

**POPULATIONS FOSSILES
ASSOCIATIONS PALEONTOLOGIQUES
PALEOENVIRONNEMENTS
DE SERIES DELTAIQUES ILERDIENNES
DES CORBIERES (AUDE - FRANCE)**

par

LYDIE PAUTAL

- A V A N T - P R O P O S -

Ce mémoire de thèse est l'aboutissement de recherches effectuées au Laboratoire de Géologie Sédimentaire et Paléontologie de l'Université Paul Sabatier de Toulouse.

L'occasion m'est offerte de remercier ici les personnes qui m'ont fait l'honneur de participer au jury de thèse chargé de juger ce travail, et tous ceux ayant contribué de près ou de loin à sa réalisation.

En premier lieu, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur le Professeur J. REY pour m'avoir accueillie au sein de son équipe en me proposant ce sujet de recherche. Ce mémoire doit beaucoup à ses enseignements, ses connaissances en micropaléontologie et en paléoécologie, ses encouragements et enfin à ses critiques bienveillantes lors de la mise au point du manuscrit. Bien que m'ayant toujours laissée la plus grande liberté de démarche et malgré toutes les imperfections qu'il contient, je souhaite qu'il y trouve quelque mérite justifiant sa confiance.

Monsieur le Professeur Y. GOURINARD me fait l'honneur de présider le jury, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Madame Y. LE CALVEZ, Directeur honoraire du Laboratoire de micropaléontologie du Muséum National d'Histoire Naturelle, Professeur de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, a répondu d'emblée et avec gentillesse à l'invitation de siéger à ce jury et j'en suis très honorée. Je lui dois également d'avoir accepté de confirmer les déterminations de certains Foraminifères. Son avis de Spécialiste m'est particulièrement précieux.

Je souhaite exprimer ma vive reconnaissance à Monsieur L. BRUN, Chef du Département de Biostratigraphie de la S.N.E.A. (P) à BOUSSENS. Je lui sais gré de m'avoir permis d'accéder à la bibliothèque du Service de Micropaléontologie et le remercie pour son aide technique (lavages, diffraction X). Je suis très sensible aux marques d'intérêt qu'il me témoigne en acceptant de juger ce travail.

Je suis très reconnaissante à Monsieur J. MAGNE, Maître de Recherches au CNRS, pour avoir accepté de juger ce travail en tant que rapporteur.

Je dois à Monsieur le Professeur P. SOUQUET de m'avoir ouvert les portes de son laboratoire et de m'avoir donné les bases de la Géologie sédimentaire moderne par son enseignement riche et sans cesse actualisé. Je le remercie ici de son aimable contribution.

C'est grâce à Monsieur P. CUGNY, Assistant à l'Université Paul Sabatier que les traitements statistiques des nombreuses données recueillies ont pu être réalisés. Je le remercie sincèrement du temps qu'il a bien voulu me consacrer.

Mes remerciements vont encore à Messieurs B. PEYBERNES, J. CANEROT, M. BILOTTE et E.J. DEBROAS, chercheurs au laboratoire pour leur enseignement, leurs conseils, leur disponibilité et pour l'intérêt qu'ils ont toujours manifesté à l'avancement de mon travail.

Madame S. BARTA-CALMUS (Muséum National d'Histoire Naturelle) a assuré la détermination des Polypiers; Monsieur et Madame J.J. et G. BIZON, Ingénieurs - Géologues au B.E.T.C.T.P la détermination des Foraminifères planctoniques. Je les en remercie très vivement.

Je tiens à remercier Mesdemoiselles J. VILLATTE et Y. TAMBAREAU, chargées de recherches au CNRS, qui m'ont fait partager leur expérience des séries ilerdiennes par leur aide bibliographique. Je suis également redevable à Y. TAMBAREAU de la détermination des Ostracodes.

C'est avec un réel plaisir que je remercie les Ingénieurs et Techniciens de la S.N.E.A. (P) à Boussens des Services de Sédimentologie et de Micropaléontologie pour les avoir souvent sollicités. L'intérêt qu'ils ont pris à l'avancement de mes travaux et l'accueil chaleureux qui m'a toujours été réservé fut pour moi un encouragement constant. Que Monsieur L. VAPAUDJIAN qui m'a apporté des suggestions constructives pour la figuration sédimentologique soit assuré de ma profonde gratitude. Monsieur SEVERAC a effectué avec soin les analyses de diffraction X, je l'en remercie beaucoup.

Il m'est particulièrement agréable d'exprimer mes remerciements aux Ingénieurs de la Compagnie Française des Pétroles à Bordeaux qui ont témoigné leur intérêt pour cette étude. Monsieur F. SEGURA qui a bien voulu m'accompagner sur le terrain et dont les conseils éclairés ont été un appui fondamental; Monsieur B. LAMBERT qui a pris en charge la détermination du Nannoplankton calcaire; Monsieur J.M. VILLAIN avec qui les échanges d'idées sur la paléoécologie ont été fructueux.

J'ai été très sensible à la rapidité avec laquelle Monsieur J. FERRER, Directeur de Recherches à ESSO (EPRE) et spécialiste de la micropaléontologie de l'Ilerdien a accepté de prendre en charge les clichés des Foraminifères au microscope électronique. D'autre part, il m'a permis de consulter la collection de référence des Foraminifères ilerdiens de la région de Tremp. Je me dois de remercier aussi Messieurs COLIN et TOULOUZE pour m'avoir initié aux prises de vue sur le M.E.B.

Madame N. FONTAINE a assuré la frappe de ce mémoire avec soin et efficacité, ainsi que Mademoiselle R. DEPRUN pour la dactylographie de dernière minute, qu'elles soient assurées de mes sincères remerciements et de mon amitié.

Je ne saurais oublier tous ceux et toutes celles qui ont contribué à ce travail par leur concours technique: Mesdames P. EYCHENNE, M. FILHASTRE, F. RONCHINI, Messieurs V. FILHASTRE et R. PUERTOLAS.

Je n'oublierai jamais les nombreuses discussions que j'ai eues avec mes "collègues" de l'Ilerdien et des Corbières, je pense surtout à P. FONTAINE, F. VEYSSIERE, M.C. JIMENEZ, P. CRUMEYROLLE. J'ai une dette toute particulière envers P. FONTAINE qui m'a souvent accompagnée sur le terrain et qui a bien voulu m'aider pour les clichés sur le terrain et au laboratoire. Je remercie également J.C. ROUX qui a réalisé avec soin certains tirages photographiques.

Je garderai le meilleur souvenir de mes nombreux autres camarades de 3^e Cycle auprès desquels j'ai souvent trouvé aide et réconfort les mauvais jours ...

Enfin, je suis heureuse de dédier cette thèse à Georges FIXARI pour sa patiente collaboration tant géologique, morale que technique pour tout le mal qu'il s'est donné et ses encouragements perpétuels.

A ma famille je rends un hommage chaleureux. Mes parents m'ont laissée m'orienter librement dans mes études, ils m'ont constamment soutenue et se sont toujours intéressés à l'avancement de mes travaux. Sans eux ce mémoire n'aurait pu être fait; à eux aussi je dédie cette thèse.

LEGENDE DES COUPES

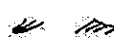
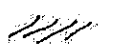
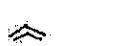
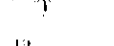
LITHOLOGIE

	Marnes
	Silts
	Grès
	Conglomérats
	Calcaires

Marnes
Marnes silteuses
Silts ou Calcaires
Grès fins
Grès grossiers
Conglomérats

 Lacune d'observation

STRUCTURES ET FIGURES SÉDIMENTAIRES

	Stratifications entrecroisées
	Rides
	Stratifications obliques
	Rides de vagues
	Stratifications onduleuses
	Litage en mamelons
	Ball and pillows
	Figures de charge
	Hard-ground
	Polygones de dessiccation
	Terriers verticaux
	Terriers horizontaux
	Galets mous
	Débris végétaux

MICROFAUNE

	Alvéolines
	Orbitolites
	Operculines
	Petites Nummulites
	Grandes Nummulites
	Discocyclines

MACROFAUNE

	Huîtres
	Spondyles
	Pectens
	Crassatelles
	Lucines
	Chamas
	Turritelles
	Porcelaines (Cypraeidés)
	Cérithidés
	Térébratules
	Crustacés
	Bryozoaires
	Oursins réguliers
	Coraux
	Coraux coloniaux
	Coraux solitaires

I - BUTS ET METHODES DE L'ETUDE	11
II - CADRE DE L'ETUDE	17

introduction

I - BUTS ET METHODES DE L'ETUDE

A - BUT DE L'ETUDE

Ce travail est une contribution à la connaissance micropaléontologique et sédimentologique de l'Ilerdien des Corbières septentrionales.

Deux coupes ont été choisies pour l'abondance de leur contenu faunistique et leurs conditions d'affleurement. Les coupes de Caunettes-en-Val et de Coustouge permettent d'étudier sans grandes lacunes de visibilité, la totalité de l'épisode marin ilerdien.

Le but de cette étude était d'examiner la distribution et les variations d'abondance de la microfaune puis de tenter de les expliquer en donnant une interprétation des différents environnements rencontrés.

B - METHODES D'ETUDE

1 - PREPARATION DES ECHANTILLONS

L'étude la plus complète a été effectuée par lavages dans les marnes où la microfaune est de loin la plus abondante. Cependant, les niveaux calcaires ou gréseux ont été examinés en lames minces et/ou en tranches d'échantillons.

a - Lames minces

Seuls les grands Foraminifères ont été retenus car en section, les imprécisions de détermination pour les petits Foraminifères sont trop importantes et il faudrait beaucoup de lames dans un même banc pour que les résultats soient vraiment significatifs. L'iconographie basée sur les lames minces est présentée sous la forme de négatifs photographiques (lames passées sous agrandisseur).

b - Tranches d'échantillons

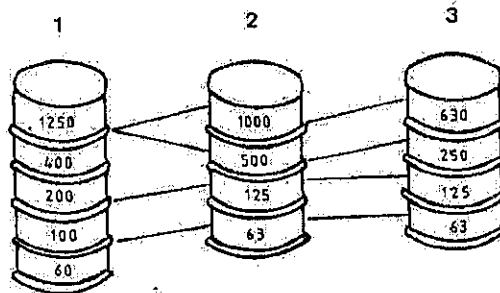
Cette méthode présente l'avantage de donner beaucoup plus d'informations sur l'abondance de la microfaune. Comme précédemment, seuls les grands Foraminifères sont retenus pour les mêmes raisons.

L'échantillon est scié en tranches qui sont immergées dans une solution d'acide chlorhydrique, ce qui permet, après attaque, de les examiner des deux côtés, directement sous la loupe binoculaire.

c - Lavages

Ils ont été effectués en trois temps, avec trois séries de tamis

différentes mais de mailles voisines.



Le dernier tamis (60 ou 63 μ m) a surtout été utilisé pour la recherche des Foraminifères planctoniques généralement peu abondants dans le tamis 100 ou 125 μ m. Nous discuterons ultérieurement sur les résultats obtenus pour ce dernier tamis (Chap. IV p.134).

L'échantillon, mis à tremper dans de l'eau additionnée de carbonate de soude et d'eau oxygénée, est ensuite lavé. Quand l'échantillon est très silteux, le passage à la cuve à ultrasons s'avère nécessaire. Malgré cela, certains niveaux présentent des organismes très encroûtés.

2 - ETUDE DE LA MACROFAUNE ET DE LA MICROFAUNE

a - Macrofaune

La macrofaune récoltée a été déterminée grâce aux ouvrages de L. DONCIEUX (1908, 1911, 1926) et aux collections de G. BORIES et R. COURTESOLE, rassemblées au laboratoire.

Les Polypiers ont été déterminés par S. BARTA-CALMUS (Institut de Paléontologie - Paris).

L'inventaire de la macrofaune est fourni en fin d'ouvrage (p.273)

Il n'a pas toujours été possible de déterminer les espèces en raison du mauvais état de conservation de certains spécimens.

b - Microfaune

La détermination des Foraminifères a été effectuée à l'aide de plusieurs ouvrages dont les principaux sont :

- Pour les petits Foraminifères

- . COLOM G., 1954
- . LOEBLICH A.R. et TAPPAN H., 1964 dont nous avons respecté la classification.
- . KELLOUGH G.R., 1965
- . LE CALVEZ Y., 1970, 1973

- . FERRER J., 1971
- . MASSIEUX M., 1973
- . AUBERT J. et BERGGREN W.A., 1974, 1975, 1976

- Pour les grands Foraminifères

- . HOTTINGER L., 1960, 1977 (Alvéolines, Operculines)
- . HOTTINGER L. et KRUSAT G., 1972 (Orbitolites)
- . SCHAUB H., 1963 (Nummulites, Assilines)
- . LEHMANN, 1963 (Orbitolites)

Une partie des déterminations pour les petits Foraminifères a été vérifiée par Y. LE CALVEZ (Institut de Paléontologie - Paris). Il m'a été permis, d'autre part, de consulter la collection des Foraminifères du Bassin de Tresp, conservée à Bordeaux (ESSO-EPRE).

Les Foraminifères planctoniques ont été étudiés par G. et J.J. BIZON (BEICIP).

D'une manière générale, les déterminations ont été effectuées au niveau du genre et non à l'espèce : une mauvaise conservation des tests (encroûtements, recristallisations) ne permettant pas toujours une détermination précise. De plus, elle ne s'est pas avérée indispensable, la diversité spécifique de la microfaune étant relativement faible (souvent une espèce par genre).

Pour les grands Foraminifères, seules les Alvéolines qui servent généralement à la biozonation de l'Ilerdien ont fait l'objet de déterminations spécifiques.

Le tableau 5 (Chap. IV) donne la liste des genres répertoriés et une liste des espèces inventoriées se situe en fin d'ouvrage (p.277).

Les Ostracodes ont été déterminés par Y. TAMBAREAU (Toulouse). Le tableau 6 (Chap. IV) en donne l'inventaire.

Le Nannoplankton a été étudié par B. LAMBERT (C.F.P. Bordeaux).

3 - METHODES D'ESTIMATION

Nous avons préféré estimer la population de chaque échantillon en donnant des critères d'abondance plutôt que d'entreprendre des comptages longs et fastidieux. Le tri de Xg de sédiment pris au hasard peut ne pas être représentatif de la population, surtout si l'on ne considère qu'une partie de la cuvette de tri. D'autre part, les comptages n'ont souvent qu'une valeur très relative : à certains niveaux de nombreux individus ne peuvent être déterminés et donc pris en compte.

Pour ma part, j'ai procédé de la façon suivante :

- Pour chaque résidu de tamis

- . Détermination des différents genres dans la cuvette de tri.
- . Estimation de l'abondance des genres suivant l'échelle ordinaire : TR (très rare) ; R (rare) ; C (commun) ; A (abondant) ; TA (très abondant).
- . Vérification de l'abondance avec d'autres cuvettes de tri.

- Pour l'échantillon total

- . Regroupement des estimations obtenues pour chaque genre dans les différents tamis.

Le volume de résidu du premier tamis (1250, 1000 ou 630 µm) généralement réduit, a été entièrement examiné.

4 - FIABILITE DES RESULTATS POUR UN MEME ECHANTILLON

Plusieurs échantillons ont été étudiés deux fois à quelques mois d'intervalle. Pour l'échantillon suivant et à l'occasion du deuxième inventaire, un genre a pu être rajouté alors qu'un autre, n'a pas été retrouvé.

Les abondances sont presque identiques : les différences sont peu significatives.

Exemple : niveau 51

1er inventaire des genres	2ème inventaire	Abondances 1	Abondances 2
<i>Nummulites</i>	"	TA	TA
<i>Discoeyclina</i>	"	R	TR
<i>Operculina</i>	"	R	R
<i>Cibicides</i>	"	C/A	C/A
<i>Quinqueloculina</i>	"	R	R
<i>Dolina</i>	"	TR	TR
<i>Textularia</i>	"	R	R
<i>Lenticulina</i>	"	TR	TR
<i>Spiroplectammina</i>	"	C	R/C
<i>Pseudopolymorphina</i>	"	TR	TR
<i>Planctoniques</i>	"	R/C	R/C
<i>Lagena</i>	non trouvé	TR	—
<i>Nodosaria</i>	"	TR	TR
<i>Bolivina</i>	"	R	R
<i>Uvigerina</i>	"	TR	TR
<i>Discorbis</i>	"	R/C	R/C
	<i>Bulimina</i>	—	R

5 - TRAITEMENT DES DONNEES

a - Histogrammes de fréquence (genres - familles)

Ces histogrammes sont construits en fonction de l'abondance relative des différents genres pour les grands Foraminifères (petites et grandes Nummulites, Operculines, Assilines, Alvéolines, Orbitolites, Discocyclines) et des familles pour les petits Foraminifères.

Ils représentent donc la fréquence relative des familles (ou genres) les unes par rapport aux autres pour un niveau donné et entre les différents niveaux. Sont aussi figurés les Ostracodes (avec distinction entre les formes lisses et ornées).

Ces histogrammes ont été utilisés pour représenter les données brutes fournies par les lavages et les lames minces. (voir coupe en annexe).

Ils n'intègrent pas les résultats du tamis le plus fin (60 ou 63 µm) car ce dernier n'a pas été étudié pour la totalité des échantillons. Par contre, quand le matériel de ce tamis a été étudié, nous avons rajouté des histogrammes plus étroits (en noir) qui ne tiennent pas compte des autres tamis : ils sont uniquement représentatifs du tamis le plus fin.

Exemple : Niveau 51 de la coupe de Caunettes



b - Courbes cumulatives : pourcentages des super-familles

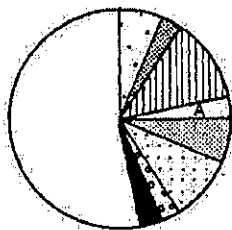
Les familles ont été regroupées dans leurs super-familles respectives. Dix super-familles ont été répertoriées (Chap. IV).

Ces courbes permettent de voir la variation de la proportion de chaque super-famille le long de la coupe, et donc d'avoir une vision générale de la variation de la microfaune.

c - Diagrammes circulaires

Des diagrammes circulaires ont été construits au chapitre V pour représenter la proportion respective de chaque genre ou famille dans les différents milieux définis par l'Analyse Factorielle des Correspondances.

Exemple : proportions relatives des familles de petits Foraminifères dans un milieu (D) de la coupe de Coustouge.



Les 360 ° du cercle représentent l'abondance maximum de toutes les familles de Foraminifères répertoriées. La partie inoccupée du cercle est d'autant plus importante que les Foraminifères sont rares et les familles absentes.

Ceci permet de comparer l'abondance de l'ensemble de la microfaune dans les différents milieux.

d - Diagrammes triangulaires

Les diagrammes triangulaires (*Miliolina*, *Rotalina*, *Textularina*) permettent de figurer tous les gisements d'un même ensemble (séquence, membre, formation,...) sur un seul schéma. De tels diagrammes ont été effectués afin de pouvoir les comparer avec le diagramme de J. W. MURRAY (1973) construit à partir des Foraminifères actuels (Chap. V, p.166). Ils peuvent donner une première interprétation paléoécologique et montrer la migration des milieux dans le temps.

e - Analyse Factorielle des Correspondances

La récolte de nombreuses données de terrain (environ 290 échantillons) et les données de laboratoire ont permis l'utilisation d'une méthode statistique : l'Analyse Factorielle des Correspondances (BENZECRI, 1973).

Cette méthode est la mieux adaptée au traitement de tableaux de données et permet de dégager l'essentiel de l'information en quantifiant les relations. Elle donne l'occasion de vérifier, dans bien des cas, de façon plus précise et plus objective ce qui est pressenti.

Les résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances sont visualisés par des représentations graphiques où les points correspondent aux descripteurs (lithologiques et paléontologiques) et aux gisements suivant les plans des divers facteurs : 1 et 2, 2 et 3, 1 et 3 (CUGNY, 1975 ; CUGNY et REY, 1975 et 1981).

Ceci permet :

- la définition des principales associations faunistiques (noyaux d'affinités cénotiques) ;
- de préciser certaines relations organismes-milieux en attribuant une signification aux axes (quand cela est possible), et ainsi d'identifier les facteurs régissant la distribution ;
- de préciser la position de certains organismes dans une séquence paysage virtuelle.

Cette analyse quantitative a été effectuée pour les deux coupes de Caunettes et de Coustouge au chapitre V.

II - CADRE DE L'ETUDE

A - SITUATION GÉOGRAPHIQUE, CADRE GÉOLOGIQUE ET STRUCTURAL

Les coupes de Caunettes-en-Val et de Coustouge se localisent dans les Corbières septentrionales, au Sud et Sud-Ouest de Lézignan-Corbières (entre Carcassonne et Narbonne -fig. 1).

Elles ont été relevées dans les terrains éocènes marins, entre les niveaux de base transgressifs de l'Ilerdien et les premiers termes continentaux de la Molasse de Carcassonne.

Ces terrains constituent une partie de l'avant-pays de la nappe des Corbières orientales formant des reliefs souvent inférieurs à 400 m.

Les dépôts marins de l'Ilerdien ne présentent pas de discontinuité notable dans la sédimentation ni d'indice de phase orogénique contemporaine important. Le couplage de mouvements eustatiques et/ou d'une subsidence relativement activée avec un flux sédimentaire élevé est maintenu durant plusieurs millions d'années donnant une bathymétrie quasi constante à l'échelle du bassin.

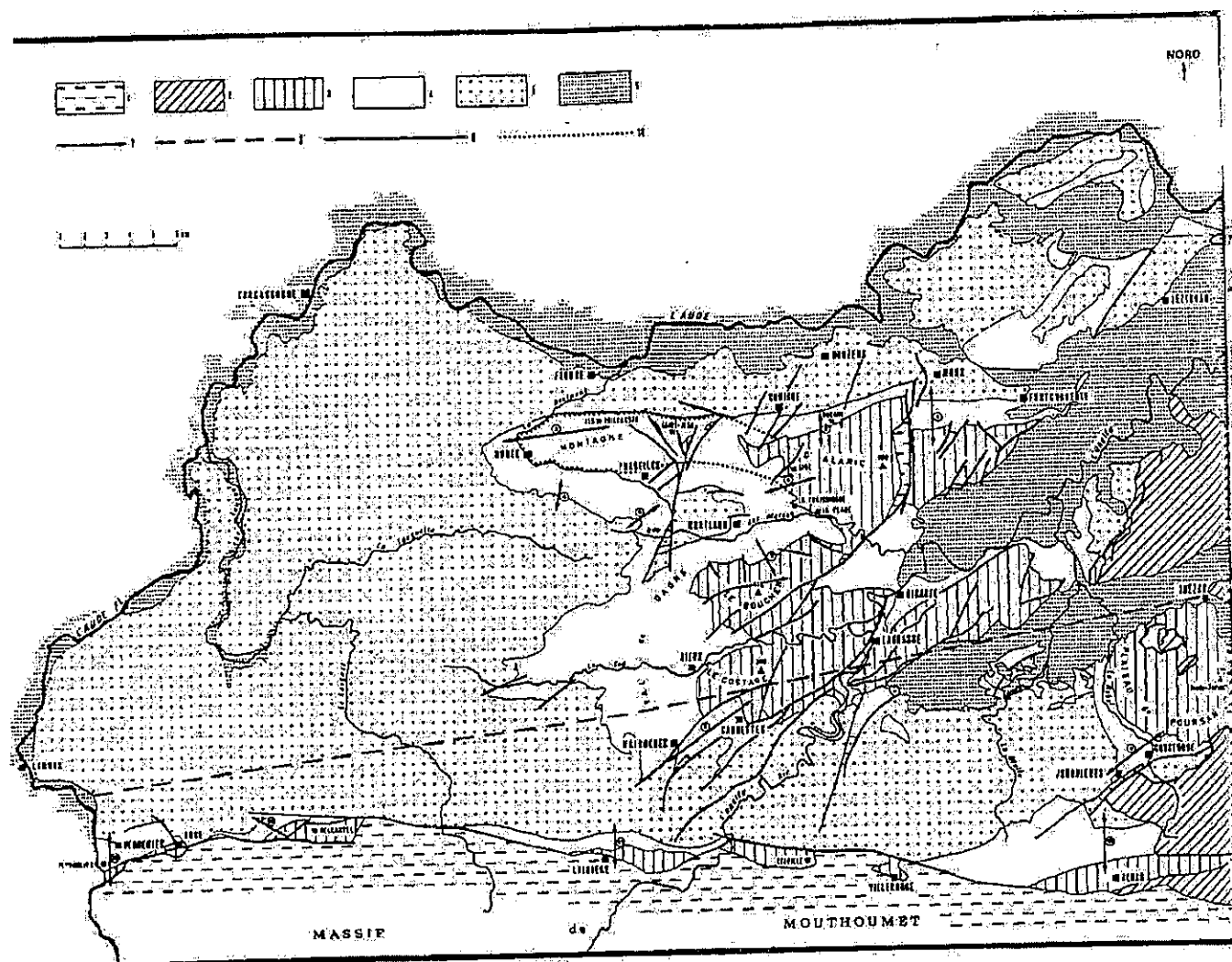
Postérieurement, une phase orogénique datée de l'Eocène supérieur a permis le plissement de ces dépôts puis la mise en place de la nappe des Corbières orientales.

Les coupes étudiées se situent aux extrémités d'une vaste structure d'orientation E-W : le synclinorium de Talairan. Le centre du synclinorium est occupé par les dépôts continentaux de la Molasse de Carcassonne. Ces terrains présentant une fracturation intense sont limités au NW par le faisceau multifaulté de Caunettes - Tournissan (fig. 1). L'extrémité orientale est constituée par la flexure du Rabet d'axe N-S. Au Sud, le contact est réalisé avec le Massif paléozoïque du Mouthoumet par un accident qui peut devenir chevauchant (CLUZEL, 1977).

B - CONTEXTE PALÉOGÉOGRAPHIQUE (fig. 2)

Les Corbières font partie depuis le Crétacé terminal d'un ensemble paléogéographique qui s'étend de l'Aquitaine au Languedoc jusqu'à la Provence. On peut observer d'Ouest en Est des faciès marins de moins en moins profonds :

- faciès pélagiques dans la fosse aturienne ;
- faciès néritiques dans les Petites Pyrénées, le Plantaurel et les Corbières ;
- faciès fluvio-lacustres en Provence (MASSIEUX, 1973).



SCHEMA GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DES CORBIÈRES SEPTENTRIONALES

1. — Terrains primaires du Massif de Mouthoumet et de la Montagne d'Alaric.
 2. — Terrains secondaires.
 3. — Terrains infra-nummulitiques incluant les formations s'étageant du Bégudien au « Sparnacien » inclus.
 4. — Nummulitique : Nprésien inférieur marin.
 5. — Série continentale supra-nummulitique : Molasse de Carcassonne et Poudingues.
 6. — Terrains pliocènes et quaternaires groupés.
 7. — Emplacement des coupes.
 8. — Limite entre les deux faciès du Nummulitique, faciès septentrional à Térébratulidés et Foraminifères planctoniques, faciès méridional à Nummulitidés et Mollusques.
 9. — Principales failles et contacts anormaux, dont les limites de la nappe des Corbières orientales.
 10. — Limite d'extension géographique des calcaires à Alvéolines, Nummulites et Solenomeris qui se sont substitués, dans la moitié occidentale de la Montagne d'Alaric (compar-timents de Monte et de Comigne) à la partie inférieure des marnes à Térébratulidés et Foraminifères planctoniques.
- Schema exécuté d'après les cartes géologiques au 1/80 000, n° 244 Narbonne (1948), n° 243 Carcassonne (1951), n° 254 Quillan (1967), et modifié d'après nos propres relevés et ceux de A. COMBES (1962), S.-C. DRYON, F. ELLENBERGER et J.-C. PLAZIAT (1964), J.-C. PLAZIAT (1964c, 1969, 1970a), J.-C. PLAZIAT et S. SECRETAN (1971).

Fig. 1 Schéma géographique et géologique des Corbières septentrionales (MASSIEUX, 1973).

Geographical and geological map of Northern Corbières.

Plusieurs incursions marines venues de l'Ouest depuis le Crétacé terminal donnent les transgressions thanétienne, sparnacienne, ilerdiennne. L'Ilerdien débute par une phase transgressive très rapide, souvent inférieure à la durée d'une biozone à Alvéolines (PLAZIAT, 1981).

Pendant l'Ilerdien moyen, la bordure septentrionale de ce golfe est occupée par une plate-forme carbonatée : calcaires à Alvéolines du Minervois. Au Sud, dans les Corbières, s'effectue une sédimentation plus terrigène de marnes sableuses. Plusieurs édifices deltaïques s'instaurent avec des décharges fluviales plus ou moins importantes (fig. 2).

Le retrait de la mer est plus précoce dans le Sud de la France (Ilerdien moyen à supérieur) qu'en Espagne. Dans le Minervois, la régression s'effectue avant l'Ilerdien supérieur. Se déposent alors les argiles, sables, conglomérats ou calcaires lacustres de la Molasse de Carcassonne.

C - TRAVAUX ANTÉRIEURS

Parmi les deux coupes, la plus étudiée antérieurement est celle de Coustouge car elle est très fossilifère, facilement accessible et moins recouverte par la végétation.

Les premiers travaux importants sur ces coupes sont dus à L. DONCIEUX, 1903. Dans un ordre chronologique :

- L. DONCIEUX (1903, 1908, 1911, 1926) décrit la coupe de Coustouge (1921) en donnant un découpage lithologique sommaire et fait surtout l'inventaire de la macrofaune et des grands Foraminifères.
- L. HOTTINGER (1960) étudie les Alvéolines de la coupe de Coustouge dans le cadre de ses recherches sur les Alvéolines du Paléocène et de l'Eocène. La description de cette coupe reste schématique.
- L. HOTTINGER et H. SCHAUB (1960) définissent l'Ilerdien moyen (biozone à *A. corbarica*) à partir des Nummulitidés et Alvéolines de cette coupe.
- M. MASSIEUX (1973) a effectué de nombreuses coupes dans les Corbières septentrionales dont celles étudiées ici, précisant le découpage lithologique et stratigraphique, répertoriant la macrofaune, la microfaune (grands et petits Foraminifères y compris les planctoniques) et le Nannoplancton.
- Ch. KAPellos et H. SCHAUB (1975) proposent un essai de corrélation directe entre échelles à grands Foraminifères et à Nannoplancton.
- J.C. PLAZIAT (1977) donne une description de la coupe de Coustouge pour une excursion des guides géologiques régionaux en vue d'une re-construction paléogéographique de l'extrémité orientale du Golfe d'Aquitaine.

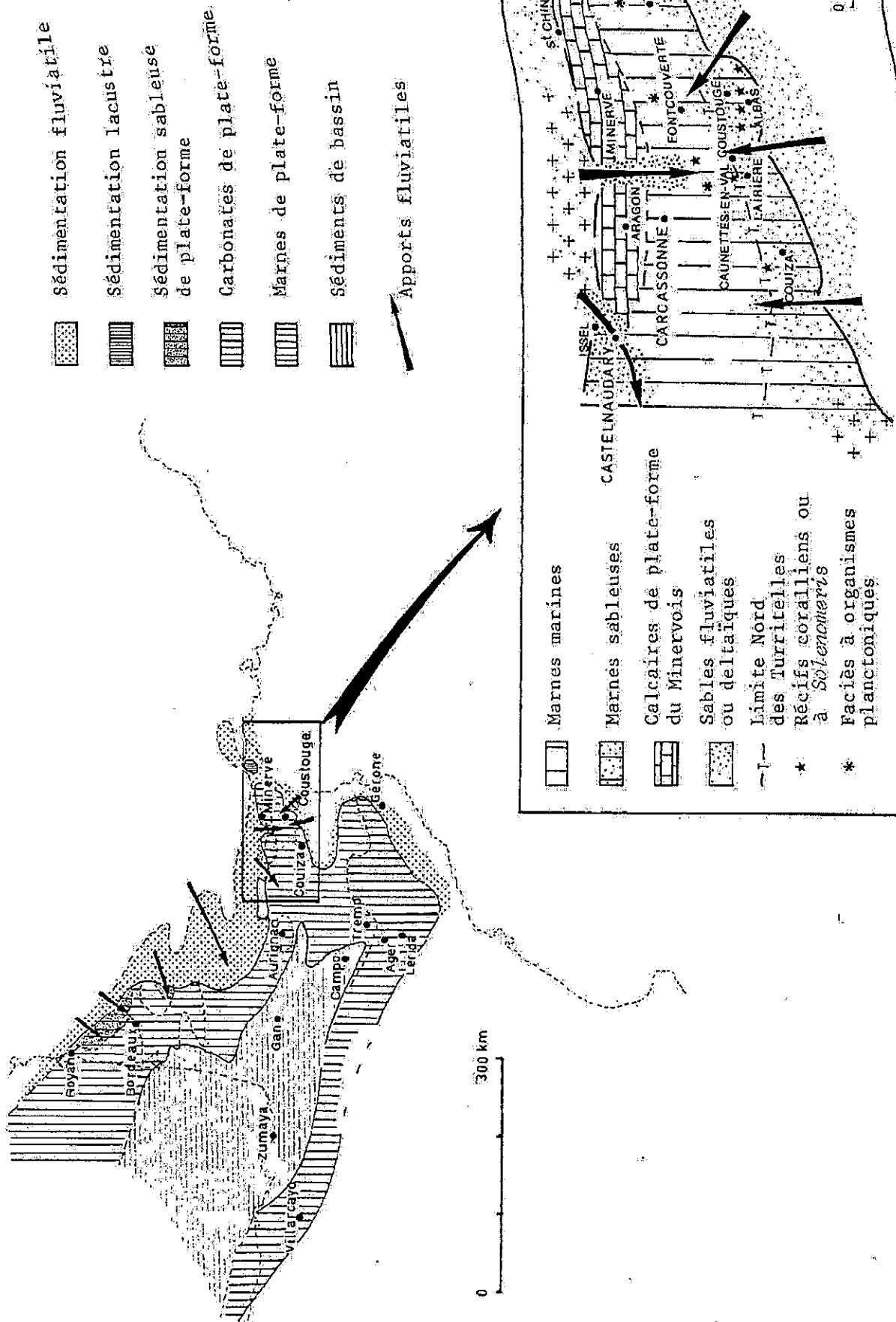


Fig. 2 Contexte paléogéographique du Languedoc à l'Ilerdien moyen.

Languedoc paleogeographical context at middle Ilerdian stage.

(d'après PLAZIAT, H.C. 1968)

- J. REY et J.P. BOUSQUET (1981) tenant compte d'observations sédimentologiques et écologiques proposent une interprétation des paléoenvironnements de Coustouge. Ils montrent que l'organisation séquentielle correspond à celle d'un complexe deltaïque.
- H. SCHAUB (1981) étudie les Nummulites de cette coupe dans le cadre de son étude sur les Nummulites et Assilines de la Téthys paléogène.
- J.C. PLAZIAT (1984) insiste sur la nécessité d'utiliser conjointement les possibilités de la sédimentologie et de l'écologie en prenant pour exemple la coupe de Coustouge. Il met en évidence le rôle des courants, des tempêtes et tsunamis à propos de l'allochtonie des organismes de certains niveaux.

I - LITHOSTRATIGRAPHIE

A - COUPE DE CAUNETTES-MAIRONNES.....	25
B - COUPE DE COUSTOUGE.....	34

II - BIOCHRONOSTRATIGRAPHIE

A - POSITION STRATIGRAPHIQUE DE L'ILERDIEN.....	45
B - FORAMINIFERES PLANCTONIQUES.....	47
C - NANNOPLANCTON.....	50
D - NUMMULITIDES.....	54
E - ALVEOLINES.....	54
F - PETITS FORAMINIFERES BENTHIQUES.....	58

stratigraphie

I - LITHOSTRATIGRAPHIE

Cette étude a été limitée à deux coupes types de la série ilerdiennne. Afin d'en faciliter la description, nous avons distingué trois formations dans chacune d'entre elles :

- A. Caunettes-en-Val :
 - . le Calcaire marin basal
 - . la formation de Caunettes
 - . la formation de Maironnes
- A. Coustouge :
 - . le Calcaire marin basal
 - . la formation de Coustouge
 - . la formation de Jonquières

Ces dénominations ont une valeur strictement locale (formations informelles - HEDBERG, 1979) ; nous verrons quelles peuvent être les relations entre ces formations dans le paragraphe III.

A - COUPE DE CAUNETTES - MAIRONNES

La coupe de Caunettes - Maironnes a été relevée entre ces deux villages, en plusieurs tronçons indiqués sur la figure 3. Cette coupe, d'environ 450 m d'épaisseur débute dans le village de Caunettes, se poursuit au bord de la route D 41 puis au Pech Redonel. Elle reprend de l'autre côté de la route jusqu'au Fournas et en continuant dans la direction de l'Arc d'en Haut.

Les couches ont un pendage de 10-15 ° vers le S.W.

1 - LE CALCAIRE MARIN BASAL (fig. 4 et 5)

- C'est le calcaire "Yprésien" (e III) de la feuille de Carcassonne au 1/80'000ème et il correspond au niveau 1 de M. MASSIEUX (1973, p. 118).
- Il affleure de part et d'autre du village de Caunettes.
- Il s'agit de marnes, de silts et enfin de calcaires essentiellement micritiques à Miliolides, Alvéolines et Orbitolites.
- Son épaisseur avoisine la quinzaine de mètres.
- Il semble que le passage avec les couches rouges et ocres du Sparnacien continental soit progressif. La limite supérieure correspond à un contact net avec la formation de Caunettes.

Fig. 3
Localisation de la coupe
de Caunettes-Mairoannes.
Cadre géologique.
Location and geological
maps of Caunettes-Mairoannes
section

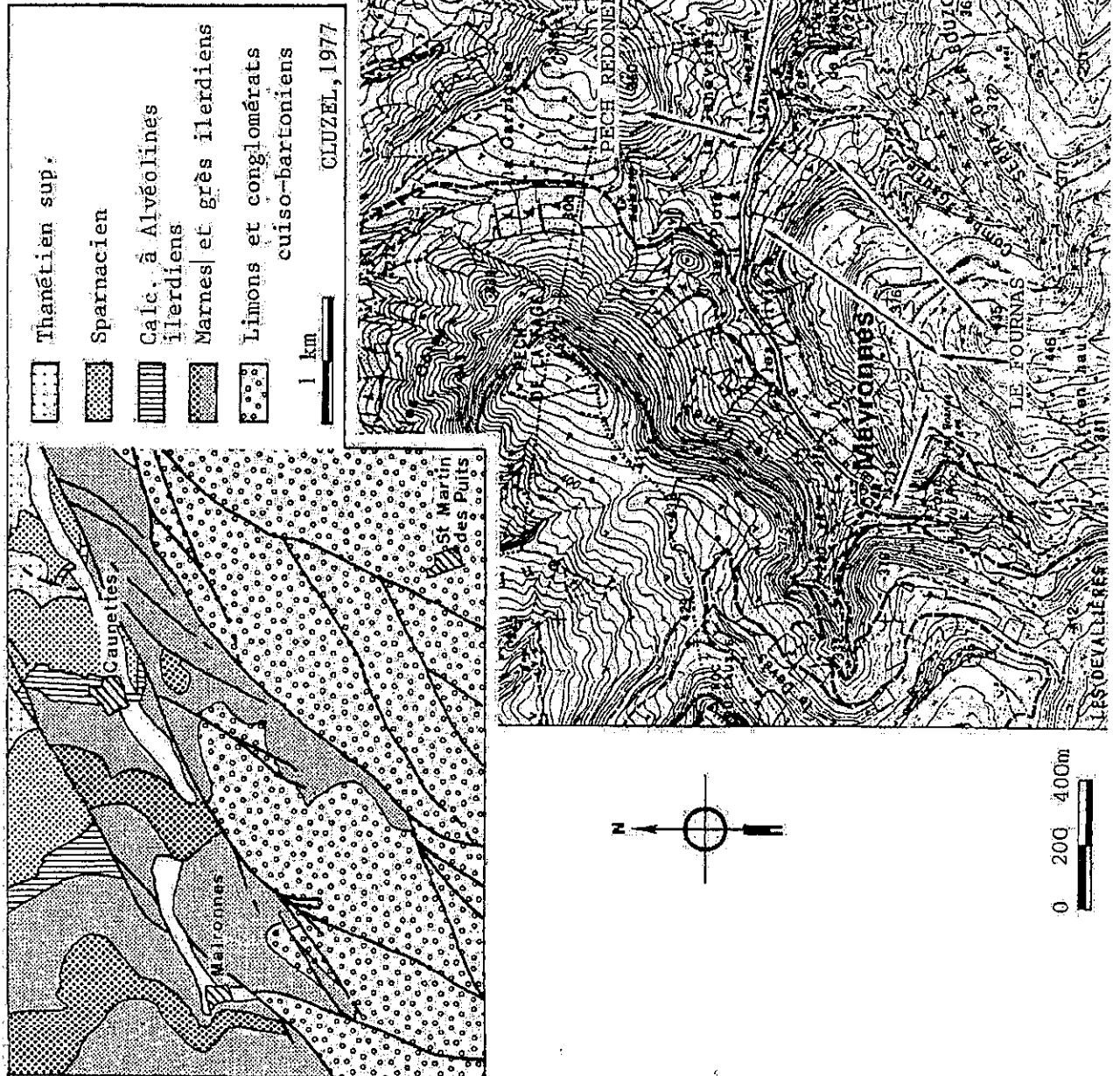




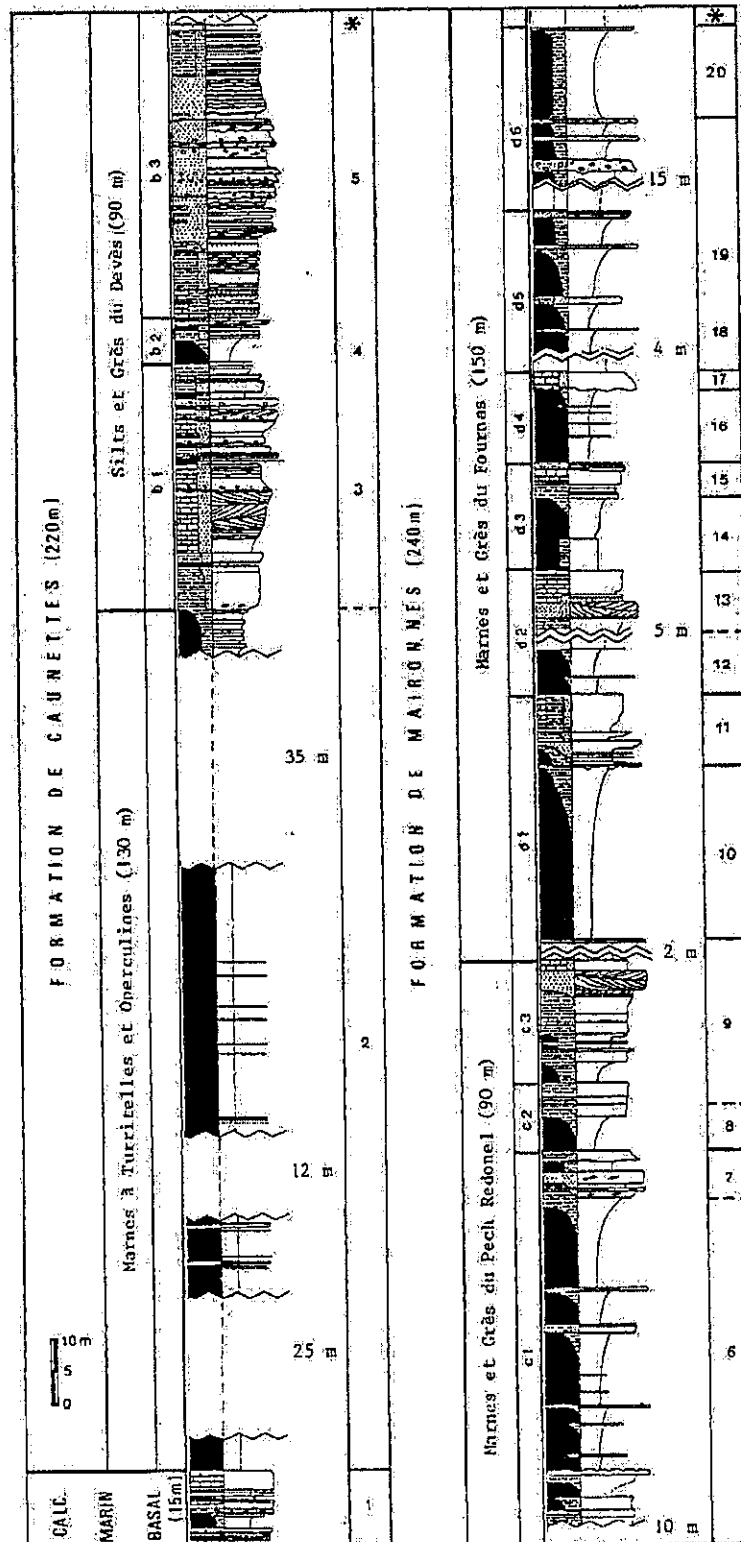
Fig. 4 Affleurement du Calcaire marin basal (D229)
Coupe de Caunettes - Maironnès
"Calcaire marin basal" outcrop (D 229).
Caunettes - Maironnès section

2 - LA FORMATION DE CAUNETTES (fig. 5, 6, 7)

- Elle affleure entre le village de Caunettes et le sommet du Devès (325 m).
- La lithologie y est très variée puisque l'on y rencontre aussi bien des marnes que des grès et des graviers ou galets. Les détritiques terrigènes s'accompagnent en outre d'une fraction carbonatée en quantité assez importante.
- Son épaisseur est d'environ 220 m.
- La limite inférieure correspond à un contact net au-dessus du Calcaire marin basal. Le passage à la formation sus-jacente de Maironnès est progressif.
- Deux unités lithostratigraphiques ont été distinguées dans la formation de Caunettes ; de bas en haut :
 - . Le membre des Marnes à Turritelles et Operculines
 - . Le membre des Silts et Grès du Devès.

Fig. 5 Découpage lithostratigraphique de la coupe de Caunettes-Maironnes.

Lithostratigraphical divisions of Caunettes-Maironnes section.



* niveaux correspondants de la coupe
de M. MASSIEUX (1973)



Fig. 6 Vue d'ensemble du membre des Marnes à Turritelles et Operculines et du membre des Silts et Grès du Devès.

General view of "Marnes à Turritelles et Operculines" and "Silts et Grès du Devès" members.

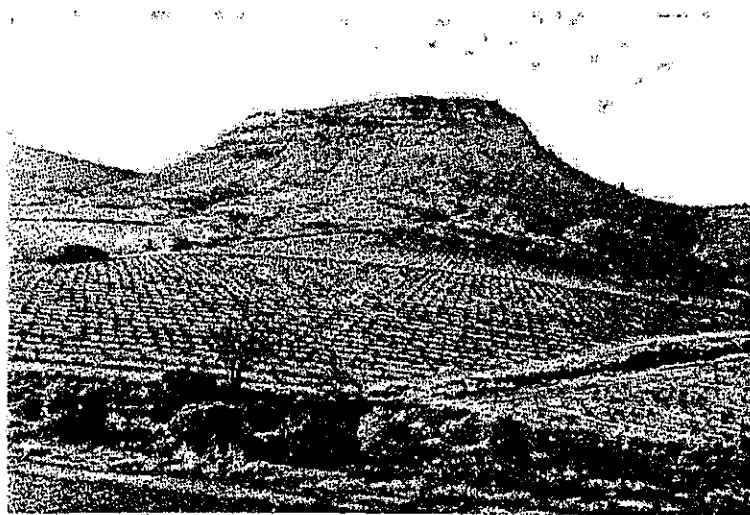


Fig. 7 Vue d'ensemble du membre des Marnes à Turritelles et Operculines (Pech de Caunettes).

General view of "Marnes à Turritelles et Operculines" member (Pech de Caunettes).

a - Membre des Marnes à Turritelles et Operculines

- Ce sont les marnes inférieures à Turritelles et Operculines du niveau 2 de M. MASSIEUX (1973).
- Elles affleurent au Pech de Caunettes sur une épaisseur de 130 m environ et se caractérisent par l'abondance de Turritelles puis d'Operculines.
- Ces marnes homogènes de couleur grise s'accompagnent de petits niveaux calcaires plus ou moins silteux, d'épaisseur centimétrique, et à débris végétaux ou accumulations de coquilles.
- Les marnes passent progressivement au membre sus-jacent du Devès par enrichissement en silts.

b - Membre des Silts et Grès du Devès

- Il correspond aux calcaires marneux et marno-gréseux des niveaux 3, 4 et 5 de M. MASSIEUX (1973).
- Constituant en partie le sommet du Pech de Caunettes et du Devès ces silts et grès affleurent aussi le long de la D 41.
- L'épaisseur de ce membre est de 90 m environ.
- Du point de vue lithologique, la partie médiane du membre correspond à des marnes très riches en Nummulitidés, de 6 à 10 m d'épaisseur (niveau b 2 de la fig. 5) ; comprises entre deux ensembles de silts et de grès parfois à stratifications obliques, de 30 et 80 m d'épaisseur (respectivement niveaux b 1 et b 3 de la fig. 5).
- Les contacts inférieurs et supérieurs sont progressifs.

3 - LA FORMATION DE MAIRONNES (fig. 5, 8 et 9)

- Elle affleure à l'Est de Maironnes entre le point côté 446 au-dessus du Fournas et la base du Pech Redonel (fig. 3).
- Il s'agit d'une alternance de marnes, de calcaires, de silts et de grès plus ou moins carbonatés, en bancs centimétriques à métriques.
- L'épaisseur de la formation est d'environ 240 m.
- Les limites inférieures et supérieures se caractérisent par des passages graduels.
- Cette formation a été subdivisée en deux unités lithostratigraphiques, de bas en haut :
 - . le membre des Marnes et Grès du Pech Redonel
 - . le membre des Marnes et Grès du Fournas.

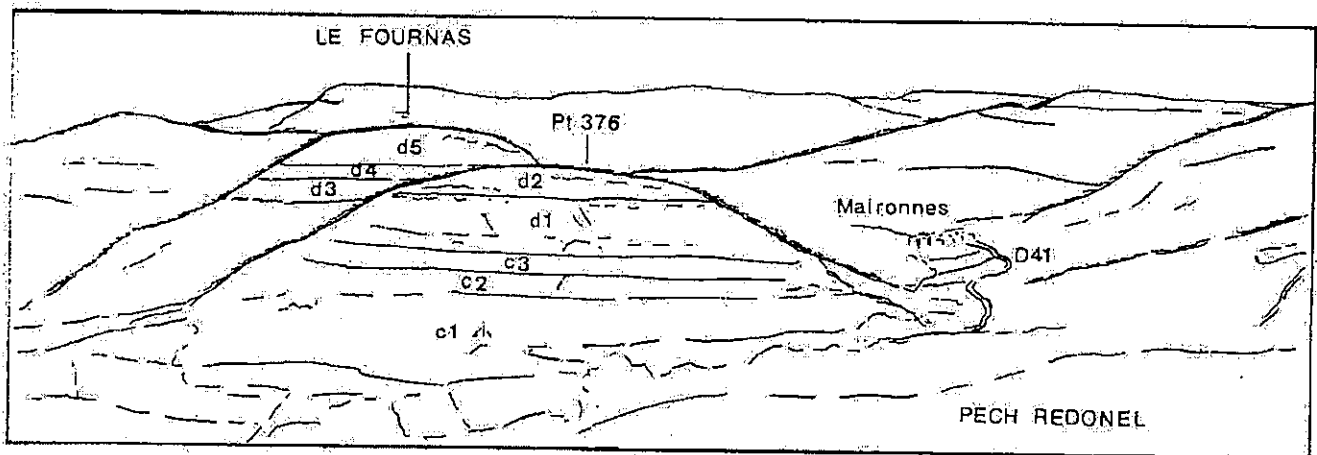


Fig. 8 Aperçu général de la formation de Maironnes :

- Marnes du Pech Redonel (c1 à c3)
- Marnes et Grès du Fournas (d1 à d5).

General view of Maironnes formation : "Marnes du Pech Redonel" (c1 to c3).
"Marnes et Grès du Fournas" (d1 to d5).

a - Membre des Marnes et Grès du Pech Redonel (c1 à c3)

- Ce membre englobe les Marnes supérieures à Turritelles (niveau 6) et les niveaux 7 à 9 de M. MASSIEUX (1973).
- Le nom vient du Pech Redonel où affleure la majeure partie de ce membre (fig. 9).
- Les marnes y dominent, accompagnées de couches calcaréo-silteuses centimétriques, de silts, de grès, de calcaires à Nummulites en bancs métriques. Des grès à stratifications obliques terminent cette unité.
- Malgré une lacune à la base, son épaisseur est estimée à 90 m.
- Le passage avec le membre sous-jacent des Silts et Grès du Devès est progressif alors que la limite avec le membre plus élevé des Marnes et Grès du Fournas est franche.



Fig. 9 Marnes et Grès du Pech Redonel (c1)
Formation de Maironnes
"Marnes et Grès du Pech Redonel" (c1)
Maironnes formation

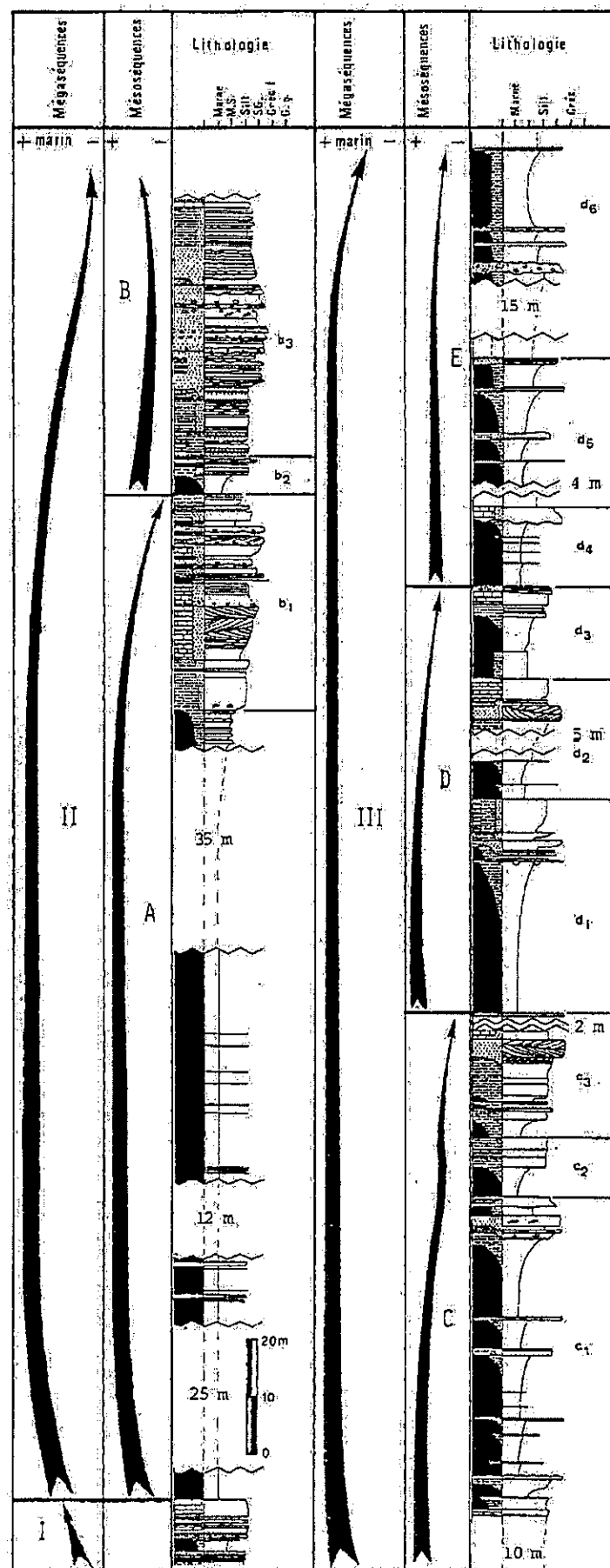


Fig. 10 Organisation séquentielle de la coupe de Caunettes-Maironnes.
Sequential organization of the Caunettes-Maironnes section.

b - Membre des Marnes et Grès du Fournas (d1 à d6 - Fig. 5 et 8)

- Il correspond aux niveaux 10 à 21 de M. MASSIEUX (1973).
- Ce membre affleure entre Maironnès et la Combe Gautier : il forme le relief du Fournas (435 m).
- Des marnes, des silts, des calcaires ou des grès y alternent sur 150 m ; le sommet du membre voit l'apparition de grès à galets.
- La limite inférieure correspond à un contact net, la limite supérieure à un passage progressif avec les marnes ocres, les grès grossiers et les poudingues de la série continentale sus-jacente.

4 - ORGANISATION SEQUENTIELLE (fig. 10)

La série de Caunettes correspond à un cycle s'organisant en trois mégaséquences :

- La 1ère (formation du Calcaire marin basal), en continuité avec les faciès sparnaciens est transgressive.
- La 2ème correspond à la formation de Caunettes et montre une tendance d'abord transgressive (Marnes à Turritelles et Operculines) puis régressive (Silts et Grès du Devès).
- La 3ème, de tendance générale régressive coïncide avec la formation de Maironnès.

Les deux dernières mégaséquences correspondent à des mégaséquences granocroissantes de comblement de 200 à 250 m d'épaisseur. Elles peuvent être subdivisées en une succession de séquences d'ordre inférieur (5 méso-séquences de A à E) généralement granocroissantes.

Les correspondances entre mégaséquences et formations ainsi qu'entre mésoséquences et membres sont indiquées sur le tableau 1, en fin de chapitre.

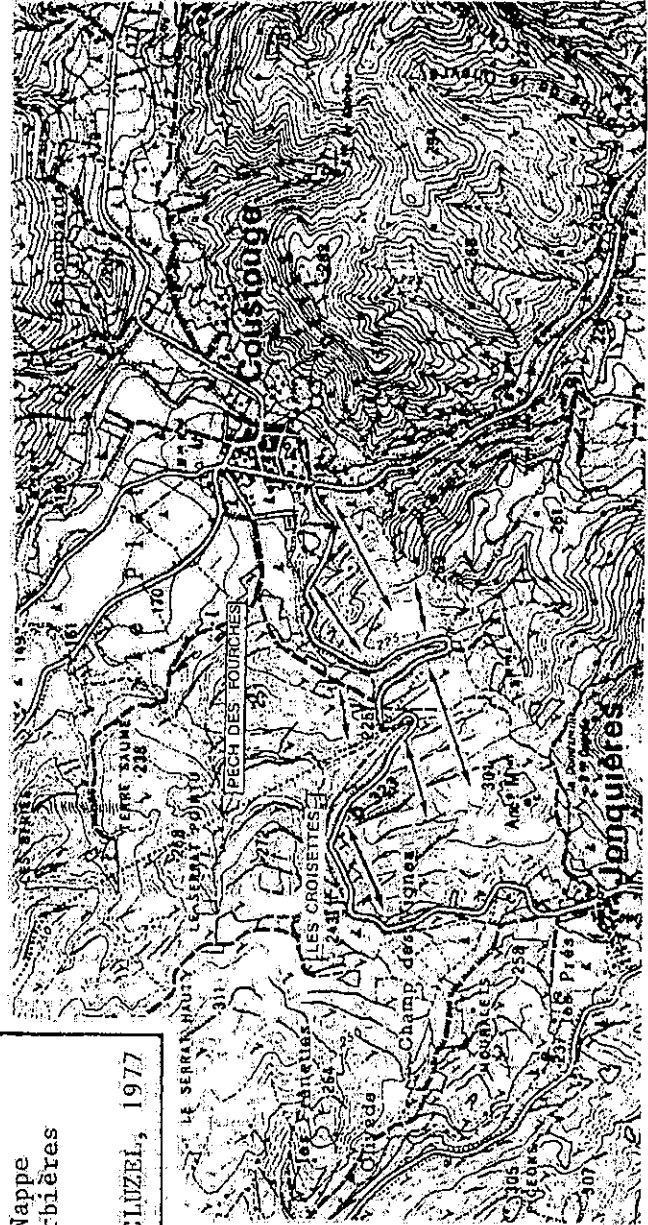
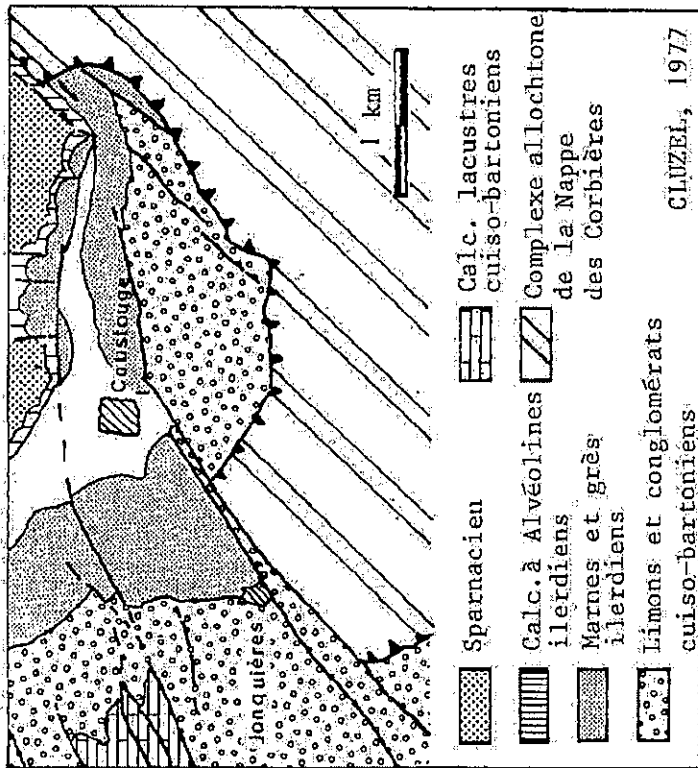
B - COUPE DE COUSTOUGE

Cette coupe a été relevée au Sud de la route D 323 entre Coustouge et Jonquières (fig. 11). Epaisse d'environ 300 m, elle débute au niveau du Ruisseau du Boucha et s'achève au niveau des Croisettes, avant Jonquières.

Les couches ont un pendage de 10° vers le S.W.

Fig. 11 Localisation de la coupe de Coustouge-Jongnières.
Cadre géologique.

Location and geological maps of the Coustouge-Jongnières section.



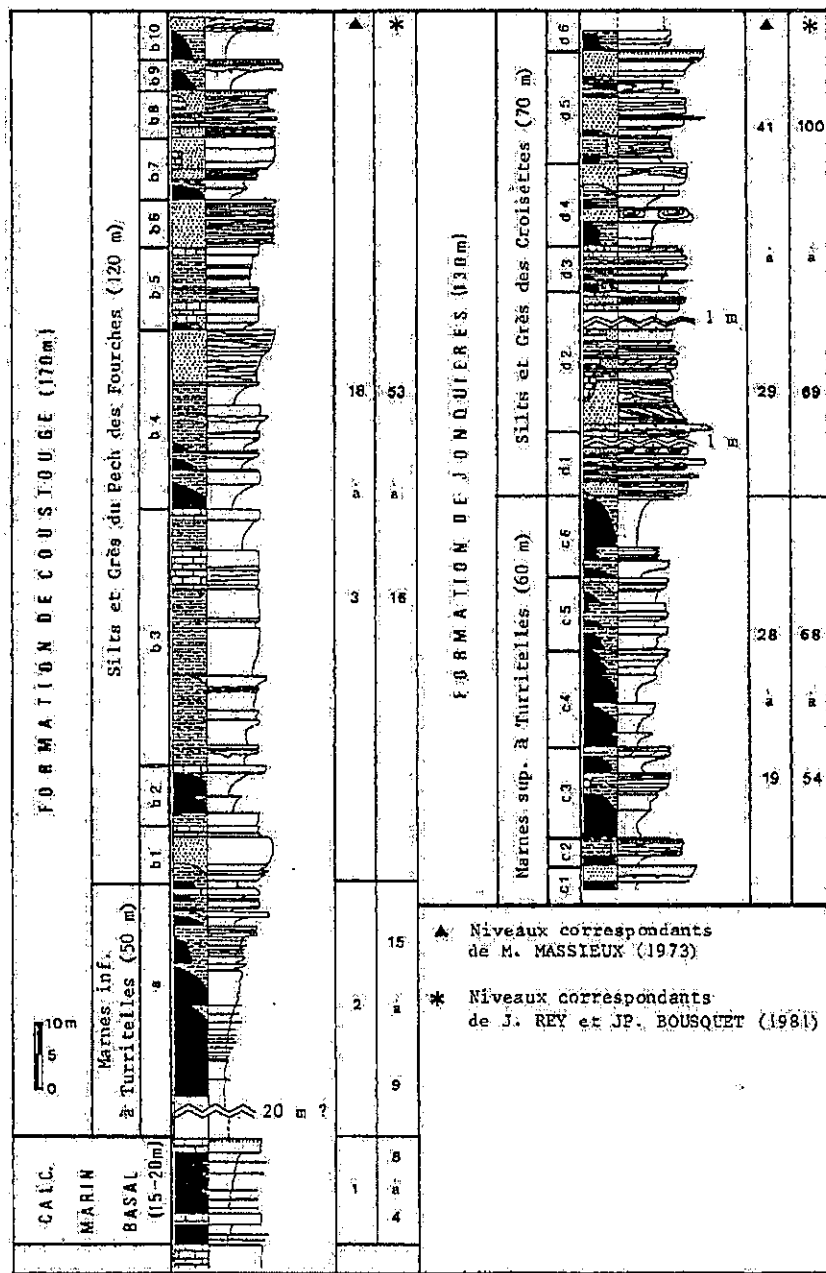


Fig. 12. Découpage lithostratigraphique de la coupe de Coustouge-Jonquières.

Lithostratigraphical divisions of the Coustouge-Jonquières section.

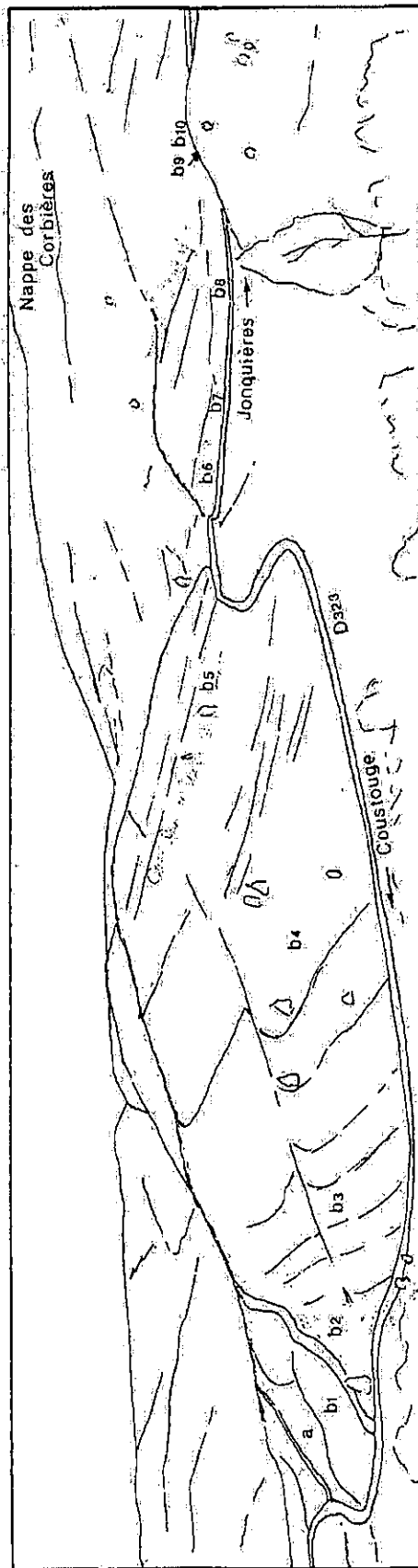
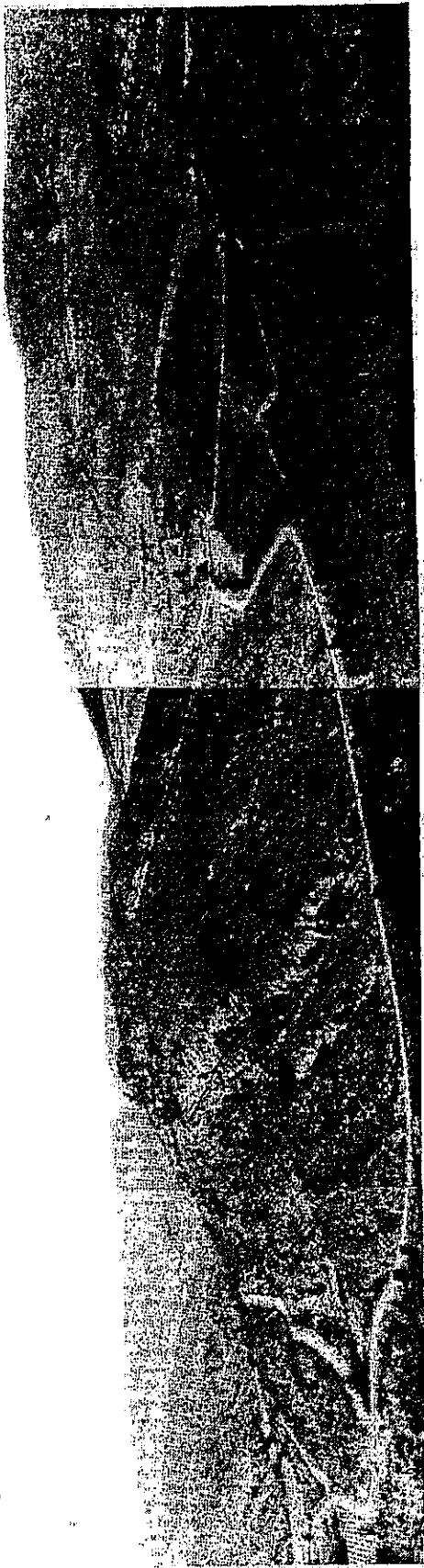


Fig. 13 Vue d'ensemble de la Formation de Coustouge.
General view of the Coustouge Formation.

1 - LE CALCAIRE MARIN BASAL (fig. 12)

- C'est l'équivalent du niveau 1 de la coupe de M. MASSIEUX (1973), des couches 7 et 8 de la coupe de L. HOTTINGER (1960) et des niveaux 4 à 8 de J. REY et J.P. BOUSQUET (1981).
- On le voit affleurer de façon plus ou moins continue au N et N.E. de Coustouge, notamment au niveau du Ruisseau du Boucha.
- Il s'agit d'alternances métriques de marnes et de niveaux calcaires.
- Son épaisseur totale est de 15 à 20 m.
- La limite inférieure correspond à un contact net avec les calcaires lacustres du Sparnacien. La limite supérieure, elle aussi, est franche entre le banc sommital de calcaire oolithique à surface durcie et les marnes à Ostréidés de la base de la formation sus-jacente.

2 - LA FORMATION DE COUSTOUGE (fig. 12 et 13)

- Elle a été étudiée au Sud de la D 323 depuis le cimetière de Coustouge jusqu'au 2ème virage (point côté 225) qui correspond au sommet du Pech des Fourches.
- Des marnes, des silts, des grès alternent sur environ 170 m d'épaisseur.
- Le contact inférieur est brusque au-dessus du Calcaire marin basal.
- Malgré la présence d'un accident qui rompt la continuité de la coupe, le passage à la formation de Jonquières sus-jacente semble progressif.
- Cette formation regroupe deux membres, de bas en haut :
 - membre des Marnes inférieures à Turritelles
 - membre des Silts et Grès du Pech des Fourches.

a - Membre des Marnes inférieures à Turritelles (fig. 12 et 13)

- Ce sont les "Marnes inférieures à Turritelles et Operculines" du niveau 2 de M. MASSIEUX (1973) et les niveaux 9 à 15 de J. REY et J.P. BOUSQUET (1981).
- La base de ces marnes est masquée par les vignes, de part et d'autre de la D 106. Elles affleurent ensuite au bord de la D 323, face au cimetière de Coustouge jusqu'à la borne hectométrique 7.
- Leur épaisseur est d'une cinquantaine de mètres.
- Ce sont des marnes à passées plus silteuses, caractérisées par l'abondance de Turritelles.
- Le passage de cette unité au membre sus-jacent est progressif.

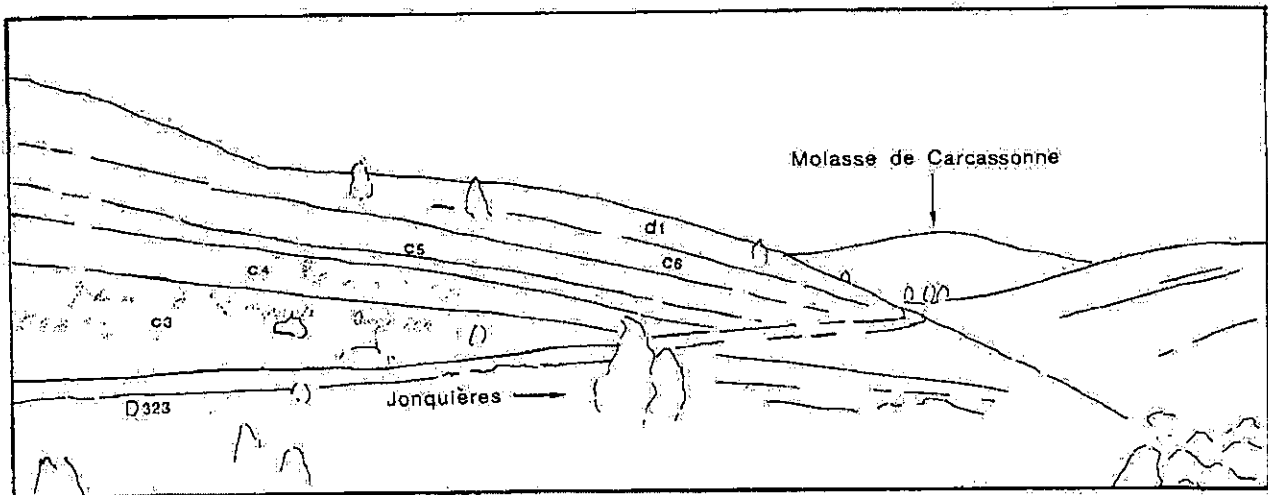
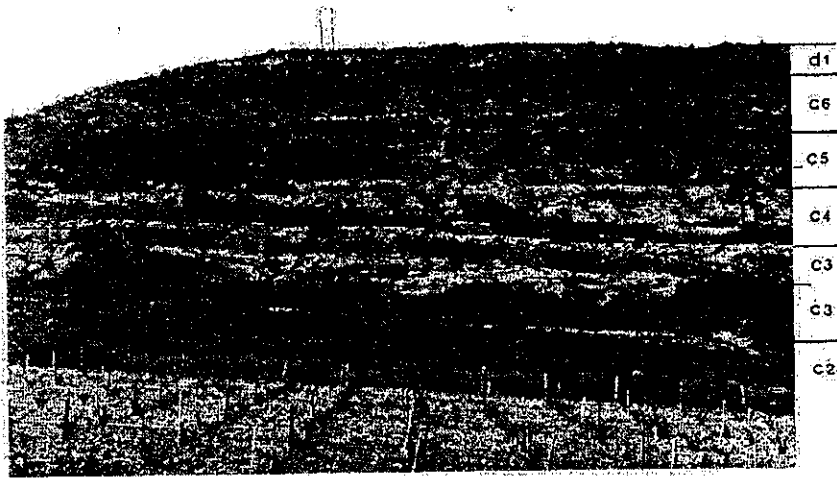


Fig. 14 Vue d'ensemble de la Formation de Jonquières.
General view of the Jonquières Formation.

b - Membre des Silts et Grès du Pech des Fourches (b1 à b10 ; fig. 12 et 13)

- Ils correspondent approximativement aux niveaux 3 à 18 de M. MASSIEUX (1973) et aux niveaux 16 à 53 de J. REY et J.P. BOUSQUET (1981).
- Ils affleurent depuis la borne hectométrique 7 jusqu'au point côté 225 ainsi qu'au Pech des Fourches.
- Les silts et les grès y dominant, associés à des marnes ou des niveaux calcaires.
- Leur épaisseur étant très importante (125 m), ils peuvent être subdivisés en plusieurs unités : b1 à b10 (fig. 12).
- Les limites inférieures et supérieures correspondent à des passages progressifs.

3 - LA FORMATION DE JONQUIERES (fig. 12 et 14)

- L'étude de cette formation a été menée au Nord de Jonquières entre les points côtés 225 et 243 (lieu-dit Les Croisettes).
- Sur une épaisseur de 130 m alternent des marnes, des silts, des grès et des calcaires.
- Ses limites inférieures et supérieures se marquent par des passages progressifs respectivement avec les Silts et Grès du Pech des Fourches et les marnes ocre-rouge et grès de la Molasse de Carcassonne.
- Cette formation a été subdivisée en deux membres, de bas en haut :
 - . le membre des Marnes supérieures à Turritelles
 - . le membre des Silts et Grès des Croisettes.

a - Membre des Marnes supérieures à Turritelles (c1 à c6 , fig. 12 et 14)

- Les Marnes supérieures à Turritelles correspondent aux niveaux 19 à 28 de M. MASSIEUX (1973) et aux niveaux 54 à 68 de J. REY et J.P. BOUSQUET (1981).
- Dans la coupe, elles affleurent depuis le point côté 225 jusqu'à mi-chemin entre les bornes hectométriques 6 et 7.
- Cette unité à dominante marneuse (marnes et silts) est épaisse d'environ 60 m.
- Les limites inférieures et supérieures se marquent par des passages progressifs.

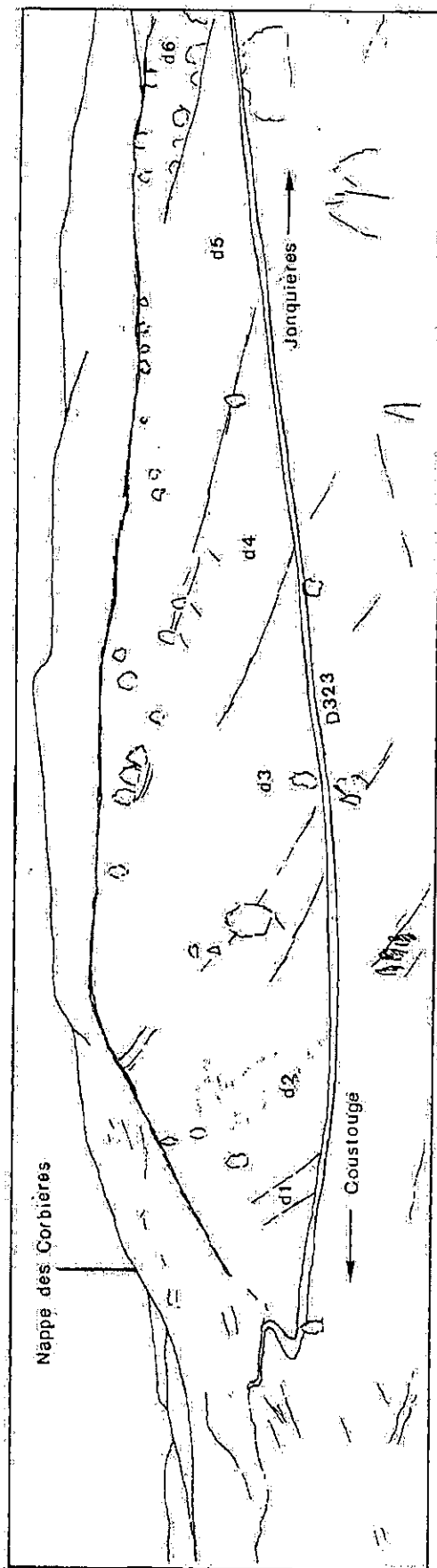
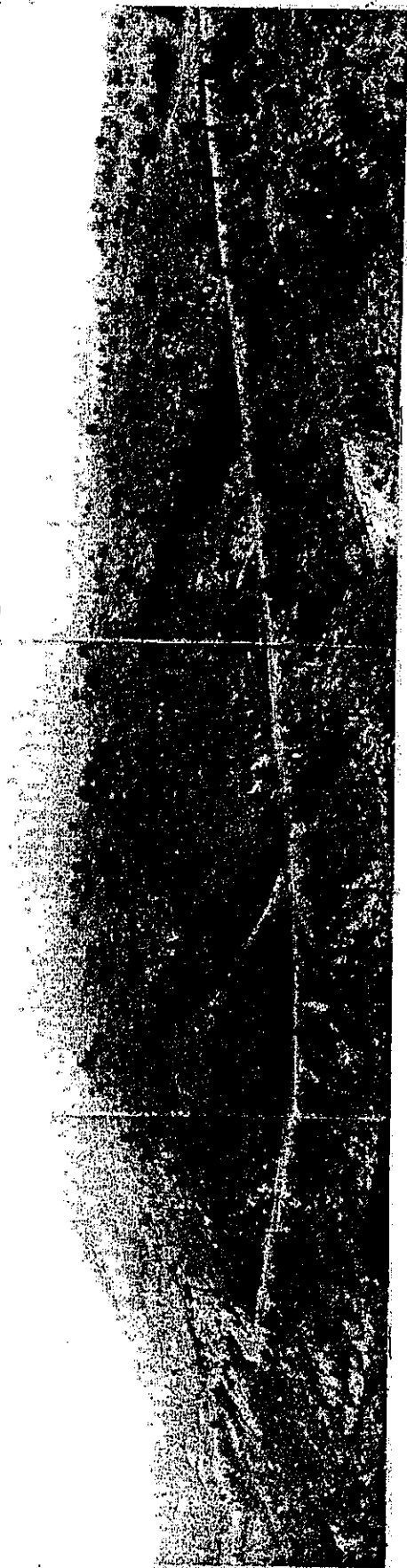
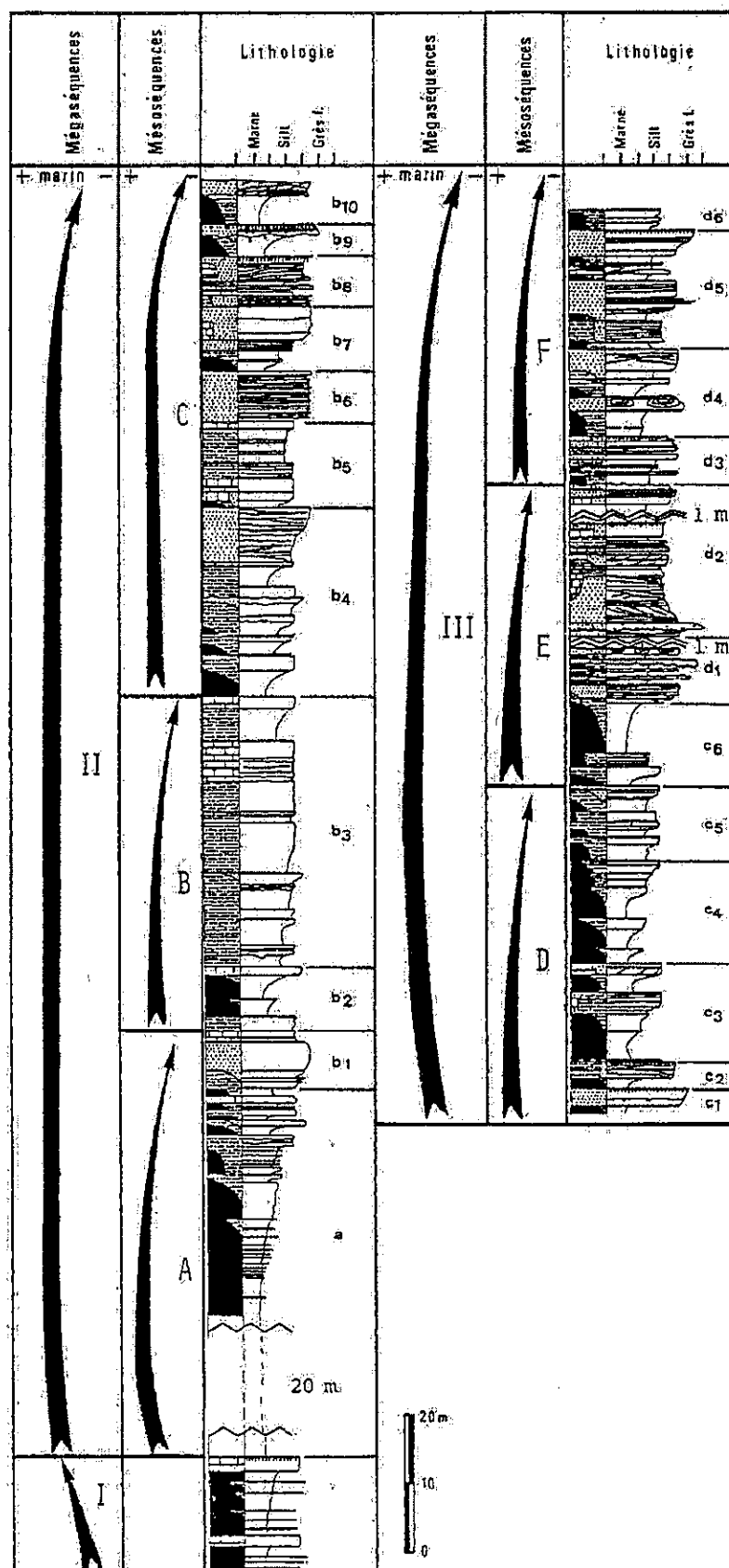


Fig. 15 Vue d'ensemble du membre des Silts et Grès des Croisettes (d1 à d6).
General view of "Silts et Grès du Devès" member (d1 to d6).

Fig. 16 Organisation séquentielle de la coupe de Coustouge.
Sequential organization of the Coustouge section.



b - Membre des Silts et Grès des Croisettes (d1 à d6 ;
fig. 12 et 15)

- Ce sont les niveaux 29 à 41 de M. MASSIEUX (1973) et 69 à 100 de J. REY et J.P. BOUSQUET (1981).
- Sur la coupe, ils affleurent entre la borne 6 et le point côté 243 (lieu-dit Les Croisettes).
- Ce membre, essentiellement constitué de silts et de grès est épais d'environ 70 m.
- Les limites inférieures et supérieures correspondent à des passages progressifs.

4 - ORGANISATION SEQUENTIELLE (fig. 16)

L'organisation séquentielle de la coupe de Coustouge est semblable à celle de Caunettes : on observe un mégacycle sédimentaire qui comprend trois mégaséquences :

- La 1ère (formation du Calcaire marin basal) est transgressive au-dessus des faciès lacustres du Sparnacien.
- La 2ème correspond à la formation de Coustouge. D'évolution d'abord transgressive (Marnes inférieures à Turritelles) elle devient ensuite régressive avec les Silts et Grès du Pech des Fourches.
- La 3ème coïncidant avec la formation de Jonquières suit la même évolution des Marnes supérieures à Turritelles vers les Silts et Grès des Croisettes.

Les deux dernières mégaséquences correspondent à des mégaséquences granocroissantes de comblement d'environ 150 m d'épaisseur. Elles peuvent être subdivisées en séquences d'ordre inférieur (6 mésoséquences de A à F fig. 16), généralement granocroissantes.

Le tableau 1 montre les correspondances entre mégaséquences et formations et entre mésoséquences et membres.

	Formations	Méga-séquences	Membres	Méso-séquences
CAUNETTES - MAIRONNES	Formation de Maironnes	III	Marnes et Grès du Fournas (d_4 à d_6)	E
			Marnes et Grès du Fournas (d_1 à d_3)	D
			Marnes et Grès du Pech Redonel	C
	Formation de Caunettes	II	Silts et Grès du Devès (b_2 - b_3)	B
			Silts et Grès du Devès (b_1) Marnes à Turritelles et Operculines	A
	Calcaire marin basal	I		
COUSTOUGE - JONQUIÈRES	Formation de Jonquières	III	Silts et Grès des Croisettes (d_3 à d_6)	F
			Silts et Grès des Croisettes (d_1 - d_2)	E
			Marnes supérieures à Turritelles (c_6)	
			Marnes supérieures à Turritelles (c_1 à c_5)	D
	Formation de Coustouge	II	Silts et Grès du Pech des Fourches (b_4 à b_{10})	C
			Silts et Grès du Pech des Fourches (b_1 à b_3)	B
			Marnes inférieures à Turritelles	A
	Calcaire marin basal	I		

Tab. 1 Correspondance entre découpage lithostratigraphique et organisation séquentielle pour les coupes de Caunettes-Maironnes et de Coustouge-Jonquières.

Relationships between lithostratigraphical divisions and sequential organization in the Caunettes-Maironnes and Coustouge-Jonquières sections.

II - BIOCHRONOSTRATIGRAPHIE

A - POSITION STRATIGRAPHIQUE DE L'ILERDIEN (HISTORIQUE)

Les couches marines éocènes, qui affleurent sur 500 m de puissance dans les Corbières, ont suscité de nombreuses controverses quant à leur position stratigraphique. Nous n'aborderons que les principales étapes de ces discussions.

- Cette série appelée d'abord Série Nummulitique correspondait à l'Yprésien et au Lutétien inférieur (BRESSON, 1898 ; DONCIEUX, 1900 et 1903), étages définis dans le Bassin de Paris. Ce sont ces étages qui sont reportés sur les cartes géologiques au 80 000ème (feuilles de Carcassonne et de Narbonne). Les différentes hypothèses sont récapitulées dans le tableau 2.
- En 1960, L. HOTTINGER et H. SCHAUB, se basant sur les Nummulites et les Alvéolines, rapportent cette série à un nouvel étage : l'Ilerdien dont l'équivalent dans le Bassin parisien serait représenté par le "Sparnacien" continental (pro parte). Cet étage daté du Paléocène supérieur est compris entre un Paléocène moyen (partie du Montien et du Thanétien) et un Cuisien inférieur caractérisé par la présence de *Alveolina oblonga* et *Nummulites planulatus*. Le stratotype de l'Ilerdien a été choisi dans le Bassin de Tremp (Espagne). L'Ilerdien a été subdivisé en 5 zones, établies dans le domaine pyrénéen, et fondées sur les Alvéolines :

Ilerdien supérieur--	zone à <i>A. trempina</i>
Ilerdien moyen-----	zone à <i>A. corbarica</i> zone à <i>A. moussoulensis</i>
Ilerdien inférieur--	zone à <i>A. ellipsoïdalis</i> zone à <i>A. cucumiformis</i>

La série des Corbières septentrionales débiterait à la base de l'Ilerdien inférieur (zone à *A. cucumiformis*) et finirait au sommet de l'Ilerdien moyen (zone à *A. corbarica*). En Espagne, l'Ilerdien supérieur (zone à *A. trempina*) est bien développé.

- M. MASSIEUX (1968) et J.C. PLAZIAT (1968) contestent cette position stratigraphique. Ils attribuent à la série un âge cuisien et lutétien inférieur comme les anciens auteurs.
- Dans son étude "Micropaléontologie stratigraphique de l'Eocène des Corbières septentrionales", M. MASSIEUX, (1973) revient sur sa position et donne un âge Yprésien. De la même façon, J.C. PLAZIAT et J.P. MANGIN (1969) confirment les idées de L. HOTTINGER pour l'Ilerdien espagnol.
- Lors de la réunion extraordinaire de la Société Géologique de France en 1975 ("Le contenu de l'Ilerdien et sa place dans le Paléogène") la zonation proposée par L. HOTTINGER et H. SCHAUB en 1960 est adoptée par la majorité des chercheurs.
J.C. PLAZIAT envisage l'intégration du Sparnacien dans l'Ilerdien. Cette réunion permet l'établissement de corrélations entre zones à Alvéolines, zones à Nummulites, Nannoplancton et Foraminifères planctoniques. (voir notamment C. KAPPELOS et H. SCHAUB ; A. VON HILLEBRANDT).

	A. BRESSON 1898	L. DONCIEUX 1900, 1902, 1903	L. DONCIEUX 1908, 1912, 1913	H. DOUVILLE 1919	L. HOTTINGER et H. SCHÄUB 1960
Molasse de Carcassonne et Poudingues	Lutétien sup. Lutétien moyen	Lutétien sup. Lutétien moyen	Bartonien inf. à Lutétien sup. Lutétien sup.	non étudié	non étudié
Nummulitique	Lutétien inf. et Yprésien	Lutétien inf. Yprésien	Lutétien moyen Lutétien inf. Yprésien	Yprésien	lacune du Cuisien Ilerdien = Paléocène sup.
Séries continen- tales et lacustres sous-nummuliti- ques avec inter- calations marines	Sparnacien Thanétien	Sparnacien Thanétien	Sparnacien Thanétien ou Landénien	non étudié	non étudié

M. MASSIEUX, 1973

Tab. 2 Position stratigraphique de l'Ilerdien jusqu'en 1960.
Ilerdian stratigraphical position until 1960.

FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES	NANNOFOSSILES CALCAIRES	RADIOAIRES	DINOFLAGELLÉS	NUMMULITES	ALVEOLINES	ASSILINES		
<i>Globorotalia</i> <i>pentacamerata</i>	<i>Discoaster</i> <i>lodoensis</i>	<i>Thecoecyle</i> <i>cryptocephala</i> <i>cryptocephala</i>		<i>Nummulites</i> <i>praelaevigatus</i>	<i>Alveolina</i> <i>dainei</i>	<i>Assilina</i> <i>laxispira</i>		
<i>Globorotalia</i> <i>aragonensis</i>		<i>Phormocyrtis</i> <i>striata striata</i>	<i>Wetzelletta</i> <i>colobodrypta</i>	<i>Nummulites</i> <i>planulatus</i>	<i>Alveolina</i> <i>oblonga</i>	<i>Assilina</i> <i>placentalis</i>		
<i>Globorotalia</i> <i>formosa formosa</i>	<i>Marthasterites</i> <i>tribrachianus</i>	<i>Beryella</i> <i>clinata</i>		<i>Nummulites</i> <i>lovolatus</i>	<i>Alveolina</i> <i>tremplina</i>			I
<i>Globorotalia</i> <i>subbotinae</i>	<i>Discoaster</i> <i>binodorus</i>		<i>Wetzelletta</i> <i>unicaudalis</i>	<i>Nummulites</i> <i>exilis</i>	<i>Alveolina</i> <i>corbarica</i>	<i>Assilina</i> <i>leymeriei</i>		II
<i>Globorotalia</i> <i>edgari</i>			<i>Wetzelletta</i> <i>articulata</i>					III
<i>Globorotalia</i> <i>velascoensis</i>	<i>Marthasterites</i> <i>contortus</i>			<i>Nummulites</i> <i>praeursor</i>	<i>Alveolina</i> <i>moussoulensis</i>	<i>Assilina</i> <i>pyrenalica</i>		
	<i>Discoaster</i> <i>multiradiatus</i>	<i>Bekema</i> <i>bidentensis</i>	<i>Wetzelletta</i> <i>hyperacantha</i> = <i>Wetzelletta</i> <i>homomorphus</i>	<i>Nummulites</i> <i>fraasi</i>	<i>Alveolina</i> <i>ellipsoidalis</i>	<i>Assilina</i> <i>n. sp.</i>		
					<i>Alveolina</i> <i>cucumiformis</i>	<i>Assilina</i> sp.		
<i>Globorotalia</i> <i>pseudomenardi</i>	<i>Discoaster</i> <i>nobilis</i>				<i>Globulvalveolina</i> <i>levis</i>			
	<i>Discoaster</i> <i>mohleri</i>		<i>Deflandrea</i> <i>speciosa</i>		<i>Globulvalveolina</i> <i>primæva</i>			IV
	<i>Hellolithus</i> <i>klein-pellii</i>	Paleocène non subdivisé						PALEOCÈNE

Tab. 3 Tableau des relations entre biozones durant le Paléocène
supérieur et l'Eocène inférieur. I-I limites acceptées en
1975 ; II-III limites proposées par J.C. PLAZIAT (1975, 1981).
Table of the interrelations of biozones during late Paleocene
and early Eocene. I-I accepted limits ; II-III lower and upper
limits proposed by PLAZIAT (1975, 1981).

- En 1981, J.C. PLAZIAT propose de nouvelles limites par rapport à celles communément adoptées (International subcommission on Paleogene Stratigraphy). La zone à *Glomalveolina levís* est intégrée dans l'Ilerdien et les zones à *A. corbarica* et *trempina* sont rejetées dans le Cuisien (tableau 3).
- H. SCHAUB (1981) précise la zonation de l'Ilerdien fondée sur les Nummulites.
- G. BIGNOT (1981), après le 26ème Congrès Géologique International (1980), montre que l'Yprésien, le Cuisien et le Londonien ont la même signification. L'Ilerdien se superpose en partie à l'Yprésien et doit être considéré comme un sous-étage, équivalent à l'Yprésien inférieur. Le terme d'Yprésien (le plus anciennement défini) est conservé et il recouvre à peu près la totalité de l'Eocène inférieur.
- C. CAVELIER et Ch. POMEROL (1983), à propos de l'échelle de corrélation du Paléogène basée sur de nombreux groupes fossiles ainsi que sur la chimie ou le magnétisme, mettent en corrélation l'Ilerdien, le Sparnacien, une partie du Cuisien et de l'Yprésien.

L'étude stratigraphique n'entrait pas dans le cadre de notre travail, cependant, les Alvéolines et les Foraminifères planctoniques ainsi que le Nannoplancton récoltés ont été étudiés. Les zonations de l'Ilerdien basées sur les Alvéolines s'avèrent délicates (FONTAINE, 1984), le Nannoplancton et les Foraminifères planctoniques sont rares ou mal conservés en raison du caractère très peu profond du milieu de dépôt. Nous ne pouvons donc pas proposer de découpage chronostratigraphique très précis et parfaitement fiable. Nous présenterons toutefois les résultats obtenus.

B - FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES (fig. 17a et b)

Les Foraminifères index de zones sont relativement rares. Il s'agit pour la plupart de formes juvéniles difficilement déterminables et pour lesquelles il est délicat de préciser l'espèce. Seuls les Foraminifères planctoniques de la coupe de Caunettes ont été étudiés. A Coustouge, leur apparition est encore plus limitée.

Les Marnes à Turritelles et Operculines de la formations de Caunettes n'ont fourni que des formes juvéniles et *Acarinina* spp. Les Marnes et Grès du Pech Redonel (c1) et les marnes grises (d1) des Marnes et Grès du Fournas contiennent des *Acarinina* sans *Morozowella* :

- . *Acarinina* sp.
- . *Acarinina* aff. *lozanoi*, *A.* cf. *lozanoi*
- . *A.* cf. *pentacamerata*
- . *A.* aff. *brodermanni* ?
- . *Globigerina* aff. *soldadoensis*.

Les formes récoltées ne permettent pas de donner un âge précis.

M. MASSIEUX (1973) ne cite pas de Foraminifères planctoniques dans les Marnes à Turritelles et Operculines, par contre, dans les Marnes à Grès du Fournas (d1), elle a répertorié un nombre plus important d'espèces.

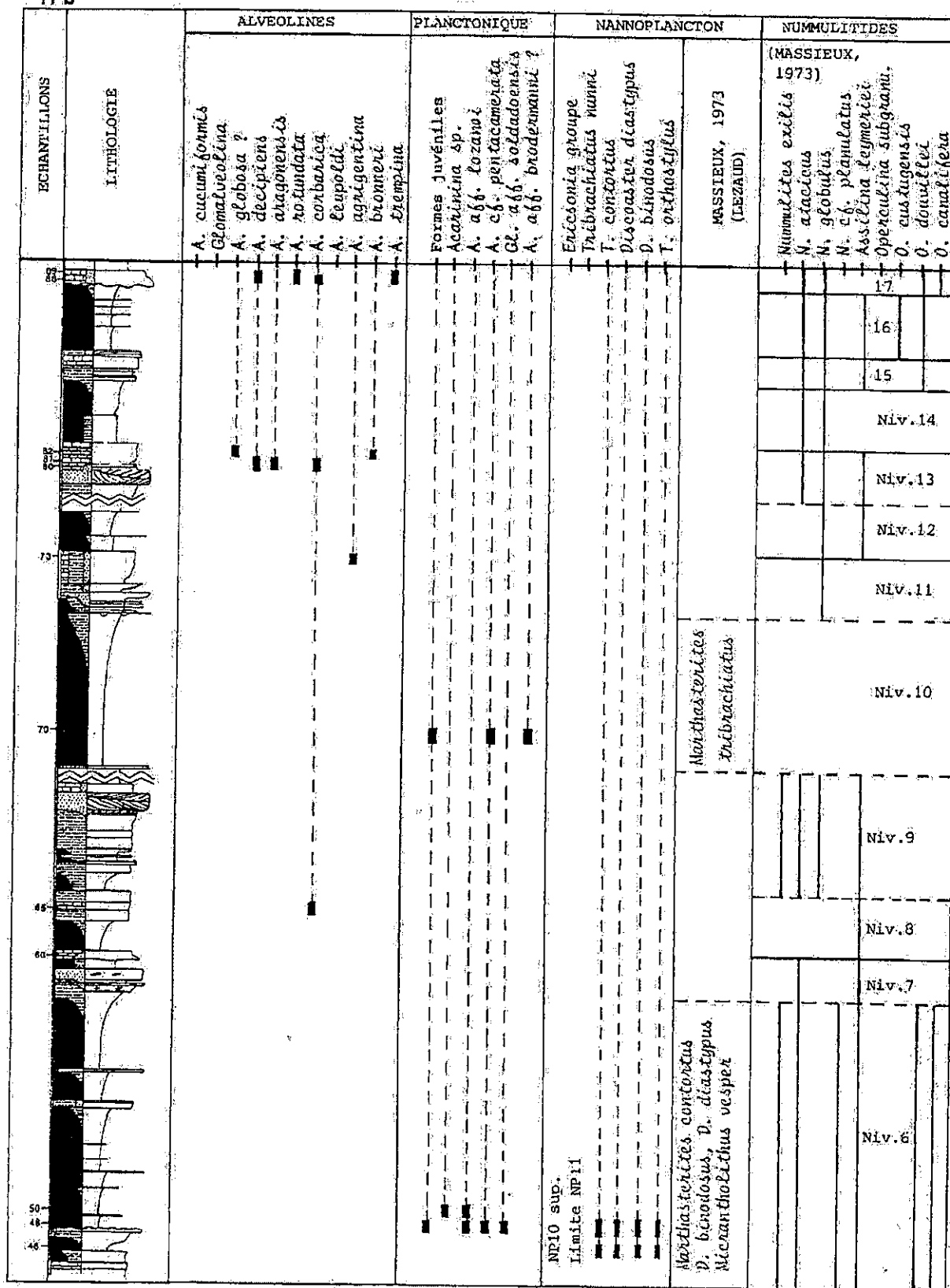


Fig. 17 Répartition des marqueurs stratigraphiques dans la coupe de Caunettes (Formation de Maironnes).

Microfaunal biozonation in the Caunettes section
Maironnes Formation.

La présence de *Globorotalia subbotinae* associée à *G. formosa gracilis*, *Acarinina wilcoxensis*, *A. nitida* et *A. soldadoensis* permet de se situer dans la zone P6 : zone à *G. subbotinae* - Ilérdien moyen (CARO et al., 1975 ; CAVELIER et POMEROL, 1983).

C - LE NANNOPLANCTON

L'étude de la Nannoflore a été réalisée par B. LAMBERT. Dans l'ensemble, la Nannoflore est toujours pauvre et sans marqueur important, ce qui ne facilite pas l'interprétation. Le Calcaire marin basal n'a pas fourni de Nannoflore.

1 - COUPE DE CAUNETTES - MAIRONNES

Sur 19 échantillons examinés, 3 seulement ont livré une Nannoflore abondante (fig. 17a et b).

- Dans la 1ère mégaséquence, le seul niveau (entre 4 et 5) relativement riche contient surtout de très nombreuses petites *Ericsonia* groupe . Parmi les espèces stratigraphiquement importantes signalons :

- *Tribrachiatus ninni* (Brönnimann et Stradner) Romein
(= *Marthasterites bramletti* Brönnimann et Stradner)
- *Tribrachiatus contortus* (Stradner) Bukry
(= *Marthasterites contortus* (Stradner) Deflandre).

La présence de ces deux marqueurs donne un âge correspondant à la zone NP 10 (de la zonation standard MARTINI, 1971) et qui équivaut à la base de l'Eocène.

- La 2ème mégaséquence a livré à sa base deux échantillons (20 et 22) où le genre *Discoaster* est assez bien représenté avec les deux espèces :

- *D. diastypus*
- *D. binodosus*

Le genre *Tribrachiatus* est représenté par :

- *Tribrachiatus contortus*, et surtout par
- *Tribrachiatus onhostylus* Shammaï (= *Marthasterites tribrachiatus* (Bramlette et Riedel) Deflandre)

avec la présence de formes intermédiaires entre les deux espèces.

L'apparition de *T. onhostylus* associé à la présence *T. contortus* nous donne un âge NP 10 supérieur, voire à la limite de la NP 11, les *T. contortus* n'étant plus très typiques.

M. MASSIEUX, 1973, avait récolté *Marthasterites tribrachiatus* seulement au niveau des marnes grises des Marnes et Grès du Fournas (d1 ; fig. 17b).

EN RESUME : - La 1ère mégaséquence appartient très probablement à la zone NP 10

- La 2ème mégaséquence n'est datée que par son extrême base NP 10 sup. à NP 11.

2 - COUPE DE COUSTOUGE - JONQUIERES

Cette coupe a déjà fait l'objet dans le passé, d'une étude stratigraphique par C. VON KAPPELOS (KAPPELOS et SCHAUB, 1973 ; 1975). Il avait déterminé de la base vers le sommet :

- la zone NP 9 (sommet du Paléocène)
- les zones NP 10 - NP 11 (base de l'Eocène).

53 échantillons ont pu être examinés. Presque tous contenaient des Nannofossiles mais la plupart d'entre eux appartiennent au Crétacé et sont allochtones. Néanmoins, bon nombre de niveaux ont livré des Nannofossiles tertiaires.

- 1ère mégaséquence (fig. 18a) : Les échantillons 6 et 7 contiennent :

- *Discoaster diastypus*
- *Tribrachiatus contortus*
- *Tribrachiatus ninni*.

Les deux dernières espèces nous donnent un âge correspondant à la zone NP 10.

Echantillon 11 : - *Discoaster multiradiatus* (forme tardive de Romein)

- *Discoaster diastypus*
- *Discoaster binodosus*
- *Tribrachiatus contortus*
- *Tribrachiatus ninni*.

Les *Tribrachiatus contortus* commencent à se modifier et nous avons presque affaire à *T. orthostylus*. Ce qui donne NP 10 peut-être supérieur.

Au-dessus de ce niveau, les échantillons sont stériles ou pauvres jusqu'à l'échantillon 57 qui contient :

- *Discoaster binodosus*
- *Tribrachiatus orthostylus*.

La présence de *T. orthostylus* permet d'envisager la partie supérieure de la NP 10 ou la NP 11 sans grande précision. Ici le faciès est trop pauvre pour pouvoir interpréter comme stratigraphiquement significative l'absence des autres représentants du genre *Tribrachiatus*.

- 2ème mégaséquence (fig. 18b) : Vers la base de la mégaséquence (échant. 65) seul *Tribrachiatus orthostylus* a été trouvé (NP 10sup. - NP 11).

L'intervalle des niveaux 84 à 88 a fourni une Nannoflore importante :

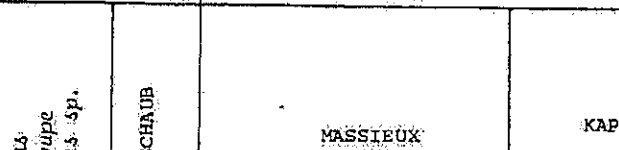
- *Tribrachiatus orthostylus* nombreux et seuls représentants du genre.
- *Discoaster diastypus*
- *Discoaster binodosus*
- *Ericsonia* groupe
- *Micrantolitus* sp.
- et surtout apparition du genre *Pontosphaera*.

ECHANTILLONS	LITHOLOGIE	NANNOPLANKTON		NUMMULITIDES		
		Discoaster diastypus Tribrachiatus confertus T. mini D. multiradiatus D. binodosus T. orthostylus Ericsonia groupe Micranolithus sp. Pontosphaera	KAPPELOS et SCHROB 1975	MASSIEUX 1973	KAPPELOS ET SCHAUB 1975	SCHAUB 1981
97				Niveaux 3 à 18		N. atacicus N. globulus N. cf. exilis Ass. leymeriei Ass. pustulosa Ass. Ruterbacheri
		NP10 (ou NP11 ?)	Zone à Discoaster binodosus	Nummulites atacicus N. exilis Assilina leymeriei Operculina douvillei	Nummulites atacicus N. exilis	N. atacicus N. globulus
			Marthasterites confertus		N. atacicus Assilina leymeriei	Ass. leymeriei Ass. pustulosa N. aff. atacicus N. aff. exilis
		NP10 (sup. ?)	Discoaster multiradiatus passage à Marthasterites confertus	Niveau 2 Nummulites globulus Operculina ammona O. subgranulosa	N. cf. deserti N. cf. fraasi	N. cf. robusti- formis N. cf. carcaso- nensis
11		NP10				N. deserti N. fraasi
7						
6						

Fig. 18 Répartition des marqueurs stratigraphiques dans la coupe
de Coustouge (formation de Coustouge).

Microfaunal biozonation in the Coustouge section
Coustouge Formation.

18b

ECHANTILLONS	LITHOLOGIE	NANNOPLANKTON		NUMMULITIDES		
		<i>Discosaster diastypus</i> <i>Trifarina angulosa</i> <i>T. nana</i> <i>D. multinodatus</i> <i>D. binodosus</i> <i>T. orthostylus</i> <i>Eriocornia groupae</i> <i>Micranthis sp.</i> <i>Pontosphaera</i>	KAPPELLOS ET SCHAUB 1975	MASSIEUX 1973	KAPPELLOS ET SCHAUB 1975	SCHAUB 1981
	NP11-NP12 sans précision	<i>Discosaster binodosus</i>	Niveaux 29 à 41		<i>N. globulus</i> <i>N. cf. soerenbergensis</i> <i>N. ch. exilis</i> <i>Ass. leymeriei</i> <i>Ass. pustulosa</i>	
	NP11		Niveaux 19 à 28 + <i>O. custugensis</i>			<i>N. globulus</i> <i>N. ataticus</i> <i>N. exilis</i> <i>Ass. leymeriei</i> <i>O. douvillei</i>
	NP10 sup. -NP11					

La présence de *T. orthostylus* seul, associé avec les premiers *Pontosphaera*, plus la présence de nombreux *Discoaster*, mais absence de *D. lodoensis* (marqueur de la NP 12) annoncent la zone NP 11.

Un niveau plus élevé (99) a donné de rares *T. orthostylus* : NP 11 à NP 12 sans précision en l'absence des *Discoaster*.

- EN RESUME : - A Coustouge la zone NP 9 n'a pas été retrouvée à la base de la série.
- Par contre les zones NP 10 et NP 11 ont bien été individualisées, confirmant ainsi les travaux de KAPELLOS.

D - NUMMULITIDÉS

Les Nummulitidés des deux coupes ont déjà été étudiés précédemment, nous n'avons pas repris leur détermination à l'espèce. Une étude précise sur l'évolution des Nummulites dans la coupe de Coustouge est en cours (M.C. JIMENEZ - Thèse d'Université - Toulouse).

1 - COUPE DE CAUNETTES

Les Nummulitidés déterminés par M. MASSIEUX, 1973, ont été reportés par niveaux, sur les fig. 17a et b. La présence de *N. exilis* associée avec *N. ataticus* et *N. globulus* à partir des Silts et Grès du Devès indique l'Ilerdien moyen. La détermination de *N. cf. planulatus* au niveau des Marnes et Grès du Pech Redonel semble sujette à caution.

2 - COUPE DE COUSTOUGE

De même que pour Caunettes, les Nummulitidés déterminés par M. MASSIEUX, 1973, ont été reportés par niveaux mais de façon moins précise. Nous y avons ajouté les déterminations de H. SCHAUB (KAPELLOS et SCHAUB, 1975 ; SCHAUB, 1981).

A la base des Marnes inférieures à Turritelles ont été récoltées *N. deserti* et *N. fraasi*. Le Nannoplankton indique -d'après KAPELLOS- le passage de la zone à *Discoaster multiradiatus* à la zone à *Tribrachiatus contortus* (partie sup. de l'Ilerdien inf.).

Pour le reste de la série, la présence de *N. cf. robustiformis* puis *N. exilis* associée à *N. ataticus* et *N. globulus* indique l'Ilerdien moyen.

E - REMARQUES SUR LES ALVÉOLINES

1 - COUPE DE CAUNETTES (Fig. 17a et b)

Des Alvéolines (*A. cucumiformis*) et des Glomalvéolines (*G. lepidula*) ont été récoltées dans le Calcaire marin basal. Les Alvéolines ne

réapparaissent ensuite qu'au sommet de la formation de Caunettes.

Il s'agit de rares *A. leupoldi* que l'on retrouve aussi au sommet de Pech Redonel, dans un calcaire très riche en Nummulites.

Plus haut, dans les Marnes et Grès du Fournas, quelques niveaux de calcaires et calcaires gréseux ont fourni plusieurs espèces : *A. globosa*, *A. decipiens*, *A. aragonensis*, *A. rotundata*, *A. corbarica*, *A. leupoldi*, et même quelques individus de *A. trempina*. Cette association d'espèces tenues pour hétérochrones (de zones différentes) par L. HOTTINGER, peut être due aux remaniements ou au fait que ces espèces correspondent à des écophénotypes dont la présence ou l'absence est liée aux conditions du milieu.

2 - COUPE DE COUSTOUGE (fig. 19a et b)

Une étude plus détaillée a été effectuée pour les Alvéolines de cette coupe. Dans tous les niveaux où les Alvéolines ont été observées, nous avons essayé de voir les lignées les mieux représentées et l'évolution de celles-ci tout au long de la série. Malheureusement, de nombreux niveaux n'ont fourni que peu d'individus et d'autres, quoique relativement riches en Alvéolines, présentent beaucoup d'exemplaires déformés et indéterminables (voir colonne d'abondance relative et nombre d'individus ayant pu être déterminés).

a - Les différentes lignées et espèces représentées

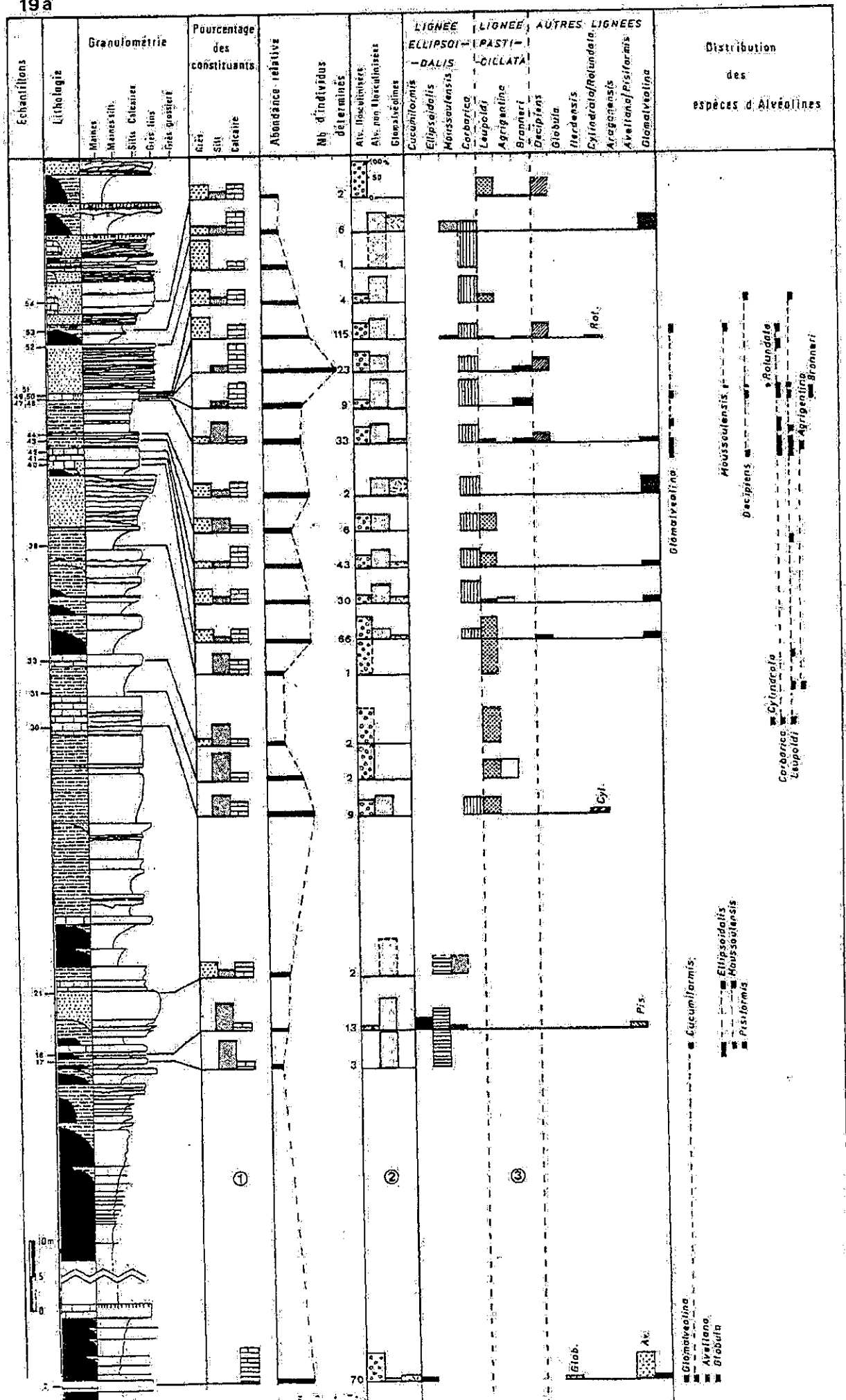
- . lignée *lepidula* (*A. (Glomalveolina) lepidula*)
- . lignée *ellipsoidalis* (*A. ellipsoidalis*, *A. moussoulensis*, *A. corbarica*)
- . lignée *globosa* (*A. globosa*)
- . lignée *avellana* (*A. avellana*, *A. pisiiformis*)
- . lignée *pasticillata* (*A. leupoldi*, *A. agrigentina*, *A. bronneri*)
- . lignée *aragonensis* (*A. aragonensis*)
- . lignée *subpyrénéica* (*A. ilerdensis*)
- . lignée *decipiens* (*A. decipiens*)
- . lignée *rotundata* (*A. cucumiformis*, *A. rotundata*)
- . lignée *oblonga* (*A. cylindrata*).

Deux lignées prédominent largement : - *ellipsoidalis*
- *pasticillata*.

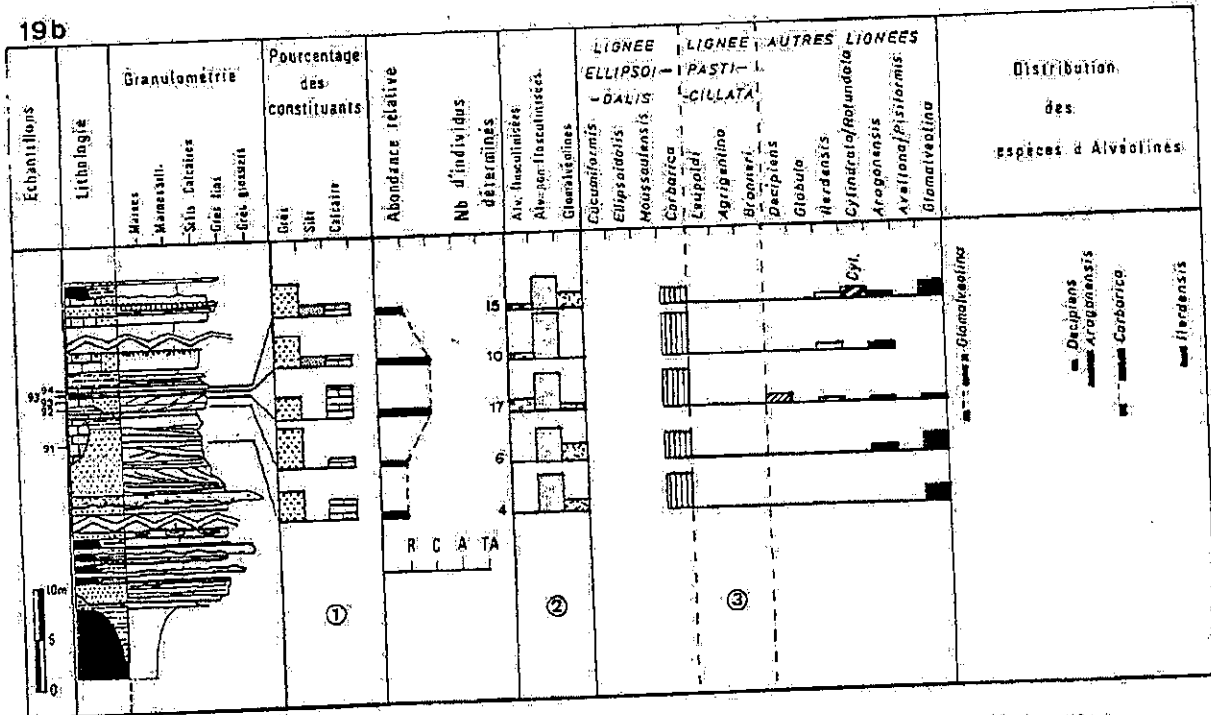
Pour tous les échantillons, les proportions relatives de chaque espèce ainsi que la proportion d'Alvéolines flosculinisées et non flosculinisées ont été reportées sous forme d'histogrammes.

b - Relations avec la lithologie

Le seul échantillon de calcaire pur (microsparite) contient 80 % de formes flosculinées. Tous les autres échantillons contiennent une proportion plus ou moins importante de silts et de grès avec une population mixte d'Alvéolines flosculinisées et non flosculinisées, ces dernières étant généralement les plus nombreuses.



19b



①②③ : Dans chacune de ces trois colonnes, la somme des pourcentages d'une même ligne est égale à 100.

Histogrammes en pointillés : niveaux à Alvéolines mal conservées

Fig. 19 Les Alvéolines de la coupe de Coustouge-Jonquières (abondance, pourcentage des espèces, distribution).

Alveolinids of the Coustouge-Jonquières section (abundance, amount percent of species, distribution).

Dans les échantillons les plus gréseux du sommet de la coupe, les formes non flosculinisées dominent nettement (60 à 90 %).

La présence de Glomalvéolines n'a pu être rattachée à aucun critère lithologique.

c - Répartition des espèces de la lignée *ellipsoidalis*

De la base de la coupe au sommet, on observe *A. cucumiformis* (échant. 2 et 18) puis *A. ellipsoidalis* (échant. 17, 18 et 21), *A. moussoulensis* (échant. 18 et 21) et enfin *A. corbarica* (à partir de l'échantillon 30).

A. moussoulensis est l'espèce la moins représentée, par contre, *A. corbarica* domine dans presque toute la coupe.

d - Répartition des espèces de la lignée *pasticillata*

A. leupoldi apparaît au même moment que *A. corbarica* (niv. 27) puis en association avec *A. agrigentina* (niv. 28, 37). *A. bronneri* apparaît rarement en association avec les espèces précédentes (niv. 43 à 47).

e - Remarques

- La lignée *pasticillata* est absente au sommet de la coupe (formation de Jonquières).
- Il faut noter la présence de *A. moussoulensis* au-dessus des niveaux à *A. corbarica* (niv. 5 et 6 de L. HOTTINGER, 1960). Ceci rejoint la remarque faite pour les Alvéolines de Caunettes, à savoir que la réapparition de *A. moussoulensis* pourrait être due aux remaniements ou aux conditions du milieu et confirme les observations et l'hypothèse de P. FONTAINE (1984).

f - Biostratigraphie

Les formes index de zones : *A. cucumiformis*, *A. ellipsoidalis*, *A. moussoulensis*, sont ponctuellement représentées à Coustougé, *A. corbarica* prédomine largement. Elles sont généralement absentes à Caunettes (mis à part *A. cucumiformis* à la base et quelques *A. trempina* au sommet).

La discontinuité des informations, la pression du milieu, le rôle des transports et l'association à divers niveaux d'espèces marqueurs de zones différentes, ne permettent pas de datation très précise de série par référence à la zonation proposée par L. HOTTINGER et H. SCHAUB (1960). Nous tiendrons seulement pour assuré que l'Ilerdien inférieur et moyen sont représentés.

F - LES PETITS FORAMINIFÈRES BENTHIQUES

Ils apportent peu de précisions sur le plan stratigraphique. On peut simplement noter que certaines espèces comme *Karreriella fallax* ou *Spiroplectammina plummerae* ont été décrites dans le Paléocène du Texas - Formation Midway (PLUMMER, 1927).

III - CORRELATIONS STRATIGRAPHIQUES ENTRE LES DEUX COUPES

A - CORRÉLATIONS LITHOSTRATIGRAPHIQUES

Dans l'intervalle ilerdien, on peut généralement distinguer au-dessus du Calcaire marin basal, deux formations.

Les limites de ces formations ainsi que celles des membres, correspondent la plupart du temps à des passages progressifs (mise à part la limite inférieure de la première formation). Les limites ont de ce fait été placées de façon arbitraire.

1 - EXTENSION GEOGRAPHIQUE DES FORMATIONS

L'extension des formations décrites ne peut guère être définie avec précision dans le cadre de cette étude qui a été limitée à deux coupes. Il ressort toutefois que :

- Le Calcaire marin basal a une extension assez importante puisqu'il est présent aussi bien sur le pourtour de l'Alaric et de l'Anticlinal du Boucher que sur la bordure du Massif de Mouthoumet (MASSIEUX, 1973 ; BOUSQUET, 1979). Il est toujours couronné par une discontinuité majeure.
- Les formations de Caunettes et de Maironnes sont limitées à l'Est comme à l'Ouest par une série de failles d'orientation NE-SW et les terrains ilerdiens sont recouverts à l'Est par la série continentale de la Molasse de Carcassonne (fig. 3 p. 26). A l'Ouest et au NW de la coupe, les deux formations semblent se poursuivre.
- Les formations de Coustouge et de Jonquières ont une extension limitée. Du Nord au Sud l'Ilerdien affleure sur 5-6 Km ; il est limité au Nord par les dépôts pliocènes et quaternaires et au Sud par la série continentale post ilerdienne et les terrains allochtones de la nappe des Corbières orientales (fig. 11 p. 35).

2 - ÉPAISSEUR DES FORMATIONS

Le tableau 4 montre les différences d'épaisseurs existant entre les formations.

- Le Calcaire marin basal a une épaisseur identique dans les deux coupes, avoisinant la vingtaine de mètres.
- L'épaisseur totale de la série marine de Caunettes est de beaucoup supérieure à celle de Coustouge : 450 m pour 300 m.

3 - LITHOLOGIE

Le Calcaire marin basal présente des variations de faciès : il est essentiellement carbonaté sur le pourtour de l'Alaric ; à Caunettes, il ne le devient qu'au sommet de la formation ; à Coustouge (ainsi qu'à Albais et Lailière - MASSIEUX, 1973) il l'est de façon épisodique.

Les autres formations sont argilo-gréseuses pour leur plus grande partie.

B - CORRÉLATIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES

L'étude combinée de différents groupes de fossiles permettent de pallier au manque de bons marqueurs stratigraphiques et ainsi de couvrir de façon approximative l'intervalle étudié.

La formation du Calcaire marin basal renferme à Caunettes comme à Coustouge des Alvéolines typiques de la zone à *A. cucumiformis* (Ilerdien inférieur).

Les Marnes inférieures à Turritelles de Coustouge, dont la base a été rapportée à l'Ilerdien inférieur (KAPELLOS et SCHAUB, 1975) correspondent aux Marnes à Turritelles et Operculines de Caunettes (zone NP 10-Ilerdien moyen).

Les Marnes et Grès du Pech Redonel (Caunettes) et les Marnes supérieures à Turritelles (Coustouge) ont fourni à leur base une Nannoflore de la zone NP 10 sup. à NP 11. Les Marnes supérieures à Turritelles renferment ensuite de la Nannoflore d'âge NP 11. Les Marnes et Grès du Fournaas renferment des Foraminifères planctoniques de la zone P 6 - Ilerdien moyen (MASSIEUX, 1973).

Il semble qu'il y ait deux discontinuités importantes dans la série ilerdiennne :

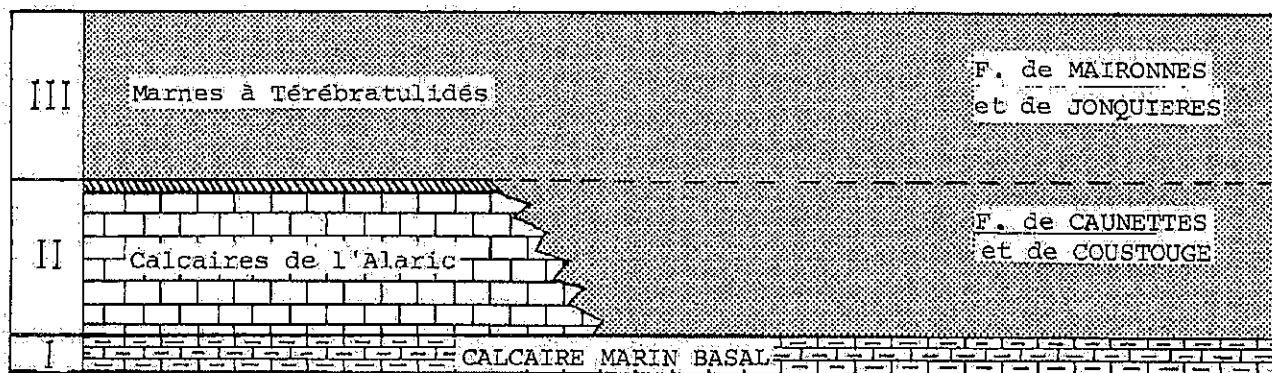
- la première que l'on peut considérer comme une ligne-temps au sommet du Calcaire marin basal ;
- la seconde au sommet des formations de Caunettes et de Coustouge. Ces dernières peuvent donc correspondre à une seule et même unité de temps (fig. 20).

N-NW

S-SE

MONZE PRADELLES

Région étudiée



Faciès carbonatés ou marneux : dépôts de plate-forme ou de lagunes

Faciès carbonatés : dépôts de plate-forme - récifs à Solénoméris

Faciès argilo-gréseux : dépôts détritiques

Lacune

Fig. 20 Essai de corrélations stratigraphiques entre la région d'étude et la région de Monze-Pradelles en Val (Montagne d'Alaric).

Attempt of stratigraphical relationships between the studied area and the Monze-Pradelles en Val area (Alaric Mount).

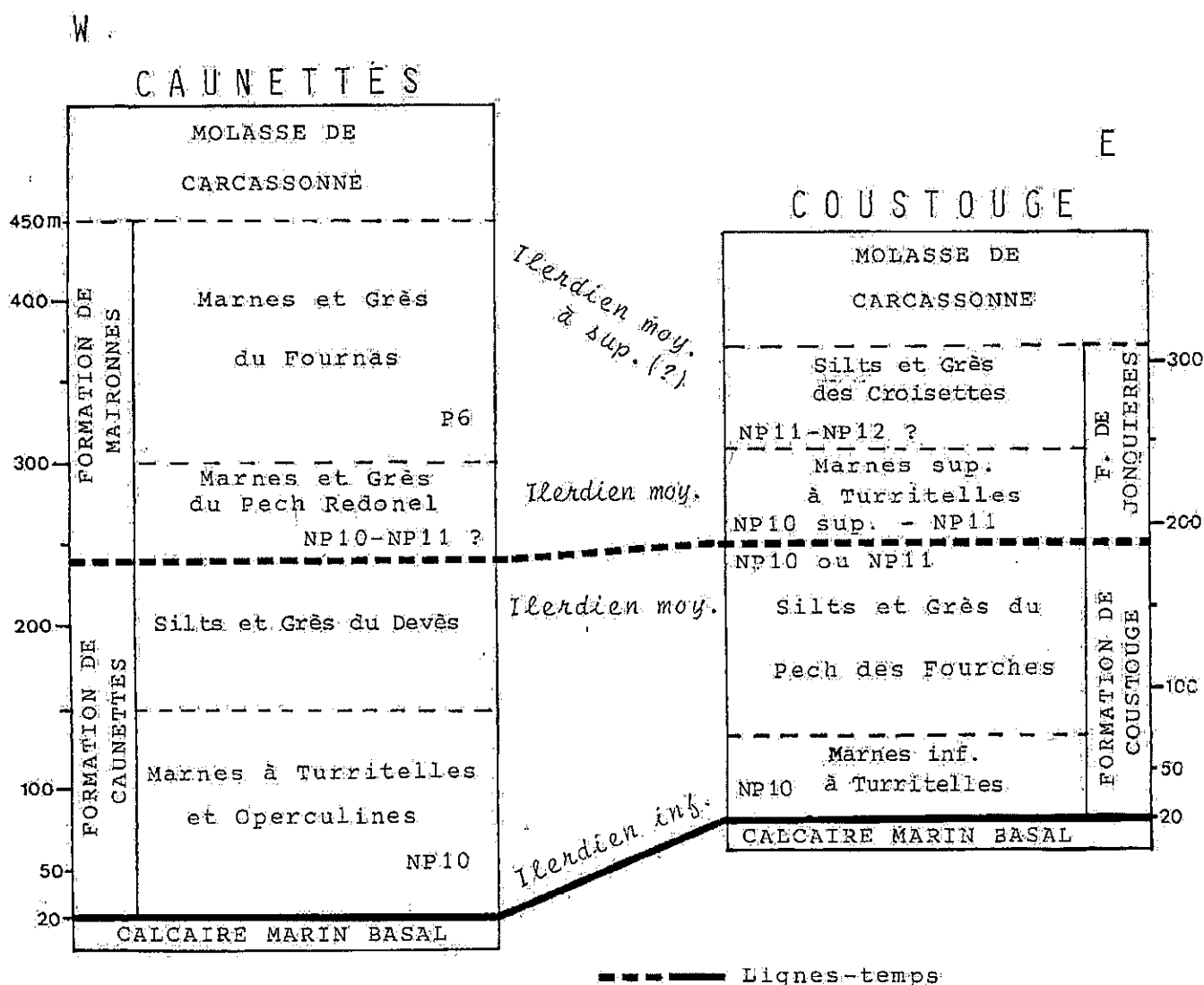
Au N-NW de la région étudiée, dans le secteur de Monze et de Pradelles-en-Val (Ruisseau La Bretonne et La Bourdasse), des échantillons prélevés juste au-dessus des calcaires de l'Alaric dans les marnes à Térébratulidés ont livré une Nannoflore assez riche qui donne un âge probable NP 11. Les marnes à Térébratulidés correspondraient aux formations de Maironnes et de Jonquières. Ceci est en accord avec les suppositions antérieures de A. BRESSON (1897) et avec les résultats de l'analyse détaillée des microfaciès des calcaires de l'Alaric (MASSIEUX, 1973).

Les calcaires de l'Alaric renferment à leur sommet (La Bourdasse) un grand nombre d'Alvéolines qui indiquent les zones à *A. ellipsoïdalis* et *A. moussoulensis* (*Glomalveolina*, *A. dolioliformis*, *A. avellana*, *A. globula*, *A. ellipsoïdalis*, *A. pasticillata*, *A. moussoulensis*, *A. globosa*, *A. subpyrenaica*, *A. aragonensis*).

D'autre part, entre Pradelles-en-Val et Monze, on observe au sommet de ces calcaires une assise, plus indurée parcourue de nombreuses traces d'activités organiques et des horizons ferrugineux à la base des marnes à Térébratulidés (BOUSQUET, 1979). Tout ceci semble en accord avec l'hypothèse d'une lacune de sédimentation entre les calcaires de l'Alaric et les marnes à Térébratulidés.

On aurait donc :

- dans un premier temps, des dépôts lagunaires et/ou carbonatés de plate-forme interne (séquence transgressive du Calcaire marin basal ;
- puis des dépôts carbonatés de plate-forme interne et de hauts-fonds (Calcaires de l'Alaric) au N-NW et des dépôts argilo-gréseux deltaïques et/ou littoraux (séquence régressive des formations de Caunettes et de Coustouge) au S-SE ;
- et enfin, des dépôts argilo-gréseux au Nord (plate-forme ouverte) et au Sud (deltaïques et/ou littoraux).



Tab. 4 Corrélations stratigraphiques entre les coupes de Caunettes et de Coustouge.

Stratigraphical relationships between Caunettes and Coustouge sections

I - LES SEQUENCES ET ASSOCIATIONS DE FACIES DE CAUNETTES.....	66
II- LES SEQUENCES ET ASSOCIATIONS DE FACIES DE COUSTOUGE.....	95
III - EVOLUTION SEDIMENTAIRE.....	118

sédimentologie

L'étude des sédiments de Caunettes et de Coustouge montre que les dépôts sont de deux natures :

- silico-clastique
- carbonatée.

Les dépôts silico-clastiques présentent une granulométrie allant des rudites aux pélites.

Les dépôts carbonatés possèdent une texture allant des mudstones aux grainstones.

Les nombreux faciès observés, leur grande variabilité tant verticalement qu'horizontalement nous portent à interpréter ces dépôts comme des dépôts d'environnement deltaïque (au moins pour Caunettes) avec tous les environnements qui lui sont associés.

On distingue classiquement dans les environnements deltaïques : le prodelta, le front de delta et la plaine deltaïque.

En ce qui nous concerne, nous distinguerons :

- Dans la coupe de Caunettes :
 - des dépôts de prodelta
 - des dépôts de front de delta
 - des dépôts de la limite front de delta - plaine deltaïque auxquels nous associerons des dépôts d'environnements latéraux.
- Pour la coupe de Coustouge : - nous nous référerons plutôt à une terminologie relative à une plate-forme littorale plus ou moins soumise à une influence deltaïque.

L'étude des séquences et associations de faciès sera abordée comme suit :

- situation dans la coupe ;
- description des faciès à l'affleurement (lithologie, structures sédimentaires, macrofaune et grands Foraminifères) ;
- essai d'interprétation.

La séquence transgressive du Calcaire marin basal sera étudiée dans son entier alors que pour le reste de la coupe, nous ne traiterons que les séquences de faciès les plus typiques.

I - LES SEQUENCES ET ASSOCIATIONS DE FACIES OBSERVEES A CAUNETTES

1 - LA MEGASEQUENCE TRANSGRESSIVE DU CALCAIRE MARIN BASAL

(fig. 21 à 25)

La base de la séquence montre des silts très fins en bancs massifs contenant des huîtres, ainsi que des pélites à lamines et intercalations de niveaux silteux stratodécroissants.

Elle est surmontée de niveaux marno-silteux centimétriques à traces de racines puis de silts à rides symétriques (fig. 23a et 23b).

Un mudstone à *fenestral* moule à sa base une surface à fentes de dessiccation polygonales (fig. 22 et 23c). Le calcaire s'enrichit très vite en Miliolites.

Le sommet de la séquence s'achève par une alternance de marnes et de calcaires couronnée par un banc épais de calcaire nodulaire à Miliolites, Alvéolines, Orbitolites, Textulariites, fragments de Crustacés et Algues vertes : Dasycladacées, Udotacées (fig. 24 et 25).

Les différents faciès décrits ci-dessus illustrent le caractère transgressif de la séquence depuis des dépôts supralittoraux jusqu'à des dépôts infralittoraux. En effet, nous passons de milieux lagunaires (silt à huîtres de la base) à la plate-forme carbonatée en passant par des états côtiers ou lagunes soumis à émergence (paléosols et sol polygonal).

La séquence du Calcaire marin basal caractérisée par un enrichissement en carbonates et par une augmentation globale de la bathymétrie, assure le passage progressif de la sédimentation continentale sparnacienne à la sédimentation marine ilerdienne.

2 - PRODELTA

Les dépôts interprétés comme prodeltaïques consistent en des marnes ou marnes silteuses intercalées de calcaires marneux ou de silts à lits centimétriques.

Les marnes du prodelta représentent les dépôts terrigènes les plus profonds et les plus fins qui arrivent sur la plate-forme ; elles se déposent par décantation.

Nous distinguerons plusieurs sous-faciès grâce à l'abondante faune qu'elles renferment :

- marnes à Operculines
- marnes à Turritelles
- marnes grises sans macrofaune.

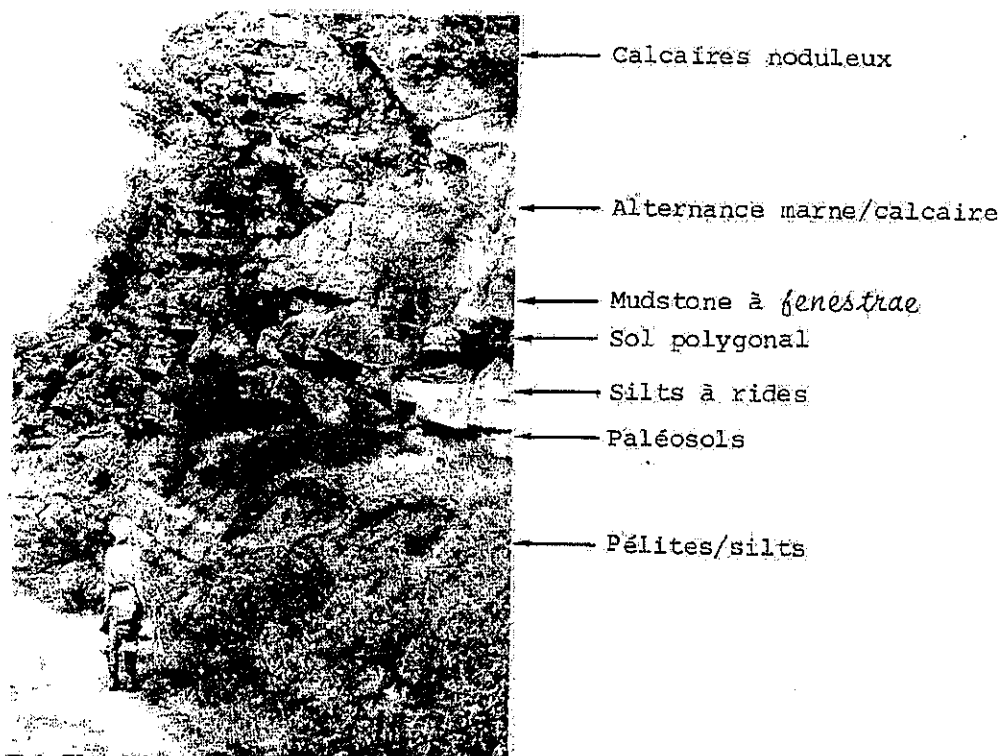


Fig. 21 Mégaséquence transgressive du Calcaire marin basal-
Caunettes - D229.

Transgressive megasequence of the "Calcaire marin basal" - Caunettes - D229.



Fig. 22 Moulage d'un sol polygonal - Calcaire marin basal-
Caunettes - D229.

Polygonal ground casting - "Calcaire marin basal".

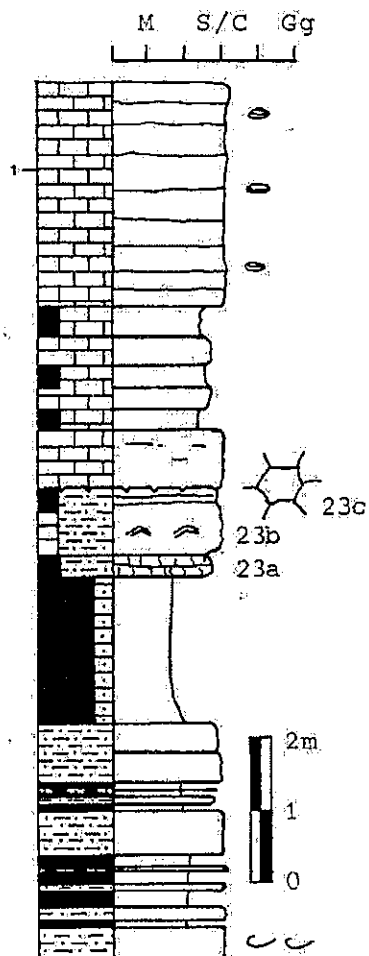


Fig. 23 Mégaséquence trans-
gressive du Calcaire
marin basal- Caunettes
(D229).

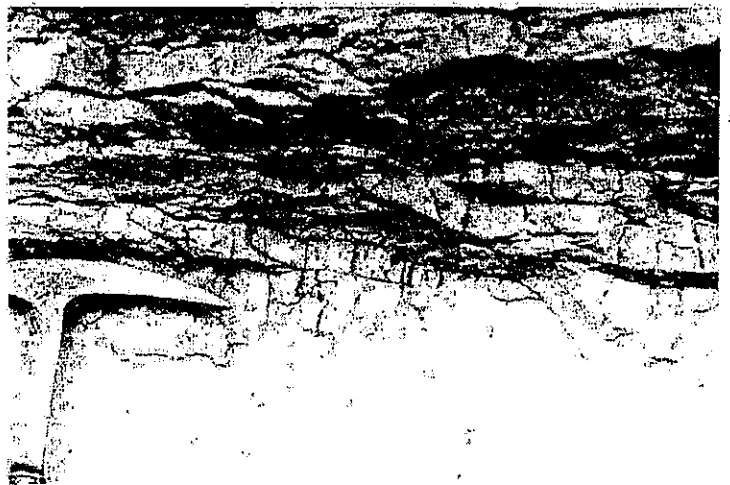
Transgressive mega-
sequence of the "Cal-
caire marin basal".



23c : Détail du sol polygonal
Polygonal ground (detail)



23b : Silts à rides d'oscillation
Symmetrical oscillating ripples
in a silty bed



23a : Marnes silteuses à traces de racines
Silty marls with roots trails



Fig. 24 (X5)

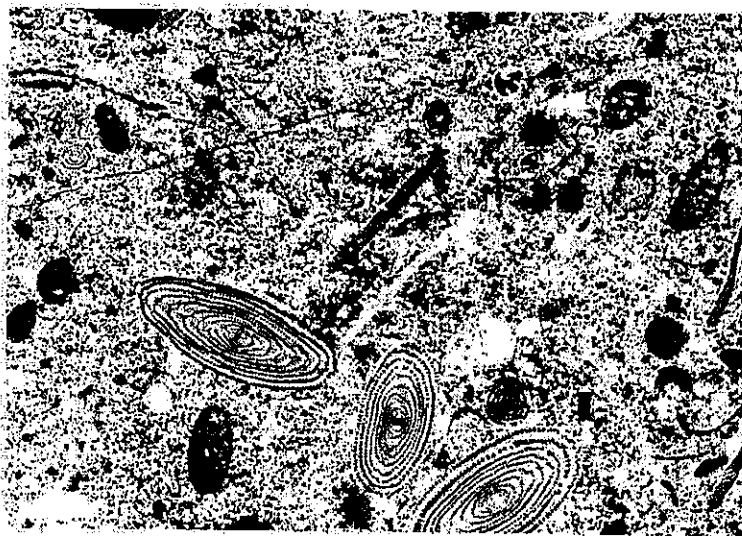


Fig. 25 (X5)

Fig. 24 et 25 Microfaciès du Calcaire marin basal (calcaire noduleux sommital à Miliolidés, Orbitolites, Glomalvéolines, A. cucumiformis, Textulariidés, Algues vertes) - Caunettes.
Nodular limestone microfacies at the top of the "Calcaire marin basal" - Caunettes.

a - Marnes à Operculines

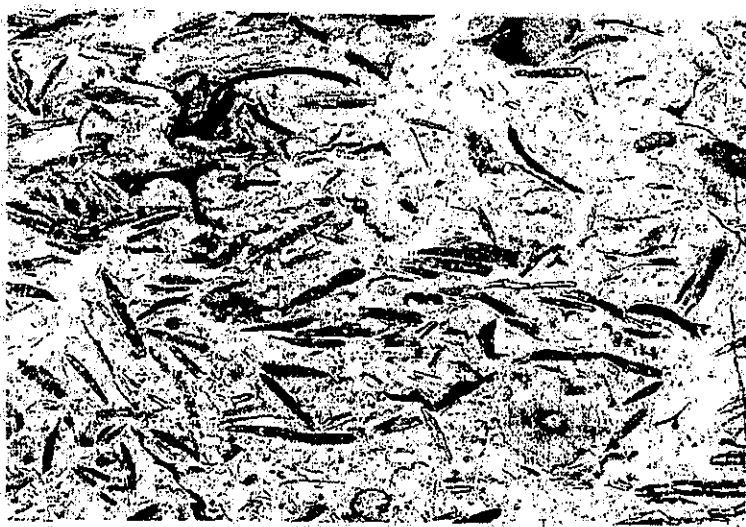
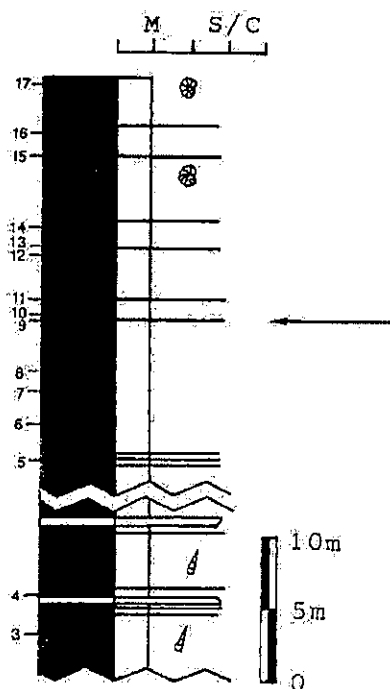
Les marnes à Operculines *sensu stricto* sont représentées dans les Marnes à Turritelles et Operculines du Pech de Caunettes (fig. 7 et 26).

Ces marnes gris-bleuté contiennent des Operculines (*O. subgranulosa*, d'ORBIGNY) en grande quantité. Elles renferment également des Bryozoaires, de rares Crinoïdes et Astérides, des Térédos et des radioles d'Oursins ainsi qu'une microfaune abondante.

Les intercalations calcaréo-marneuses correspondent à des niveaux d'accumulation de tests de Foraminifères (Operculines, Miliolidés), de débris coquilliers (Gastéropodes, Lamellibranches, Bryozoaires, radioles d'Echinides) et de tubes d'Annélides (fig. 26).

Leur sommet est net, avec des traces de ferruginisation tandis que leur limite inférieure est soit franche soit progressive.

Ces niveaux plus calcaires peuvent être interprétés comme correspondant à une baisse des apports terrigènes fins, ayant pour effet de provoquer la concentration des organismes et le dépôt de sédiments plus carbonatés.



Calcaire marneux intercalé dans les marnes à Operculines. Microfaciès de l'échantillon 9 : Miliolidés, Operculines, Bryozoaires, débris d'Echinides et de Mollusques. (X5)

Muddy limestone interbedded in Operculina marks. Microfacies of the sample 9.

Fig. 26 Marnes à Turritelles et Operculines du Pech de Caunettes.

Les marnes à Operculines se caractérisent par une microfaune diversifiée. L'influence de la mer ouverte est attestée par la présence de certains petits Foraminifères : *Uvigerina*, *Bulimina*, *Gyroldina*, *Globigerinacea* (LE CALVEZ, 1970 ; MURRAY, 1973 ; BIZON et BUROLLET, 1984).

Remarque : Si elles abondent ici, les Operculines ne sont pas restreintes aux marnes du prodelta car elles se trouvent en association avec les Turritelles, les Discocyclines, les Nummulites, les Coraux solitaires, dans des milieux considérés comme moins profonds (front de delta, baies).

b - Marnes à Turritelles

Comme les marnes à Operculines, les marnes à Turritelles sont représentées dans le membre des Marnes à Turritelles et Operculines du Pech de Caunettes (fig. 26). Elles renferment de nombreuses Turritelles, des Crinoïdes, des Bryozoaires et des radioles d'Echinides, ainsi qu'une microfaune abondante et diversifiée, peu différente de celle des marnes à Operculines.

Les calcaires silteux ou silts intercalés dans les marnes contiennent parfois des débris végétaux et montrent une lamination plane parallèle. Ces niveaux peuvent être interprétés comme produits par des apports terrigènes un peu plus grossiers arrivant sur le prodelta.

Le faciès des marnes à Turritelles n'est pas exclusif de l'environnement du prodelta. L'attribution à ce milieu implique les caractères sédimentologiques et paléocéologiques décrits ci-dessus.

c - Marnes grises sans macrofaune

Ces marnes sont représentées à la base des Marnes et Grès du Fournas (dl-fig. 5 et 8).

Ce sont des marnes grises homogènes dépourvues de macrofaune et à microfaune réduite.

La proportion importante des *Globigerinacea* laisse à penser que ces marnes sont plus profondes que les précédentes, c'est-à-dire pratiquement des marnes de la plate-forme ouverte (outer shelf).

Cependant, les Foraminifères planctoniques recueillis sont souvent des formes juvéniles ou mal conservées, ce qui ne nous permet pas d'exclure totalement par l'influence de pollutions fluviales, une appartenance au prodelta.

3 - FRONT DE DELTA

a - Séquence de faciès de barre d'embouchure (distributary mouth bar)

a-1 - On peut observer ce type de séquence dans la partie inférieure des Silts et Grès du Devès (b1 - fig. 5).

Cette séquence de faciès débute par des bancs silteux à contacts nets et homogénéisés par la bioturbation : terriers à la fois horizontaux et verticaux (photos 27 et 28). Les bancs montrent aussi de petites laminations obliques de rides de houle (fig. 29a) et des débris végétaux. Ces bancs silteux se substituent progressivement aux marnes à faune néritique sous-jacentes.

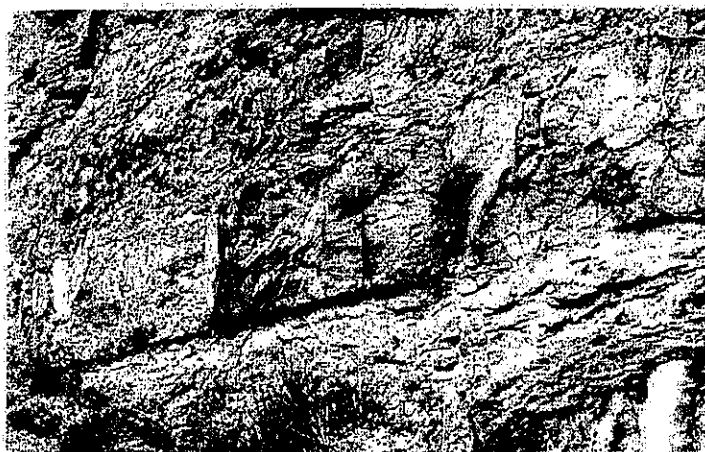


Fig. 27

Bancs silteux homogénéisés par la bioturbation. Silts et Grès du Devès -b1 (bord D 41).

Silty beds deeply burrowed.

Fig. 28

Terriers verticaux et horizontaux
Silts et Grès du Devès -b1
(bord D 41).

Vertical and horizontal burrows.

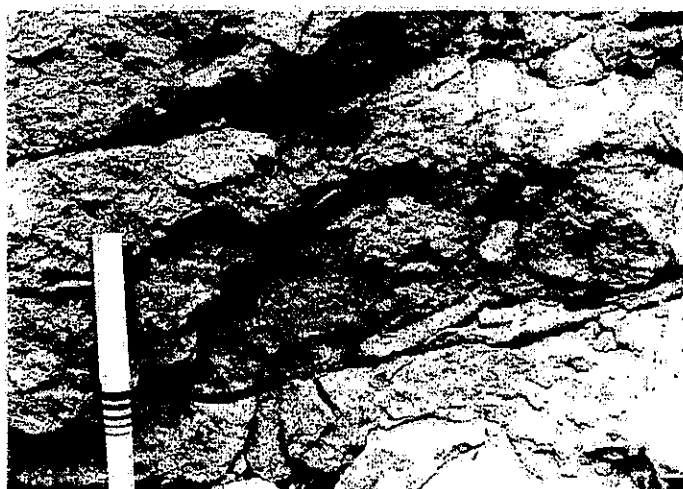


Fig. 29

Séquence de barre d'embou-
chure. Silts et Grès du
Devès (b1).

Distributary mouth bar
sequence.

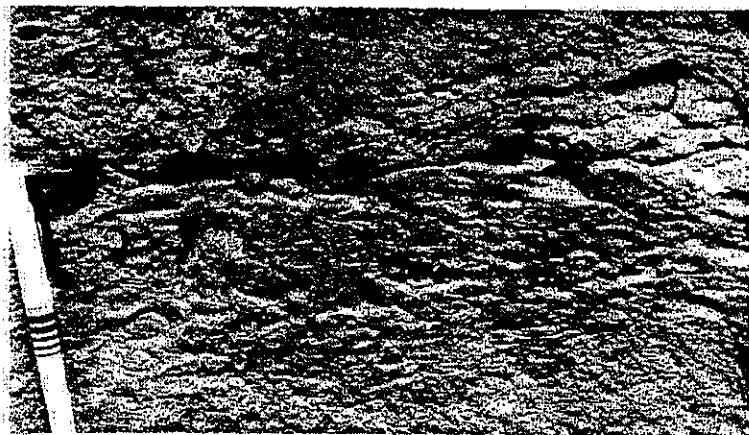


29c : Grès à galets.
Pebbly sandstones.



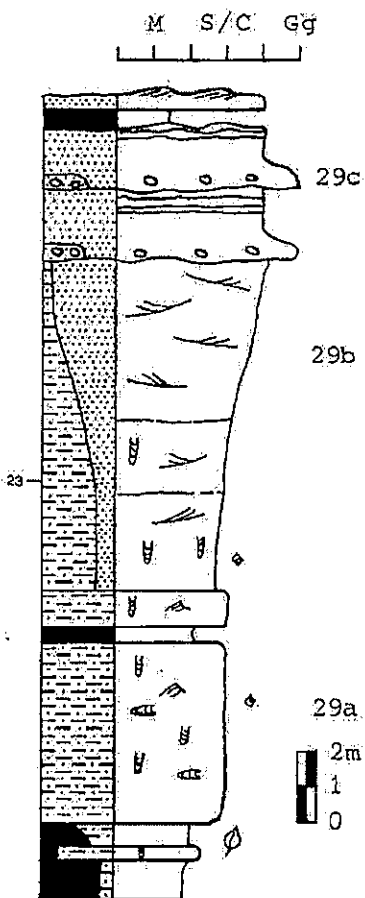
29b : Grès à stratification entrecroisée. Les
sets sont délimités par des surfaces lé-
gèrement courbes.

Cross-bedded sandstones. The sets are
bounded by gently curved surfaces.



29a : Lamination oblique
de petite échelle et bio-
turbation (silts).

Small scale cross laminae
partially destroyed by
burrowing (siltstones).



Tandis que la granulométrie augmente légèrement (grès fins à moyens - fig. 30) et que le sable devient de plus en plus propre, il y a apparition de stratifications obliques. La bioturbation est alors plus modérée (terriers verticaux assimilables à *Ophiomorpha* - fig. 31).

La stratification oblique de type tangentiel forme des sets d'environ 50 cm d'épaisseur (fig. 29b).

Au sommet de la séquence, ces derniers sont entrecoupés de grès à galets : niveaux, peu épais mais très étendus, à base plus ou moins érosive (fig. 29c).

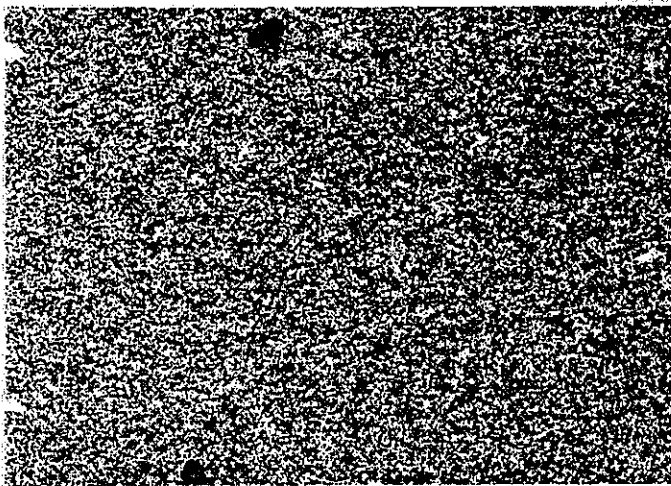


Fig. 30

Grès fins bien triés (x.5)
(échantillon 23) - Silts et Gr
du Devès (b1 - bord D 41).

Well sorted fine sandstones (sample 23).

Fig. 31

Terriers verticaux d'*Ophiomorpha*
Silts et Grès du Devès (b1 - bord D 41).
Vertical burrows of *Ophiomorpha*.



Dans la partie supérieure des Silts et Grès du Devès (b3), une surface structurale montre des galets de taille parfois importante (20 cm maximum). Ceux-ci ont été transportés au sein d'un écoulement en masse pendant des périodes de crues fluviales.

La séquence s'achève par des grès et des silts à stratification onduleuse, résultant de l'action de la houle pendant les périodes de baisse d'activité fluviale.

Dans les Silts et Grès du Devès, la séquence complète décrite ci-dessus est surmontée plusieurs fois par des séquences identiques tronquées par la base. Ces dernières sont entrecoupées de dépôts argileux, peu épais ne contenant pas de microfaune mais de nombreux débris végétaux.

Les dépôts silto-gréseux que nous venons de décrire forment des corps tabulaires qui s'étendent latéralement entre Caunettes et Maironnes sur 2 km environ. Leur extension est peut-être plus importante vers le NW. Leur épaisseur est de 15 à 25 m. Leurs caractères (de la base au sommet) :

- organisation séquentielle de type négatif (coarsening - upwards)
- augmentation de l'énergie
- augmentation de la propreté du sable
- diminution de la bathymétrie
- diminution de l'activité animale,

nous amènent à interpréter ces dépôts silto-gréseux comme des barres d'embouchure de distributeurs.

- La partie inférieure silteuse et bioturbée, sans structure interne, peut correspondre à des barres distales (distal distributary mouth bar) ou selon F. FONNESU (1984) à des barres d'embouchure intermédiaires à externes (fig. 32B, C).
- Par contre, la partie supérieure, à stratifications obliques peut correspondre à des barres d'embouchure plus internes (FONNESU, 1984) avec une influence fluviale plus marquée (fig. 32A).

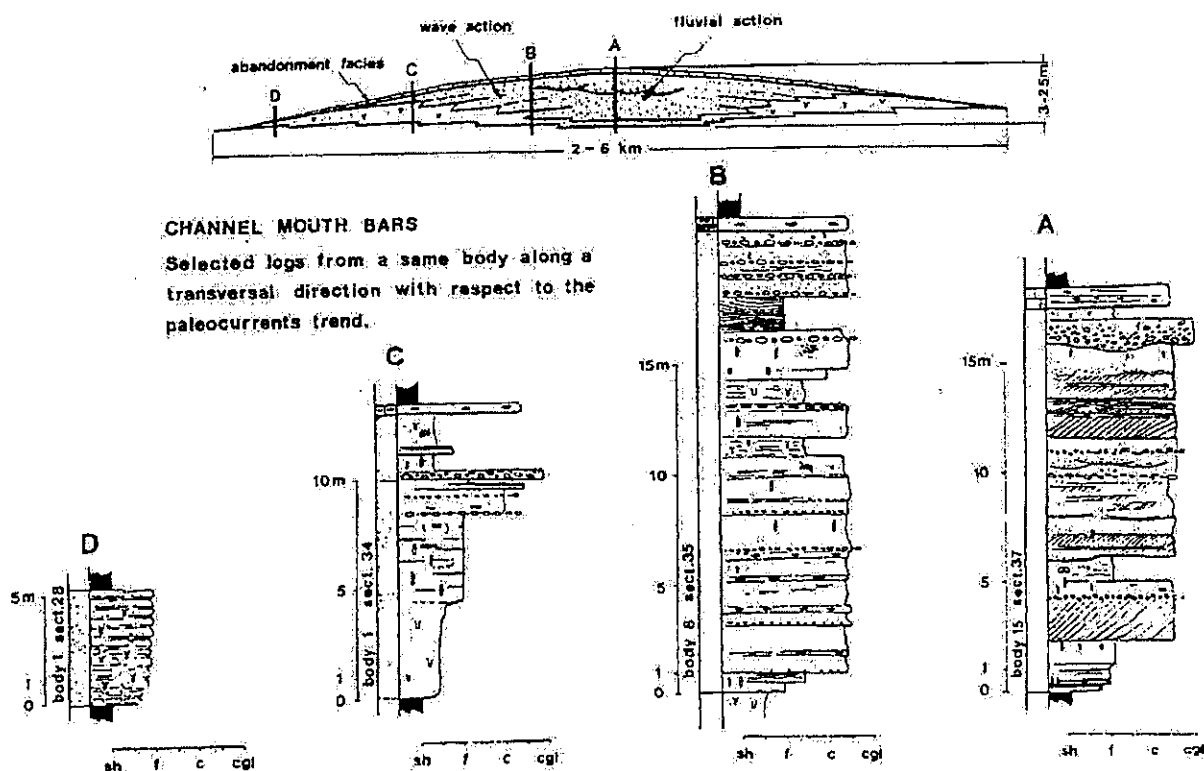


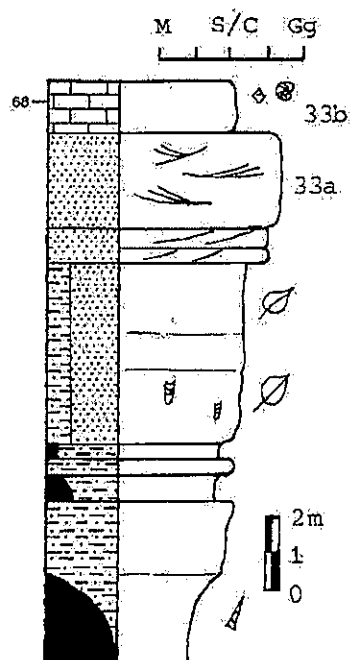
Fig. 32 Modèle de barres d'embouchure de chenal (FONNESU, 1984).

- Les niveaux marneux azoïques et à débris végétaux, intercalés entre les séquences supérieures de barres d'embouchure sont rapportés sous toute réserve à des dépôts de marais.

Ces barres d'embouchure de distributeurs témoignent d'une influence fluviale dominante à laquelle se superpose celle, plus modérée, de la houle.

La faune y est quasiment inexistante. Quelques petites Nummulites sont dispersées dans le sédiment. Les niveaux marneux entre les barres externes donnent une microfaune appauvrie par rapport à celle du prodelta : Nummulites, Operculines, Miliolidés, rares *Cibicides* et *Nonion*, et de très rares Ostracodes.

Le retour à la sédimentation prodeltaïque (marnes à Nummulites, Turritelles et *Pattalophyllia*) se marque par des silts gréseux à accumulations de débris coquilliers (Operculines, Nummulites, Huîtres, Echinides) et à graviers. Ces matériaux ont pu être transportés et redéposés par la houle à la surface de la barre (FONNESU, 1984).



33b : Faciès d'abandon. Calcaire à petites Nummulites, Operculines, Discocyclines. Microfaciès de l'échantillon 68 (X5).

Abandonment facies. Limestone with small Nummulites, Operculinas, Discocyclinids. Microfacies of the sample 68 (X5).



33a : Stratification entrecroisée en auge de grande échelle.

Large-scale trough cross-stratification.

Fig. 33 Séquence de barre d'embouchure. Marnes du Pech Redonel (c3).
Distributary mouth bar sequence.

a-2 - Une autre séquence de barre d'embouchure est visible dans les Marnes et Grès du Pech Redonai (c3 -fig. 5)

Elle diffère de la précédente (b1) par une épaisseur moindre et l'absence de niveaux à galets. Elle est surmontée par un calcaire à nombreux grands Foraminifères (fig. 33b)

Ce calcaire correspond à une diminution importante des apports détritiques. Il marque la fin du développement de la barre d'embouchure sur laquelle il s'est développé et annonce également le retour à une sédimentation marine plus profonde représentée par les marnes de prodelta sus-jacentes.

b - Sables en nappes du front de delta ("Delta front sheet sands")

Une partie des Silts et Grès du Devès (base et sommet de b3 - fig. 5 p. 28) correspondant à des bancs d'épaisseur variable et de granulométrie assez fine ne s'organise pas en séquences de faciès caractéristiques.

Il s'agit de silts et de grès fins à moyens, homogènes, en couche massives à minces (métriques à centimétriques).



Fig. 34. Silts et Grès du Devès - b3 (bord D 41).

Les débris végétaux y sont fréquents et la faune très rare (quelques petites Nummulites).

On n'observe aucune structure particulière mis à part de la stratification onduleuse et des rides de houle.

Des niveaux plus dynamiques peuvent s'observer :

- grès à laminations planes parallèles et rides de vagues (passage à des dépôts de plage) ;
- banc à très nombreuses Nummulites bien triées.

Les matériaux bien triés et propres proviennent vraisemblablement de l'attaque de corps silto-gréseux sous l'action de la houle et des tempêtes, et en partie directement des distributeurs. Ils sont resédimentés au niveau du front de delta sous forme de "nappes" sableuses inorganisées et très étalées (delta front sheet sandstones and siltstones de SUTTON et al., 1970 et sublittoral sheet sandstones de GOLDRING and BRIDGES, 1973). Ce phénomène de "nappage" de part et d'autre des zones distributrices contribue à l'arrasement partielle des barres d'embouchures et à l'aplanissement de la topographie du front de delta (MALDONADO, 1975).

c - Hauts-fonds (shoal)

Il s'agit de bancs métriques à plurimétriques, à base souvent nette, parfois érosive. Ils surmontent généralement une série marneuse.

Nous allons examiner successivement deux exemples de ces bancs pris dans les Marnes et Grès du Fournas.

- Le niveau 85 (au sommet de d3), essentiellement micritique, présente une stratification irrégulière et noduleuse (fig. 35a). Sa base se caractérise par des figures de charge. Il contient des Nummulites, des Operculines, des Miliolidés, des radioles d'Echinides et tubes d'Annélides (fig. 35b). Son sommet, plus silteux, a fourni des Spondyles et des Pectinidés.
- Le niveau 88 (au sommet de d4) est un banc de calcaire gréseux à base nettement plus érosive que le précédent (fig. 36). Aucune structure particulière n'y a été observée mis à part certains alignements d'organismes. Il renferme des Nummulites, Operculines, Alvéolines, Miliolidés, Discocyclines et des débris coquilliers (fig. 36b). Son sommet, plus silteux, a montré une faune plus abondante avec les mêmes Foraminifères que dans le banc lui-même et des Pectinidés, des Spondyles et des Crassatelles.

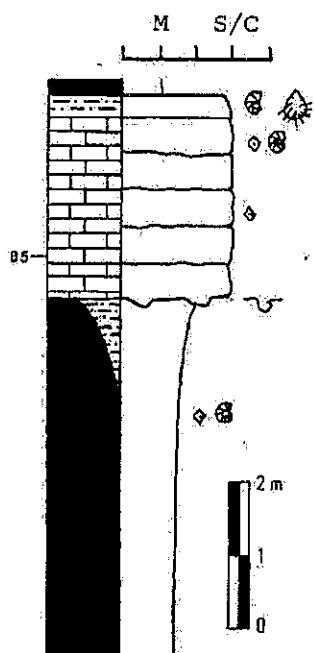
Le passage des marnes aux calcaires traduit l'interruption momentanée et locale de la sédimentation terrigène remplacée par une sédimentation carbonatée de haut-fond (shoal).

Ces séquences marnes-calcaires se répètent plusieurs fois dans le membre des Marnes et Grès du Fournas.



35b : Calcaire à petites Nummulites, Operculines
Miliolidés, Annélides. Microfaciès de l'é-
chantillon 85. (X5)

Limestone with small Nummulites, Operculi-
nas, Miliolids, Annelids. Microfacies of
sample 85.



35a

Fig. 35 Haut-fond carbonaté (shoal). - Marnes et Grès du Fournas (d3)

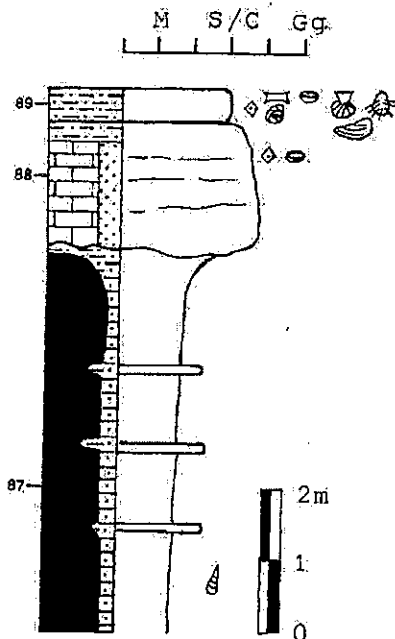


Fig. 36

Haut-fond (shoal)

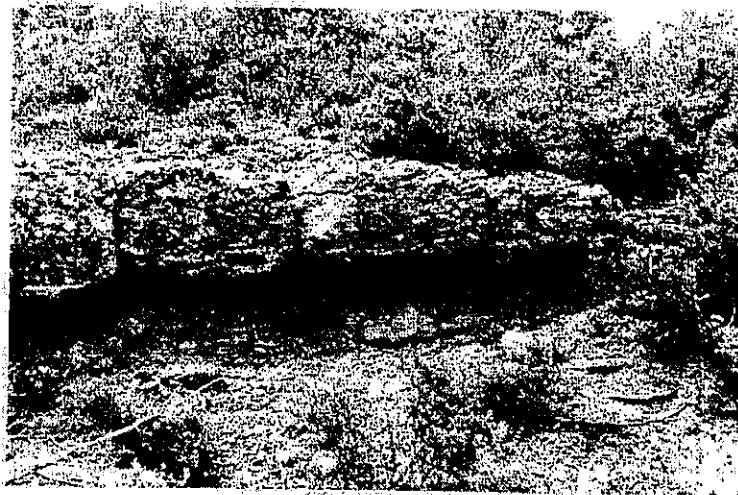
Marnes et Grès du

Fournas (d4) - Caunettes.



36b : Calcaire gréseux à petites Nummulites,
Operculines, Alvéolines, Miliolides.
Microfaciès de l'échantillon 88. (X5)

Sandy limestone with small Nummulites,
Operculinas, Alveolinids, Miliolids.
Microfacies of the sample 88. (X5)



36a : Banc calcaire-gréseux surmontant des
marnes à Turritelles (partie latérale
du niveau 88.

Sandy limestone bank overlaying Turri-
tella marls (lateral part of level 88).

Les corps ainsi édifiés ont été suivis sur 500 m environ ; ils montrent une légère diminution d'épaisseur de l'Ouest vers l'Est, pouvant suggérer une forme lenticulaire.

Le niveau 88 caractérisé par une base érosive, une granulométrie plus grossière et des alignements d'organismes devait être probablement moins protégé des apports terrigènes et soumis à l'action des processus marins (houle, courants littoraux).

d - Banc à Nummulites

Ce banc affleure au sommet de c1 (Marnes et Grès du Pech Redonel). Il s'agit d'un calcaire à Nummulites très abondantes : petites Nummulites et grandes Nummulites (*N. atacicus*).

Ce corps sédimentaire, à base et sommet net, est de petite taille. Il se suit sur environ 50 m et son épaisseur n'excède pas 1,50 m (elle a tendance à diminuer vers le Nord).

Le banc lui-même, constitué d'un calcaire gréseux à sa base devient plus micritique au sommet (fig. 37a et c) tandis que la proportion des grandes Nummulites augmente (fig. 37b). Il renferme en outre quelques Alvéolines, Operculines, et radioles d'Echinides.

Vers le sommet du banc, on observe des lentilles centimétriques de grès à laminations obliques de petite échelle.

En direction du SW, le banc à Nummulites passe à des calcaires de type récifal (cf. calcaire de plate-forme protégée des apports terrigènes p. 91) ; en direction du SE, à des calcaires silteux et silts à petites, grandes Nummulites et Ostréidés.

Le banc à Nummulites s'est édifié au-dessus de marnes silteuses (niv. 59) à faune très réduite : quelques Nummulites, Miliolidés et très rares Ostracodes indéterminables, surmontant elles-mêmes un complexe silto-gréseux (fig. 37).

L'abondance des Nummulites dans ce banc fait penser aux bioconstructions à Nummulites décrites par P. ARNI (1965), D. DECROUEZ et E. LANTERNO (1979) mais à une échelle plus réduite. Le banc de Caunettes témoigne d'une énergie importante. Il semble qu'il ait pu jouer le rôle de barrière, délimitant, vers l'arrière, une sédimentation de plate-forme protégée. Il a pu s'édifier sur un relief précédemment amorcé par la sédimentation du corps silto-gréseux sous-jacent soumis à l'action épisodique de la houle et des organismes fouisseurs (alternances de niveaux très bioturbés et de niveaux à lamines planes ou légèrement onduleuses, lamination oblique de petite échelle et débris végétaux-fig. 38).

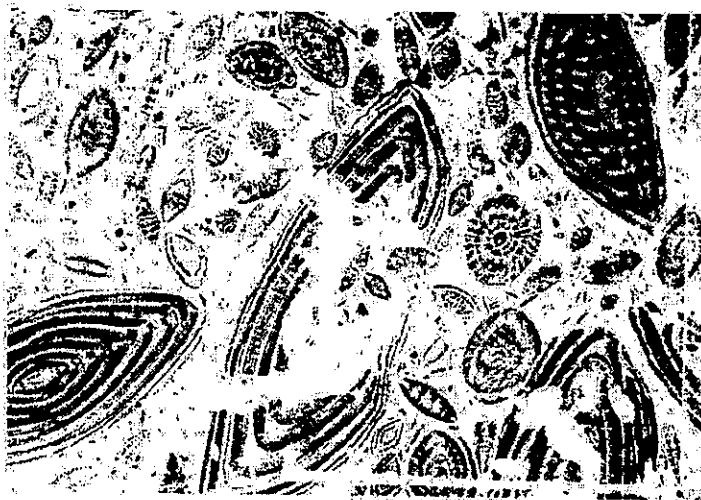
Fig. 37

Banc à Nummulites.

Marnes et Grès du

Pech Redonel (c1).

Nummulites bank.



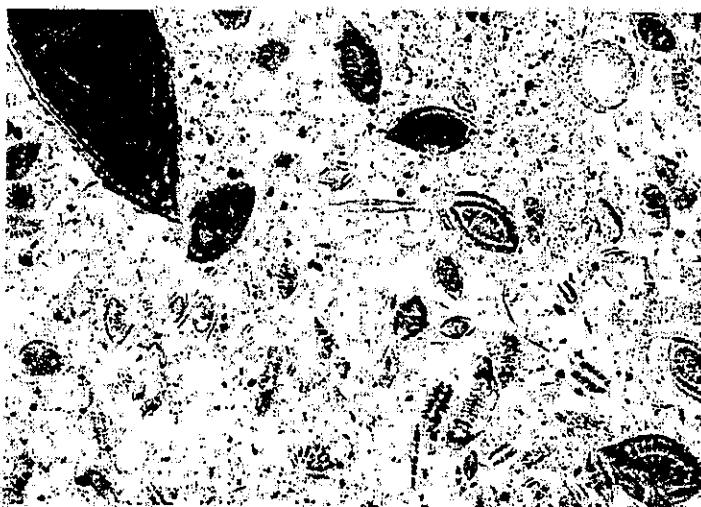
37c : Calcaire à petites et grandes Nummulites,
Operculines, rares Alvéolines. Microfaciès
de l'échantillon 61 - Sommet du banc à Num-
mulites. (X5)

Limestone with small and large Nummulites, Operculinas, scarce Alveolinids. Microfacies of the sample 61 - Top of the Nummulites bank.



37b : Sommet du banc à Nummulites.

Top of the Nummulites bank.



37a :

Calcaire gréseux à petites
et grandes Nummulites,
Operculines, rares Alvéo-
lines. Microfaciès de l'é-
chantillon 60 - Base du
banc à Nummulites. (X5)

Sandy limestone with small and large Nummulites, Operculinas, scarce Alveolinids. Microfacies of the sample 60, Base of the Nummulites bank.

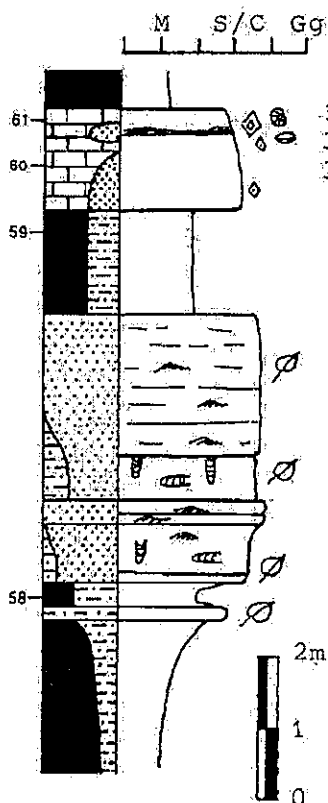




Fig. 38 Complexe silto-gréseux sous le
banc à Nummulites.

Marnes et Grès du Pech Redonel (cf
Alternating burrowed and laminated
beds (siltstones and sandstones)
"Marnes et Grès du Pech Redonel" (c

4 - LIMITE FRONT DE DELTA - PLAINE DELTAIQUE - ENVIRONNEMENTS LATERAUX

a - Dépôts de baie et de lagune

De même que H. LUTERBACHER (1970) et J. FERRER et al. (1973) dans le bassin de Tremp, nous n'avons pas toujours pu faire la distinction entre baies et lagunes. Le terme de baie est donc ici pris au sens large : baies interbras ou baies latérales protégées des apports terrigènes.

Dans ces dépôts de faible ou moyenne énergie, plusieurs faciès peuvent être distingués notamment par leur contenu faunistique.

a-1 - Marnes à Turritelles

De nombreux niveaux de marnes à Turritelles s'observent dans la coupe de Caunettes. Les Turritelles y sont souvent associées à d'autres organismes : Ostréidés, Coraux solitaires (voir paragraphe suivant), Operculines, Nummulites, Discocyclines.

Ces marnes renferment une microfaune plus réduite que les marnes à Turritelles *sensu stricto* décrites comme marnes de prodelta (paragraphe 2b).

Un exemple de la concentration de Turritelles que l'on observe parfois dans ces marnes est illustré par la fig. 39.



Fig. 39 Concentration de Turritelles et
Huitres plissées (*O. strictipli-*
cata) - Niv. 62 -

Marnes du Pech Redonel (c2).

Turritella and *Ostrea strictipli-*
cata accumulation - level 62 -

"Marnes du Pech Redonel" (c2).

a-2 - Marnes à Coraux solitaires

Elles sont très riches en Coraux solitaires : (planche-photo 1)

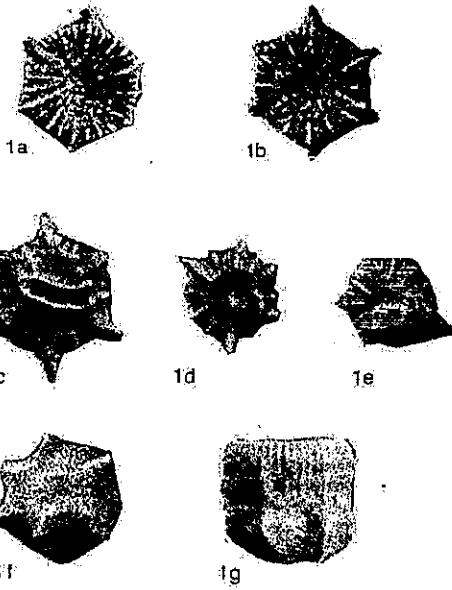
- *Aplocyathus perarmatus* (Tallavignes in ROUAULT) 1848
- *Flabellum* sp.
- *Diplohelix* sp.

Ces marnes s'observent dans les Marnes du Pech Redonel (niveau 52), elles contiennent aussi Turritelles, Serpulidés, Térébratules, Gastéropodes divers, Crassatelles, Spondyles, dents de poisson. Riches en macrofaune, elles renferment aussi une microfaune abondante.

Les marnes à Coraux solitaires semblent s'être déposées à la fois à l'abri d'apports terrigènes importants et en relation avec des dépôts plus profonds (présence de Térébratules, dents de poissons), probablement dans une baie ouverte vers le large.

PLANCHE-PHOTO I

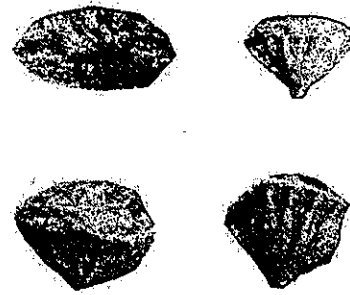
- 1- Aplocyathus perarmatus (Tallavignes in ROUAULT) - X 1,6
Niveaux 47 et 52 : Caunettes-Maironnes.
1a et 1b : calice
1c, 1d et 1e : mode de fixation - sur Annélides (1c)
- sur Operculines (1d)
- sur Gastéropodes (*Mesalia* - 1e)
- parfois sur Huîtres ou sur un autre
polyptier
1f et 1g : exemplaires très hauts et développés (nouvelle variété ?)
- 2- Flabellum sp. - X 1,6. Niveau 52 : Caunettes-Maironnes.
- 3- Diplohelix sp. avec Bryozoaires et naissain d'Huîtres encroûtants -
X 1. Niveau 52 : Caunettes-Maironnes.
- 4- Petrophylliella sp. - X 1,5. Equivalent latéral du niveau 86 :
Caunettes-Maironnes.
- 5- Bryozoaires indéterminés en association avec Petrophylliella sp.
X 1,5.
- 6- Pattalophyllia sp. - X 1,1. Niveau 62 : Caunettes-Maironnes.
- 7- Nicaeotrochus bilobatus (Michelin) - X 1,1. Niveau 9 : Coustouge-
Jonquières et niveau 50 : Caunettes-Maironnes.
Nouveau genre décrit par S. BARTA-CALMUS (B.S.G.F. à paraître).



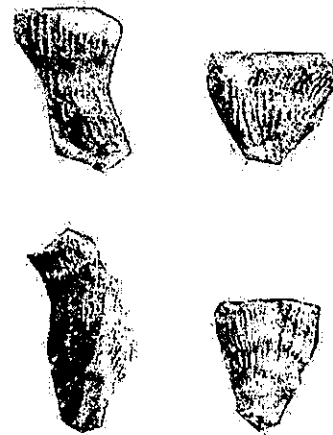
1 *Aplocyathus perarmatus*



3 *Diplohelix* sp.



2 *Flabellum* sp.



4 *Petrophylliella* sp.



5 *Bryozoaires indéterminés*



6 *Pattalophyllia* sp.



7 *Nicaeotrochus bilobatus*

Il est à remarquer que :

- ces dépôts sont associés aux bancs à Spondyles décrits plus loin ;
- les Coraux solitaires se rencontrent également :
 - . au niveau 47 (*Aplocyathus perarmatus*)
 - . au niveau 62 (*Pattalophyllia*)

a-3 - Couches à Spondyles

Ces couches pluridécimétriques constituées de calcaires marneux ou silteux sont en contact progressif avec les marnes qui les encadrent.

Les couches à Spondyles se rencontrent dans la mégaséquence supérieure, à la base des Marnes du Pêch Redonel (c1) et en moindre importance dans les Marnes et Grès du Fournas.

Du point de vue faunistique, elles ressemblent beaucoup à celles décrites par P.A.M. GAEMERS (1978) dans le bassin de Tresp.

Outre de nombreux Spondyles, elles contiennent des Pectinidés, des Chamidés, des Ostréidés, des Crassatellidés, des débris d'Echinides, des Bryozoaires, des Operculines et Nummulites et plus rarement des Térébratules, des Cypraeidés.

Les deux couches à Spondyles (fig. 40) sont intercalées entre des marnes à Turritelles, des marnes à Discocyclines et des marnes à Coraux solitaires qui renferment une microfaune riche et abondante (notamment des Foraminifères planctoniques).

Elles sont généralement interprétées comme un environnement relativement protégé des apports détritiques grossiers : lagon protégé par des cordons littoraux (LUTERBACHER, 1970 ; FERRER et al. 1973).

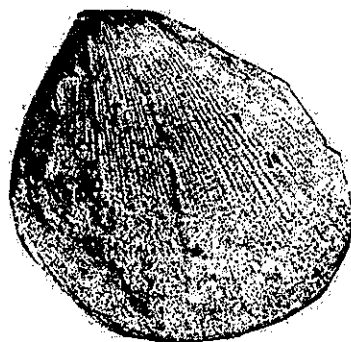
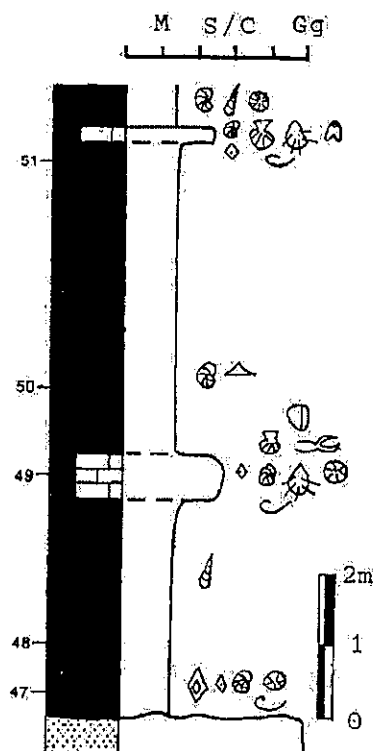
Il semble cependant, par leur position dans les séquences, que leur milieu de vie soit plus profond conformément à l'interprétation de P.A.M. GAEMERS (1978).

Il peut s'agir d'un environnement de baie ouverte vers la plateforme et installé pendant une phase d'abandon des apports terrigènes. P.A.M. GAEMERS (1978) pensait que ces bancs à Spondyles formaient un faciès de transition entre des calcaires peu profonds et des marnes plus profondes.

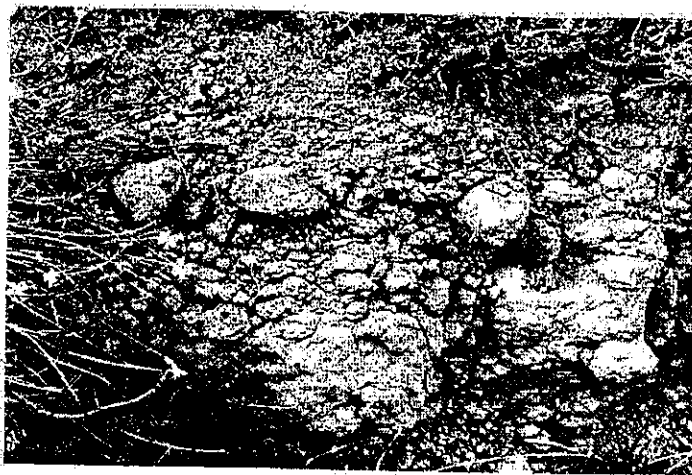
a-4 - Couches à Lucines (*Lucina corbarica* LEYMERIE)

A Caunettes, une seule couche à Lucines a été observée ; elle se situe dans les Silts et Grès du Devès (b3).

Le niveau de calcaire silteux, noduleux, pluridécimétrique, renferme des Lucines en position de vie associées à des Polypiers solitaires, des Crassatelles et des Nummulites.



40b : *Spondylus* sp. (x 0,7) - niveau 49.



40a : Aspect de la couche à Spondyles. (niveau 49). Noter les passages progressifs du banc aux marnes sous et susjacentes.

Spondylus bed (level 49). note the gradual transition with underlying and overlying marls.

Fig. 40 Couches à Spondyles - Marnes et Grès du Pech Redonel (c1).
Spondylus beds - "Marnes et Grès du Pech Redonel" (c1).

Il est encadré par des silts bioturbés à débris végétaux et pauvres en faune.

Selon H. LUTERBACHER (1970), les couches à Lucines se développent dans des lagunes ; pour P.A.M. GAEMERS (1978), il s'agirait d'environnements marins peu profonds et protégés, de salinité normale.

Nous déduisons de leur contexte sédimentologique et paléontologique que ces couches ne peuvent être interprétées comme d'environnements lagunaires mais plutôt comme des baies peu profondes. Ceci sera confirmé par l'étude des couches à Lucines de la coupe de Coustouge.

a-5 - Calcaires de plate-forme protégée (des apports terrigènes)

On observe au sommet des Silts et Grès du Devès (niveau 45-b3) une couche épaisse (70 cm) de calcaire micritique noduleux.

Ces calcaires sont riches en Polypiers coloniaux, en Algues rouges et contiennent plus rarement des Alvéolines, des grandes et petite Nummulites, des Miliolidés et des Ostréidés (fig. 41).



Fig. 41 Calcaire à Polypiers coloniaux, Nummulites, Miliolidés, rares Alvéolines, Annélides, débris d'Echinides, Algues vertes (échantillon 45 - x 5)

Silts et Grès du Devès (b3).

Limestone with colonial Corals, Nummulites, Miliolids, scarce Alveolinids, Annelidas, Echinoid remains, green Alga (sample 45 x 5).

Ces bancs à caractère récifal peuvent s'instaurer dans un environnement de plate-forme interne, protégé des apports terrigènes, peu profond et bien éclairé.

Des calcaires récifaux du même type ont été observés au sommet de c1 (Marnes et Grès du Pech Redonel), latéralement au banc à Nummulites décrit précédemment (fig. 42). Ces calcaires récifaux pourraient correspondre à ceux très épais qui forment le relief du Roc du Causse (NW de Maironnes).

Leurs variations d'épaisseur, leur dispersion, permet de penser à des récifs isolés sur la plate-forme ("patch reefs" - WELLS, 1957).



Fig. 42 Calcaires récifaux (x 5). Equivalent latéral du banc à Nummulites (sommet de c1) - Marnes et Grès du Pech Redonel.
Reefal limestones (x 5). Laterally with regard to Nummulites bank (top of c1) - "Marnes et Grès du Pech Redonel".

a-6 - Marnes à tendances lagunaires

Des dépôts à tendances lagunaires ont pu être observés à trois reprises dans la coupe de Caunettes ; ils se distinguent par leur contenu faunistique :

- niveau 94 (sommet des Marnes et Grès du Fournas -d6) : il s'agit de marnes ou marnes silteuses contenant essentiellement des Cérithidés associés à de rares Foraminifères tels que Nummulites,

Miliolidés et *Cibicides*. Elles assurent le passage à la sédimentation continentale sus-jacente.

- Niveaux 91, 93 (Marnes et Grès du Fournas -d5) : Les marnes ne renferment pas de Cérithidés. La microfaune est un peu plus riche : Nummulites, *Cibicides*, et Ostracodes à affinités lagunaires (*Cythereidae*).
- Niveau 34 (Silt et Grès du Devès -b3) : Les marnes silteuses ont fourni une microfaune réduite : petites Nummulites, Rotallidés, et formes agglutinées (*Ammobaculites*) ainsi que de rares Ostracodes à affinités lagunaires.

b - Dépôts de tempêtes ou de crue

Ce faciès, constitué de grès fins, se présente sous forme de couches continues n'excédant pas 20 cm d'épaisseur (fig. 43). Elles peuvent s'observer, en intercalation dans les Marnes et Grès du Fournas (d5).

Ces niveaux gréseux se caractérisent par une base nette moulante, un contact sommital tranché et par la présence de terriers d'échappement. A leur sommet, les nodules ou croûtes ferrugineuses, les débris végétaux et la bioturbation sont fréquentes.

Ils sont interprétés soit comme des dépôts de tempête (storm beach) soit comme des dépôts de crue se mettant en place dans une baie ou une lagune.

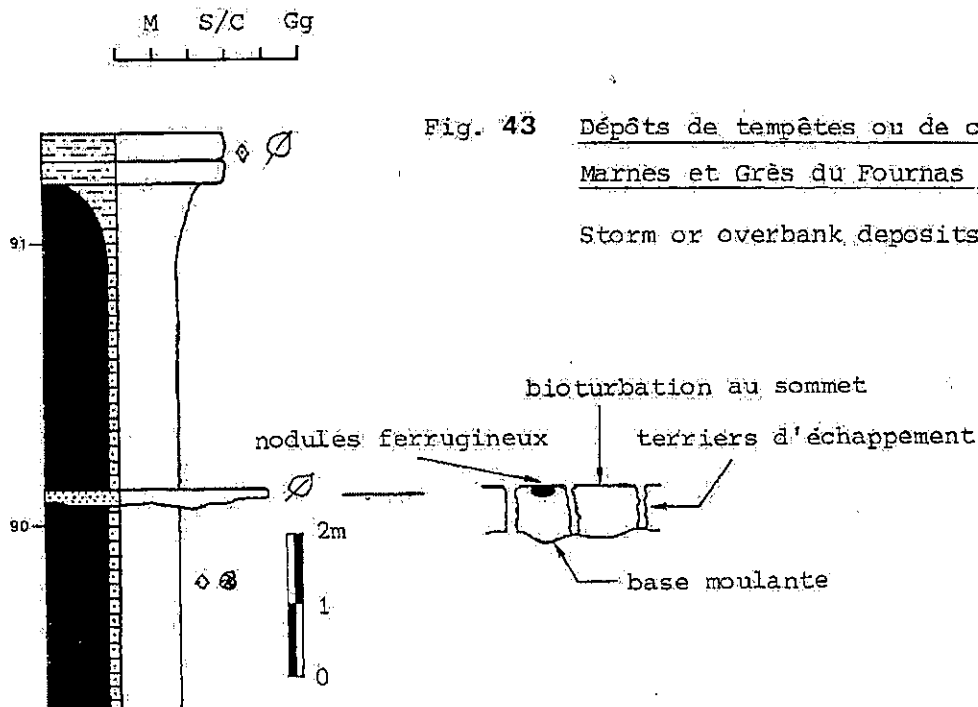


Fig. 43 Dépôts de tempêtes ou de crue
Marnes et Grès du Fournas (d5).

Storm or overbank deposits.

c - Séquence de plage

A Caunettes, nous n'avons pas observé de séquence typique de plage. Cependant plusieurs niveaux de la coupe pourraient être rapprochés de ce type de séquence. C'est le cas dans les Silt et Grès du Devès (b3 - fig. 44 et 45), et dans les Marnes et Grès du Fournas, avant les premières chenalisations (fig. 46).

D'une manière générale, ces dépôts sont constitués de grès moyens à rides de vagues et à lamines planes parallèles ou d'angle très faible.

Aucune faune n'y a été observée ; ils n'ont livré que de rares débris végétaux.

Ces dépôts caractérisent le shoreface.

Dans les Marnes et Grès du Fournas, sous les grès à rides et lamines planes parallèles, s'observent des marnes silteuses bioturbées à lamination ondulée. Ces marnes renferment une microfaune peu diversifiée : Nummulites, Miliolidés, et Ostracodes à affinités lagunaires.

Les éventuels paléosols qui se rencontrent fréquemment au sommet des séquences types de plage n'ont pu être observés (couverture végétale).

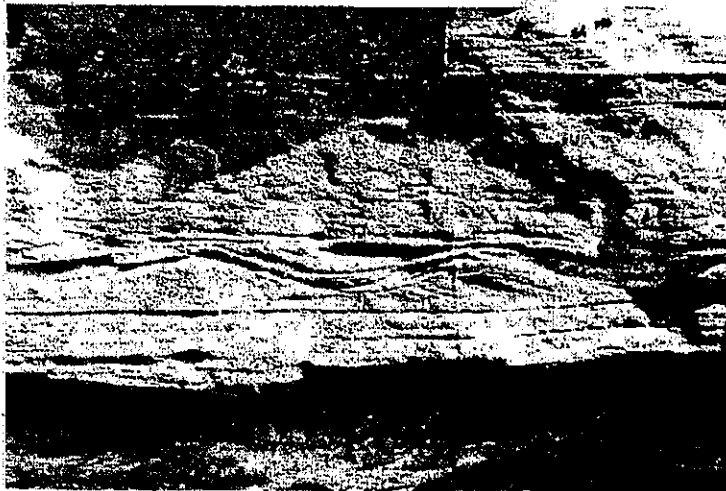


Fig. 44

Fig. 45



Fig. 44 et 45 : Laminations planes parallèles et rides de vagues.

Silts et Grès du Devès (b3).

Planar parallel laminations and wave ripples.
"Silts et Grès du Devès" (b3).

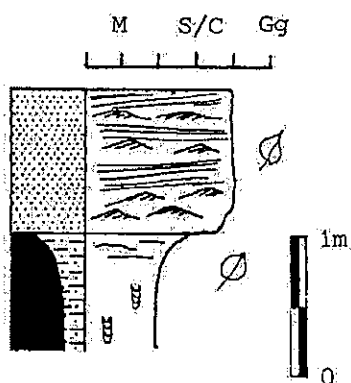


Fig. 46

Séquence de plage.

Marnes et Grès du Fournas (d5).

Beach sequence.

"Marnes et Grès du Fournas" (d5).

II - LES SEQUENCES ET ASSOCIATIONS DE FACIES OBSERVEES A COUSTOUGE

1 - LA MEGASEQUENCE TRANSGRESSIVE DU CALCAIRE MARIN BASAL

Le Calcaire marin basal de Coustouge s'organise en deux séquences de 5 et 10 m d'épaisseur. Chacune d'entre elles comprend un terme inférieur constitué d'une alternance rythmique de marnes et de silts gréseux, et d'un terme supérieur carbonaté (fig. 47).

- Les marnes renferment des Lamellibranches (*Cardium quadratum*, DONCIEUX et *Meretrix*) et des Gastéropodes (*Cerithium*, *Dilwynella corbarica*, DONCIEUX). Le niveau 3 a fourni une microflore importante à *Ovulites margaritula* (Udotacée - fig. 47b) et de la microfaune.
- Les silts gréseux en couches centimétriques, à base et sommet nets renferment parfois des Ostréidés. Leur surface supérieure peut être bioturbée et légèrement ferrugineuse.
- Les calcaires, en bancs métriques diffèrent légèrement :
 - . le banc inférieur, microsparitique a fourni des Miliolidés très nombreux, des Orbitolites et des Alvéolines (fig. 47a) ;
 - . le banc supérieur, sparitique contient de nombreux Miliolidés et débris de Gastéropodes en voie d'oolithisation (cortex généralement peu épais - fig. 47c). Une surface durcie limite son sommet.

Les différents faciès décrits ci-dessus illustrent le caractère transgressif des deux séquences, depuis des dépôts médiolittoraux à infralittoraux.

En effet, de milieux lagunaires, (marnes à Cérithes) envahis épisodiquement par des décharges de matériel détritique (silts à huîtres), nous passons à une plate-forme carbonatée.

Le banc calcaire supérieur, témoignant d'une énergie moyenne à élevée pourrait correspondre à un début de formation de cordon littoral.

De même qu'à Caunettes, le Calcaire marin basal de Coustouge assure le passage progressif de la sédimentation continentale sparnacienne (lacustre) à la sédimentation marine ilerdienne.

2 - PLATE-FORME LITTORALE A PRODELTA / FRONT DE DELTA

a - Marnes de plate-forme

Il n'existe pas de marnes typiques du prodelta à Coustouge sauf peut-être à la base des Marnes inférieures à Turritelles qui n'a pu être étudiée (marnes à *Operculina ammona* et *O. subgranulosa*).

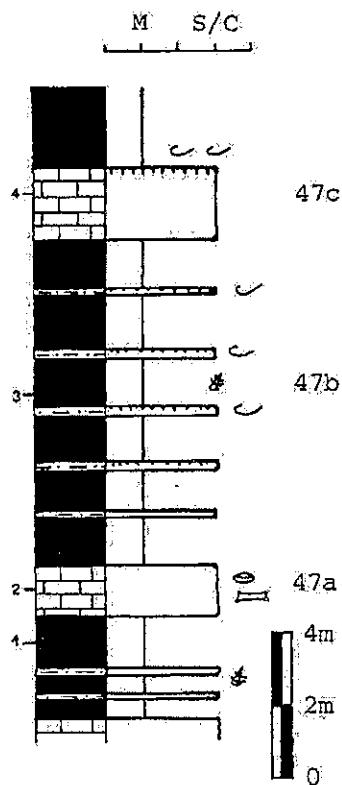
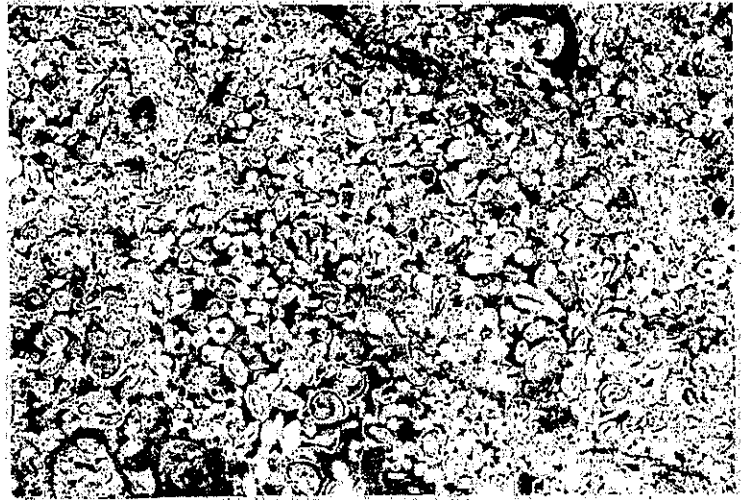


Fig. 47

Mégaséquence transgressive
du Calcaire marin basal de
Coustouge. (ruisseau du
Boucha - NE Coustouge).

Transgressive megasequence
of the "Calcaire marin
basal" - Coustouge.



47c : Oobiosparite à Miliolidés, débris de
Gastéropodes et Lamellibranches.
Microfaciès de l'échantillon 4 (X6).

Oobiosparite with Miliolids, Mollusca
remains. Microfacies of the sample 4
(X6).



47b : *Ovulites margaritula*
(niveau 3). X 52



47a : Biomicrosparite à Miliolidés, Orbitolites,
Alvéolines, Textulariids.
Microfaciès de l'échantillon 1 (X5).

Biomicrosparite with Miliolids, Orbitolites
Alveolinids, Textulariids.
Microfacies of the sample 1 (X5).

Les marnes des niveaux 84 à 89 (Marnes supérieures à Turritelles-c6) sont celles qui s'en rapprochent le plus. Ce sont des marnes à Turritelles et Nummulites accompagnées de niveaux plus silteux contenant un peu de macrofaune : Ostréidés, Crassatellidés. Elles ont fourni une association microfaunistique plus pauvre et moins diversifiée que celle des Marnes à Turritelles et Operculines de Caunettes. La présence des Globigerinacés dans ces niveaux peut simplement indiquer qu'il s'agit de marnes de plate-forme littorale soumise à l'influence d'une mer ouverte.

b - Sables en nappes (sheet sands)

Plusieurs niveaux pourraient correspondre à des dépôts de sables en nappes (sheet sands : déjà évoqués pour la coupe de Caunettes) notamment dans les Silts et Grès du Pech des Fourches (b3) et des Croisettes (d3 à d5).

Il s'agit de bancs de grès (grès fins à moyens), métriques, sans organisation ni structure particulière mis à part de la stratification onduleuse. Ils renferment parfois des débris coquilliers (macrofaune et tests de Foraminifères).

Ce type de dépôt est interprété dans la littérature en "delta front sheet sands" (SUTTON et al., 1970) - sub-deltas de crevasse ("Sheet sands" de ELLIOT et MUTTI). Ce sont des matériaux provenant de la destruction de barres ou bien directement des chenaux ; ils sont resédimentés sous forme d'épandages sableux inorganisés bien triés, soumis à l'action de la houle.

Remarque : Dans les Silts et Grès des Croisettes (d1 à d4), certains bancs de grès (grès fins bien triés), décimétriques à métriques, se caractérisent par la présence de figures de charge (load casts - fig. 48a et b) ou des structures de "ball an pillows" (fig. 49). Leur base et leur sommet sont nets. Ils renferment quelques débris végétaux et de rares organismes. La microfaune des marnes dans lesquelles ils sont intercalés est réduite ou absente (dépôts de baies interbras ou de lagunes). Ces bancs résultent de dépôts occasionnels de grès au sein de marnes peu profondes. Il semble que ce type de dépôts, lié à une sédimentation rapide, soit dû à des phénomènes exceptionnels (tempêtes, séismes, ... REINECK and SINGH, 1973). Les déformations hydroplastiques ont été interprétées par J.C. PLAZIAT (1984) comme résultant de séismes locaux.

c - Bancs à Nummulites

A Coustouge, les bancs à Nummulites affleurent au Sud de la route, dans les Marnes supérieures à Turritelles (c4). Ils forment deux corps allongés et lenticulaires, à base et toit nets, superposés et séparés par des marnes (fig. 50).

Ils sont très peu épais (1,50 m d'épaisseur maximum) et étalés (60 m pour le premier, 120 m pour le second.).

Ce sont des calcaires (packstone à grainstone) très riches en Nummulites dont *N. atacicus*.

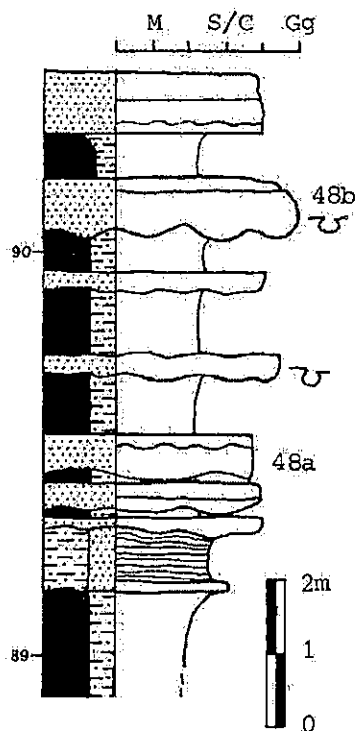


Fig. 48

Grès fins à figures de charge. Silts et Grès des Croisettes (d1).

Fine Sands with load casts.



48b

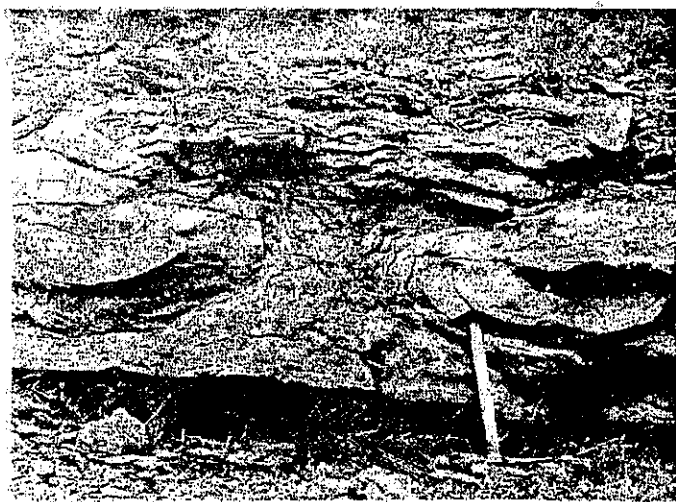


48a

Fig. 49

Banc de grès à "ball and pillow structures".
Silts et Grès des Croisettes (d4).

Ball and pillow structures in a sandy bed.



- Le 1er banc renferme des petites et des grandes Nummulites, des Miliolidés, de rares Alvéolines, des Discocyclines ainsi que des Ostréidés, des Polypiers et quelques Algues rouges (fig. 50c et d).
- Le 2ème banc contient une proportion plus importante de grandes Nummulites, ces dernières s'accumulent au sommet du banc (fig. 50f). On y trouve la même faune que dans le 1er banc avec plus d'Ostréidés et de Polypiers ainsi que des Crassatelles.
- Entre les 2 bancs, les marnes sont riches en Nummulites, en Polypiers, et en débris coquilliers (Ostréidés en majeure partie). Elles renferment en outre quelques Assilines, Discocyclines, Operculines, de nombreux petits Foraminifères et une macrofaune variée : *Clavilithes*, *Mesalia*, *Cardita*, *Corbula*, Bryozoaires.
- Les deux bancs sont encadrés par des marnes :
 - à la base, les marnes renferment surtout des Coraux solitaires ou coloniaux, quelques Turritelles, de rares *Libinia* et une microfaune peu abondante ;
 - au sommet, les marnes ont fourni des Nummulites grandes et petites, des Discocyclines, quelques Assilines. Des Turritelles et Pectinidés y ont été récoltés.
- Latéralement, en direction du Nord, cet ensemble s'envoie dans des marnes à Turritelles, *Mesalia*, petites et grandes Nummulites et Discocyclines.

De tels bancs, d'extension plus importante, ont été décrits par P. ARNI (1965), D. DECROUEZ et E. LANTERNO (1979). D'après ces auteurs, ces bancs, limités à des bandes relativement étroites, se sont édifiés sur des plates-formes peu profondes, présentant des conditions favorables à la vie des Nummulites. Développés en eaux plus profondes que les récifs coralliens, ils jouent un rôle identique à ceux-ci avec, de part et d'autre : des faciès d'avant-banc influencés par la mer ouverte et des faciès d'arrière-banc à influences lagunaires.

Nous n'avons pas observé de dépôts d'arrière banc soit par manque d'affleurements, soit parce que la période d'existence de ces bancs a été trop brève pour que de tels dépôts se développent.

Les faciès d'avant-banc seraient représentés par les marnes à Turritelles et Discocyclines dans lesquelles on retrouve les mêmes Nummulites que dans le banc, en moindre quantité.

Les Nummulites ont certainement joué le rôle d'organismes constructeurs : l'accumulation de tests en place, sans trace de transport, associés à des Polypiers et des Algues rouges, de même que la géométrie des corps, confirment cette hypothèse.

Les bancs à Nummulites de Coustouge diffèrent cependant de ceux décrits dans la littérature par la présence d'au moins deux espèces de Nummulites, ils ne sont pas monospécifiques.



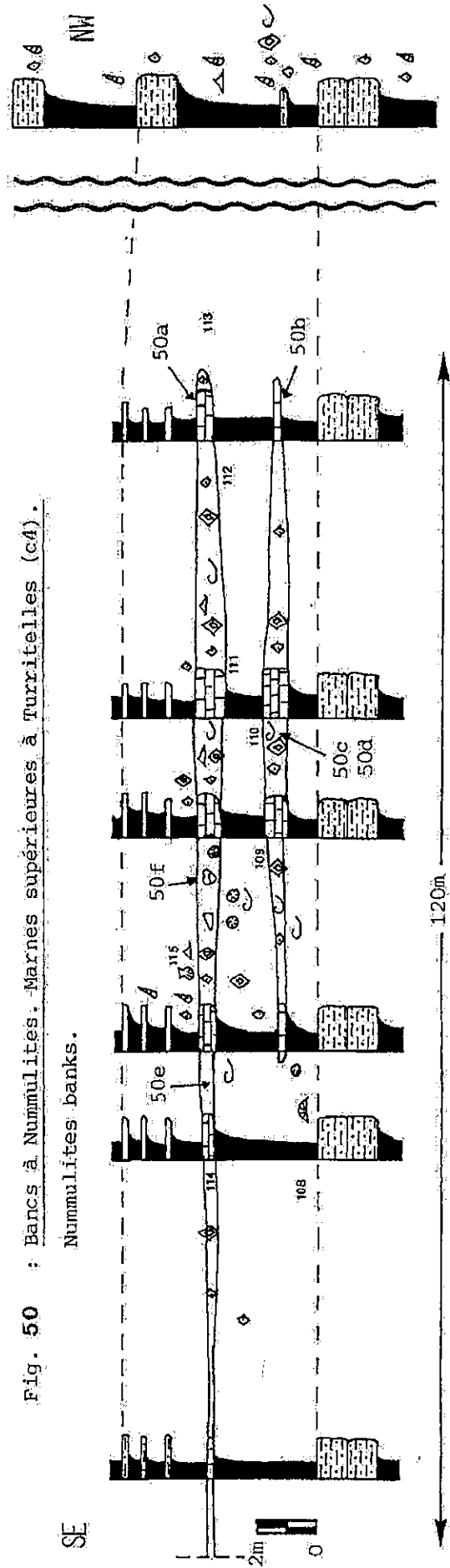
50a Aspect du premier banc à Nummulites.
Aspect of the first Nummulites bank.



50b Aspect du deuxième banc à Nummulites.
Aspect of the second Nummulites bank.

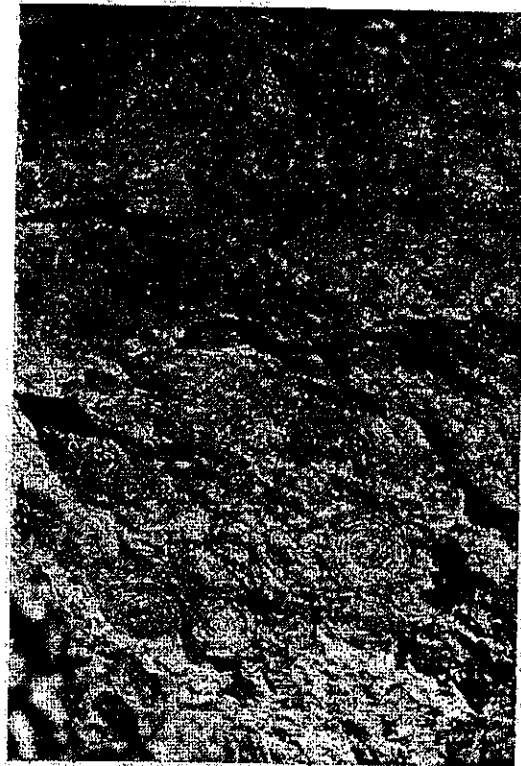
Fig. 50 : Bancs à Nummulites. Marnes supérieures à Turritelles (c4).

Nummulites banks.





50c et d : Mudstones à petites Nummulites, Discocyclines et Polypiers. (Echantillon 110) (x5)
Nummulitid, Discocyclinid and Coral mudstone (sample 110) (x5).



50e : Détail du deuxième banc à Nummulites.
Detail of the second Nummulites bank.



50f : Accumulation de *Nummulites atacicus* au sommet du deuxième banc.
N. atacicus accumulation at the top of the second bank.

3 - BAIES ET LAGUNES

Pratiquement tous les niveaux marneux rencontrés à Coustouge correspondent à des dépôts de plate-forme littorale, de baie (baie pris au sens large comme à Caunettes) et de lagune.

Les dépôts de baie à Coustouge se distinguent de ceux de Caunettes par une microfaune moins abondante et moins diversifiée. La macrofaune par contre, y est généralement plus riche.

a - Marnes à Turritelles

Il s'agit de marnes à intercalations silteuses centimétriques à métriques, caractérisées par l'omniprésence des Turritelles.

En fonction de la faune associée, il a été possible de distinguer :

a-1 - Marnes à Turritelles et niveaux de Coraux coloniaux (Marnes inférieures à Turritelles -a)

Dans ces marnes, les Turritelles se concentrent dans des lits considérés comme des "intercalations allochtones" par J.C. PLAZIAT (1984). Comme le signale cet auteur, une orientation préférentielle des Turritelles (N NE - S SW) indique l'influence de la houle provoquant le remaniement des coquilles. Ceci témoigne d'une profondeur relativement faible.

Par contre, les Coraux coloniaux (*Goniaraea elegans*) toujours brisés, semblent avoir subi un certain transport. Selon PLAZIAT (1984), leur biotope serait à rechercher plus au Sud.

Les associations micropaléontologiques ultérieurement décrites (chap. IV) confirment la faible profondeur et la proximité de la côte.

a-2 - Marnes à Turritelles et Nummulites

- Silts et Grès du Pech des Fourches (base de b4) : Dans ces marnes, les Turritelles sont associées à des petites et grandes Nummulites (*N. ataticus*), et à une riche macrofaune : Ostréidés, Chamidés, Ampullines, *Cardita*, *Meretrix*, *Bittium* et en moindre quantité : Polypiers, *Clavilithes*, *Volutilithes*, *Rimella*, ...

Le contenu micropaléontologique de ces niveaux s'accorde avec le caractère littoral de la macrofaune.

- Marnes supérieures à Turritelles (c2 à c5 - fig. 51 et 52) : Les Turritelles sont associées à de nombreux grands Foraminifères : Nummulites (grandes et petites), Operculines, Assilines, Discocyclines.

La macrofaune y est très abondante : *Clavilithes*, *Volutilithes*, *Mesalia*, *Ampullina*, *Cardita*, *Libitina*, *Corbula*, Ostréidés, et en moindre proportion *Rimella*, *Nucula*, *Meretrix*, Coraux branchus ou solitaires pour ne citer que les plus courants.

Ce sont parmi les marnes à Turritelles, les niveaux qui ont fourni la microfaune la plus abondante, évoquant une bathymétrie un peu plus importante.

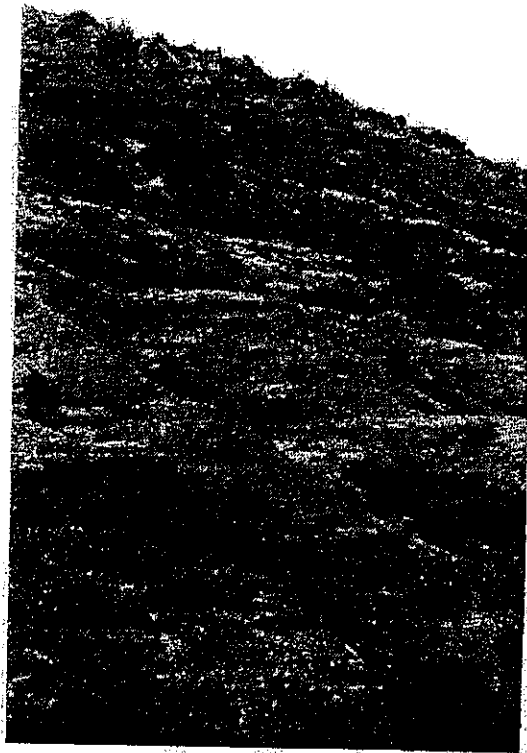


Fig. 51

Marnes à Turritelles et Nummulites

Marnes supérieures à Turritelles (c4).

Turritella and Nummulites marls.

Fig. 52

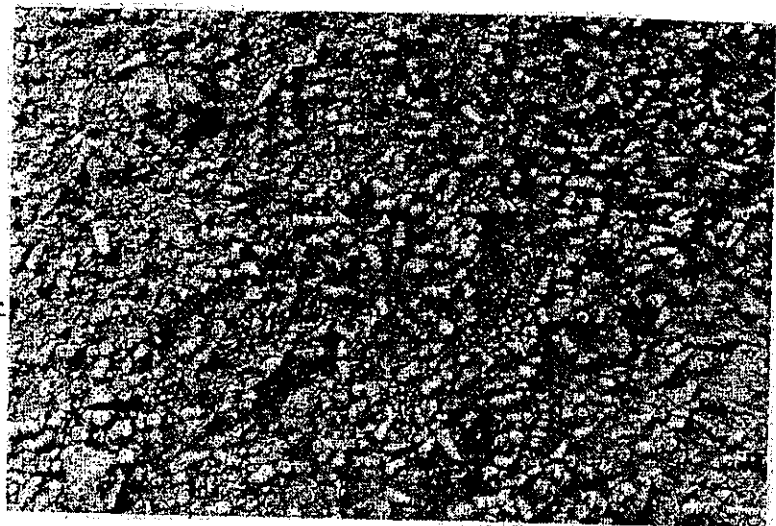
Concentration de

Turritelles (*T. figulina*

CAREZ) - Marnes supé-

rieures à Turritelles (c4).

Turritella accumulation.



b - Marnes à *Pattalophyllia*

Elles sont représentées dans les Silts et Grès du Pech des Fourches (b2 - fig. 53).

La macrofaune y est moins abondante que dans les marnes à Coraux solitaires de Caunettes. Elles contiennent essentiellement des *Pattalophylloides* (planche photo 1 p. 87) associés à des *Turritelles*, *Mesalia*, *Clavilithes*, *Ampullina*, *Rimella*, *Cardita*, *Chama*, *Crassatella*, *Meretrix*, *Ostréidés*.

La microfaune est pratiquement identique à celle des marnes à *Turritelles*.

De par leur contenu faunistique, les marnes à *Pattalophyllia* semblent moins protégées des apports terrigènes que celles à Coraux solitaires de Caunettes ; l'influence de la mer ouverte est moins marquée.

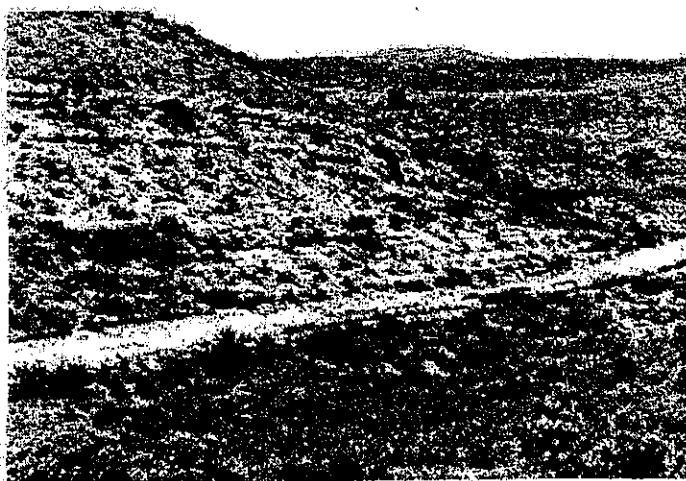


Fig. 53 Marnes à *Pattalophyllia*. Silts et Grès du Pech des Fourches (b2).
Pattalophyllia shales.

c - Couches à Lucines

A Coustouge, nous avons observé plusieurs couches à Lucines :

- Dans les Silts et Grès du Pech des Fourches (b1), une couche à Lucines de 20 cm d'épaisseur, surmonte un corps sableux. Constituée d'un calcaire noduleux, elle renferme outre des Lucines, en position de vie, des Crassatelles et de très rares Alvéolines et Miliolidés.
- Dans le même membre (b5), deux couches marno-silteuses d'environ 50 cm d'épaisseur renferment des Lucines en position de vie (fig. 54 et 55). Elles contiennent en outre des Nummulites (grandes et petites) et quelques Gastéropodes et Lamelliibranches.

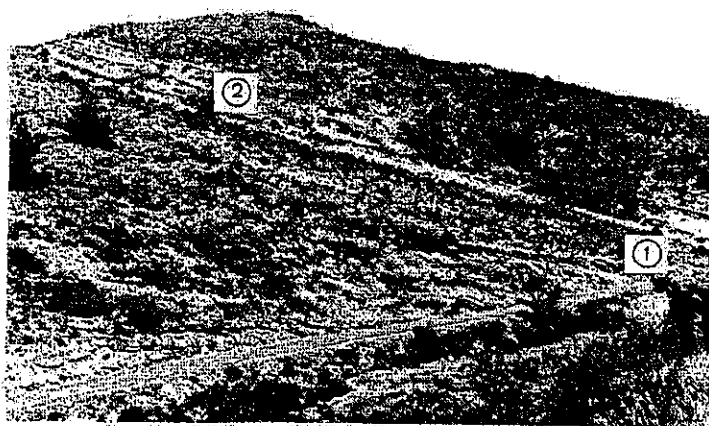


Fig. 54 ① Niveaux à *A. corbarica* ② Niveaux à Lucines
 A. corbarica levels *Lucina* beds

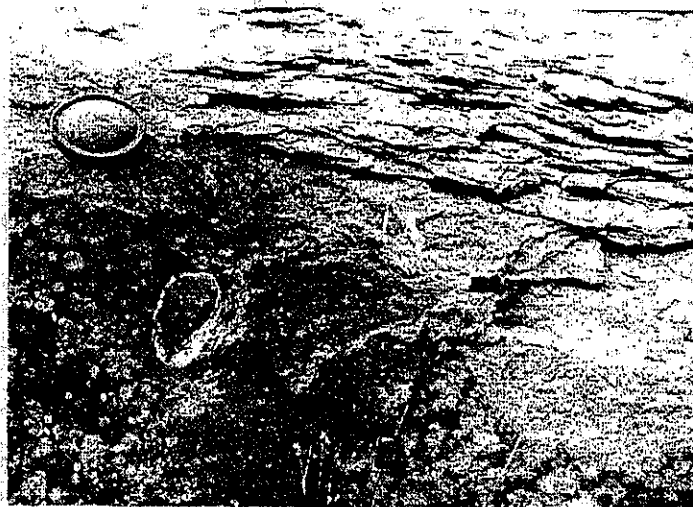
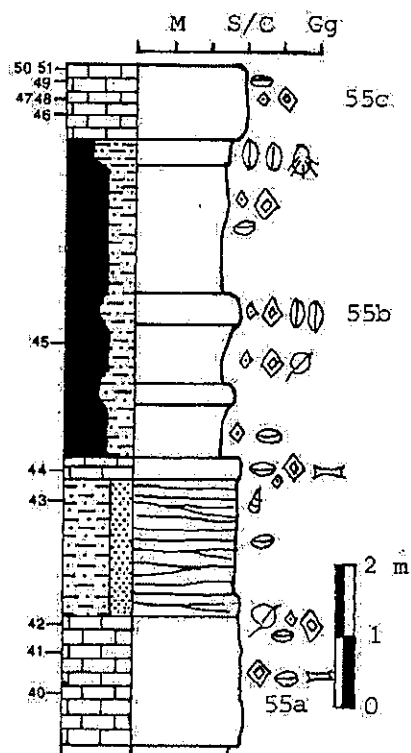
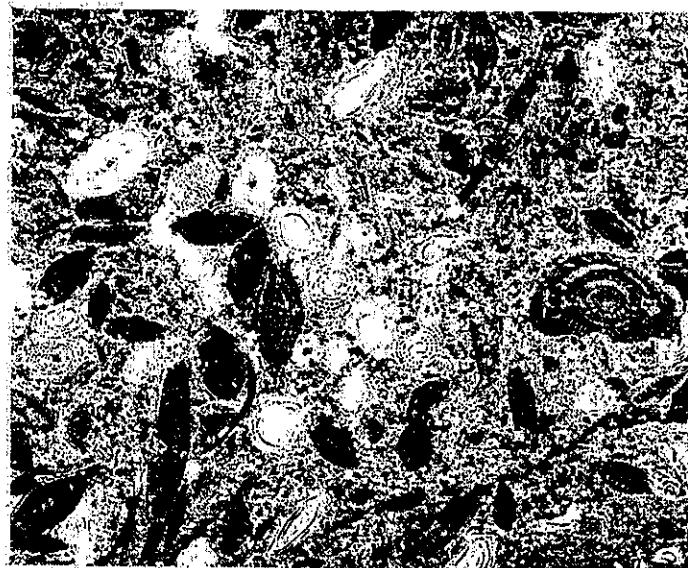
Silts et Grès du Pech des Fourches (b5).

Les couches à Lucines succèdent à des calcaires à Alvéolines (niveaux à *A. corbarica*) et sont interprétées, comme ces derniers, en dépôts de baie plus ou moins protégée des apports terrigènes.

Remarque : Nous n'avons pas à Coustouge de couches à Spondyles comme à Caunettes, mais plusieurs spécimens ont été récoltés, notamment dans les couches à Lucines.

55c : Calcaire gréseux à petites Nummulites, Operculines, Alvéolines et Miliolidés. Microfaciès de l'échantillon 49. (X5)

Sandy limestone with small Nummulites, Operculinas, Alveolinids and Miliolids. Microfacies of the sample 49. (X5)



55b : Couche à Lucines en position de vie.
Lucina bed (in living position).

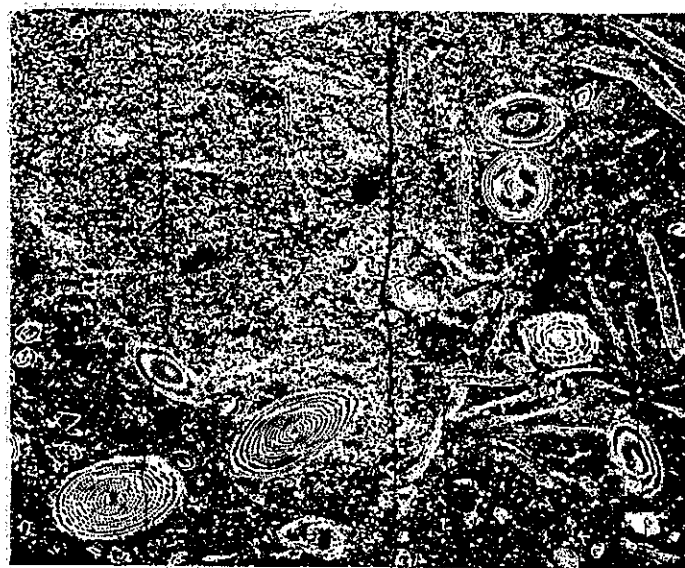
Fig. 55

Dépôts de baie. Niveaux à *Alveolina corbarica* et couches à Lucines. Silt et Grès du Pech des Fourches (b5).

Bay deposits. *A. corbarica* levels and *Lucina* beds.

55a : Calcaire gréseux riches en Alvéolines, Orbitolites, Miliolidés. Microfaciès de l'éch. 40 (X5)

Sandy limestone rich in Alveolinids, Orbitolites, Miliolids. Microfacies of the sample 40. (X5)



d - Calcaires de plate-forme protégée

Dans les Silts et Grès du Pech des Fourches (b3 niveau 30), on observe des bancs de calcaires noduleux à Alvéolines, Orbitolites, Miliolidés, Nummulites et Algues vertes (fig. 56 et 57). Ils renferment aussi quelques Lucines.

Ayant certainement subi une bioturbation importante, ces calcaires sont interprétés en dépôts de baie ou de plate-forme protégée des influx terrigènes et des processus hydrodynamiques marins.

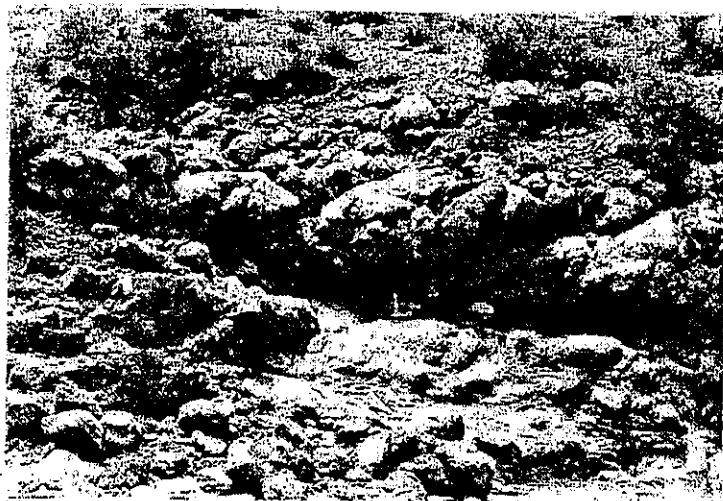


Fig. 56

Calcaire noduleux de plate-
forme protégée. Silts et Grès
du Pech des Fourches (b3 -
niveau 30).

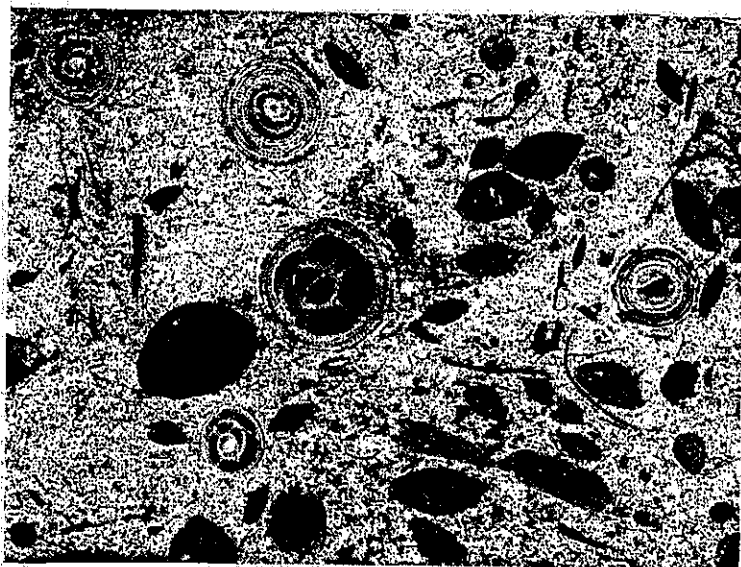
Protected platform nodular
limestone.

Fig. 57

Calcaire silteux à Miliolidés,
petites Nummulites et nombreu-
ses Alvéolines. Microfaciès
de l'échantillon 30 (x 5).

Silts et Grès du Pech des
Fourches (b3).

Silty limestone with Miliolids,
small Nummulites and numerous
Alveolinids. Microfacies of
the sample 30 (x 5).



e - Calcaires à Alvéolines

- Les calcaires gréseux des niveaux à *A. corbata* (niveaux 40, 42 et 44) se situent sous les couches à Lucines (fig. 55).

Riches en Alvéolines, Orbitolites, Miliolidés, ces calcaires renferment aussi quelques Nummulites, radioles d'Echinides, Algues vertes et débris coquilliers (fig. 55a).

Ces calcaires sont interprétés comme des dépôts de baie non protégée.

- D'autres calcaires gréseux s'observent au-dessus des couches à Lucines (niveaux 46 à 51). Ils contiennent une microfaune abondante de grands Foraminifères (Nummulites, Assilines, Alvéolines, Orbitolites, Miliolidés) et des débris coquilliers. (fig. 55c).

Ces organismes sont souvent déformés ou brisés et semblent avoir subi un certain transport.

La taille des grains est supérieure à celle des niveaux précédents.

Bien qu'ils soient d'énergie plus élevée que les précédents, ces calcaires ne peuvent être rapportés de façon certaine à des dépôts de plage (skeletal beach) ou de cordon littoral (LUTERBACHER, 1970 ; FERRER et al. 1973) du fait de l'absence de structures sédimentaires visibles.

f - Marnes à tendances lagunaires

Plusieurs niveaux de la coupe de Coustouge montrent des tendances lagunaires :

- Niveaux 57 et 58 (Silt et Grès du Pech des Fourches - fig. 58)

Ce sont des marnes contenant une macrofaune importante : Natices, Ampullines, Batillaires, Potamides, Chamas, Ostréidés, et en moindre quantité Turritelles, *Cardita*, *Crassatella*, *Clavilithes*.

De même, la microfaune est abondante : elle comprend des Nummulites, Assilines, Miliolidés, quelques *Cibicides* et de nombreux Discorbidés.

Ces marnes ont fourni des Ostracodes à affinités lagunaires.

Ces niveaux sont surmontés par un banc lenticulaire, métrique, de grès mal triés (grès grossiers, silts, copeaux d'argile, graviers). Sa base est peu érosive et son sommet fortement ferruginisé (fig. 58b). Le banc ne présente pas de granoclassement mais s'organise en séquences de couches homogènes surmontées de lits à lamines planes parallèles.

Des terriers, des nodules ferrugineux, de nombreux débris coquilliers (surtout des débris d'Ostréidés) et des fruits de *Nypa* y ont été observés (fig. 58a).

Ce corps lenticulaire reposant sur des marnes à tendances lagunaires, pourrait correspondre à un chenal de marée.

La présence des fruits et de pollens du palmier *Nypa* déjà révélée par J.C. PLAZIAT, suggère l'existence d'une paléomangrove. Ce sont cependant les seuls critères d'identification pour cet environnement ayant pu être observés sur cette coupe (PLAZIAT, 1973, 1975 ; PLAZIAT et al. 1983).

58c : Marnes à tendances
lagunaires et chenal de
marée (?). Vue d'ensemble.

Lagunal deposits and
tidal channel (?).
General view.

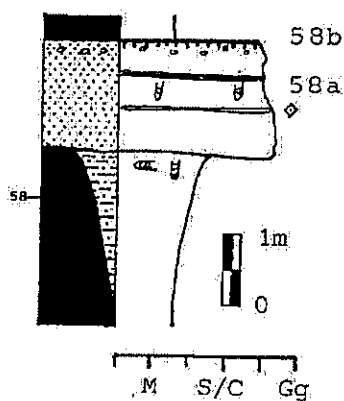


Fig. 58

Marnes à tendances lagu-
naires. Silts et Grès du
Pech des Fourches (b9).

Lagunal deposits.

58b : surface supérieure du banc.
Noter l'importante ferruginisation,
les débris de bois, de Gastéropodes
et de Lamellibranches.

Ferruginous surface with Mollusca
and wood remains.

58a : Sections de fruits de
Nypa.
Nypa cross-section.



- Niveau 59 (Silts et Grès du Pêch des Fourches - b10)

Le prélèvement effectué n'a fourni aucun Foraminifère et de très rares Ostracodes. Par contre, il renferme des concrétions centimétriques de Gypse (5 cm de diamètre environ).

Des nodules de gypse dispersés ont été signalés par GUNSTER (1971) dans des marnes lagunaires de la formation de Perrarúa (Espagne). Ils peuvent indiquer des conditions de marais maritimes.

Les marnes lagunaires précédentes sont couronnées par un ensemble gréseux très localisé et peu épais (2 m).

Il s'agit d'un ensemble de couches (grès fins à moyens) d'environ 25 cm d'épaisseur chacune intercalées de lits argileux centimétriques (fig. 59).

La structure interne consiste en mégarides (parfois sigmoïdes - fig. 59b) à galets mous, graviers et surfaces taraudées. Une bioturbation importante affecte parfois les interlits argileux (fig. 59a).

Dans cet ensemble argilo-gréseux, les stratifications obliques de petite échelle (rides de vagues) sont fréquentes.

On peut penser qu'il s'agit d'arrivées épisodiques de matériel plus grossier dans une lagune soumise à l'influence de la houle et de la marée. Les couches gréseuses et les interlits argileux correspondent respectivement à des phases de haute énergie liées à la migration de mégarides et à des phases d'énergie faible à nulle permettant une colonisation par les organismes fouisseurs.

- Niveaux 101, 105 à 107 (Silts et Grès des Croisettes - d3 à d5)

Ces niveaux peu riches en microfaune pourraient représenter des dépôts de baie à tendances lagunaires.

- Niveau 108 (Silts et Grès des Croisettes - d6)

Il ne renferme que des Cérithidés (*Tympanotonus*). Aucune microfaune n'y a été observée.

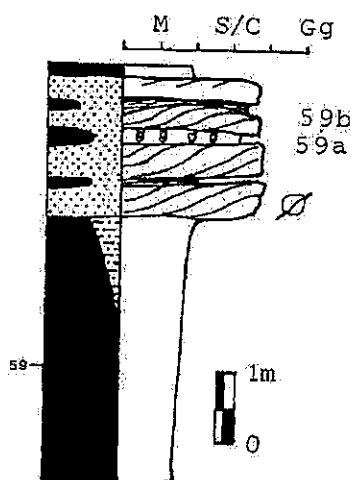
4 - CHENAUX DISTRIBUTEURS DISTAUX

La barre gréseuse qui constitue l'unité d2 (Silts et Grès des Croisettes) affleure sur 500 m environ au Sud de la route et se poursuit au Nord de celle-ci. Son épaisseur est d'environ 15 m.

La base se marque par un niveau de grès à galets ou de micro-conglomérats (petits galets de 2 cm maximum) inorganisés et à débris végétaux. Ce niveau de base est légèrement érosif au-dessus de silts bioturbés (fig. 61) et passe progressivement à des bancs gréseux (grès moyens à fins).



59c : Vue d'ensemble. General view.



59b : Grès à mégarides. Megaripples.

Fig.59

Marnes à tendances
lagunaires. Silts
et Grès du Pech des
Fourches (b10).

Lagunal deposits.



59a : Niveaux argileux à bioturbation
intense.

Deeply burrowed clays.

Ces derniers sont soit massifs et lenticulaires (fig. 60), soit à stratification oblique tabulaire ou en auge (fig. 61b et c).



Fig. 60. Grès massif en banc lenticulaire. Silts et Grès des Croisettes (d2).

Lenticulary and massive sandstones.

Le sommet de la barre est constitué de grès fins et de silts bioturbés, à stratification onduleuse.

La faune est très pauvre puisque seuls quelques Nummulites et Milliolidés sont présents à la base dans les grès grossiers.

Les faciès s'organisent en séquences grano et stratodécroissantes caractéristiques de remplissage de chenal. La barre est constituée d'un ensemble de séquences élémentaires se relayant à la fois horizontalement et verticalement.

Le matériel peu grossier, la base peu érosive et la présence occasionnelle de faune marine sont autant de caractères qui permettent de penser à des chenaux distributeurs distaux (plaine deltaïque inférieure). Les chenaux sont orientés S-N.

A son sommet, cet ensemble passe progressivement à des bancs pluridécimétriques de grès et calcaires gréseux alternant avec des marnes gréseuses (fig. 62b).

61b et c : Stratification oblique en auge.

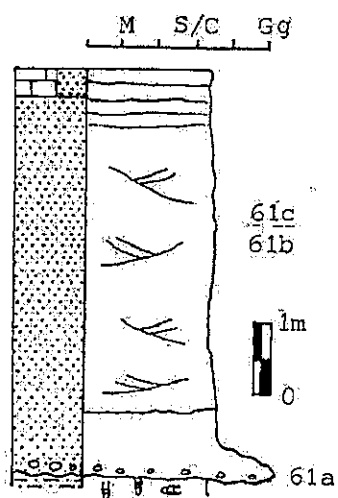
Trough cross-bedding.

Fig. 61

Chenaux distributaires distaux.
Silts et Grès des Croisettes (d2).

Distal distributary channels.

61c



61b

61a : Noter la base peu érosive
au-dessus des silts
bioturbés.

Weakly erosional base
upon burrowed silts.



62c : Calcaire gréseux à Nummulites, Alvéolines, Orbitolites, Miliolidés. (échantillon 93). (X5)

Sandy limestone with Nummulites, Alveolinids, Orbitolites, Miliolids. (sample 93). (X5)

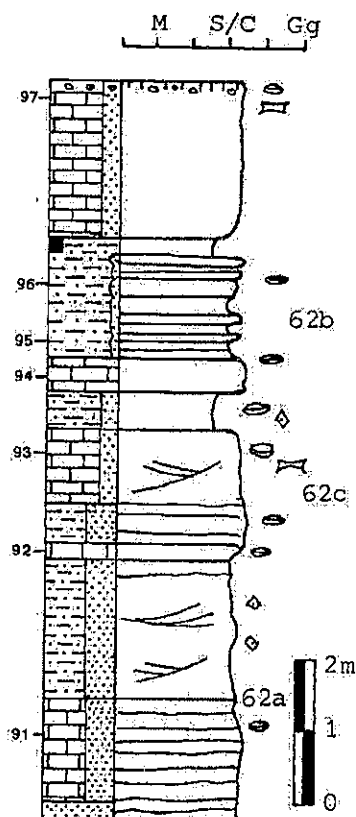
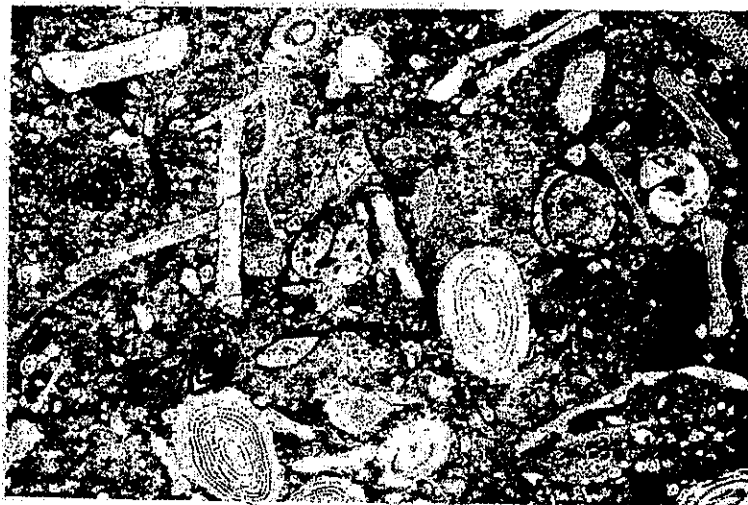


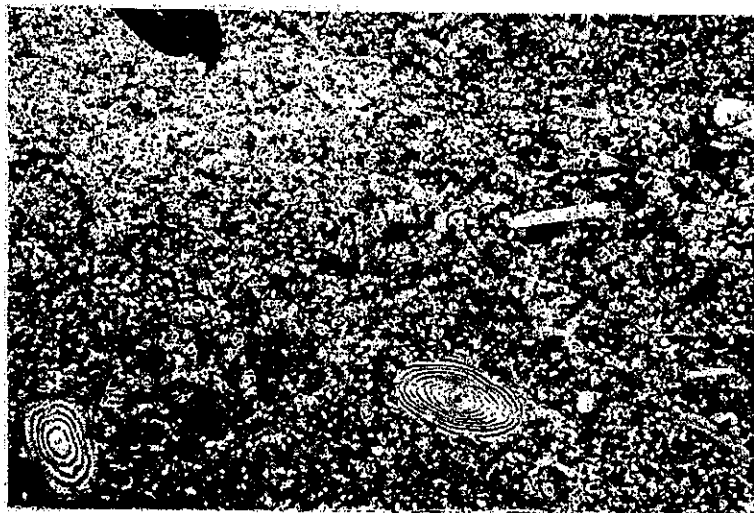
Fig. 62

Partie supérieure des chenaux distaux. Silts et Grès des Croisettes (d2). Bord D323.

Upper part of distal channels.



62b : Vue d'ensemble. General view.



62a : Grès calcaireux à nombreux Miliolidés, rares Alvéolines et Orbitolites (éch. 91) (X5)

Calcareous sandstone with numerous Miliolids, scarce Alveolinids and Orbitolites (sample 91). (X5)

La microfaune fournie par les bancs gréseux est essentiellement marine : Alvéolines, Orbitolites, Miliolidés, Nummulites, rares Operculines (fig. 62a et c). Celle des marnes, également marine, est très appauvrie (niv. 95). Les organismes souvent déformés et brisés sont certainement transportés.

Ces dépôts sommitaux peuvent correspondre à une phase d'abandon des chenaux dans laquelle les apports détritiques sont moins abondants et moins grossiers. L'augmentation de la proportion des carbonates et la présence de la microfaune marine témoignent de leur dépôt au sein d'une baie interbras.

5 - DÉPÔTS DE TEMPÊTES.

Au sommet de b8 (Silts et Grès du Pech des Fourches), on observe une barre gréseuse d'extension limitée (50 m maximum) et de 3 m d'épaisseur environ (fig. 63).

Il s'agit de grès fins dont la structure interne est variée : stratification oblique plane d'angle faible, litage oblique en mamelons d'échelle métrique (hummocky cross stratification), rides de vagues (wavy ripples), "flaser bedding", et lamines planes parallèles de petite échelle (fig. 63 a et b).

La base de ce corps gréseux est nette, son sommet passe à un grès grossier mal trié à nombreux débris coquilliers et graviers.

Les différentes structures observées permettent d'interpréter ces dépôts comme une barre gréseuse construite par la houle et les tempêtes (HARMS et al. 1975 ; WALKER, 1984) au sein d'un environnement peu profond.

Les Silts et Grès du Pech des Fourches (b6) présentent un niveau peu épais (40 cm) dont l'organisation interne montre de la base au sommet :

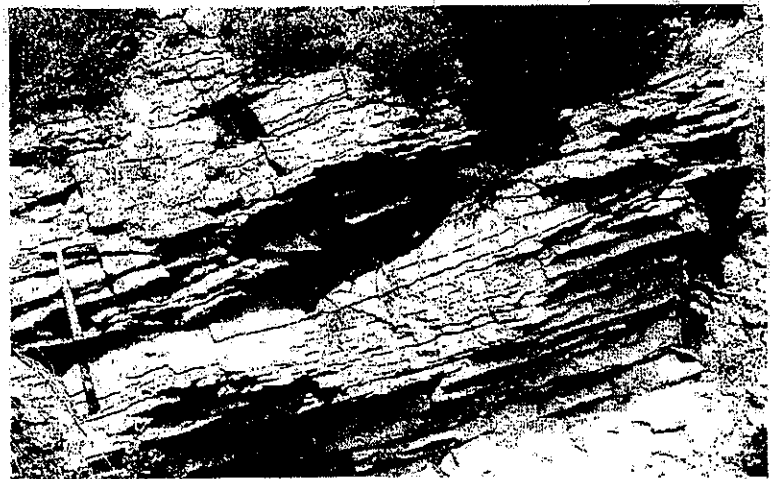
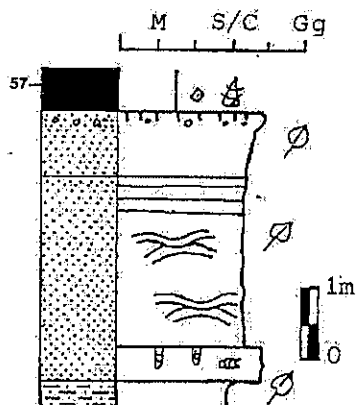
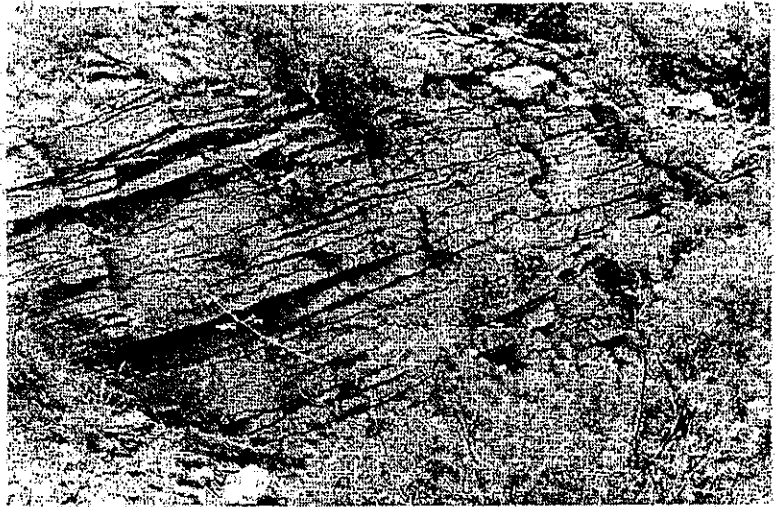
- une base plus ou moins érosive ;
- des grès grossiers à nombreux débris coquilliers (25 cm) ;
- des grès fins à lamines planes parallèles (10 cm) puis à rides de vagues au sommet (5 cm).

Le granoclassement normal, le contact de base érosif et l'évolution des structures correspondent bien aux caractères décrits par AIGNER (1982, fig. 64).

Ces dépôts seront interprétés comme J.C. PLAZIAT (1984) en dépôts de tempêtes.

63c : Vue d'ensemble de la barre gréseuse.

General view.



63b : Noter la stratification onduleuse et le litage en mamelons.

Hummocky cross-stratification.

Fig. 63

Dépôts de tempêtes. Silts et Grès du Pech des Fourches (b8).

Storm deposits.



63a : Rides de vagues et flaser bedding.

Wavy ripples and flaser bedding.

IDEAL TEMPESTITE-SEQUENCE + HYDRODYNAMIC INTERPRETATION

BEDFORMS	FLOW REGIME	SEDIMENT. RATE
pelitic division	LAMINAR FLOW	very low
wave ripples	LOWER REGIME	moderate-low
plane lamination	UPPER FLOW REGIME	high
graded bedding	redemption of suspended detritus	very high
erosional contact	storm erosion	
pelitic background sedimentation		very low

The idealised tempestite sequence corresponds closely to the BOUMA-sequence, except for the wave-rippled top. Since plane lamination in most cases passes gradually into wave-ripple lamination, wave-ripples belong to the complete tempestite sequence and are not due to a subsequent phase of reworking

Fig. 64 Dépôts de tempêtes (AIGNER, 1982).

III - EVOLUTION SEDIMENTAIRE

Les figures 65 et 66 montrent l'organisation des séquences et associations de faciès décrites pour les deux coupes.

L'évolution sédimentaire se caractérise par la nature cyclique des dépôts : séquences locales et répétées de progradation (off lap) et de transgression (on lap). Ces cycles sont liés à la subsidence, aux variations du niveau marin, à la progradation, à l'occupation et à l'abandon des zones distributrices, à la compaction et aux processus hydrodynamiques.

Au-dessus du Calcaire marin basal l'évolution sédimentaire de Coustouge et de Caunettes correspond à une évolution globale régressive. A partir de ces deux coupes, on peut établir deux séquences virtuelles qui correspondent aux zones "distributrices"* et aux zones interbras avec leurs environnements latéraux.

a - Zones "distributrices" (fig. 67)

Les dépôts les plus profonds correspondent aux marnes du prodelta. En période d'activité, se construisent sur le front de delta des corps sableux à caractère de barres (barres d'embouchures - coarsening upward).

A la limite du front de delta et de la plaine deltaïque (plaine deltaïque inférieure), s'édifient des corps sableux à caractère chenalisant (chenaux distaux - fining upward).

Lorsque la progradation est supérieure à la subsidence et/ou la compaction moins importante dans les sables que dans les marnes avoisinantes il se produit un épaissement local des dépôts pouvant entraîner l'abandon du distributeur. Cet abandon de distributeur ou l'arrêt momentané des apports se marque :

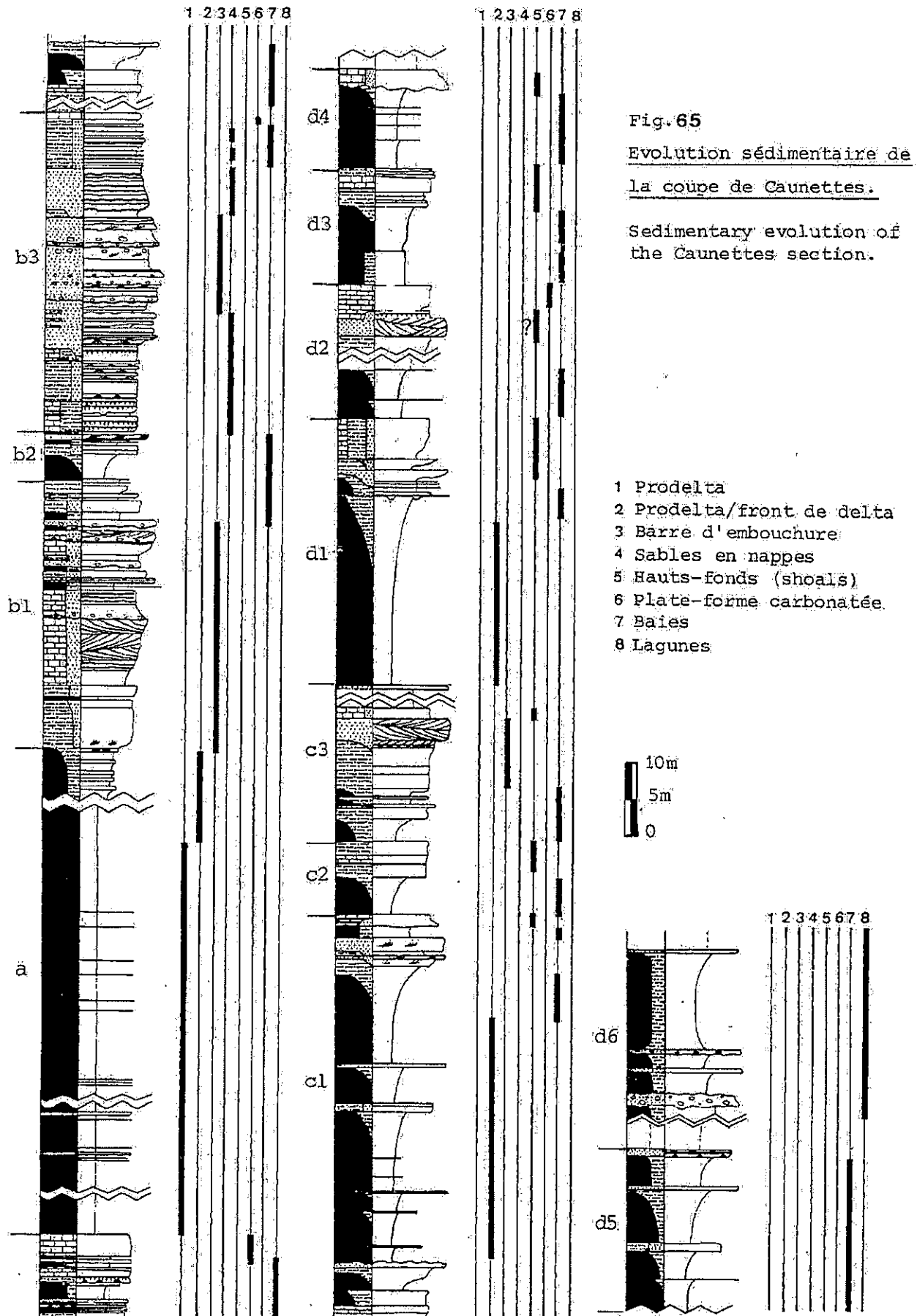
- soit par la destruction des corps sableux sous l'action de la houle et par la résédimentation des sables en nappes (delta -front sheet sands) ;
- soit par une sédimentation protégée, à tendance carbonatée. Dans ce cas, la sédimentation devient alors celle d'une zone interbras.

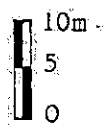
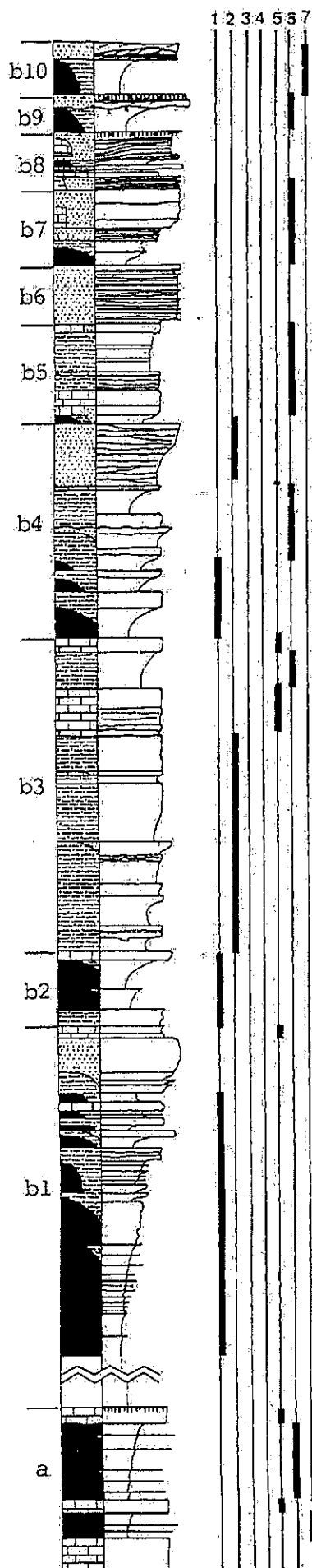
b - Zones interbras (fig. 67)

A la sédimentation marneuse de baies interbras plus ou moins protégées des apports terrigènes et plus ou moins ouvertes vers le large, s'ajoutent :

- des dépôts de haut-fond (shoal)
- des dépôts de plate-forme protégée (bioconstruits ou non)
- des dépôts lagunaires.

(*) distributrice est ici employé avec des guillemets car il n'a pas été observé de distributeurs typiques caractérisés par une chenalisation importante et une granulométrie grossière.



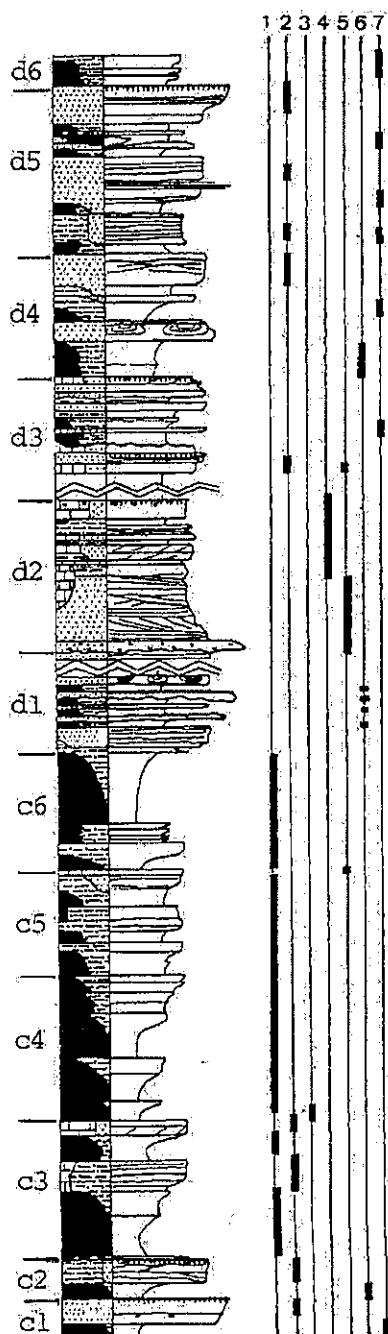


- 1 Plate-forme littorale
- 2 {Sables en nappes (sheet sands)
Cordons littoraux
- 3 Bancs à Nummulites
- 4 Chenaux distaux
- 5 Plate-forme protégée
- 6 Baies
- 7 Lagunes
- * Dépôts de tempêtes

Fig.66

Evolution sédimentaire de
la coupé de Coustouge.

Sedimentary evolution of
the coustouge section.



Cette sédimentation peut être perturbée par des dépôts de tempêtes plus ou moins énergétiques.

En résumé : Les dépôts observés dans les coupes de Caunettes et de Coustouge se caractérisent par :

- la présence d'apports détritiques (silts à grès moyens, plus rarement grès grossiers, galets) ;
- des séquences souvent granocroissantes ;
- l'accumulation de corps sableux au niveau de chenaux distributaires distaux et de barres d'embouchures dont le sommet peut être remanié par la houle ;
- la création de corps sableux : dépôts de tempêtes, sables en nappes, cordons littoraux ? isolant des domaines protégés ;
- le développement de nombreuses baies à vie intense et à l'abri des apports fluviaux ;
- la redistribution partielle par les vagues des terrigènes qui modère la progradation de l'appareil deltaïque.

Le complexe deltaïque concerné subit donc principalement une influence fluviale et l'influence des vagues. Ce type de delta à action de vagues et action fluviale combinée correspond au type II de READING (1978) dont on peut citer plusieurs exemples actuels : Danube, Ebre, Nil, Rhône, Pô.

L'influence de la marée ne paraît pas prédominante ici, cependant son rôle n'est pas à exclure totalement puisque les faciès qui conservent le mieux les structures de marée (faciès de plaine deltaïque) sont pratiquement absents à l'affleurement.

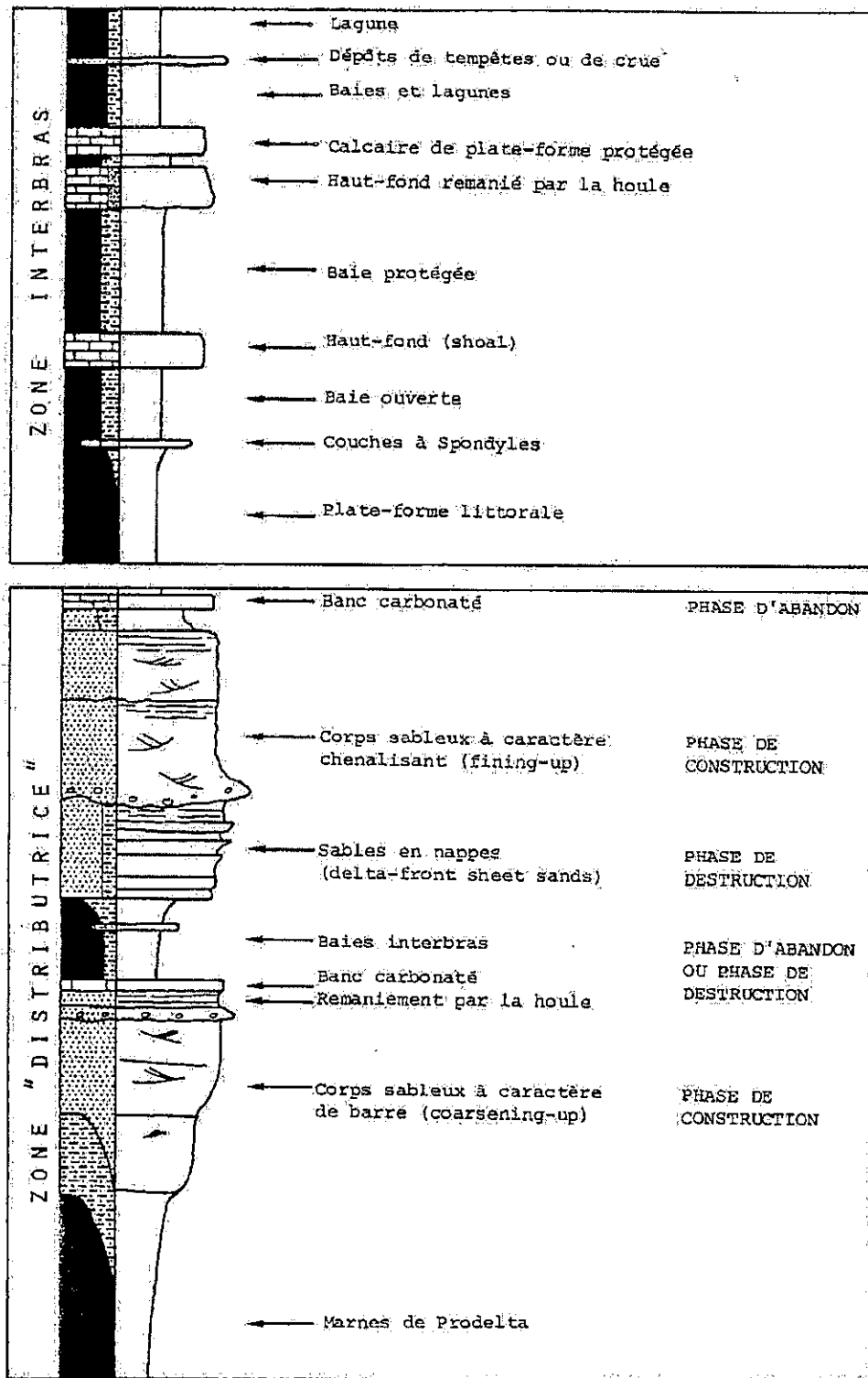


Fig. 67 Séquences virtuelles d'évolution sédimentaire
dans les coupes de Caunettes et de Coustouge.
 Virtual sequences of sedimentary evolution
 in Caunettes and Coustouge sections.