION. — The two lithostratigraphic units of the Kozlu Formation are both present in the Zonguldak area and in the subsurface of Amasra, although in the latter region the Kılıç is very thin. There is much confusion about the correlation of the various coal seams in the Kozlu Formation. The same name has been given to different seams, and the same seam has been assigned different names in different areas. As a result, it is difficult to evaluate information derived

from the literature. The use of coal seams as stratigraphic markers in northwestern Turkey is not yet reliable. However, in the Zonguldak area the coal-bearing sequences have been fairly precisely correlated on the basis of spore assemblages in the coals and on the stratigraphic position in the total succession (fig. 3).

It is generally acknowledged that upper Namurian megaflores are virtually indistinguishable from those of the lowermost Westphalian. Apparently, there is no faunal break either. Thus it is difficult to establish the Namurian/Westphalian boundary in the studied area which has no marine bands like those used in northwestern Europe to delimit Yeadonian from Westphalian A. The Westphalian A/B boundary, however, seems to coincide more or less with a notable change in lithology and in the spore assemblages. Transitional floras occur in the interval showing a fairly rapid facies change and this proves that deposition was practically continuous.

3) Karadon Formation (mainly Westphalian B and C).

The Karadon is the most widely developed of the middle Carboniferous formations in northwestern Turkey. This formation has been recognised in all four areas of surface exposure, although only the upper part appears to be present in the Pelitova area. The Karadon Formation is dominated by coarse, grey to buff sandstones and conglomerates with coals and subordinate siltstones and mudstones, including some thick refractory clays, recorded as "Schiefertone" (fig. 4). Most coals are found in the lower part of the formation, and it is noted that more mineable coal seams exist in the Amasra area than westwards in the Zonguldak area. Sedimentary sequences in the Karadon Formation represent interfingering of coarse sandy braided streams and humid alluvial fans with southwesterly transport directions. The sedimentary model for the Karadon coals closely resembles that developed for the tectonically controlled late Carboniferous basins of the Cantabrian Mountains in Northwest Spain (Heward, 1978).

Previous workers (e.g. Grancy, 1939 ; Tokay, 1961) have attempted to subdivide the Karadon Formation, largely on biostratigraphic grounds. The relative abrupt vertical and lateral variations in lithology within the Karadon are highly complex, reflecting rather rapid evolution of sub-environments. As a consequence, precise delineation of smaller scale lithostratigraphic units ("members") within the Karadon would require a much larger body of data on a regional basis than is presently available. It has therefore not been attempted here.

The upper boundary of the Karadon Formation with the Kızıllı Formation is transitional. However, on lithological grounds, i.e. the upwards disappearance of the conglomerates and pebbly sandstones characteristic of the Karadon cycles, it is reasonable to place this boundary just above the "Tavan" Coal Seam of

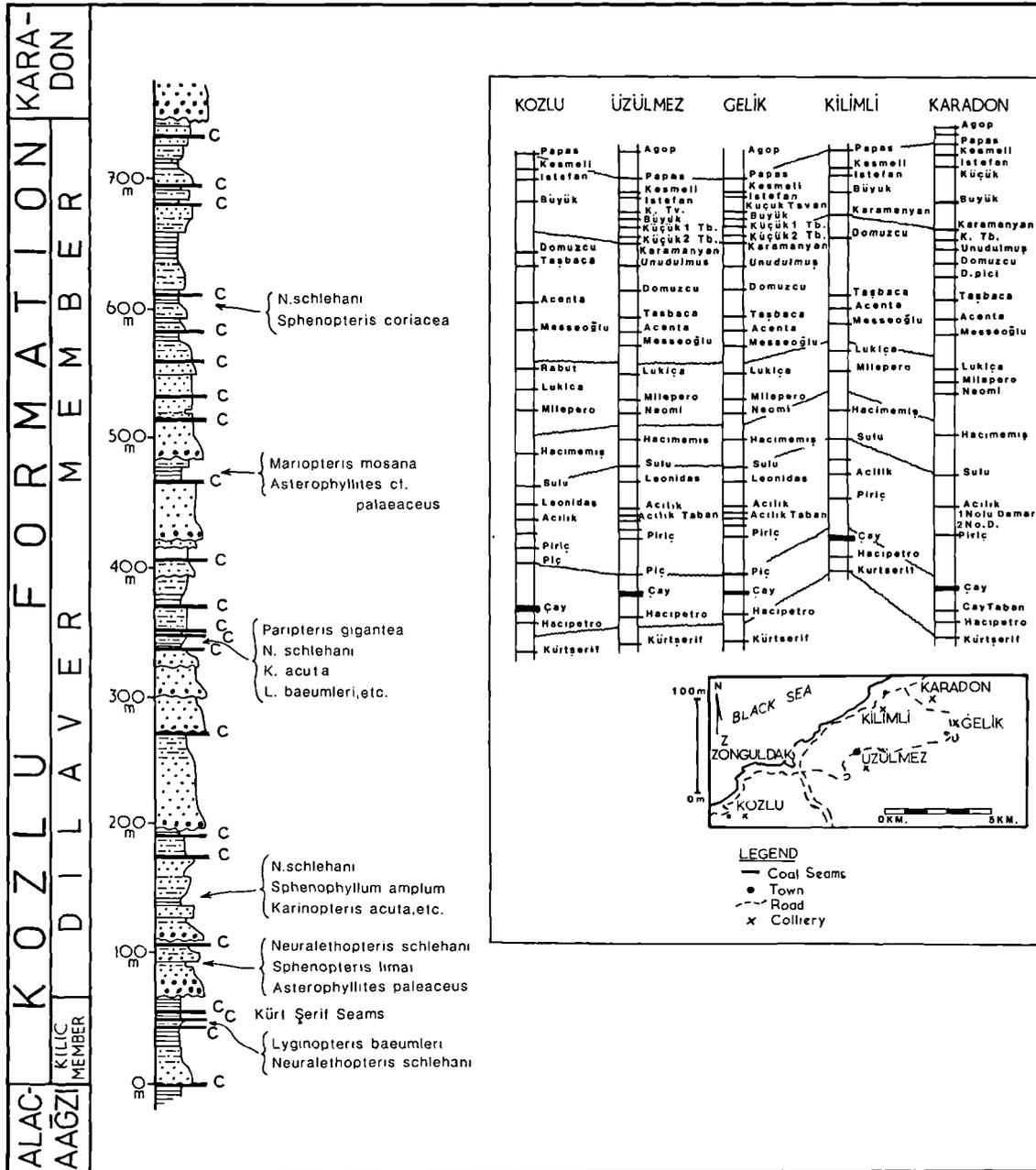


Fig. 3. — Typical lithological succession for the Kozlu Formation in the Zonguldak area (from the Açık Yarma section). (For lithological key, see fig. 2). Inset shows correlation of principal Kozlu coals in the Zonguldak area (modified after Nakoman, 1977).

the Amasra area and its equivalents (Tokay, 1961 ; Ağralı, 1970). The thickness of this formation attains some 500 m in the Amasra area (according to borehole evidence), but is probably no more than about 350 m near Zonguldak, where the uppermost Karadon seems

to be missing. Structural complications make the estimation of thicknesses difficult in the Pelitova and Azdavay areas but the exposed Karadon is unlikely to exceed more than a few hundred metres in these regions.

Fossils floras collected from the Karadon Formation in the course of this study are as follows.

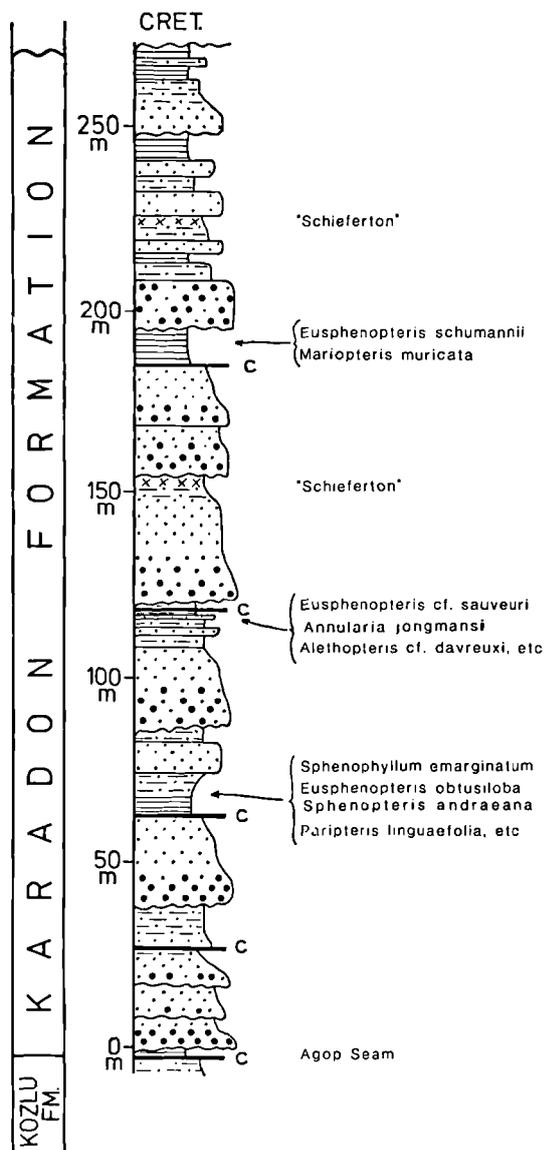


Fig. 4. — Typical lithological succession for the Karadon Formation (Kozlu mine section, Zonguldak area). (For lithological key, see fig. 2).

Locality 26, south of Kılımlı, Zonguldak area : *Alloiopteris* sp. indet., *Annularia jongmansii* Walton (Pl. X, fig. 2), *Asterophyllites* sp., *Calamites* sp. indet.

Locality Açık Yarma 10C, Zonguldak area : *Eusphenopteris* cf. *obtusiloba* (Brongniart) Novik.

Locality 15, 10 Temmuz Mevkii, just behind the Primary School garden, Zonguldak area : *Paripteris linguae-folia* (Bertrand) Laveine (Pl. X, fig. 6), *Neuropteris obliqua* (Brongniart) Göppert (Pl. XI, fig. 2), *Lonchopteridium karvinense* (Purkyňová) comb. nov. (Pl. IX, fig. 5 and 8 ; Pl. X, fig. 3), *Mariopteris muricata* (Von Schlotheim) Zeiller, *Karinopteris?* (*Sphenopteris*) *andraeana* (Von Roehl) Boersma (Pl. IX, fig. 7), *Eusphenopteris obtusiloba* (Brongniart) Novik (Pl. X, fig. 1), *Palmatopteris sturi* Gothan (Pl. IX, fig. 1), *Alloiopteris similis* (Sternberg) Potonić, *Sphenophyllum emarginatum* Brongniart, *Sphenophyllostachys* sp.

Locality 22, Büyük Kılıç Colliery, above the gate to the gallery, Zonguldak area : *Eusphenopteris schumannii* (Stur) Van Amerom (Pl. IX, fig. 4).

Locality Odun Deposu, Zonguldak-Ankara road cutting : *Alethopteris* cf. *davreuxi* (Brongniart) Göppert, *Eusphenopteris* cf. *sauveuri* (Crépin) Simson-Schärold, *Annularia jongmansii* Walton.

Locality Sondaj (borehole) 60, at 860 m depth, Bartın, Amasra area : *Paripteris linguae-folia* (Bertrand) Laveine.

Locality Sondaj (borehole) 78, Bartın, Amasra area : *Mariopteris muricata* (Von Schlotheim) Zeiller.

Locality Özkem 2, 500 m southeast of Özkem Village, Azdavay area : *Mariopteris muricata* (Von Schlotheim) Zeiller, *Eusphenopteris obtusiloba* (Brongniart) Novik, *Sphenopteris* cf. *artemisiaefolioides* Crépin (Pl. X, fig. 5), *Sphenopteris* sp., *Cordaites* sp.

DISCUSSION. — These plants indicate a Westphalian B age for the Karadon localities sampled. Jongmans (1955) recorded a wider range for the Karadon beds, viz. from late Westphalian A to Westphalian D, and some of the plants figured by Zeiller (1899-1901) from the Karadon near Kozlu in the Zonguldak area are clearly of late Westphalian D age. Wagner (in Stockmans, 1962) also showed the Karadon megaflores as ranging through Westphalian B, C and D. However, some of the upper Karadon beds of earlier workers have now been removed from this formation and placed in the overlying (new) Kızıllı Formation on the basis of lithological and sedimentological criteria. In the absence of closely sampled complete

sections of the Karadon Formation as defined in the present paper, it is not yet possible to give the full range of stratigraphic ages represented. However, accepting the top of the "Tavan" Coal Seam in the Amasra area as the upper boundary of the Karadon formation, it appears that most of the Westphalian C is still represented in this formation (Tokay, 1961; Ağralı, 1970). It seems likely that the Karadon as here defined includes some uppermost Westphalian A as well as Westphalian C strata, in addition to the clearly dated Westphalian B as shown by the floral assemblages quoted in this paper.

4) Kızılı Formation (Westphalian D).

Rocks assigned to the Kızılı Formation are best displayed to the east of the Zonguldak and Amasra areas, for example in the Pelitova area of Kurucaşile and in the Azdavay area. The latter region includes the type section, near Kızılı Village. Lithologically, the Kızılı Formation lacks the polymict conglomerates of the Karadon and comprises characteristically alternating coarse sandy and fine silty sequences, together with impersistent coals (fig. 5). These sequences are attributed to deposition in an anastomosed stream network formed in an intermontane region.

In the Pelitova and Azdavay areas, the base of the Kızılı Formation is represented by pebbly sandstones and pink sandstones which overlie the "Tavan" Coal Seam of the Karadon Formation. These pebbly beds are followed by the Kurudere coal seam group consisting of three closely-spaced seams. The Kızılı Formation is covered unconformably by Cretaceous flysch deposits in the Azdavay area, whereas Permian red beds follow it with a slightly faulted, unconformable contact in the Pelitova area.

The Kızılı Formation frequently displays two major facies associations: a "coarse unit" consisting of sandstones and intraformational conglomerates, and a "fine unit" dominated by siltstones and mudstones. However, commonly there is no sharp distinction between successive coarse and fine units. In the Pelitova area, coal seams near the base are followed by greenish argillaceous sandstones, while the upper part includes poorly consolidated green and wine-red mudstones and sandstones, which are slightly carbonate-cemented. The maximum exposed thickness of this succession (approximately 280 m) is attained in the type area of Kızılı in the Azdavay area. At least 230 m are exposed in the Pelitova area, and borehole records suggest that about 150 m of Kızılı lithology occur in the Amasra region.

The Kızılı Formation has yielded a limited flora in the present study (see below):

Locality Nanepınar dere (stream), Pelitova area: *Alethopteris* cf. *grandini* (Brongniart) Göppert, *Sphenopteris limai* Zeiller.

Locality IGD 5, Ilyas geçidi dere (stream), Cide, Pelitova area: *Eusphenopteris neuropteroides* (Boulay) Novik, *Sphenophyllum emarginatum* forma *truncatum* Schimper.

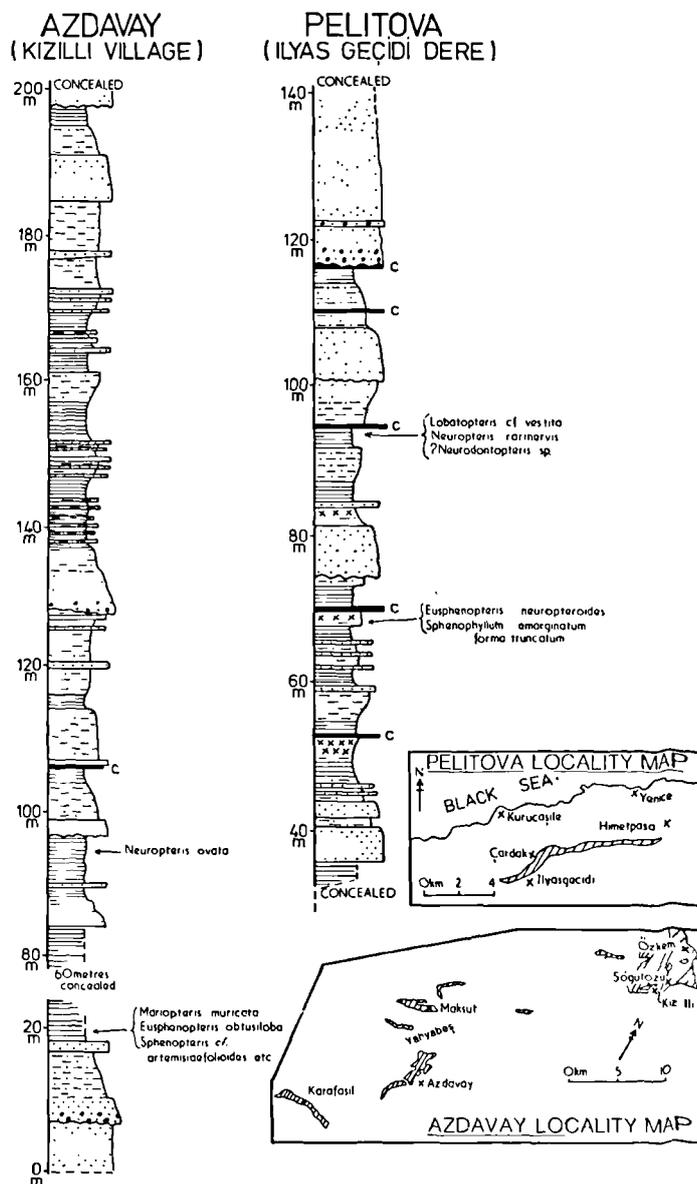


Fig. 5. — Typical succession for the Kızılı Formation in the Azdavay and Pelitova-Kurucaşile areas. (For lithological key, see fig. 2).

Locality IGD 7, Ilyas geçidi dere, Cide, Pelitova area :
Neuropteris rarinervis Bunbury, *Neuropteris* sp.,
? *Lobatopteris* cf. *vestita* (Lesquereux) Wagner.

Locality IGD 8, Ilyas geçidi dere, Cide, Pelitova area :
Neuropteris scheuchzeri Hoffmann.

Locality Yahyabeş Village, road cutting, Azdavay area :
Neuropteris ovata Hoffmann var. *ovata*, *Neuropteris*
rarinervis Bunbury (Pl. XI, fig. 1).

Locality Kızıllı Village, Azdavay area : *Neuropteris ovata*
Hoffmann var. *ovata* (Pl. XI, fig. 3).

DISCUSSION. — The floral elements recovered from the lithologically distinctive Kızıllı sequences show that the Westphalian D is represented. *Neuropteris ovata*, a species which ranges high into the Stephanian, has its first occurrence associated with the base of Westphalian D. *Neuropteris rarinervis* possibly ranges into basal Stephanian (lower Cantabrian Stage) but is characteristic of the Westphalian C and D.

Ağralı (1970) has recognised two palynological zones in the (concealed) Westphalian D succession of the Amasra area, naming these the Kurudere Series and the Bakacak Series. Ağralı's brief description of the lithology of these units strongly suggests that they are equivalent to the Kızıllı Formation of the present paper. On the other hand, the well-dated upper Karadon of Kozlu, Zonguldak area, is of Westphalian D age (Jongmans, 1955), thus suggesting a diachronous occurrence of lithofacies.

The upper part of the Kızıllı Formation comprises unfossiliferous red beds. Similar red beds have been reported much further east in northern Anatolia, in the general region of Bayburt (Ketin, 1951). Ağar (1977) has suggested a volcano-sedimentary origin for these red beds. The occurrences in the Bayburt region have been re-examined by Demirtaşlı and Wagner (pers.comm.), who have recognised an upper Stephanian succession in which volcanic tuffs occur as well as siliciclastics. Of course, there is no suggestion that these strata should be assigned to the Kızıllı Formation of northwestern Anatolia.

II. — GENERAL DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Within the four small areas of Carboniferous outcrop in northwestern Turkey examined in this study, the middle Carboniferous succession attains a cumulative maximum thickness of approximately 1 800 m. It is almost entirely composed of terrigenous clastic sediments, which may be assigned to four major lithostratigraphic units (fig. 6). Three of these units, viz. the Alacaağzı, Kozlu and Karadon formations, have been recognised for some time, but the fourth and highest unit, the Kızıllı Formation is introduced here. It is a distinctive lithological succession which was regarded previously as uppermost Karadon. Further

lithological subdivision of the Alacaağzı and Kozlu formations into informal "members" has been achieved in the Zonguldak and Amasra areas. Subdivision of the Karadon and Kızıllı formations has not proved feasible as yet, primarily because of the rapid lateral and vertical variations in lithofacies exhibited by these formations.

Detailed sedimentological analysis has demonstrated that these scattered outcrops of middle Carboniferous rocks display a similar holistic pattern of palaeo-environmental evolution, together with a comparable history of sediment provenance and transport directions. Overall, the Namurian/Westphalian sequences record a gradual, but broadly synchronous, change from a shallow marine carbonate shelf through coastal plain and deltaic environments into fluvial and alluvial fan regimes.

Despite earlier claims, there is little discernible evidence for physical breaks in the overall succession, apart from those of penecontemporaneous origin which are associated with fluvial and deltaic channelling. There is no evidence for a widespread break in sedimentation above the Visean carbonates. The top of the Visean is marked by rapid upwards passage (in the Kokaksu "member" of the Alacaağzı Formation) from a carbonate shelf sequence into goniatite- and plant-bearing nearshore and deltaic deposits. Similarly, the conglomerates and pebbly sandstones forming the basal units of the Karadon Formation, and which were formerly considered to mark an important mid-Westphalian break, are demonstrably the braidplain and alluvial fan components of a major regressive cycle.

The fossil floras reported in this study help to confirm the stratigraphic integrity of the middle Carboniferous succession and contribute towards a more precise biostratigraphic definition of the lithostratigraphic units. Thus the combined floral and faunal evidence indicates that the Alacaağzı Formation extends from the topmost Visean into the upper Namurian, whilst the Kozlu Formation belongs mainly to the Westphalian A but extends downwards into the upper Namurian (Yeadonian). Floras from the transitionally succeeding Karadon Formation are largely attributable to the Westphalian B and C stages, while the newly erected Kızıllı Formation appears to fall largely within the Westphalian D Stage, but possibly extends downwards into the uppermost Westphalian C. In the Zonguldak area, Westphalian D floras have been recorded from typical upper Karadon lithologies (Zeiller, 1899-1901; Jongmans, 1955). This suggests that the Karadon/Kızıllı lithostratigraphic boundary may be regionally diachronous, ascending westwards.

It has been suggested (Özkocak *et al.*, 1978) that the Carboniferous sequences of the more westerly outcrops of northwestern Turkey (including Zonguldak and Amasra) are essentially autochthonous while those

of the areas further east (including Pelitova and Azdavay) are allochthonous within the Cretaceous flysch. Data obtained in the present study do not provide unequivocal evidence with regard to this hypothesis. However, the similarity between the four areas examined with regard to Carboniferous stratigraphy, palaeoenvironmental evolution, coarse clastic sediment composition, provenance and sediment transport vectors, strongly suggests that these areas constitute parts of a single major depositional basin.

In a broader context, and as previous authors have pointed out already (e.g. Brinkmann, 1976), the faunal and megafloreal elements of these northwest Anatolian middle Carboniferous sequences can be readily compared with coeval faunas and floras from central and northwestern Europe and the European part of the Soviet Union. The stratigraphic and sedimentological characteristics of the northwest Turkish succession are also strikingly similar to those of their European counterparts.

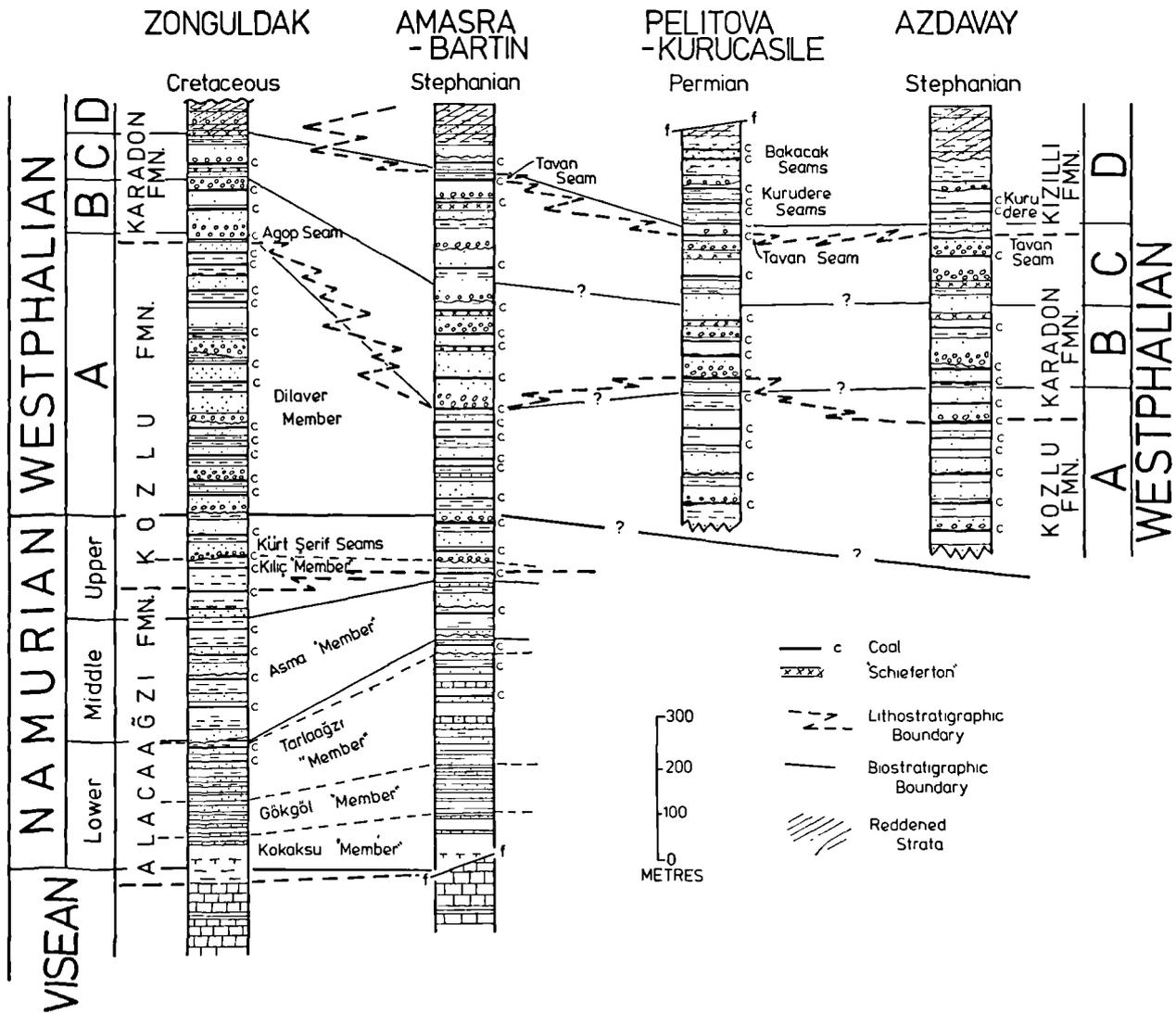


Fig. 6. — Generalised lithostratigraphical successions for the main middle Carboniferous outcrop areas in north-western Turkey, with suggested correlations based on biostratigraphical data. (For lithological key, see fig. 2).

Acknowledgements. — We are indebted to many present and former colleagues and institutions for their help and encouragement in different phases of this work. Mrs H. Tomkinsom, Mr M.W. Stead and Mr D. Kelsall of the Geology Department, University of Keele, together with Messrs B.L.H. Pigott and H.W. Crossley, Geology Department, University of Sheffield are due special thanks for secretarial, technical and photographic assistance. Various members of the Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (Mineral Research and Exploration Institute) of Turkey

provided generous professional, financial and logistical support and special thanks are accorded to Dr Ismail Şentürk, Mr Necdet Özgu and Mr Mustafa Saydamer of the M.T.A. Dr J. Pattison, Dr W.H.C. Ramsbottom and Dr J. Riley of the British Geological Survey kindly identified many of the bivalve and brachiopod faunas collected. Kerey acknowledges the financial support of the Turkish Ministry of Education and Kelling thanks the British Council for their financial assistance. This is a contribution within the ambit of I.G.C.P. Project No. 5.

REFERENCES

- 1) AĞAR Ö. (1977). — The geological studies of Demirözü (Bayburt) and Köse (Kelkit) areas in northeast Turkey (in Turkish). *Karadeniz Teknik Üniversitesi Publication*, 15, 159 p.
- 2) AĞRALI B. (1963). — Etude des microspores du Namurien à Tarlaağzı (Bassin houiller d'Amasra, Turquie). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LXXXIII, (2), p. 145-159.
- 3) AĞRALI B. (1969). — Palynological studies of Amasra and Zonguldak basins in the Lower Carboniferous sequences (in Turkish). *Bull. geol. Soc. Turkey*, 12, (1-2), p. 95-112.
- 4) AĞRALI B. (1970). — Etude des microspores du Bassin carbonifère d'Amasra. *M.T.A. Bull.*, 75, p. 28-68.
- 5) AĞRALI B. et KONYALI Y. (1969). — Etude des microspores du Bassin carbonifère d'Amasra. *M.T.A. Bull.*, 73, p. 45-128.
- 6) AKYOL E. (1968). — Corrélation palynologique des veines Sulu et supposées Sulu de Gelik. *Bull. geol. Soc. Turkey*, 11 (1-2), p. 40-50.
- 7) AKYOL E. (1974). — Etudes palynologiques des veines du Namurien et du Westphalien A, recoupées par les ailes sud et est d'une galerie de cote -50 à Asma, Üzülmöz-Zonguldak. *M.T.A. Bull.*, 83, p. 67-108.
- 8) ARNI P. (1931). — Zur Stratigraphie und Tektonik der Kreideschichten östlich Eregli an der Schwarzmeerküste. *Eclogae geol. Helvetiae*, 24, p. 305-345.
- 9) ARNI P. (1938). — Preliminary stratigraphical note of Eregli-Zonguldak-Amasra coal basins in northern Anatolia (in Turkish). *M.T.A. Raporu*, 674. Ankara (unpublished report Mineral Research and Exploration Institute of Turkey).
- 10) ARNI P. (1939). — Neue geologische Gesichtspunkte für den Bergbau im westlichen Steinkohlenbecken Nordanatoliens. *M.T.A. Bull.*, 4/17, p. 55-63.
- 11) ARNI P. (1941). — Geological report about the value of the Amasra Coal Basin (in Turkish). *M.T.A. Raporu*, 1266. Ankara (unpublished).
- 12) ARTÜZ S. (1957). — Die Sporae dispersae der Türkischen Steinkohlen vom Zonguldak Gebiet (mit besonderer Beachtung der neuen Arten und Genera). *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul*, B, 22 (4), p. 239-263.
- 13) ARTÜZ S. (1963). — Microspore studies and an attempt to correlate the Kalın and Ara coal seams (Westphalian C) in Amasra-Tarlaağzı coalfields (in Turkish). *Monograph Sci. Fac. Univ. Istanbul*, 19, p. 1-58.
- 14) BIRON C. (1961). — Undersea coal mining and its application to Zonguldak Coal Basin. In "Symposium on Coal". *M.T.A. Bull.*, Spec. Publ., p. 210-243.
- 15) BRINKMANN R. (1976). — *Geology of Turkey*. Elsevier, 158 p.
- 16) CHARLES F. (1933). — Contribution à l'étude des terrains paléozoïques de l'Anatolie du Nord-Ouest Asie Mineure). *Mém. Soc. géol. Belgique*, 53, p. 152-178.
- 17) DIJKSTRA S.J. (1952). — Megaspores of the Turkish Carboniferous and their stratigraphical value. *Rept. 18th Int. geol. Congr.* (London, 1948), 10, p. 11-17.
- 18) EGEMEN M.R. (1959). — On the Significance of the Flora Found in the Ihsaniye Beds at Kozlu, Zonguldak. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul*, B, 24, (1-2), p. 1-24.
- 19) ERGÖNÜL Y. (1959). — The Carboniferous Megaspores from the Zonguldak and Amasra Coal Basin and their stratigraphical value. *M.T.A. Bull.*, 53, p. 109-116.
- 20) ERGÖNÜL Y. (1960). — The Palynological Studies of Carboniferous Coal Measures in the Amasra Basin (in Turkish). *M.T.A. Bull.*, 55, p. 55-63.
- 21) ERGÖNÜL Y. (1961) — The Palynological Description of New Pollen Genera and Species from the Amasra Upper Carboniferous. *Bull. geol. Soc. Turkey*, I (2), p. 136-144.
- 22) FRATSCHNER W.Th. (1952). — The first report about geological studies (19th May-24th October, 1951) in Amasra-Bartın and Kurucaşile-Ulus areas (in Turkish). *M.T.A. Special Report* (unpublished).
- 23) FRATSCHNER W.Th. (1954). — Karbonfenster im Flysch Nordanatoliens. *Roemeriana*. Clausthal, 1, p. 209-226.
- 24) GRANCY W.S. (1939). — Ueberblick über die bisherigen Aufschlussarbeiten und Ergebnisse im östlichen anatolisches Steinkohlenbecken. *M.T.A. Bull.*, 4/17, p. 75-88.

- 25) HARTUNG W. (1937). — Das Karbon des Balkan-gebietes einschliesslich Heraclea (Kl. Asien). *C.R. 2^e Congrès Carbonifère, Heerlen 1935*, I, p. 251-261.
- 26) HEDBERG H.D. (Ed.) (1976). — *International Stratigraphic Guide*. Wiley, Canada, 200 p.
- 27) HEWARD A.P. (1978). — Alluvial fan sequence and megasequence models: with examples from Westphalian D - Stephanian B coalfields, northern Spain. In A.D. Miall (Ed.) "Fluvial Sedimentology". *Mem. Can. Soc. Petr. Geol.*, 5, p. 669-702.
- 28) JONGMANS W.J. (1939). — Beiträge zur Kenntnis der Karbonflora in den östlichen Teilen des Anatolischen Kohlenbeckens. *M.T.A. Bull.*, 2, p. 1-40.
- 29) JONGMANS W.J. (1955). — Notes paléobotaniques sur les Bassins houillers de l'Anatolie. *Meded. Geol. Stichting*, N.S., 9, p. 55-89.
- 30) KEREY I.E. (1982). — *Stratigraphical and Sedimentological Studies of Upper Carboniferous Rocks in northwestern Turkey*. Ph. D. Thesis Keele Univ., England (unpublished), 232 p.
- 31) KETİN İ. (1951). — Über die Geologie der Gegend von Bayburt in Nordost-Anatolien. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul*, 16, p. 113-127.
- 32) NAKOMAN E. (1976). — Etudes palynologiques des veines d'âge Namurien et du Westphalien A des secteurs de Karadon et d'Üzülmöz du Bassin houiller de Zonguldak. *M.T.A. Bull.*, 85, p. 45-128.
- 33) NAKOMAN E. (1977). — Etudes palynologiques des veines d'âge Namurien et du Westphalien A des secteurs de Karadon et d'Üzülmöz du Bassin houiller de Zonguldak. *M.T.A. Bull.*, 87, p. 67-96.
- 34) OKAY İ.A.C. et ARTÜZ S. (1964). — Die Mikrosporen der Steinkohlenflöze Domuzcu und Çay (Westfal A) im Zonguldak-Gebiet (Türkei). *Fortschr. Geol. Rheinl. Westfalen*, 12, p. 271-284.
- 35) ÖZKOCAK O. et al. (1978). — The general view of the northwestern Anatolian coalfields (in Turkish). *Proc. 1st Coal Congress of Turkey*, T.K.İ. Publications, p. 167-190 (Turkish Coal Enterprise).
- 36) PATIJN R.J.H. (1950) — The geological report of the Zonguldak coalfield in the summer of 1949 (in Turkish). *M.T.A. Raporu*, 1914, Ankara (unpublished report of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey).
- 37) PATIJN R.J.H. (1954). — Das Steinkohlenbecken von Zonguldak-Kozlu am Schwarzen Meer. *Glückauf*, 90, p. 1633-1708.
- 38) PATIJN R.J.H. (1953-1954). — The Geology of the Zonguldak-Kozlu area of the North Anatolian Coalfield. *Maden* (Turkish Mining Engineers' Association Journal), p. 1-20.
- 39) RALLI G. (1895-1896). — Le Bassin houiller d'Héraclée. *Ann. Soc. géol. Belgique*, 23, p. 151-267.
- 40) RALLI G. (1933). — *Le Bassin Houiller d'Héraclée. La flore du Culm et du Houiller Moyen*. Verlag Zellitsch Frères, Istanbul, 146 p.
- 41) SCHLEHAN M. (1852). — Versuch einer geognostischen Beschreibung der Gegend zwischen Amasry und Tyrly-asy an der Nord-Küste von Klein-Asien. *Zeitschr. Dt. geol. Gesel.*, 4, p. 96-203.
- 42) SPRATT T. (1877). — Remarks on the Coal-bearing Deposits near Erekli (The ancient Heraclea Pontica, Bithynia). *Quart. J. geol. Soc. London*, 33, p. 525-533.
- 43) STOCKMANS F. (1962). — Paléobotanique et Stratigraphie. *C.R. 4^e Congrès Carbonifère, Heerlen 1958*, III, p. 657-682.
- 44) TOKAY M. (1952). — Contribution à l'étude de la région comprise entre Ereğli, Alaplı, Kızıltepe et Atacağza. *M.T.A. Bull.*, 42-43, p. 37-78.
- 45) TOKAY M. (1954-1955). — Géologie de la région de Bartın (Zonguldak, Turquie du Nord). *M.T.A. Bull.*, 46-47, p. 16-63.
- 46) TOKAY M. (1961). — Geological Structure of the Amasra Coalfield (Zonguldak, Turkey). In "Symposium on Coal". *M.T.A. Spec. Publ.*, 6, p. 58-65.
- 47) TOKAY M. (1981). — On some Variscan events in the Amasra district of the Zonguldak coalfield (Northern Anatolia). In Karamata S. and Sassi F.P. (Eds), *I.G.C.P. Project N° 5, Newsletter* 3, p. 140-151.
- 48) YAŞSIMAN K. (1956). — About the Stratigraphical Age of the Azdavay Coals (in Turkish). *M.T.A. Bull.*, 48, p. 140-146.
- 49) YAŞSIMAN K. (1959). — New Carboniferous Megaspores from the Zonguldak and Amasra Coal Basin. *M.T.A. Bull.*, 53, p. 102-108.
- 50) YAŞSIMAN K. (1960). — New Spore Flora from the Amasra Coal Basin. *M.T.A. Bull.*, 55, p. 46-54.
- 51) YAŞSIMAN K. (1961). — Some megaspores from the Amasra (Zonguldak) Coal Basin. *M.T.A. Bull.*, 57, p. 82-88.
- 52) ZEILLER R. (1895-1896). — Sur la flore des dépôts houillers d'Asie Mineure et sur la présence, dans cette flore, du genre *Phyllothea*. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 120, p. 1228-1231.
- 53) ZEILLER R. (1899-1901). — Etude sur la flore fossile du Bassin houiller d'Héraclée (Asie Mineure). *Mém. Soc. géol. France, Paléont.*, 21, p. 1-91.

* * *

EXPLANATION OF PLATES

PLATE VII

- Fig. 1. — *Neuropteris obliqua* (Brongniart) Göppert, $\times 3$. Kılıç "Member" of Kozlu Formation. Loc. 37, south of 520 Colliery, Zonguldak area.
- Fig. 2. — *Diplotmema adiantoides* (Von Schlotheim) Gothan, $\times 3$. Alacaagzı Formation. Gökgöl section of Üzülmöz dere, Zonguldak area.
- Fig. 3. — *Neuraethopteris larischi* (Šusta) Laveine, $\times 3$. Kılıç "Member" of Kozlu Formation. Loc. 37, south of 520 Colliery, Zonguldak area.
- Fig. 4. — *Neuraethopteris schlehanii* (Stur) Cremer, $\times 3$. Dilaver "Member" of Kozlu Formation. Loc. Gelik 11, upper levels of Gelik 1, Zonguldak area.
- Fig. 5. — *Renaultia?* cf. *typica* (Stur), $\times 3$. Dilaver "Member" of Kozlu Formation. Loc. Açık Yarma 7, at 150 m north of Loc. 6, west of Güntepe Colliery, Zonguldak area.
- Fig. 6. — *Mariopteris beneckeii* Huth, $\times 3$. Kılıç "Member" of Kozlu Formation. Loc. 37, south of 520 Colliery, Zonguldak area.
- Fig. 7. — *Paripteris gigantea* (Sternberg) Gothan, $\times 3$. Dilaver "Member" of Kozlu Formation. Loc. Açık Yarma 8, at 300 m north of Loc. 7, north of Kırat Tepe, Zonguldak area.
- Fig. 8. — *Karinopteris acuta* (Brongniart) Boersma, $\times 3$. Dilaver "Member" of Kozlu Formation. Loc. Açık Yarma 8, north of Kırat Tepe, Zonguldak area.

PLATE VIII

- Fig. 1. — *Lyginopteris baeumleri* (Andrae) Gothan, $\times 3$. Kılıç "Member" of Kozlu Formation. Loc. Gelik 1, road cutting in front of Gelik Colliery, Zonguldak area.
- Fig. 2. — *Mariopteris mosana* Willière and *Asterophyllites* cf. *palaeaceus* Stur, $\times 3$. Dilaver "Member" of Kozlu Formation. Loc. Açık Yarma 10A, approximately 500 m north of Loc. 8, north of Kırat Tepe, Zonguldak area.
- Fig. 3. — *Sphenopteris coriacea* Marrat, $\times 3$. Dilaver "Member" of Kozlu Formation. Loc. Açık Yarma 10B, north of Kırat Tepe (higher level of Loc. 10A), Zonguldak area.

PLATE IX

- Fig. 1. — *Palmatopteris sturi* Gothan, $\times 3$. Karadon Formation. Loc. 15, 10 Temmuz Mevkii, just behind the Primary School garden, Zonguldak area.

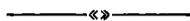
- Fig. 2. — *Sphenopteris coriacea* Marrat, $\times 3$. Dilaver "Member" of Kozlu Formation. Loc. Kk, Kokaksu Valley, Zonguldak area.
- Fig. 3. — *Sphenopteris limai* Zeiller, $\times 3$. Dilaver "Member" of Kozlu Formation. Loc. 41, north of Üzülmöz, Zonguldak area.
- Fig. 4. — *Eusphenopteris schumannii* (Stur) Van Amerom, $\times 3$. Karadon Formation. Loc. 22, Büyük Kılıç Colliery, above the gallery gate, Zonguldak area.
- Fig. 5. — *Lonchopteridium karvinense* (Purkyňová) comb. nov., $\times 3$. Karadon Formation. Loc. 15, 10 Temmuz Mevkii, just behind the Primary School garden, Zonguldak area.
- Fig. 6. — *Asterophyllites palaeaceus* Stur, $\times 3$. Dilaver "Member" of Kozlu Formation. Loc. Gelik 11, upper levels of Loc. Gelik 1, Zonguldak area.
- Fig. 7. — *Karinopteris?* (*Sphenopteris*) *andraeana* (Von Roehl) Boersma, $\times 3$. Karadon Formation. Loc. 15, 10 Temmuz Mevkii, just behind the Primary School garden, Zonguldak area.
- Fig. 8. — *Lonchopteridium karvinense* (Purkyňová) comb. nov., $\times 3$. Karadon Formation. Loc. 15, 10 Temmuz Mevkii, just behind the Primary School garden, Zonguldak area.

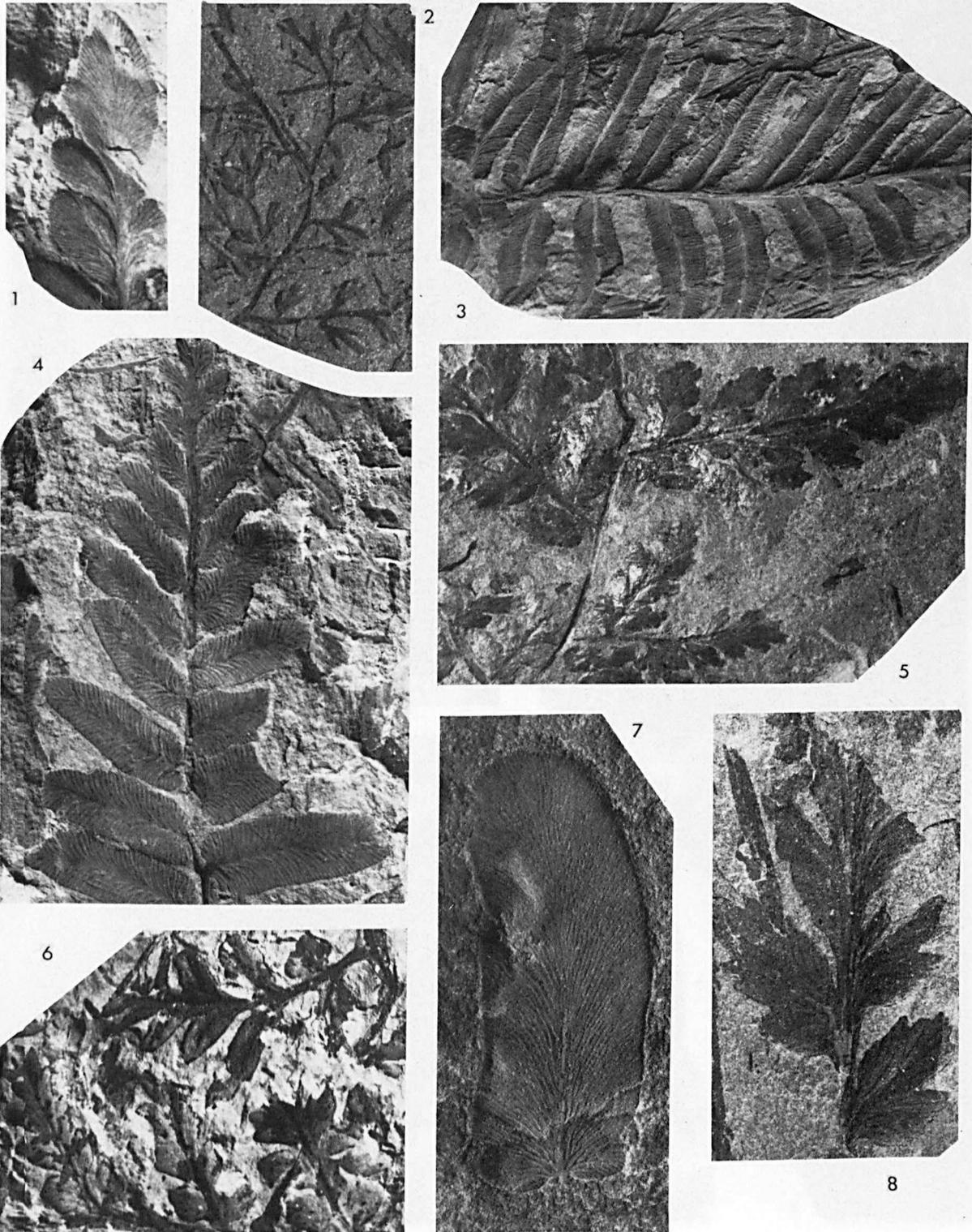
PLATE X

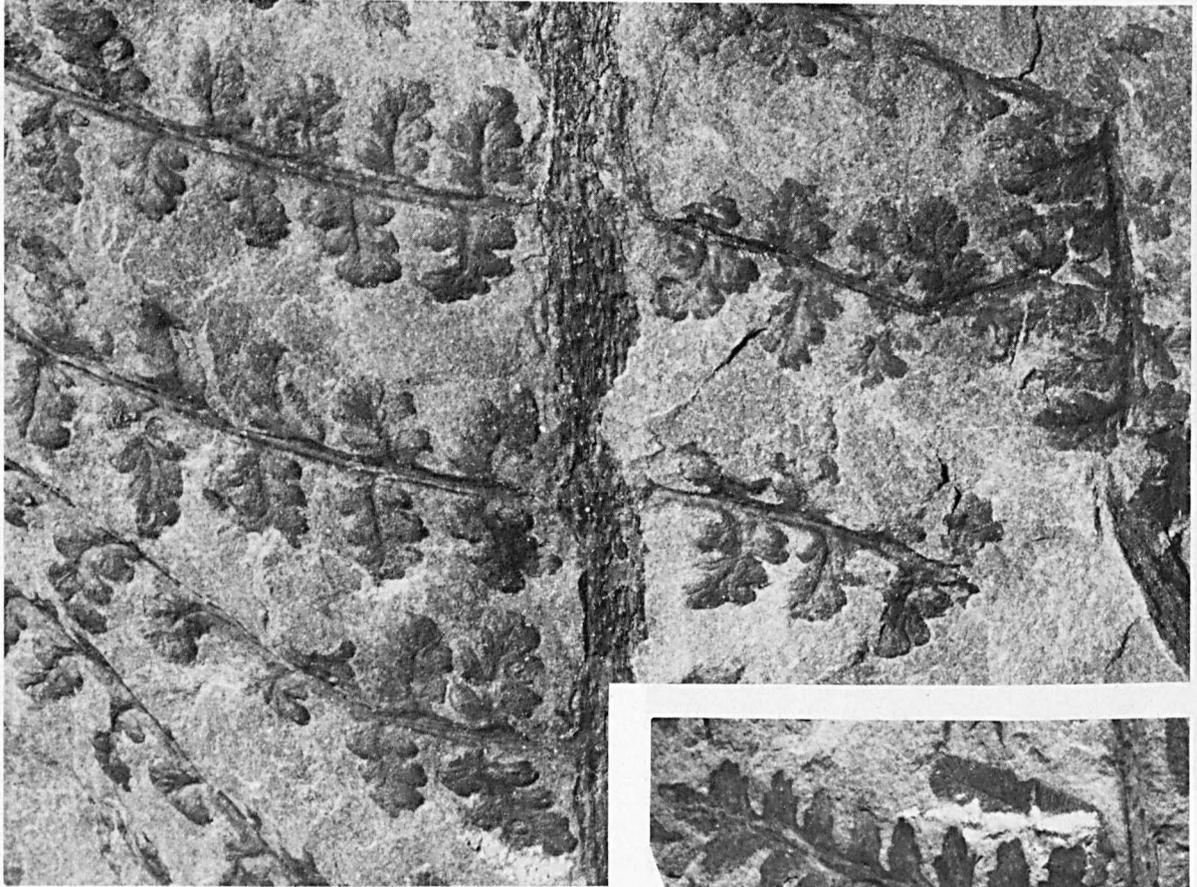
- Fig. 1. — *Eusphenopteris obtusiloba* (Brongniart) Novik, $\times 3$. Karadon Formation. Loc. 15, 10 Temmuz Mevkii, just behind the Primary School garden, Zonguldak area.
- Fig. 2. — *Annularia jongmansii* Walton, $\times 3$. Karadon Formation. Loc. 26, south of Kılımlı, Zonguldak area.
- Fig. 3. — *Lonchopteridium karvinense* (Purkyňová) comb. nov., $\times 3$. Karadon Formation. Loc. 15, 10 Temmuz Mevkii, just behind the Primary School garden, Zonguldak area.
- Fig. 4. — *Sphenopteris coriacea* Marrat, $\times 3$. Dilaver "Member" of Kozlu Formation. Loc. Kk, Kokaksu Valley, Zonguldak area.
- Fig. 5. — *Sphenopteris* cf. *artemisiaefolioides* Crépin, $\times 3$. Karadon Formation. Loc. Özkem 2, at 500 m south-east of Özkem Village, Azdavay area.
- Fig. 6. — *Paripteris linguaeifolia* (Bertrand) Laveine, $\times 3$. Karadon Formation. Loc. 15, 10 Temmuz Mevkii, just behind the Primary School garden, Zonguldak area.

PLATE XI

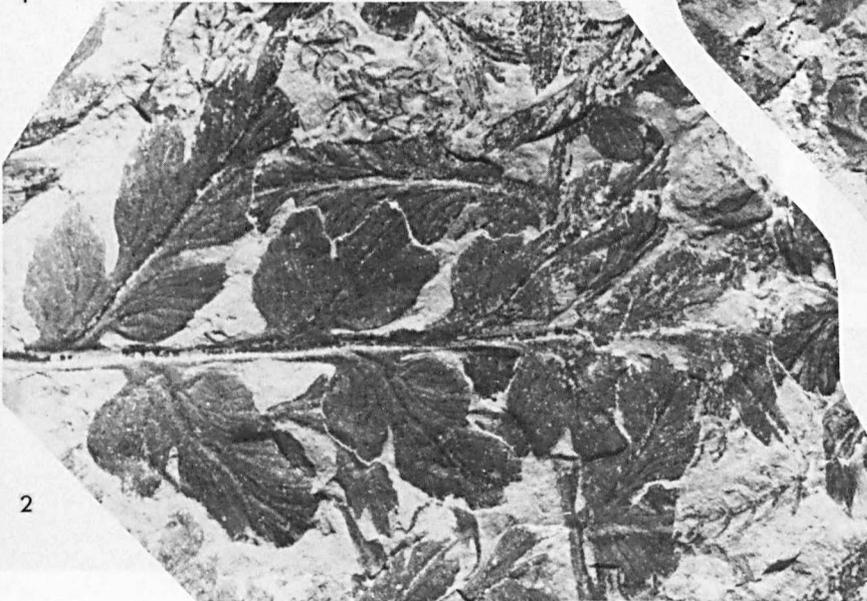
- Fig. 1. — *Neuropteris rarinervis* Bunbury, $\times 3$.
Kızıllı Formation. Loc. Yahyabeş Village, road cutting, Azdavay area.
- Fig. 2. — *Neuropteris obliqua* (Brongniart) Göppert, $\times 3$.
Karadon Formation. Loc. 15, 10 Temmuz Mevkii, just behind the Primary School garden, Zonguldak area.
- Fig. 3. — *Neuropteris ovata* Hoffmann var. *ovata*, $\times 3$.
Kızıllı Formation. Loc. near Kızıllı Village, Azdavay area.







1



2



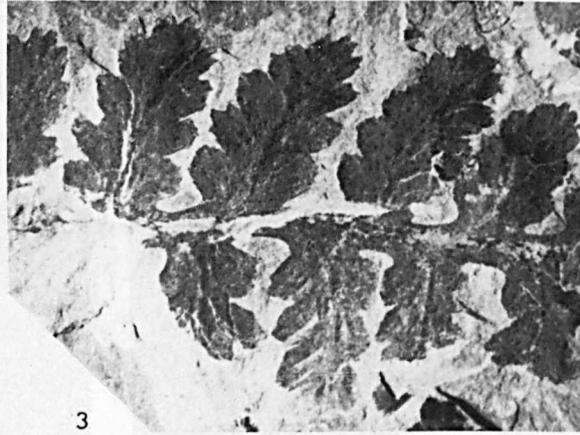
3



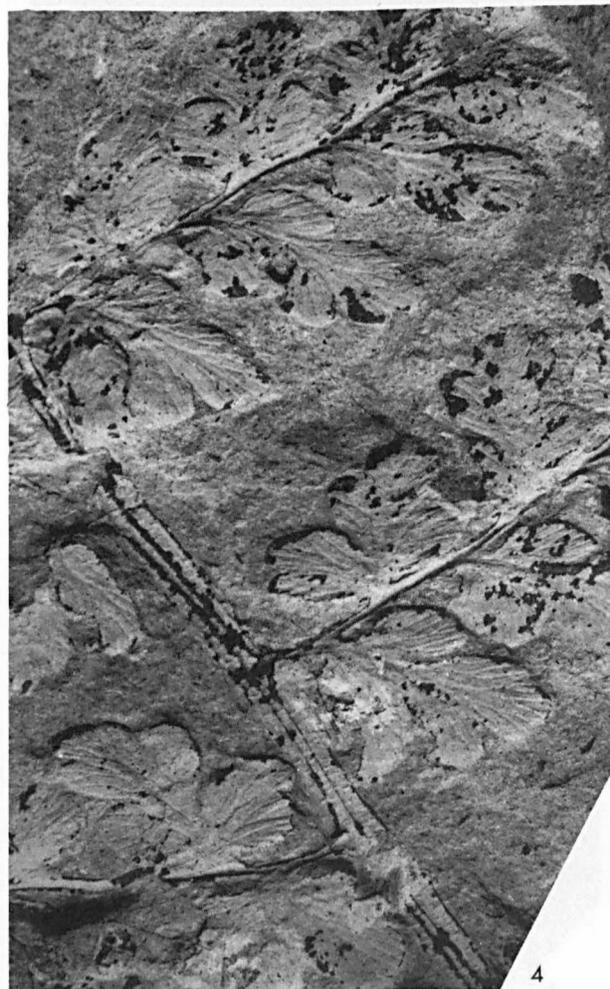
1



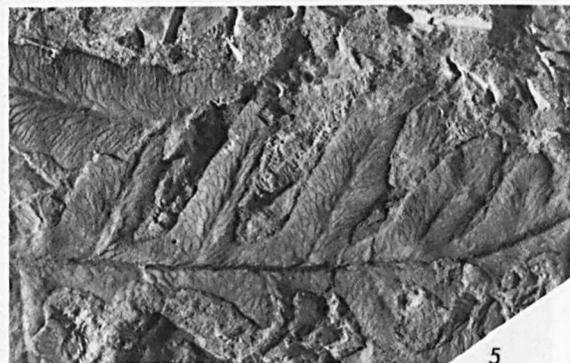
2



3



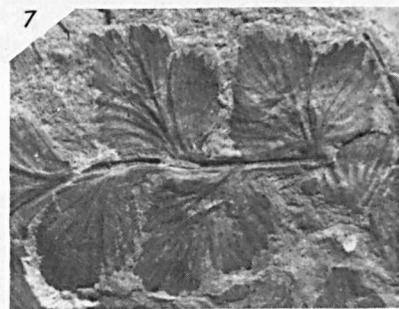
4



5



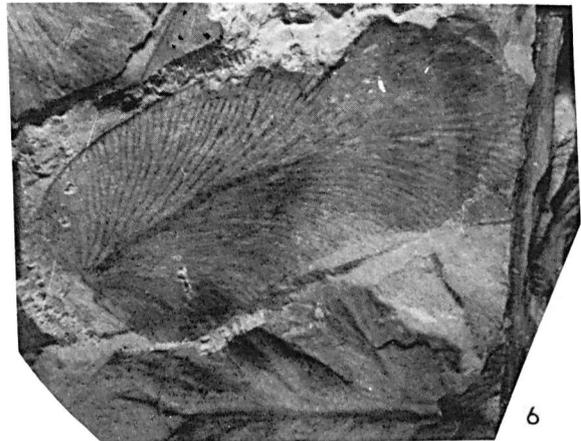
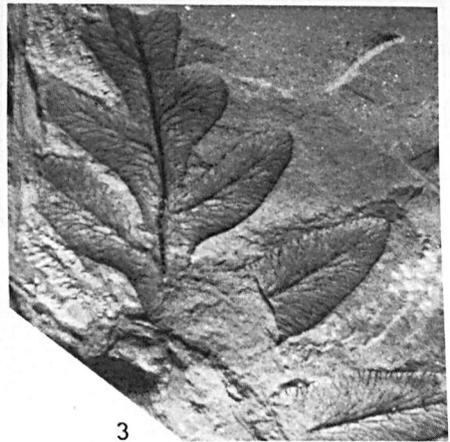
6

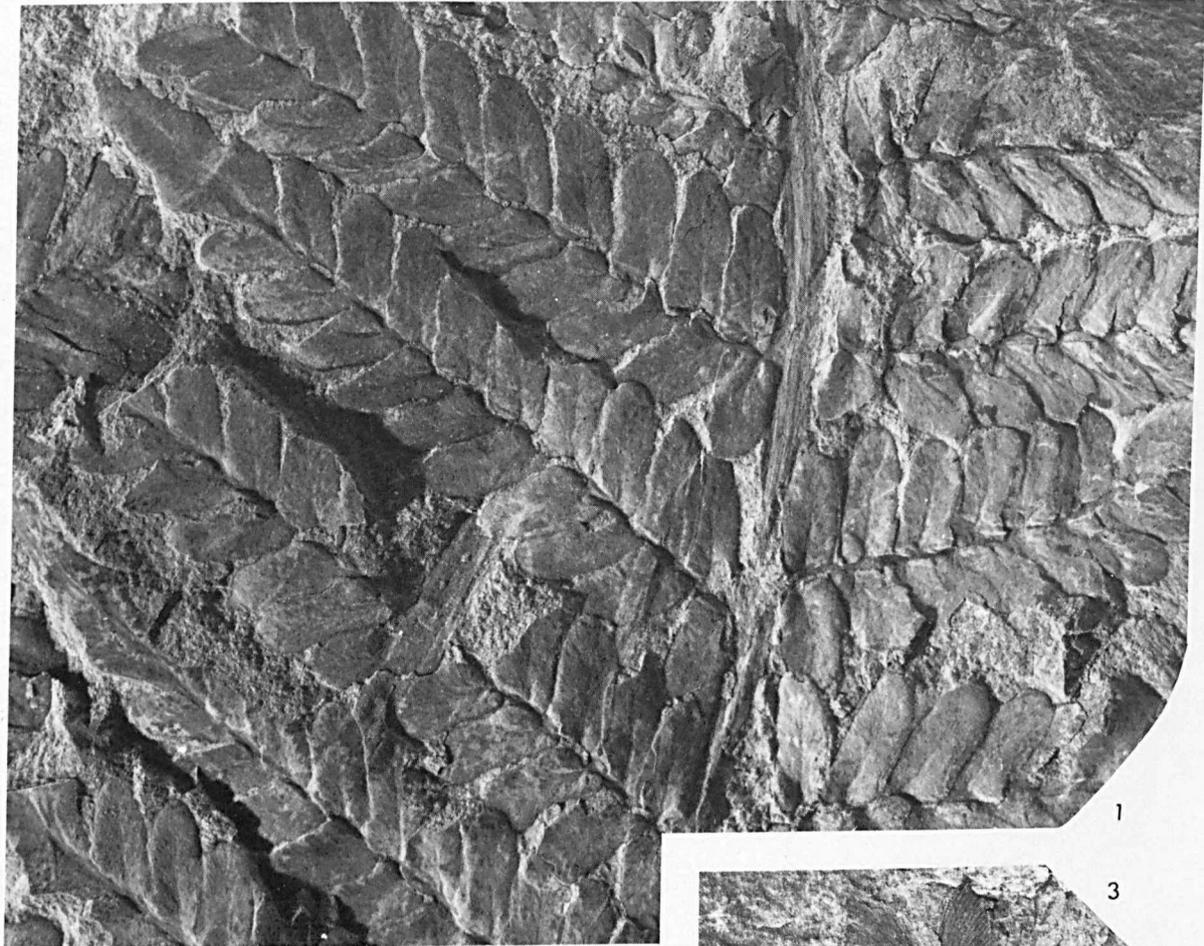


7

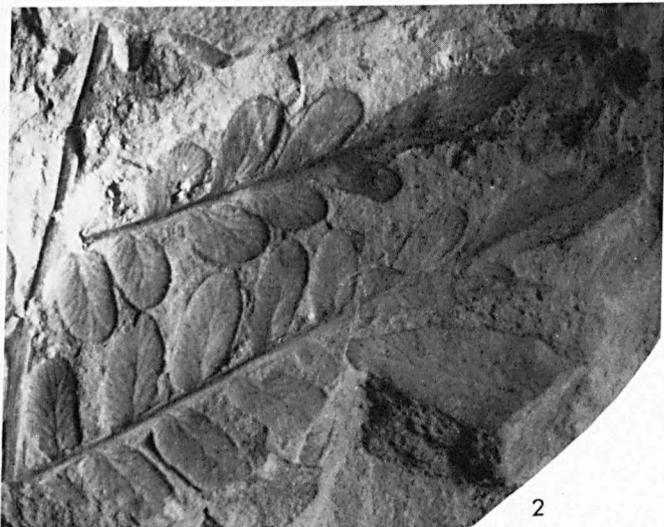


8

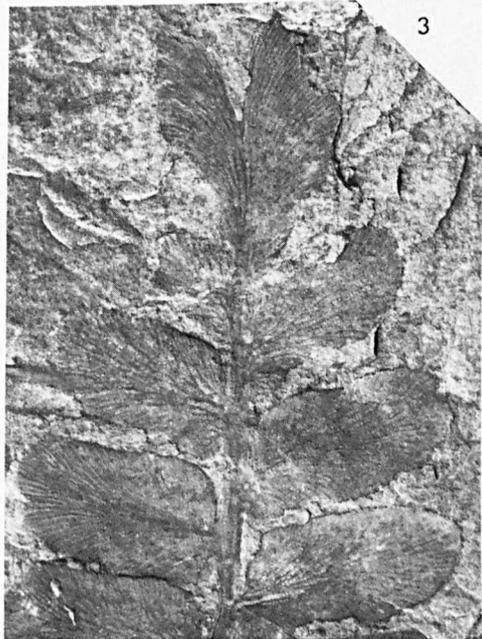




1



2



3



Sont en vente au Siège de la Société :

MEMOIRES (*)

Tome I, n° 1. — Ch. BARROIS, <i>Recherches sur le terrain crétacé de l'Angleterre et de l'Irlande</i> , 1876, 232 p.	336,00 F
n° 2. — P. FRAZER, <i>Géologie de la partie Sud-Est de la Pensylvanie</i> , 1882, 178 p.....	252,00 F
n° 3. — R. ZEILLER, <i>Mémoire sur la flore houillère des Asturies</i> , 1882, 24 p.	36,00 F
Tome IV, n° 1. — J. GOSSELET, <i>Etudes sur les variations du Spirifer Verneuilli</i> , 1894, 63 p., 7 pl.	90,00 F
Tome VI, n° 1. — P. BERTRAND, <i>Etude du stipe de l'Adelophyton jutieri</i> B. Renault, 1907, 38 p., 4 pl.	85,00 F
n° 2. — J. GOSSELET et al., <i>Faune silurodévonienne de Liévin</i> , 1912-1920. Fasc. 2	336,00 F
n° 3. — V. COMMONT, <i>Saint-Acheul et Montières : Notes de Géologie, de Paléontologie et de Préhistoire</i> , 1909, 68 p., 3 pl.	156,00 F
Tome VII, n° 1. — P. BERTRAND, <i>Etude des Stipes d'Asterochloena laxa</i> Stenzel, 1911, 72 p., 6 pl.	102,00 F
Tome VIII, n° 2. — Ed. LEROUX, <i>Le tunnel de l'Ave Maria</i> , 1929, 50 p., 5 pl.	120,00 F
Tome IX, n° 1. — G. DUBAR, <i>Etude sur le Lias des Pyrénées Françaises</i> , 1925, 332 p., 7 pl.....	432,00 F
n° 2. — G. FOURNIER et al., <i>Poissons élasmodontes de Denée</i> , 1926, 23 p., 6 pl.	96,00 F
Tome X, n° 2. — J. LAVERDIERE, <i>Terrains paléozoïques des Pyrénées occidentales</i> , 1931, 132 p., 8 pl. ..	180,00 F
Tome XII. — D. LEMAITRE, <i>Faune des Calcaires dévoniens du Bassin d'Ancein</i> , 1934, 268 p., 18 pl.	336,00 F
Tome XIII. — P. BRICHE et al., <i>Flore infraliasique du Boulonnais</i> , 1963, 145 p., 11 pl.	252,00 F
Tome XIV. — G. WATERLOT, <i>Les Gigantostrocés du Siluro-Dévonien de Liévin</i> , 1966, 23 p., 5 pl.	84,00 F
Tome XV. — J. MANIA, <i>Gestion des Systèmes aquifères. Applications au Nord de la France</i> , 1978, 228 p.	180,00 F
Tome XVI. — A. BOUROZ et al., <i>Essai de synthèse des données acquises dans la genèse et l'évolution des marqueurs pétrographiques dans les bassins houillers</i>	250,00 F

FASCICULES SPECIAUX (*)

« Géologie du Nord de la France » (T. LXXXIX, fasc. 1)	85,00 F.
« Centenaire de la S.G.N. » (T. XC, fasc. 4)	100,00 F.
« Rupture des roches et massifs rocheux » (T. XCV, fasc. 3)	70,00 F.
« Données nouvelles sur le Paléozoïque de l'Europe occidentale » (T. XCVI, fasc. 4 et T. XCVII, fasc. 1) ..	200,00 F.
« Apports récents à la Géologie du Gondwana » (T. XCVII, fasc. 4)	150,00 F.
« Géologie de l'Europe, du Précambrien aux bassins sédimentaires post-hercyniens » (T. XCIX, fasc. 1)	150,00 F.
« Géologie appliquée aux problèmes d'énergie et de matières premières » (T. CII, fasc. 2)	150,00 F.
« Tectonique cassante en distension et coulissement » (T. CIII, fasc. 2-3)	250,00 F.

PUBLICATIONS (*)

Publication N° 1. — J. CHOROWICZ, <i>Etude géologique des Dinarides le long de la transversale Split-Karlovac (Yougoslavie)</i>	130,00 F.
Publication N° 2. — J. CHARVET, <i>Essai sur un orogène alpin : Géologie des Dinarides au niveau de la transversale de Sarajevo (Yougoslavie)</i>	150,00 F.
Publication N° 3. — J. ANGELIER, <i>Néotectonique de l'arc égéen</i>	140,00 F.
Publication N° 4. — J.J. FLEURY, <i>Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grèce continentale et Péloponnèse du Nord). Evolution d'une plate-forme et d'un bassin dans leur cadre alpin</i>	175,00 F.
Publication N° 5. — M. COUSIN, <i>Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie</i>	175,00 F.
Publication N° 6. — F. THIEBAULT, <i>L'évolution géodynamique des Hellénides externes en Péloponnèse méridional</i>	185,00 F.
Publication N° 7. — P. DEWEVER, <i>Radiolaires du Trias et du Lias de la Téthys</i>	180,00 F.
Publication N° 8. — J. FERRIERE, <i>Paléogéographie et tectoniques superposées dans les Hellénides internes : les massifs de l'Othrys et du Pélion (Grèce continentale)</i>	185,00 F.
Publication N° 9. — H. MAILLOT, <i>Les Paléoenvironnements de l'Atlantique sud : Apport de la géochimie sédimentaire</i>	130,00 F.
Publication N° 10. — Cl. BROUSMICHE, <i>Les Fougères sphénoptéridiennes du Bassin Houiller Sarro-Lorrain</i>	200,00 F.
Publication N° 11. — B. MISTIAEN, <i>Phénomènes récifaux dans le Dévonien d'Afghanistan (Montagnes Centrales). Analyse et systématique des Stromatopores</i>	200,00 F.
Publication N° 12. — T. HOLTZAPFFEL, <i>Les minéraux argileux. Préparation, analyse diffractométrique et détermination</i>	T.T.C. 90,00 F.

<i>Esquisse géologique du Nord de la France</i> , par J. GOSSELET, Fascicule IV (Terrains quaternaires)	29,00 F.
<i>Ecorché géologique infra-mésozoïque</i> (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.)	50,00 F.

Les membres abonnés 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.

(*) Tous les prix sont indiqués hors taxe, sauf indication contraire (T.T.C.).

SOMMAIRE

Tome CV

1985

3^{me} trimestre

	pages
↖ F. AMEDRO. — Biostratigraphie des craies cénomaniennes du Boulonnais par les ammonites	159
Ph. CLABAUT et H. CHAMLEY. — Observations sédimentologiques sur le littoral de Wissant (Site des caps, Boulonnais)	169
Y. DESPEYROUX et H. CHAMLEY. — Distribution des sédiments récents dans l'estuaire de la Canche (Pas-de-Calais)	179
— F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Paléodictyoptère nouveau du Namurien belge	187
— F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Présence du genre <i>Zdenekia</i> Kuk. (Protorhoptères Paoliides) dans le Westphalien inférieur de Belgique	195
I.E. KEREY, G. KELLING and R.H. WAGNER. — An outline stratigraphy and palaeobotanical records from the middle Carboniferous rocks of northwestern Turkey	203

© 1986 Société Géologique du Nord Editeur, Lille

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage est interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteur.

Imprimé en France (Printed in France)

Le Directeur de la publication : Paule CORSIN.
Commission Paritaire N° 55.940.

Imprimerie Centrale du Nord, 12, rue Lepelletier, 59800 Lille - 11-1986
Dépôt légal n° 751 - 4^e trimestre 1986