



HAL
open science

La plate-forme jurassienne et sa bordure subalpine au Berriasien-Valanginien (Chartreuse-Vercors). Analyse et corrélations avec les séries de bassin. Sédimentologie, stratigraphie, micropaléontologie, magnétostratigraphie.

Thierry Boisseau

► **To cite this version:**

Thierry Boisseau. La plate-forme jurassienne et sa bordure subalpine au Berriasien-Valanginien (Chartreuse-Vercors). Analyse et corrélations avec les séries de bassin. Sédimentologie, stratigraphie, micropaléontologie, magnétostratigraphie.. Minéralogie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1987. Français. NNT: . tel-00562437

HAL Id: tel-00562437

<https://theses.hal.science/tel-00562437>

Submitted on 3 Feb 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



BOISSEAU (Th.)
Ex n° 1

THESE

Présentée par

Thierry BOISSEAU

17 FEV. 1988

pour obtenir le grade de DOCTEUR de

L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE TECHNOLOGIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE

(arrêté ministériel du 5 juillet 1984)

Spécialité : Géologie appliquée

UNIVERSITE DE GRENOBLE I
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
38031 GRENOBLE CEDEX
TEL. (76) 87.48.48

J

La plate-forme jurassienne et sa bordure subalpine au Berriasien - Valanginien (Chartreuse-Vercors) Analyse et corrélations avec les séries de bassin

Sédimentologie, stratigraphie, micropaléontologie,
magnétostratigraphie

Soutenue le 31 octobre 1987 devant la commission d'examen :

G. MASCLE
H. ARNAUD
A. ARNAUD-VANNEAU
P. COTILLON
J. REMANE
J. DERCOURT
J. BESSE

Professeur à l'U.S.T.M.G.
Maître de conférences U.S.T.M.G.
Chargé de recherches U.S.T.M.G.
Professeur à l'Université de LYON
Professeur à l'Université de NEUCHATEL
Professeur à l'Université de PARIS VII
Maître de conférences PARIS VII

Président
Directeur
Directeur
Rapporteur
Rapporteur
Examinateur
Examinateur

Thèse de doctorat de l'Université Scientifique
Technologique et Médicale de Grenoble

Titre de l'ouvrage :

**LA PLATE-FORME JURASSIENNE ET SA BORDURE
SUBALPINE AU BERRIASIEN-VALANGINIEN
(CHARTREUSE-VERCORS)
ANALYSE ET CORRELATIONS AVEC LES SERIES DE
BASSIN**

Nom de l'auteur : Thierry BOISSEAU

Etablissement : Université Scientifique Technologique
et Médicale de Grenoble

17 FEV. 1988

UNIVERSITE DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE GIGNOUX
B 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL. (76) 87.46.42

RESUME

L'étude de la plate-forme carbonatée du Berriasien-Valanginien de Chartreuse a permis d'effectuer une analyse séquentielle détaillée des séries, et de dater les différentes étapes de l'installation puis de la disparition de la plate-forme.

Micropaléontologie : 65 espèces de foraminifères benthiques sont déterminées et décrites. Une analyse statistique détaillée est effectuée pour les genres Trocholina, Neotrocholina et le groupe Gaudryina-Dorothia.

Sédimentologie : cinq types de séquences d'ordre différent sont mises en évidence. Elles traduisent des modifications des milieux de dépôt dues principalement à l'eustatisme, mais également à la tectonique et à des variations de la subsidence et de la productivité primaire en carbonates.

Stratigraphie : la détermination des calpionelles et les corrélations établies avec le stratotype du Berriasien permettent de situer à une sous-zone d'ammonites près les événements que traduisent les discontinuités sédimentaires. Du point de vue paléogéographique, la progradation de la plate-forme s'effectue au cours du Berriasien supérieur en trois étapes successives ; la submersion n'est pas synchrone à l'échelle de la région étudiée, mais se déroule en quatre phases pendant le Berriasien terminal et le Valanginien.

L'étude des séries alternantes de bassin se base sur l'analyse des variations d'épaisseur des bancs marneux et la disposition de l'ammonitofaune. Elle montre l'existence de cinq cyclicités d'ordre différent, quatre d'entre elles étant reliées aux variations des paramètres de rotation de la Terre. La Magnétostratigraphie effectuée sur les hypostratotypes du Valanginien d'Angles et de Barret permet, d'une part, d'établir une échelle des polarités détaillée, d'autre part d'envisager l'existence de liaisons entre les renouvellements de faune et les inversions magnétiques.

Corrélations plate-forme-bassin : une équivalence entre séquences décrites sur les plates-formes et les cyclicités observées dans les bassins est envisagée à trois échelles différentes, montrant ainsi l'existence de liaisons entre la rotation de la Terre, les inversions magnétiques, et les principaux paramètres influant sur l'environnement sédimentaire (eustatisme, climat, productivité primaire en carbonates).

MOTS CLES

Plate-forme carbonatée ; Sédimentation pélagique ; Cycle sédimentaire ; Faune foraminifères benthiques ; Paléomagnétisme ; Eustatisme ; Berriasien-Valanginien ; Chaînes subalpines France

THESE

Présentée par

Thierry BOISSEAU

17 FEV. 1988

pour obtenir le grade de DOCTEUR de

L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE TECHNOLOGIQUE ET MEDICALE DE GRENOBLE

(arrêté ministériel du 5 juillet 1984)

Spécialité : Géologie appliquée

UNIVERSITE DE GRENOBLE
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
E 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL. (76) 87.46.42

La plate-forme jurassienne et sa bordure subalpine au Berriasien - Valanginien (Chartreuse-Vercors) Analyse et corrélations avec les séries de bassin

Sédimentologie, stratigraphie, micropaléontologie,
magnétostratigraphie

Soutenue le 31 octobre 1987 devant la commission d'examen :

G. MASCLE
H. ARNAUD
A. ARNAUD-VANNEAU
P. COTILLON
J. REMANE
J. DERCOURT
J. BESSE

Professeur à l'U.S.T.M.G.
Maître de conférences U.S.T.M.G.
Chargé de recherches U.S.T.M.G.
Professeur à l'Université de LYON
Professeur à l'Université de NEUCHATEL
Professeur à l'Université de PARIS VII
Maître de conférences PARIS VII

Président
Directeur
Directeur
Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur

NWB 10115793

GRENOBLE

On ne va jamais aussi loin
que lorsque l'on ne sait pas
où l'on va...

TALLEYRAND

Avant propos

Ce mémoire est l'aboutissement de cinq années de recherches effectuées au sein du laboratoire de "Géologie structurale et sédimentaire" de l'Institut Dolomieu de Grenoble, dans le cadre d'un contrat D.G.R.S.T. Sa publication est en partie financée par la Société ESSO.

Comme toute recherche scientifique, cette étude est le fruit d'un travail d'équipe, aussi est ce avec un réel plaisir que je tiens à citer ceux qui ont contribué, à titres divers, à son aboutissement.

Je remercierai en premier lieu les membres du Jury

Mme Annie ARNAUD-VANNEAU, chargé de recherche à l'U.S.T.M.G., et M. Hubert ARNAUD, Maître de conférence à l'U.S.T.M.G., m'ont accordé leur confiance en me proposant ce sujet d'étude lorsque j'étais étudiant de deuxième cycle. J'espère avoir fait bon usage des connaissances qu'ils m'ont faites partager sur la sédimentologie des carbonates et la micropaléontologie. Je tiens également à les remercier pour les nombreuses remarques et critiques qu'ils ont faites lors de la rédaction de ce mémoire

M. Jean DERCOURT, Professeur à l'Université de Paris VI, a manifesté son intérêt pour ce travail, particulièrement en ce qui concerne la magnétostratigraphie et l'analyse des séries alternantes de bassin.

M. Georges MASCLE, Professeur à l'U.S.T.M.G. m'a soutenu tout au long de cette étude. Ce travail doit beaucoup à nos discussions scientifiques. Je lui suis également reconnaissant de m'avoir mis en contact avec l'Institut de Physique du Globe de Paris pour effectuer une magnétostratigraphie du Valanginien.

M. Pierre COTILLON, Professeur à l'Université de Lyon, qui apporte à cette thèse la caution d'un spécialiste de la sédimentation alternante.

M. Jurgen REMANE, Professeur à l'Université de Neuchâtel, en effectuant une détermination minutieuse des calpionelles a permis l'établissement de corrélations détaillées. Je lui suis également reconnaissant de m'avoir fait bénéficier sur le terrain de ses connaissances de la Géologie régionale, particulièrement pour le secteur de l'Echaillon.

M. Jean BESSE, Maître de conférence à l'Université de Paris VII, géophysicien qui a suivi l'avancement de cette étude avec intérêt et curiosité. Je le remercie également pour la bonne humeur qu'il sait faire régner, même lorsqu'il faut effectuer les travaux les plus fastidieux.

Je suis également redevable envers les enseignants de l'Institut Dolomieu qui ont toujours laissé "portes ouvertes" lorsque j'avais besoin de leurs conseils.

M. le Professeur Jacques DEBELMAS, a toujours manifesté beaucoup d'intérêt à cette étude. Je le remercie d'avoir critiqué et corrigé le chapitre consacré à l'analyse des séries alternantes.

M. le Professeur Maurice GIDON, m'a fait bénéficier sur le terrain, de ses grandes connaissances de la stratigraphie et de la tectonique des chaînes subalpines.

M. Jean Pierre THIEULOY, Maître de conférence, pour les enrichissantes discussions que nous avons eues au sujet de la sédimentation alternante et des renouvellements de faune. Je lui suis reconnaissant d'avoir suivi avec sympathie l'évolution de mes travaux.

Les spécialistes qui ont effectué les déterminations des brachiopodes, des ostracodes et des algues : F.A. MIDLEMISS (Londres), P. OERTLI (Pau) et J.P. MASSE (Marseille).

La S.N.E.A., particulièrement le service d'Interprétation Avancée de Géologie Sismique, dans lequel j'ai effectué un fructueux stage qui m'a permis de compléter ma formation universitaire en accédant à une riche documentation, et en mettant l'accent sur les applications pétrolières de la Géologie des carbonates.

Mme MEUGNIOT a aimablement mis son ordinateur à ma disposition pour achever la mise en forme du mémoire. Mlle Véronique BERTRAND qui a assuré avec efficacité la dactylographie d'une grande partie d'un manuscrit pas toujours très lisible.

Bien sûr, je n'oublierai pas tous mes amis étudiants de l'A.G.I.D., venus de tous les horizons, avec qui j'ai partagé d'inoubliables moments.

Que la famille et les ami(e)s non géologues qui m'ont également soutenus tout au long de ce travail sachent aussi que je les remercie.

Enfin, j'aimerais dire plus intimement à mes parents qui ont faits de durs sacrifices pour me soutenir pendant toutes ces années d'études, et à mon frère qui a lui aussi su trouver les mots qu'il fallait dans les moments difficiles que ce travail est également le leur.

RESUME

L'étude de la plate-forme carbonatée du Berriasien-Valanginien de Chartreuse a permis d'effectuer une analyse séquentielle détaillée des séries, et de dater les différentes étapes de l'installation puis de la disparition de la plate-forme.

Micropaléontologie : 65 espèces de foraminifères benthiques sont déterminées et décrites. Une analyse statistique détaillée est effectuée pour les genres Trocholina, Neotrocholina et le groupe Gaudryina-Dorothia, dans le but de dater plus précisément les séquences.

Sédimentologie : Cinq types de séquences d'ordre différent sont mises en évidence. Elles traduisent des modifications des milieux de dépôt dues principalement à l'eustatisme, mais également à la tectonique et à des variations de la subsidence et de la productivité primaire en carbonates.

Stratigraphie : La détermination des calpionelles et les corrélations précises établies avec le stratotype du Berriasien permettent de situer à une sous-zone d'ammonites près, les événements que traduisent les discontinuités sédimentaires.

Du point de vue paléogéographique, la progradation de la plate-forme s'effectue au cours du Berriasien supérieur en trois étapes successives; la submersion n'est pas synchrone à l'échelle de la région étudiée, mais se déroule en quatre phases pendant le Berriasien terminal et le Valanginien inférieur.

L'étude des séries alternantes de bassin se base sur l'analyse des variations d'épaisseur des bancs marneux et la répartition de l'ammonitofaune. Elle montre l'existence de cinq cyclicités d'ordre différent, quatre d'entre elles pouvant être reliées aux variations des paramètres de rotation de la Terre. La Magnétostratigraphie effectuée sur les hypostratotypes du Valanginien (coupes d'Angles et Barret) permet, d'une part, d'établir une échelle des polarités détaillée, d'autre part d'envisager l'existence de liaisons entre les renouvellements de faune et les inversions magnétiques.

Corrélations plate-forme-bassin : Une équivalence entre les séquences décrites sur les plates-formes et les cyclicités observées dans les bassins peut être envisagée à trois échelles différentes, montrant ainsi l'existence de liaisons entre la rotation de la Terre, les inversions magnétiques, et les principaux paramètres influant sur l'environnement sédimentaire (eustatisme, climat, productivité primaire en carbonates).

ABSTRACT

The study of the Berriasian-Valanginian carbonate platform of the Chartreuse massif (the subalpine chain, France) was detailed and the major stages of progradation and submersion were defined and dated.

Micropaleontology : 65 benthic foraminifera species are identified. A detailed statistic analysis is given to the genus Trocholina, Neotrocholina, Gaudryina and Dorothia.

Sedimentology : Five different order sequences are described. They mainly correspond to eustatic variations of sea level, modifications of tectonic regime, rate of subsidence, and primary carbonate productivity.

Stratigraphy : Fine datations of platform discontinuities were possible according to both the determination of their Calpionellids and fine correlations with the Berriasian stratotype. The evolution of the platform can be subdivided in main steps. On one hand, three steps of progradation were recognized during the Berriasian, on the other hand four steps of submersion during the late Berriasian and the lower Valanginian.

Study of the basinal marly-limestone alternations consists both in analysis of thickness variations of the marly beds and distributions of the Ammonites. Five cyclicities of different orders were recognized. Four of them are supposed to be controlled by Earth rotation parameters. Paleomagnetic study of the Valanginian stratotypic sections (Angles, Barret) allows us to give a more detailed magnetic stratigraphy. A correlation between faunal modification and magnetic reversal is proposed.

Platform-basin correlations : A detailed correlation between the platform sequencies and the basin cyclicities has been possible. Furthermore, close relationships between, earth rotation, magnetic reversal may occurred.

PLAN DETAILLEINTRODUCTION GENERALEPREMIERE PARTIE : LA PLATE-FORME CARBONATEE JURASSIENNE ET SUBALPINE DE CHARTREUSECHAPITRE I - INTRODUCTION

	pages
A - CADRE GEOGRAPHIQUE :	21
B - CADRE STRUCTURAL :	21
1 - Caractéristiques générales :	21
2 - La faille de Voreppe	21
C - CADRE STRATIGRAPHIQUE ET PALEOGEOGRAPHIQUE :	23
1 - Domaine jurassien :	23
2 - Domaine subalpin :	23
D - ENPLACEMENT DES COUPES ETUDIEES :	25

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

CHAPITRE II - HISTORIQUE

A - LES ETAGES BERRIASIEN ET VALANGINIEN , POSITION DE LA LIMITE JURASSIQUE - CRETACE A L'ECHAILLON :	29
1 - Les étages Berriasien et Valanginien :	29
1.1 - Conclusion des colloques sur le Crétacé inférieur et sur la limite Jurassique Crétacé :	29
1.1.1 - Colloque sur le crétacé inférieur :	29
1.1.2 - Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé :	29
1.2 - Les stratotypes :	30
1.2.1 - Le Berriasien :	30
1.2.2 - Le Valanginien :	30
2. - La limite Jurassique-Crétacé sur la coupe classique de l'Echaillon :	30
2.1 - Avant 1890 : Les premières études :	30
2.2 - 1890 - 1900 : Les travaux de W. KILIAN et P. LORY :	31
2.3 - 1900 - 1966 : Affinement des datations :	33
2.4 - Depuis 1966 - L'apport des calpionnelles :	33
3 - Conclusions :	33
3.1 - La limite Jurassique-Crétacé à l'Echaillon :	34
3.2 - Les zones d'ammonites et de calpionnelles du Berriasien-Valanginien :	35
B - LE BERRIASIEN-VALANGINIEN DE CHARTREUSE MERIDIONALE	36
1 - Avant 1968 - Les formations classiques du Berriasien-Valanginien de Chartreuse :	36
2 - Depuis 1979 - Les études récentes :	37
2.1 - Travaux basés sur l'analyse par formation :	37
2.2 - Travaux utilisant les méthodes d'analyse séquentielle :	37

CHAPITRE III - ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

A - PRESENTATION DE L'ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE :	41
1 - Méthodes d'étude :	41
1.1 - Prélèvements calcaires :	41
1.2 - Prélèvements marneux :	41
2 - Modélisation et zonation des milieux de dépôts :	42
2.1 - Zonation :	42
2.2.1 - Zonation verticale :	42
2.1.2 - Zonation horizontale :	42
2.1.3 - Zonation paléogéographique :	42
2.1.4 - Fréquence des différentes zones dans le domaine étudié :	42
2.2 - Plate-forme non submergée et plate-forme submergée :	42
3 - Plan du chapitre :	42
B - ANALYSE SEDIMENTOLOGIQUE :	43
I - <u>Définitions, plan de description des faciès et plan du paragraphe :</u>	43
1 - Définitions :	43
1.1 - <u>Faciès et familles de faciès :</u>	43
1.2 - Dépôts autochtones et dépôts allochtones :	43
2 - Plan de description des faciès :	43
3 - Plan du paragraphe :	44
II - <u>Séries autochtones de plate-forme non submergée :</u>	44
1 - Zone pré littorale :	44
1.1 - Familles de faciès autochtones :	44
1.2 - Les faciès autochtones du domaine pré littoral :	46
1.2.1 Famille de faciès A : Biomicrites et	46
1.2.1.1 - Description :	46
a) Biomicrites et biopelmicrites à calpionelles :	46
b) Biomicrites et biopelmicrites à calpionelles et rares spicules :	47
c) Biomicrites et biopelmicrites à nombreux spicules :	47
d) Biomicrites et biopelmicrites à échinodermes et rares spicules :	48
1.2.1.2 - Conclusion :	49
1.2.2 - Famille de faciès B : Biopelmicrites et biopelparites à petits débris d'échinodermes, faciès autochtones B1, B2, B3 et B4 :	50
1.2.2.1 - Description des faciès :	50
a) Biopelmicrites à petits débris d'échinodermes et petits foraminifères circalittoraux :	50
b) Biopelmicrites à petits débris d'échinodermes et de bryozoaires :	51
c) Biopelmicrites et biopelparites à débris de bryozoaires et petits foraminifères circalittoraux :	51
d) Biopelmicrites et biopelparites à débris de bryozoaires et éléments usés :	52
1.2.2.2 - Conclusion :	53
1.2.3 - Famille de faciès D : Biopelmicrites et biopelparites à petits éléments usés et calibrés, et petits foraminifères circalittoraux :	54
1.2.3.1 - Description :	54
a) Biopelmicrites et biopelparites à petits débris usés d'échinodermes :	54
b) Biopelparites bien classées à petits foraminifères circalittoraux :	55

1.2.3.2 - Conclusion :	56
2 - Plate-forme et zone margino-littorale :	56
2.1 - Familles de faciès de la plate-forme et de la zone margino-littorale :	56
2.1.1 - Familles de faciès de la plate-forme :	56
2.1.2 - Relation entre les familles de faciès et les ensembles bionomiques de la plate-forme et du domaine margino-littoral, définis par J.P. MASSE (1976) et J. PICARD (1961) :	57
2.2 - Faciès de la plate-forme et de la zone margino-littorale :	57
2.2.1 - Famille de faciès E : Biosparites à gros éléments classés, rudistes et cnidaires :	57
2.2.1.1 - Description :	59
a) Biosparites bien classées à gros débris arrondis micritisés et grands foraminifères :	59
b) Biosparites bien classées à gros débris de cnidaires et rudistes :	59
c) Biosparites à débris arrondis et oncoïdes usés de <u>Lithocodium-Bacinella</u> :	60
d) Biosparites et biomicrites à cnidaires et rudistes :	61
2.2.1.2 - Conclusion :	62
2.2.2 - Famille de faciès F : biomicrites et biosparites à faune appauvrie et <u>Lithocodium-Bacinella</u> :	63
2.2.2.1 - Biosparites et biomicrites à petits rudistes :	63
2.2.2.2 - Biosparites plus ou moins classées à grands foraminifères :	64
2.2.2.3 - Biosparites et biomicrites à <u>Lithocodium-Bacinella</u> :	65
2.2.3 - Famille de faciès G : Micrites à bird's eyes :	65
2.2.4 - Comparaison avec les faciès définis sur la plate-forme interne par C. DARSAC (1983) :	66
a) Faciès n'ayant pas d'équivalent dans notre zone d'étude :	67
b) Faciès de plate-forme n'existant pas dans les séries de l'Ain et de la Savoie :	67
3 - Faciès marneux des séries autochtones de plate-forme non submergée :	68
3.1 - Nature des résidus de lavage :	68
3.2 - Faciès marneux :	68
3.2.1 - Description :	68
3.2.2 - Mode de représentation :	69
III - <u>Séries autochtones de plate-forme submergée</u> :	69
1 - Les "faciès de transgression" :	69
2 - Les biosparites à bryozoaires, crinoïdes et rares foraminifères :	69
3 - Les faciès marneux :	70
3.1 - Marnes sans bioclastes :	71
3.2 - Marnes à bryozoaires, gros débris d'échinodermes et dents de poissons :	71
4 - Interprétation et mode de représentation des faciès autochtones de plate-forme submergée :	71
4.1 - Biosparites à bryozoaires, crinoïdes et rares foraminifères :	71
4.2 - Faciès marneux de plate-forme submergée :	71
4.3 - Degré de remaniement des faciès autochtones de plate-forme submergée de la famille C :	72
4.4 - Conclusion :	72

IV - <u>Faciès allochtones :</u>	72
1 - Faciès pré littoraux à nombreux éléments remaniés issus de la plate-forme :	72
1.1 - Caractéristiques générales de ces faciès :	72
1.1.1 - Aspect à l'affleurement :	72
1.1.2 - Aspect en lame mince :	73
1.2 - Interprétation :	73
a) - Plate-forme non submergée :	73
b) - Plate-forme submergée :	74
1.3 - Mode de représentation :	74
1.3.1 - Faciès autochtones identifiables :	74
1.3.2 - Faciès autochtones non identifiables, famille de faciès identifiable :	74
1.3.3 - Faciès et famille de faciès non identifiables :	75
2 - Faciès circalittoraux à lamines :	75
2.1 - Caractéristiques communes aux différents faciès circalittoraux à lamines :	75
2.2 - Description des faciès circalittoraux à lamines :	76
2.2.1 - Biopelsparites et biopelmicrites litées à spicules :	76
2.2.2 - Biopelsparites litées à pelloïdes et petits foraminifères circalittoraux :	76
2.2.3 - Interprétation des faciès circalittoraux à lamines :	76
3 - Conclusion :	76
V - <u>Agencement des faciès et organisation séquentielle :</u>	77
1 - Agencement des faciès :	77
1.1 - Plate-forme non submergée :	77
1.1.1 - Faciès autochtones :	77
1.1.2 - Faciès allochtones de plate-forme non submergée :	78
1.2 - Plate-forme submergée :	78
2 - Organisation séquentielle :	80
2.1 - Plate-forme non submergée :	80
2.1.1 - Séries pré littorales :	80
2.1.1.1 - Séquences AA :	80
2.1.1.2 - Séquences ABE :	80
2.1.1.3 - Séquences ABDE :	83
2.1.2 - Séries de plate-forme :	83
2.1.3 - Conclusion :	83
2.2 - Plate-forme submergée :	86
VI - <u>Conclusion :</u>	86
1 - Faciès et milieu de dépôt :	86
2 - Organisation séquentielle :	88
C - <u>DISCONTINUITES ET SEQUENCES :</u>	88
1 - Séquences de premier ordre :	90
1.1 - Evolution des séries à l'échelle des séquences de premier ordre :	90
1.2 - Origines des séquences de premier ordre :	90
1.2.1 - Principaux paramètres contrôlant la sédimentation carbonatée :	90
1.2.2 - Influence des différents paramètres sur l'évolution de la série à l'échelle des séquences de 1er ordre :	91
1.2.3 - Conclusion :	92
2 - Discontinuités majeures :	93
2.1 - Discontinuité majeure DiO :	96

2.1.1 - La discontinuité Di0 en domaine jurassien :	96
2.1.2 - La discontinuité Di0 en domaine subalpin :	97
2.2 - Discontinuité majeure Di0' :	97
2.3 - Discontinuité majeure Di1 :	98
2.4 - Discontinuité majeure Di1' :	99
2.5 - Discontinuité majeure Di2 :	99
2.6 - Discontinuité majeure Di3 :	100
2.7 - Discontinuité majeure Di4 :	100
3 - Séquences de deuxième et troisième ordre :	100
3.1 - Assises berriasiennes situées sous la discontinuité majeure Di0 :	100
3.2 - Unité A1 :	102
3.3 - Unité A2 :	105
3.4 - Unité B1 :	105
3.4.1 - Caractères généraux de l'unité B1 :	108
3.4.2 - Séquences de troisième ordre et discontinuités mineures au sein de l'unité B1 :	108
3.5 - Unité B2 :	112
3.6 - Unités C et D :	112
4 - Séquences de quatrième ordre :	112
5 - Répartition du quartz d'origine détritique :	113
5.1 - Les différents types de grains de quartz :	113
5.2 - Quartz et milieu de dépôt :	113
5.3 - Quartz et discontinuités :	115
5.4 - Intérêts de l'étude du quartz :	115
6 - Conclusion :	118
6.1 - Séquences de premier ordre :	118
6.2 - Séquences de deuxième ordre :	118
6.3 - Séquences de troisième ordre :	120
6.4 - Les séquences de quatrième ordre :	120
6.5 - Les principaux processus responsables de l'organisation séquentielle :	123

CHAPITRE IV - ETUDE DE LA MICROFAUNE ET DES ALGUES CALCAIRES

IVa - ETUDE MICROPALÉONTOLOGIQUE

A - DESCRIPTION DE LA MICROFAUNE :	127
1 - Mode de représentation :	127
2 - Description des foraminifères benthiques :	129
2.1 - Foraminifères à test simple agglutiné :	129
2.1.1 - Tests biloculaires à loge tubulaire droite :	129
<u>Earlandia? brevis</u> , <u>Earlandia? conradi</u> .	
2.1.2 - Tests biloculaires à loge tubulaire enroulée :	130
<u>Glomospira cf. watersi</u> , <u>Citaella? favrei</u> .	
2.1.3 - Tests multiloculaires unisériés :	131
<u>Reophax stellatus</u> .	

2.1.4 - Tests multiloculaires unisériés dont la partie jeune est importante et la partie adulte déroulée :	131
2.1.4.1 - Partie enroulée inférieure ou égale à deux tours de spire :	131
<u>Acruliammina neocomiana.</u>	
2.1.4.2 - Partie enroulée supérieure à deux tours de spires :	132
a Ouvertures basales	132
<u>Haplophragmoides joukowskyi</u> , <u>Nautiloculina cf. bronniwanni</u> , <u>Nautiloculina cf. cretacea.</u>	
b ouverture aréale :	133
<u>Charentia cf. cuvillieri</u> , <u>Charentia nana.</u>	
c ouvertures alignées à la base de la face :	134
<u>Debarina cf. hahounerensis.</u>	
d ouvertures multiples :	135
<u>Mayncina cf. bulgarica.</u>	
2.1.5 - Tests multiloculaires bisériés dont l'enroulement initial peut être planispiralé :	135
<u>Textularia cf. tetragonica</u> , <u>Palaeotextularia cf. crimica.</u>	
2.1.6 - Tests multiloculaires trochospiralés :	136
2.1.6.1 - Tests trisériés ou multisériés pouvant devenir bisériés et parfois unisériés :	136
a Test trisérié	136
<u>Verneulinoides aff. loeblichii</u> , <u>Verneulina sp.</u>	
b Test trisérié ou quadrisérié puis bisérié à ouverture basale	138
<u>Gaudryina cf. tuchaensis</u> , <u>Dorothia cf. zedlerae</u> , <u>Dorothia cf. hechti</u> , <u>Dorothia kunmi</u> , <u>Dorothia cf. praeauteriviana</u> , <u>Dorothia cf. praeoxycona</u> , <u>Dorothia sp.1</u> , <u>Dorothia sp.2.</u>	
c tests trisériés puis bisériés à ouverture en fente longitudinale	146
<u>Belorussiella sp.</u>	
2.1.7 - Tests multiloculaires discoïdaux dont l'enroulement initial est planispiralé :	146
<u>Amnocycoloculina erratica.</u>	
2.2 - Foraminifères à test mixte, microgranulaire et hyalin :	147
<u>Protopenneroplis trochangulata.</u>	
2.3 - Foraminifères à test complexe agglutiné :	148
2.3.1 - Tests à structure pseudo-alvéolaire, multiloculaires unisériés dont la partie jeune est enroulée et la partie adulte souvent déroulée :	148
2.3.1.1 - Ouverture aréale :	148
<u>Rectocyclammina arrabidensis</u> , <u>Everticyclammina cf. hedbergi.</u>	
2.3.1.2 - Ouverture en crible :	149
<u>Pseudocyclammina cf. lituus.</u> , <u>Pseudocyclammina sp. à test arénacé.</u>	
2.3.2 - Tests à structure cloisonnaire, multiloculaires trochospiralés, trisériés pouvant devenir bisériés :	150
<u>Pseudotextulariella salevensis</u> , <u>Pseudotextulariella sp. A.</u>	
2.3.3 - Tests à structure centrale en piliers ou pseudo-piliers, multisériés trochospiralés :	152
<u>Pfenderina neocomiensis.</u>	
2.3.4 - Tests à structures complexes :	152
2.3.4.1 - Tests multiloculaires unisériés cylindriques :	152
<u>Coscinophragma cribrosum.</u>	
2.3.4.2 - Tests multiloculaires unisériés coniques débutants parfois par un stade trochospiralé :	153
<u>Cribellopsis sp.</u>	
2.4 - Foraminifères à test calcaire porcelané :	154
2.4.1 - Tests biloculaires à loge tubulaire enroulée :	154
<u>Cyclogyra? sp.</u>	

2.4.2 - Tests multiloculaires pelotonnés :	154
<u>Danubiella gracillima</u> , <u>Rumanoloculina</u> cf. <u>robusta</u> , <u>Moesiloculina</u> aff. <u>danubiana</u> , <u>Decussoloculina</u> sp., <u>Pseudotriloculina</u> sp.1, <u>Istriloculina</u> cf. <u>eliptica</u> .	
2.5 - Foraminifères à test calcaire perforé :	157
2.5.1 - Tests biloculaires à loge tubulaire enroulée :	157
<u>Conicospirillina basiliensis</u> .	
a Description des trocholines	159
<u>Trocholina elongata</u> , <u>Trocholina cherchiai</u> , <u>Trocholina delphinensis</u> , <u>Trocholina campanella</u> , <u>Trocholina molesta</u> , <u>Trocholina alpina</u> , <u>Trocholina</u> cf. <u>alpina</u> , <u>Trocholina chouberti</u> , <u>Trocholina</u> cf. <u>chouberti</u> , <u>Trocholina sagittaria</u> .	
b Intérêt stratigraphique des trocholines	163
a description des espèces identifiées de néotrocholines	166
<u>Neotrocholina</u> aff. <u>infragranulata paucigranulata</u> , <u>Neotrocholina</u> aff. <u>infragranulata</u> , <u>Neotrocholina</u> cf. <u>valdensis</u> .	
b comparaison des différentes espèces identifiées	168
c intérêt chronostratigraphique des néotrocholines	169
2.5.2 - Tests multiloculaires trochospiralés de forme globuleuse :	171
<u>Polymorphinidae</u> gen. ind.	
2.5.3 - Tests multiloculaires unisériés dont la partie jeune est enroulée et la partie adulte parfois déroulée :	172
<u>Lenticulina</u> .	
B - PALEOECOLOGIE :	172
1 - Peuplement en domaine pré littoral :	172
2 - Peuplements de la plate-forme externe :	177
3 - Peuplements de la plate-forme interne :	178
4 - Peuplements du domaine margino-littoral :	179
5 - Peuplements des sables grossiers à débris de bryozoaires et d'échinodermes de la plate-forme submergée :	179
6 - Principaux facteurs agissants sur la microfaune :	179
C - VARIATIONS VERTICALES DE FREQUENCE DE DIFFERENTS GROUPES DE FORAMINIFERES :	180
1 - Les foraminifères à test arénacé :	181
2 - Les trocholines :	181
3 - Conclusion :	181
D - CONCLUSION :	183
<u>IVb - ETUDE DES ALGUES CALCAIRES</u>	
A - DESCRIPTION :	198
1 - Algues chlorophycées :	198
1.1 - Famille des Udotéacées :	198
<u>Boueina</u> sp.	
1.2 - Famille des Codiacées :	198
<u>Cayeuxia</u> sp.	
1.3 - Famille des Dasycladacées :	199
1.3.1 - Débris de tiges :	199
<u>Actinoporella</u> sp., <u>Clypeina?</u> <u>solkani</u> , <u>Kopetdagaria</u> <u>iaiensis</u> , <u>Macroporella</u> gr. <u>praturloni</u> , <u>Pseudocymopolia</u> cf. <u>jurassica</u> , <u>Salpingoporella</u> <u>steinhauseri</u> , <u>Salpingoporella</u> cf. <u>annulata</u> , <u>Salpingoporella</u> aff. <u>katzeri</u> .	

1.3.2 - Débris d'éléments reproducteurs :	201
<u>Acicularia</u> sp., <u>Terquemella</u> sp.	
2 - Characées :	201
3 - Association <u>Lithocodium aggregatum-Bacinella irregularis</u> :	202
4 - <u>Incertae sedis</u> :	202
<u>Incertae sedis</u> sp.A	
B - PALEOECOLOGIE :	203
1 - Domaine pré littoral :	203
2 - Plate-forme externe :	203
3 - Plate-forme interne :	203
C - REPARTITION STRATIGRAPHIQUE DES ALGUES VERTES :	203
D - CONCLUSION :	204

CHAPITRE V - ETUDE STRATIGRAPHIQUE ET PALEO GEOGRAPHIQUE

1 - Organisation séquentielle :	209
2 - Attributions stratigraphiques, position des limites d'étages et de sous-étages :	209
2.1 - Datations paléontologiques :	209
2.1.1 - Ammonites :	209
2.1.2 - Brachiopodes :	210
2.1.3 - Ostracodes :	210
2.1.4 - Les calpionelles :	211
2.1.5 - Les algues calcaires :	214
2.2 - Age des discontinuités majeures, position des limites d'étages et de sous-étages :	215
2.2.1 - Age des discontinuités :	216
2.2.2 - Position des limites d'étages et de sous-étage :	218
3 - Répartition des foraminifères benthiques :	219
4 - Datation de la série de l'Echaillon :	220
5 - Corrélations avec les domaines voisins :	222
5.1 - Coupe de la Grande Sure :	222
5.2 - Berriasien-Valanginien de l'Ain et de la Savoie :	224
5.2.1 - Reconnaissances des discontinuités Di0 ¹ et Di1 ¹ et des discontinuités mineures :	224
5.2.2 - Répartition de la microfaune :	227
5.3 - Stratotype de Berrias :	229
5.3.1 - Description :	229
5.3.2 - Localisation possible des discontinuités sur la coupe de Berrias :	229
5.3.3 - Conclusion :	232
6 - Paléogéographie :	232
6.1 - Evolution paléogéographique :	232
6.1.1 - Jurassique terminal :	232
6.1.2 - Berriasien inférieur et base du Berriasien moyen :	235
6.1.3 - Berriasien moyen :	235
6.1.4 - Schmet du Berriasien moyen et base du Berriasien supérieur :	235
6.1.5 - Berriasien supérieur :	236
6.1.6 - Berriasien terminal :	236

6.1.7 - Limite Berriasien-Valanginien :	236
6.1.8 - Valanginien :	237
6.2 - Evolution générale des relations entre les domaines subalpin et jurassien :	237
6.2.1 - Jurassique terminal :	237
6.2.2 - Berriasien inférieur et base du Berriasien moyen :	237
6.2.3 - Berriasien moyen :	239
6.2.4 - Berriasien terminal et Valanginien :	241
6.3 - Rôle de la tectonique :	241
6.3.1 - Première phase d'instabilité :	241
6.3.2 - Deuxième période d'instabilité :	242
6.3.3 - Conclusion :	242
6.4 - Disparition de la plate-forme :	243
7 - Conclusion :	244
7.1 - Datation des discontinuités :	244
7.2 - Paléogéographie :	246
7.3 - Corrélations régionales :	248
7.3.1 - Corrélations avec la plate-forme interne jurassienne :	248
7.3.2 - Corrélation avec la coupe vocontienne du stratotype de Berrias :	252
7.3.3 - Apport des corrélations régionales à la datation et à l'interprétation des discontinuités :	254

DEUXIEME PARTIE : ETUDE DES SERIES ALTERNANTES DE BASSIN ET MAGNETOSTRATIGRAPHIE

CHAPITRE I - ANALYSE DES SERIES ALTERNANTES DE BASSIN

1 - Présentation des séries :	263
1.1 - Emplacement des coupes étudiées :	263
1.2 - Zonations d'ammonites :	263
2 - Méthodologie :	263
2.1 - Variations de sédimentation : l'épaisseur des bancs marneux	263
2.2 - Variations biologiques : les ammonites	268
3 - Répartition des niveaux marneux et des ammonites : les crises biosédimentaires	268
3.1 - Répartition des ammonites :	270
3.2 - Epaisseur des bancs marneux :	270
3.3 - Mise en évidence des crises biosédimentaires :	271
3.4 - Succession des événements au niveau des crises biosédimentaires :	271
3.4.1 - Crises sédimentaires : les bancs marneux	271
3.4.2 - Crises biologiques : les ammonites.	277
3.4.3 - Les crises biosédimentaires :	277
3.4.3.1 - Crises biologiques et crises sédimentaires synchrones :	277
3.4.3.2 - Crises biologiques et crises sédimentaires séparées par quelques bancs :	278
3.4.3.3 - Conclusion :	278
4 - Cyclicité des crises :	278
4.1 - Crises biosédimentaires et crises virtuelles :	278
4.1.1 - Principales sources d'erreur et d'imprécision :	278
4.1.2 - Les crises virtuelles :	278
4.2 - Répétitivité des crises dans la série :	282
4.3 - Cyclicités astronomique et sédimentation alternante :	284

4.3.1 - Théorie de MILANKOVITCH :	284
4.3.2 - Enregistrement des cyclicités dans la sédimentation :	285
4.3.3 - Les alternances vocontiennes :	285
4.3.3.1 - Hypothèse d'un dépôt allochtone :	287
4.3.3.2 - Hypothèse d'un dépôt autochtone contrôlé par la précession :	287
4.3.3.3 - Mécanisme responsable de la sédimentation alternante dans le bassin vocontien :	288
4.4 - Enregistrement des cyclicités astronomiques dans la sédimentation alternante :	288
4.4.1 - Précession des équinoxes :	288
4.4.2 - Excentricité de l'orbite terrestre :	288
5 - Phénomènes cycliques dont la durée est supérieure à celle des cycles de MILANKOVITCH :	292
5.1 - Taux de sédimentation :	293
5.2 - Fréquence des ammonites :	293
5.3 - Fréquence des foraminifères benthiques :	293
5.4 - Conclusion :	296
6 - Conclusion de l'analyse biologique et sédimentaire des séries alternantes de bassin :	296
6.1 - Cycle astronomique dû à la précession des équinoxes :	296
6.2 - Cycles astronomiques dus à l'excentricité de l'orbite terrestre :	296
6.3 - "Cycles longs" durant 2 à 2,8 Ma :	297

CHAPITRE II - MAGNETOSTRATIGRAPHIE

1 - Introduction :	301
1.1 - Objet de l'étude :	301
1.2 - Echantillonnage et techniques d'analyse :	301
1.2.1 - Echantillonnage :	301
1.2.2 - Techniques d'analyse :	301
1.3 - Résultats paléomagnétiques :	301
1.3.1 - Coupe de Barret-le-Bas :	301
1.3.2 - Coupe d'Angles-les-Baoussayes :	305
1.3.3 - Paléolatitute et pôle magnétique :	305
1.3.3.1 - Paléolatitute :	305
1.3.3.2 - Pôle magnétique :	307
2 - Magnétostratigraphie :	307
2.1 - Séquences de polarité :	307
2.2 - Corrélation avec les échelles d'inversion existantes :	307
2.2.1 - Echelles océaniques :	307
2.2.2 - Echelles terrestres :	309
2.2.3 - Conclusion :	309
3 - Apport de l'analyse sédimentologique à la magnétostratigraphie :	310
3.1 - Durée des séquences de polarité :	310
3.2 - Relations entre les crises biosédimentaires et les inversions magnétiques :	310
4 - Conclusion :	312

TROISIEME PARTIE : CORRELATIONS PLATE-FORME CARBONATEE-BASSIN A SEDIMENTATION ALTERNANTE**CONCLUSION GENERALE**

A - ANALYSE DES SEDIMENTS CARBONATES DE PLATE-FORME :	315
1 - Datation :	315
2 - Reconstitution des milieux de dépôt :	316
2.1 - Domaine pré littoral :	316
2.2 - Plate-forme :	317
2.3 - Relation entre le climat et les milieux de dépôt :	318
3 - Paléogéographie :	318
4 - Organisation séquentielle :	319
4.1 - Description des séquences :	320
4.1.1 - Séquences de premier ordre :	320
4.1.2 - Séquences de deuxième ordre :	320
4.1.3 - Séquences de troisième ordre :	321
4.1.4 - Séquences de quatrième ordre :	321
4.2 - Phénomènes responsables de l'organisation séquentielle :	321
B - ANALYSE DE LA SEDIMENTATION ALTERNANTE DE BASSIN :	321
1 - Cyclicités observées dans les alternances pélagiques :	322
1.1 - Cyclicité en relation avec la précession des équinoxes :	322
1.2 - Cyclicités en relation avec l'excentricité de l'orbite terrestre :	322
1.3 - Cycles d'une durée comprise entre 2 et 2,8 Ma :	323
2 - Magnétostratigraphie :	323
2.1 - Echelle des polarités :	323
2.2 - Relations entre les inversions magnétiques et les cyclicités :	324
C - CORRELATIONS PLATE-FORME CARBONATEE - BASSIN A SEDIMENTATION ALTERNANTE :	324
1 - Cycles de troisième ordre et cyclicités de 400.000 ans :	325
1.1 - Précision obtenue pour l'âge des discontinuités et la corrélation des crises biosédimentaires d'un bassin à l'autre :	325
1.2 - Corrélations entre les discontinuités de plate-forme et les crises biosédimentaires de bassin :	327
2 - Cycles de quatrième ordre et cyclité de 100.000 ans due à l'excentricité de l'orbite :	327
3 - Enregistrement sur les plates-formes des "cycles longs" observés dans les bassins :	328
4 - Enregistrement dans le bassin des cycles eustatiques de premier ordre mis en évidence sur la plate-forme :	328
5 - Enregistrement dans le bassin des cycles eustatiques de deuxième ordre décrits sur les plates-formes :	329
6 - Enregistrement sur la plate-forme des cycles de 19-23.000 ans dus à la précession des équinoxes :	330
7 - Relations entre les cyclicités astronomiques, l'eustatisme et le climat :	330

INTRODUCTION GENERALE

Au Néocomien, le Sud-Est de la France se présentait comme un domaine profond ouvert à l'Est sur l'Océan téthysien (bassin vocontien), encadré au Nord-Ouest par la plate-forme jurassienne et subalpine, au sud par la plate-forme provençale (fig. 1). Les séries mises en place sur ces plates-formes et dans le bassin présentent des caractéristiques très différentes tant du point de vue de la sédimentologie que de la paléontologie.

- Les dépôts de bassin sont riches en organismes pélagiques qui permettent de les dater avec précision, par contre la monotonie apparente de la sédimentation alternante ne permet que rarement d'établir des corrélations précises basées sur des horizons repères.

- Les dépôts de plate-forme carbonatée sont pauvres en organismes pélagiques permettant des datations précises ; par contre, leur sédimentation très contrastée permet d'établir des corrélations détaillées basées sur l'analyse séquentielle et la microfaune benthique.

Dans cette analyse, après avoir étudié séparément des coupes prises dans ces deux domaines, nous chercherons à établir des corrélations précises entre des successions berriasiennes et valanginiennes de la plate-forme subalpine et des bassins vocontien et subbétique (Sud-Est de l'Espagne).

- Les séries de plate-forme analysées se situent sur la plate-forme jurassienne et subalpine de Chartreuse méridionale (région du Guiers Mort et du Fontanil sur la figure 1). Cette étude a été complétée par une recherche bibliographique traitant des travaux faisant appel à l'analyse séquentielle et à la paléontologie, effectuée soit sur le domaine étudié, soit sur son prolongement septentrional (région de la Chambotte sur la figure 1).

- L'analyse des séries de bassin est basée sur des données bibliographiques décrivant des coupes vocontiennes valanginiennes (Angles et Barret-le-Bas sur la figure 1), ou des séries subbétiques (Sud-Est de l'Espagne) d'âge Berriasien et Valanginien. Une étude magnétostratigraphique a été effectuée en collaboration avec J.BESSE (I.P.G. PARIS) sur les coupes du Valanginien vocontien.

Ce mémoire se divise en deux parties, la première traite de la plate-forme carbonatée jurassienne et subalpine de Chartreuse méridionale et de l'Echaillon, la seconde de l'analyse des séries alternantes de bassin. La conclusion générale compare les résultats obtenus dans les différents domaines et propose des méthodes de corrélations détaillées utilisables sur la plate-forme et dans le bassin.

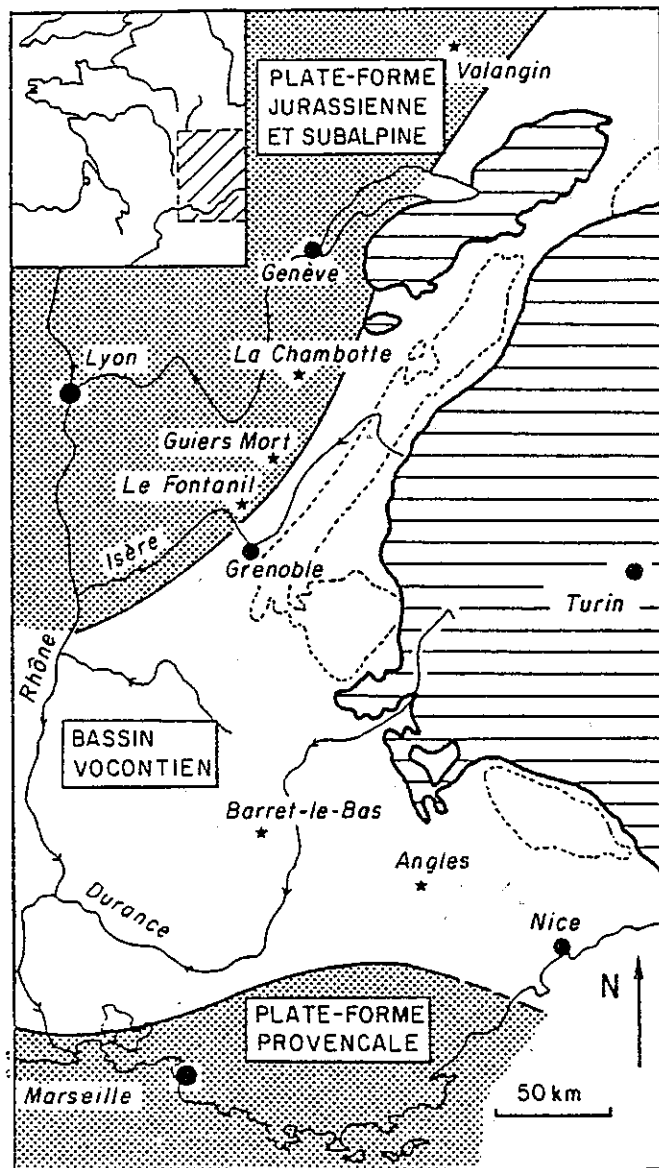


Figure 1 : Cadre paléogéographique du Sud-Est de la France au Valanginien inférieur. (d'après H. ARNAUD 1982).

En blanc : faciès de bassin, en grisé : faciès de plate-forme, en hachures horizontales : zones internes alpines.

PREMIERE PARTIE

LA PLATE-FORME CARBONATEE JURASSIENNE ET SUBALPINE DE CHARTREUSE

CHAPITRE I - INTRODUCTION

CHAPITRE II - HISTORIQUE

CHAPITRE III - ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

CHAPITRE IV - ETUDE DE LA MICROFAUNE ET DES ALGUES CALCAIRES

IVa - ETUDE MICROPALÉONTOLOGIQUE

IVb - ETUDE DES ALGUES CALCAIRES

CHAPITRE V - ETUDE STRATIGRAPHIQUE ET PALEOGEOGRAPHIQUE

CHAPITRE I - INTRODUCTION

A - CADRE GEOGRAPHIQUE :

B - CADRE STRUCTURAL :

C - CADRE STRATIGRAPHIQUE ET PALEOGEOGRAPHIQUE :

D - EMPLACEMENT DES COUPES ETUDIEES :

INTRODUCTION

A - CADRE GEOGRAPHIQUE :

Le domaine étudié se situe à 15 km au Nord-Ouest de Grenoble, sur la bordure occidentale des massifs de Chartreuse et du Vercors. Il est limité au Nord par la vallée du Guiers mort, au Sud par la cluse de l'Isère, à l'Ouest par la dépression molassique périalpine et à l'Est par le chevauchement médian de Chartreuse et le synclinal de la Monta. (fig.2 et 3).

B - CADRE STRUCTURAL : (Fig. 2)

1 - Caractéristiques générales :

L'accident majeur que constitue la faille de Voreppe sépare deux domaines structuraux distincts : les domaines jurassien et subalpin.

- Le domaine jurassien s'étend à l'Ouest de cette faille. Il présente des plis généralement coiffés orientés NNE-SSW. Les zones synclinales correspondent à des dépressions morphologiques à coeur molassique, les zones anticlinales forment de petits chainons orientés N-S à NNE-SSW le chainon du Ratz qui se prolonge par l'anticlinal de l'Echillon et le chainon de Polienas.

- Le domaine subalpin se situe à l'Est de la faille de Voreppe. Les structures y sont également orientées NNE-SSW, mais la tectonique est plus complexe du fait de la présence de nombreux accidents chevauchants (M. GIDON, carte géologique de Grenoble 2ème édition). Les plis sont déversés vers l'Ouest.

La structuration de la région s'est effectuée au Cénozoïque en deux phases :

- Une phase précoce oligocène qui amorce les premiers plissements,
- une phase majeure fini-miocène à pliocène qui est responsable de l'essentiel de la structuration actuelle.

Au Quaternaire, la région a connu d'importantes glaciations responsables du surcreusement de la vallée de l'Isère et de la plaine de Bièvre.

2 - La faille de Voreppe

La faille de Voreppe qui traverse de part en part le secteur étudié, correspond à un accident majeur situé dans le prolongement septentrional du faisceau des Cévennes ; elle présente des caractéristiques et une orientation différentes au Sud et au Nord de la vallée de l'Isère.

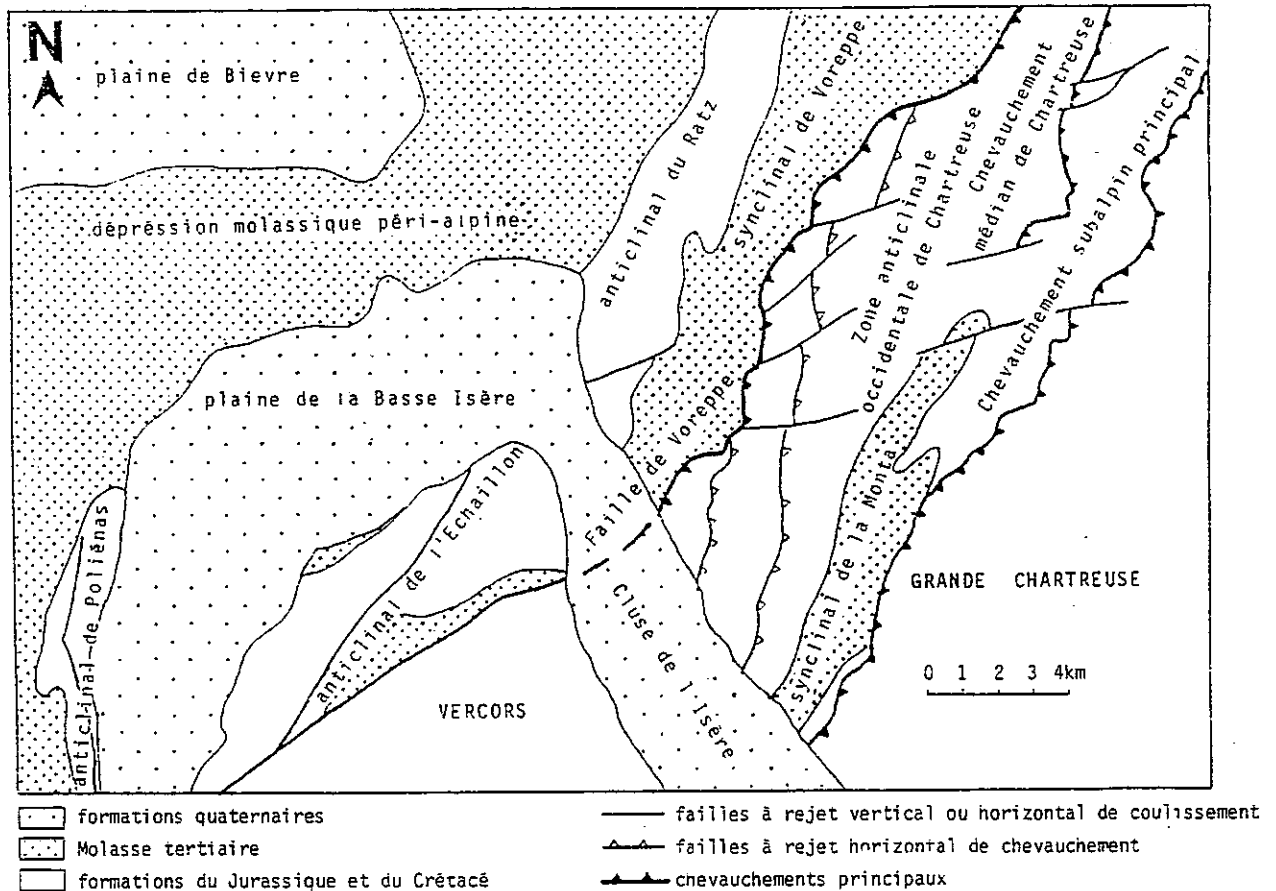


Figure 2 : Schéma des régions naturelles et structurales, d'après la carte géologique Grenoble 1/50.000 ème (2ème édition).

- Au Sud de l'Isère, c'est à dire dans le massif du Vercors, la faille de Voreppe est orientée N 60. Il s'agit alors d'un accident décrochant montrant des stries indiquant un coulissement dextre, la composante horizontale de chevauchement est inférieure à 1km.

- Au Nord de l'Isère, dans le massif de Chartreuse, la faille de Voreppe est orientée N 45. Elle présente une composante horizontale de chevauchement plurikilométrique qui entraîne le domaine subalpin sur le domaine jurassien. De nombreuses petites cassures dextres orientés N 65 décalent le front chevauchant de la faille sans toutefois se prolonger au delà vers l'Ouest. La faille de Voreppe est un accident majeur qui a pu rejouer en décrochement de nombreuses fois. Actuellement l'observation des stries et le décalage des structures (notice de la carte Grenoble 1/50 000ème) indiquent un jeu dextre. Toutefois un jeu senestre antérieur au jeu dextre et d'une amplitude supérieure à celui ci est vraisemblable pendant la période Crétacé supérieur-Oligocène (H. ARNAUD, communication orale).

En conséquence, les déplacements dus à la faille de Voreppe devront être corrigés dans les reconstitutions paléogéographiques :

- Le raccourcissement du au chevauchement oblitère en Grande-Chartreuse les séries intermédiaires entre les domaines subalpin et jurassien. Il est estimé à 4 km par M. GIDON (communication orale), 7 km par J.L. MUGNIER, R. ARPIN et F. THOUVENOT (1987).

- La composante horizontale de décrochement équivaut probablement à un mouvement sénestre d'ampleur inconnue.

C - CADRE STRATIGRAPHIQUE ET PALEOGEOGRAPHIQUE :

Dans le secteur étudié, la faille de Voreppe sépare deux provinces paléogéographiques distinctes : les domaines jurassien et subalpin (voir Historique). Ces provinces présentent des séries très contrastées au Berriasien inférieur puis tendent à s'homogénéiser au cours du Berriasien moyen-supérieur et du Valanginien.

1 - Domaine jurassien :

Le domaine jurassien s'étend au Nord-Ouest de la faille de Voreppe, il a pu être étudié à la montagne du Ratz (La Buisse) et au promontoire de l'Echaillon. Dans ces deux régions, le Berriasien-Valanginien est encadré par le Tithonique "coralligène" et l'Hauterivien marneux.

- A l'Echaillon, au dessus des Calcaires coralligènes réputés jurassiques (voir Historique), s'observent successivement 20 m de calcaires bioclastiques, 70 m de calcaires argileux et de marnes ("Couches du balcon"), puis une centaine de mètres de calcaires bioclastiques couronnés par 50 m de calcaires roux à silex.

- A la Buisse (montagne du Ratz), la série est constituée par 30 m de calcaires et de marnes (Purbeckien), une centaine de mètres de calcaires massifs et quelques décimètres de calcaires roux à silex.

2 - Domaine subalpin :

Situé au Sud-Est de la faille de Voreppe, il recouvre l'essentiel des massifs du Vercors et de Grande Chartreuse. Les dépôts Berriasien et Valanginien sont encadrés par des formations riches en organismes pélagiques (Tithonique calcaire et Hauterivien marneux). Dans la région étudiée, la série du Berriasien-Valanginien est constituée par trois unités lithologiques qui sont de bas en haut :

- 200 à 250 m de marnes et de calcaires argileux
- 300 à 400 m de calcaires bioclastiques bicolores
- 60 à 90 m de calcaires roux à silex.

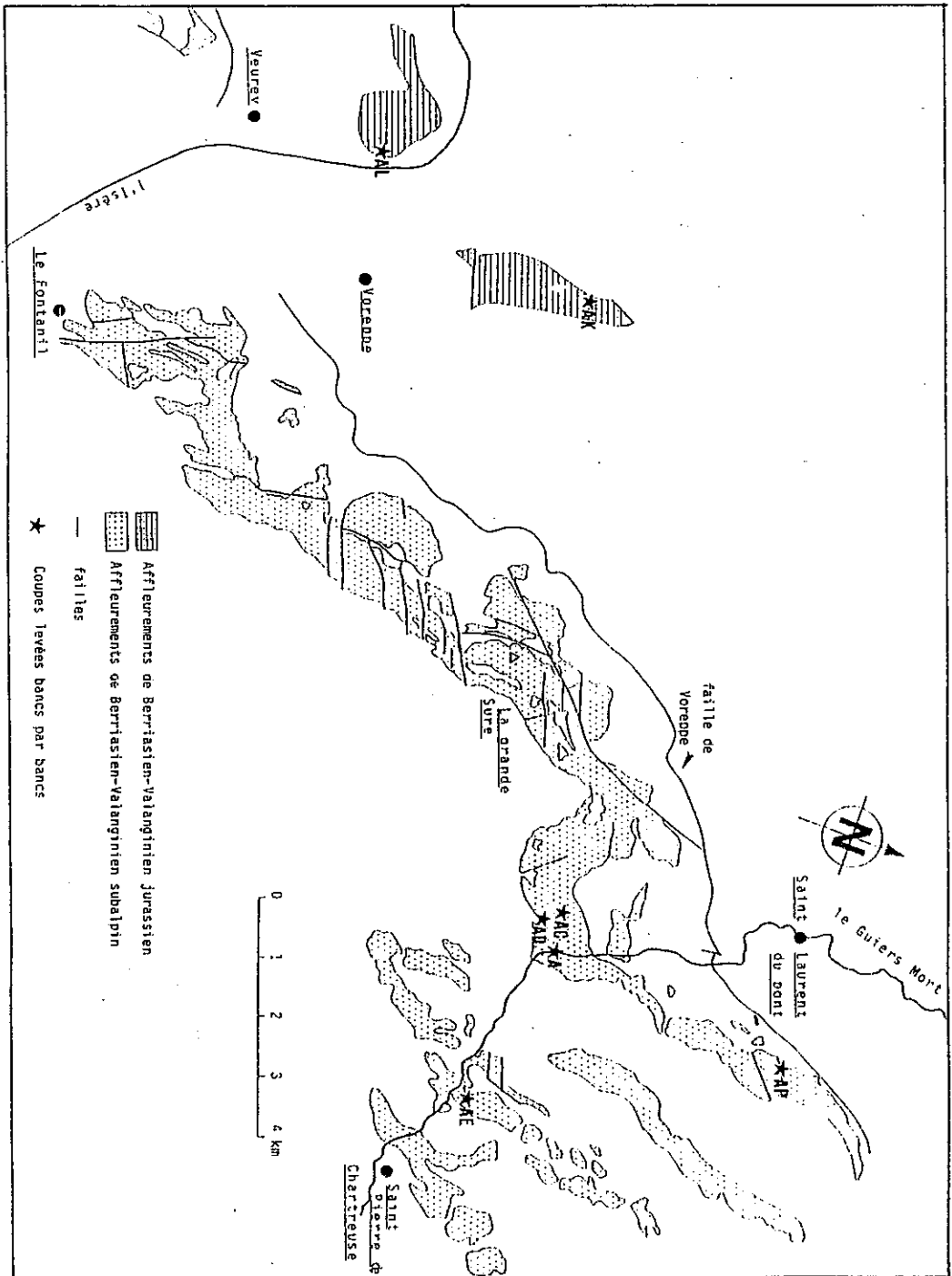


Figure 3 : Carte des affleurements de Berrasiens-Valanginien et emplacement des coupes étudiées. A Le Guiers mort, AP La Pointière, AC Curlière, AL L'Echalillon, AK La Buasse, AD Chemin du pont Saint Bruno.

D - EMPLACEMENT DES COUPES ETUDIEES : Figure 3

Les affleurements de Berriasien-Valanginien du secteur étudié forment des bandes orientées NNE-SSW.

- En domaine jurassien, deux coupes ont été levées de part et d'autre de la cluse de l'Isère, les coupes de l'Echailon (AL) et de la Buisse (AK).

- En domaine subalpin, cinq coupes ont été levées banc par banc de part et d'autre de la vallée du Guiers-mort. Il s'agit de trois coupes principales qui présentent l'essentiel des assises du Berriasien et du Valanginien (la Pointière-AP, Curière-AC, le Guiers-mort-A) et de deux coupes annexes situées dans les Calcaires roux à silex (Chemin du pont Saint Bruno-AD et la Corrière-AE). De plus, deux coupes ont été levées de façon plus sommaire, l'une à la Grande Sure et l'autre, dont la description a été publiée par H. ARNAUD, M. GIDON et J.P. THIEULOUY (1981), au Fontanil.

CHAPITRE II - HISTORIQUE

A - LES ETAGES BERRIASIEN ET VALANGINIEN , POSITION DE LA LIMITE
JURASSIQUE - CRETACE A L'ECHAILLON :

B - LE BERRIASIEN-VALANGINIEN DE CHARTREUSE MERIDIONALE

HISTORIQUE

Cet historique se divise en deux parties, la première est consacrée à la définition des étages Berriasien et Valanginien (Colloques de 1963 et 1973) ainsi qu'aux problèmes posés par la position de la limite Jurassique-Crétacé sur la coupe classique de l'Echaillon ; la seconde partie présente les principaux travaux effectués dans la zone étudiée.

A - LES ETAGES BERRIASIEN ET VALANGINIEN , POSITION DE LA LIMITE JURASSIQUE-CRETACE A L'ECHAILLON :

I - Les étages Berriasien et Valanginien :

Alors que le stratotype du Berriasien se situe dans les séries de bassin de l'Ardèche, assez riches en ammonites, le stratotype du Valanginien se situe dans les séries de plate-forme du Jura neuchâtelois, peu épaisses et pauvres en faune pélagique. La définition de ces deux étages, ainsi que la position de la limite Jurassique-Crétacé, ont fait l'objet de nombreuses polémiques partiellement résolues lors de deux colloques.

1.1 - Conclusion des colloques sur le Crétacé inférieur et et sur la limite Jurassique - Crétacé :

1.1.1 - Colloque sur le crétacé inférieur :

Lyon, 1963

Pour ce qui est du Berriasien et du Valanginien, les conclusions de ce colloque furent les suivantes :

- Nécessité de définir avec précision la limite Jurassique-Crétacé, problème qui devait ultérieurement faire l'objet du colloque de Lyon et Neuchâtel (1973).

- Reconnaissance du Berriasien en tant qu'étage et proscription du terme infra-Valanginien.

- Décision d'établir un parastratotype du Valanginien dans les séries du bassin vocontien.

1.1.2 - Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé :

Lyon et Neuchâtel, 1973

Sept solutions différentes furent envisagées pour situer la limite entre ces deux périodes. Aucune ne fut officiellement retenue; toutefois, à la suite d'une enquête réalisée auprès des participants, un large consensus se dégagait pour faire correspondre la limite Jurassique-Crétacé avec la limite Tithonique-Berriasien fixée entre la zone à Jacobi et la zone à Grandis.

1.2 - Les stratotypes :

1.2.1 - Le Berriasien :

Le stratotype du Berriasien se situe dans les séries vocontiennes de Berrias (Ardèche, France). C'est COQUAND qui en 1871 créa le Berriasien avec comme localité type Berrias ; le Berriasien était alors considéré comme sous-étage du Valanginien. Cette coupe de référence fut par la suite étudiée par A. TOUCAS (1888 et 1889), G. MAZENOT (1939) et F. ROMAN (1950).

Suite aux vœux exprimés par le colloque sur le Crétacé inférieur de 1963, une série d'études détaillées fut effectuée sur la coupe de Berrias ; ces travaux qui portèrent sur la stratigraphie, la macrofaune (ammonites, belemnites), les ostracodes, les foraminifères, les calpionelles et la nannoflore, furent résumés par G. LE HEGARAT (1980). Plus récemment, l'étude magnétostratigraphique de cette coupe a été effectuée, et fait l'objet de différentes publications B. GALBRUN 1984 et 1985, B. GALBRUN et R. RASPLUS 1984).

1.2.2 - Le Valanginien :

Le stratotype du Valanginien se trouve dans le Jura suisse. Il s'agit d'une série de plate-forme peu épaisse présentant d'importantes lacunes, très pauvre en faune pélagique. Du fait des nombreux défauts de ce stratotype, il fut décidé lors du colloque sur le Crétacé inférieur de 1963 de rechercher une ou plusieurs coupes de références complémentaires dans les séries pélagiques vocontiennes.

Dans ce but, deux coupes furent levées et étudiées avec précision à Angles-les-Baoussayes (Alpes de Haute Provence) et à Barret-le-bas (Hautes Alpes). Les résultats de leur analyse ont été présentés par R. BUSNARDO, J.P. THIEULOY, M. MOULLADE, et al.. (1979).

2. - La limite Jurassique-Crétacé sur la coupe classique de l'Echailion :

Située au Sud de notre zone d'étude, la coupe de l'Echailion a souvent été utilisée comme coupe de référence pour définir la limite du Jurassique et du Crétacé. L'évolution des connaissances s'est effectuée en quatre étapes successives.

2.1 - Avant 1890 : Les premières études :

La première étude géologique moderne de l'Echailion a été effectuée par C. LORY (1846) qui distinguait le Jurassique calcaréo-dolomitique du Crétacé calcaréo-argileux (tableau 1).

C. LORY compléta ses observations en 1852 et 1861 en signalant la présence de Chama (rudistes) dans l'unité b du Crétacé. A la fin du XIX^{ème} siècle d'autres auteurs proposèrent une datation des séries de l'Echailion.

- E. HEBERT (1881) situa la série basale calcaréo-dolomitique dans le Jurassique.
- A. VILLOT (1882) s'opposa à C. LORY et E. HEBERT en attribuant au Crétacé la totalité de la série.

CRETACE	d	Calcaires grenus bleu foncé à silex noirs
	c	Calcaires bleuâtres cristallins à taches jaunes
	b	Calcaires compacts blanc-jaunâtre à Nérinées et Polypiers
	a	Calcaires argileux gris à Exogyres et Térébratules
JURASSIQUE	4	Calcaires compacts blanc-jaunâtre
	3	Calcaires blancs tendres et fossilifères
	2	Calcaires gris compacts
	1	Dolomie grenue

Tableau 1 : Succession des assises du Jurassique et de la base du Crétacé à l'Echaillon, d'après C. LORY (1846).

2.2 - 1890 - 1900 : Les travaux de W. KILIAN et P. LORY :

P. LORY (1896) précise les observations de C. LORY en signalant un changement de faciès au sein de l'unité a (Crétacé) de cet auteur. Les calcaires argileux à exogyres et térébratules visibles au niveau de la vallée de l'Isère passeraient latéralement sur le plateau Saint Ours à des couches granuleuses riches en térébratules, mais renfermant aussi des polypiers.

W. KILIAN (1895) considère que le toit des "Calcaires coralligènes" de l'Echaillon serait d'âge crétacé ; il estime en effet que les calcaires compacts blanc-jaunâtre (unité 4) seraient un équivalent latéral de la formation dite "Marbre batârd" d'âge crétacé inférieur, caractéristique des séries plus septentrionales.

Faisant la synthèse de leurs publications antérieures et des travaux de C. LORY, W. KILIAN et P. LORY (1900) publient une analyse détaillée de la série (Figure 4) et situent la limite Jurassique-Crétacé au sein des "Calcaires coralligènes".

L'un des apports principaux W. KILIAN et P. LORY à la connaissance de la série, est d'avoir attribué au Tithonique l'ammonitofaune récoltée dans les "Calcaires coralligènes", 200 m sous les "Couches du balcon" (Figure 4).

La figure 5 représente les variations latérales de faciès au sein des "Couches du balcon", telles qu'elles furent décrites par W. KILIAN et P. LORY. On note la présence d'une brèche récifale au sommet de la série du plateau. Malheureusement il n'est plus possible de vérifier les observations de ces auteurs, la détérioration des affleurements sur le plateau empêchant toute analyse de la série à ce niveau. Depuis 1900, les différentes études des séries de l'Echaillon ont été effectuées à partir des coupes levées dans la vallée, c'est-à-dire ne présentant pas de brèches récifales.

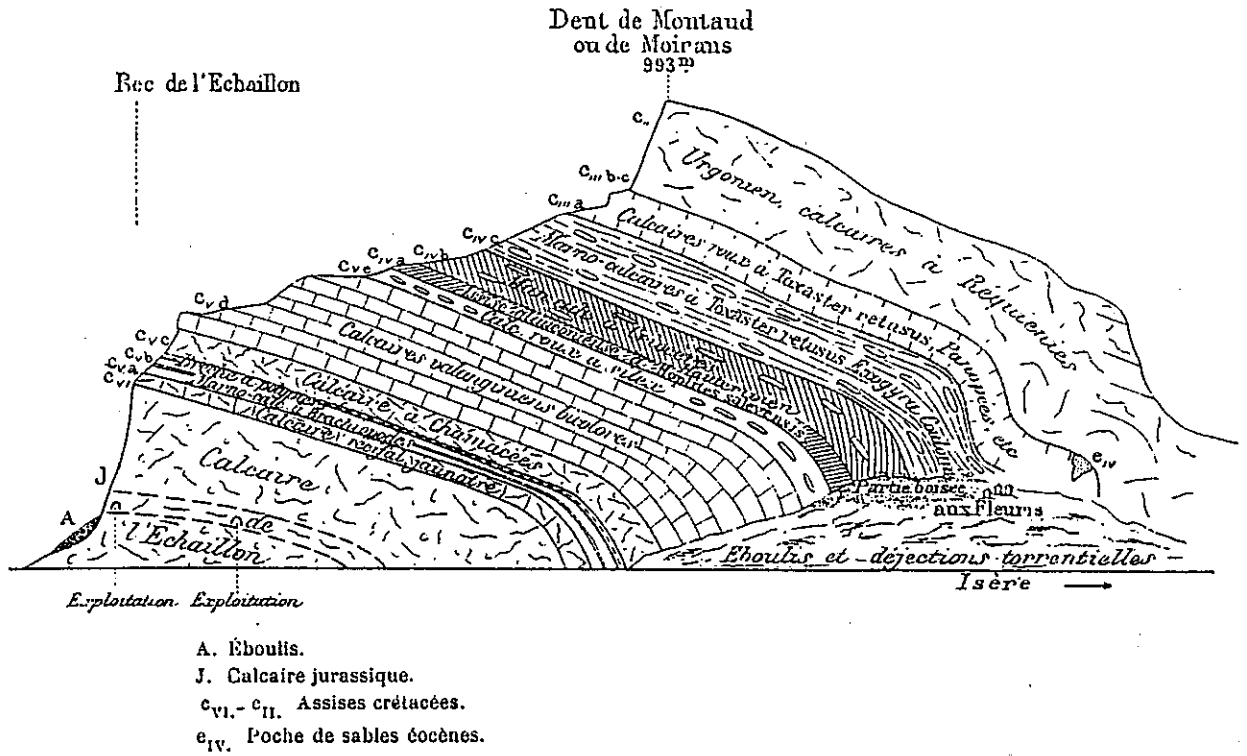


Figure 4 : Vue du Bec de l'Echailion côté N-O, d'après W. KILIAN et P. LORY.

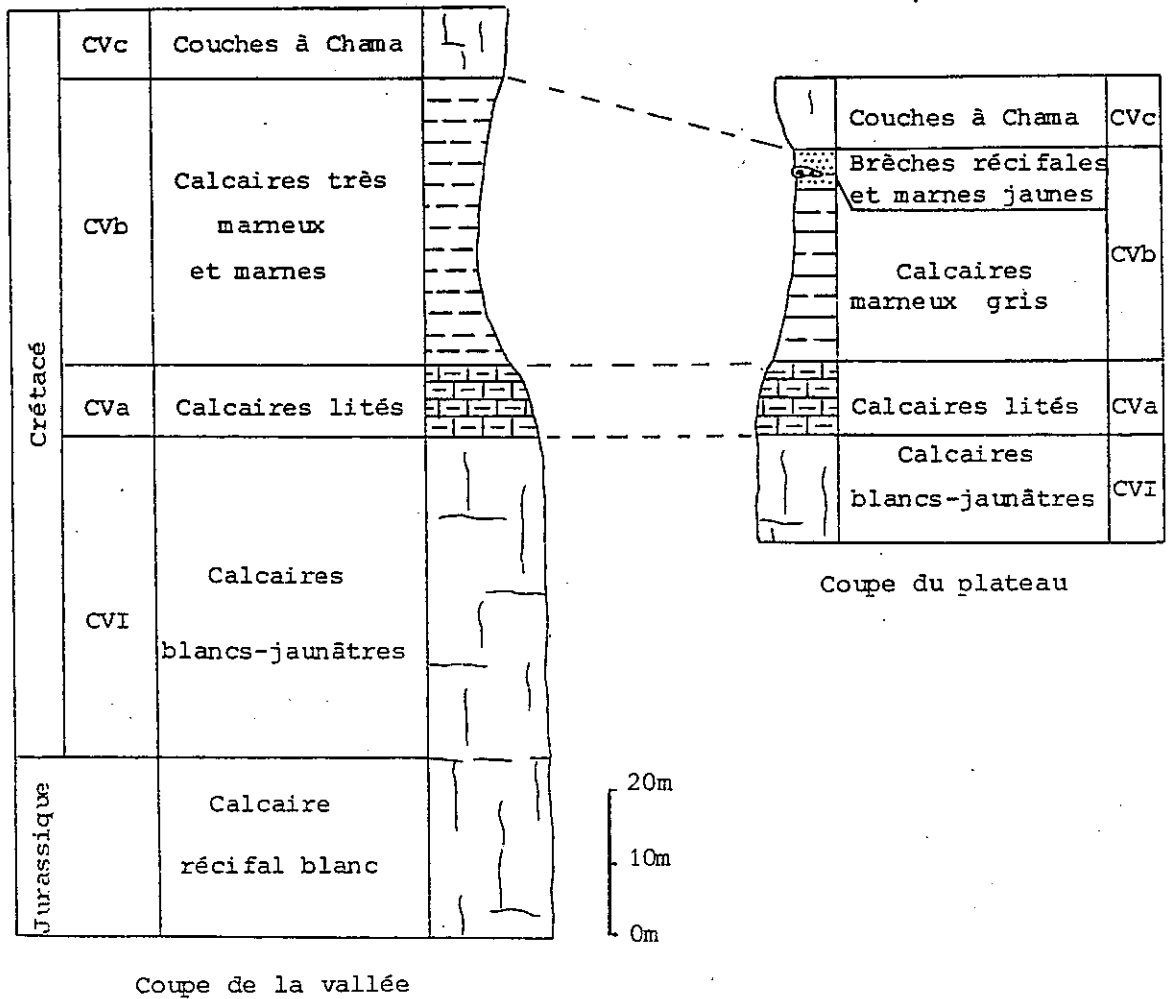


Figure 5 : Variations latérales de faciès des "Couches du balcon", d'après W. KILIAN et P. LORY (1900).

2.3 - 1900 - 1966 : Affinement des datations :

Tous les auteurs qui ont étudié à cette époque la coupe de l'Echailon se sont basés sur les levés de W. KILIAN et P. LORY (1900). Leur principal apport à la connaissance des séries fut l'étude plus détaillée de la faune d'ammonites récoltée dans les "Calcaires coralligènes".

- G. FAURE-MARGUERIT (1918) effectuant une monographie détaillée des faunes des "Calcaires coralligènes" attribua au Tithonique la faune d'ammonites. Considérant la continuité de la série coralligène, cet auteur plaça la limite Jurassique-Crétacé à la base des "Couches du balcon" (tableau 2) c'est-à-dire plus haut que ne l'avaient fait W. KILIAN et P. LORY (1900).
- G. MAZENOT (1939) révisa cette faune d'ammonite et lui attribua un âge Tithonique supérieur.
- M. GIGNOUX (1943 - 1944) se réfère aux travaux de G. FAURE-MARGUERIT (1918) pour l'âge de la faune, et à ceux de P. LORY et W. KILIAN (1900) pour la localisation de la limite Jurassique-Crétacé.

2.4 - Depuis 1966 - L'apport des calpionnelles :

La détermination des calpionnelles des "Couches du balcon" a permis à J. REMANE (1966) et G. Le HEGARAT (1971) de proposer une datation précise pour cette formation. Si ces deux auteurs s'accordent pour attribuer un âge Berriasien aux "Couches du balcon", leurs conclusions divergent quant à la datation précise de ces assises. La figure 6 situe sur un profil lithologique la position des différentes calpionnelles observées par J. REMANE (1966) et G. Le HEGARAT (1971). Les niveaux où ces auteurs ont décrits des calpionnelles ayant pu être situés avec précision, il apparaît que l'âge de la base des "Couches du balcon" est attribué à la sous-zone D1 pour J. REMANE, aux zones B-C pour Le HEGARAT ; la différence d'âge est moins prononcée pour les échantillons observés plus haut dans la série attribués à la zone D moyenne (D2) par J. REMANE, à la zone D1 pour G. Le HEGARAT. On remarque également sur cette figure que le nombre d'organismes identifiés par J. REMANE est très supérieur à celui pris en compte par G. Le HEGARAT. En conséquence, une étude complémentaire a dû être effectuée afin de lever le doute qui subsiste sur l'âge des assises berriasienne de la base des "Couches du balcon".

3 - Conclusions :

Emplacement de la limite Jurassique-Crétacé à l'Echailon, et choix des zones d'ammonites et de calpionnelles du Berriasien-Valanginien.

FORMATIONS de W. KILIAN & P. LORY 1900	J. REMANE 1966								G. Le HEGARAT 1971								
	Numéro d'échantillon	Calpionelles						ZONATION	Numéro d'échantillon	Calpionelles						ZONATION	
		<i>Tintinnopsella carpathica</i>	<i>Tintinnopsella longa</i>	<i>Remaniella cadischiana</i>	<i>Calpionellopsis simplex</i>	<i>Calpionellopsis oblonga</i>	<i>Calpionella alpina</i>			<i>Tintinnopsella carpathica</i>	<i>Tintinnopsella longa</i>	<i>Remaniella cadischiana</i>	<i>Calpionellopsis simplex</i>	<i>Calpionellopsis oblonga</i>	<i>Calpionella alpina</i>		<i>Calpionella elliptica</i>
40m	E Ba 5	74	5	2	13	43	6	D	BEC 30	X		X			X		D1
30m	Couches du Balcon	9	65	3	1	12	37	37	D	21	13				7	2	C
		11	34	1		2			D	20	5				4		B-C
20m	Calcaire récifal									10					1		B?
10m																	

Figure 6 : Age des faunes de calpionelles observées à l'Echailon par J. REMANE (1966) et G. LE HEGARAT (1971).

Le profil théorique adopté est celui de cette étude. Les valeurs indiquent le nombre de représentants de chaque espèce observé par horizon. L'attribution à la zone B de l'échantillon BEC 10 est signalée comme probable par G. LE HEGARAT.

3.1 - La limite Jurassique-Crétacé à l'Echailon : tableau 2

La limite entre ces deux périodes est située entre les deux seuls niveaux datés, c'est-à-dire :

- La base des "Calcaires coralligènes" qui renferme une faune d'ammonites du Tithonique supérieur.
- Les "Couches du balcon" qui ont livré des calpionelles du Berriasien, cette formation étant toutefois située plus ou moins haut dans cet étage, selon les auteurs.

Compte tenu des variations de faciès entre la base et le sommet de la série, la coupe de l'Echailon n'est probablement pas la plus convenable pour définir la limite Jurassique-Crétacé ; c'est la raison pour laquelle elle n'a d'ailleurs pas été utilisée comme coupe de référence lors du Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé de 1973.

C. LORY 1846-1861	JURASSIQUE	CRETACE	Calcaire à Chama
E. HEBERT 1881	JURASSIQUE	CRETACE	Couches du Balcon
A. VILLOT 1882	CRETACE	CRETACE	Calcaire récifal
W. KILIAN 1895	JURASSIQUE	CRETACE	
W. KILIAN & P. LORY 1900	JURASSIQUE	CRETACE	
G. FAURE-MARGERIT 1918	JURASSIQUE	CRETACE	
M. GIGNOUX 1943	JURASSIQUE	CRETACE	
M. GIGNOUX 1943	JURASSIQUE	CRETACE	
J. REMANE 1966	non étudié	CRETACE	
G. LeHEGARAT 1971	non étudié	CRETACE	
Formations de W. KILIAN & P. LORY			

Tableau 2 : Position de la limite Jurassique-Crétacé à l'Echailлон selon les différents auteurs.

⊗ - ammonites

∩ - calpionelles.

3.2 - Les zones d'ammonites et de calpionelles du Berriasien-Valanginien : tableau 3.

Les biozones d'ammonites et de calpionelles utilisées dans cette étude sont celles qui ont été définies dans les séries vocontiennes :

- Pour le Berriasien, stratotype de Berrias (Ardèche).
- Pour le Valanginien, les hypostratotypes de Barret-le-bas (Hautes Alpes) et d'Angles-les-Baoussayes (Alpes de Hautes Provence).

B - LE BERRIASIEN-VALANGINIEN DE CHARTREUSE MERIDIONALE

L'évolution des connaissances sur cette série s'est effectuée en deux étapes successives. Dans un premier temps, les auteurs ont défini un petit nombre de formations à valeur régionale dont l'âge et l'extension latérale ont fait l'objet d'interprétations variées. Les travaux récents basés sur les méthodes d'étude classiques de la stratigraphie, ou sur les techniques d'analyse séquentielle, ont utilisés la micropaléontologie (ostracodes, calpionelles, foraminifères) pour établir des corrélations plus précises, mettant en évidence le diachronisme de certaines formations.

VALANGINIEN	supérieur	z. à Callidiscus		zone E	CALPIONELLITES
		z. à Trinodosum			
		z. à Verrucosum			
VALANGINIEN	inférieur	z. à Campylotoxum		zone D	CALPIONELLOPSIS
		z. à Pertransiens			
		z. à Otopeta			
BERRIASIEN	zone à Boissieri	s-z. à Callisto		D3	CALPIONELLA
		s-z. à Picteti		D2	
		s-z. à Paramimounum		D1	
	zone à Occitania	s-z. à Dalmasi		zone C	
		s-z. à Privasensis		zone B	
		s-z. à Subalpina			
	z. à Grandis				
Etages	Ammonites		Calpionelles		

Tableau 3 : Zones d'ammonites et de calpionelles du Berriasien et du Valanginien, d'après J. P. THIEULOY, G. LE HEGARAT et J. REMANE.

1 - Avant 1968 - Les formations classiques du Berriasien-Valanginien de Chartreuse :

Les caractéristiques principales de la paléogéographie de cette région ont été reconnues dès 1860 par C. LORY. Cet auteur identifiait un domaine littoral (ou jurassien), un domaine pélagique (ou provençal) et un "domaine mixte" compris entre le sillon subalpin et la faille de Voreppe. Ce "domaine mixte" appelé "domaine intermédiaire" par D. HOLLANDE (1892), puis "domaine pré-subalpin" par N. STEINHAUSER (1969), comprend des séries constituées en grande partie par des calcaires bioclastiques bicolores dénommés "Calcaires du Fontanil" par C. LORY (1852).

Reprenant les travaux de W. KILIAN (1890), M. MORAND (1914) put définir trois formations dans cette série, en distinguant de bas en haut :

- 1 - Les "Calcaires marneux du Valanginien moyen".
- 2 - Les "Calcaires du Valanginien supérieur", dits "Calcaires du Fontanil".
- 3 - Les "Calcaires à silex et Alectryonia rectangularis" Valanginien supérieur.

La terminologie de M. MORAND devint classique et fut adoptée par de nombreux auteurs, parmi lesquels M. GIGNOUX (1925), J. M. W. NASH (1928), M. GIGNOUX et L. MORET (1944).

2 - Depuis 1979 - Les études récentes : tableau 4

Le point commun de ces études est d'avoir bénéficié du perfectionnement des techniques micropaléontologiques de datation basées sur les calpionelles, les ostracodes et les foraminifères. Il est possible de les regrouper dans deux classes différentes suivant qu'elles font appel aux techniques classiques de la stratigraphie (subdivision de la série en formations), ou à l'analyse séquentielle.

2.1 - Travaux basés sur l'analyse par formation :

Dans le domaine étudié, ces travaux sont ceux de N. STEINHAUSER (1969) et J.M. SANTOS (1980). Ces différents auteurs ont identifié cinq formations (tableau 4) sur des critères lithologiques. Cette méthode d'analyse ne peut être utilisée que pour établir des corrélations entre domaines proches, présentant les mêmes formations. De plus, les corrélations ainsi établies n'ont de valeurs que si l'âge des formations ne varie pas d'un domaine à l'autre, ce qui nous le verrons n'est pas toujours le cas.

2.2 - Travaux utilisant les méthodes d'analyse séquentielle :

Il s'agit des publications de H. ARNAUD, M. GIDON et J.P. THIEULOY (1981) et C. DARSAC (1983). Ces travaux cherchent à établir des corrélations précises basées sur l'évolution séquentielle de la série, cette méthode d'analyse est utilisée dans notre étude.

H. ARNAUD et al. (1981) se sont principalement intéressés aux problèmes posés par la diachronisme des "Calcaires du Fontanil". Ils ont défini des séquences et des discontinuités majeures en se basant sur la révision des faunes d'ammonites du Fontanil et l'analyse séquentielle de la série.

C. DARSAC (1983) a étudiée le Berriasien-Valanginien de l'Ain et de la Savoie en employant des méthodes d'analyse identiques aux nôtres. La plupart des discontinuités et séquences définies par cet auteur ont été reconnues dans les séries de Chartreuse méridionale. De ce fait, nous avons adopté dans cette étude la terminologie proposée par C. DARSAC.

		JURA		SAVOIE		PRE-SUBALPIN		ISERE					
âge	Discontinuités et séquences	C. DARSAC 1983		M. MOUTY 1966		N. STEINHAUSER 1969		J. M. SANTOS 1980		T. BOISSEAU 1986			
		BERRIASIEN moyen supérieur		VALANGINIEN inférieur supérieur		BERRIASIEN VALANGINIEN		BERRIASIEN inf. moy. supérieur		BERRIASIEN supérieur			
		VALANGINIEN inférieur sup.		VALANGINIEN supérieur		VALANGINIEN inférieur sup.		VALANGINIEN inférieur sup.		VALANGINIEN inférieur sup.			
		Formations		Formations		Formations		Formations		Formations			
		D 3 C 2 B 1 A 0		Valanginien supérieur calcaire Valanginien supérieur marneux Calcaire du Val de Fier Gouches de La Corratierie Calcaire de Thoiry Purbeckien		Bourget Chambotte supérieure membre du Gulers Chambotte inférieure Vions Pierre-Châtel Faciès purbeckien		Bourget Fontanil Alleves Chéran		Formation 5 Formation 4 Formation 3 Formation 2 Formation 1		C-D B2 B1 A2 A1 D10	

Tableau 4 : Corrélation des différentes formations et séquences de M. MOUTY (1966), N. STEINHAUSER (1969) et C. DARSAC (1983), équivalence avec les discontinuités et séquences subalpines.

CHAPITRE III - ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

A - PRESENTATION DE L'ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE :

B - ANALYSE SEDIMENTOLOGIQUE :

I - Définitions, plan de description des faciès et plan du paragraphe :

II - Séries autochtones de plate-forme non submergée :

III - Séries autochtones de plate-forme submergée :

IV - Faciès allochtones :

V - Agencement des faciès et organisation séquentielle :

C - DISCONTINUITES ET SEQUENCES :

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

ZONATION HORIZONTALE -PICARD-1980- -MASSE-1976-		PRELITTORAL		PLATE-FORME		MARGINO-
				EXT.	INT.	LITTORAL
ZONATION VERTICALE PERES-1961-	SUPRALITTORAL et MEDIOLITTORAL					
	INFRALITTORAL					
	CIRCALITTORAL					
ZONATION PALEOGEOGRAPHIQUE		Pélagique BASSIN	Hémipélagique BASSIN	TALUS EXTERNE	BORDURE	PLATE-FORME s.s.

Figure 7 : Zonations verticale, horizontale et paléogéographique d'une plate-forme carbonatée théorique. D'après PERES (1961), MASSE (1976) et PICARD (1980).

A - PRESENTATION DE L'ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE :

1 - Méthodes d'étude :

L'échantillonnage, effectué de façon serrée, comporte 1 600 prélèvements calcaires et 80 prélèvements marneux, pour une épaisseur cumulée des coupes de 1100 m.

1.1 - Prélèvements calcaires :

A partir des 1600 échantillons de ce type ont été effectuées 1130 lames minces. En complément de celles-ci, une quarantaine de sections polies ont été réalisées dans les calcaires du domaine interne de la plate-forme.

1.2 - Prélèvements marneux :

71 échantillons sur les 80 prélevés ont été traités dans deux buts principaux : la recherche des foraminifères benthiques dégagés et la détermination des ostracodes. Si les ostracodes ont permis de dater certains horizons, les foraminifères récoltés se sont avérés peu utilisables car très abimés.

2 - Modélisation et zonation des milieux de dépôts :

2.1 - Zonation :

La figure 7 représente les trois types de zonation des environnements sédimentaires qui ont été utilisés.

2.2.1 - Zonation verticale :

Étages bionomiques de PERES (1961).

Cette classification différencie le domaine aphytal du domaine phytal ; ce dernier étant subdivisé en quatre étages : circalittoral, infralittoral, médiolittoral et supralittoral.

2.1.2 - Zonation horizontale :

Ensembles bionomiques de MASSE (1976) et PICARD (1980).

Cette zonation permet de distinguer trois ensembles : ensemble pré-littoral, ensemble de plate-forme, ensemble margino-littoral. L'ensemble de plate-forme se subdivise lui même en plate-forme externe et plate-forme interne.

2.1.3 - Zonation paléogéographique :

Du point de vue paléogéographique, quatre domaines peuvent être distingués : bassin (pélagique et hémipélagique), talus externe, bordure et plate-forme sens strict.

2.1.4 - Fréquence des différentes zones dans le domaine étudié :

L'essentiel des séries correspond à des dépôts carbonatés de la zone pré-littorale et de la plate-forme externe. La rareté des sédiments de plate-forme interne n'a pas permis, pour ce domaine, une étude aussi poussée que pour les dépôts pré-littoraux et de plate-forme externe ; en conséquence nos analyses reprennent pour le domaine interne celles de la thèse de C. DARSAC (1983).

2.2 - Plate-forme non submergée et plate-forme submergée :

Une plate-forme non submergée est une plate-forme dont les milieux de dépôts se situent dans les étages : infralittoral, médiolittoral et supralittoral.

Une plate-forme submergée est caractérisée par la prépondérance des milieux circalittoraux. Elle s'observe pendant les phases majeures d'approfondissement des milieux (transgression). La figure 17 représente une coupe théorique de plate-forme non submergée.

3 - Plan du chapitre :

Ce chapitre se divise en deux parties. La première intitulée "Analyse sédimentologique" (paragraphe B) est consacrée à la description et à la succession des microfaciès, la seconde intitulée "Discontinuités et séquences" (paragraphe C) décrit l'organisation séquentielle de la série et les discontinuités sédimentaires.

B - ANALYSE SEDIMENTOLOGIQUE :

I - Définitions, plan de description des faciès et plan du paragraphe :

1 - Définitions :

faciès et familles de faciès, dépôts autochtones et dépôts allochtones.

1.1 - Faciès et familles de faciès :

24 faciès ont été définis et regroupés au sein de 7 familles. Les familles de faciès sont basées sur un petit nombre de critères, pour la plupart applicables à des séries autres que celles du Berriasien-Valanginien (tableaux 5 et 8). Chacune de ces familles regroupe plusieurs faciès définis principalement à partir de critères paléontologiques, tels que les associations d'algues ou de foraminifères, ainsi que sur les pourcentages de certains éléments (bioclastes, pelloïdes, débris d'échinodermes, ...).

1.2 - Dépôts autochtones et dépôts allochtones :

Une partie importante des séries étudiées correspond à des sédiments déposés sur le talus externe. Du fait de la déclivité, la contamination des dépôts autochtones par des éléments allochtones venus des zones hautes est fréquente.

2 - Plan de description des faciès :

La description des différents faciès respectera le plan suivant :

Nom du faciès (classification de FOLK).

- Lame type
- Sédiment correspondant
- Texture (classification de DUNHAM).
- Localisation géographique : coupes où le faciès a été observé.
- Position stratigraphique : unités dans lesquelles on observe le faciès.

* aspect macroscopique :

- Aspect à l'affleurement
- Macrofaune récoltée sur le terrain.

* aspect microscopique :

- Matrice (classification de FOLK).
- Pourcentage de quartz, pelloïdes et débris micritisés, et bioclastes, déterminé par charte visuelle de pourcentage.
- Taille moyenne des bioclastes.
- Nature des bioclastes.

Les chartes visuelles permettent d'estimer le pourcentage des éléments.

La taille moyenne des bioclastes est calculée grâce à la méthode proposée par J.P. MASSE (1976). Cette mesure s'effectue en lame mince à l'aide d'un micromètre, elle consiste à compter 100 grains interceptés par une ligne de longueur connue, puis à diviser par 100 la longueur totale mesurée. Cette méthode est utilisée pour les faciès à grains jointifs, elle est contestable mais permet d'établir des comparaisons entre les différents faciès étudiés et ceux définis dans d'autres études utilisant cette technique.

3 - Plan du paragraphe :

Nous analyserons successivement les séries autochtones de plate-forme non submergée, les séries autochtones caractéristiques des plates-formes submergées, les séries allochtones. Après avoir défini la série virtuelle, nous décrirons et commenterons les différents types de séquences observées.

II - Séries autochtones de plate-forme non submergée :

1 - Zone pré-littorale :

Si l'on retient l'interprétation de J.P. MASSE (1976), la zone pré-littorale correspond à des milieux de dépôt circalittoraux.

Les sédiments de la zone pré-littorale présentent les caractéristiques communes suivantes :

- Abondance des débris d'échinodermes.
- Présence de spicules, de débris de bryozoaires et de brachiopodes.
- Absence dans les éléments autochtones des débris de cnidaires, rudistes, spongiaires calcaires et algues.
- Microfaune caractérisée par l'absence des grands miliolidés, la rareté des grands foraminifères, l'abondance des petits foraminifères circalittoraux.

Nous regroupons sous la dénomination "petits foraminifères circalittoraux", les formes suivantes dont la taille n'excède pas 0,3 mm :

- Petits foraminifères à test mince agglutiné des genres Gaudryina, Dorothia, Earlandia, Glomospira et Citaella.
- Petits miliolidés circalittoraux dont les espèces appartiennent aux genres Pyrgo et Pseudotriloculina.

1.1 - Familles de faciès autochtones :

Le tableau 5 résume les caractéristiques permettant de différencier les trois familles de faciès pré-littoraux observées dans les séries autochtones. La famille C ne s'observe que dans les séries de plate-forme submergée et sera définie dans le paragraphe III.





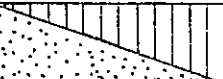






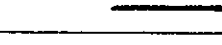
familles de faciès caractéristiques	A	B	C	D
MATRICE sparite  micrite  50%				
CLASSEMENT	NUL	NUL	NUL	BON
CALPIONELLES				
SPICULES				
fins débris d'échinides				
BRYOZOAIRES				
petits foraminifères circalittoraux				
Trocholines en place				

Tableau 5 : Principales caractéristiques des différentes familles de faciès du domaine pré littoral dans le contexte des plates-formes non submergées.

Famille de faciès A : Biomicrites et biopelmicrites à calpionelles et à spicules.

Les différents faciès de cette famille ont une matrice micritique argileuse et silteuse. L'essentiel des bioclastes correspond à des spicules monaxones de spongiaires. Ces faciès sont les seuls qui renferment une microfaune pélagique abondante (calpionelles), la microfaune benthique se limite à de rares petits foraminifères circalittoraux.

Famille de faciès B : Biopelmicrites et biopelsparites à débris d'échinodermes.

Les bioclastes de cette famille sont principalement constitués par des débris d'échinodermes et quelques fragments de bryozoaires. Les petits foraminifères circalittoraux sont abondants. Contrairement aux faciès de la famille A, les différents faciès de la famille B ne présentent jamais de spicules de spongiaires.

Famille de faciès D : Biopelmicrites et biopelsparites à petits éléments usés et petits foraminifères circalittoraux.

Les faciès de la famille D se caractérisent principalement par l'abondance des petits foraminifères circalittoraux qu'ils renferment et par le tri de leurs éléments. Ces éléments petits et bien

classés ont une taille moyenne comprise entre 0,2 et 0,3 mm. Contrairement aux faciès de la famille B, les débris d'échinodermes présents dans ce faciès sont arrondis par l'usure.

1.2 - Les faciès autochtones du domaine pré littoral :

Chacune des familles de faciès pré littoraux regroupe de deux à quatre faciès autochtones.

1.2.1 Famille de faciès A : Biomicrites et biopelmicrites à calpionelles et spicules, faciès autochtones A1, A2, A3, et A4 : (tableau 6)

Faciès A1 : Biomicrites et biopelmicrites à calpionelles

Faciès A2 : Biomicrites et biopelmicrites à calpionelles et rares spicules.

Faciès A3 : Biomicrites et biopelmicrites à nombreux spicules.

Faciès A4 : Biomicrites et biopelmicrites à petits débris d'échinides et rares spicules.

1.2.1.1 - Description :

a) Biomicrites et biopelmicrites à calpionelles : Faciès A1

- Lamé type : AL 97 - Coupe de l'Echailon unité A2.
- Sédiment correspondant : vases à calpionelles.
- Texture : Mudstone.
- Localisation géographique : l'Echailon.
- Position stratigraphique : unité A2.

* aspect macroscopique :

A l'affleurement, ce faciès se présente comme une alternance de bancs de calcaires argileux gris et de marnes, bancs et interbancs sont d'épaisseur décimétrique à métrique.

La macrofaune n'est présente qu'à la base des passées marneuses les plus épaisses et au toit des calcaires argileux immédiatement sous-jacents, elle est constituée par des bivalves (exogyres), des brachiopodes (rhynchonelles et térébratules) et quelques tubes d'annélides.

* aspect microscopique :

- Matrice : micrite argileuse et silteuse.
- Quartz : 1 à 8 % (déterminé à l'aide de chartes visuelles).
- Bioclastes : 5 à 10 %.
- Pelloïdes et débris micritisés : 5 à 10 %.
- Taille moyenne des bioclastes : moins de 0,1 mm.

En lame mince ce faciès se caractérise par l'abondance des calpionelles. Les autres bioclastes sont de rares petits foraminifères circalittoraux, des nodosaridés de fins débris de spatangidés (moins de 5 % du faciès).

b) Biomicrosites et biopelmicrosites à calpionelles et rares spicules :
faciès A2

- Lame type : A 302 - Coupe du Guiers mort unité A1.
- Sédiment correspondant : vases à calpionelles et rares spicules.
- Texture : Mudstones à Wackestone.
- Localisation géographique : Curière, l'Echaillon, Le Guiers.
- Position stratigraphique : Unités A1, A2 et C-D.

* aspect macroscopique :

Alternance de calcaires argileux gris en bancs décimétriques et de bancs marneux formant des joints. Certaines passées marneuses sont plus épaisses (0,8 à 1,5 m). La macrofaune est réduite à quelques térébratules et de rares ammonites.

* aspect microscopique :

- Matrice : Micrite argileuse plus ou moins silteuse.
- Quartz : Moins de 5 % du faciès (détermination par charte visuelle).
- Bioclastes : 10 - 15 %
- Pelloïdes et débris micritisés : 10 - 15 %
- Taille moyenne des bioclastes : moins de 0,1 mm.
- Les bioclastes sont constitués par :
 - des calpionelles,
 - de petits foraminifères circalittoraux et des nodosaridés.
 - des fragments de térébratules, et des débris de spatangidés
 - des spicules de spongiaires.

Le faciès A2 se différencie du faciès A1 par la plus grande abondance des foraminifères et des débris d'échinides, et surtout par la présence de spicules.

c) Biomicrosites et biopelmicrosites à nombreux spicules :
faciès A3

- Lame type : A 290 - coupe du Guiers mort unité A1.
- Sédiment correspondant : vases à spongiaires.
- Texture : Wackestone.
- Localisation géographique : Le Guiers, Curière, La Corrière.
- Position stratigraphique : Unités A1, A2, B1 et C-D.

* aspect macroscopique :

Calcaires beiges ou bleus à patine grise, en bancs décimétriques séparés par des joints secs ou de minces diastèmes marneux. La macrofaune se limite à de rares térébratules.

* aspect microscopique :

- Matrice : Micrite argileuse.
- Quartz : moins de 2 % du faciès.
- Pelloïdes et débris micritisés : 10 - 15 %.
- Bioclastes : 20 - 45 %.
- Taille moyenne des bioclastes : 0,1 - 0,12 mm.

Ce faciès se caractérise par l'abondance des spicules qui constituent de 10 à 40 % de l'ensemble des bioclastes.

Les autres bioclastes sont constitués par :

- quelques calpionelles,
- de petits foraminifères circalittoraux et des nodosaridés,
- des fragments de brachiopodes,
- de petits débris de spatangidés.

Par rapport au faciès A2, ce faciès se caractérise par la plus grande fréquence des débris d'échinides et des petits foraminifères circalittoraux ; par la rareté des calpionelles et des spicules.

d) Biomicrosites et biopelmicrosites à échinodermes et rares spicules :
faciès A4

- lame type : AC 24 - Coupe de Curière, unité A1.
- Sédiment correspondant : vases sableuses à spatangidés et rares spongiaires siliceux.
- Texture : Wackstone.
- Localisation géographique : Le Guiers mort, Curière, l'Echaillon, La Corrière.
- Position stratigraphique : Unités A1, A2, B1, C-D.

* aspect macroscopique :

Bancs décimétriques de calcaires gris à cassure beige, séparés par des joints secs ou de minces diastèmes marneux. La macrofaune récoltée n'est constituée que par des térébratules.

* aspect microscopique :

- Matrice : micrite argileuse.
 - Quartz : moins de 2 % du faciès.
 - Pelloïdes et débris micritisés : 20 à 30 %.
 - Bioclastes : 10 à 25 %.
 - Taille moyenne des bioclastes : 0,1 - 0,13 mm.
- L'essentiel des bioclastes est représenté par de fins débris d'échinodermes (spatangues), formant 5 à

15 % du faciès. On note la présence constante de spicules (moins de 5 %).

La microfaune est constituée par des petits foraminifères circalittoraux et des lenticulines, les calpionelles sont rares ou absentes, on note la présence d'Epistomines sur la coupe de l'Echaillon (lames AL 67 à AL 70) Le faciès A4 se différencie du faciès A3, principalement par sa plus grande richesse en petits foraminifères circalittoraux et débris d'échinides et par sa pauvreté en spicules et calpionelles.

1.2.1.2 - Conclusion :

CARACTERISTIQUES PRINCIPALES	FACIES A1	FACIES A2	FACIES A3	FACIES A4
bancs marneux épais				
Calpionelles				
Spicules				
petits foraminifères circalittoraux				
Lenticulines				
fins débris d'échinodermes				
argile				

Tableau 6 : Principales caractéristiques des faciès autochtones de la famille A : Biomirites à spicules et calpionelles.

Le tableau 6 expose les principaux critères de distinction des faciès de la famille A.

Du faciès A1, le plus profond, au faciès A4 on constate l'évolution suivante :

- Diminution de la teneur en argile des séries se traduisant par la raréfaction de l'argile en matrice, des joints marneux et la disparition des passées marneuses épaisses (0,8 à 1,5 m).
- Disparition progressive des calpionelles.
- Augmentation de la taille et du nombre des bioclastes.
- Développement puis disparition des spicules.
- Enrichissement des faciès en petits foraminifères circalittoraux, lenticulines et fins débris d'échinodermes (spatangidés).

1.2.2 - Famille de faciès B : Biopelmicrites et biopel-parites à petits débris d'échinodermes, faciès autochtones B1, B2, B3 et B4.

Ces différents faciès sont riches en débris de spatangidés et petits foraminifères circalittoraux ; des débris de bryozoaires et crinoïdes sont présents. La famille de faciès B regroupe quatre faciès différents :

- Faciès B1 : Biopelmicrites à petits débris d'échinodermes et petits foraminifères circalittoraux.
- Faciès B2 : Biopelmicrites à petits débris d'échinodermes et de bryozoaires.
- Faciès B3 : Biopelmicrites et biopelsparites à débris de bryozoaires et petits foraminifères circalittoraux.
- Faciès B4 : Biopelmicrites et biopelsparites à débris de bryozoaires et éléments usés.

1.2.2.1 - Description des faciès :

**a) Biopelmicrites à petits débris d'échinodermes et petits foraminifères circalittoraux :
faciès B1**

- Lamé type : AC 119 - Coupe de Curière, unité A2.
- Sédiments correspondants : vases sableuses à spatangidés et petits foraminifères circalittoraux.
- Texture : Wackestone.
- Localisation géographique : Toutes les coupes.
- Position stratigraphique : Unités A2, B1, B2, et C-D.

*** aspect macroscopique :**

Bancs décimétriques à métriques de calcaires bicolores bleus en cassure, ocre en patine. Les joints sont secs, la macrofaune récoltée comprend des spatangues, des térébratules et des serpules.

*** aspect microscopique :**

- Matrice : Micrite argileuse.
- Quartz : moins de 1 %.
- Pelloïdes : 10-30 %.
- Bioclastes : 10-30 %.
- Taille moyenne des bioclastes : 0,11 à 0,16 mm.

Les bioclastes sont essentiellement des débris de spatangidés (15-35 %). La microfaune est représentée par des petits

foraminifères circalittoraux et des lenticulines.

b) Biopelmicrites à petits débris d'échinodermes et de bryozoaires : faciès B2

- lame type : A 342 - Le Guiers-mort, unité A2.
- Sédiment correspondant : Vases sableuses à spatangidés et rares bryozoaires.
- Texture : Wackestone.
- Localisation géographique : Curière, Le Guiers-mort, La Buisse et l'Echaillon.
- Position stratigraphique : Unités A2 et B1.

* aspect macroscopique :

Calcaires bicolores en bancs décimétriques à métriques, beiges en patine et bleus en cassure. Leurs joints sont secs. La macrofaune est constituée par des spatanges, des serpules et des térébratules.

* aspect microscopique :

- Matrice: micrite 85 à 100 %, sparite de 0 à 15 %
- Quartz : moins de 1 %.
- Pelloïdes et débris micritisés : 10 à 35 %.
- Bioclastes : 10 à 35 %.
- Taille moyenne des bioclastes : 0,15 à 0,25 mm.

Les bioclastes autochtones de ce faciès sont principalement des débris de spatanges. La microfaune comprend des petits foraminifères circalittoraux, des lenticulines et des neotrocholines. 5 à 20 % des bioclastes de ce faciès sont constitués par des débris de bryozoaires et de crinoïdes. Ce faciès se différencie du précédent par la plus grande taille de ses bioclastes, le nombre plus élevé des débris d'échinides, la présence de fragments de bryozoaires et de crinoïdes.

c) Biopelmicrites et biopelsparites à débris de bryozoaires et petits foraminifères circalittoraux: faciès B3

- lame type : AC 133 - Coupe de Curière, unité B2.
- Sédiment correspondant: vases sableuses et sables vaseux à bryozoaires, crinoïdes et foraminifères circalittoraux.
- Texture : Wackestone - Packstone.
- Localisation géographique : Le Guiers mort, Curière, et l'Echaillon.
- Position stratigraphique : unités A1, A2, et B1.

* aspect macroscopique :

Calcaires bicolores, bleus en cassure et ocre en patine, formant des bancs décimétriques à métriques séparés par des joints secs parfois ondulés.

* aspect microscopique :

- Matrice : Micrite 70 - 90 %, sparite 10 - 30 %.
- Quartz : moins de 1 %.
- Pélloïdes et débris micritisés : 10 - 30 %.
- Bioclastes : 20 - 30 %.
- Taille moyenne des bioclastes : 0,18 à 0,28 mm.

On distingue deux classes de bioclastes dans ce faciès: bioclastes déjà observés dans la famille de faciès A, et bioclastes absents dans cette famille de faciès.

Les bioclastes déjà observés dans les faciès de la famille A constituent 40 à 80 % des bioclastes du faciès B3, il s'agit d'éléments dont la taille est inférieure à 0,3 mm.

- débris de spatangues,
- lenticulines et petits foraminifères circalittoraux.

20 à 60 % des bioclastes est constitué par des éléments non observés dans la famille de faciès A, ces bioclastes ont généralement un diamètre inférieur à 0,3 mm, il s'agit de :

- débris de bryozoaires et de crinoïdes,
- neotrocholines et quelques trocholines,
- rares Acicularia.

Ce faciès se différencie du précédent par l'apparition des trocholines et des Acicularia, la taille des bioclastes plus élevée, la plus grande abondance des débris de crinoïdes et de bryozoaires.

d) Biopelmicrites et biopelsparites à débris de bryozoaires et éléments usés :
faciès B4

- lame type: AC 171 - Curière unité A2.
- Sédiment correspondant : Sables vaseux et vases sableuses à éléments usés et bryozoaires.
- Texture : Wackestone - Packstone.
- Localisation géographique : Le Guiers mort, Curière, l'Echaillon.
- Position stratigraphique : Unités A1 et A2.

* aspect macroscopique :

Calcaires beiges, gris en patines, organisés en bancs d'épaisseur métrique à joints secs. Au sein des bancs on note la présence d'un litage discontinu tous les 5 à 30 cm.

* aspect microscopique :

- Matrice : micrite 30 à 70 %, sparite 30 à 70 %.
- Quartz : moins de 1 %.
- Pélloïdes et débris micritisés: 30 à 50 %.
- Bioclastes : 20 à 30 %

- Taille moyenne des bioclastes : 0,18 à 0,28 mm.

Les bioclastes sont issus de deux types d'organismes autochtones :

- 20 à 40 % des bioclastes est formé par des débris déjà présents dans la famille de faciès A, débris d'échinides (spatangues), lenticulines, petits foraminifères circalittoraux.

- 60 à 80 % des bioclastes est formé de débris d'organismes non observés dans la famille de faciès A : bryozoaires, crinoïdes, trocholines, neotrocholines, Acicularia.

Le faciès B4 se différencie des autres faciès de la famille B par une plus grande usure des éléments les constituant.

1.2.2.2 - Conclusion :












CARACTERISTIQUES PRINCIPALES	Faciès A4	Famille de faciès B			
		Faciès B1	Faciès B2	Faciès B3	Faciès B4
JOINTS ondulés secs plans secs marneux					
MATRICE micrite  50% sparite 					
CLASSEMENT	NUL	NUL	NUL	NUL	MOYEN
BRYOZOAIRES					
SPICULES					
BACINELLES usées					
<i>Terquemella</i>					
petits foraminifères circalittoraux					
TROCHOLINES en place					

Tableau 7 : Principales caractéristiques des faciès autochtones de la famille B : Biopelmicrites et biopelsparites à débris d'échinodermes.

Le tableau 7 présente les caractéristiques principales biologiques et non biologiques des faciès de la famille B :

- caractères non biologiques : La matrice devient de plus en plus sparitique et les éléments plus usés, les joints secs et ondulés se développent. Ces différents paramètres indiquent une légère augmentation d'énergie du milieu, annonçant les milieux à haute énergie

de la zone bordière.

- caractères biologiques : La faune s'enrichit, qu'il s'agisse de la macrofaune (bryozoaires, crinoïdes) ou de la microfaune (petits foraminifères circalittoraux, trocholines, neotrocholines), on note également l'apparition des algues sous la forme de sporanges de dasycladacées (Acicularia).

La succession des différents faciès de la famille B, montre le passage progressif d'un milieu non agité à faune peu diversifiée, à un milieu présentant un léger hydrodynamisme à faune et flore plus diversifiées.

1.2.3 - Famille de faciès D : Biopelmicrites et biopelsparites à petits éléments usés et calibrés, et petits foraminifères circalittoraux:
faciès autochtones D1 et D2

Les différents faciès de la famille D se caractérisent par la petite taille et l'usure de leurs éléments (moins de 0,3 mm) ; l'abondance des débris de spatangidés, des petits foraminifères circalittoraux et des pelloïdes. Deux faciès sont distingués dans cette famille:

- Faciès D1 : Biopelmicrites et biopelsparites à petits débris usés d'échinodermes.
- Faciès D2 : Biopelsparites bien classées à petits foraminifères circalittoraux.

1.2.3.1 - Description :

a) Biopelmicrites et biopelsparites à petits débris usés d'échinodermes :
faciès D1

- Lame type : A 543 - Coupe du Guiers mort, unité B2.
- Sédiment correspondant : Sables vaseux et vases sableuses à petits débris usés de spatangidés.
- Texture : Wackestone - Packstone.
- Localisation géographique : Le Guiers mort, La Pointière, L'Echailon, La Buisse, La Corrière.
- Position stratigraphique : Unités A2, B1, B2 et C-D.

* aspect macroscopique :

Calcaires en bancs décimétriques à joints ondulés, bleu roux en cassure et gris-roux en patine.

* aspect microscopique :

- Matrice : micrite 40 - 90 %, sparite 10 - 60 %.
- Quartz : jusqu'à 5 % du faciès (déterminé par charte visuelle).

- Pelloïdes et débris micritisés : 20 - 50 %.
- Bioclastes : 25 - 45 %.
- Taille moyenne des bioclastes : 0,15 - 0,20 mm.

Les débris d'échinodermes constituent l'essentiel de l'ensemble des éléments du faciès (5 - 25 %).

La microfaune n'est constitué que par des lenticulines et des foraminifères circalittoraux. La taille moyenne des éléments usés varie de 0,25 à 0,3 mm ; les éléments usés autochtones constituent de 10 à 60 % de l'ensemble des bioclastes et pelloïdes.

Le faciès D1 se différencie des faciès de la famille B (Biopelmicrites à petits débris d'échinodermes) par l'usure et la petite taille des éléments.

b) Biopelsparites bien classées à petits foraminifères circalittoraux :
faciès D2

- lame type : A 539 - Le Guiers mort, unité B1.
- Sédiment correspondant : Sables fins (moins de 0,3 mm) à petits foraminifères circalittoraux.
- Texture : Grainstone.
- Localisation géographique : Le Guiers mort, Curière, La Buisse, l'Echaillon, la Corrière.
- Position stratigraphique : Unités A1, A2, B1, B2 et C-D.

* aspect macroscopique :

Bancs calcaires, minces (5 à 15 cm) à joints ondulés. La patine de la roche est gris-roux et la cassure beige-ocre, parfois bleue.

* aspect microscopique :

- Matrice : micrite 0 - 20 %, Sparite : 80 - 100 %.
- Quartz : moins de 5 % (déterminé par charte visuelle).
- Taille moyenne des éléments : 0,14 à 0,20 mm.
- Pelloïdes et débris micritisés : 25 - 50 %.
- Bioclastes : 10 - 25 %.

Tous les éléments de ce faciès, bioclastes et pelloïdes, sont usés et de taille voisine. Les bioclastes sont constitués par des débris d'échinides (5 à 15 %), des petits foraminifères circalittoraux, des lenticulines et des petits foraminifères planispiralés (genre Haplophragmoïdes). Ce faciès se différencie du précédent par la matrice sparitique, la présence de fragments de bryozoaires et de crinoïdes, de trocholines de petite taille, ainsi que des débris de sporanges (Terquemella, Acicularia).

1.2.3.2 - Conclusion : (tableau 9).

Leur matrice essentiellement sparitique, l'usure, le classement et la petite taille de leurs éléments indiquent que les faciès de la famille D correspondent à des sédiments déposés dans des milieux assez agités pour empêcher le dépôt de la vase, user et classer les éléments. Les faciès D1 et D2 sont les équivalents latéraux des faciès B2, B3 et B4, dont ils se distinguent par leur matrice plus sparitique, la plus petite taille et le meilleur classement des éléments, et la rareté des débris de bryozoaires et crinoïdes (cf paragraphe V).

2 - Plate-forme et zone margino-littorale :

J.P. MASSE (1976), reprenant les travaux de J. PICARD (1961), distingue au sein de l'ensemble de plate-forme deux sous ensembles externe et interne.

La plate-forme externe est un milieu ouvert dominé par les actions hydrodynamiques.

La plate-forme interne est un milieu moins ouvert et plus calme que le précédent.

L'ensemble margino-littoral correspond aux milieux temporairement émergés ou au domaine sous-aquatique dont la salinité diffère fortement de celle de l'eau de mer.

2.1 - Familles de faciès de la plate-forme et de la zone margino-littorale :

2.1.1 - Famille de faciès de la plate-forme :

Deux familles de faciès de plate-forme, E et F sont distinguées. Les faciès de plate-forme présentent les caractéristiques communes suivantes :

- la micritisation des éléments,
- l'abondance des algues.

Famille de faciès E : Biosparites à gros éléments classés, rudistes et cnidaires.

Les différents faciès de cette famille se définissent par :

- leur matrice essentiellement sparitique,
- la grande taille des éléments (plus de 0,3 mm) et leur arrondi acquis par usure.
- la présence d'organismes déjà observés dans le domaine pré-littoral : échinodermes, bryozoaires, rares petits foraminifères circalittoraux,
- l'abondance des gros foraminifères,
- le développement d'une faune et d'une flore

spécifiques : cnidaires, rudistes, spongiaires calcaires pour la faune, Boueina et Pseudocymopolia pour les algues.

Famille de faciès F : Biomicrites et biosparites à faune appauvrie et Lithocodium-bacinella.

Ces faciès présentent une macrofaune appauvrie. La microfaune est moins abondante que dans les faciès de la famille E, ce sont les miliolidés qui sont les organismes les plus fréquents. Les algues sont abondantes et variées et surtout représentées par les genres suivant : Salpingoporella, Kopetdagria, Actinoporella et Cayeuxia. Les associations Lithocodium-bacinella en oncoïdes ou en lamines sont caractéristiques de ces milieux. Les petits foraminifères circalittoraux sont absents.

2.1.2 - Relation entre les familles de faciès et les ensembles bionomiques de la plate-forme et du domaine margino-littoral, définis par J.P. MASSE (1976) :

Le tableau 8 présente les caractéristiques principales des familles de faciès E, F et G.

Les dépôts de la plate-forme externe sont soumis à un hydrodynamisme élevé, ils correspondent à la famille de faciès E. Les faciès de cette famille présentant des éléments usés de grande taille, une matrice sparitique, une faune et une flore spécifiques.

La plate-forme interne est un ensemble plus calme et moins ouvert que la plate-forme externe. Les faciès de la famille F correspondent à ce domaine comme l'indiquent la matrice souvent micritique, la faune appauvrie, la flore caractéristique.

Le domaine margino-littoral se définit par la fréquence des critères d'émersion et correspond à la famille de faciès G.

2.2 - Faciès de la plate-forme et de la zone margino-littorale :

2.2.1 - Famille de faciès E : Biosparites à gros éléments classés, rudistes et cnidaires :

Les différents faciès de la famille de faciès E se situent sur la plate-forme externe, ils sont au nombre de quatre :

faciès E1 : Biosparites bien classées à gros débris arrondis micritisés et grands foraminifères.

faciès E2 : Biosparites classées à gros débris de cnidaires et rudistes.

faciès E3 : Biosparites à débris arrondis et oncoïdes usés de Lithocodium-Bacinella.

faciès E4 : Biosparites et biomicrites à cnidaires et rudistes.



CARACTERISTIQUES		0					
		FAMILLES DE FACIES					
		E		F		G	
MATRICE	sparite  micrite  50%						
CLASSEMENT DES ELEMENTS	BON	NUL	NUL	MOYEN	NUL	NUL	
"RHIZOIDES" ET TERRIERS OUVERTS							
BIRD'S EYES							
METAZOAIRES	ECHINODERMES						
	BRYOZAIRES						
	CNIDAIRES						
	RUDISTES						
PETITS FORAMINIFERES CIRCALITTORAUX							
GROS FORAMINIFERES							
MILIOLIDES							
<i>Cayeuxia</i>							
<i>Boueina</i>							
Lithocodium- Bacinella							
en lamines							
en oncoïdes							
DASYCLADACEES	<i>Salpingoporella</i> <i>Actinoporella</i>						
	<i>Pseudocymopolia</i>						
	<i>Kopetdagaria</i>						

Tableau 8 : Principaux caractères des familles de faciès de la plate-forme et du domaine margino-littoral.

2.2.1.1 - Description :

a) Biosparites bien classées à gros débris arrondis micritisés et grands foraminifères : faciès E1

- lame type : AP 83. La Pointière, unité A1.
- Sédiments correspondants : sables classés à gros foraminifères infralittoraux.
- Texture : Grainstone.
- Localisation géographique : Le Guiers mort, Curière, la Pointière, la Buisse et l'Echailon.
- Position stratigraphique : Unités A1, A2, B1, B2 et C-D.

* aspect macroscopique :

Calcaires beiges massifs à patine grise, en bancs décimétriques à métriques présentant fréquemment des litages obliques.

* aspect microscopique :

- Matrice : sparite.
- Quartz : moins de 1 %.
- Pelloïdes et débris micritisés : 25-40 %.
- Bioclastes : 15-45 %.
- Taille moyenne des éléments 0,4 à 0,6 mm.

Les éléments sont arrondis et micritisés à la périphérie. La macrofaune est représentée par des fragments d'échinodermes (crinoïdes, échinides à gros radioles) et de bryozoaires.

Les seules algues dasycladales observées sont des Acicularia. On note la présence de rares oncoïdes à Lithocodium -Bacinella dont l'usure prononcée indique que ces organismes ont subi un transport.

La microfaune est représentée par de rares petits foraminifères circalittoraux, des trocholines, des neotrocholines et de gros foraminifères, on note la présence de rares miliolidés.

Ce faciès contient parfois des oolites et peut présenter de fins litages observables en lame mince.

b) Biosparites bien classées à gros débris de cnidaires et rudistes : faciès E2

- lame type : AC 66) Curière, unité A1
- Sédiments correspondants : Sables classés à débris de cnidaires et rudistes.
- Texture : Grainstone
- Localisation géographique : La Pointière, Curière, Le Guiers, La Buisse et l'Echailon.

- Position stratigraphique : A1, A2, B1 et B2.

* aspect macroscopique :

Calcaire beiges à patine grise en bancs métriques, à litage oblique fréquent.

* aspect microscopique :

- Matrice : Sparite.
- Quartz : moins de 1 %.
- Pelloïdes et débris micritisés : 30-40 %.
- Bioclastes : 15-45 %.
- Taille moyenne des éléments : 0,4 à 0,6 mm.

La macrofaune est représentée par des fragments plus ou moins arrondis d'échinides réguliers, de crinoïdes, de bryozoaires. On note dans ce faciès la présence de débris de grande taille de rudistes, gros gastéropodes, cnidaires et spongiaires calcaires. Le milieu de vie de ces organismes ne correspond pas à ce faciès, mais à des dépôts plus internes (faciès E4), les gros éléments présents dans ce faciès ont donc subis un transport.

Les algues sont assez fréquentes, il s'agit de Boueina et de dasycladales (Pseudocymopolia, Kopetdagaria et Acicularia). On observe également des oncoïdes à Lithocodium-Bacinella dont l'usure élevée indique un transport.

La microfaune est variée et abondante, elle est constituée par des foraminifères de grande taille appartenant aux genres: Trocholina, Neotrocholina, Nautiliculina, Coscinophragma, Pfenderina,...

Ce faciès présente parfois de rares oolites (moins de 2 %).

c) Biosparites à débris arrondis et oncoïdes usés de Lithocodium-Bacinella :
faciès E3

- lame type : AC 86 - Coupe de Curière, unité A1.
- Sédiment correspondant : sables à oncoïdes usés de Lithocodium-Bacinella.
- Texture : Grainstone.
- Localisation géographique : la Pointière, Curière, l'Echaillon, le Guiers mort et la Buisse.
- Position stratigraphique : Unités A2 et B1.

* aspect macroscopique et microscopique :

Ce faciès ne se différencie du faciès précédent (E2) que par la taille plus élevée des éléments et la plus grande abondance des oncoïdes de Lithocodium-Bacinella (10 à 40 %). L'usure des oncoïdes indique qu'ils sont déplacés tous comme ceux du faciès E1.

d) Biosparites et biomicrites à cnidaires et rudistes :
faciès E4

- lame type : A 497, Le Guiers mort, unité B1
- Sédiments correspondants : sables et sables vaseux à cnidaires et rudistes.
- Texture : Packstone, Grainstone, Boundstone.
- Localisation géographique : La Pointière, Curière, l'Echaillon, le Guiers mort et la Buisse.
- Position stratigraphique : unités A2 et B1.

* aspect macroscopique :

Calcaires beiges massifs à patine grise, en bancs métriques.

La macrofaune observée en position de vie à l'affleurement, est constituée principalement par des rudistes et des madréporaires, ces derniers pouvant former de petits biohermes atteignant 2 m d'épaisseur (Le Guiers mort).

* aspect microscopique :

- Matrice : micrite ou sparite.
- Quartz : moins de 2 %.
- Pelloïdes et débris micritisés : 10 - 20 %.
- Bioclastes : 25 - 50 %.
- Taille moyenne des éléments : 0,3 - 0,6mm.
- Les éléments ne sont pas classés ; les bioclastes sont micritisés à la périphérie.

La macrofaune est représentée par des fragments, ou des individus complets, de cnidaires, rudistes, gastéropodes et spongiaires calcaires. Les débris de bryozoaires et crinoïdes sont rares.

Les foraminifères fixés sont abondants (Coscinophragma), les grands foraminifères sont nombreux et analogues à ceux observés dans les faciès E2 et E3.

Les algues peuvent être localement abondantes : Boueina, Pseudocymopolia, Cayeuxia, Kopetdagaria et Acicularia principalement. Les oncoïdes usés de Lithocodium-Bacinella sont rares.

Les éléments de ce faciès sont parfois entourés d'une couronne de cristaux de calcite palissadique, vraisemblablement aragonitiques à l'origine. Les cavités intergranulaires sont généralement remplies de micrite qui scelle ainsi la cimentation précoce.

Ce faciès se différencie des autres faciès de la famille E par la micritisation plus poussée des bioclastes, la grande

taille et de l'usure moins prononcée des fragments de rudistes et de cnidaires, le faciès E4 correspond au milieu de vie de ces organismes.

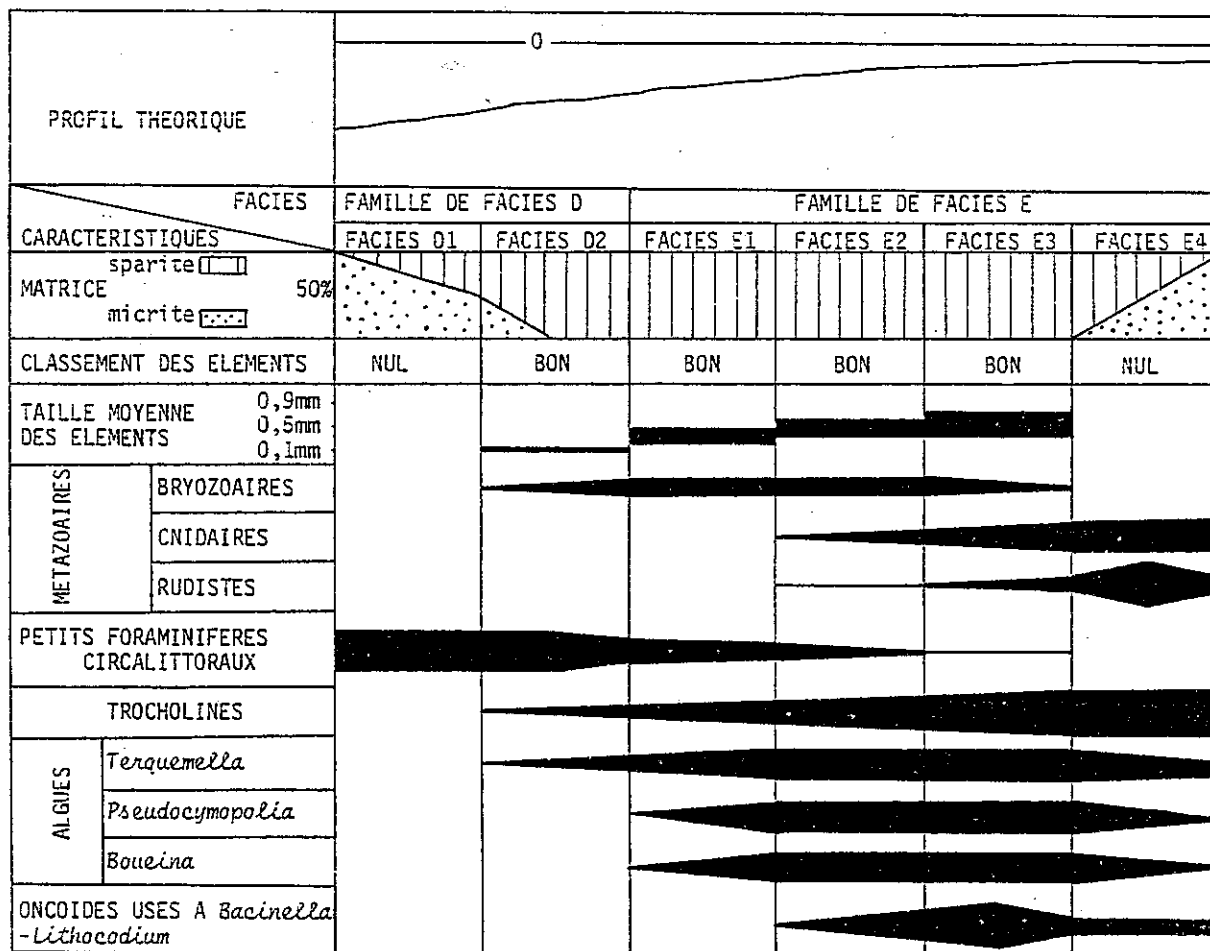


Tableau 9 : Caractéristiques principales des biopelmicrites et biopelsparites à petits foraminifères circalittoraux (famille de faciès D) et des biosparites à gros éléments classés, rudistes et cnidaires (famille de faciès E).

2.2.1.2 - Conclusion : tableau 9

Nous avons déjà signalé que la famille de faciès E correspond aux milieux de dépôts de la plate-forme externe. Ce domaine se caractérise principalement par son hydrodynamisme élevé qui se traduit dans la sédimentation par une matrice sparitique, des éléments usés et de grande taille. Les bioclastes de la famille E se regroupent en trois classes :

- Organismes déjà présents en milieu pré littoral, tels que les petits foraminifères circolittoraux et les bryozoaires. Ces différents groupes se raréfient puis disparaissent au sein de la famille E.

- Organismes typiques de la plate-forme interne, remaniés dans les dépôts de la plate-forme externe. c'est le cas des oncoïdes à Lithocodium-Bacinella, le transport de ces éléments est souligné par leur usure.

- Organismes typiques de la plate-forme externe. C'est le cas de certaines algues (Boueina, Pseudocymopolia) et de nombreux grands foraminifères. Ces différents groupes sont absents dans les domaine pré littoral, et rares sur la plate-forme interne. L'association cnidaires-rudistes-spongiaires calcaires n'est en place que dans le faciès E4, toutefois des débris de ces organismes s'observent dans les faciès E2 et E3.

Les milieux agités de la plate-forme externe présentent habituellement des séries oolitiques ou des bioconstructions. Ce n'est pas le cas dans notre zone d'étude où les oolites ne constituent jamais plus de 6 % d'un faciès. Des bioconstructions n'ont été observées que dans les coupes de Curière et du Guiers mort (unité 3), ces biohermes sont de petite taille et n'excèdent pas trois mètres d'épaisseur.

2.2.2 - Famille de faciès F : biomicrites et biosparites à faune appauvrie et Lithocodium-Bacinella :

Ces différents faciès présentent des bioclastes fortement micritisés ; La microfaune et la macrofaune sont appauvries, les algues sont abondantes. Il a été distingué trois faciès différents, au sein de la famille de faciès F.

- Faciès F1 : Biosparites et biomicrites à petits rudistes.
- Faciès F2 : Biosparites plus ou moins classées à grands foraminifères.
- Faciès F3 : Biomicrites et biosparites à Lithocodium-Bacinella.

2.2.2.1 - Biosparites et biomicrites à petits rudistes : faciès F1

- Lame type : AP 339 - Coupe de l'Echailon, unité A2.
- Sédiment correspondant : Sables et sables vaseux à petits rudistes.
- Texture : Wackstone, Packstone.
- Localisation géographique : Le Guiers, La Pointière, La Buisse et l'Echailon.
- Position stratigraphique : unités A2 et B1.

* aspect macroscopique :

Calcaires beiges à patine grise, en bancs décimétriques séparés par des joints ondulés. On observe fréquemment à l'affleurement dans ces faciès, de petits rudistes dont la taille n'excède pas 3 cm. Ils sont en cela très différents des grands rudistes du faciès E4 dont la taille peut être très supérieure.

* aspect microscopique :

- Matrice : micrite 50-100 %, sparite 50-100 %.
- Quartz : 1 à 7 % (déterminé par charte visuelle).
- Taille moyenne des éléments : 0,2 - 0,4 mm.
- Ce faciès présente des bioclastes très micritisés.

Les algues sont fréquentes : Boueina et dasycladales. Les oncoïdes à Lithocodium-Bacinella ne sont pas usés, ce qui indique qu'ils n'ont pas subi de transport important. La microfaune est dominée par les trocholines et les miliolidés. La macrofaune comprend des débris d'échinodermes et de gros fragments remaniés, parfois brisés, de rudistes et de madréporaires. Le faciès F1 se différencie des faciès de la famille E par la micritisation poussée des bioclastes, la plus grande fréquence des algues, la présence des petits rudistes en position de vie, l'absence de classement des éléments.

2.2.2.2 Biosparites plus ou moins classées à grands foraminifères :

faciès F2

- lame type : AP 256 - La Pointière unité A2.
- Sédiment correspondant : sables à grands foraminifères.
- Texture : Packstone - Grainstone.
- Localisation géographique : Le Guiers, La Pointière, La Buisse, l'Echaillon.
- Position stratigraphique : unités A2 et B1.

* aspect macroscopique :

Calcaires blancs ou beiges à patine grise, en bancs décimétriques séparés des joints ondulés.

* aspect microscopique :

- Matrice : micrite 0 - 30 %, sparite 70-100 %.
- Pelloïdes et débris micritisés 15-30 %.
- Bioclastes : 20-40 %.
- Taille moyenne des éléments : 0,2-0,4 mm.

La microfaune est représentée par des foraminifères de grande taille, principalement des trocholines, des pseudocyclammes et des pfenderines.

Les débris de métazoaires sont rares et constitués par des fragments d'échinodermes.

Les algues sont représentées par des Cayeuxia et des dasycladales. On observe également des oncoïdes à Lithocodium-Bacinella.

Les débris micritisés de ce faciès présentent le mélange d'une fraction fine et d'une fraction grossière.

Ce faciès se différencie du faciès F1 par son moins bon classement, la micritisation poussée des éléments, l'absence des débris de cnidaires ou de rudistes, la microfaune moins variée.

.2.2.3 - Biomcrites et biosparites à Lithocodium - Bacinella : faciès F3

- lame type : AP 266 - La Pointière unité A2.
- Sédiments correspondants : vases sableuses à Lithocodium-Bacinella.
- Texture : Wackestone - Packstone.
- Localisation géographique : La Pointière, La Buisse, L'Echailon, et le Guiers mort.
- Position stratigraphique : unités A2 et B1.

*** aspect macroscopique :**

Bancs décimétriques de calcaires gris bleu à patine grise et joints ondulés.

*** aspect microscopique :**

- Matrice : micrite 75-100 %, sparite 0-25 %.
- Quartz : 1 à 7 % (déterminé par charte visuelle).
- Pelloïdes et débris micritisés : 25-50 %.
- Bioclastes : 10-30 %.

L'essentiel des bioclastes de ce faciès est constitué par des oncoïdes et surtout des lamines de Lithocodium-Bacinella. Les oncoïdes peuvent atteindre 3 centimètres de diamètre, les lamines algaires sont d'épaisseur millimétrique, ces fins lits plans parallèles peuvent se répéter et former des structures de plusieurs centimètres d'épaisseur sur quelques décimètres de longueur.

Les autres bioclastes présents dans ce faciès sont surtout représentés par des algues (Cayeuxia, quelques dasycladales). La microfaune est constituée par des miliolidés et de rares grands foraminifères (trocholines, pfenderines). La macrofaune n'est représentée que par de rares débris d'échinodermes et des gastéropodes.

La pauvreté de la microfaune, et surtout l'abondance des Lithocodium-Bacinella permettent aisément de différencier ce faciès des autres faciès de plate-forme.

2.2.3 - Famille de faciès G : Micrites à bird's eyes :

- lame type : AP 257 - La pointière, unité A2.
- Sédiments correspondants : vases à bird's eyes.
- Localisation géographique : La Pointière, La Buisse.

- Position stratigraphique : unité A2.

* aspect macroscopique :

Bancs décimétriques de calcaires gris en patine, beiges ou bleus en cassure présentant des joints secs, discontinus, parfois rougeâtres, pouvant correspondre à des paléo-sols.

* aspect microscopique :

- Matrice : micrite.
- Quartz : 0-8 % (déterminé par charte visuelle).
- Pelloïdes et débris micritisés : 0-10 %.
- Bioclastes: 0-10 %.

Les rares bioclastes présents dans ce faciès sont des ostracodes, des miliolidés, des Cayeuxia.

Ce faciès se caractérise par la présence d'indices d'émersion qui sont, outre les paléo-sols précédemment signalés, des bird's eyes, des rhizoïdes et des terriers ouverts.

Les terriers ouverts sont des cavités de taille millimétrique remplies secondairement par des silts vadoses ou des particules ayant percolées à partir du sédiment sus-jacent.

Les rhizoïdes sont des cavités tubulaires ramifiées de diamètre centimétrique dont le remplissage présente deux phases successives.

1 - Cristaux de calcite tapissant les parois.

2 - Remplissage tardif par de gros cristaux de calcite géodique ; ce remplissage est souvent incomplet et laisse subsister des cavités au centre des structures.

Ces différentes caractéristiques, indiquent que ce faciès correspond à des milieux de dépôt sub-émérgés, médio ou supralittoraux.

2.2.4 - Comparaison avec les faciès définis sur la plate-forme interne par C. DARSAC (1983) :

Le Berriasien-Valanginien de l'Ain et de la Savoie à fait l'objet de la thèse de C. DARSAC (1983). Dans ce domaine les séries correspondent principalement à des dépôts de plate-forme, ce qui a permis à cet auteur d'y définir de nombreux faciès. Par contre dans la zone que nous avons étudiée, les faciès des familles F et G ne représentent en épaisseur que 10 % de l'ensemble des formations.

Le tableau 10 propose une équivalence entre les faciès que nous avons définis et ceux décrits par C. DARSAC (1983). Nous constatons que certains faciès de plate-forme n'ont pas d'équivalent d'un domaine d'étude à l'autre :

PROFIL THEORIQUE	niveau de la mer																								
C. DARSAC (1983)	B	He1	He2	He3	He4	He7	He5	He6	Poe1	Poe2	Poe3	Poe4	Poe5	Poe6	Poe7	Poe8	Poe	Pi1 à Pi5	Pi6	Pi7	Pi8	M1	M2		
FACIES AUTOCHTONES	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	D1	D2	E1 à E3	E4	F1				F2	F3						
FAMILLES DE FACIES	A				B				C	D			E			F								G	

Tableau 10 : Equivalence entre les faciès autochtones définis dans cette étude et ceux décrits par C. DARSAC (1983).

a) Faciès n'ayant pas d'équivalent dans notre zone d'étude :

Faciès oolitiques de la plate-forme externe (Poe1-Poe2):

C. DARSAC signale la présence de ces faciès dans les unités B et C de ses séries. Nous avons également observé quelques oolites dispersées dans ces séquences mais jamais en quantité suffisante pour justifier la création d'un faciès particulier, les oolites ne constituant jamais plus de 10 % des éléments.

Faciès sans échinodermes de la plate-forme interne (Pi6, Pi7 et Pi8) :

Ces faciès qui dans la zone étudiée par C. DARSAC font la transition entre les faciès de plate-forme à échinodermes et les faciès margino-littoraux, n'ont jamais été observés dans les séries de Chartreuse méridionale.

b) Faciès de plate-forme n'existant pas dans les séries de l'Ain et de la Savoie :

Biomicrorites et biosparites à Lithocodium-Bacinella : F3

Ce faciès constitué principalement par des lamines de Lithocodium-Bacinella, bien que fréquent dans les séries de plate-forme de Chartreuse méridionale, n'a pas d'équivalent dans les formations étudiées par C. DARSAC.

En résumé, les milieux de dépôts des plates-formes du Berriasien-Valanginien de l'Ain et de la Savoie d'une part, et de Chartreuse méridionale d'autre part présentent des différences significatives (cf. chapitre Paléogéographie).

3 - Faciès marneux des séries autochtones de plate-forme non submergée :

Des prélèvements marneux ont été effectués dans les joints et les bancs marneux intercalés dans la série. Ces échantillons ont été lavés, tamisés et triés ; les résidus de lavage se regroupent dans six classes granulométriques de dimensions suivantes : 80 μ , 125 μ , 200 μ , 400 μ , 1mm et >1mm.

3.1 - Nature des résidus de lavage :

L'essentiel des résidus de lavage est constitué par des agrégats ou des grains calcaires isolés, généralement indéterminables. Les éléments identifiables sont de deux types différents :

Bioclastes : Foraminifères, débris de métazoaires et de végétaux (lignite). Certains microfossiles ont pu être étudiés et déterminés avec précision du fait de leur abondance et de leur bon état de conservation ; il s'agit des ostracodes et de certains foraminifères (cf. chapitre Micropaléontologie).

Exoclastes : Ce sont des gravelles calcaires de taille millimétrique ou des grains de quartz arrondis dont la taille n'excède pas 2mm.

3.2 - Faciès marneux :

3.2.1 - Description :

Les marnes observées s'intercalent toujours dans les séries carbonatées pré littorales correspondant aux faciès des familles A et B, les bioclastes qu'elles contiennent se regroupent en deux classes suivant leur degré d'usure et leur dimension.

Bioclastes non usés : Ils sont issus d'organismes caractéristiques du domaine pré littoral.

- Métazoaires : ostracodes, brachiopodes, spicules et radioles de spatangidés.
- Foraminifères : petits foraminifères circalittoraux, lenticulines, néotrocholines, principalement.

Bioclastes usés : De plus grande taille que les précédents, ce sont des débris d'organismes caractéristiques des milieux de plate-forme et du sommet du domaine pré littoral.

- Métazoaires : bryozoaires, serpules, crinoïdes, lamellibranches et gastéropodes.
- Foraminifères : trocholines, lituolidés et rares gros foraminifères infralittoraux. L'usure de ces bioclastes et le mauvais état de conservation des faunes indiquent qu'il s'agit d'éléments remaniés.

Le milieu de dépôt des marnes correspond à celui des faciès des familles A et B, les marnes contenant des spicules ou des

desmes de spongiaires appartenant à la famille A, les autres à la famille B.

3.2.2 - Mode de représentation :

Il n'est pas possible d'établir une correspondance plus précise qu'à l'échelle de la famille de faciès entre les faciès marneux et les faciès calcaires. En effet, les faciès calcaires sont définis à partir de pourcentages entre les divers éléments observés en lame mince, pourcentage dont il ne peut pas être trouvé d'équivalent assez précis dans le cas des marnes. Sur les figures, le faciès marneux à éléments de spongiaires est positionné par convention entre les faciès A1 et A2, le faciès marneux sans spicules à débris de spatangidés et petits foraminifères circolittoraux est placé entre les faciès B1 et B2.

III - Séries autochtones de plate-forme submergée :

Une plate-forme est dite submergée lorsqu'à la suite d'un approfondissement important les milieux de dépôt se trouvent dans l'étage circolittoral. Dans ce contexte, on observe des faciès autochtones particuliers : les "faciès de transgression" et les biosparites à bryozoaires, crinoïdes et rares foraminifères (famille de faciès C).

1 - Les "faciès de transgression" :

Les "faciès de transgression" ont été défini par A. ARNAUD-VANNEAU (1980), ils se caractérisent par le mélange d'éléments pré-littoraux et de plate-forme interne. Ces faciès se différencient des faciès de contamination par la rubéfaction importante des débris, l'abondance du quartz, la présence occasionnelle d'oolites et d'exoclastes centimétriques. A l'affleurement ils correspondent à des bancs de calcaire argileux, souvent lités. L'altération de la roche est grise, souvent roussâtre.

Ces faciès ne s'observent qu'au niveau des discontinuités majeures. Du point de vue séquentiel, ils reposent sur des séries de plate-forme interne et sont surmontés par des dépôts circolittoraux francs. C. DARSAC (1983) a signalé de tels faciès au niveau de la discontinuité 1 (D1).

Dans notre domaine d'étude il n'a pas été observé de dépôts présentant l'ensemble des caractéristiques des "faciès de transgression"; toutefois, les sédiments surmontant la discontinuité D1 présentent souvent des anomalies (voir chapitre Paléogéographie).

2 - Les biosparites à bryozoaires, crinoïdes et rares foraminifères : faciès C1

- Lamé type : AD 40.
- Texture : Packstone, Grainstone.
- Localisation géographique : Le Guiers mort, La Pointière, l'Echailon, La Corrière.
- Position stratigraphique : Unités B2 et C-D.
- Matrice : sparite 80-100 % ; micrite 0-20 % .
- Quartz : Des grains anguleux dont le diamètre peut atteindre 0,4 mm constituent de 1 à 8 % du faciès.

- Pélloïdes et débris micritisés : 20-40 %.
- Bioclastes : 20-40 %.

Les éléments de ce faciès ont une taille moyenne variant entre 0,3 et 0,6 mm, ils sont arrondis, usés parfois classés.

Les débris d'échinodermes (crinoïdes, gros radioles) constituent l'essentiel des bioclastes de ce faciès (10-30 %). Les bryozoaires sont fréquents (3-10 %), la microfaune est rare, principalement constituée par des lituolidés à test souvent arénacé et par quelques petits foraminifères circalittoraux.

Le faciès C1 présente des caractéristiques proches de celles des faciès des familles B, D et E. Il en diffère toutefois par un certain nombre de points :

Par rapport à la famille de faciès B : Biopelmicrites à petits débris d'échinides.

Le faciès C1 présente :

- une matrice plus sparitique ;
- une usure des grains plus poussée ;
- une microfaune réduite.

Par rapport à la famille de faciès D : Biopelmicrites et biopelsparites à petits éléments usés et petits foraminifères circalittoraux.

Le faciès C1 se différencie par :

- la taille des éléments plus élevée ;
- la rareté de la microfaune ;
- l'abondance des débris de bryozoaires, de crinoïdes et des gros radioles d'échinides.

Par rapport à la famille de faciès E : Biosparites à gros éléments usés, débris de rudistes et de cnidaires.

Le faciès C1 présente les caractéristiques propres suivantes :

- pauvreté de la microfaune ;
- absence de débris d'algues, de cnidaires ou de rudistes ;
- abondance des débris de bryozoaires, crinoïdes et échinides à gros radioles.

3 - Les faciès marneux :

Les bancs et les joints marneux intercalés dans les séries de plate-forme submergée présentent des caractéristiques propres. En fonction de la nature des résidus de lavages il est possible d'en distinguer deux types : les marnes sans bioclastes, et les marnes à dents de poissons, gros débris de bryozoaires et d'échinodermes.

3.1 - Les marnes sans bioclastes : faciès C2

- Echantillon type : A 659, coupe du Guiers mort unité C-D.
- Localisation géographique : Le Guiers mort, La Pointière, l'Echaillon et le chemin du pont St Bruno.
- Position stratigraphique : unité C-D.

Ce type de marne est totalement dépourvu de bioclastes, il est parfois silteux.

3.2 - Marnes à bryozoaires, gros débris d'échinodermes et dents de poissons : faciès C3

- Echantillon type : AE 61, coupe de la Correrie unité C-D.
- Localisation géographique : Chemin du pont St Bruno, Curière, la Correrie et l'Echaillon.
- Position stratigraphique : Unité C-D.
- Quartz : On peut observer fréquemment des grains de quartz inframillimétriques, ainsi que des cristaux de quartz bipyramidé.

Ces faciès marneux se caractérisent par l'abondance des gros débris d'échinodermes (crinoïdes et échinides) et de bryozoaires. Les tamis de grands diamètres livrent parfois des bryozoaires entiers. Le faciès C3 présente fréquemment des dents de poissons (Sélaciens), des débris de brachiopodes et de lamellibranches (*Arctostrea*). La microfaune est très pauvre tant en individus qu'en espèces ; elle comprend quelques petits foraminifères circalittoraux, des lenticulines, des lituolidés.

4 - Interprétation et mode de représentation des faciès autochtones de plate-forme submergée :

4.1 - Biosparites à bryozoaires, crinoïdes et rares foraminifères : faciès C1

Les quelques organismes dont les débris constituent les bioclastes de ce faciès sont caractéristiques des fonds sableux ou durcis : bryozoaires, crinoïdes, échinides réguliers. Le milieu de dépôt n'est pas infralittoral mais plutôt circalittoral comme le montre l'absence des algues et la rareté de la microfaune. La nature sableuse de ces dépôts circalittoraux serait due à une légère agitation du milieu provoquée, soit par l'action de la houle et des vagues, soit plus vraisemblablement par des courants balayant la plate-forme submergée.

4.2 - Faciès marneux de plate-forme submergée : faciès C2 et C3

Les marnes à gros débris de bryozoaires, échinodermes et dents de poissons (faciès C3) se situent toujours au contact de bancs de calcaires à faciès C1. Les mêmes types de bioclastes s'observant dans les faciès C3 et C1, il est vraisemblable que le faciès C3 soit une variante envasée du faciès C1.

Les marnes sans bioclastes (faciès C2) ne se trouvent également que dans l'unité supérieure (C-D). Leur nature azoïque ne permet pas de définir leur milieu de dépôt, toutefois, le fait qu'elles ne s'observent qu'à ce niveau et de plus souvent au contact de bancs de calcaires présentant le faciès C1 nous a incité à les inclure dans la famille de faciès C.

4.3 - Degré de remaniement des faciès autochtones de plate-forme submergée de la famille C :

C. DARSAC (1983) a décrit sous l'appellation He 7 (tableau 10) un faciès dont les éléments sont identiques à ceux du faciès C1. Ces deux faciès présentent toutefois les différences suivantes :

- a l'affleurement les bancs calcaires du faciès C1 ont une stratonomie confuse ;

- en lame mince le faciès C1 présente des éléments absents du faciès He7 : exoclastes, galets mous et gros débris brisés.

Ces différences indiquent que le faciès C1 est un faciès remanié contrairement au faciès He7.

4.4 - Conclusion :

A l'exception des dépôts aux caractéristiques voisines des "faciès de transgression", situés au dessus de la discontinuité D1, les faciès autochtones de plate-forme submergée ne se trouvent qu'au sommet de la série, dans les unités B2 et C-D. Ils traduisent une déstabilisation due à la submersion de la plate-forme, les milieux de dépôt devenant alors circalittoraux.

Les différents faciès de la famille C (biosparites à bryozoaires, crinoïdes et rares foraminifères du faciès C1, marnes sans bioclastes du faciès C2, et marnes à bryozoaires, gros débris d'échinodermes et dents de poissons du faciès C3) sont caractéristiques des séquences de plate-forme submergée et sont totalement absents des unités basales de la série (unités A1, et B1).

IV - Faciès allochtones :

Nous regroupons sous cette appellation les faciès pré-littoraux à nombreux éléments remaniés issus de la plate-forme, et les faciès circalittoraux à lamines.

1 - Faciès pré-littoraux à nombreux éléments remaniés issus de la plate-forme :

1.1 - Caractéristiques générales de ces faciès :

1.1.1 - Aspect à l'affleurement :

Bancs à stratonomie confuse montrant des variations latérales d'épaisseur. Ces bancs présentent parfois des litages obliques et sont séparés par des joints secs.

1.1.2 - Aspect en lame mince :

Ces faciès présentent en lame mince deux types d'éléments, de taille et d'origine différentes.

- Les petits éléments non usés sont autochtones ; leur diamètre est généralement inférieur à 0,3 mm, les bioclastes sont constitués pour l'essentiel par des débris de spatangidés, des spicules et des petits foraminifères circalittoraux.
- Les gros éléments usés sont allochtones, d'un diamètre supérieur à 0,3 mm. Ils sont caractéristiques des dépôts de plate-forme externe et de sommet de talus. Ces éléments de grande taille présentent parfois une auréole de corrosion rougeâtre et peuvent être brisés. Ils sont parfois groupés et forment alors de fins lits millimétriques à centrimétriques. Associés à ces gros éléments on note parfois la présence de galets mous et d'exoclastes de taille millimétrique. Les exoclastes sont issus du démantèlement de sédiments indurés provenant de la plate-forme externe (famille de faciès E) ; les galets mous recèlent parfois des microfaunes circalittorales.

1.2 - Interprétation : figure 8

Ces faciès se caractérisent par le mélange de petits éléments autochtones et de gros éléments allochtones issus de la plate-forme externe. Le remaniement des éléments de grande taille peut être dû soit à des processus gravitaire, soit à l'action de courants. Toutefois il faut remarquer que le sédiment n'est jamais granoclassé, que les bases de bancs sont discontinues et rarement ravinantes, qu'il y a presque toujours mélange d'éléments d'origines différentes: circalittoraux et autochtones pour les petits, infralittoraux et allochtones pour les plus grands. Ces dépôts ne sont donc ni des turbidites, ni des coulées sableuses importantes, leur origine est donc à rechercher dans l'action des courants qui balayent la bordure de la plate-forme provoquant l'épandage de sables bioclastiques grossiers sur le talus.

La provenance des éléments grossiers remaniés varie suivant le type de plate-forme.

a) - Plate-forme non submergée : Unités A1, A2, B1 et B2

Il s'agit principalement de bioclastes issus de la plate-forme externe (famille de faciès E) : fragments de cnidaires, rudistes, spongiaires calcaires, algues, grands foraminifères et débris micritisés.

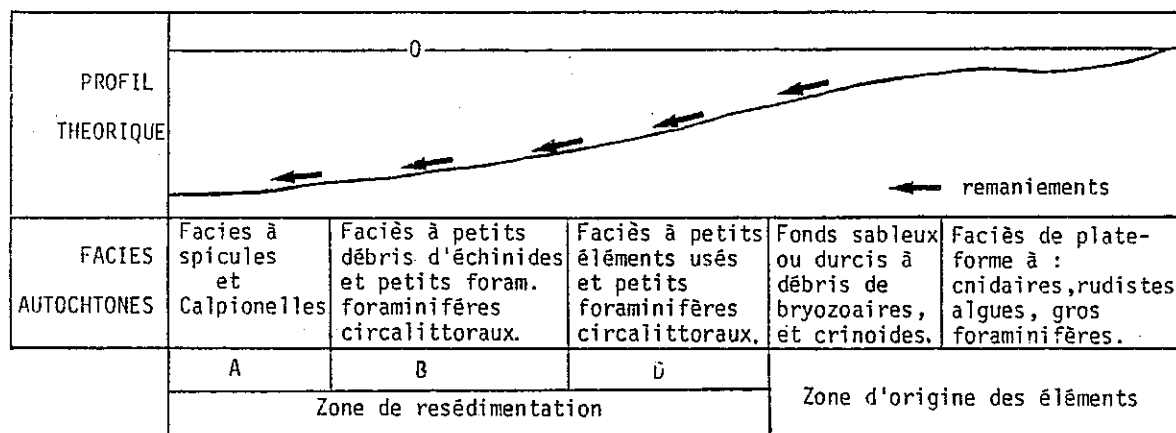


Figure 8 : Position schématique sur un profil théorique des différents types de dépôts resédimentés et de leur zone d'apport.

b) - Plate-forme submergée : Unités C-D

Les éléments proviennent de sédiments circalittoraux sableux de la famille C : biosparites à bryozoaires, crinoïdes et rares foraminifères (faciès C1) ; et peut être marnes associées.

1.3 - Mode de représentation :

Le mode de représentation des faciès pré-littoraux sur les colonnes stratigraphiques, varie suivant la fréquence des éléments allochtones dans le sédiment. Trois cas ont été défini, en fonction de l'importance relative des éléments remaniés.

- 1 - Le faciès autochtone peut être défini car les éléments remaniés sont rares.
- 2 - Le faciès autochtone ne peut plus être reconnu, mais la famille de faciès autochtones est identifiable.
- 3 - Ni le faciès, ni la famille de faciès autochtones ne sont identifiables.

1.3.1 - Faciès autochtone identifiable :

Quelques éléments allochtones viennent se mêler aux éléments autochtones : le faciès autochtone reste déterminable. Le mode de représentation adopté est celui des faciès autochtones (cf paragraphe III).

1.3.2 - Faciès autochtone non identifiable, famille de faciès identifiable :

Le faciès est représenté par la lettre de famille de faciès pré-littorale correspondante (A, B ou D) suivie d'une astérisque.

Faciès A* : Biopelmicrites et biomicrites à calpionelles, spicules et nombreux éléments allochtones : lame type A 277, le Guiers mort unité A1.

Faciès B* : Biopelmicrites et biomicrites à débris d'échinodermes et nombreux éléments allochtones : lame type A 223, le Guiers mort unité A1.

Faciès D* : Biopelmicrites et biopelsparites à petits éléments usés, petits foraminifères circalittoraux et nombreux éléments allochtones : lame type A 578, le Guiers mort unité B2.

1.3.3 - Faciès et famille de faciès non identifiables :

Les éléments autochtones sont trop rares et trop peu caractéristiques, pour permettre l'identification du dépôt d'origine. Le caractère remanié du sédiment se déduit de la stratonomie confuse, de l'intercalation brutale de ces faciès au sein de séries pré littorales, de la présence en lame mince d'exoclastes, de galets mous et de débris brisés.

Lorsque ce type de série voisine avec des dépôts correspondant au sommet du domaine pré littoral, le remaniement ne peut plus être mis clairement en évidence du fait du faible transport. Ces faciès ont été représentés de la même manière que les faciès de plate-forme et du sommet du domaine pré littoral dont ils sont issus. (familles C et E).

2 - Faciès circalittoraux à lamines :

2.1 - Caractéristiques communes aux différents faciès circalittoraux à lamines :

La caractéristique principale de ces faciès est la présence d'un fin litage millimétrique acquis après transport. Les éléments constituant ces faciès sont de petite taille et analogue à ceux des familles A et D.

A l'affleurement ces faciès constituent des séries calcaires ocres, finement litées et fréquemment silicifiées. En lame mince on observe l'alternance de lamines claires sparitiques et sombres en partie micritiques. Il a été distingué deux faciès laminés pré littoraux différents.

- Faciès A1 : Biopelsparites et biopelmicrites litées à spicules.

- Faciès D1 : Biopelsparites litées à pelloïdes et petits foraminifères circalittoraux.

2.2 - Description des faciès circalittoraux à lamines :

2.2.1 - Biopelsparites et biopelmicrites litées à spicules : faciès A1

- lame type : A 650. Coupe du Guiers mort, unités C-D.
- Texture : Wackestone, Packstone.
- Localisation géographique : Guiers mort, La Correrie.
- Position stratigraphique : Unités C-D.

Ce faciès peut présenter jusqu'à 8 % de quartz. La taille moyenne des éléments est inférieure à 0,25 mm. Les lamines sombres sont constituées par de la micrite et des pelloïdes. Les bioclastes des lamines claires sont caractéristiques de la famille de faciès A. Ces débris d'organismes sont principalement des fragments de spatangidés et des spicules.

2.2.2 - Biopelsparites litées à pelloïdes et petits foraminifères circalittoraux : faciès D1

- lame type : AL 358 - Coupe de l'échailon, unité C-D.
- Texture : Packstone.
- Localisation géographique : Le Guiers mort, l'Echailon, La Correrie.
- Position stratigraphique : Unités B2 et C-D.

Ce faciès est constitué par l'alternance de lamines claires et sombres. Les lamines claires sont constituées par de la matrice sparitique et de nombreux éléments, de petite taille caractéristiques de la famille de faciès D, c'est-à-dire des pelloïdes, des petits foraminifères circalittoraux et des débris d'échinides.

2.2.3 - Interprétation des faciès circalittoraux à lamines :

Les faciès A1 et D1 ne s'observent que dans le contexte de plates-formes submergées. Le fin litage qui les caractérise ne peut s'acquérir qu'après un transport, de sorte que ces faciès correspondent probablement à des coulées sableuses distales.

3 - Conclusion :

- Faciès allochtones de plate-forme non submergée

L'essentiel des faciès allochtones de plate-forme non submergée correspond à des sédiments déposés sur les pentes du talus externe. Ce type de milieu se caractérise par la fréquence des remaniements, c'est-à-dire des venues de matériel provenant de la plate-forme externe. La remobilisation de ces éléments provenant des zones hautes est due vraisemblablement à l'action des courants qui parcourent la plate-forme ; il n'a pas été observé de turbidites ou de phénomènes gravitaires importants. Les éléments remaniés sont le plus souvent dispersés dans les dépôts autochtones ; toutefois, ils peuvent parfois être regroupés et constituer l'essentiel du sédiment empêchant ainsi toute détermination du milieu de dépôt d'origine.

- Faciès allochtones de plate-forme submergée :

Les faciès allochtones de plate-forme submergée présentent des caractéristiques voisines de celles des séries de plate-forme non submergée dont ils ne se différencient que par l'origine des éléments allochtones ; il s'agit alors de sables à bryozoaires, crinoïdes et de rares foraminifères (famille de faciès C), au lieu des sables grossiers à gros éléments classés, débris de rudistes et de cnidaires (famille de faciès E).

Les faciès circalittoraux à lamines (A1, d1) ne s'observent que dans le contexte de plate-forme submergée. Ils correspondent à de fines coulées sableuses distales.

V - Agencement des faciès et organisation séquentielle :

1 - Agencement des faciès :

Les séries de plates-formes non submergées (unités A1, A2, B1 et B2) et submergées (unités C-D) présentent un agencement différent des faciès. La reconstitution des paléo-environnements se fait statistiquement en utilisant la loi de WALTHER (1893-1894) : deux faciès sont considérés comme juxtaposables dans l'espace s'ils se trouvent en superposition verticale dans les séquences élémentaires de plusieurs coupes.

1.1 - Plate-forme non submergée :

1.1.1 - Faciès autochtones :

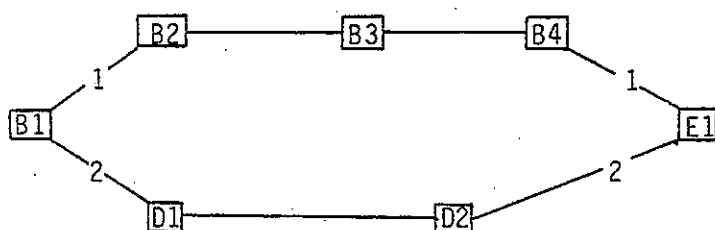


Figure 9 : Différents agencements des faciès autochtones de plate-forme non submergée en domaine pré-littoral.

- Par l'intermédiaire de sables vaseux à débris de bryozoaires d'échinides et petits foraminifères circalittoraux.
- Par l'intermédiaire de sables fins à petits foraminifères circalittoraux et débris usés d'échinodermes.

Au sein de chaque famille de faciès d'indice le moins élevé est le plus externe, le faciès d'indice le plus élevé est le plus interne. Par exemple, pour la famille B, le faciès le plus externe est B1, le faciès le plus interne est B4, la succession du plus externe au plus interne est B1, B2, B3, B4.

Au sein des séquences, la succession des milieux de dépôt pré littoraux depuis les sables vaseux à petits débris d'échinides (faciès B1), jusqu'aux sables grossiers à débris arrondis et micritisés (faciès E1), se présente de deux façons différentes (figure 9). Les faciès B2-B3-B4 sont des équivalents latéraux des faciès D1-D2.

Le tableau 11 présente les différents critères de reconnaissance des faciès autochtones de plate-forme non submergée. Du faciès A1 au faciès E1, c'est-à-dire sur le talus externe, les caractéristiques du milieu se modifient progressivement par :

- raréfaction puis disparition des organismes caractéristiques des milieux pélagiques et hémipélagiques (calpionelles et spicules) ;
- disparition progressive des joints marneux ;
- augmentation de fréquence des débris d'échinides et des petits foraminifères circalittoraux ;
- apparition des bryozoaires et des Trocholines, ainsi que de certaines espèces de grands foraminifères infralittoraux (cf. chapitre micropaléontologie) ;
- augmentation progressive de la taille des éléments ;
- dévasage de la matrice qui devient sparitique ;

Les faciès B3 et B4 et le faciès D2 qui est leur équivalent latéral se situent à proximité de la limite inférieure d'agitation des vagues et de la houle comme le montre le classement et l'usure de leurs éléments, ainsi que leur matrice principalement sparitique.

La limite entre les étages circalittoral et infralittoral se situe au niveau des sables bien classés à gros débris arrondis micritisés et grand foraminifères (faciès E1). C'est en effet dans ce faciès qu'apparaissent les algues calcaires caractéristiques de l'étage infralittoral.

1.1.2 - Faciès allochtones de plate-forme non submergée:

Les faciès de ce type s'intercalent dans les séries pré littorales. Du fait de la constance des remaniements, la loi de WALTHER est inapplicable dans ces séries.

1.2 - Plate-forme submergée :

Les faciès allochtones constituent l'essentiel des séries de plate-forme submergée. L'agencement des faciès autochtones y est analogue à celui des plates-formes non submergée (figure 9) ; toutefois, les sables vaseux à débris de bryozoaires et petits foraminifères circalittoraux (faciès B2, B3 et B4) ne s'observent pas dans le contexte des plates-formes submergées.

Les faciès de plate-forme submergée de la famille C (biosparites à bryozoaires, crinoïdes et rares foraminifères, et marnes correspondantes) ne s'observent jamais en place, la loi de WALTHER ne peut donc pas être utilisée pour situer les milieux de dépôt auxquels ils correspondent par rapport aux différents milieux de dépôt pré littoraux autochtones des plates-formes non submergées (familles A, B et D).

PROFIL THEORIQUE		niveau de la mer																	
ZONATION VERTICALE PERES(1961)		CIRCALITTORAL								INFRALITTORAL				SUPRA. MEDIO.					
FAMILLES DE FACIES		A				B				D		E				F			G
FACIES		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	D1	D2	E1	E2	E3	E4	F1	F2	F3	G
JOINTS MARNEUX		[Diagram showing joint patterns across facies]																	
TAILLE MOYENNE DES ELEMENTS		[Diagram showing average element sizes across facies]																	
MATRICE		[Diagram showing matrix types: micrite (stippled), sparite (horizontal lines)]																	
CLASSEMENT DES ELEMENTS		NUL				MOYEN				BON				MOYEN			BON		NUL
Lithocodium -Bacarella		[Distribution diagram for Lithocodium-Bacarella]																	
en oncoïdes		[Distribution diagram for oncoïdes]																	
en lamines		[Distribution diagram for lamines]																	
ALGUES	DASYCLADACEES	Salpingoporella	[Distribution diagram for Salpingoporella]																
		Actinoporella	[Distribution diagram for Actinoporella]																
		Pseudocymopolia	[Distribution diagram for Pseudocymopolia]																
		Kopetdagaria	[Distribution diagram for Kopetdagaria]																
		Terquemella	[Distribution diagram for Terquemella]																
		Cayeuxia	[Distribution diagram for Cayeuxia]																
BOUEINS		[Distribution diagram for Boueins]																	
METAZOAIRES	Spicules	[Distribution diagram for Spicules]																	
	Echinodermes	[Distribution diagram for Echinodermes]																	
	Bryozoaires	[Distribution diagram for Bryozoaires]																	
	Cnidaires	[Distribution diagram for Cnidaires]																	
	Rudistes	[Distribution diagram for Rudistes]																	
	Petits foraminifères circalittoraux		[Distribution diagram for small foraminifera]																
Trocholines		[Distribution diagram for Trocholines]																	
Gros Miliolidés		[Distribution diagram for large miliolids]																	
CALPIONELLES		[Distribution diagram for Calpionelles]																	
"RHIZOIDES"		[Distribution diagram for rhizoids]																	
BIRD'S EYES		[Distribution diagram for Bird's Eyes]																	

Tableau 11 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des différents faciès de plate-forme non submergée.

2 - Organisation séquentielle :

L'organisation séquentielle des faciès varie suivant le contexte : plate-forme non submergée ou plate-forme submergée.

2.1 - Plate-forme non submergée :

2.1.1 - Séries pré littorales :

Nous avons déjà signalé que les séries pré littorales à faciès autochtones présentaient deux types de succession de faciès (figure 9). De ce fait, trois types de séquences ont été distinguées en fonction des familles de faciès qui les constituent.

- Séquences AA : ce sont des séquences constituées uniquement de faciès de la famille A (Biomicrites et biopelmicrites à calpionelles et spicules).

- Séquences ABE : séquences constituées par des faciès des familles A, B et E. C'est-à-dire montrant la superposition verticale des faciès B2, B3 et B4 (biopelmicrites et biopelsparites à débris de bryozoaires et petits foraminifères circalittoraux).

- Séquences ABDE : séquences pré littorales caractérisées par la présence de faciès de la famille D (biopelmicrites et biopelsparites à petits éléments usés et calibrés).

2.1.1.1 - Séquences AA : figure 10

Les séquences de ce type ne s'observent qu'à la base de la série :

- unité A1 : Le Guiers mort, Curière.
- unité A2 : L'Echaillon.

Dans les séquences de type AA du Guiers mort et de Curière s'intercalent des faciès à éléments remaniés issus de la plate-forme externe (faciès A*), à l'échaillon (figure 10) les séquences de type AA sont cycliques et ne présentent pas de faciès à éléments remaniés.

2.1.1.2 - Séquences ABE : figures 11 et 12

Les séquences ABE sont présentes dans les unités A1, A2 et B1.

- unité A1 : Le Guiers mort, l'Echaillon, Curière et la Pointière.
- unité A2 : Le Guiers mort, la Pointière et Curière.
- unité B1 : Le Guiers mort.

Les faciès pré littoraux à éléments remaniés provenant de la plate-forme externe (faciès A* et B*) sont peu développés dans les séquences ABE. Les séquences de ce type sont cycliques asymétriques (figure 11) ou rythmiques (figure 12).

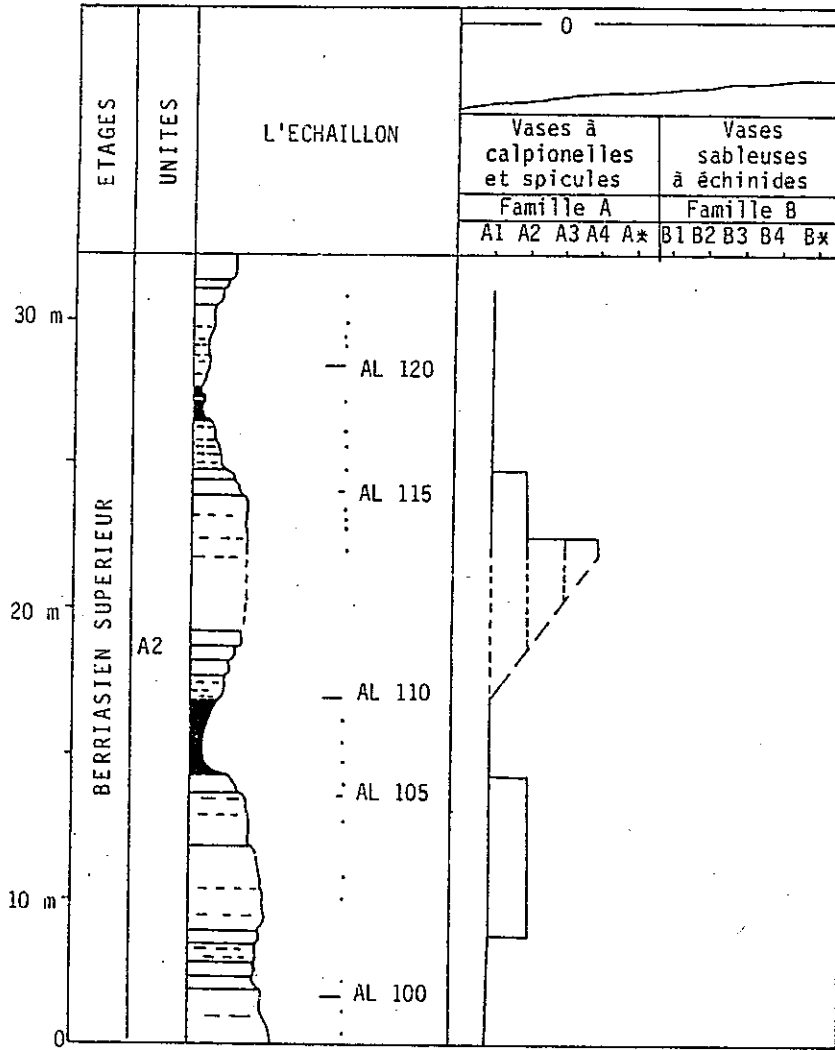


Figure 10 : Coupe partielle de l'unité A2 de la coupe de l'Echailon présentant deux séquences de type AA.

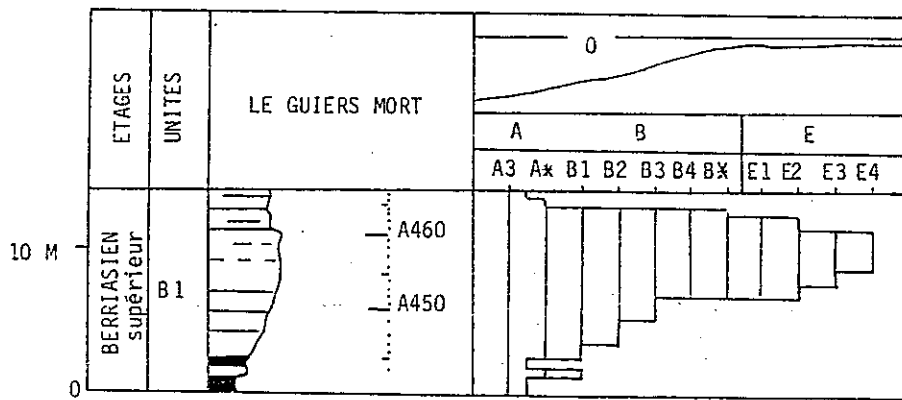


Figure 11 : Coupe partielle de l'unité B1 du Guiers mort montrant une séquence de type ABE.

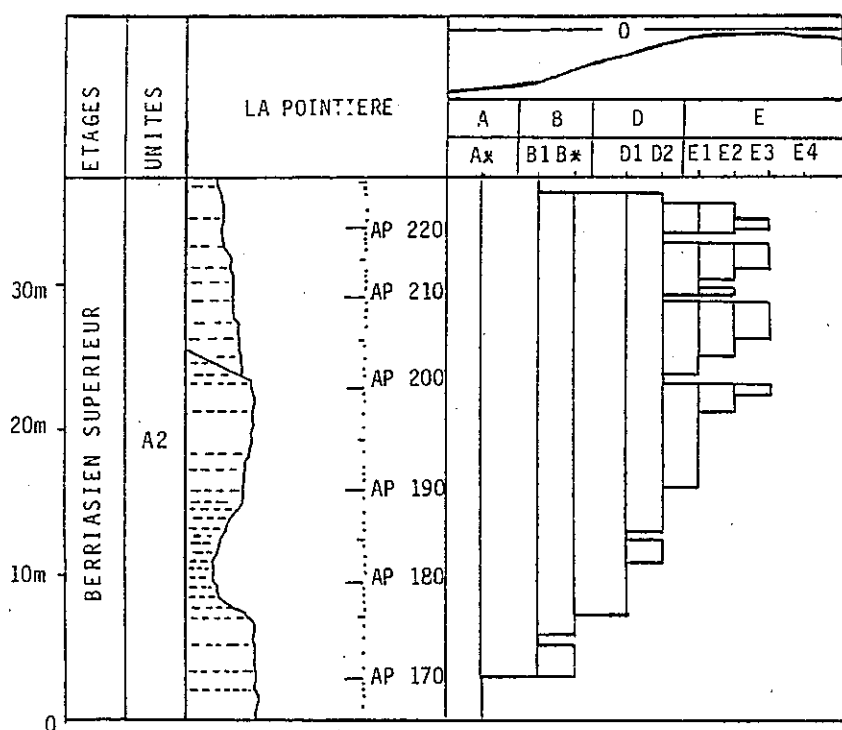


Figure 13 : Coupe partielle de l'unité A2 de la Pointière montrant une séquence de type ABDE.

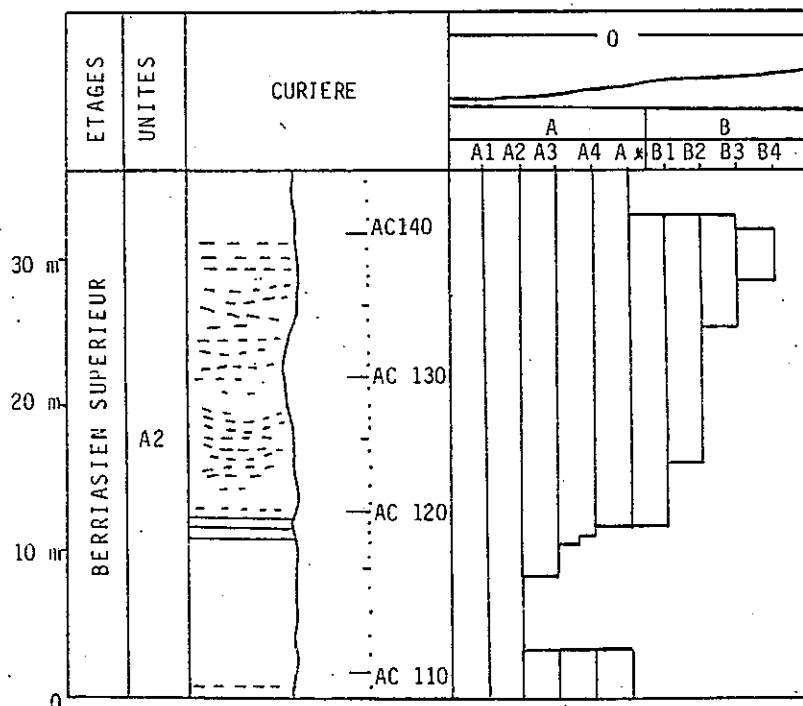


Figure 12 : Coupe partielle de l'unité A2 de Curière présentant une séquence de type ABE.

2.1.1.3 - Séquences ABDE : figure 13

Les séquences ABDE sont présentes dans toutes les unités.

- unité A1 : La Pointière.
- unité A2 : La Pointière.
- unité B1 : Le Guiers mort, La Pointière, L'Echailon, Curière et la Buisse.
- unité B2 : Le Guiers mort, La Pointière, L'Echailon et la Buisse.

Les séquences de ce type présentent fréquemment des faciès pré littoraux à éléments remaniés issus de la plate-forme externe (faciès A*, B* et D*). Elles sont rythmiques ou cycliques asymétriques (figure 13).

2.1.2 - Séries de plate-forme :

Les séries de plate-forme sont peu fréquentes dans notre domaine d'étude ; de ce fait, malgré une grande variabilité des faciès dans le détail, nous n'avons pu définir qu'un seul type de séquence pour ces séries : les séquences internes.

Les séquences internes s'observent dans les unités A2 et B1 (figure 14).

- unité A2 : Le Guiers mort, la Pointière, L'Echailon et Curière.
- unité B1 : Le Guiers mort, la Buisse et la Pointière.

Les séquences de ce type présentent les caractéristiques communes suivantes :

- les dépôts pré littoraux ne représentent qu'une faible partie de la séquence et sont principalement constitués par des faciès à éléments remaniés issus de la plate-forme (A*, B* et D*) ;

- la famille de faciès E, correspond aux dépôts de la plate-forme externe, elle est en grande partie représentée par les biosparites et les biomicrites à cnidaires et rudistes (faciès E4) ;

- les séquences internes sont rythmiques (complément).

2.1.3 - Conclusion :

- Les différents types de séquences.

Les séries de plate-forme non submergée s'agencent en quatre types de séquences :

- les séquences AA constituées uniquement par les faciès de la famille A sont cycliques et ne s'observent qu'à la base de la série ;

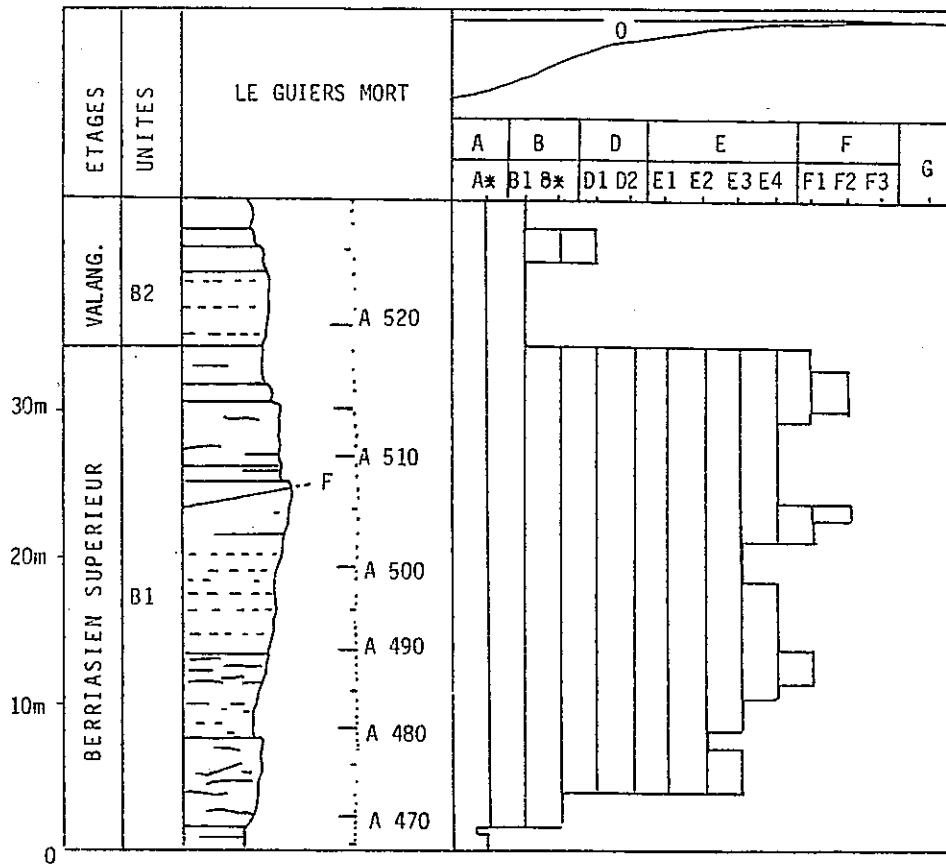


Figure 14 : Coupe partielle des unités B1 et B2 du Guiers mort montrant une séquence de type interne.

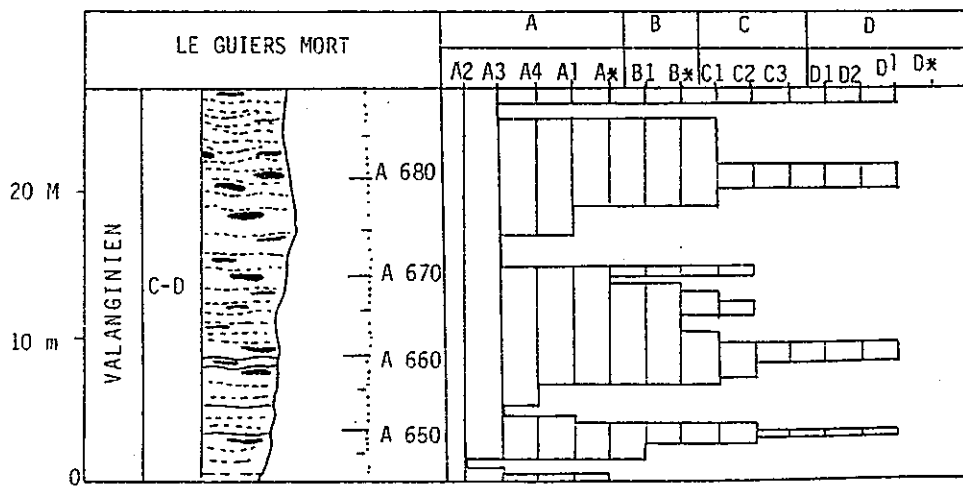


Figure 15 : Coupe partielle des unités C-D du Guiers mort.

- les séquences ABE présentent les faciès B2, B3 et B4 (biopelmicrites et biopelsparites à petits foraminifères circalittoraux et débris de bryozoaires) sont rythmiques (séquences de comblement) ou asymétriques ; elles se situent principalement dans les unités A1 et A2.
- les séquences ABDE présentent les faciès de la famille D (biopelmicrites et biopelsparites à petits éléments usés et calibrés et petits foraminifères circalittoraux), les séquences de ce type sont rythmiques ou asymétriques, et s'observent principalement dans les unités B1 et B2 ;
- les séquences internes sont principalement constituées par les familles de faciès E, F et G. Ce type de séquence est toujours rythmique et ne s'observe que dans les unités A2 et B1.

coupes unités	Le Guiers Mort	La Pointière	L'Echaillon	Curière	La Buisse
B2	ABDE	ABDE	ABDE		ABDE
B1	interne ABE	interne ABDE			interne ABDE
A2	interne ABE	interne ABE	interne AA	interne ABE	interne
A1		ABE ABDE	ABE	ABE AA	


 Lacunes d'observation

Tableau 12 : Répartition des différents types de séquences dans les séries de plate-forme non submergée.

- Intérêt paléogéographique.

Les séquences sont donc cycliques dans les séries de bassin (séquences AA), rythmiques pour les séries de plate-forme interne, et intermédiaires (cycliques asymétriques ou rythmiques) pour les séries pré-littorales du talus externe. (séquences ABE et ABDE).

Les séquences AA et ABE qui constituent l'essentiel des séries pré-littorales des unités basales (A1 et A2) sont remplacées par des séquences ABDE dans les unités B1 et B2.

Les séquences internes s'observent dans les unités A2 et B1 sur l'ensemble des coupes. (Nous commenterons cette répartition dans le chapitre consacré à la stratigraphie et à la Paléogéographie).

2.2 - Plate-forme submergée :

Les séries de plate-forme submergée s'observent dans les unités C-D et sont principalement constituées par des dépôts allochtones (figure 15). Les faciès autochtones observés sont ceux des séquences ABDE; les faciès allochtones sont de différents types :

- faciès pré-littoraux à nombreux éléments remaniés : faciès A*, B*, D* ;
- faciès circo-littoraux à lamines : faciès A1 et D1 ;
- faciès de la famille C : biosparites à bryozoaires, crinoïdes et rares foraminifères ainsi que les marnes associées.

Du fait de l'abondance des faciès de remaniements, il n'est pas possible de définir de séquences dans les séries de plate-forme submergée.

VI - Conclusion :

I - Faciès et milieu de dépôt :

La nature et la succession des milieux de dépôt varient en fonction du contexte paléogéographique, c'est-à-dire suivant que le domaine de plate-forme est submergé et situé pour l'essentiel en zone circo-littorale, ou non submergé avec des milieux de dépôt des zones infralittorale à supralittorale.

Lorsque la plate-forme n'est pas submergée (unités A1, A2, B1 et B2, Berriasien et Valanginien basal).

Les milieux de dépôt sont très contrastés. Cinq domaines s'observent successivement depuis le large jusqu'à la côte :

- le bassin, situé dans la zone circo-littorale au moins,
- le talus externe, qui s'étend du sommet de la zone circo-littorale à la base de la zone infralittorale,
- la plate-forme externe, qui présente des milieux de dépôt infralittoraux,
- la plate-forme interne, dont les sédiments sont caractéristiques des zones infralittorales et médiolittorales,
- le domaine margino-littoral, situé dans les zones supralittorales et adlittorales.

Le bassin est caractérisé par des sédiments vaseux à calpionelles et spicules (famille de faciès A). En s'approchant du talus externe, ils s'appauvrissent en calpionelles puis en spicules, mais s'enrichissent par contre en débris d'échinides et petits foraminifères circalittoraux. Dans ces vases, plus ou moins sableuses, peuvent s'intercaler des coulées à éléments bioclastiques plus grossiers et exoclastes issus du sommet du talus et de la plate-forme externe (faciès A*).

Le talus externe présente à sa base des vases sableuses à petits débris d'échinides (faciès B1), qui passent progressivement aux vases à spicules et calpionelles du bassin. Le sommet du talus externe montre, en équivalent latéral, deux types de sédimentation, d'une part les sables vaseux à spatanges, crinoïdes, bryozoaires et foraminifères (famille de faciès B, faciès B1, B2, B3 et B4), d'autre part les sables fins à petits foraminifères circalittoraux et éléments classés (famille de faciès D). Dans ces dépôts s'intercalent fréquemment des venues bioclastiques issues de la plate-forme externe, dont les éléments remaniés se mêlent aux sédiments autochtones (faciès B* et D*).

La plate-forme externe est caractérisée par des sables grossiers à débris d'algues calcaires, de rudistes et de cnidaires (famille de faciès E). La microfaune est diversifiée et dominée par les grands foraminifères benthiques : Trocholina, Coscinophragma, Nautiloculina, Pfenderina,... Des oncoïdes à Lithocodium-Bacinella sont parfois fréquents (faciès E3), formés dans un domaine plus interne, ces éléments sont transportés vers la plate-forme externe et de ce fait très usés. La bordure de la plate-forme, qui est le domaine de plus haute énergie, ne présente que très rarement des dépôts oolitiques ou des biohermes à madréporaires, ce milieu est formé de sables grossiers à cnidaires isolés et rudistes (faciès E4).

La plate-forme interne montre des sables vaseux et des vases sableuses à microfaune appauvrie. Ces milieux riches en miliolidés présentent fréquemment l'association Lithocodium-Bacinella sous forme d'oncolites à proximité du domaine externe ou de lamines au contact du domaine margino-littoral. Les bioclastes sont toujours très micritisés, les algues calcaires sont diversifiées et abondantes (famille de faciès F).

Le domaine margino-littoral se caractérise par des dépôts à fréquents indices d'emersion, bird's eyes dans les vases, keystones vugs dans les sables de plage, terriers ouverts, traces de racines et paléosols (famille de faciès G). La microfaune est très rare et principalement constituée par des miliolidés (Pseudotriloculina et Istriloculina).

Lorsque la plate-forme est submergée (unité C-D, Valanginien), le milieu de dépôt s'approfondit et se situe dans le domaine circalittoral et à la base du domaine infralittoral, les remaniements sont fréquents. Les faciès de plate-forme interne sont totalement absents. Dans ce contexte, des sédiments particuliers s'observent : les sables à gros débris de bryozoaires et de crinoïdes dépourvus de microfaune (famille de faciès C) et les sables circalittoraux fins à lamines millimétriques (faciès A1 et D1).

2 - Organisation séquentielle : tableau 12

Les plates-formes submergées montrent trop de remaniements sédimentaires et une trop faible variété des milieux de dépôt pour permettre la mise en évidence d'organisations séquentielles détaillées. Par contre, les plates-formes non submergées présentent une grande variété de sédiments qui s'organisent en quatre types de séquences :

- Les séquences de bassin (séquences AA) constituées uniquement par des biomicrites à calpionelles et spicules (famille de faciès A) sont cycliques.

- Les séquences de talus externe à échinides (séquences ABE) sont constituées de bas en haut, par des dépôts de bassin (famille de faciès A), des faciès de talus externe à petits débris d'échinodermes et de bryozoaires (faciès B2, B3 et B4), et des faciès les plus externes de la plate-forme externe (faciès E1, E2 et E3). Ces séquences sont rythmiques ou cycliques asymétriques, c'est-à-dire qu'elles traduisent une baisse progressive de la profondeur des milieux de dépôt, suivie par un approfondissement rapide. Dans les séquences rythmiques, l'approfondissement conduit à l'individualisation d'une discontinuité sédimentaire .

- Les séquences de talus externe à petits foraminifères circalittoraux (séquences ABDE) diffèrent des séquences de talus externe précédentes par la présence de sables fins à petits débris usés et petits foraminifères circalittoraux (famille de faciès D), et l'absence de sables vaseux à débris d'échinides et de bryozoaires (faciès B2, B3 et B4). Ces séquences sont également rythmiques (avec discontinuité marquant l'approfondissement) ou cycliques asymétriques.

- Les séquences du domaine interne sont principalement formées par des dépôts de plate-forme interne (famille de faciès F). Elles sont rythmiques et limitées par des discontinuités nettes traduisant un approfondissement important des milieux.

Il y a donc passage latéral progressif, depuis le bassin jusqu'au domaine interne, entre des séquences cycliques et des séquences rythmiques (séquences de comblement) par l'intermédiaire de séquences cycliques asymétriques. Dans le bassin, le caractère cyclique des séquences pourrait être dû à la cyclicité des phénomènes (voir chapitre consacré à l'analyse des séries alternantes de bassin).

C - DISCONTINUITES ET SEQUENCES :

L'analyse séquentielle permet de mettre en évidence quatre types de séquences de durées différentes. Les séquences de premier ordre correspondent à des sédiments déposés pendant plus d'un étage. Les séquences de deuxième ordre correspondent à des dépôts mis en place durant moins d'un demi-étage et regroupent de une à quatre séquences de troisième ordre. Les séquences de troisième ordre peuvent elles même être subdivisées en plusieurs séquences de quatrième ordre.

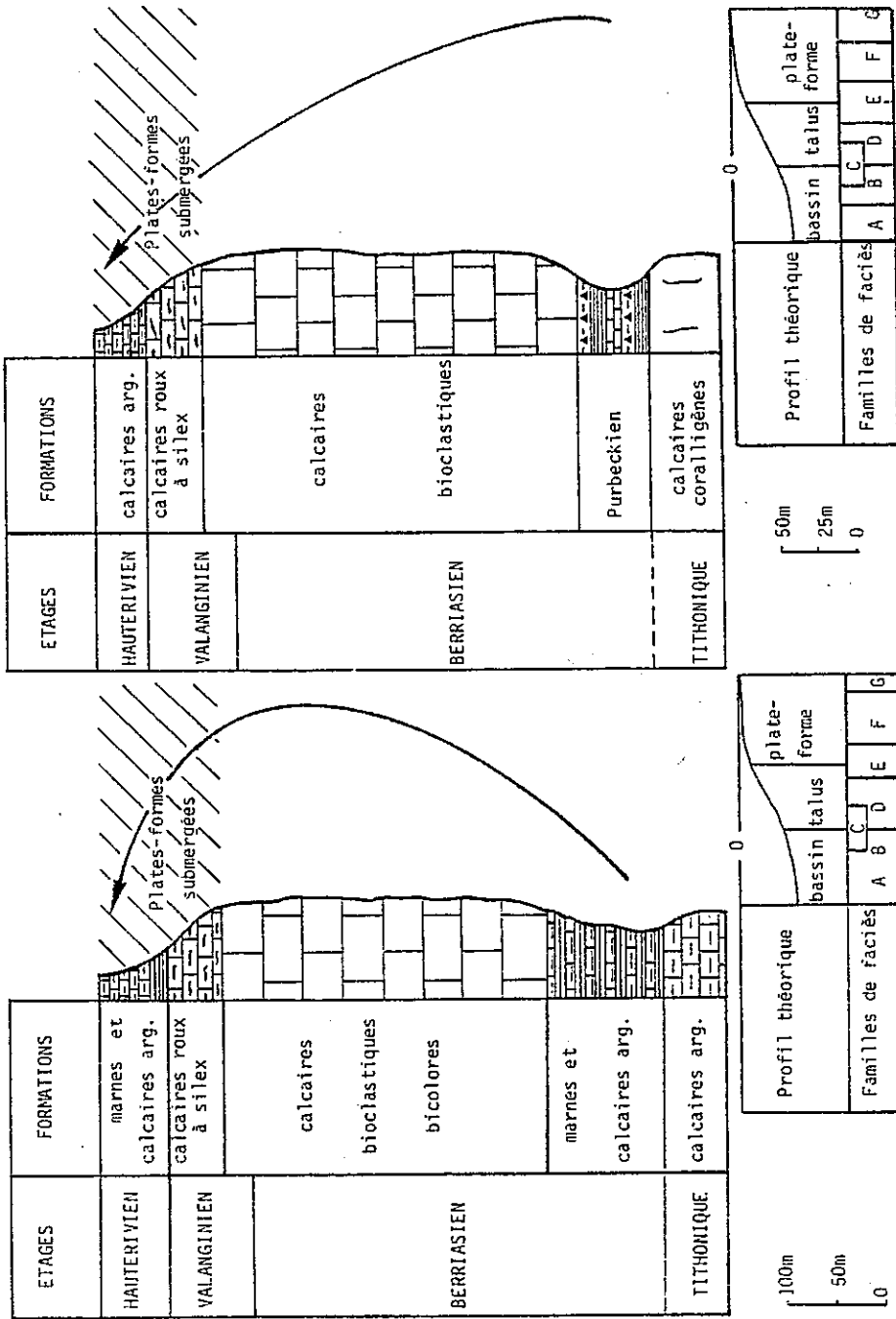


Figure 16 : Séquences de premier ordre dans les séries type subalpine (A) et jurassienne (B).

1 - Séquences de premier ordre :

1.1 - Evolution des séries à l'échelle des séquences de premier ordre :

L'organisation séquentielle des séries à l'échelle des séquences de premier ordre varie suivant le domaine considéré (figure 16).

En domaine subalpin (figure 16 A), on note une évolution cyclique des faciès. Du Tithonique au Berriasien supérieur, il y a diminution progressive de la bathymétrie marquée sur le terrain par la succession : calcaires argileux à organismes pélagiques du bassin, calcaires bioclastiques du talus externe, calcaires de plate-forme. Au contraire du Berriasien supérieur à l'Hauterivien, le milieu tend à s'approfondir. Aux dépôts de plate-forme du Berriasien supérieur succèdent quelques mètres de sédiments plus externes, puis au cours du Valanginien se mettent en place des calcaires roux à silex, dépôts typiques des plates-formes ennoyées, les marnes et les calcaires argileux de l'Hauterivien marquant le retour à une sédimentation de type bassin.

En domaine jurassien (figure 16 B), les milieux de dépôts montrent une tendance générale à l'approfondissement depuis le Purbeckien à fréquents indices d'émersion, jusqu'à l'Hauterivien hémipélagique. Le Berriasien moyen et supérieur montre une sédimentation de plate-forme interne, l'ennoyage de la plate-forme s'effectue au cours du Valanginien et se marque, comme dans le domaine subalpin par le dépôt de calcaires roux à silex auxquels succèdent les marnes hauteriviennes.

A l'échelle des séquences de premier ordre, les domaines subalpin et jurassien montrent une évolution inverse des milieux de dépôt du Tithonique au Berriasien supérieur. Par contre, ces deux domaines présentent une évolution similaire du Berriasien supérieur à l'Hauterivien.

1.2 - Origine des séquences de premier ordre :

1.2.1 - Principaux paramètres contrôlant la sédimentation carbonatée :

A l'échelle des séquences de premier ordre, les domaines subalpin et jurassien présentent une organisation séquentielle différente (figure 16). La sédimentation carbonatée de plate-forme est contrôlée par quatre paramètres principaux : la tectonique, la subsidence, la productivité en carbonate et l'eustatisme.

La tectonique provoque des variations brutales de profondeur qui ne s'observent que localement. Si un tel phénomène était responsable des différences d'organisations séquentielles au Berriasien, il faudrait envisager un soulèvement du domaine subalpin, qui dans ce contexte est très improbable. Par contre, le rôle de la tectonique est indéniable à l'échelle plus petite des séquences de deuxième et troisième ordre (voir chapitre Stratigraphie-Paléogéographie).

La subsidence provoque un affaissement graduel, parfois saccadé, du fond marin. Elle peut être provoquée par le poids des sédiments et de la tranche d'eau, ou le refroidissement de la lithosphère (subsidence thermique). La subsidence se traduit dans les séries par un approfondissement des milieux de dépôt si le taux de sédimentation est faible, un surépaississement des séquences si le taux est suffisamment élevé pour compenser l'affaissement du fond marin.

La grande différence de puissance entre les séries subalpines épaisses et jurassiennes minces est incontestablement liée à des taux de subsidence très différents, beaucoup plus élevés en domaine subalpin que jurassien.

L'eustatisme correspond à des variations générales du niveau de la mer. Les phénomènes eustatiques se marquant beaucoup plus nettement sur la plate-forme que dans le bassin en raison de leur impact sur les milieux peu profonds, une faible variation de la tranche d'eau entraînant souvent d'importantes modifications de la sédimentation en domaine interne. Les mouvements eustatiques du niveau de la mer sont analogues dans les domaines jurassien et subalpin et ne peuvent donc pas expliquer les disparités de l'organisation séquentielle des cycles de premier ordre.

La productivité en carbonate est fonction de l'abondance relative des organismes. En effet les carbonates marins sont principalement issus de l'accumulation de débris de tests calcitiques ou aragonitiques calcitisés lors de la diagenèse. Les milieux les plus favorables à la vie se situent sur la plate-forme externe, c'est donc à ce niveau que s'observent les plus forts taux de sédimentation d'origine primaire, lorsque ces taux sont très élevés, les excédents peuvent alimenter le talus de progradation.

Les plates-formes submergées présentent des milieux beaucoup moins propices au développement des organismes à test carbonaté, d'où une réduction de la productivité primaire en carbonate entraînant une diminution de l'épaisseur des dépôts.

1.2.2 - Influence des différents paramètres sur l'évolution de la série à l'échelle des séquences de 1er ordre : (tableau 13)

Le domaine jurassien présente une tendance continue à l'approfondissement des milieux. La faible épaisseur de la série indique une faible subsidence. Dans ce contexte, l'approfondissement des milieux de dépôt du Berriasien inférieur à l'Hauterivien ne peut s'expliquer que par une phase transgressive, le taux de sédimentation étant insuffisant pour compenser les effets de la transgression.

Le domaine subalpin présente une baisse de profondeur des milieux de dépôt jusqu'au Berriasien supérieur puis un approfondissement du Berriasien terminal à l'Hauterivien. Ce domaine se caractérise par une subsidence plus élevée que celle du domaine jurassien, le contexte eustatique est transgressif tout au long de la série. La baisse progressive de la profondeur des milieux de dépôt dans la première partie de la série, malgré la transgression et la subsidence assez élevée, traduit un important comblement sédimentaire lié à un fort

taux de sédimentation. A partir du Berriasien terminal, les domaines jurassien et subalpin évoluent en parallèle et sont submergés au cours du Valanginien, le comblement sédimentaire étant trop faible pour compenser les effets cumulés de l'eustatisme et de la subsidence.

Domaines Paramètres	Jurassien	Subalpin
Subsidence	faible	forte
Productivité en carbonate	faible	forte
Eustatisme	Transgression	
Milieu de dépôt	Augmentat. profondeur	baisse de profondeur

BERRIASIEN

Domaines Paramètres	Jurassien	Subalpin
Subsidence	faible	forte
Productivité en carbonate	faible	faible
Eustatisme	Transgression	
Milieu de dépôt	Approfondissement	

BERRIASIEN TERMINAL-VALANGINIEN

Tableau 13 : Evolution des principaux paramètres contrôlant les milieux de dépôt à l'échelle des cycles de premier ordre.

1.2.3 - Conclusion :

L'évolution des milieux à l'échelle des séquences de premier ordre permet de mettre en évidence les effets de la subsidence, l'eustatisme et la productivité en carbonate dans les domaines jurassien et subalpin.

La **subsidence** est plus élevée en domaine subalpin que jurassien.

L'**eustatisme**, à cette échelle, est une tendance continue à la montée du niveau de la mer, du Berriasien inférieur à l'Hauterivien.

La **productivité** varie dans le temps. Au Berriasien moyen et supérieur elle est réduite sur la plate-forme jurassienne, où les dépôts sont peu épais, mais importante en domaine subalpin, où le comblement sédimentaire compense et au delà les effets de la subsidence et de la transgression. Cette forte productivité en carbonate du Berriasien subalpin correspond à des dépôts de talus externes et de plate-forme marquant une progradation (figure 17). Au Berriasien terminal et au Valanginien, les milieux de dépôt jurassien et subalpin montrent une tendance à l'approfondissement, la submersion de la plate-forme s'effectuant au début du Valanginien (dépôt des "Calcaires roux à silice").

L'évolution séquentielle à l'échelle des séquences de premier ordre montre donc trois étapes successives :

- au Berriasien inférieur, les milieux de dépôt sont très tranchés, sub-émersifs sur la plate-forme et pélagiques dans le bassin, les milieux intermédiaires étant peu représentés,

- au Berriasien moyen et supérieur, la plate-forme externe, peu développée auparavant, s'étend à la fois vers le domaine interne et le large (figure 11),
- au Valanginien, l'ensemble du domaine étudié est submergé.

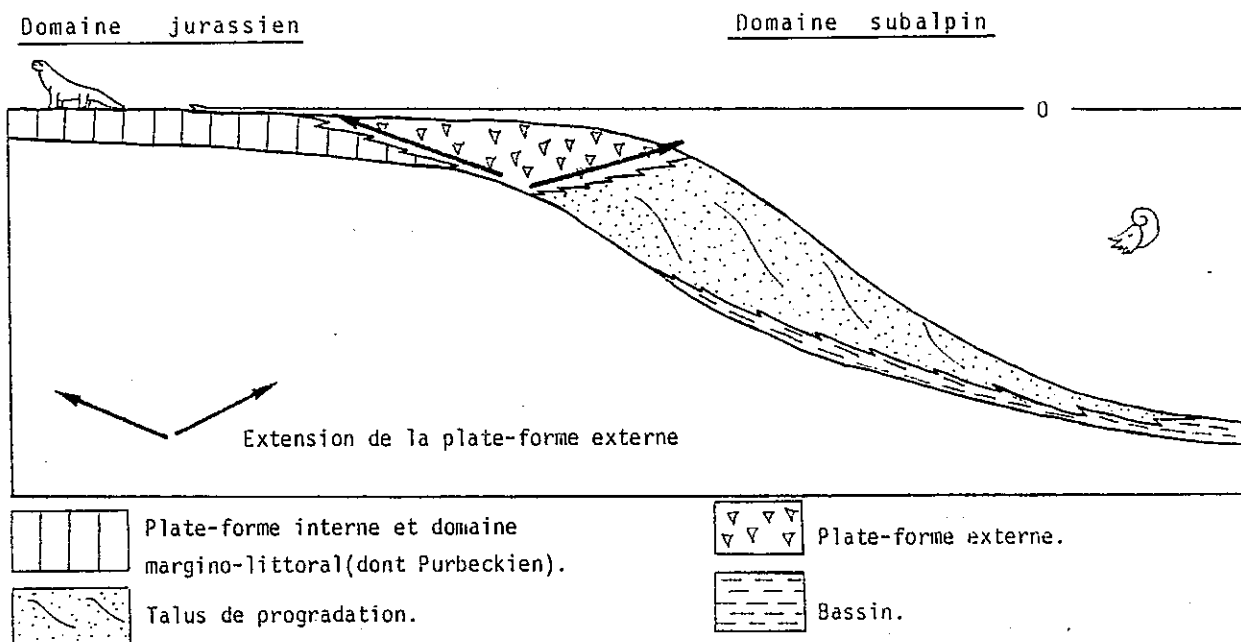


Figure 17 : Schéma montrant les relations entre les différents milieux de dépôt à l'échelle des cycles de premier ordre pour le Berriasien.

2 - Discontinuités majeures : figures 18 et 19

L'évolution régulière des milieux de dépôt à l'échelle des séquences de premier ordre est interrompue par six discontinuités majeures qui divisent la série en cinq séquences de deuxième ordre. Les horizons de discontinuité majeure repérés aisément sur les différentes coupes traduisent des modifications isochrones du milieu marin (H. ARNAUD 1981) et constituent de ce fait d'excellents repères pour établir des corrélations. Chacune des discontinuités majeures est soulignée dans les sédiments l'encadrant par des modifications plus ou moins prononcées dont les principales correspondent à :

- un approfondissement important des milieux de dépôt;
- des venues détritiques argilo-quartzeuses;
- des anomalies sédimentaires : hard-ground, galets et exoclastes, niveaux rubéfiés,...
- des renouvellements de la microfaune.

En falaise, les horizons de discontinuités majeures se marquent le plus souvent par des vires, du fait de la présence de joints marneux et d'assises plus litées que les formations environnantes.

The figure is a geological correlation chart. On the left, a vertical scale indicates height in meters, with markers at 0, 50, and 100. The chart is divided into three main stratigraphic sections: VALANGINIEN (top), BERRASSIEN supérieur (middle), and BERRASSIEN moyen (bottom). Within these sections, specific sequence stratigraphic units are identified: Di4, C-D, Di2, B2, Di11', B1, Di1, A2, Di10', A1, and Di0. The chart shows three columns representing different locations: LE GUIERS MORT, CURIÈRE, and LA POINTIÈRE. Each column contains a vertical column of stratigraphic units and a corresponding evolution curve. The evolution curves show the relative positions of these units across the three locations. A detailed view of the evolution curves is provided in an inset on the right, showing the correlation between the three locations for the units Di4, C-D, Di2, B2, Di11', B1, Di1, A2, Di10', A1, and Di0. The inset also includes a vertical scale and a horizontal axis labeled A through G.

Figure 18 : Corrélation basée sur l'analyse séquentielle des coupes du Guiers mort, de Curière et de la Pointière, situées dans le domaine subalpin. Courbes d'évolution séquentielles détaillées en annexe.

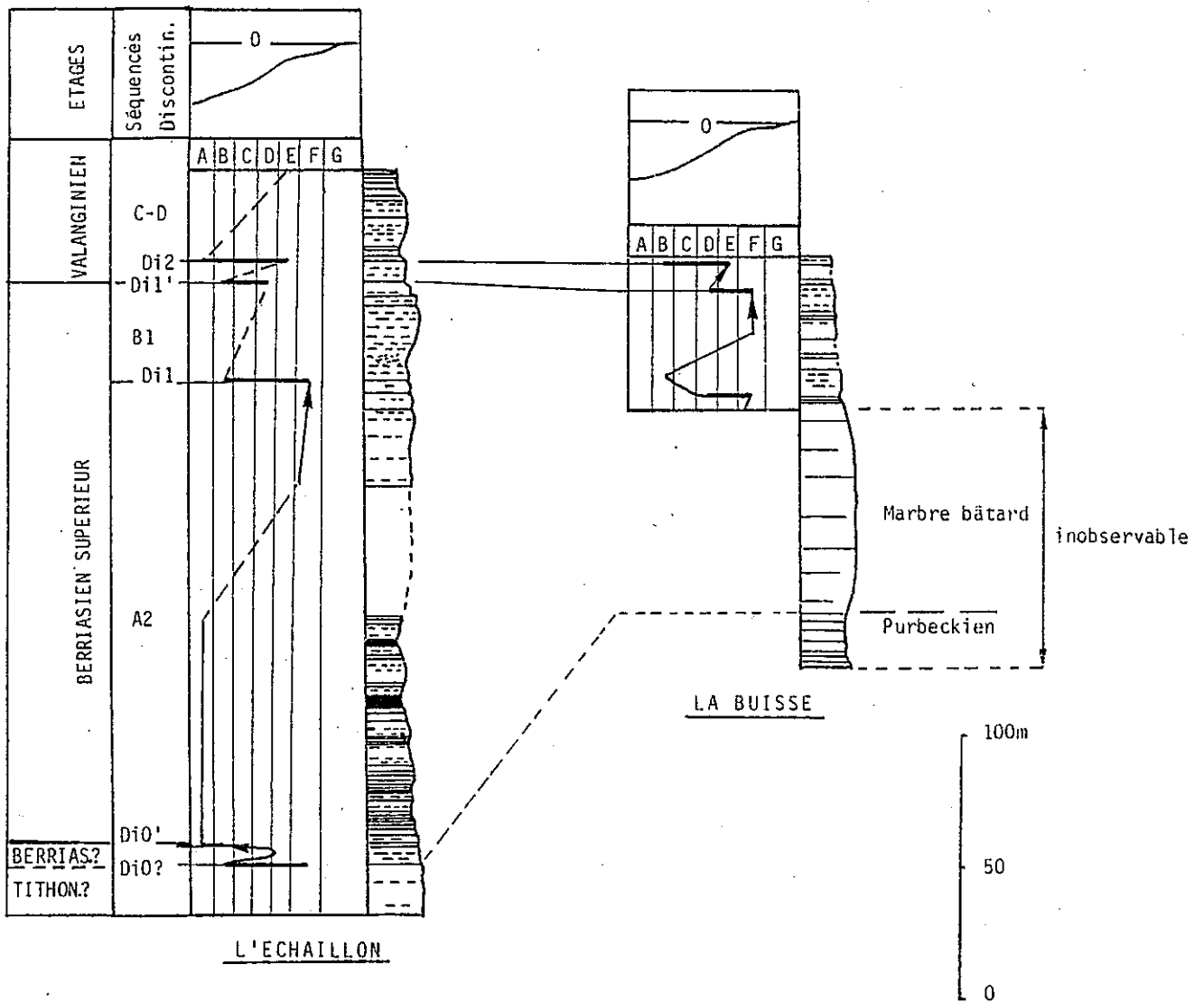


Figure 19 : Corrélations basées sur les méthodes d'analyse séquentielle des coupes jurassiennes de la Buisse et de l'Echailon.

La plupart des discontinuités majeures ont une valeur régionale et ont été précédemment reconnues par C.DARSAC (1983) dans les séries de l'Ain et de la Savoie. Nous avons donc choisi d'adopter la terminologie proposée par cet auteur (tableau 14). Sur les six discontinuités majeures observées dans les séries de l'Echaillon et de la Chartreuse méridionale, quatre ont été observées plus au Nord par cet auteur (Di0, Di1, Di2 et Di4), deux n'ont pas été signalées (Di0' et Di1').

AGES	C.DARSAC (1983) Ain et Savoie	T.BOISSEAU (1987) Chartreuse méridionale	
HAUTERIVIEN	Di4		Di4
VALANGINIEN	Di3	D	C-D Di3(non identifiée)
	Di2	C	
		B	B2 Di1'
BERRIASIEN	Di1		B1 Di1
		A	A2 Di0'
	Di0		A1 Di0

Tableau 14 : Séquences de deuxième ordre et discontinuités majeures du Berriasien-Valanginien.

2.1 - Discontinuité majeure Di0 :

Cette discontinuité présente des caractéristiques très différentes dans les domaines jurassien et subalpin.

2.1.1 - La discontinuité Di0 en domaine jurassien :

D'après C.DARSAC (1983) la discontinuité Di0 marque la disparition des faciès margino-littoraux typiques du Purbeckien, tels que les brèches à cailloux noirs et les marnes vertes. Dans l'Ain et la Savoie, les dépôts qui surmontent la discontinuité Di0 sont caractéristiques de la plate-forme interne, mais dans sa partie externe. En domaine jurassien, la discontinuité Di0 traduirait donc un approfondissement modéré des milieux.

Dans la région étudiée, les coupes de la Buisse et de l'Echaillon se situent en domaine jurassien, mais présentent des caractéristiques différentes :

- La coupe de la Buisse est une série jurassienne proche de celles décrites par C.DARSAC (1983). La discontinuité Di0 s'y situe vraisemblablement au niveau de la limite Purbeckien-Marbre bâtard, mais n'a malheureusement pas pu être observée car le passage entre ces deux formations est inaccessible sur le terrain (front de taille).

- La coupe de l'Echaillon ne montre pas de Purbeckien. Toutefois, la discontinuité majeure Di0 pourrait se situer au niveau du hard-ground qui marque la disparition des Calcaires coralligènes et le début de la sédimentation de dépôts bioclastiques de talus externe (figure 19). Le caractère anormal de la coupe de l'Echaillon et la rareté des éléments de datation ne permettent pas de corréliser avec certitude cet important changement de milieu avec la disparition des faciès purbeckiens dans les autres séries jurassiennes.

2.1.2 - La discontinuité Di0 en domaine subalpin :

La discontinuité Di0 correspond à un changement important de la nature de la sédimentation lié vraisemblablement à un approfondissement des milieux de dépôt. Bien visible sur la coupe du Guiers mort, cette discontinuité marque l'arrêt de la sédimentation essentiellement gravitaire à éléments remaniés issus de la plate-forme externe (couléas sableuses), les dépôts mis en place au-dessus de cette discontinuité sont des vases à spicules ou des vases sableuses à petits débris d'échinides, caractéristiques de la base du talus externe.

La discontinuité majeure Di0 marque la disparition des faciès purbeckiens, son identification sur la coupe jurassienne de l'Echaillon ou sur les coupes subalpines demeure incertaine et sera discutée dans le chapitre consacré à la Stratigraphie.

2.2 - Discontinuité majeure Di0' :

Clairement observable dans les coupes subalpines de Chartreuse (le Guiers mort, Curière et la Pointière) ainsi qu'à l'Echaillon, cette discontinuité n'a été signalée par C.DARSAC (1983) ni dans les séries jurassiennes, ni dans le massif subalpin des Bauges (coupe du Revard).

Dans la zone étudiée, la discontinuité Di0' présente les caractères suivants :

A l'affleurement, elle est soulignée par un joint marneux, les niveaux sous-jacents ne montrant que des joints secs. Les premiers mètres de série qui la surmonte présentent également quelques joints marneux. Dans la topographie, l'horizon de discontinuité Di0' se marque par une vire entre deux falaises.

Le détritisme se manifeste par des arrivées argilo-quartzeuses. L'argile s'exprime principalement au niveau des joints marneux, le quartz est disséminé dans les niveaux calcaires et constitue un excellent repère pour localiser cette discontinuité. Les grains de quartz ont une taille moyenne comprise entre 0,3 et 0,5 mm, ils peuvent constituer jusqu'à 2% du dépôt (la taille des grains et leur abondance ont été estimés sur charte visuelle).

La microfaune est partiellement renouvelée. Rectocyclammina arrabidensis et Verneuilinoïdes aff. loeblichii, fréquents sous la discontinuité se raréfient au-dessus. Les premiers représentants de Neotrocholina aff. infragranulata s'observent dans les premiers bancs qui surmontent la discontinuité Di0'. De même qu'à l'Echaillon, quelques représentants de Palaeotextularia crimica.

Du point de vue sédimentologique, la discontinuité Di0' marque un approfondissement important des milieux. En effet, elle surmonte des dépôts mis en place sur le rebord de la plate-forme (sables grossiers à éléments classés, famille de faciès E), et est recouverte par des sédiments caractéristiques du bassin et de la base du talus externe (vases sableuses à spicules et à petits débris d'échinodermes, familles de faciès A et B).

En conclusion, la discontinuité majeure Di0' marque une submersion temporaire de la plate-forme et se traduit par quelques renouvellements de la microfaune associés à des arrivées détritiques argilo-quartzeuses. C'est à partir de cette discontinuité que les grains de quartz sont présents de façon plus ou moins prononcée dans la plupart des dépôts, alors qu'ils étaient totalement absents à la base de la série.

2.3 - Discontinuité majeure Di1 :

Cette importante discontinuité s'observe sur toutes les coupes subalpines et jurassiennes étudiées, ainsi que plus au Nord (C.DARSAC 1983). Elle montre les caractéristiques suivantes :

A l'affleurement, au niveau de la discontinuité et légèrement au-dessus s'observent plusieurs hard-grounds ferrugineux. Dans la topographie, cette discontinuité se situe à la base d'une vire, les assises la surmontant présentant de nombreux joints et passées marneuses tendres.

Le détritisme est important dans les premiers mètres au-dessus de la discontinuité. Il se marque par des venues de grains de quartz de grande taille (fréquence estimée : 4 à 10 % du faciès, taille moyenne 0,8 à 1 mm).

Au-dessus de ces calcaires silteux s'observent souvent deux passées marneuses.

La microfaune benthique se renouvelle :

- disparition sous la discontinuité de Verneuilina aff. loeblichii, Trocholina delphinensis, Rectocyclammina arrabidensis, Neotrocholina aff. infragranulata-paucigranulata et Dorothia kummi,

- abondance dans les bancs qui encadrent la discontinuité de Danubiella gracillima et des polymorphinidés,

- forte augmentation de fréquence de Trocholina campanella au-dessus de la discontinuité,

- apparition de Pfenderina neocomiensis dans les derniers bancs sous-jacents et de Neotrocholina cf. valdensis au-dessus de la discontinuité.

Du point de vue sédimentologique, la discontinuité majeure Di1 se marque par un approfondissement important des milieux de dépôt souligné par la sédimentation de vases à spicules (famille de faciès A) immédiatement au-dessus de dépôts de plate-forme interne (famille de

faciès F). A la Pointière et à l'Echailon, les derniers mètres de dépôts de plate-forme sont très riches en gros oncolites centimétriques très reconnaissables, qui constituent de ce fait un bon horizon repère.

En conclusion, la discontinuité majeure Di1 traduit un évènement important tant du point de vue biologique (renouvellement de la microfaune) que sédimentaire (accentuation du détritisme). Elle traduit un approfondissement important des milieux de dépôt enregistré nettement sur toutes les coupes.

2.4 - Discontinuité majeure Di1':

Bien qu'elle soit très visible dans notre domaine d'étude, cette discontinuité n'a pas été signalée plus au Nord par C.DARSAC (1983).

A l'affleurement, la discontinuité majeure Di1' est soulignée par un hard-ground. Elle est peu marquée dans la topographie et se situe entre une formation massive et une formation litée.

Détritisme : La discontinuité Di1' ne montre de légères venues argilo-quartzeuses que sur la coupe du Guiers mort, sous la forme de quelques minces joints marneux et d'un peu de quartz (taille inférieure à 0,4 mm, fréquence inférieure à 2 %).

Microfaune : Cette discontinuité marque la disparition de Conicospirillina basiliensis et de Protopenoplis trochangulata. On note également à son niveau l'apparition de Debarina cf. hahounerensis et Pseudotextulariella sp. A.

Sédimentologie : La discontinuité Di1' marque un important approfondissement des milieux de dépôt qui se traduit par la superposition de sédiments caractéristiques du talus externe, vases à petits débris usés d'échinodermes (faciès B1) ou sables fins à petits foraminifères circolittoraux (famille de faciès D), sur des dépôts de plate-forme interne (famille de faciès F).

2.5 - Discontinuité majeure Di2 :

Déjà décrite plus au Nord par C.DARSAC, cette discontinuité s'observe sur toutes les coupes, lorsque les conditions d'affleurement le permettent.

A l'affleurement, elle se marque par un hard-ground surmonté par un joint épais ou un banc marneux. En falaise elle se situe au niveau d'une vire.

Détritisme : la discontinuité Di2 est surmontée par des bancs riches en quartz et en argile. Les venues argileuses se marquent par des passées marneuses d'épaisseur décimétrique sur les coupes du Guiers mort et de la Corrière, des joints marneux épais sur les autres coupes. Les grains de quartz peuvent constituer jusqu'à 8 % des faciès calcaires qui surmontent la discontinuité, la taille moyenne des grains varie entre 0,4 et 0,9 mm.

Micropaléontologie : la discontinuité Di2 se marque par la raréfaction de Trocholina campanella et surtout par l'apparition de Pseudotextulariella salevensis, Citaella? favrei et Gaudryina cf. tuchaensis.

Sédimentologie : La discontinuité majeure Di2 souligne un approfondissement important des milieux de dépôt, qui se traduit par la sédimentation de dépôts caractéristiques du bassin (vases à spicules famille de faciès A), au-dessus de sédiments de la plate-forme externe (famille de faciès E).

2.6 - Discontinuité majeure Di3 :

Signalée plus au Nord par C.DARSAC (1983), la discontinuité Di3 n'a pas été observée dans le domaine étudié, soit qu'elle se situe au niveau de lacunes d'observation fréquentes au sommet de la série, soit que l'on ne puisse pas la reconnaître dans les dépôts de plate-forme submergée du fait des lacunes et des remaniements.

2.7 - Discontinuité majeure Di4 :

Elle se situe au contact des Calcaires roux et des marnes grises glauconieuses à faune hauterivienne. Sur les différentes coupes étudiées, elle n'a pas pu être identifiée avec précision du fait des mauvaises conditions d'affleurement.

3 - Séquences de deuxième et troisième ordre :

Les six discontinuités majeures identifiées dans l'intervalle Berriasien moyen-Valanginien délimitent cinq séquences de deuxième ordre. La présence de discontinuités mineures permet de distinguer de 1 à 4 séquences de troisième ordre au sein des séquences de deuxième ordre. Dans ce paragraphe nous analyserons l'organisation séquentielle des différentes séquences observées, après avoir rappelé la nature des dépôts berriasien situés sous la discontinuité majeure Di0.

3.1 - Assises berriasien situées sous la discontinuité majeure Di0 :

C'est à ce niveau que s'observent les plus forts contrastes entre les séries subalpine et jurassienne.

En domaine jurassien, les faciès purbeckiens observés à la Buisse correspondent à des dépôts de plate-forme interne à fréquents indices d'émersion. Sur la coupe de l'Echaillon, la discontinuité Di0 n'a pas été clairement reconnue, elle pourrait correspondre à la discontinuité qui surmonte les Calcaires coralligènes.

La base de la coupe de l'Echaillon montre donc une organisation sédimentaire différente de celle des autres coupes jurassiennes, les sédiments mis en place à ce niveau caractérisant non pas la plate-forme interne (Purbeckien), mais la plate-forme externe (Calcaires coralligènes).

En domaine subalpin (figure 20), la coupe de la vallée du Guiers mort présente une série à peu près complète. La succession des

formations comprises entre le Tithonique et la discontinuité Di0 est la suivante :

- 200 m de marnes et calcaires argileux à organismes pélagiques,
- 25 m de calcaires bioclastiques en petits bancs discontinus d'épaisseur centimétrique à décimétrique. Les biseautages de bancs sont fréquents ainsi que les galets mous et les coulées sableuses. L'observation des lames minces montre que ces sédiments sont constitués par le mélange d'éléments fins caractéristiques du domaine pré littoral et d'éléments grossiers usés et parfois brisés issus de la plate-forme (faciès pré littoraux à nombreux éléments issus de la plate-forme externe : A*, B* et D*). Cette unité bioclastique qui constitue la base la coupe du Guiers mort 1 ne présente pas d'organisation séquentielle nette, le passage entre l'unité inférieure calcaréo-argileuse et cette formation s'effectue en quelques mètres au niveau d'une petite lacune d'observation.

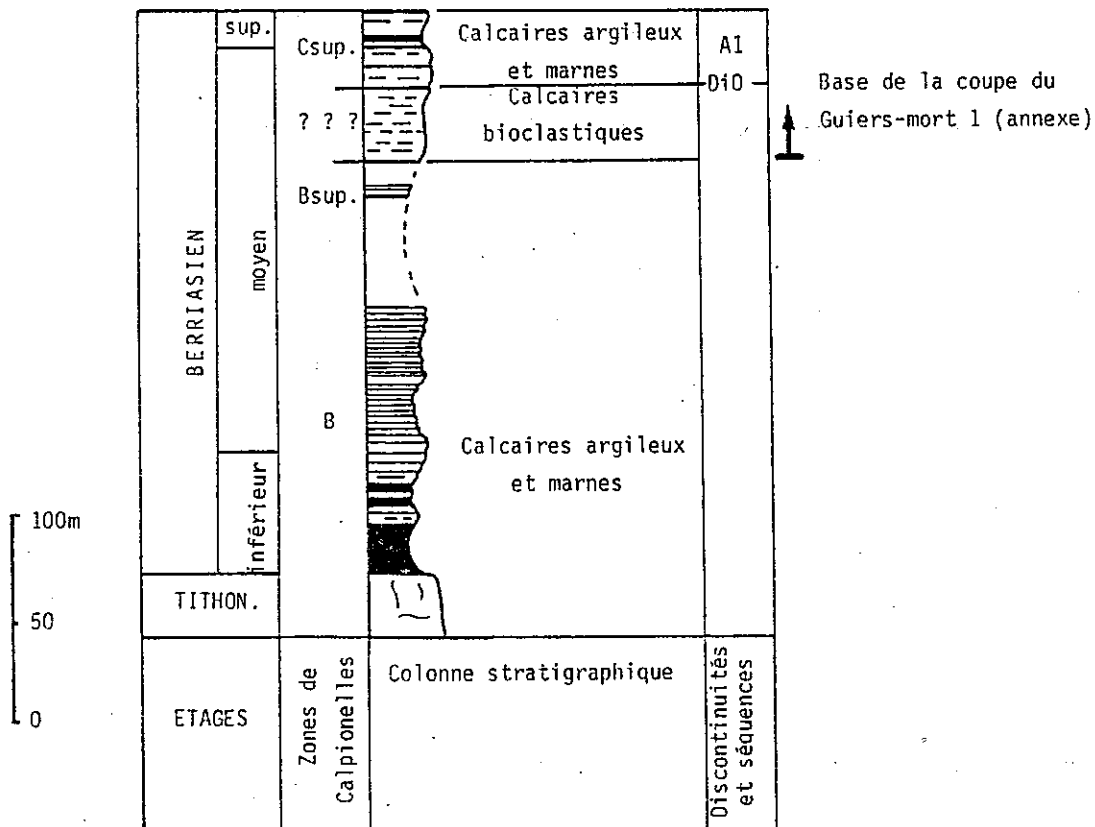


Figure 20 : Le Berriasien inférieur et moyen de la coupe du Guiers mort. Base de la série d'après H. ARNAUD et al. (1981).

En résumé, alors qu'en domaine jurassien le Berriasien inférieur est constitué par des dépôts de plate-forme, en domaine subalpin il correspond à des dépôts pélagiques à hémipélagiques que surmontent une formation à stratification confuse présentant de nombreux éléments remaniés et des coulées sableuses. Cette unité bioclastique ne semble pas traduire une baisse de la profondeur des milieux de dépôt, comme l'indiquerai une organisation séquentielle en séquence de comblement, mais plutôt la venue dans le bassin de matériel remanié issu de la plate-forme.

En domaines jurassien et subalpin, plus qu'un approfondissement important des milieux de dépôt, la discontinuité majeure Di0 traduirait une modification importante de la nature de la sédimentation se marquant, sur la plate-forme par l'arrêt de la sédimentation purbeckienne, dans le bassin par un fort ralentissement des venues bioclastiques issues de la plate-forme (coulées sableuses).

3.2 - Unité A1 : figure 21

L'unité A1 correspond à une séquence de comblement encadrée par les discontinuités majeures Di0 et Di0'. Cette séquence de deuxième ordre a été reconnue dans les séries subalpines où elle est épaisse de 100 à 120 m. En domaine jurassien, sur la coupe de l'Echaillon (figure 22), les 8 m de dépôts compris entre la discontinuité Di0 d'attribution incertaine et la discontinuité Di0' clairement identifiée, appartiendraient à cette unité.

Les faciès observés au sein de l'unité A1 sont caractéristiques du bassin et du talus externe à la base, du rebord de la plate-forme au sommet. Les dépôts de plate-forme interne sont donc totalement absents tant sur les coupes subalpines, qu'à l'Echaillon. Dans ces dépôts d'origine essentiellement pré-littorale, on note la rareté des sables fins à petits débris usés et petits foraminifères circo-littoraux (famille de faciès D, tableau 12).

En domaine subalpin, la séquence de comblement A1 marque une première tentative d'installation de la plate-forme interrompue par la discontinuité majeure Di0'. L'approfondissement important des milieux de dépôt que marque cette discontinuité semble annoncé dans les derniers mètres de série situés en-dessous (figure 21, coupes de la Pointière et de Curière).

Au sein de la séquence A1, deux discontinuités mineures (di01 et di02) permettent de mettre en évidence trois séquences de troisième ordre : A1.1, A1.2 et A1.3 (figure 21).

Séquence de troisième ordre A1.1 : Encadrée par les discontinuités Di0 et di01, cette séquence est épaisse de 60 m au Guiers mort, 14 m à Curière et seulement 9 m à la Pointière. La séquence A1.1 présente un détritisme argileux assez important exprimé sous la forme de joints et de bancs décimétriques marneux. Au Guiers mort, la séquence A1.1 peut être subdivisée en trois sous-séquences (séquences de quatrième ordre) notées A1.1a, A1.1b et A1.1c sur la figure 21.

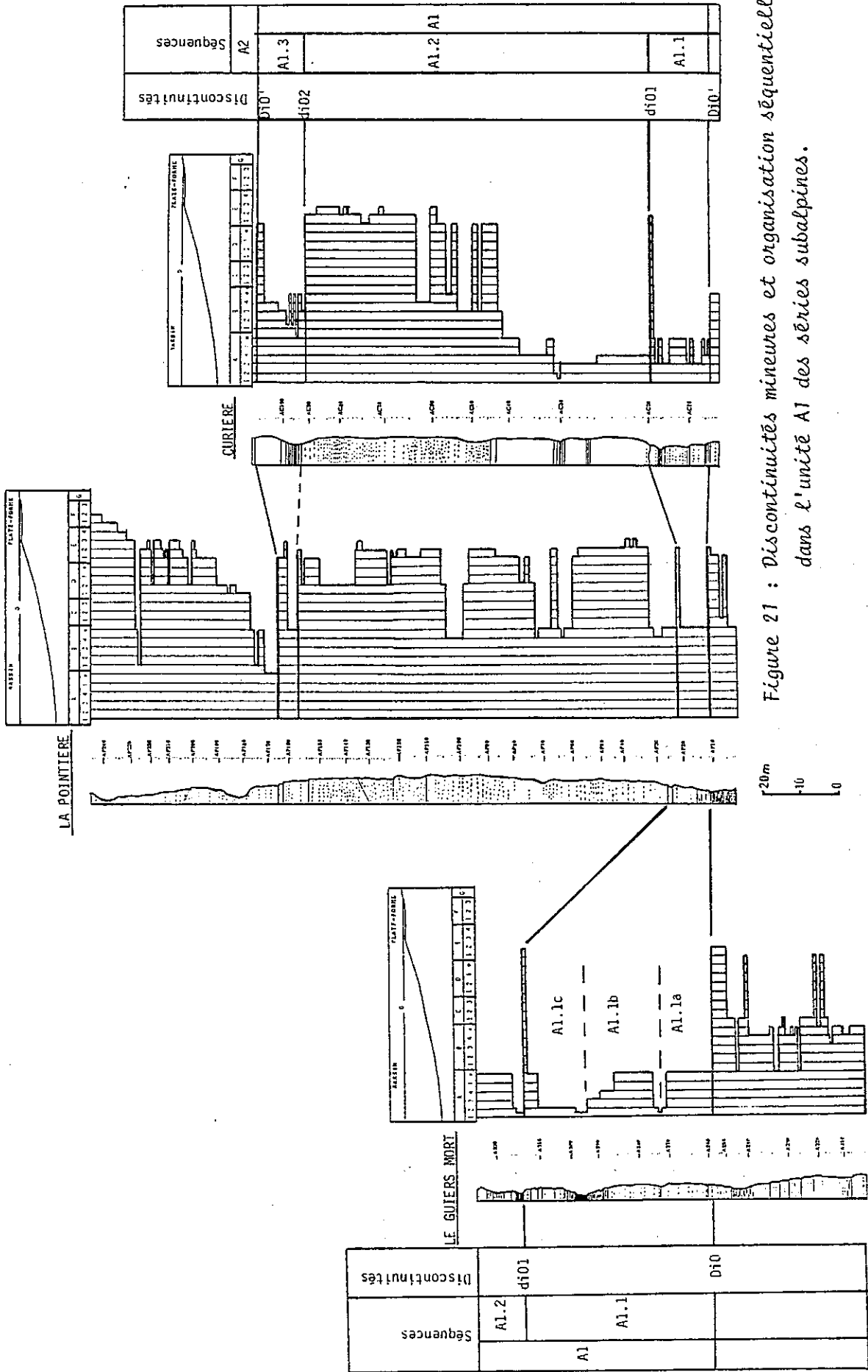


Figure 21 : Discontinuités mineures et organisation séquentielle dans l'unité A1 des séries subalpines.

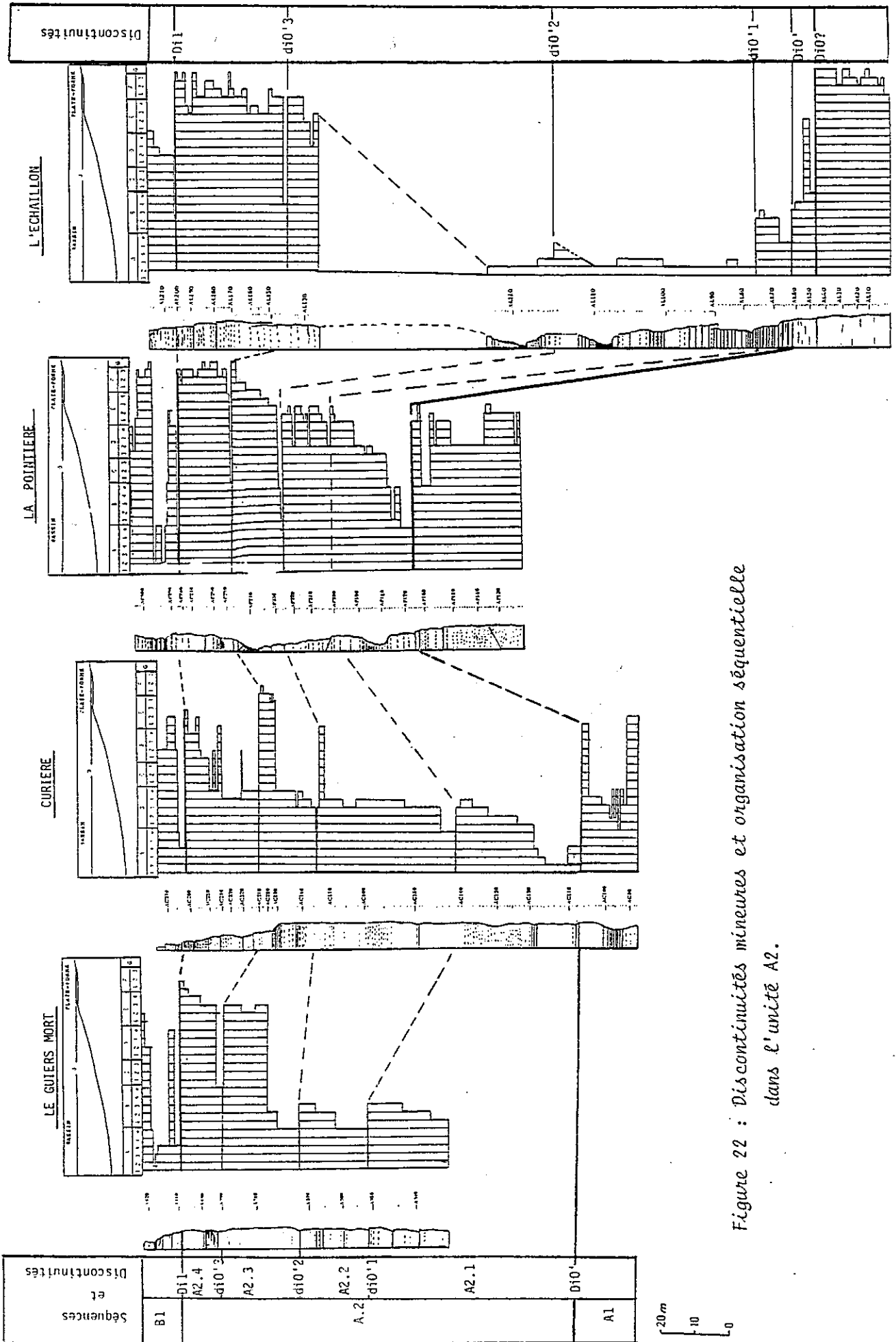


Figure 22 : Discontinuités mineures et organisation séquentielle dans l'unité A2.

Séquence de troisième ordre A1.2 : Epaisse de 90 à 100 m sur les coupes de Curière et de la Pointière, elle est encadrée par les discontinuités mineures di01 et di02 et correspond à une séquence de comblement présentant à la base des dépôts de talus externe, au sommet des dépôts caractéristiques du rebord de la plate-forme (faciès E1, E2 et E3).

Séquence de troisième ordre A1.3 : Epaisse de 10 à 20 m, cette séquence de comblement est encadrée par les discontinuités di02 et Di0'. Par rapport aux précédentes, elle marque un léger approfondissement des milieux de dépôt qui précède ainsi l'approfondissement plus important que traduit la discontinuité majeure Di0'.

3.3 - Unité A.2 : figure 22

Comprise entre les discontinuités majeures Di0' et Di1, l'unité A2 est une séquence de comblement épaisse de 70 à 120 m dans les coupes subalpines, de 150 m à l'Echaillon.

Elle présente à la base des dépôts de talus externe et de bassin, au sommet des dépôts de plate-forme avec sur certaines coupes des indices d'émersion (la Pointière et la Buisse). De même que la séquence A1, la séquence A2 offre peu de sables fins à petits débris usés et petits foraminifères circalittoraux (famille de faciès D).

La séquence A2 marque donc l'apparition des premiers dépôts de plate-forme interne en domaine subalpin. Dans cette unité, trois discontinuités mineures (di0'1, di0'2 et di0'3) permettent d'individualiser quatre séquences de comblement de troisième ordre (A2.1, A2.2, A2.3 et A2.4). Toutes ces discontinuités mineures correspondent à un approfondissement important des milieux de dépôt, de plus deux d'entre elles sont caractérisées par l'apparition d'espèces de foraminifères benthiques : les Polymorphinidés et Danubiella gracillima pour la discontinuité di0'2, Pfenderina neocomiensis pour la discontinuité di0'3.

Les premiers dépôts de plate-forme interne (famille de faciès F) apparaissent au niveau de la séquence A2.4 sur les coupes du Guiers mort et de l'Echaillon, dès la séquence A2.3 à la Pointière et à Curière. A la Pointière, des indices d'émersion s'observent au sein de la séquence A2.3, mais c'est dans la séquence A2.4 que se développent le plus les dépôts margino-littoraux (micrites à bird's eyes, traces de racines et plages sableuses).

3.4 - Unité B1 :

Epaisse de 30 à 60 m, l'unité B1 affleure dans de bonnes conditions, en domaine subalpin sur les coupes de la Pointière et du Guiers mort, en domaine jurassien à l'Echaillon et à la Buisse.

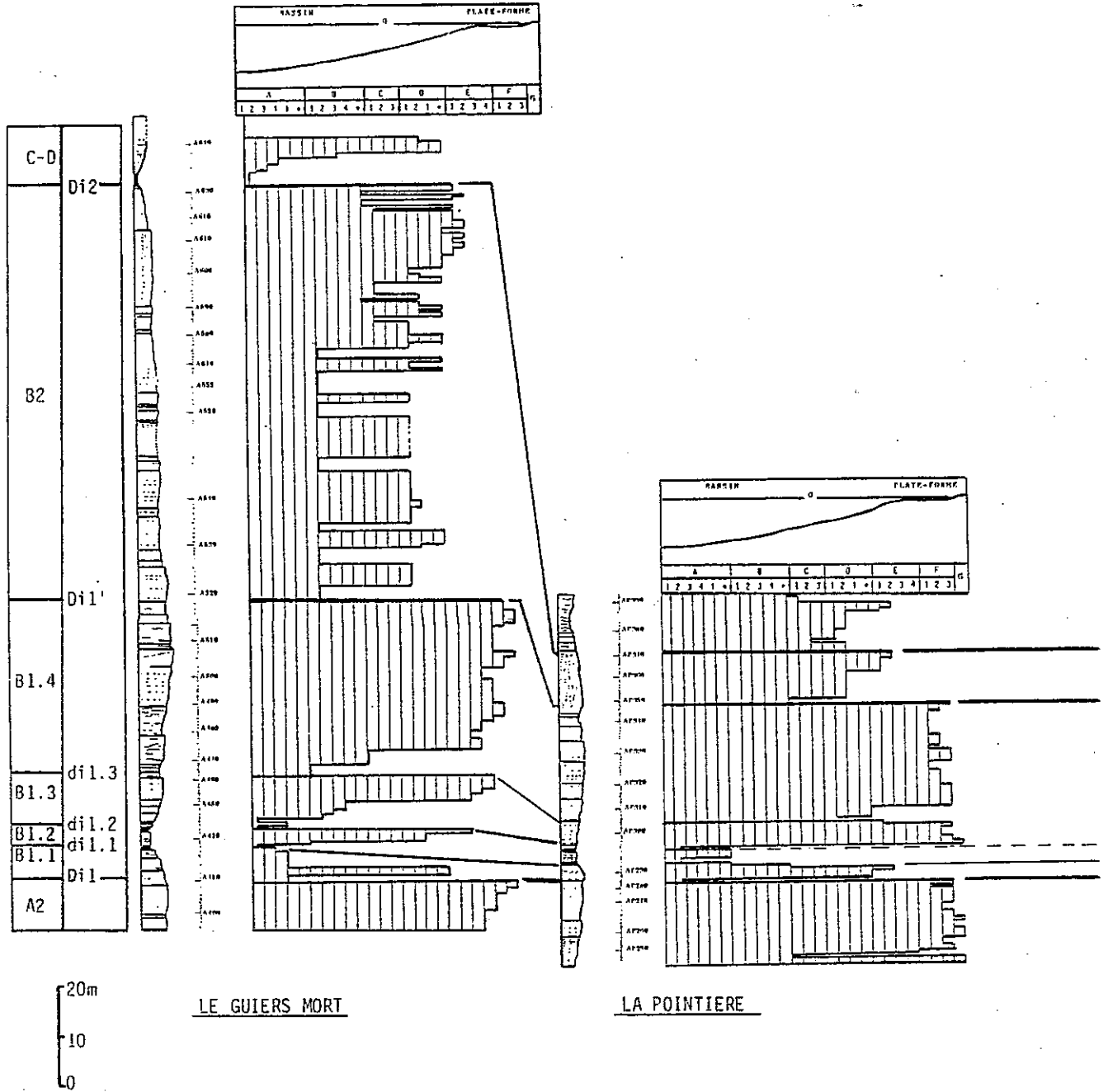
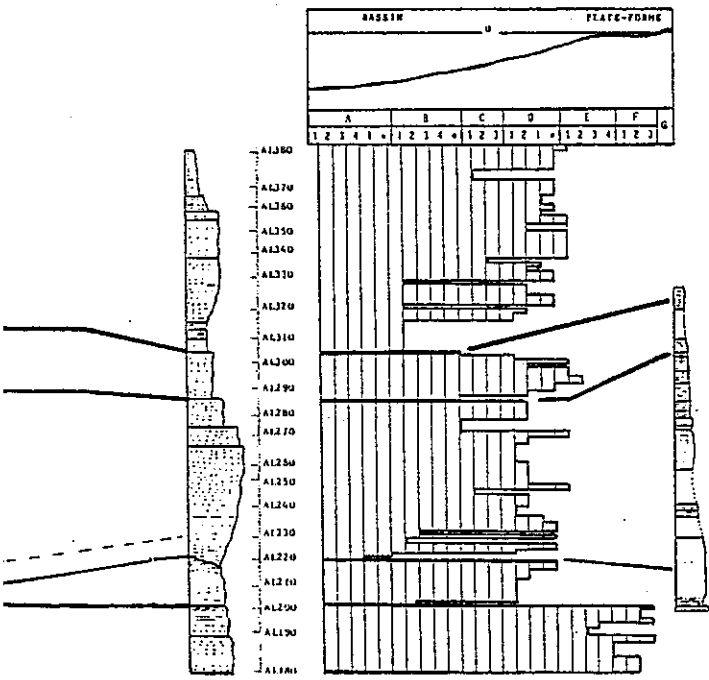
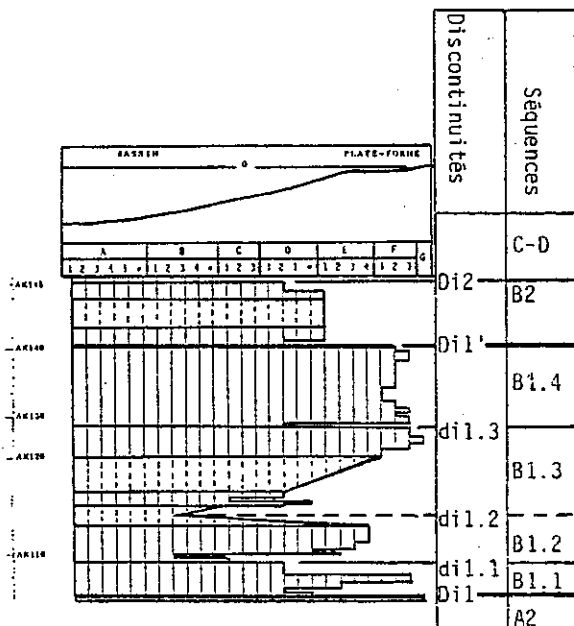


Figure 23 : Discontinuités et organisation séquentielle dans l'unité B1.



L'ECHAILLON



LA BUISSE

3.4.1 - Caractères généraux de l'unité B1 :

En domaine subalpin, l'unité B1 correspond à une séquence de comblement de deuxième ordre présentant, dans sa première partie principalement des dépôts de bassin et de talus externe (familles de faciès A, B et D), dans sa seconde partie des dépôts de plate-forme interne avec localement des indices d'émersion (la Pointière).

En domaine jurassien la série varie fortement entre la Buisse et l'Echaillon.

A la Buisse, la base de la séquence est en partie située aux niveaux de lacunes d'observation qui pourraient masquer des niveaux tendres à joints marneux correspondant à une sédimentation pré-littorale (familles de faciès B et D). Le sommet de la séquence présente des dépôts de plate-forme interne à indices d'émersion.

Sur la coupe de l'Echaillon, l'unité B1 est constituée uniquement par des sédiments mis en place sur le talus externe et montrant de nombreux critères de remaniement visibles à l'affleurement (slump, coulées sableuses) et en lame mince (sédiments présentant un mélange d'éléments issus de la plate-forme et du bassin : faciès D*). La fréquence des remaniements ne permet pas de mettre en évidence une organisation séquentielle nette de cette unité à l'Echaillon.

3.4.2 - Séquences de troisième ordre et discontinuités mineures au sein de l'unité B1 : figure 23

Si l'on excepte le cas particulier du secteur de l'Echaillon, la séquence de deuxième ordre B1 se subdivise en quatre séquences de troisième ordre (B1.1, B1.2, B1.3 et B1.4) séparées par trois discontinuités mineures (dil.1, dil.2 et dil.3). Les trois premières séquences de troisième ordre ont une épaisseur n'excédant pas 10 m, la séquence terminale à une puissance comprise entre 20 et 30 m.

La séquence B1.1 est encadrée par la discontinuité majeure Dil et la discontinuité mineure dil.1. Elle se caractérise par la fréquence des hard-grounds ferrugineux et des débris rubéfiés, l'abondance des grains de quartz de grande taille (1 mm en moyenne) qui peuvent constituer jusqu'à 10% du sédiment et la présence de nombreux polymorphinidés. De plus, sur la coupe du Guiers mort, on observe au sommet de cette séquence des galets calcaires centimétriques issus de la plate-forme interne dispersés dans des dépôts du talus externe. La séquence B1.1 présente donc des caractéristiques voisines de celles des "faciès de transgression" définis par A. ARNAUD-VANNEAU (1980).

La séquence B1.2 est encadrée par les discontinuités mineures dil.1 et dil.2. Elle ne s'observe clairement que sur les coupes du Guiers mort et de la Pointière, elle n'est pas visible en totalité à la Buisse et se situe au niveau d'un slump à l'Echaillon.

Au Guiers mort, la séquence B1.2 est constituée par 65 cm de marnes à spicules que surmontent 2,50 m de calcaires oolitiques à éléments rubéfiés et galets calcaires issus du domaine interne.

A la Pointière, cette séquence débute également par des marnes à spicules (60 cm) mais celles-ci sont surmontées par 80 cm de calcaire noduleux. Les nodules, dont la taille peut atteindre 20 cm, et la matrice du sédiment sont formés par du matériel de bassin (vases à spicules). Ils semblent donc traduire un remaniement de dépôts de bassin légèrement indurés. Le sommet de la séquence B1.2 est dépourvu de nodules.

En conclusion, la séquence B1.2 montre de nombreuses anomalies sédimentaires, les remaniements y sont fréquents et peuvent affecter l'ensemble du dépôt (slump et coulées sableuses à l'Echaillon) ou seulement une partie des éléments de celui-ci. Les remaniements peuvent s'être effectués sur place (nodules de la Pointière) ou sur de plus longues distances (galets issus de la plate-forme interne dispersés dans des dépôts externes au Guiers mort).

La séquence B1.3 s'organise en séquence de comblement au Guiers mort et à la Pointière, elle est encadrée par les discontinuités mineures di1.2 et di1.3. A l'Echaillon, ces discontinuités n'ont pu être identifiées au sein des dépôts remaniés de l'unité B1. A la Buisse, seul le sommet de la séquence est visible.

Au Guiers mort et à la Pointière, cette séquence débute par quelques décimètres de marnes à spicules renfermant des débris végétaux dispersés (Guiers mort) ou quelques centimètres de lignite (la Pointière). Ce mince lit de lignite renferme, outre de nombreux débris végétaux, des ostracodes d'eau douce et des microdents de reptiles. A l'Echaillon, des débris ligneux existent également au sein des dépôts gravitaires situés au-dessus de la discontinuité di1.1. La présence généralisée de ces éléments d'origine continentale intercalés dans des marnes à spicules constitue un critère d'identification aisé de la séquence B1.3. Ces niveaux, visiblement remaniés, ne peuvent s'expliquer que par des venues brutales de matériel continental en zone marine franche. Soit sous l'effet de l'invasion marine progressive d'un arrière-pays à couverture végétale importante, soit plus brutalement sous l'action de typhons et de raz de marée ravageant le littoral ou de crues exceptionnelles apportant dans l'océan de nombreux débris arrachés au continent. Notons que les fragments de végétaux et les cadavres de petits animaux peuvent flotter longuement en mer avant de sédimenter et être ainsi entraînés loin des côtes.

Le sommet de la séquence B1.3 présente des dépôts de plate-forme à indices d'émersion sur les coupes de la Buisse et de la Pointière, des calcaires à rudistes au Guiers mort. C'est dans la séquence B1.3 que se situe le banc à ripple marks de la coupe de Curière.

La séquence B1.4 est une séquence de comblement qui s'observe à la Buisse, au Guiers mort et à la Pointière. A l'Echaillon, elle se situerait au niveau de coulées sableuses. Cette séquence présente principalement des dépôts de plate-forme dont un bioherme à madréporaires au Guiers mort.

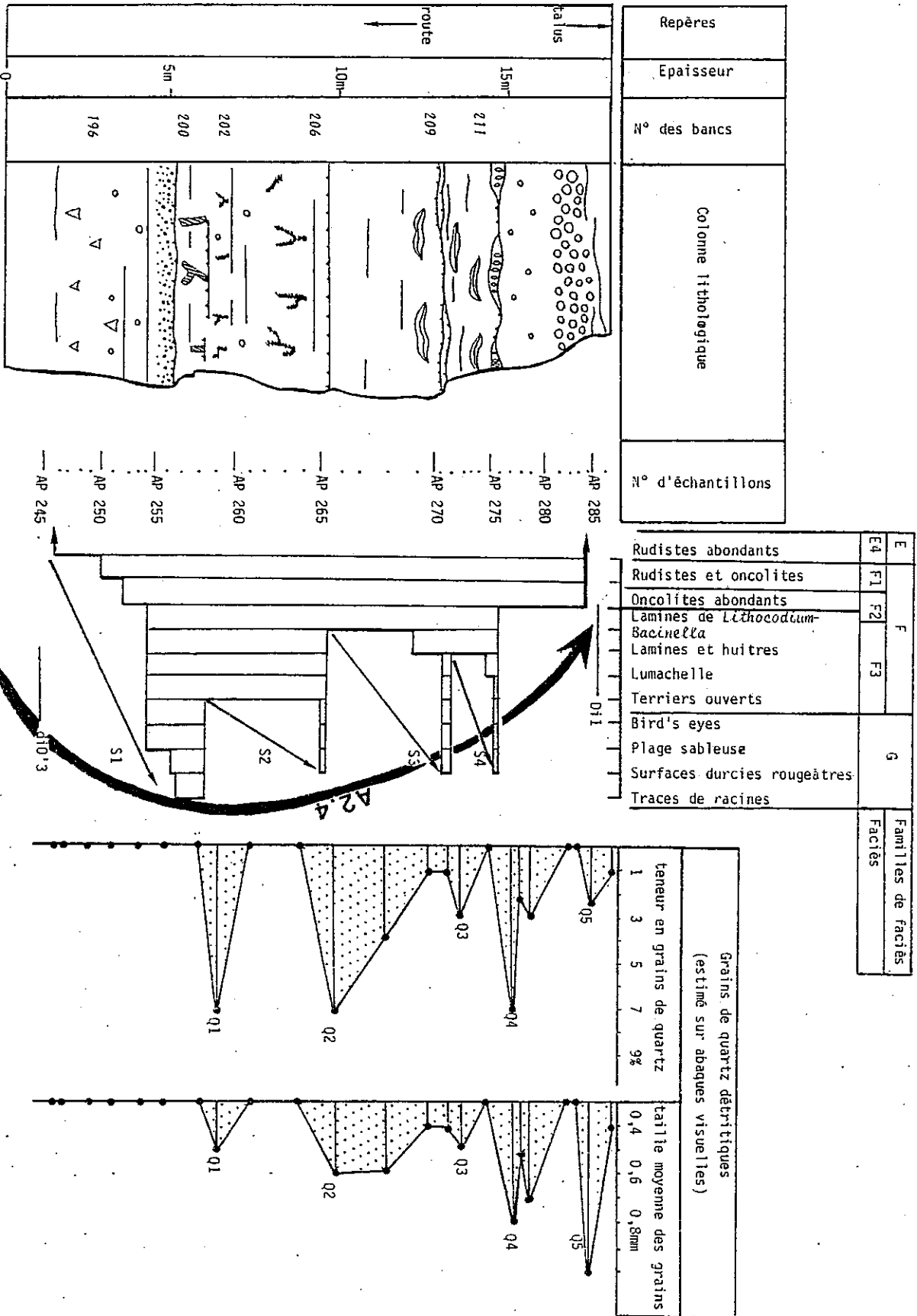


Figure 24 : Evolution séquentielle détaillée et teneur en quartz dans la séquence A2.4 de la Pointière.

Dans les sédiments de plate-forme (familles de faciès E, F et G), s'observent des grains anguleux, particulièrement dans les vases sableuses à Lithocodium-Bacinella de la plate-forme interne (famille de faciès F) et les vases à bird's eyes (famille de faciès G) du domaine margino-littoral (tableaux 15 et 16). Les sables à débris de rudistes et de cnidaires de la plate-forme externe (famille de faciès E) sont très pauvres en grains de quartz, les rares grains observés sont anguleux et ne représentent jamais plus de 3% du sédiment. Toutefois, c'est dans les dépôts de la plate-forme externe que s'observent le plus fréquemment des foraminifères à test agglutiné arénacé (Coscinophragma, Pseudocyclamina sp. à test arénacé) qui indiquent la présence de grains de quartz. La rareté du quartz dans les dépôts de la plate-forme externe serait due à l'hydrodynamisme élevé qui caractérise ces milieux, les grains de quartz étant de trop petite taille pour se sédimenter du fait de l'agitation.

Dans les dépôts de plate-forme submergée sont présents de petits grains anguleux-émoussés et des grains anguleux avec nourrissage secondaire fréquemment observés dans les bancs de calcaires à silex (figure 25).

5.3 - Quartz et discontinuités :

Indépendamment des milieux de dépôt et de la nature des plates-formes, il existe une relation entre le type de grains de quartz et les discontinuités. Quelque soit le faciès, les dépôts de l'unité A1 sont pratiquement dépourvus de quartz. Ce n'est qu'à partir de la discontinuité majeure Di0' que s'observent les premières arrivées de quartz, sous forme de petits grains anguleux-émoussés. La discontinuité majeure Di0' marque donc un événement sédimentologique majeur.

Les discontinuités mineures di0'1, di0'2 et di0'3 sont toujours associées à des horizons riches en grains de quartz (figure 26) présentant un mélange de formes anguleuses et anguleuses-émoussées.

La séquence B1.1 qui surmonte la discontinuité majeure Di1 est le seul niveau de la série qui présente de gros grains de quartz anguleux. Ces quartz remarquables permettent ainsi de caractériser les dépôts qui surmontent la discontinuité Di1 et d'identifier aisément la séquence B1.1.

5.4 - Intérêts de l'étude du quartz :

L'identification des grains de quartz et leur abondance permettent :

- de caractériser les milieux de dépôts du domaine pré-littoral (petits grains anguleux-émoussés), de la plate-forme (grains anguleux) et de la plate-forme submergée (grains avec nourrissage);
- de reconnaître les discontinuités :
- la discontinuité majeure Di0' marque la première apparition du quartz dans la série,

Colonne lithologique		Séquences
	oncolithes	A2.4 séquence de troisième ordre
	lumachelle	
	grandes huîtres	S1, S2, S3 et S4 séquences de 4ème ordre
	terriers ouverts	
	traces de racines	Q1, Q2, Q3 et Q4 principales venues de quartz
	plage sableuse	
	rudistes en position de vie	
	hard-ground rougeâtre	

Facès à l'affleurement:		Microfacès en lame mince	
à gros rudistes en position de vie		E4 Biosparites et biomicrites à cnidaires et rudistes	Biomicrocrites-biosparites à Lithocodium-Baccinella
à petits rudistes et oncolithes		F1 Biosparites et biomicrites à petits rudistes	
sans rudistes, à nombreux oncolithes		F2 Biosparites plus ou moins classées à grands foraminifères	
à lamines de <i>Lithocodium-Baccinella</i>			
à lamines et grandes huîtres plates (15-20 cm)		F3 Biosparites et biomicrites à <i>Lithocodium-Baccinella</i>	
lumachelle à petites huîtres centimétriques			
à terriers ouverts			
à bird's eyes			
plage sableuse			
surfaces durcies rougeâtres		G Facès margino-littoraux	
à traces de racines			

Equivalence entre les facès observés à l'affleurement et les microfacès définis en lame mince.

Légende de la figure 24.

3.5 - Unité B2 :

Encadrée par les discontinuités majeures Di1' et Di2, cette unité qui s'organise en séquence de comblement est puissante de 45 m au Guiers mort, de 8 à 15 m sur les autres coupes (la Buisse, la Pointière et l'Echailon). Elle est constituée par des dépôts externes, principalement des sables fins à petits foraminifères circalittoraux (famille de faciès D) et ne montre pas de dépôts de plate-forme interne (familles de faciès F et G).

3.6 - Unités C et D :

Les unités C et D surmontent la discontinuité majeure Di2 qui marque la disparition définitive de la plate-forme du Berriasien - Valanginien. Elles constituent dans la région étudiée la formation des Calcaires roux à silex, constituée pour l'essentiel de calcaires à gros débris de bryozoaires et d'échinides (famille de faciès C) et dépôts siliceux à lamines (A1 et D1). Les sédiments présents dans les unités C et D sont fréquemment remaniés (slumps et coulées sableuses). La discontinuité Di4 marque le sommet des séquences C et D, elle est surmontée par les marnes grises glauconieuses de l'Hauterivien. La discontinuité Di3 décrite par C. DARSAC (1983) n'a pas été observée dans la région étudiée (paragraphe 2.6).

4 - Séquences de quatrième ordre : figure 24

Dans le contexte des plates-formes non submergées, il est possible de mettre en évidence des séquences de deuxième et troisième ordre corrélables sur les différentes coupes. A la Pointière, la séquence de troisième ordre A2.4 est principalement constituée par des faciès de plate-forme interne (famille de faciès F) dont la grande variabilité de détail permet la mise en évidence d'une organisation séquentielle fine de quatrième ordre (figure 24). Quatre séquences de quatrième ordre se distinguent (S1, S2, S3 et S4) et présentent les caractères suivants:

- organisation en rythmes,
- présence d'un hard-ground ferrugineux au sommet de chaque rythme,
- légère venue de quartz à la base de chaque rythme.

Les séquences de quatrième ordre se marquent donc à la fois dans la succession des faciès et dans le détritisme. Leur épaisseur est comprise entre 1 et 5 m. Les variations de profondeur observées entre la base et le sommet de chaque séquence sont très faibles (de l'ordre de quelques mètres au plus). L'origine de ces séquences ne peut donc pas être eustatique, des saccades de subsidence sont également peu probables car elles pourraient difficilement influencer sur le détritisme, un contrôle climatique est plus vraisemblable, bien que difficilement démontrable.

5 - Répartition du quartz d'origine détritique :

Les pourcentages en quartz des sédiments ont été établis à partir des lames minces, à l'aide de chartes visuelles qui permettent d'estimer les valeurs suivantes : 1%, 2%, 3%, 5% puis de 5% en 5%.

Ces estimations approximatives permettent de comparer les variations de pourcentages relatifs des grains de quartz dans les sédiments. La figure 19, tirée des annexes, montre la fréquence et la taille moyenne estimées des grains de quartz. La teneur et la morphologie des grains de quartz présents dans les sédiments sont fonction :

- des milieux de dépôt,
- de la bathymétrie de la plate-forme (plate-forme submergée ou non),
- de l'organisation séquentielle.

5.1 - Les différents types de grains de quartz :

Quatre types de grains de quartz peuvent être distingués :

- Les **petits grains anguleux-émoussés** ont un diamètre compris entre 0,4 et 0,6 mm en moyenne. Ils ne constituent qu'une faible partie des dépôts, rarement plus de 5%, jamais plus de 10%.
- Les **grains anguleux** sont moins usés et de taille plus élevée (0,4-0,8 mm en moyenne), ils ne représentent jamais plus de 10% du sédiment.
- Les **grains de quartz avec nourrissage secondaire** sont de plus grande taille (0,5-1,1 mm en moyenne) et peuvent représenter jusqu'à 15% du sédiment.
- Les **gros grains anguleux** ne présentent pas de nourrissage et sont peu usés. Ils sont de taille élevée (0,8 à 1 mm en moyenne) et peuvent constituer jusqu'à 15% du sédiment.

5.2 - Quartz et milieu de dépôt : tableaux 15 et 16

Dans les sédiments pré littoraux (familles de faciès A, B et D), ne s'observent que de petits grains de quartz anguleux-émoussés (tableaux 15 et 16). C'est dans les vases à spicules (famille de faciès A) que ce type de grains de quartz est le plus abondant, particulièrement dans les dépôts les plus argileux. Les petits grains de quartz anguleux-émoussés sont donc liés à la phase détritique fine de bassin, en association avec le cortège argileux.

familles de faciès		A	B	D	E	F-G
nombre de lames		43	88	25	85	58
lames	nombre de lames	23	17	8	2	15
présentant au moins 1% de quartz	pourcentage par rapport à l'ensemble des lames du faciès	53%	19%	32%	2%	26%

Tableau 15 : Fréquence des grains de quartz dans les différents faciès de l'unité A2, données fournies par les coupes du Guiers mort, Curière, l'Echaillon et la Pointière.

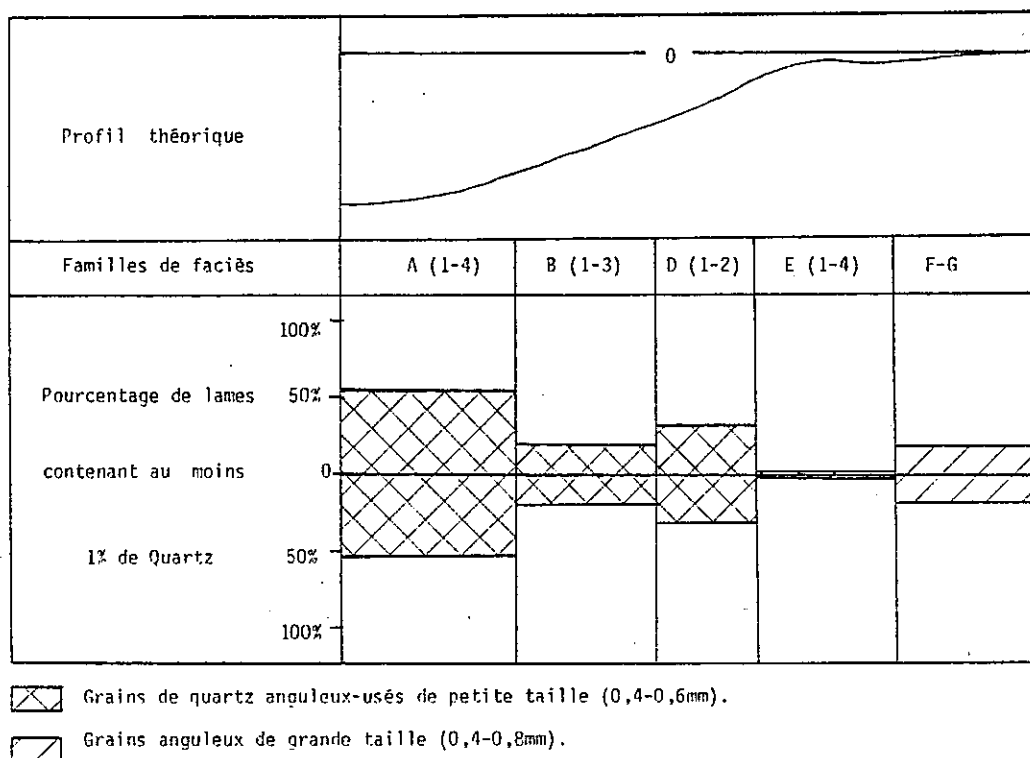


Tableau 16 : Fréquence du quartz dans les différents faciès de l'unité A2, les faciès allochtones (A*, B* et D*) ne sont pas pris en compte.

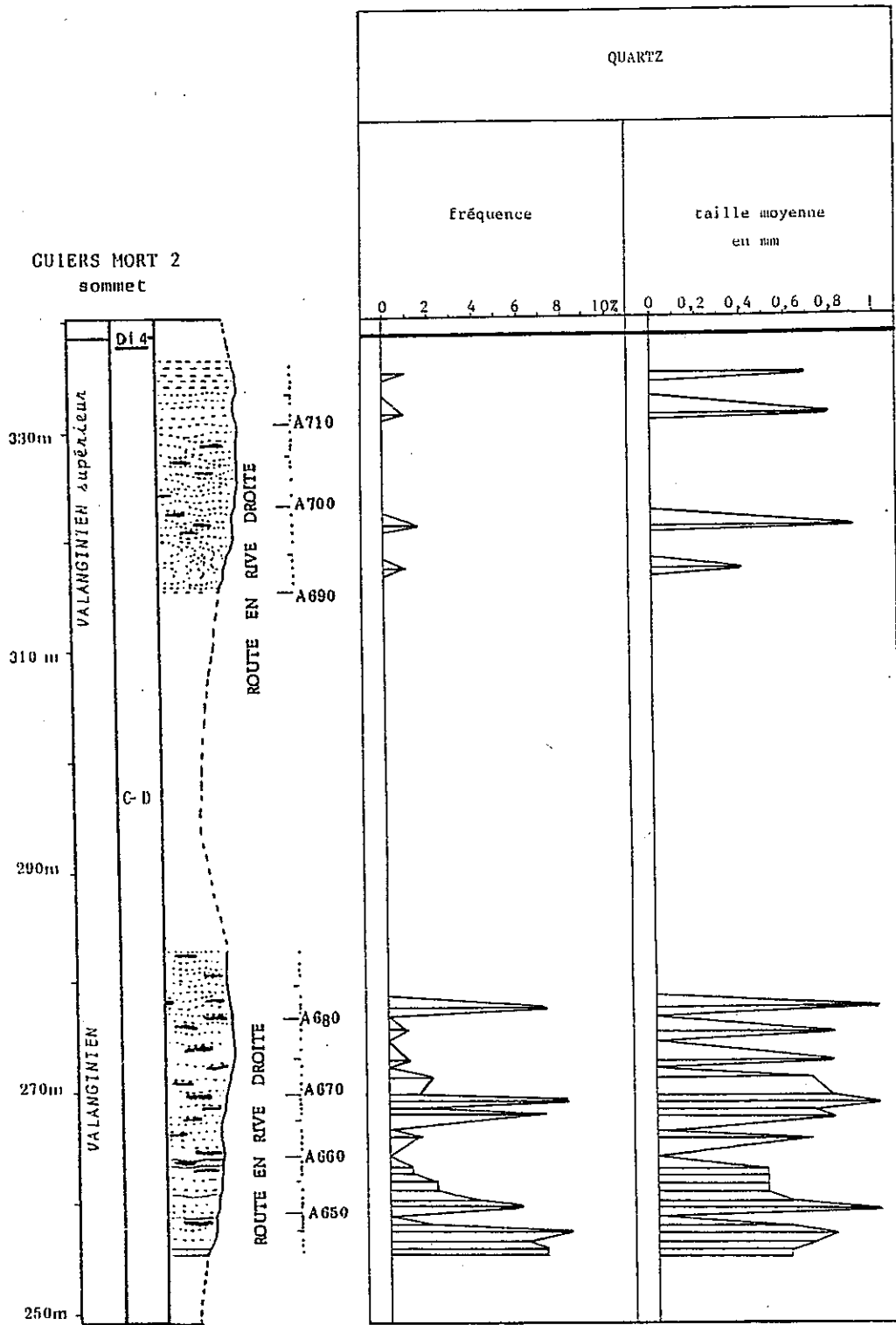


Figure 25 : Fréquence et taille moyenne du quartz au sommet de la coupe du Guiers mort.

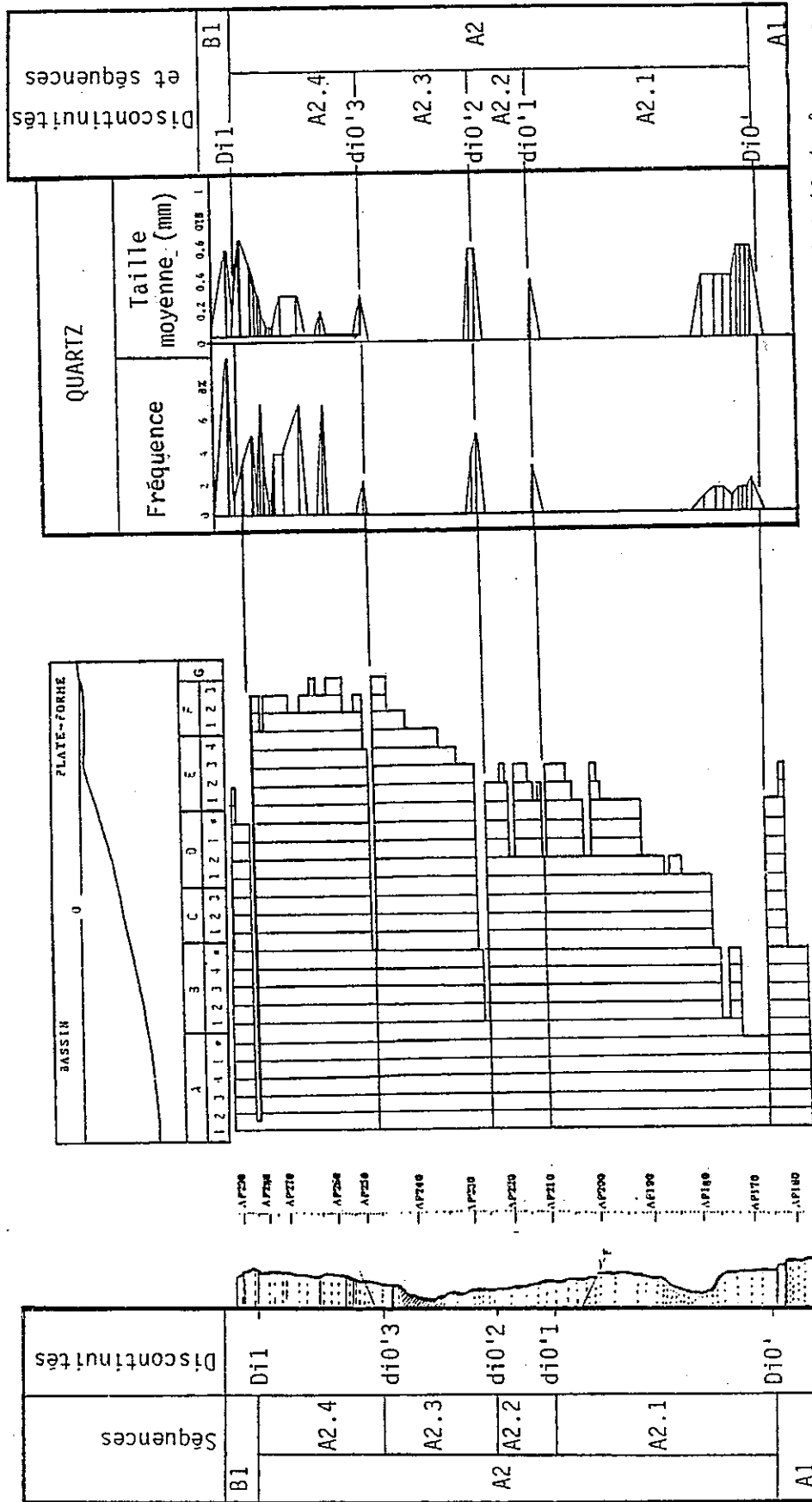


Figure 26 : Fréquence, taille moyenne des grains de quartz et organisation séquentielle de l'unité A2 de la coupe de la Pointière.

- la discontinuité majeure D11 traduit une coupure sédimentologique majeure soulignée par un horizon riche en quartz anguleux de très grande taille ,
- les discontinuités mineures présentent un mélange de formes anguleuses-émoussées et anguleuses.

6 - Conclusion : Origines des différents types de séquences

Quatre types de séquences d'amplitude et de durée différentes ont été différenciés dans la série (séquence de 1er à 4^{ème} ordre).

6.1 - Séquences de premier ordre :

La totalité de la série est incluse dans une séquence de premier ordre qui recouvre l'intervalle Berriasien moyen-Bédoulien.

A cette échelle, la série jurassienne montre un approfondissement continu des milieux, la série subalpine une baisse de profondeur au Berriasien suivie d'un approfondissement au Valanginien. Cette différence d'évolution au Berriasien s'explique par le fort taux de sédimentation observé dans le domaine subalpin qui se traduit par la progradation de la plate-forme. La baisse de profondeur due au comblement primant sur la tendance générale à l'approfondissement.

Dans la séquence de premier ordre qui recouvre l'intervalle Berriasien-Bédoulien, A. ARNAUD-VANNEAU et al (1982) ont montré que les étages Berriasien et Valanginien marquaient une tendance générale à la rétrogradation de la plate-forme. Cet approfondissement des milieux est sans doute d'origine eustatique, il pourrait correspondre à l'enregistrement d'un cycle eustatique décrit par P.R. VAIL et al. (1977), et B.U. HAQ (1987). Les séquences de premier seraient donc contrôlées par des phénomènes eustatiques de premier ordre.

6.2 - Séquences de deuxième ordre :

Ces séquences d'épaisseur métrique, sont encadrées par les discontinuités majeures et s'organisent en séquences de comblement (figure 27a). Les discontinuités majeures traduisent des approfondissements importants des milieux de dépôt.

Les séquences de deuxième ordre se marquent par des variations de profondeur des milieux de dépôt. Un modèle d'interprétation de ces séquences a été proposé par A. ARNAUD-VANNEAU, H. ARNAUD, A.R. MEUNIER et J.C. SEGUIN (1986), complété par A. ARNAUD-VANNEAU (1986) pour les données micropaléontologiques. Ces différents auteurs considèrent que l'envoyage des plates-formes carbonatées est d'origine eustatique et s'effectue en trois étapes successives : T1, T2 et T3 (tableau 17). Ce modèle ne peut s'appliquer que sur les plates-formes, c'est-à-dire en domaine subalpin qu'à partir du sommet de la séquence A1.

- Etape T1 : ouverture des milieux de dépôt. Cette phase marque l'amorce de la submersion ou transgression sensu lato. Elle se traduit par un léger approfondissement des milieux de dépôt qui restent toujours carbonatés. On note toutefois la raréfaction des faciès

de confinement auxquels se substituent des milieux de dépôt plus riches en faune exigeant une oxygénation et une salinité normales. Du point de vue micropaléontologique, l'étape T1 se caractérise par un plus grand nombre d'extinctions que d'apparitions d'espèces de foraminifères.

- **Etape T2** : submersion de la plate-forme. Débutant par une discontinuité sédimentaire majeure, cette phase se marque par un approfondissement important des milieux de dépôt qui peut localement être souligné par un ou plusieurs hard-grounds. Deux épisodes successifs peuvent être fréquemment distingués (T2a et T2b) :

- **Etape T2a** : A la base, l'approfondissement brutal se caractérise par des sédiments très mélangés, remaniés et oxydés (faciès de transgression A. ARNAUD-VANNEAU 1980). On note la présence d'une flore et d'une faune constituées par un mélange d'organismes supralittoraux, infralittoraux et parfois pélagiques.

- **Etape T2b** : Au sommet se mettent en place des sédiments argilo-carbonatés renfermant de nombreux organismes et caractérisés par l'abondance du matériel détritique. Les milieux de dépôt de la phase T2b sont plus profonds que ceux de la phase T2a.

Au cours de la phase T2, le nombre d'espèces de foraminifères qui apparaissent est plus élevé que celui des disparitions.

- **Etape T3** : comblement sédimentaire et réinstallation de la plate-forme, retour à des conditions de type régressif. Cette phase se marque par l'arrêt des venues détritiques massives qui caractérisaient la phase T2, et le retour progressif aux conditions qui prévalaient pendant ou avant la phase T1. Cette étape qui marque le retour à des conditions normales du milieu se traduit par un bilan négatif des espèces de foraminifères, les disparitions primant sur les apparitions.

Le modèle proposé par A. ARNAUD-VANNEAU et al (1986) peut s'appliquer à la série étudiée (tableau 17). En effet, la succession des étapes T1, T2 et T3 s'observe clairement par trois fois dans l'intervalle Berriasien moyen-Valanginien basal. La discontinuité Di0 se situe dans des dépôts de bassin en domaine subalpin, le modèle ne peut donc pas être appliqué à ce niveau de la série. Toutefois, il est possible que cette discontinuité soit également contemporaine d'une transgression à l'échelle des cycles de deuxième ordre, comme le suggère la disparition des faciès sub-émersifs purbeckiens en domaine jurassien qu'accompagne fréquemment un approfondissement des milieux (C. DARSAC 1983).

Les séquences de deuxième ordre traduisent des variations de profondeur des milieux de dépôt, les discontinuités majeures qui les encadrent marquent les phases d'approfondissement rapide.

Les variations de profondeur que traduisent ces séquences peuvent être dues à l'eustatisme ou à la subsidence.

- Des variations de subsidence sont peu probables, car si les phases d'approfondissement rapide des milieux peuvent être dues à des saccades de subsidence, la réapparition rapide des faciès de plate-forme interne est trop rapide pour s'expliquer que par les effets du comblement sédimentaire. Des milieux de dépôt sub-émersifs s'observent quelques mètres au-dessus de la discontinuité majeure (D11, séquence B1). Il faudrait alors envisager un soulèvement de la plate-forme très improbable dans ce contexte.

- Des mouvements eustatiques sont plus vraisemblables. Ils expliqueraient à la fois l'approfondissement brutal que marquent les discontinuités majeures, qui correspondrait à une montée rapide du niveau de la mer (transgression), et la réinstallation de la plate-forme qui serait favorisée par une baisse du niveau de la mer (régression).

De part son caractère général, l'eustatisme expliquerait mieux que la subsidence les renouvellements de faune, et la reconnaissance des discontinuités majeures à la fois en domaine subalpin et jurassien.

Les séquences de deuxième ordre seraient contrôlées par des variations eustatiques du niveau de la mer (eustatisme de deuxième ordre sur le tableau 17).

6.3 - Séquences de troisième ordre :

D'épaisseur métrique à décamétrique, ces séquences sont encadrées par les discontinuités mineures, elles sont au nombre de 1 à 4 par séquence de deuxième ordre (figure 27b). Elles s'organisent aussi en séquences de comblement, les discontinuités qui les limitent marquant un approfondissement net des milieux de dépôt.

Les séquences de troisième ordre se reconnaissent et se corrélaient sur toutes les coupes étudiées dans les différents domaines, y compris plus au Nord. Tout comme les séquences de deuxième ordre, ces séquences traduisent des variations de profondeur des milieux de dépôt. Ces variations d'épaisseur de la tranche d'eau sont vraisemblablement d'origine eustatique, pour les mêmes raisons que celles évoquées dans le cas des séquences de deuxième ordre.

Les séquences de deuxième et troisième ordre seraient d'origine eustatique, leurs conséquences sur le milieu sont très proches, seule leur durée et leur amplitude diffèrent. Les discontinuités mineures et majeures traduiraient également des phases d'approfondissement rapide des milieux de dépôt, mais à des échelles différentes.

6.4 - Les séquences de quatrième ordre :

Épaisses de quelques mètres seulement (figure 27c), ces séquences se traduisent par de légères variations des milieux de dépôt et du pourcentage en grains de quartz des sédiments.

Les très faibles variations de profondeur des milieux observées, ne permettent pas d'envisager un contrôle de ces séquences par la subsidence ou l'eustatisme. Ces séquences pourraient traduire des modifications du climat.

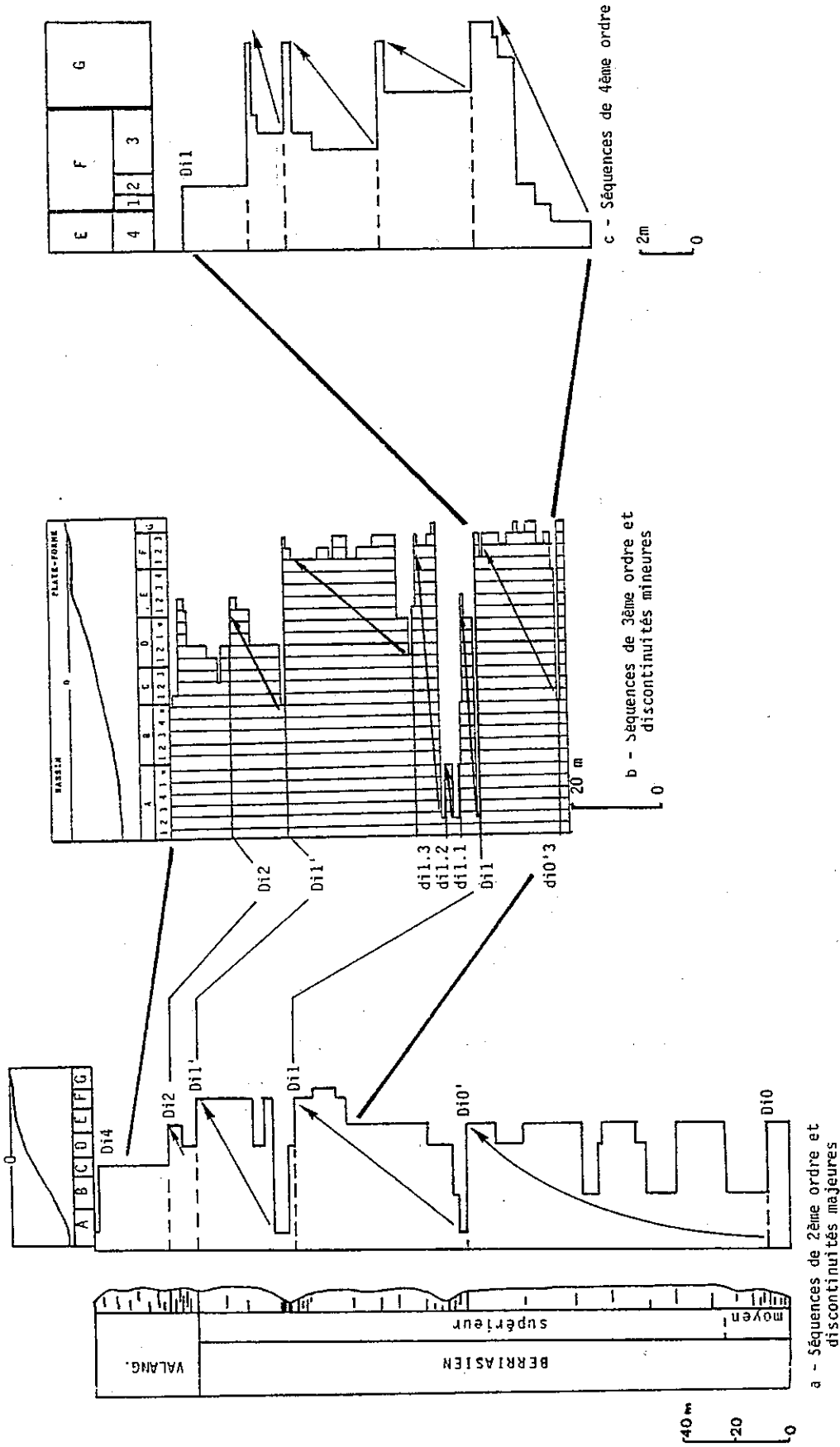
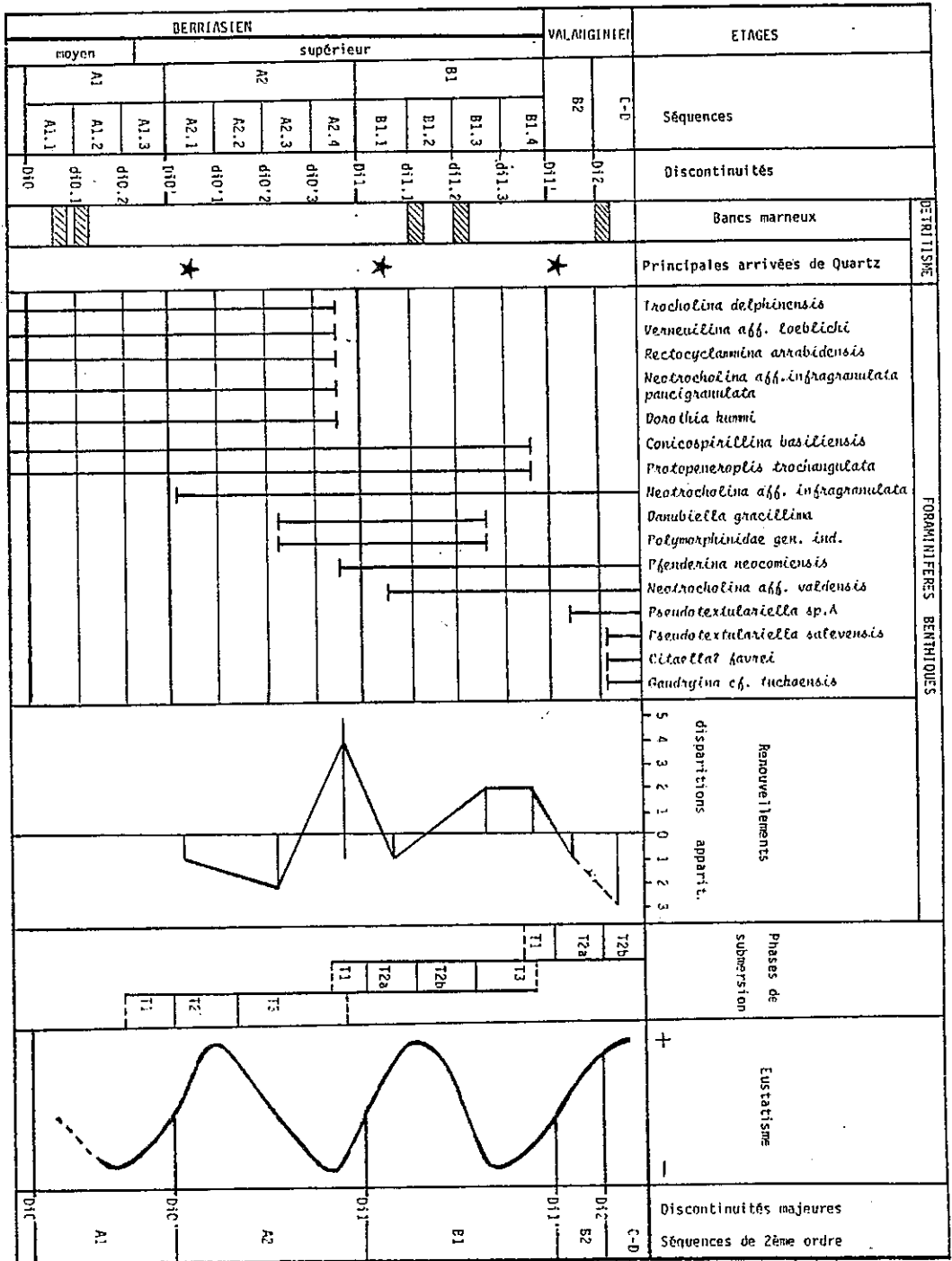


Figure 27 : Relations entre les séquences de 2ème, 3ème et 4ème ordre, exemple de la coupe de la Pointière.



L'envolement définitif de la plate-forme au dessus de la discontinuité D12, ne permet pas d'estimer la disparition des foraminifères benthiques.

Tableau 17 : Phases de subersion, detritisme et renouvellements de la microtaxine.

6.5 - Les principaux processus responsables de l'organisation séquentielle :

Il existe quatre types de séquences se traduisant par des variations des conditions de dépôt. Les séquences de premier, deuxième et troisième ordre se marquent par des variations progressives de profondeur des milieux, leur origine est vraisemblablement eustatique. Les séquences de quatrième ordre ne se marquent pas par des variations de profondeur, mais par des modifications des apports détritiques et de la sédimentation, elles pourraient avoir une origine climatique.

D'autres phénomènes contrôlent l'organisation séquentielle, la tectonique joue qu'un rôle local (l'Echaillon); la subsidence ne présente pas de modifications brutales apparentes, elle est plus forte dans le domaine subalpin que dans le domaine jurassien ; le taux de sédimentation est lié à la productivité, lorsqu'il est élevé (progradation) il peut s'opposer efficacement aux tendances à l'approfondissement des milieux dues à l'eustatisme et à la subsidence.

Le rôle de l'eustatisme est donc primordial dans l'organisation séquentielle. Trois phénomènes eustatiques différents peuvent être mis en évidence, ils influencent les séquences de premier, deuxième et troisième ordre.

Si les variations eustatiques de premier ordre sont trop longues pour pouvoir être analysées dans leur ensemble dans cette étude, les relations entre les cycles de deuxième et troisième ordre peuvent être décrites. La répartition des niveaux à indices d'émersion et des discontinuités majeures s'expliquerait en partie par les effets cumulatifs de ces deux cyclicités (tableau 17b):

- Les niveaux à indices d'émersion observés sur la plate-forme subalpine (étoiles sur le tableau 17b) soulignent une baisse importante de la profondeur des milieux de dépôt.

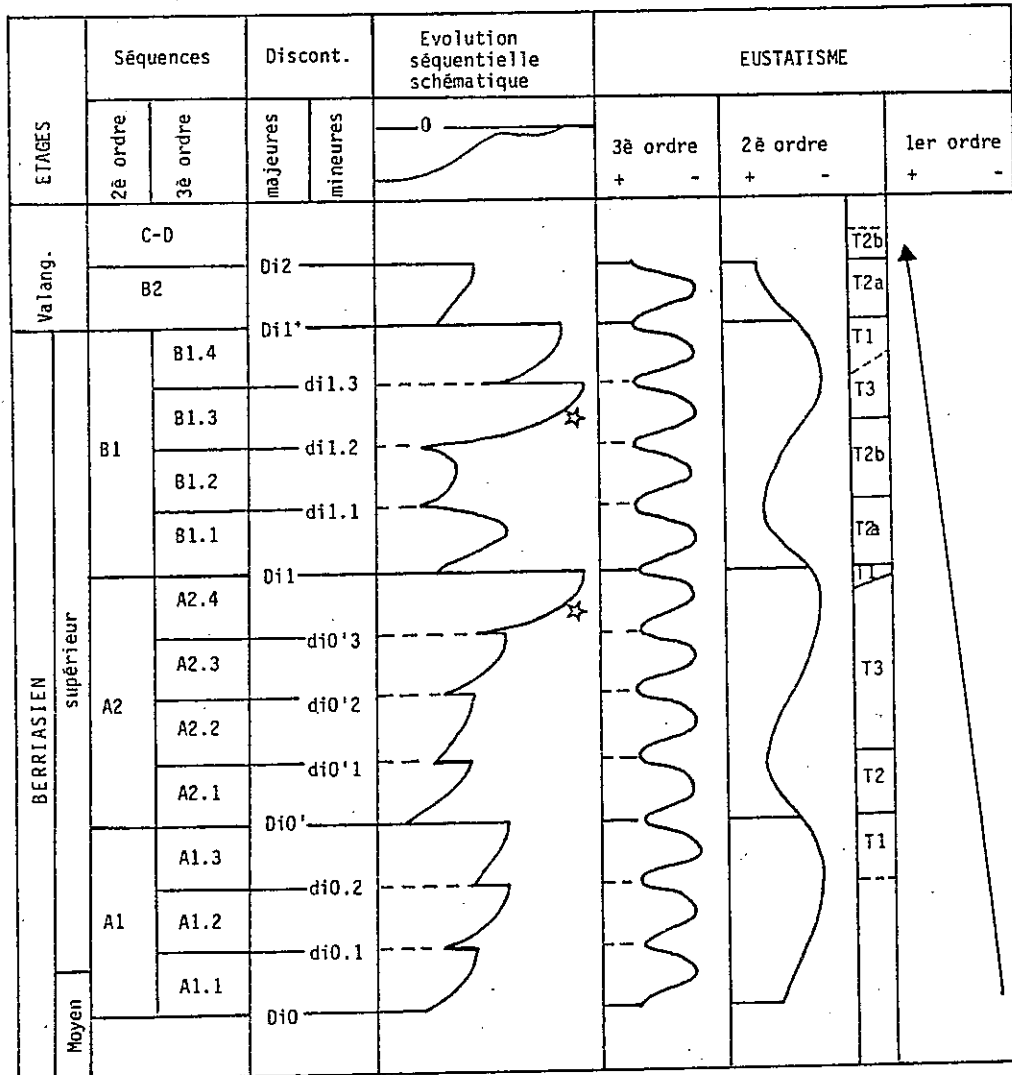
Ils indiquent que l'approfondissement dû aux effets cumulés de la subsidence et de la transgression de premier ordre, est beaucoup moins important que la baisse de profondeur provoquée par les régressions de deuxième et troisième ordre.

La réapparition brutale de dépôts de plate-forme interne au cours des phases T3 pourrait ainsi s'expliquer par une double évolution régressive, à l'échelle des deuxième et troisième ordre.

- Les discontinuités majeures et mineures, sont provoquées par des saccades brutales d'approfondissement.

Les discontinuités mineures sont les plus nombreuses et correspondent aux phases d'approfondissement à l'échelle du troisième ordre. Lorsque ces transgressions sont contemporaines d'une phase d'approfondissement rapide à l'échelle du deuxième ordre (phase T2), la plate-forme se trouve temporairement submergée, ce qui se marue par une discontinuité majeure.

Les discontinuités majeures traduisent les effets cumulatifs des transgressions à l'échelle des cycles de deuxième et troisième ordre. Certaines d'entre elles pouvant de plus être associées à des phases d'activité tectonique.



☆ Niveaux à indices d'émersion

T1, T2, T3 - phases de submersion

Tableau 17b : Les différentes échelles de l'eustatisme observées sur la plate-forme.

CHAPITRE IV - ETUDE DE LA MICROFAUNE ET DES ALGUES CALCAIRES

IVa - ETUDE MICROPALÉONTOLOGIQUE

- A - DESCRIPTION DE LA MICROFAUNE :
- B - PALEOÉCOLOGIE :
- C - VARIATIONS VERTICALES DE FREQUENCE DE DIFFERENTS GROUPES DE FORAMINIFERES :
- D - CONCLUSION :

IVb - ETUDE DES ALGUES CALCAIRES

- A - DESCRIPTION :
- B - PALEOÉCOLOGIE :
- C - REPARTITION STRATIGRAPHIQUE DES ALGUES VERTES :
- D - CONCLUSION :

ETUDE DE LA MICROFAUNE ET DES ALGUES CALCAIRES

Ce chapitre se divise en deux sous-chapitres, le premier est consacré à l'étude des foraminifères benthiques (micropaléontologie), le second à la description des algues calcaires, principalement des algues chlorophycées.

ETUDE MICROPALEONTOLOGIQUE

Cette étude, qui traite essentiellement de la microfaune benthique du domaine pré littoral et de la plate-forme externe, complète les travaux de C. DARSAC (1983) décrivant les microfaunes de plate-forme interne. A l'exception de quelques niveaux marneux qui ont livré après lavage une microfaune dégagée, les foraminifères ont été étudiés en lame mince et systématiquement photographiés (3400 photographies).

A - DESCRIPTION DE LA MICROFAUNE :

1 - Mode de représentation :

AGES	C.DARSAC (1983) Ain et Savoie	T.BOISSEAU (1987) Chartreuse méridionale
HAUTERIVIEN	Di4	Di4
VALANGINIEN	Di3	D C-D Di3(non identifiée)
	Di2	C Di2
	Di1	B B2 B1 Di1'
BERRIASIEN		A A2 Di1
	Di0'	A1 Di0'
	Di0	Di0

Tableau 18 : Discontinuités majeures et séquences du Berriasien-Valanginien.

Le plan systématique utilisé, est celui défini par A. ARNAUD-VANNEAU (1980). La terminologie adoptée pour la répartition stratigraphique est présentée sur le tableau 18.

Dans le cas de certaines espèces aisément identifiables en lame mince, une estimation quantitative de la fréquence dans les différents milieux de dépôts a été effectuée. La figure 28, traitée à titre d'exemple, indique la répartition des représentants de Pfenderina neocomiensis, elle comprend :

- un profil théorique de la plate-forme,

- le positionnement des faciès et familles de faciès autochtones sur le profil (les faciès B1-B2-B3 et D1-D2 ne se succèdent jamais dans les séquences mais sont des équivalents latéraux),
- l'indication de la fréquence des représentants de *Pfenderina neocomiensis* dans les différents milieux de dépôt. Les pourcentages représentés correspondent pour chaque faciès ou famille de faciès au rapport suivant:

$$\frac{\text{nombre total de lames contenant le foraminifère}}{\text{nombre total de lames du faciès}} \times 100$$

Dans cette estimation, seuls les faciès autochtones des plates-formes non submergées sont pris en compte. Les faciès sont regroupés en 7 groupes différents dont la plupart correspondent à une famille de faciès :

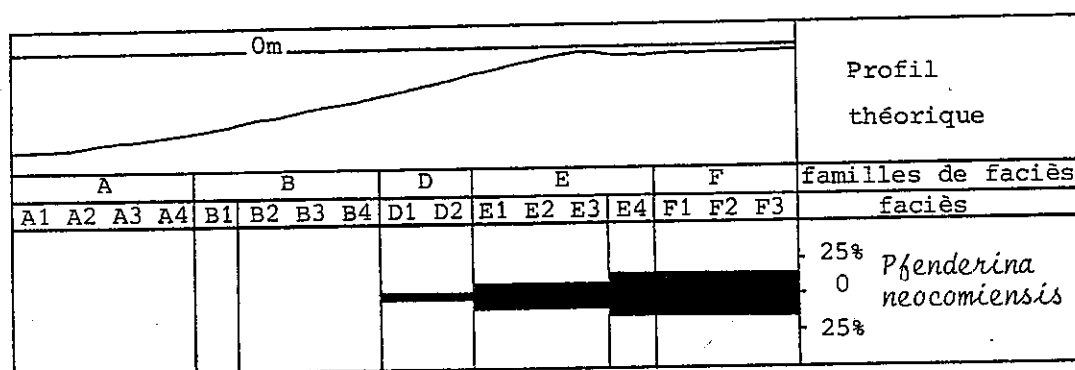


Figure 28 : Répartition des représentants de l'espèce *Pfenderina neocomiensis*.

- 1) Famille de faciès A, faciès A1, A2, A3 et A4 : Biopelmicrites et biomicrites à calpionelles et spicules.
- 2) Famille de faciès B, faciès B1 : Biopelmicrites et biopelsparites à petits débris d'échinodermes et petits foraminifères circalittoraux.
- 3) Famille de faciès B, faciès B2, B3 et B4 : Biopelmicrites et biopelsparites à débris de bryozoaires et petits foraminifères circalittoraux.
- 4) Famille de faciès D, faciès D1 et D2 : Biopelsparites et biopelmicrites à petits débris usés et petits foraminifères circalittoraux.
- 5) Famille de faciès E, faciès E1, E2 et E3 : Biosparites à gros éléments classés, débris usés de cnidaires et rudistes.
- 6) Famille de faciès E, faciès E4 : Biosparites et biomicrites à rudistes et cnidaires en position de vie.

7) Famille de faciès F, faciès F1, F2 et F3 : Biomicrites et biosparites à microfaune appauvrie et Lithocodium-Bacinella.

2 - Description des foraminifères benthiques :

2.1 - Foraminifères à test simple agglutiné :

2.1.1 - Tests biloculaires à loge tubulaire droite :

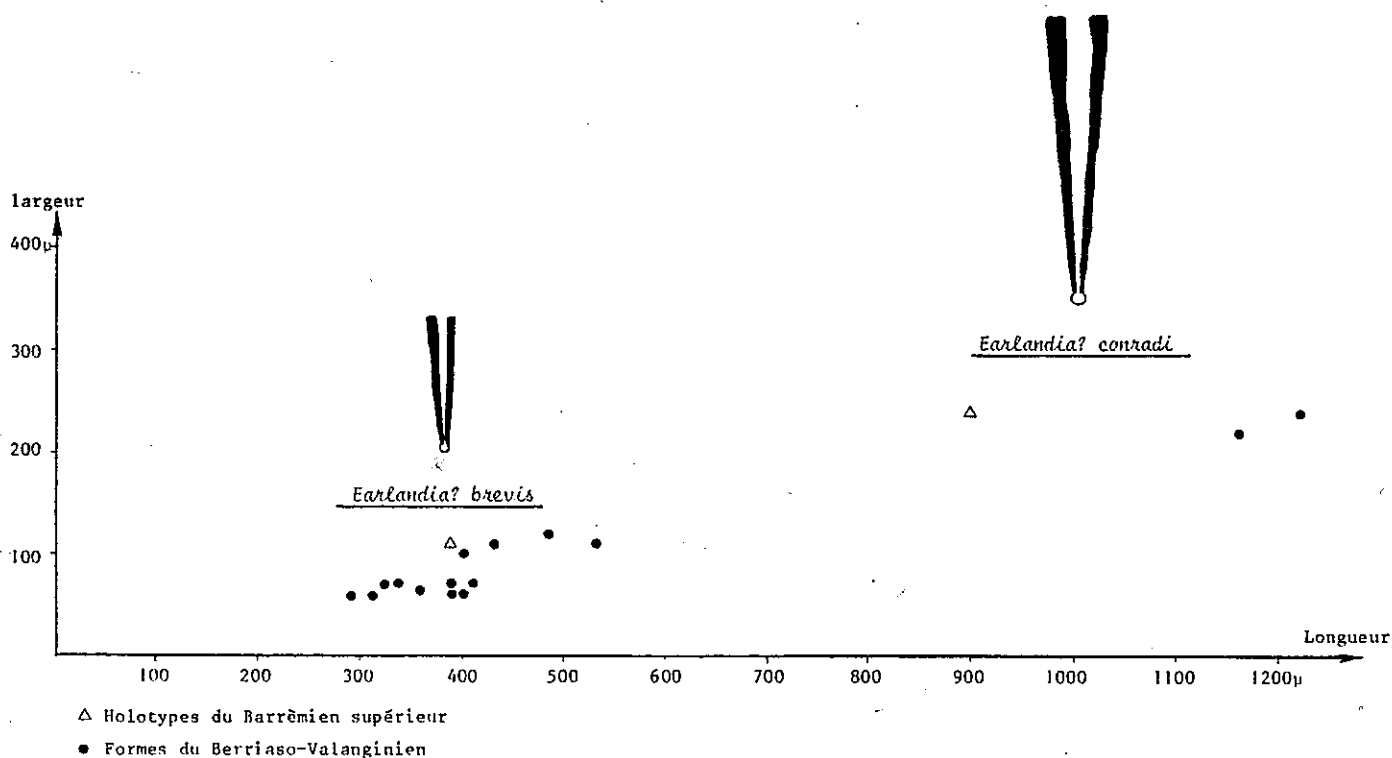


Figure 29 : Position sur une courbe longueur/largeur des représentants de Earlandia? brevis et Earlandia? conradi

Famille MORAVAMMINIDAE POKORNY 1951

Genre Earlandia PLÜMMER 1930

Earlandia? brevis ARNAUD-VANNEAU 1980
Pl.1 fig.1-2

1969 - Aeolisaccus sp. 1 - CONRAD - fig. 21 b-c.

*1980 - Earlandia? brevis n. sp. - ARNAUD-VANNEAU : pl. 10, fig. 1-2; pl. 17, fig. 33-36, fig. 91.

1983 - Earlandia? brevis ARNAUD-VANNEAU - VIEBAN : pl. 2, fig. 4.

1983 - Earlandia? brevis ARNAUD-VANNEAU - DARSAC : pl. 7, fig. 20-22.

Ce petit foraminifère de forme tubulaire est analogue à l'espèce type de l'Hauterivien-Bédoulien (figure 29).

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien (toutes les unités).

Milieu de dépôt : les représentants de cette espèce ne s'observent que dans les sables fins déposés sur le talus externe, en particulier dans les sables fins à petits foraminifères circalittoraux et petits débris usés d'échinides (famille de faciès D).

Earlandia? conradi ARNAUD-VANNEAU 1980
pl.1 fig.3

1969 - Aeolisaccus sp. 2 - CONRAD : fig. 21 d-f.
*1980 - Earlandia? conradi n. sp. - ARNAUD-VANNEAU : pl. 56, fig. 1-2;
pl. 85, fig. 1-6, fig. 97.

Cette espèce de plus grande taille que la précédente est beaucoup plus rare dans la série. Ses caractéristiques sont analogues à celles de l'espèce type du Barrémien-Bédoulien (figure 29).

Earlandia? conradi ne s'observe que dans les sables vaseux, d'âge Berriasien supérieur (unité A2), déposés sur la plate-forme (famille de faciès F).

2.1.2 - Tests biloculaires à loge tubulaire enroulée :

famille AMMODISCIDAE REUSS 1862

genre Glomospira RZEHAKE 1885

Glomospira cf. watersi LOEBLICH 1946
pl.1 fig.4

Cet organisme à l'enroulement irrégulier caractéristique, n'a été observé qu'en section. Il diffère de Glomospira watersi LOEBLICH par son test plus mince et sa plus petite taille (70 à 80 μ contre 180 à 300 μ).

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien (toutes les unités).

Milieu de dépôt : Les représentants de cette espèce sont fréquents dans les vases sableuses et les sables vaseux à débris d'échinides (famille de faciès B) ainsi que dans les sables fins à petits foraminifères circalittoraux et débris usés d'échinodermes (famille de faciès D); ils sont rares dans les autres milieux circalittoraux et infralittoraux.

genre Citaella? CHAROLLAIS, BRONNIMANN, ZANINETTI 1966

Citaella? favrei CHAROLLAIS, BRONNIMANN, ZANINETTI 1966
pl.1 fig.5

*1966 Citaella? favrei n. sp. - CHAROLLAIS, BRONNIMANN, ZANINETTI : pl. II, fig. 3-4; pl. III, fig. 1-5; pl. V, fig. 1-2; fig. 4-5-6 dans le texte.

1969 Citaella? favrei CHAROLLAIS, BRONNIMANN, ZANINETTI - STEINHAUSER : pl. III, fig. 3 et 6.

1983 Citaella? favrei CHAROLLAIS, BRONNIMANN, ZANINETTI - VIEBAN, pl. II, fig. 1-3.

Répartition stratigraphique : Valanginien, ce foraminifère n'a jamais été observé sous la discontinuité Di2. Il est fréquent dans les unités C-D.

Milieu de dépôt : Sables circalittoraux.

2.1.3 - Tests multiloculaires unisériés :

famille HORMOSINIDAE HAECKEL 1894

genre Reophax MONTFORT 1808

Reophax stellatus NEAGU 1975
pl. I fig. 6-7

*1975 Reophax stellatus n. sp. - NEAGU : pl. V, fig. 5-23; pl. VI, fig. 1-6.

Mensurations :

- Diamètre : 0,8 à 1,0 mm.
- Longueur : 0,6 à 2,0 mm.

Foraminifère de grande taille, formé de 3 à 4 loges discoïdes à contour étoilés. Ces loges communiquent entre elles par un long goulot qui pénètre profondément la loge suivante (pl. I, fig. 7). La paroi est constituée par du matériel grossier.

Reophax stellatus n'a été observé qu'en un niveau de la série, dans la coupe du Guiers mort. Il s'agit d'un banc marneux d'âge berriasien moyen, correspondant à des milieux de dépôts très externes (vases à spicules, famille de faciès A).

2.1.4 - Tests multiloculaires unisériés dont la partie jeune est importante et la partie adulte déroulée :

2.1.4.1 - Partie enroulée inférieure ou égale à deux tours de spire :

famille LITUOLIDAE DE BLAINVILLE 1825

genre Acruliammina LOEBLICH et TAPPAN 1946

Acruliammina neocomiana BARTENSTEIN 1962
pl. I fig. 8

*1962 Acruliammina neocomiana n. sp. - BARTENSTEIN : pl. 15, fig. 6-7.

1980 Acruliammina neocomiana BARTENSTEIN - ARNAUD-VANNEAU : pl. 42, fig. 1; pl. 66, fig. 1-2; fig. III.

Description : Ce foraminifère fixé présente un test dont la partie spiralee est réduite. La partie déroulée est peu évasée. Le test renferme toujours des grains de quartz.

Répartition stratigraphique : Berriasien (unités A1, A2 et B1).

Milieu de dépôt : Cette espèce peu fréquente se développe dans les sédiments sableux du sommet du talus externe (faciès B3-B4) et de la plate-forme externe (famille de faciès E).

2.1.4.2 - Partie enroulée supérieure à deux tours de spires : formes involutes.

a) Ouvertures aréales

genre Haplophragmoïdes CUSHMAN 1910

Haplophragmoïdes joukowskyi CHAROLLAIS, BRONNIMANN, ZANINETTI 1966
pl.1 fig.8

- *1966 Haplophragmoïdes joukowskyi n. sp. - CHAROLLAIS et al. : pl. 2, fig. 1, 5, 7 et T, fig. 2-3.
1969 Haplophragmoïdes joukowskyi CHAROLLAIS et al. - STEINHAUSER, pl.3, fig. 7.
1983 Haplophragmoïdes joukowskyi CHAROLLAIS et al. - DARSAC : pl. 7, fig. 23-25.

Répartition stratigraphique : Unités B1, B2 et C-D. On note une plus grande fréquence dans l'unité B2.

Milieu de dépôt : Fréquents dans les sables fins à petits foraminifères circalittoraux et débris usés (famille de faciès D) et les sables grossiers à éléments classés et débris usés de rudistes et de cnidaires (faciès E1, E2 et E3); les représentants de cette espèce sont parfois présents dans les sables vaseux et les vases sableuses à débris d'échinides (famille de faciès B).

genre Nautiloculina MOHLER 1938
émendement BRONNIMANN 1967

Nautiloculina cf. bronnimanni ARNAUD-VANNEAU et PEYBERNES 1978
pl.1 fig.11

Nautiloculina cf. bronnimanni présente de plus petites mensurations que l'espèce type de l'Hauterivien-Albien..

Diamètre	axial	équatorial
<u>Nautiloculina bronnimanni</u>	250 à 500 μ	450 à 1250 μ
<u>Nautiloculina</u> cf. <u>bronnimanni</u>	130 à 300 μ	260 à 600 μ

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien (toutes les unités).

Milieu de dépôt : Plate-forme. Les représentants de cette espèce sont fréquents sur la plate-forme externe (famille de faciès E) et rares sur la plate-forme interne (famille de faciès F).

Nautiloculina cf. cretacea PEYBERNES 1976
 emendement ARNAUD-VANNEAU et PEYBERNES 1978
 pl.1 fig.10

- 1983 Nautiloculina cretacea PEYBERNES - DARSAC : pl.8 fig. 13-14.
 1983 Nautiloculina cretacea PEYBERNES - SALVINI-BONNARD, ZANINETTI et
 CHAROLLAIS : pl. II, fig. 11.

Diamètre	axial	équatorial
<u>Nautiloculina cretacea</u>	450 à 1200 μ	500 à 2300 μ
<u>Nautiloculina cf. cretacea</u>	400 à 600 μ	400 à 1000 μ

Tout comme pour l'espèce précédente, Nautiloculina cf. cretacea, ne diffère de l'espèce type bédoulienne que par sa plus petite taille.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien (toutes les unités).

Milieu de dépôt : Analogue à celui de Nautiloculina cf. bronnimanni.

b) ouverture aréale :

genre Charentia NEUMANN 1965
 = Tonasia GORBATCHIK 1968

Charentia cf. cuvillieri NEUMANN 1965
 pl.1 fig.12-13

- 1983 Charentia cf. Cuvillieri NEUMANN - DARSAC : pl. 6, fig. 24.

Diamètre	axial	équatorial
<u>Charentia cuvillieri</u>	380 à 420 μ	740 à 1000 μ
<u>Charentia cf. cuvillieri</u>	280 à 400 μ	740 à 800 μ

Charentia cf. cuvillieri du Berriasien-Valanginien, est de plus petite taille que la forme du Bédoulien dont les mensurations sont présentées sur le tableau ci-dessus. La forme bédoulienne est elle même de plus petite taille que l'espèce type du Cénomani.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien (toutes les unités).

Milieu de dépôt : Les représentants de cette espèce sont assez fréquents dans les séries de plate-forme, et très rares en milieu pré littoral.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

Charentia nana ARNAUD-VANNEAU 1980
pl.1 fig.14

- 1974 Charentia cuvillieri NEUMANN - SAINT MARC : pl. 1, fig. 9-11.
1979 Charentia sp. - PEYBERNES, CONRAD, CUGNY : pl. 2, fig. 10-12.
*1980 Charentia nana n. sp. - ARNAUD-VANNEAU : pl. 76, fig. 12-15;
fig.125
1983 Charentia nana ARNAUD-VANNEAU - DARSAC : pl. 6, fig. 25.

Les représentants de cette espèce observés dans le Berriasien sont identiques à ceux de l'espèce type barrémienne.

Répartition stratigraphique : Berriasien (unités A1, A2, B1 et B2).

Milieu de dépôt : Les rares Charentia nana signalés se situent dans des séries de plate-forme (familles de faciès E et F).

c) ouvertures alignées à la base de la face :

genre Debarina FOURCADE, RAOULT et VILA 1972
émendé

Debarina cf. hahounerensis FOURCADE, RAOULT et VILA 1972
pl.1 fig.17-18

- 1979 Debarina hahounerensis FOURCADE, RAOULT et VILA - LUPERTO SINNI:
pl. 10, fig. 5-8.
1980 Debarina cf. hahounerensis FOURCADE, RAOULT et VILA - ARNAUD -
VANNEAU : fig. 126 et 127; pl. 51 fig. 2-4; pl. 78, fig. 5-11.

Ce foraminifère au test involute présente un premier tour faisant un angle de presque 90° avec les tours suivants. Les individus observés se différencient de l'espèce type du Barrémien-Aptien d'Algérie par leur plus petit nombre de loge par tour de spire et par leur plus petite taille. Ils sont très proches de Debarina cf. hahounerensis du Barrémo-Bédoulien de Chartreuse et du Vercors, bien qu'étant également de légèrement plus petite taille.

! mensurations	! diam. axial	! diam. équat.	! épais. test !
! <u>D. cf. hahounerensis</u>	!	!	!
! Bédoulien	! 150-320 μ	! 290-460 μ	! 10-25 μ !
! <u>D. cf. hahounerensis</u>	!	!	!
! Berriasien-VaLanginien	! 130-170 μ	! 220-300 μ	! 10-15 μ !

Répartition stratigraphique : Berriasien terminal (unité B2).

Milieu de dépôt : Espèce rare ne s'observant que dans les sables à gros éléments classés, de la plate-forme externe (famille de faciès E).

d) ouvertures multiples :

genre Mayncina NEUMANN 1965Mayncina cf. bulgarica LAUG, PEYBERNES et REY 1980
pl.1 fig.15-161983 Mayncina sp. A - DARSAC : pl.5, fig. 24.

Ce foraminifère présente un test planispiralé involute dont le pas de spire s'accroît brusquement au dernier tour. Le stade adulte ne compte que 2 à 3 tours. Des formes macrosphériques et microsphériques ont été observées. Le nombre de loges dans le dernier tour est compris entre 11 et 13.

! mensurations (diamètres)		! diam. axial	! diam.équat.!
! formes	! <u>Mayncina bulgarica</u> ! Bédoulien	! 150-380 μ	! 270-1100 μ !
! macrosphériques!	! <u>Mayncina</u> cf. <u>bulgarica</u> ! Berriasien-valanginien !	! 55-80 μ	! 170-210 μ !
! formes	! <u>Mayncina</u> cf. <u>bulgarica</u> ! Bédoulien	! non mesuré	! 400-600 μ !
! microsphériques!	! <u>Mayncina</u> cf. <u>bulgarica</u> ! Berriasien-valanginien !	! non mesuré	! 75-730 μ !

Mayncina cf. bulgarica ne se différencie de l'espèce type bédoulienne que par ses mensurations plus petites.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien (toutes les unités).

Milieu de dépôt : Les représentants de cette espèce sont assez fréquents en domaine pré littoral, ils sont rares dans les séries de plate-forme. Cette répartition est analogue à celle observée par C. DARSAC (1983) plus au Nord.

2.1.5 - Tests multiloculaires bisériés dont l'enroulement initial peut être planispiralé :

famille TEXTULARIIDAE EHRENBERG 1938

genre Textularia DE FRANCE in DE BLAINVILLE 1824Textularia cf. tetragonica ARNAUD-VANNEAU 1980
pl.2 fig.211983 Textularia cf. tetragonica ARNAUD-VANNEAU - DARSAC : pl. 5, fig. 22-23.

Mensurations : Ce foraminifère est de plus petite taille et possède un test plus mince que celui de l'espèce type du Barrémien-Bédoulien, comme celle-ci, il montre un rebroussement caractéristique du septe au niveau de l'ouverture.

! mensurations !	! longueur !	! largeur !	! épais. test !
! <u>T. tetragonica</u> !	! 475-750 μ !	! 275-400 μ !	! 30-40 μ !
! Barrémien-Bédoulien !			
! <u>T. cf. tetragonica</u> !	! 350-500 μ !	! 180-300 μ !	! 15-30 μ !
! Berriasien-Valanginien !			

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur (unités A1, A2 et B1).

Milieu de dépôt : Ce foraminifère peu fréquent ne s'observe que dans les séries de plate-forme.

genre Palaeotextularia GALLOWAY 1933

Palaeotextularia crimica GORBATCHIK 1971
pl.2 fig.19-20

*1971 Palaeotextularia crimica n. sp. - GORBATCHIK : pl.XXII, fig. 3-4.

Mensurations du test :

- longueur 370 à 480 μ
- largeur 280 à 310 μ

Ce foraminifère de forme conique au test comprimé latéralement, présente 7 à 9 paires de loges convexes de forme subquadrangulaire. Le test est constitué de deux couches, la couche intérieure est plus claire que la couche extérieure. Les loges présentent l'armature typique de cette espèce, leur largeur est trois fois plus importante que leur hauteur.

Répartition stratigraphique : les quelques individus observés sont d'âge Berriasien (limite des unités A1 et A2).

Milieu de dépôt : Vases sableuses et sables vaseux à débris d'échinides, de bryozoaires et petits foraminifères cirralittoraux (famille de faciès B).

2.1.6 - Tests multiloculaires trochospiraux :

famille ATAXOPHRAGMIIDAE SCHWAGER 1977

2.1.6.1 - Tests trisériés ou multisériés pouvant devenir bisériés et parfois unisériés :

a) Test trisérié.

genre Verneuilinoïdes LOEBLICH et TAPPAN 1949

Verneuilinoïdes aff. loeblich SAID et BARAKAT 1958
pl.2 fig.16-18

Foraminifère au test fuselé, arrondi; les chambres sont globuleuses aussi hautes que larges et augmentent rapidement de taille.

! mensurations !	! longueur !	! largeur !
! <u>Verneuilinoïdes loeblich</u> !	! 330 μ !	! 200 μ !
! holotype kimmeridgien !	! !	! !
! <u>Verneuilinoïdes</u> aff. <u>loeblich</u> !	! 300 à 400 μ !	! 190 à 230 μ !
! Berriasien !	! !	! !

Verneuilinoïdes loeblich est une espèce kimméridgienne du Sinaï, définie à partir de vues externes d'échantillons dégagés.

La forme observée dans les séries du Berriasien-Valanginien, n'a pu être décrite qu'à partir de sections; elle présente des caractéristiques morphologiques proches de celles de l'espèce type mais en diffère par sa taille plus élevée et sa forme plus évasée.

Répartition stratigraphique : Berriasien. Cette espèce, très fréquente à la base de la série (unité A1), se raréfie (unité A2) puis disparaît au niveau de la discontinuité D11.

Milieu de dépôt : Sables vaseux et vases sableuses pré littorales (familles de faciès A, B et D), quelques individus s'observent également dans les sables grossiers de la plate-forme externe (famille de faciès E).

genre Verneuilina D'ORBIGNY in DE LA SAGRA 1839

Verneuilina sp.
pl.2 fig.22

Foraminifère d'assez grande taille (longueur 1400 à 2000 μ , largeur 480 à 600 μ) de forme allongée, légèrement arqué. Les loges sont globuleuses, disposées par 3 sur 8 à 12 tours de spire, les sutures sont nettement déprimées.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien basal (unités A1, A2 B1 et B2).

Milieu de dépôt : Espèce assez fréquente observée dans les sables vaseux du sommet du domaine pré littoral (faciès B3 et B4) et sur la plate-forme (familles de faciès E et F).

b) Test trisérié ou quadrisérié puis bisérié à ouverture basale

Les Gaudryina-Dorothia sont particulièrement abondantes dans les dépôts pré littoraux, il a de ce fait été possible de les étudier plus en détail que les autres groupes (Trocholines exceptées). Le paragraphe qui leur est consacré se divise en deux parties, la première consacrée à la description, la seconde à l'intérêt stratigraphique de ces foraminifères.

Description :

genre Gaudryina D'ORBIGNY in DE LA SAGRA 1839

Gaudryina cf. tuchaensis ANTONOVA 1964
pl.2 fig.1-2

1983 Gaudryina tuchaensis ANTONOVA - DARSAC : pl. 5, fig. 28-29.

! mensurations	! longueur	! largeur	! angl.apic.	! épais.test!
! <u>Gaudryina tuchaensis</u>	! 250-400 μ	! 200-250 μ	! 35-55°	! 20-30 μ
! Barrémien-Bédoulien				
! <u>Gaudryina</u> cf. <u>tuchaensis</u>	! 140-320 μ	! 100-180 μ	! 28-35°	! 8-11 μ
! Valanginien				

Cette petite Gaudryina de forme conique présente des sutures peu ou pas déprimées. La partie initiale trisériée est réduite à quelques tours et constitue un quart du test. Les loges y sont globuleuses et de très petite taille, les sutures en relief. La partie terminale bisériée est bien développée et comprend 6 à 8 paires de loges basses et larges, de forme rectangulaire en section. Les sutures des toutes dernières loges sont légèrement déprimées.

Formes différentes : Il existe deux formes différentes de cette espèce (fig. 30) : petite et grande forme.

Dans la petite forme (pl.2 fig.2) la partie initiale trisériée est très réduite, en section axiale ce foraminifère présente une forme triangulaire presque parfaite. La longueur est comprise entre 140 et 210 μ , la largeur entre 100 et 140 μ . Le proloculus est large, d'un diamètre de 20 μ et semble indiquer des formes macrosphériques. La partie terminale bisériée ne comprend pas plus de 7 paires de loges. L'équation de la droite de croissance est $l = 0,47L + 37$ (l représente la largeur, L représente la longueur).

Dans la grande forme (pl.2 fig.1), les premiers tours, trisériés, sont plus nombreux que dans la forme de petite taille, la morphologie du test est moins régulière. La longueur varie entre 200 et 320 μ , la largeur entre 130 et 180 μ . La partie terminale bisériée peut compter jusqu'à 8

La partie terminale bisériée peut compter jusqu'à 8 paires de loges. Le proloculus n'a jamais pu être observé, sans doute est-il très petit. Il s'agit probablement d'une forme microsphérique, comme le laisse supposer sa taille élevée. La droite de croissance a pour équation $l = 0,46L + 40$.

Comparaison avec l'espèce type barrémienne : L'espèce valanginienne est de plus petite taille, le test est moins épais et l'angle apical plus aigu. La forme valanginienne est probablement le précurseur de l'espèce du Barrémien.

Répartition stratigraphique : Valanginien. Gaudryina cf. tuchaensis n'a jamais été observé sous la discontinuité Di2, cette espèce n'est présente que dans les unités C-D.

Milieu de dépôt : Foraminifère fréquent dans les dépôts pré littoraux (familles de faciès A, B, C et D).

genre Dorothia PLUMMER 1931

Dorothia cf. zedlerae MOULLADE

! mensurations	! longueur	! largeur	! angle apical !
! <u>Dorothia zedlerae</u>	!	!	!
! Holotype Hauterivien	! 400 μ	! 250 μ	! 35°
! <u>Dorothia cf. zedlerae</u>	!	!	!
! Berriasien-Valanginien	! 150-320 μ	! 110-190 μ	! 35-43°

Cette espèce aux loges globuleuses, présente des sutures fortement déprimées, l'épaisseur du test au niveau des dernières loges est comprise entre 8 et 11 μ .

Le stade initial trisérié, très bref, constitue moins du cinquième de l'ensemble du test, les loges sont de très petite taille (moins de 30 μ de diamètre).

Le stade terminal bisérié forme l'essentiel du test et comprend 5 paires de loges, celles-ci, assez anguleuses dans les premiers tours, deviennent globuleuses dans les derniers. Toutes les loges sont séparées par des lignes de suture très nettes, déprimées. L'équation de la droite de croissance est $l = 0,53L + 36$ (l largeur, L longueur).

Comparaison avec l'espèce type hauterivienne : Dorothia zedlerae (figure 31). La forme du Berriasien-Valanginien ne diffère de l'espèce type que par sa plus petite taille et son angle apical plus ouvert.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien. Dorothia cf. zedlerae s'observe dans toutes les unités.

Milieu de dépôt : Cette espèce est fréquente dans le domaine pré littoral (familles de faciès A, B C et D).

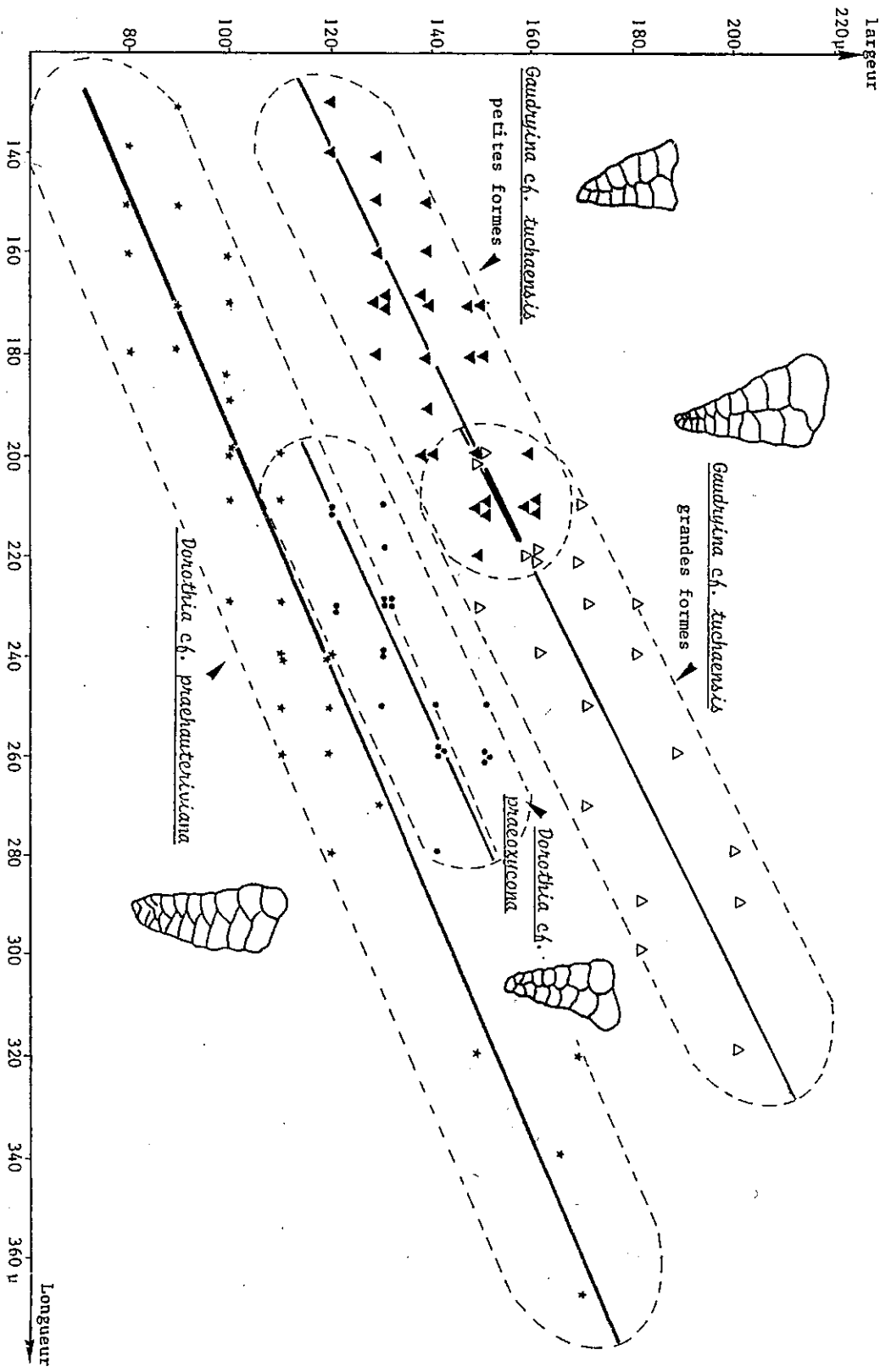


Figure 30 : Position sur un diagramme largeur/longueur des représentants de *Gaudryina cf. tuchaensis*, grandes et petites formes, *Donathia cf. praeoxyscona* et *Donathia cf. praealtaeriviana*.

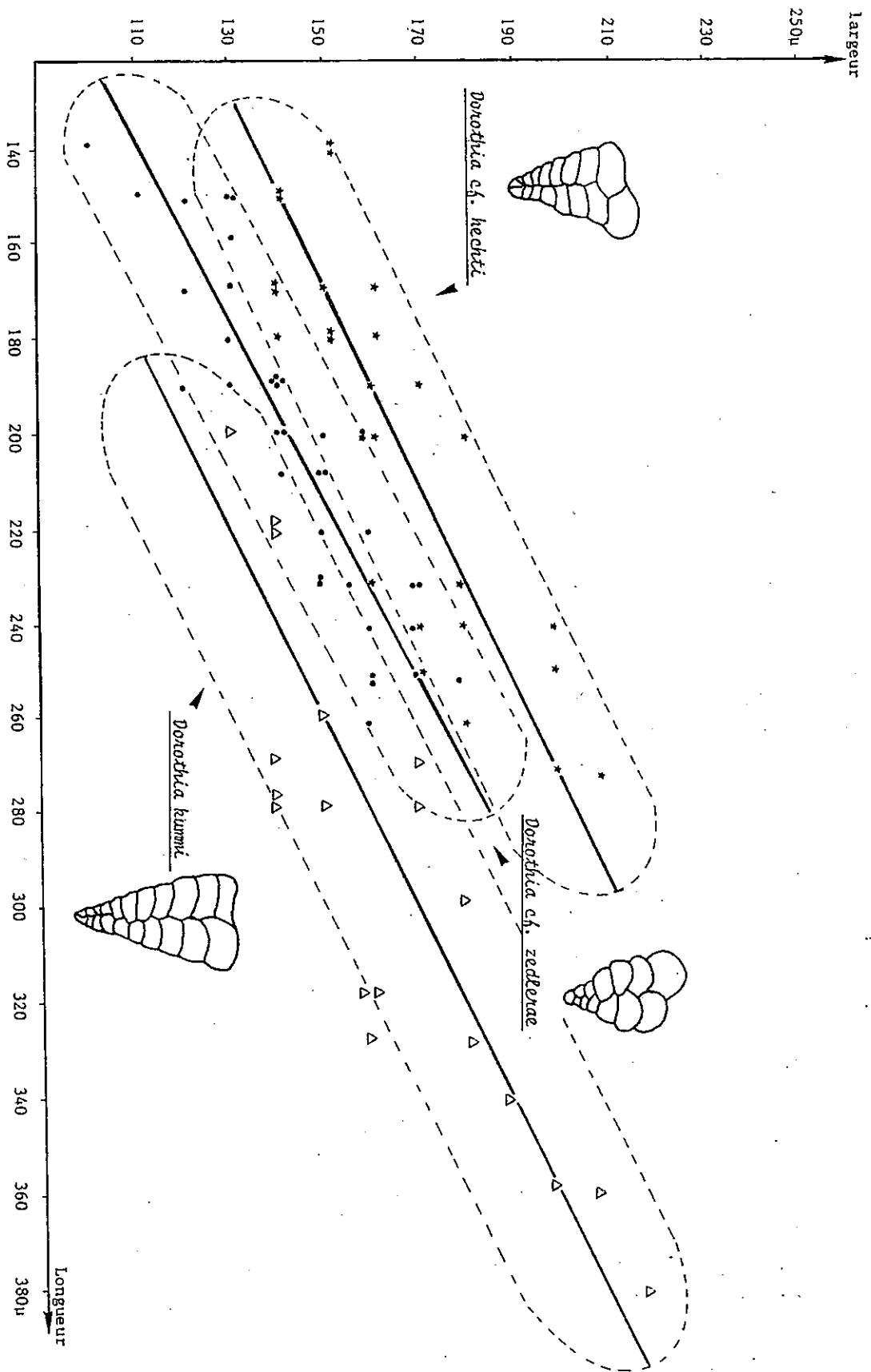


Figure 31 : Position sur un diagramme largeur/longueur des représentants de *Dorothia* sp. *hechti*, *Dorothia* sp. *zedlerae* et *Dorothia* *kurni*.

Dorothia cf. hechti DIENI et MASSARI
pl.2 fig.11-12

! mensurations !	! longueur !	! largeur !	! angle apical !
! <u>Dorothia hechti</u> !	! !	! !	! !
! Valanginien supérieur !	! 300-760 μ !	! 250-400 μ !	! 37-48° !
! <u>Dorothia cf. hechti</u> !	! !	! !	! !
! Berriasien-valanginien !	! 130-370 μ !	! 120-250 μ !	! 35-42° !

Cette espèce de forme conique assez régulière présente des loges subrectangulaires et des lignes de sutures légèrement déprimées. L'épaisseur du test au niveau des dernières loges est comprise entre 10 et 20 μ . Le stade initial multisérié est très réduit, les loges sont globuleuses. Le stade terminal bisérié constitue l'essentiel du test, il est formé de 7 ou 8 paires de loges subrectangulaires en section, séparées par des lignes de suture légèrement déprimées. L'équation de la droite de croissance est $l = 0,50L + 63$ (figure 31).

Comparaison avec l'espèce type du Valanginien supérieur : Dorothia cf. hechti diffère de l'espèce type par son angle apical plus aigu et sa taille deux fois plus petite. Si l'on excepte ces mensurations différentes, les deux espèces montrent des caractéristiques analogues.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien. Dorothia cf. hechti s'observe dans toute les unités.

Milieu de dépôt : Domaine pré littoral (familles de faciès A, B C et D).

Dorothia kummi (ZEDLER)
pl.2 fig.3-4

1961 Marsonella kummi n. sp. - ZEDLER : pl. 7, fig. 1.

! mensurations !	! longueur !	! largeur !	! angle apical !
! <u>Dorothia kummi</u> !	! !	! !	! !
! Holotype hauterivien !	! 345 μ !	! 180 μ !	! 35° !
! <u>Dorothia kummi</u> !	! !	! !	! !
! Berriasien-Valanginien !	! 200-400 μ !	! 130-220 μ !	! 31-38° !

Dorothia de forme allongée, conique et pointue. Les lignes de sutures sont peu ou pas marquées, l'épaisseur du test des dernières loges est de 70 à 90 μ . La partie initiale multisériée forme le quart du test, elle est constituée par de petites loges globuleuses et s'étend sur 30 à 60 μ . La partie adulte bisériée comprend 8 paires de loges, les trois ou quatre premières sont arrondies, les dernières subanguleuses. Les lignes

de sutures sont très peu déprimées. L'équation de la droite de croissance est $l = 0,51L + 16$ (figure 31).

Comparaison avec l'espèce type : Les caractères de l'espèce type du Valanginien-Hauterivien de Suisse se retrouvent tous dans les formes berriasiennes observées.

Répartition stratigraphique : Berriasien. Cette espèce n'a jamais été observée au dessus de la discontinuité Dil, bien qu'elle soit signalée par ZEDLER plus haut dans la série (Valanginien-Hauterivien).

Milieu de dépôt : Base du domaine pré littoral. *Dorothia kummi* est fréquente dans les vases sableuses à spicules (famille de faciès A), plus rare dans les vases sableuses à petits débris d'échinides (famille de faciès B).

Dorothia cf. praehauteriviana DIENI et MASSARI
pl.2 fig.6-7

1983 Dorothia cf. praehauteriviana (MOULLADE) - DARSAC, pl. 5, fig.-30 et 31.

! mensurations	! longueur	! largeur	! angle apical !
! <u>Dorothia praehauteriviana</u> !	!	!	!
! Valanginien supérieur !	! 330-990 μ !	! 310-375 μ !	! 25-30° !
! <u>D. cf. praehauteriviana</u> !	!	!	!
! Berriasien-Valanginien !	! 140-380 μ !	! 80-170 μ !	! 18-33° !

Foraminifère de forme allongée, presque cylindrique, à lignes de sutures peu marquées (figure 31). La partie juvénile est réduite et de forme conique. La partie adulte bisériée comprend 7 paires de loges aux sutures peu marquées; la hauteur des loges varie entre 20 et 60 μ , la largeur entre 35 et 55 μ . Les loges ont une section subrectangulaire à la base de la partie bisériée, globuleuse au sommet. L'équation de la droite de croissance est $l = 0,41L + 20 \mu$.

Comparaison avec l'espèce type du Valanginien supérieur : L'espèce observée dans la série du Berriasien-Valanginien de Chartreuse ne diffère de l'espèce type que par ses plus faibles mensurations.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien, cette espèce s'observe dans toutes les unités.

Milieu de dépôt : Domaine pré littoral (familles de faciès A, B C et D).

Dorothia cf. praeoxycona MOULLADE
pl.2 fig.5

! mensurations !	! longueur !	! largeur !	! angle apical !
! <u>Dorothia praeoxycona</u> !	! !	! !	! !
! Barrémien-Bédoulien !	! 450-800 μ !	! 350-550 μ !	! 25-30° !
! <u>Dorothia cf. praeoxycona</u> !	! !	! !	! !
! Berriasien-Valanginien !	! 210-280 μ !	! 100-140 μ !	! 30-35° !

Foraminifère de forme allongée à angle apical aigu et lignes de sutures peu ou pas marquées. La partie initiale multisériée est très réduite, la partie terminale bisériée comprend 7 ou 8 paires de loges globuleuses. L'épaisseur du test au niveau des dernières loges varie entre 8 et 12 μ . L'équation de la droite de croissance est : $l = 0,49L + 17 \mu$ (figure 30).

Comparaison avec l'espèce type : La forme du Berriasien-Valanginien présente des mensurations plus faibles, elle pourrait être un ancêtre de la forme du Barrémien.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien, cette espèce s'observe dans toutes les unités.

Milieu de dépôt : Domaine pré littoral (familles de faciès A, B C et D).

Dorothia sp. 1
pl.2 fig.13

Mensurations :

- Longueur 220 à 300 μ
- Largeur 160 à 180 μ .

Cette espèce se caractérise par sa forme incurvée, ses loges à section subrectangulaire et ses lignes de sutures peu marquées. La partie initiale multisériée est réduite et n'excède pas 50 μ de long, elle est très peu évasée. La partie adulte bisériée est évasée et incurvée, les loges sont de forme subrectangulaire en section. La partie bisériée comprend 8 paires de loges.

Répartition stratigraphique : Valanginien. Ce foraminifère n'a été observé que dans l'unité C-D, à ce niveau il est assez fréquent.

Milieu de dépôt : Domaine pré littoral.

Dorothia sp. 2
pl.2 fig.14

Mensurations :

- Longueur 210 à 370 μ
- Largeur 100 à 140 μ

Foraminifère à test mince présentant de nombreuses petites loges aux lignes de suture bien marquées. La partie juvénile multisériée est réduite, la partie terminale bisériée présente 8 paires de loges. Le test est incurvé, les loges sont de forme arrondie et d'un diamètre inférieur à 60 μ .

Répartition stratigraphique : Berriasien moyen. Cette espèce peu fréquente n'a été observée qu'à la base de l'unité A1 de la coupe de l'Echailon.

Milieu de dépôt : Domaine pré littoral.

ETAGES	BERRIASIEN			VALANGINIEN		HAUT.
	moyen	supérieur				
UNITES	A1	A2	B1	B2	C-D	
DISCONTINUITES	Di0	Di0'	Di1	Di1'	Di2	Di4
<i>Gaudryina cf. tuchaensis</i>						
<i>Dorothia cf. praeauteriviana</i>						
<i>Dorothia cf. hechti</i>						
<i>Dorothia cf. praeoxycona</i>						
<i>Dorothia cf. zedlerae</i>						
<i>Dorothia kummi</i>						
<i>Dorothia sp. 1</i>						
<i>Dorothia sp. 2</i>						

Tableau 19 : Répartition stratigraphique et fréquence des différentes espèces de *Gaudryina-Dorothia*.

Intérêt stratigraphique des *Gaudryina-Dorothia* :

La présence de dépôts pré littoraux dans toutes les unités permet d'étudier avec précision les *Gaudryina-Dorothia*. La répartition de ces foraminifères permet de mettre en évidence le rôle biologique des discontinuités majeures (Di1 et Di2). Il est possible de distinguer trois populations successives de ces foraminifères (tableau 19).

- Unités A1 et A2 : *Dorothia kummi* et *Dorothia cf. zedlerae* représentent 60 % de l'ensemble des *Gaudryina-Dorothia*. *Dorothia sp. 2* s'observe à la base de la série.

- Unités B1 et B2 : La population est dominée par *Dorothia cf. praeauteriviana* et *Dorothia cf. hechti* qui représentent 63 % des individus. Bien que décrite par ZEDLER dans l'Hauterivien suisse, *Dorothia kummi* ne s'observe plus au-dessus de la discontinuité Di1.

- Unités C-D : Ces unités sont caractérisées par l'apparition de Gaudryina cf. tuchaensis dont les représentants constituent plus de la moitié de la population. Dorothia sp. 1 est présente dans leur partie sommitale. Les autres variétés de Dorothia déjà observées dans les unités B1 et B2 s'observent également dans les unités C-D, leur baisse de fréquence relative est due à l'abondance des représentants de Gaudryina cf. tuchaensis qui envahissent le milieu, mais ne semblent pas se substituer aux espèces préexistantes.

c) tests trisériés puis bisériés à ouverture en fente longitudinale

genre Belorussiella AKIMETS 1958

Belorussiella sp. in DARSAC 1983
pl.2 fig.15

1969 Gen. ind. Eouvigerinidae - STEINHAUSER : pl. IV, fig. 1-3.
1983 Belorussiella sp. - DARSAC : pl. 7, fig. 18-19.

L'absence de Belorussiella dégagées n'a pas permis de détermination spécifique. Les sections montrent clairement l'incurvation caractéristique de la plaque dentaire. La longueur du test varie entre 400 et 650 μ , la largeur entre 100 et 130 μ .

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien (toutes les unités).

Milieu de dépôt : Les quelques individus observés se rencontrent dans les dépôts de plate-forme externe (famille de faciès E) ou du sommet du domaine pré littoral (famille de faciès D).

2.1.7 - Tests multiloculaires discoïdaux dont l'enroulement initial est planispiralé :

famille : DISCYCLINIDAE LOEBLICH et TAPPAN 1964

genre Ammocycloloculina MAYNC 1958

Ammocycloloculina erratica (JOUKOWSKY et FAVRE) 1913
pl.2 fig.23-24

- *1913 Spirocyclina erratica n. sp. - JOUKOWSKY et FAVRE : pl.34, fig. 10-13; fig. 56.
- 1969 Ammocycloloculina erratica (JOUKOWSKY et FAVRE) - MAYNC et STEINHAUSER : fig. 19.
- 1976 Ammocycloloculina erratica (JOUKOWSKY et FAVRE) - PEYBERNES : pl. XXIII, fig. 14
- 1983 Ammocycloloculina erratica (JOUKOWSKY et FAVRE) - DARSAC : pl.7, fig.26

Ce foraminifère n'a été observé qu'en très petit nombre dans l'unité B1 (Berriasien supérieur). Le milieu de dépôt correspond à des sables à gros éléments triés, débris de rudistes et de cnidaires (famille de

faciès E). Toutefois, la répartition de cette espèce est en réalité beaucoup plus large car Ammocycloloculina erratica a été identifié par ailleurs dans le Valanginien d'autres régions.

2.2 - Foraminifères à test mixte, microgranulaire et hyalin:

famille : INVOLUTINIDAE BUTSCHLI 1880

genre Protopenneroplis WEYSCHENK 1950

Protopenneroplis trochangulata SEPTFONTAINE 1974
pl.3 fig.1-4

*1974 Protopenneroplis trochangulata sp. nov. - SEPTFONTAINE : pl. I, fig. 1-8.

1983 Protopenneroplis trochangulata SEPTFONTAINE - BERTHOU, CORREIA, PRATES et TAUGOURDEAU : pl. 3, fig. 2.

1984 Protopenneroplis trochangulata SEPTFONTAINE - SALVINI-BONNARD, ZANINETTI et CHAROLLAIS : pl. 2, fig. 12.

Foraminifère à test trochospiralé anguleux dont la paroi est composée de deux couches : une couche interne microgranulaire et une couche externe hyaline à aspect fibro-radié. Cette espèce se différencie de l'espèce voisine du Jurassique, Protopenneroplis striata, par sa taille plus élevée et l'absence de stries et de pustules calcaires à la surface de la couche hyaline.

!	<u>Protopenneroplis striata</u>	!	210-360 μ	!	/	!
!	!	!	espèce type	!	360-500 μ	!
!	<u>P. trochangulata</u>	!	séquences A1 à B2	!	300-480 μ	!
!	!	!	"Calc. coralligènes"	!	300-530 μ	!
			!	valeurs extrêmes	!	moyenne
			!	Diamètre maximal	!	!

Les formes observées dans la zone étudiée ont un diamètre maximal légèrement inférieur à celui des formes types (holotype et paratype), mais supérieur à celui de Protopenneroplis striata. Les échantillons observés dans la formation des "Calcaires coralligènes" à l'Echailon ont une taille moyenne légèrement plus élevée que celle des formes observées plus haut.

Répartition stratigraphique : Berriasien. Aucun représentant de Protopenneroplis trochangulata n'a été observé au-dessus de la discontinuité majeure Dil', c'est-à-dire dans les séquences B2 et C-D.

Milieu de dépôt : Ce foraminifère est assez fréquent dans les sables vaseux à débris d'échinides et bryozoaires du talus externe (famille de faciès B), ainsi que dans les dépôts de plate-forme (familles de faciès E et F).

2.3 - Foraminifères à test complexe agglutiné :

2.3.1 - Tests à structure pseudo-alvéolaire, multiloculaires unisériés dont la partie jeune est enroulée et la partie adulte souvent déroulée :

famille : LITUOLIDAE DE BLAINVILLE 1825

Les Lituolidés s'observent tout au long de la série. La figure 32 montre qu'ils sont présents dans tous les milieux. Ils sont toutefois plus abondants dans les dépôts de plate-forme où l'on peut parfois observer plus de cinq Lituolidés par lame.

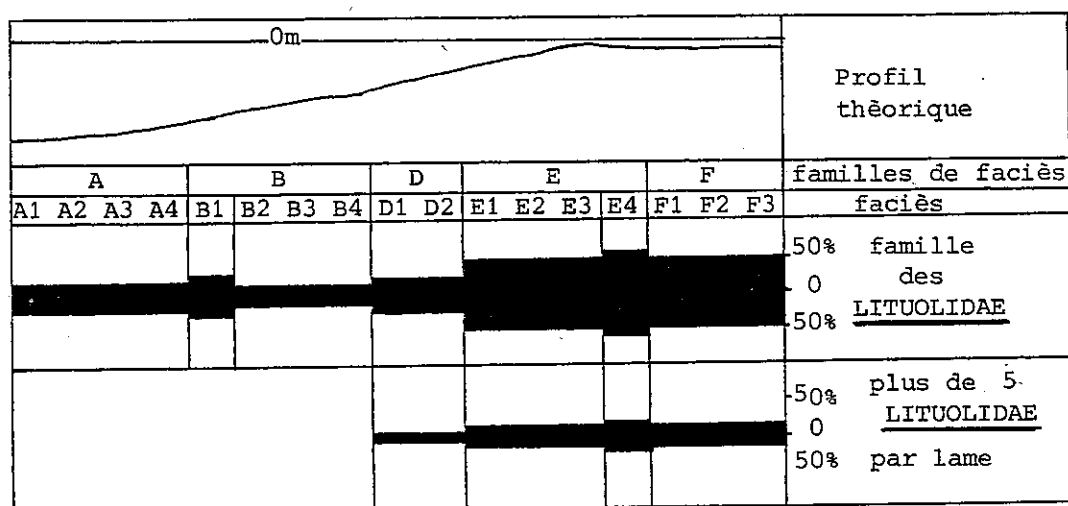


Figure 32 : Répartition des représentants de la famille des LITUOLIDAE.

2.3.1.1 - Ouverture aréale :

genre Rectocyclamina

Rectocyclamina arrabidensis RAMALHO 1969
pl.3 fig.5

*1969 Rectocyclamina arrabidensis n. sp. - RAMALHO : pl. 2, fig. 1-4.

Ce foraminifère présente une partie jeune enroulée de 100 à 150 μ de large. La partie terminale est déroulée et forme une hampe légèrement recourbée de 400 à 700 μ de long. L'espèce observée est légèrement plus petite que l'espèce type du Malm portugais.

Répartition stratigraphique : Berriasien moyen et base du Berriasien supérieur (unité A1).

Milieu de dépôt : Les représentants de cette espèce sont rares et s'observent dans les sables vaseux à débris de bryozoaires et d'échinodermes (faciès B3 et B4) ainsi que dans les sables à gros éléments triés de la plate-forme externe (faciès E1, E2 et E3).

genre Everticyclammina REDMOND 1964

Everticyclammina cf hedbergi (MAYNC) 1953
pl.3 fig.6

1983 Everticyclammina cf hedbergi (MAYNC) - DARSAC : pl.8, fig. 10.

1984 Everticyclammina sp. - SALVINI-BONNARD, ZANINETTI et CHAROLLAIS :
pl.1, fig.4.

Ce foraminifère présente un stade initial enroulé montrant 4 loges par tour de spire et un stade terminal déroulé d'au plus quatre 4 loges. Le test comprend une partie externe grossièrement labyrinthique, et une partie interne formée de matériel agglutiné grossier (bioclastes, petits foraminifères). Les loges sont épaisses de 100 à 400 μ .

Everticyclammina cf hedbergi à une taille deux fois plus petite que celle de l'espèce type décrite dans les séries du Barrémien-Albien.

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur (unités A2 et B1).

Milieu de dépôt : Sables vaseux du sommet du domaine pré littoral (faciès B3 et B4) et de la plate-forme (famille de faciès F).

2.1.3.2 - Ouverture en crible :

genre Pseudocyclammina YABE et HANZAWA 1926

Pseudocyclammina cf. lituus (YOKOHAMA) 1890
pl.3 fig.8-9

1969 Pseudocyclammina aff. lituus (YOKOHAMA) - STEINHAUSER : pl.2, fig.3.

1983 Pseudocyclammina lituus (YOKOHAMA) - CORREIA, BERTHOU, PRATES et TAUGOURDEAU : pl.1, fig.1.

1983 Pseudocyclammina cf. lituus (YOKOHAMA) - DARSAC : pl.8, fig.5-8.

Ce foraminifère au test labyrinthique présente une partie initiale enroulée sur trois tours, et une partie terminale déroulée de 3 ou 4 loges. Il diffère de l'espèce type kimméridgienne par sa taille plus petite et ses loges déformées par le matériel agglutiné plus grossier.

diamètre	axial	équatorial
<u>Pseudocyclammina lituus</u>	925 μ	2670 μ
<u>Pseudocyclammina cf. lituus</u>	750 μ	1100 μ

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur (unités A2 et B1).

Milieu de dépôt : Espèce peu fréquente observée uniquement dans les sables vaseux de plate-forme interne (famille de faciès F).

Pseudocyclamina sp. à test arénacé DARSAC 1983
pl.3 fig.7

*1983 Pseudocyclamina sp. à test arénacé - DARSAC : pl.8, fig. 11-12.

Ce foraminifère de grande taille se caractérise par la présence de grains de quartz dans son test qui constituent de 5 à 50 % des éléments agglutinés, leur taille peut atteindre 80 μ .

Mensurations :

- Diamètre axial : 800 à 1100 μ .
- Diamètre équatorial : 1800 à 2200 μ .

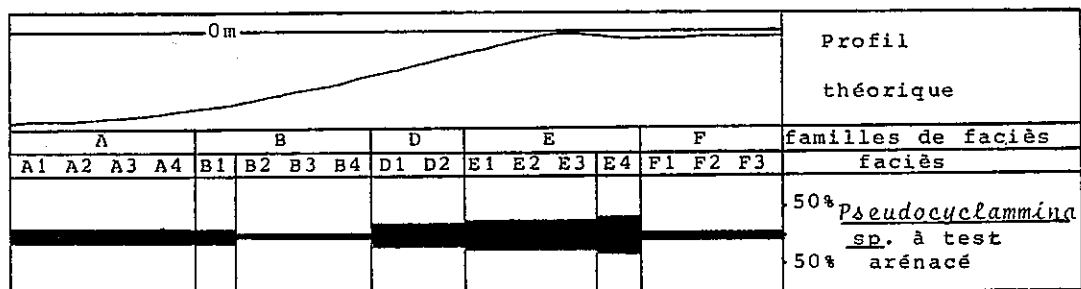


Figure 33 : Répartition des représentants de l'espèce Pseudocyclamina sp. à test arénacé.

Répartition stratigraphique : Rare dans l'unité A1, cette espèce devient progressivement plus fréquente lorsque l'on s'élève dans la série.

Milieu de dépôt : (figure 33) . C. DARSAC (1983) signale la présence de cette espèce sur le talus et la plate-forme externe. La figure 33 montre que c'est effectivement au niveau de la plate-forme que cette espèce est la plus fréquente, bien qu'elle soit présente dans la plupart des milieux de dépôt.

2.3.2 - Tests à structure cloisonnaire, multiloculaires trochospiraux, trisériés pouvant devenir bisériés :

famille : PAVONITINIDAE LOEBLICH et TAPPAN 1961

genre Pseudotextulariella BARNARD in BARNARD et BANNER 1953

Pseudotextulariella salevensis CHAROLLAIS, BRONNIMANN et ZANINETTI 1966
pl.4 fig.12-13

- *1966 Pseudotextulariella salevensis n. sp. - CHAROLLAIS, BRONNIMANN et ZANINETTI : pl.1, fig.1-5; pl.2, fig. 2 et 6; fig.1 (dans le texte).
- 1969 Pseudotextulariella salevensis CHAROLLAIS, BRONNIMANN et ZANINETTI -STEINHAUSEUR : pl.1, fig. 1-3.
- 1976 Pseudotextulariella salevensis CHAROLLAIS, BRONNIMANN et ZANINETTI -PEYBERNES : pl.14, fig. 14-15.
- 1977 Pseudotextulariella salevensis CHAROLLAIS, BRONNIMANN et ZANINETTI -AZEMA et al., pl.3, fig. 8-9.
- 1983 Pseudotextulariella salevensis CHAROLLAIS, BRONNIMANN et ZANINETTI -DARSAC : pl.5, fig. 9-13.
- 1983 Pseudotextulariella salevensis CHAROLLAIS, BRONNIMANN et ZANINETTI -SALVINI-BONNARD, ZANINETTI et CHAROLLAIS : pl.2, fig. 4-5.

Mensurations :

- Hauteur de cône : 140 à 185 μ (holotype 176 μ).
- Diamètre basal : 120 à 190 μ (holotype 184 μ).

Répartition stratigraphique : Valanginien (unités C-D). Ce foraminifère est totalement absent à la base de la série. Il apparaît brutalement au-dessus de la discontinuité Di2, et reste présent tout au long de la succession valanginienne.

Milieu de dépôt : Domaine pré littoral. Cette espèce est particulièrement abondante dans les sables fins à petits foraminifères circalittoraux et débris usés. (famille de faciès D).

Pseudotextulariella sp. A DARSAC 1983

- *1983 Pseudotextulariella sp. A n. sp. - DARSAC : pl. 5, fig. 14-20.

Ce foraminifère se différencie morphologiquement de Pseudotextulariella salevensis par :

- un cloisonnement moins régulier et une plus grande taille des loges,
- un test deux fois plus grand que celui de P.salevensis :
 - hauteur du cône : 300 μ à 420 μ ,
 - diamètre basal : 190 μ à 250 μ .

Répartition stratigraphique : Valanginien (unités B2 et C-D). Ce foraminifère apparaît plus tôt dans la série que Pseudotextulariella salevensis.

Milieu de dépôt : Cette espèce est peu fréquente, elle s'observe d'une part dans les sables fins à petits foraminifères circalittoraux et petits débris usés (famille de faciès D), d'autre part dans les sables à gros éléments classés, débris de rudistes et de cnidaires (faciès E1, E2 et E3).

Alors que Pseudotextulariella salevensis n'est présent que dans les séries pré littorales, Pseudotextulariella sp. A a une répartition moins stricte et s'observe également sur la plate-forme externe.

2.3.3 - Tests à structure centrale en piliers ou pseudo-piliers, multisériés trochospiraux :

famille PAVONITINIDAE LOEBLICH et TAPPAN 1961

genre Pfenderina HENSON 1948

Pfenderina neocomiensis (PFENDER) 1938
pl.4 fig.15-16

- *1938 Eorupertia neocomiensis n. sp. - Pfender : pl. 16, fig. 1-7.
 1958 Pfenderina neocomiensis (PFENDER) - DUFAURE : pl. 2, fig. 4-6.
 1966 Pfenderina neocomiensis (PFENDER) - GUILLAUME : pl. 1, fig. 3.
 1966 Pfenderina neocomiensis (PFENDER) - MOUTY : pl.7, fig. 1-3.
 1969 Pfenderina neocomiensis (PFENDER) - STEINHAUSER : pl. 2, fig. 4-5.
 1976 Pfenderina neocomiensis (PFENDER) - PEYBERNES : pl. 13, fig. 2; pl. 14, fig. 11-13.
 1976 Pfenderina neocomiensis (PFENDER) - MASSE : pl. 10, fig. 16.
 1983 Pfenderina neocomiensis (PFENDER) - DARSAC : pl. 8, fig. 1-5.
 1984 Pfenderina neocomiensis (PFENDER) - SALVINI-BONNARD, ZANINETTI et CHAROLLAIS : pl. II, fig. 2-3.

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur-Valanginien (sommet de l'unité A2, unités B1, B2 et C-D). Quelques représentants de cette espèce sont présents sous la discontinuité D1, au sommet de l'unité A2. Par contre dans les séries de l'Ain et de la Savoie, C. DARSAC (1983) ne signale pas la présence de ce foraminifère au-dessous de la discontinuité D1.

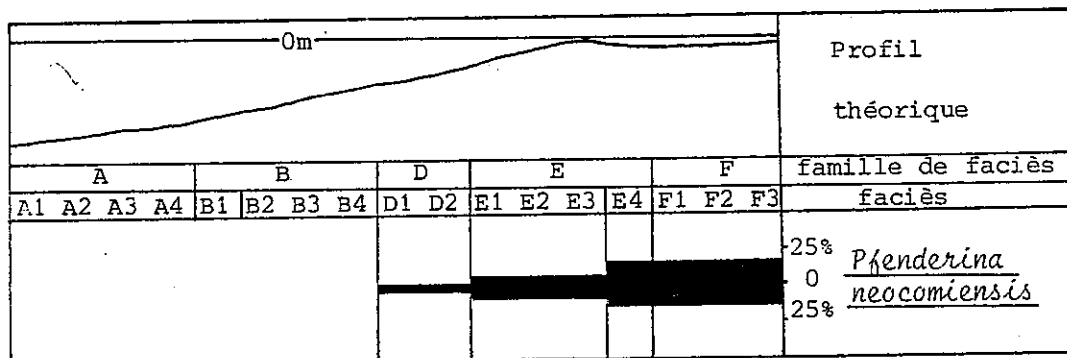


Figure 34 : Répartition des représentants de Pfenderina neocomiensis.

Milieu de dépôt : (figure 34). Cette espèce fréquente sur la plate-forme interne, se raréfie sur la plate-forme externe et le sommet du talus.

2.3.4 - Tests à structures complexes :

2.3.4.1 - Tests multiloculaires unisériés cylindriques :

genre Coscinophragma THALMANN 1951

Coscinophragma cribrosum (REUSS) 1846
pl.4 fig.17-19

- *1846 Lichenopora cribrosa n. sp. - REUSS : pl. 14, fig.10; pl.24, fig. 3-15.
 1873 Polyphragma cribrosum (REUSS) - REUSS : P. 278.
 1950 Coscinophragma cribrosum (REUSS) - THALMANN : P. 221.
 1967 Coscinophragma cribrosum (REUSS) - NEUMANN : pl. 41, fig. 2.
 ?1976 Acruliammina longa (TAPPAN) - MASSE : pl. 9, fig. 14.
 1980 Coscinophragma cribrosum (REUSS) - ARNAUD-VANNEAU : pl. 42, fig. 2-5 ; pl. 66, fig. 3-5.

Ce foraminifère fixé présente un test cylindrique parfois branchu, aplati au niveau de la sole de fixation. La face orale est bombée et criblée par un grand nombre d'ouvertures séparées par des crêtes aiguës. Les loges sont divisées par un reticulum de cloisons tronçonnées en pilier à la base de la loge. Le test, grossièrement agglutiné, comporte de nombreux grains de quartz réunis par un ciment de calcaire microgranulaire.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien (toutes les unités).

Milieu de dépôt : Sables grossiers à débris de cnidaires et de rudistes de la plate-forme externe (faciès de la famille E). La fréquence de ce foraminifère s'accroît de bas en haut de la série.

2.3.4.2 - Tests multiloculaires unisériés coniques débutants parfois par un stade trochospiralé :

famille ORBITOLINIDAE MARTIN 1980

genre Cribelloopsis ARNAUD-VANNEAU 1980

Cribelloopsis sp. in DARSAC 1983
pl.4 fig.11

- ?1969 Orbitolinidae - STEINHAUSER : pl. IV, fig. 4 et 5.
 1983 Cribelloopsis sp. - DARSAC : pl. 7, fig. 6 et 8.

Mensurations :

- Hauteur du cône : 700 à 1100 μ .
- Diamètre maximum : 520 à 720 μ .
- Hauteur d'une loge adulte : 40 à 60 μ .
- Nombre de loges dans la partie adulte pour 0,5 mm mesurés perpendiculairement à la base du test : 7 à 9.

Seules quelques sections de ce foraminifère ont pu être observées. Elles présentent les caractéristiques du genre, mais sont de qualité trop médiocre pour identifier l'espèce.

Répartition stratigraphique : Berriasien (unités B1 et B2).

Milieu de dépôt : Sables fins à petits foraminifères circalittoraux et débris usés d'échinodermes (famille de faciès D), et sables à gros éléments classés et débris de rudistes et de cnidaires (famille de faciès E).

2.4 - Foraminifères à test calcaire porcelané :

2.4.1 - Tests biloculaires à loge tubulaire enroulée :

famille FISCHENIRIDAE MILLET 1898

genre Cyclogyra WOOD 1842

Cyclogyra? sp.
pl.4 fig.5-6

- ?1951 Cornuspira orbicula (TERQUEM et BERTHELIN) - BARTENSTEIN et BRAND: pl. 4, fig. 89.
 ?1971 Cyclogyra cretacea (REUSS) - FUSCHS : pl. 3, fig. 5.
 1980 Cyclogyra? sp. - ARNAUD-VANNEAU : pl. 17, fig. 20-23.
 1983 Cyclogyra? sp. - VIEBAN : pl. II, fig. 8.
 1983 Cyclogyra? sp. - DARSAC : pl. 6, fig. 10.

Ce foraminifère de forme discoïdale présente un test non cloisonné. N'ayant jamais été observé dégagé, il n'a pas été possible de savoir si le test était originellement porcelané.

L'espèce observée dans le Berriasien-Valanginien est de taille deux fois plus petite que Cyclogyra? sp. de l'Hauterivien-Barrémien décrit par ARNAUD-VANNEAU (1980).

! diamètre	!	axial	!	équatorial	!
! forme du Berriasien-Valanginien	!	15 à 30 μ	!	120 à 170 μ	!
! forme de l'Hauterivien-Barrémien	!	20 à 60 μ	!	220 à 480 μ	!

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien.

Milieu de dépôt : Ce foraminifère peu fréquent n'a été observé que dans les sables fins à petits foraminifères circalittoraux et débris usés d'échinides (famille de faciès D) et les sables à faune réduite et Lithocodium -Bacinella (famille de faciès F).

2.4.2 - Tests multiloculaires pelotonnés :

famille QUINQUELOCULINIDAE CUSHMAN 1927

genre Danubiella NEAGU 1968

Danubiella gracillima NEAGU 1968
pl.4 fig.7-9

- 1983 Nubeculariidae gen. ind. sp. B - DARSAC : pl. 6, fig. 18-20;
1984 Nodolphtalmidium sp. 6 - SALVINI-BONNARD et al. : pl.I, fig. 6-7.
*1984 Danubiella gracillima n. sp. - NEAGU : pl. 1, fig. 27-30; pl. 2 ,
fig. 16-18.

		! longueur	! largeur	!
! Berriasien de	! holotype	! 680 μ	! 120 μ	!
! Roumanie	! paratypes	! 700-1320 μ	! 170-210 μ	!
! Domaine étudié	! Individus observés	! 700 μ	! 120-200 μ	!

Ce foraminifère n'a été observé qu'en section.

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur (unités A2 et B1).

Milieu de dépôt : Plate-forme. Ce foraminifère est fréquent dans les sables vaseux et les vases sableuses à faune réduite et Lithocodium-Bacinella de la plate-forme interne (famille de faciès F), il est plus rare dans les sables grossiers à débris de rudistes et de cnidaires de la plate-forme externe (famille de faciès E).

genre Rumanoloculina NEAGU 1984

Rumanoloculina cf. robusta NEAGU 1968
pl.4 fig.10

1983 Quinqueloculina robusta ? NEAGU - DARSAC : pl. 6, fig. 1.

Ce foraminifère aux loges épaisses en forme de croissant n'a été observé qu'en section. De ce fait, il n'a pas été possible de vérifier l'existence de la dent bifide située dans l'ouverture terminale qui caractérise l'espèce.

Mensurations :

- Hauteur : 750 μ .
- Diamètre maximum : 550 μ .
- Épaisseur du test : 20 à 30 μ .

Rumanoloculina cf. robusta est de plus petite taille que l'espèce type du Barrémien-Bédoulien.

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur (unités A1, A2 et B1).

Milieu de dépôt : Cette espèce peu fréquente n'a été observée que dans les séries de plate-forme (familles de faciès E et F).

genre MOESILOCULINA NEAGU 1984

Moesiloculina aff. danubiana (NEAGU) 1980
pl.4 fig.3

1980 Quinqueloculina aff. danubiana NEAGU - ARNAUD-VANNEAU : pl. 10 ,
fig. 15; pl. 18, fig. 31-35.

Quinqueloculine de petite taille aux loges triangulaires en section, bordées par une carène. Cette espèce diffère de la forme type par sa plus petite taille, son test plus mince et sa carène peu marquée.

!	<u>Moesiloculina</u> aff. <u>danubiana</u>	!	!
!	Barrémien-Bédoulien	!	160 à 225 μ
!	<u>Moesiloculina</u> aff. <u>danubiana</u>	!	!
!	Valanginien	!	170 à 210 μ
		!	Diamètre maximum

Répartition stratigraphique : Valanginien. Cette espèce n'est présente qu'au dessus de la discontinuité majeure Di2.

Milieu de dépôt : Domaine pré littoral. Fréquent dans les sables fins à débris usés et petits foraminifères circalittoraux (famille de faciès D), ce foraminifère s'observe plus rarement dans les vases sableuses à spicules (famille de faciès A).

genre Decussoloculina NEAGU 1968

Decussoloculina sp.
pl.4 fig.2

1983 Sigmoilina sp. - DARSAC : pl. 6, fig. 4.

Mensurations :

- Diamètre : 230 à 380 μ .
- Epaisseur du test : 10 à 15 μ .

Répartition stratigraphique : Berriasien. Ce foraminifère est très rare à la base de la série (unité A1), il devient plus fréquent dans les unités A2 et B1.

Milieu de dépôt : Sables à gros éléments usés, débris de rudistes et de cnidaires de la plate-forme externe (famille de faciès E).

famille MILIOLIDAE EHRENBERG 1839

genre Pseudotriloculina CHERIF 1973

Pseudotriloculina sp. 1 ARNAUD-VANNEAU 1980
pl.4 fig.4

*1980 Pseudotriloculina n. sp. 1 - ARNAUD-VANNEAU : pl. 10, fig. 22-23;
pl. 18, fig. 48 à 51.

Foraminifère dont le test mince et allongé est identique à l'espèce type du Barrémien-Bédoulien.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien. Présent tout au long de la série, ce foraminifère est plus fréquent au niveau de l'unité B2.

Milieu de dépôt : Sables fins et vases sableuses du talus externe (familles de faciès A, B et D).

genre Istriloculina NEAGU 1980

Istriloculina cf. eliptica (IOCHEVA) 1962
pl.4 fig.1

1983 Pyrgo cf. eliptica - DARSAC : pl.6, fig. 8-9.

Foraminifère de forme ovoïde présentant une grande dent dans le plan médian.

Mensurations :

- Diamètre maximum : 350 à 400 μ .
- Diamètre minimum : 180 à 250 μ .
- Epaisseur du test : 10 à 20 μ .

Ce foraminifère est de plus petite taille que l'espèce type.

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur (unités A2 et B1).

Milieu de dépôt : Plate-forme interne. Vases sableuses à faune appauvrie et Lithocodium-Bacinella (famille de faciès F), et vases à bird's eyes (famille de faciès G).

2.5 - Foraminifères à test calcaire perforé :

2.5.1 - Tests biloculaires à loge tubulaire enroulée :

famille SPIRILLINIDAE REUSS 1962

genre Conicospirillina CUSHMAN 1927

Conicospirillina basiliensis MOHLER 1938
pl.6 fig.12-13

*1938 Conicospirillina basiliensis n. sp. - MOHLER : pl. 4, fig. 5.
1977 Conicospirillina basiliensis MOHLER - AZEMA, CHABRIER, FOURCADE
et JAFFREZO : pl. 3, fig. 10.

1982 Conicospirillina basiliensis MOHLER - CORREIA, PRATES et BERTHOU: pl. 1, fig. 8.

1983 Conicospirillina basiliensis MOHLER - DARSAC : pl. 6, fig. 21.

1984 Conicospirillina basiliensis MOHLER - SALVINI-BONNARD, ZANINETTI et CHAROLLAIS : pl. II, fig. 13.

L'espèce observée est de taille très légèrement inférieure à celle de l'espèce type du Malm et présente un diamètre basal du dernier tour compris entre 900 et 1300 μ .

Répartition stratigraphique : Berriasien (unités A1, A2 et B1). Cette espèce n'a pas été observée au-dessus de la discontinuité D1'.

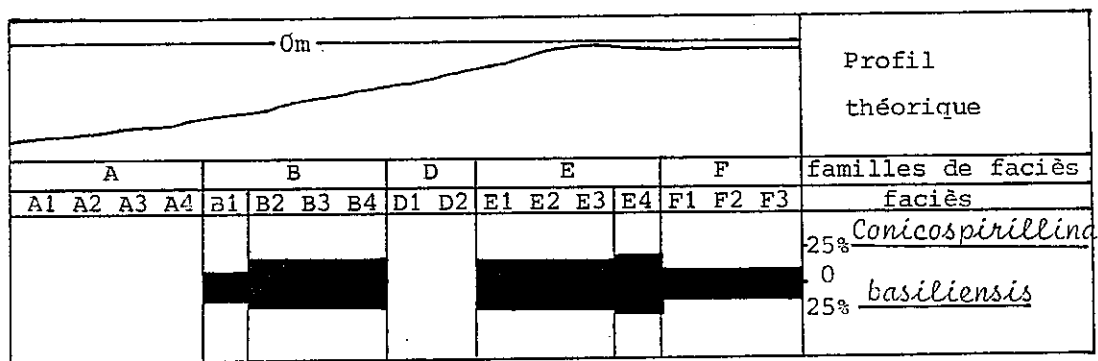


Figure 35 : Répartition des représentants de l'espèce Conicospirillina basiliensis.

Milieu de dépôt : (figure 35) Ce foraminifère est assez fréquent dans les sables vaseux à débris d'échinodermes et de bryozoaires (famille de faciès B), ainsi que dans les sables à gros éléments usés, débris de rudistes et de cnidaires (famille de faciès E). Il est présent en petit nombre dans les sables vaseux et les vases sableuses à faune réduite et Lithocodium-Bacinella (famille de faciès F).

famille INVOLUTINIDAE BUTSCHLI 1880

genre Trocholina PAALZOW 1922

Les microfaunes récoltées après lavage des marnes n'ont pratiquement pas livrées de Trocholines déterminables, de ce fait, cette étude se base surtout sur les photographies de ces foraminifères en section.

L'étude des Trocholines se divise en deux parties la première est consacrée à la description, la seconde à l'intérêt stratigraphique de ces foraminifères.

a) Description

Trocholina elongata (LEUPOLD) 1935
pl.5 fig.1-2

- *1935 Coscinoconus elongata n. sp. - LEUPOLD in LEUPOLD et BIGLER : pl. XVIII, fig. 12-14.
 1976 Trocholina elongata (LEUPOLD) - MASSE : pl. 14, fig. 15-16.
 1976 Trocholina elongata (LEUPOLD) - PEYBERNES : pl. 14, fig. 7.
 1983 Trocholina elongata (LEUPOLD) - DARSAC : pl. 4, fig. 7-8.
 1987 Trocholina elongata (LEUPOLD) - ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU: pl. 1, fig. 4; pl. 2, fig. 1-8.

Trocholone très allongée à angle apical aigu ; de forme conique dans la partie jeune (6 à 8 tours) et cylindrique dans la partie adulte (8 à 10 tours).

! mensurations	! hauteur	! largeur maximale	! angle apical !
! Espèce type	! 720 à 1260 μ	! 280 à 470 μ	! 25 à 30° !
! Individus observés	! 800 à 1800 μ	! 230 à 500 μ	! 25 à 30° !

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien (toutes les unités).

Milieu de dépôt : Organisme assez ubiquiste, fréquent dans les sables grossiers à débris usés de cnidaires et de rudistes de la plate-forme externe (famille de faciès E) mais également présent dans les sédiments de plate-forme interne (famille de faciès F) et du sommet du talus externe (famille de faciès D et faciès B3-B4).

Trocholina cherchiaie ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU 1987
pl.5 fig.3

- 1957 Trocholina elongata (LEUPOLD) - MARIE et MANGIN : fig. 3d.
 1963 Trocholina elongata (LEUPOLD) - GUILLAUME : pl. 5, fig. 81.
 1971 Trocholina cf. elongata (LEUPOLD) - RAMALHO : pl. 20, fig. 9.
 1976 Trocholina alpina-elongata (LEUPOLD) - PEYBERNES : pl. 14, fig. 7.
 *1987 Trocholina cherchiaie n. sp. - ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU : pl. 2, fig. 9-21.

Trocholone de grande taille, très allongée dont le test débute par un stade conique présentant un angle apical compris entre 40 et 55°, la partie terminale du test est cylindrique à conique légèrement évasée. La largeur varie entre 0,45 et 0,84 mm, la hauteur entre 0,80 et 2,3 mm. Trocholina cherchiaie diffère de Trocholina elongata par son angle apical plus ouvert et ses dimensions plus importantes.

Répartition stratigraphique : Espèce rare au Berriasien (unités A1, A2 et B1) plus abondante au Valanginien (unités B2 et C-D).

Milieu de dépôt : Trocholina cherchiaie s'observe dans les sables grossiers à débris usés de cnidaires et de rudistes de la plate-forme externe (famille de faciès E) et dans les sables vaseux à Lithocodium - Bacinella de la plate-forme interne (famille de faciès F).

Trocholina delphinensis ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU 1987
pl.5 fig.4

1983 Trocholina sp. A1 - DARSAC : p. 218; pl. 4, fig. 1-2.
*1987 Trocholina delphinensis n. sp. - ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU : pl. 1, fig. 1; pl. 3, fig. 1-8.

Trocholone de petite taille à angle apical très aigu, présentant une loge tubulaire enroulée sur 8 à 10 tours.

Mensurations :

- Hauteur : 530 à 990 μ .
- Largeur maximale : 240 à 580 μ .
- Angle apical : 38 à 60°.

Répartition stratigraphique : Espèce fréquente au Berriasien, rare au Valanginien. Elle s'observe principalement dans les unités inférieures A1 et A2.

Milieu de dépôt : Fréquent dans les séries de plate-forme (familles de faciès E et F), ce foraminifère est plus rare dans les sédiments mis en place au sommet du domaine pré-littoral (faciès B3 et B4).

Trocholina campanella ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU 1987
pl.5 fig.5-7

1983 Trocholina sp. A1 - DARSAC : p. 218; pl. 4, fig. 3-4.
*1987 Trocholina campanella n. sp. - ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU : pl. 1, fig. 2-3.

Constituée par une loge tubulaire enroulée sur 8 à 10 tours, cette Trocholone de grande taille présente un angle apical plus ouvert que celui de Trocholina delphinensis.

Mensurations :

- Hauteur : 840 à 1310 μ .
- Largeur maximale : 800 à 1020 μ .
- Angle apical : 45 à 65°.

Répartition stratigraphique : Présente tout au long de la série, cette espèce montre une fréquence élevée dans les unités B1 et B2.

Milieu de dépôt : Cette forme ne s'observe que dans les séries de plate-forme (familles de faciès E et F).

Trocholina molesta GORBATCHIK 1959
pl.5 fig.13-14

- *1959 Trocholina molesta n. sp. - GORBATCHIK : p.79-91; pl. 4, fig.1-2.
1987 Trocholina molesta GORBATCHIK - ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU: pl. 6, fig. 11-21.

Trocholone de très petite taille à angle apical ouvert présentant une face orale bombée divisée en deux parties par un sillon marginal net.

Mensurations :

- Hauteur : 0,09 à 0,34 mm.
- Largeur maximale : 0,30 à 0,60 mm.
- Angle apical : 80 à 125°.

Répartition stratigraphique : Cette espèce s'observe tout au long de la série, mais en de très rares exemplaires.

Milieu de dépôt : Les quelques individus observés se situent dans des sables vaseux du sommet du domaine pré-littoral (faciès B3-B4).

Trocholina alpina (LEUPOLD) 1935
pl.5 fig.9-12

- *1935 Coscinoconus alpinus n. sp. - LEUPOLD in LEUPOLD et BIGLER : p. 610-617; pl. 18, fig. 1-8, 9?, 10 et 11.
1987 Trocholina alpina (LEUPOLD) - ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU : pl. 4, fig. 1-12.

Espèce de taille moyenne à élevée présentant un angle apical assez ouvert. Elle est constituée par deux populations de taille différente (dimorphisme ?) présentant les mêmes caractéristiques morphologiques.

Mensurations :

- Hauteur : 0,42 à 1,13 mm.
- Largeur maximale : 0,50 à 1,06 mm.
- Angle apical : 80 à 95°.

Répartition stratigraphique : Espèce fréquente au Berriasien (unités A1 et B1) se raréfiant au Valanginien.

Milieu de dépôt : Dépôts de plate-forme (familles de faciès E et F) et du sommet du talus externe (faciès B3 et B4).

Trocholina cf. alpina (LEUPOLD) 1935
pl.6 fig.1-2

- 1955 Trocholina alpina (LEUPOLD) - REICHEL : pl. 15, fig. 1, 3?.
1971 Trocholina cf. alpina (LEUPOLD) - RAMALHO : pl. 21, fig. 22.
1983 Trocholina cf. alpina (LEUPOLD) - DARSAC : p. 220, pl.4, fig.10-11

Mensurations :

- Hauteur : 0,780 à 1,280 mm.
- Largeur maximale : 1,025 à 2,020 mm.
- Angle apical : 80 à 100°.

Cette espèce diffère de la précédente par sa plus grande taille, son nombre de tours de spire plus élevé (7-8) et le développement important des sillons sur la face orale.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien.

Milieu de dépôt : Dépôts de plate-forme (familles de faciès E et F).

Trocholina chouberti HOTTINGER 1976
pl.6 fig.3-4

- *1976 Trocholina chouberti n. sp. - HOTTINGER : fig. 1, pl. 1, fig. 1-15.
- 1987 Trocholina chouberti HOTTINGER - ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU : pl. 5, fig. 1-2.

Mensurations :

- Hauteur : 0,42 à 0,72 mm.
- Largeur maximale : 1,4 à 2,0 mm.
- Angle apical : 120 à 140°.

Trocholone de grande taille, de forme conique aplatie présentant une face orale assez souvent concave.

Répartition stratigraphique : Valanginien (unités C-D).

Milieu de dépôt : Cette espèce n'a été observée qu'en un point de la coupe de la Correrie, au niveau d'un joint marneux intercalé entre deux coulées sableuses.

Trocholina cf. chouberti HOTTINGER 1976

- 1976 Trocholina cf. chouberti HOTTINGER - DARSAC : pl. 4, fig. 12.
- 1987 Trocholina cf. chouberti HOTTINGER - ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU : pl. 5, fig. 3-5.

Mensurations :

- Hauteur : 0,76 à 1,28 mm.
- Largeur maximale : 1,35 à 2,40 mm.
- Angle apical : 90 à 130°.

Cette espèce diffère de la précédente par son angle apical plus ouvert, sa taille plus élevée et sa face orale plane à légèrement convexe.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien. Peu fréquente dans les unités inférieures (A1 et A2), cette espèce se développe dans les unités supérieures (B1 et B2).

Milieu de dépôt : Plate-forme (familles de faciès E et F).

Trocholina sagittaria ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU 1987
pl.5 fig.8

1980 Trocholina aff. elongata (LEUPOLD) - ARNAUD-VANNEAU : pl. 79, fig. 18-20.

*1987 Trocholina sagittaria n. sp. - ARNAUD-VANNEAU, DARSAC et BOISSEAU
: pl. 1, fig. 5; pl. 6, fig. 1-10.

Mensurations :

- Hauteur : 0,425 à 0,750 mm.
- Largeur maximale : 0,26 à 0,380 mm.
- Angle apical : 35 à 52°.

Trocholines de forme élancée, à angle apical aigu, présentant une loge tubulaire enroulée sur 9 à 12 tours. Cette espèce se différencie des autres formes à angle apical aigu par sa plus petite taille et la forme rectangulaire en section de sa loge tubulaire.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien. Seuls quelques représentants de cette espèce ont été observés dans l'ensemble de la série.

Milieu de dépôt : Plate-forme (familles de faciès E et F) et sommet du domaine pré littoral (faciès B3, B4 et D1-D2).

b) Intérêt stratigraphique des trocholines

Dix espèces de trocholines ont été identifiées dans la série du Berriasien-Valanginien (figure 36), parmi celles-ci, quatre sont présentes tout au long de la série sans notables variations de fréquences et ne présentent donc que peu d'intérêt stratigraphique : Trocholina molesta, T. cf. alpina, T. elongata et T. sagittaria. Les autres formes présentent d'importantes variations de fréquences de part et d'autre de la discontinuité majeure D1. Il est donc possible de distinguer, en fonction de cette discontinuité, deux populations différentes (unités inférieures et unités supérieures) :

- Dans les unités inférieures (A1 et A2) d'âge Berriasien moyen à supérieur, la population est dominée par les espèces de petite taille, T. delphinensis et T. alpina.

- Dans les unités supérieures (B1, B2 et C-D) du Berriasien terminal et du Valanginien, les trocholines de grande taille sont les mieux représentées. T. campanella et T. cf. chouberti dans les unités B1 et B2, puis T. cherchiai et T. chouberti dans les unités C-D. Toutefois les faciès de plate-forme submergée observés au sommet de la série ne montrent que très peu de niveaux à trocholines.

ETAGES		VALANGINIEN		DISCONTINUITES	<i>Trocholina modesta</i>	<i>Trocholina sagittaria</i>	<i>Trocholina elongata</i>	<i>Trocholina cf. affina</i>	<i>Trocholina alpestrimensis</i>	<i>Trocholina affina</i>	<i>Trocholina cheukitae</i>	<i>Trocholina cf. elonbeneti</i>	<i>Trocholina elonbeneti</i>	<i>Trocholina campanella</i>	
		C-D	B2												
BERRIASIEN	supérieur	B1	Oi1'												
		A2	Oi1												
		A1	Oi0'												
		Oi0													
	moyen														

Figure 36 : Répartition stratigraphique des différentes espèces de Trocholines.

genre Neotrocholina REICHEL 1945

Les néotrocholines ont pu être étudiées à partir de sections et d'individus dégagés. Trois espèces ont été distinguées et affiliées à des espèces types en fonction des critères suivants :

- Morphologie du test : hauteur, largeur maximale et angle apical.
- Nature des piliers : nombre, diamètre et disposition sur la face orale.

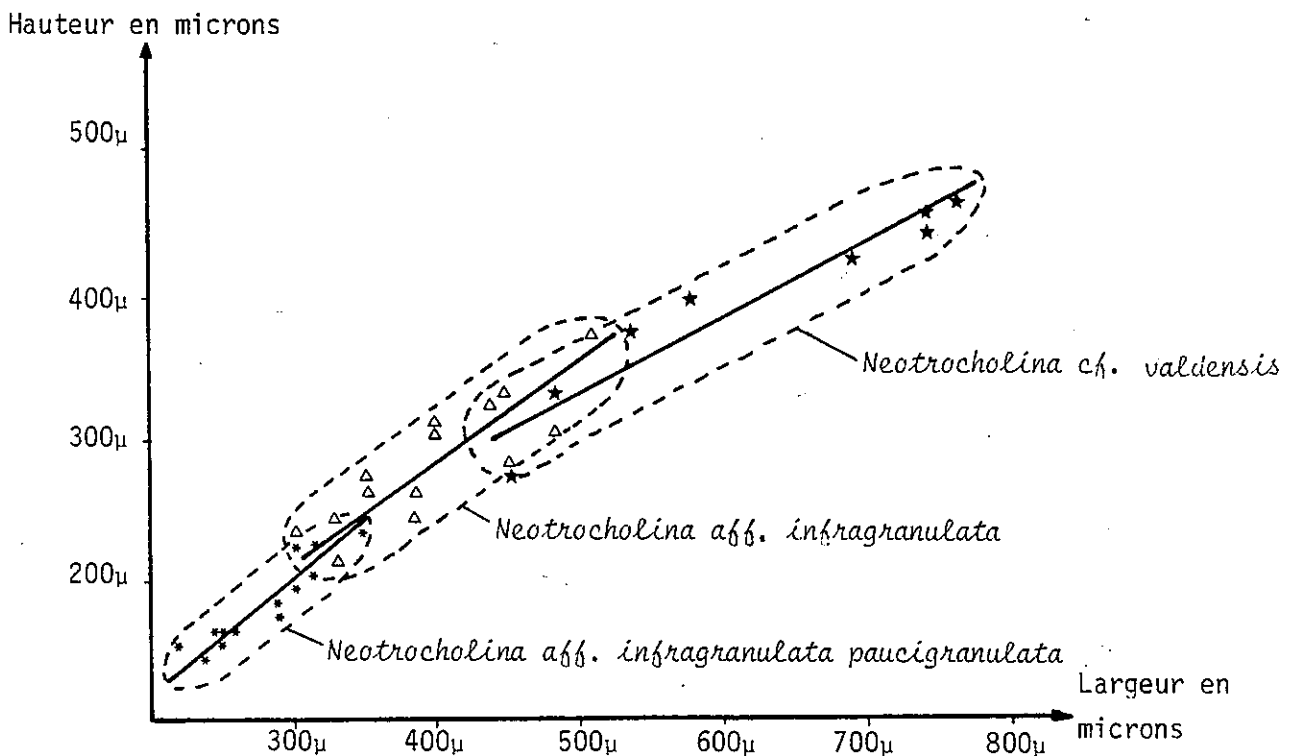


Figure 37 : Répartition des différentes espèces de Neotrocholines identifiées sur un diagramme hauteur/largeur, et position des droites de croissance.

a) description des espèces identifiées

Neotrocholina aff. infragranulata paucigranulata (MOULLADE) 1960
pl.6 fig.5-7

	! Hauteur !	! Largeur !
! <u>Neotrocholina aff. infragranulata</u> !	!	!
! <u>paucigranulata</u> !	! 140 à 230 μ !	! 230 à 340 μ !
! Berriasien !	!	!
! <u>Neotrocholina infragranulata</u> !	!	!
! <u>paucigranulata</u> (holotype) !	! 160 μ !	! 300 μ !
! Barremien-Bédoulien !	!	!

Petite néotrocholine à face orale munie d'un bouton central, présentant un angle apical de 80 à 90°.

Equation de la droite de croissance (figure 37): $H = 0,82 l - 49$ (H : hauteur, l : largeur).

Cette espèce montre un angle apical assez aigu, en section elle présente 6 à 8 tours de spire. La face orale, très caractéristique, montre 7 à 10 piliers de diamètre compris entre 10 et 30 μ , disposés en couronne autour d'un bouton central large de 30 à 60 μ . Le bouton central est lui même constitué par 2 ou 3 piliers soudés, il est très légèrement proéminent à l'extérieur du test.

Comparaison avec l'espèce type : La forme du Berriasien montre des différences morphologiques et une disposition des piliers différente sur la face orale.

- Morphologie : le foraminifère berriasien est plus haut, avec un angle apical plus aigu.
- Nature des piliers : Si le nombre de piliers est inférieur à 10 pour les deux espèces, leur disposition en couronne autour du bouton central ne s'observe que sur la forme berriasienne.

Répartition stratigraphique : Berriasien (unités A1 et A2). Cette Néotrocholine fréquente à la base de la série, n'a jamais été observée au-dessus de la discontinuité Dil.

Milieu de dépôt : (figure 38). Abondante dans les sables vaseux à petits débris d'échinides (faciès B1), cette espèce est fréquente dans les sédiments déposés au sommet du domaine pré littoral (faciès B2, B3 et B4 et famille de faciès D). On note également quelques représentants de ce foraminifère dans les sables à gros éléments classés de la plate-forme externe (famille de faciès E).

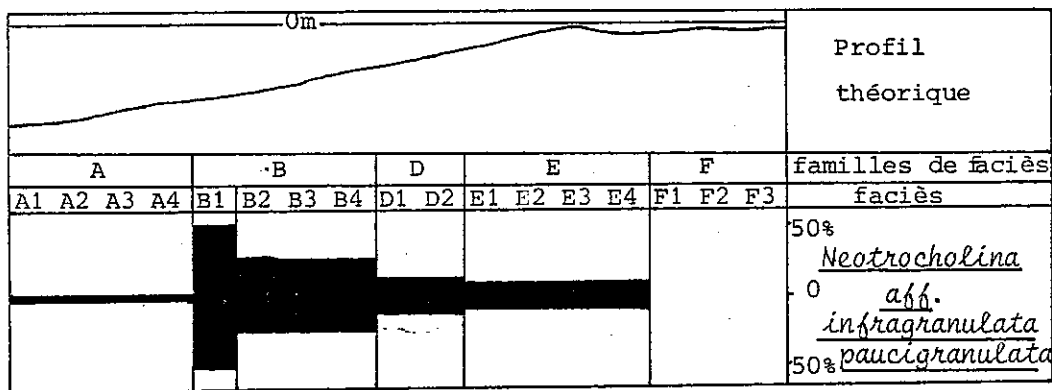


Figure 38 : Répartition des représentants de Neotrocholina aff. infragranulata-paucigranulata

Neotrocholina aff. infragranulata (NORTH) 1951
pl.6 fig.9-10

1983 Neotrocholina sp. - DARSAC : pl. 6, fig. 28.

	! Largeur !	! Hauteur !
! <u>Neotrocholina aff. infragranulata</u> !	!	!
! Berriasien-Valanginien !	! 340 à 560 μ !	! 200 à 380 μ !
! <u>Neotrocholina infragranulata</u> !	!	!
! holotype du Barrémien-Bédoulien !	! 430 μ !	! 185 μ !

Angle apical : 80 à 90°.

Equation de la droite de croissance : $H = 0,72 l - 6$.

Constituée par 8 ou 9 tours de spire, le test de ce foraminifère présente un angle apical assez aigu pour une Néotrocholone. La face orale ne montre pas de bouton central, mais une dizaine de piliers, larges de 20 à 50 μ .

Comparaison avec l'espèce type : L'espèce type de l'Hauterivien montre un angle apical plus ouvert; la largeur des deux formes est voisine, mais l'espèce du Berriasien-Valanginien est plus haute.

Répartition stratigraphique : Berriasien-Valanginien. Présente en quelques exemplaires dès la base de la série (unité A1), ce foraminifère montre une fréquence plus élevée dans l'unité A2 puis se raréfie dans les unités supérieures (B1, B2 et C-D).

Milieu de dépôt : (figure 39). Neotrocholina aff. infragranulata est fréquent dans les sables vaseux pré-littoraux à débris d'échinodermes (famille de faciès B). On note également sa présence dans les séries de plate-forme (familles de faciès E et F).

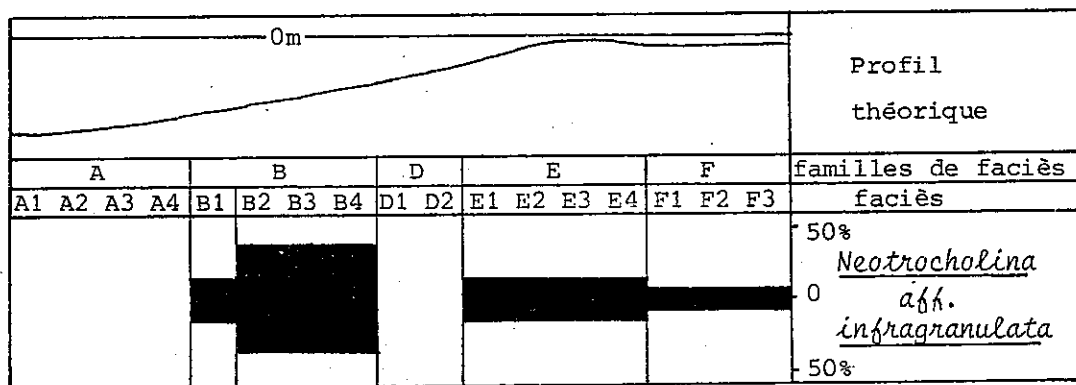


Figure 39 : Répartition des représentants de Neotrocholina aff. infragranulata.

Neotrocholina cf. valdensis REICHEL 1955
pl.6 fig.10-11

1983 Neotrocholina valdensis ? REICHEL - Darsac : pl. 6, fig. 23.

	! largeur !	! hauteur !	! ang. apic.!
! <u>Neotrocholina valdensis</u> !	540 μ	210 μ	217°
! <u>Neotrocholina</u> cf <u>valdensis</u> !	460 à 790 μ	380 à 470 μ	85 à 100°

Equation de la droite de croissance : $H = 0,52 l + 69$.

Cette Néotrocholine de grande taille se caractérise par la largeur de ses piliers dont le diamètre varie entre 25 et 75 μ. Elle se différencie de l'espèce type par sa plus grande taille, son angle apical plus aigu, un plus grand diamètre et petit nombre de piliers.

Répartition stratigraphique : Berriasien terminal-Valanginien (unités B1, B2 et C-D). Cette espèce ne s'observe pas au-dessous de la discontinuité Dil.

Milieu de dépôt : Assez fréquent dans les sables grossiers de la plate-forme externe (famille de faciès E), ce foraminifère est également présent sur la plate-forme interne (famille de faciès F) et au sommet du domaine pré littoral (famille de faciès D).

b) comparaison des différentes espèces identifiées

La figure 40 et le tableau 20 présentent les principaux critères de reconnaissance des différentes espèces de Néotrocholines reconnues.

Neotrocholina aff. infragranulata paucigranulata (MOULLADE) se caractérise par sa petite taille et sa face orale aux piliers disposés en couronne autour d'un bouton central saillant.

Neotrocholina aff. infragranulata (NORTH) est de plus grande taille que l'espèce précédente, sa face orale est dépourvue de bouton central.

Neotrocholina cf. valdensis REICHEL est une forme à angle apical plus ouvert, la face orale présente des piliers de très grande taille.

	MENSURATIONS				face orale
	Diamètre	Hauteur	ang. apic.	Droite de croissance	Diamètre des piliers
<u>Neotrocholina aff. paucigranulata</u> <u>infragranulata</u>	230 à 340 μ	140 à 230 μ	80 à 90°	H=0,82D-49 μ	10 à 30 μ
<u>Neotrocholina aff. infragranulata</u>	340 à 560 μ	200 à 380 μ	80 à 90°	H=0,72D-6 μ	20 à 50 μ
<u>Neotrocholina cf. valdensis</u>	460 à 790 μ	280 à 470 μ	85 à 100°	H=0,52D+69 μ	25 à 775 μ

Tableau 20 : Caractéristiques principales des différentes espèces de Neotrocholines identifiées.

c) intérêt stratigraphique des Néotrocholines

Trois associations de Néotrocholines se succèdent (tableau 21) et correspondent respectivement aux unités A1, A2, B1 à C-D.

Unité A1 : base du Berriasien supérieur. Seule Neotrocholina aff. infragranulata paucigranulata est présent.

Unité A2 : Berriasien supérieur. Deux espèces de Néotrocholines sont visibles dans cette séquence : Neotrocholina aff. infragranulata paucigranulata et Neotrocholina aff. infragranulata.

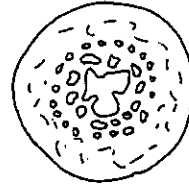
Unités supérieures B1, B2 et C-D : Berriasien terminal-Valanginien. La discontinuité Dil marque d'importants renouvellements des Néotrocholines. On note :

- la disparition de Neotrocholina aff. infragranulata paucigranulata,
- la raréfaction de Neotrocholina aff. infragranulata,
- l'apparition de Neotrocholina cf. valdensis.

Les neotrocholines présentent un intérêt chronostratigraphique certain et permettent de dater les séries du sommet du domaine pré littoral et de la plate-forme externe. Elles peuvent donc compléter les données fournies par les Trocholines pour les dépôts de plate-forme et les Gaudryina-Dorothia pour les sédiments plus externes.

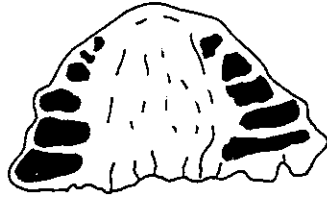


section subaxiale

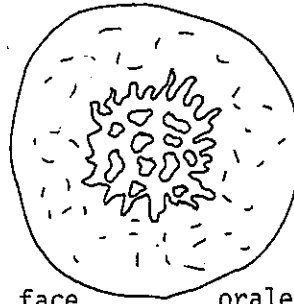


face orale

Neotrocholina aff. paucigranulata infragranulata



section subaxiale

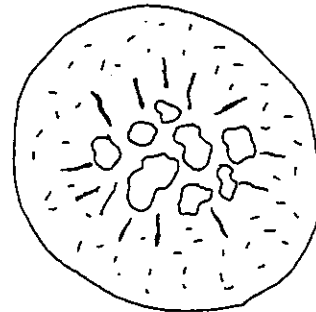


face orale

Neotrocholina aff. infragranulata



section subaxiale



face orale

Neotrocholina cf. valdensis

Figure 40 : Représentation schématique de sections subaxiales et de faces orales des différentes espèces de Neotrocholines.

ETAGES		DISCONTINUITES	<i>Neotrocholina</i> aff. <i>infragranulata</i> <i>paucigranulata</i>	<i>Neotrocholina</i> 466. <i>infragranulata</i>	<i>Neotrocholina</i> cf. <i>valdensis</i>
UNITES					
Haut.		Di4			
VAL.	C-D	Di2			
	B2	Di1'			
BERRIASIEN	B1	Di1			
	A2	Di0'			
	A1	Di0			
	mo. supérieur				

Tableau 21 : Répartition stratigraphique des différentes espèces observées du genre *Neotrocholina*.

2.5.2 - Tests multiloculaires trochospiraux de forme globuleuse :

famille POLYMPHINIDAE D'ORBIGNY 1839

Polymorphinidae gen. ind.
pl.6 fig.14-16

1983 *Polymorphinidae* gen. ind. - DARSAC : pl. 6, fig. 11-14.

D'après C. DARSAC (1983), les polymorphinidés présentent une assez grande diversité. Les types figurés par cet auteur sont de petite taille et présentent un test lisse et mince constitué par des loges globuleuses, partiellement enveloppantes, ces petits polymorphinidés ne s'observent qu'à proximité de la discontinuité majeure Di1 dans les séries de l'Ain et de la Savoie ainsi que dans la Chartreuse méridionale.

C. DARSAC (1983) signale aussi la présence d'autres formes de polymorphinidés à test plus épais, lisse ou costulé. Ces formes ont

également été observées dans nos séries, dans les dépôts pré-littoraux (familles de faciès A et B) du Berriasien supérieur (séquences A2 et B1).

2.5.3 - Tests multiloculaires unisériés dont la partie jeune est enroulée et la partie adulte parfois déroulée :

famille **NODOSARIIDAE** EHRENBERG 1838

genre Lenticulina LAMARCK 1804

Les lenticulines sont fréquentes dans les sédiments du domaine pré-littoral (familles de faciès A, B et D), rares dans les dépôts de la plate-forme externe (famille de faciès E) et absentes des sédiments de la plate-forme interne (familles de faciès F et G), elles s'observent dans toutes les unités.

B - PALEOECOLOGIE : tableaux 22, 23 et 24

Quatre grands domaines paléogéographiques peuvent être distingués sur les plates-formes et dans leur voisinage (ARNAUD-VANNEAU 1980 et DARSAC 1983) : le domaine pré-littoral, la plate-forme externe, la plate-forme interne et le domaine margino-littoral.

Chacun de ces domaines présente une microfaune caractéristique (tableau 25), dominée par :

- les petits foraminifères à test mince agglutiné dans le domaine pré-littoral,
- les grands foraminifères à test agglutiné complexe sur la plate-forme externe,
- les miliolidés sur la plate-forme interne,
- quelques espèces de miliolidés à test mince en milieu margino-littoral.

I - Peuplement en domaine pré-littoral :

En domaine pré-littoral s'observent trois milieux de dépôt correspondant à trois familles de faciès différentes:

Famille de faciès A : vases à spicules et calpionelles.

Famille de faciès B : vases sableuses et sables vaseux à échinodermes.

Famille de faciès D : sables fins à petits foraminifères et débris usés d'échinodermes.

Dans l'ensemble de ces milieux de dépôt, la microfaune est dominée par les petits foraminifères à test agglutiné mince, toutefois les autres formes sont également représentées (tableau 26).

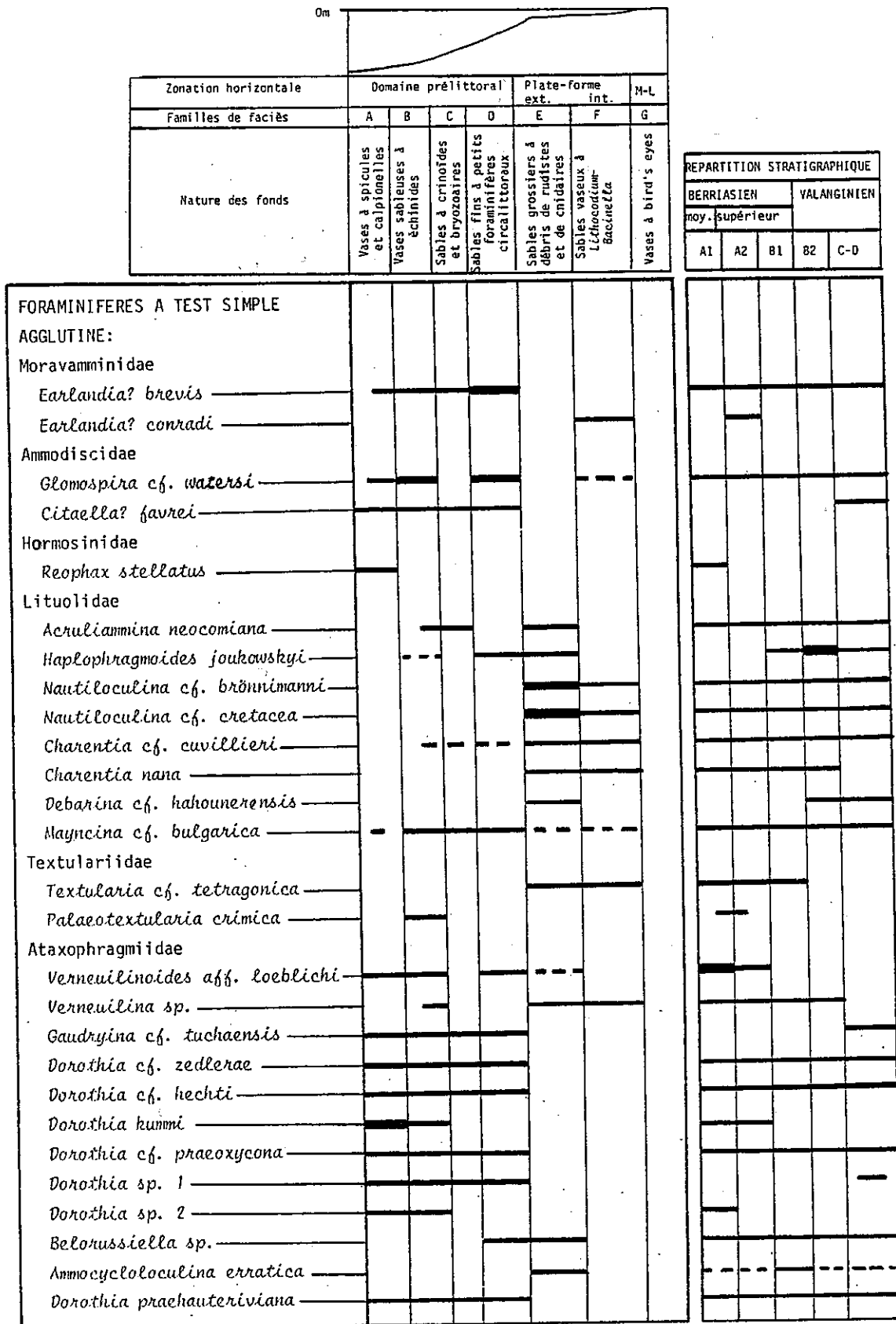


Tableau 22 : Répartitions stratigraphiques et paléoécologiques des foraminifères benthiques à test simple agglutiné.

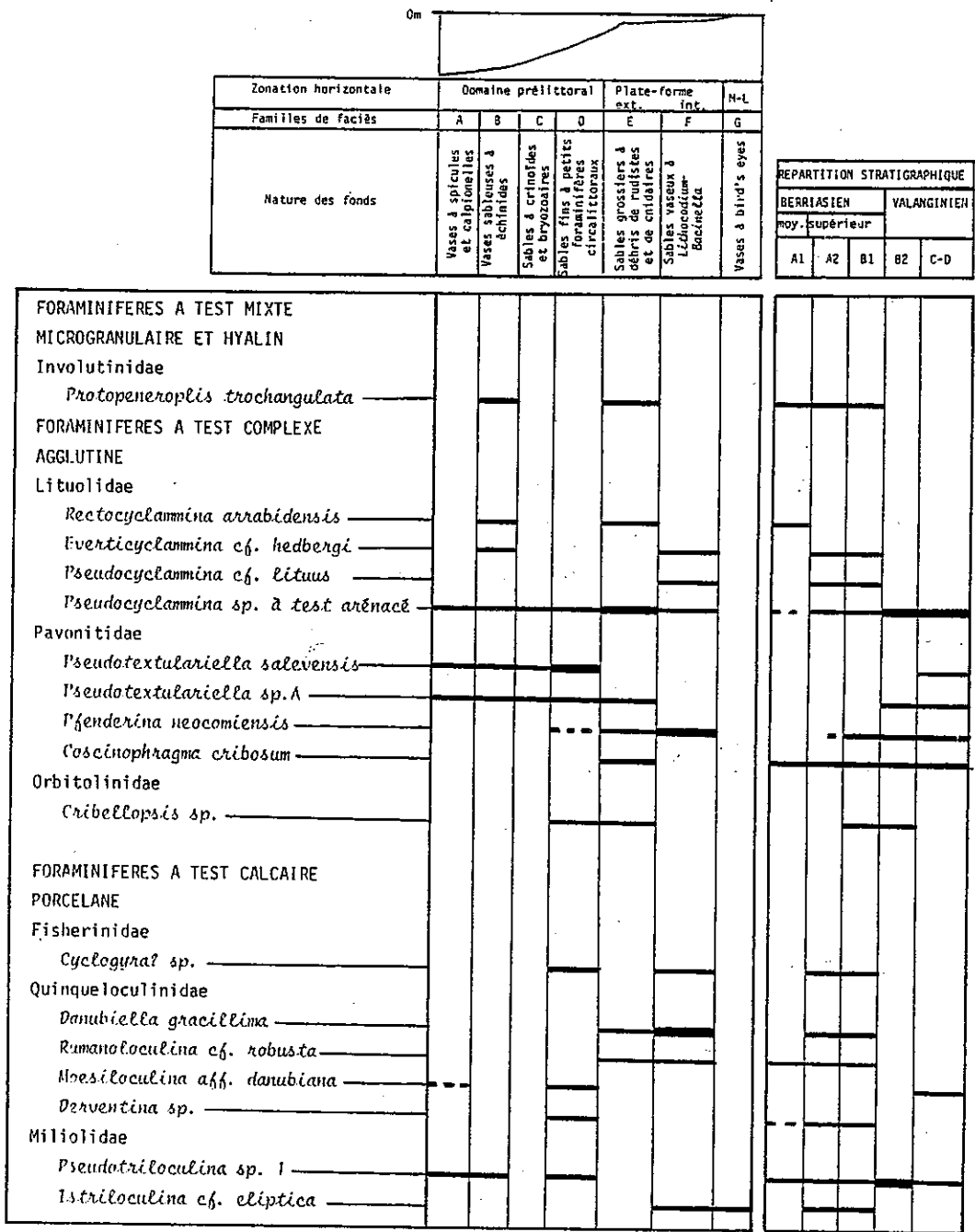


Tableau 23 : Répartitions stratigraphiques et paléoécologiques des foraminifères benthiques à test mixte microgranulaire et hyalin, à test complexe agglutiné, à test calcaire porcelané.

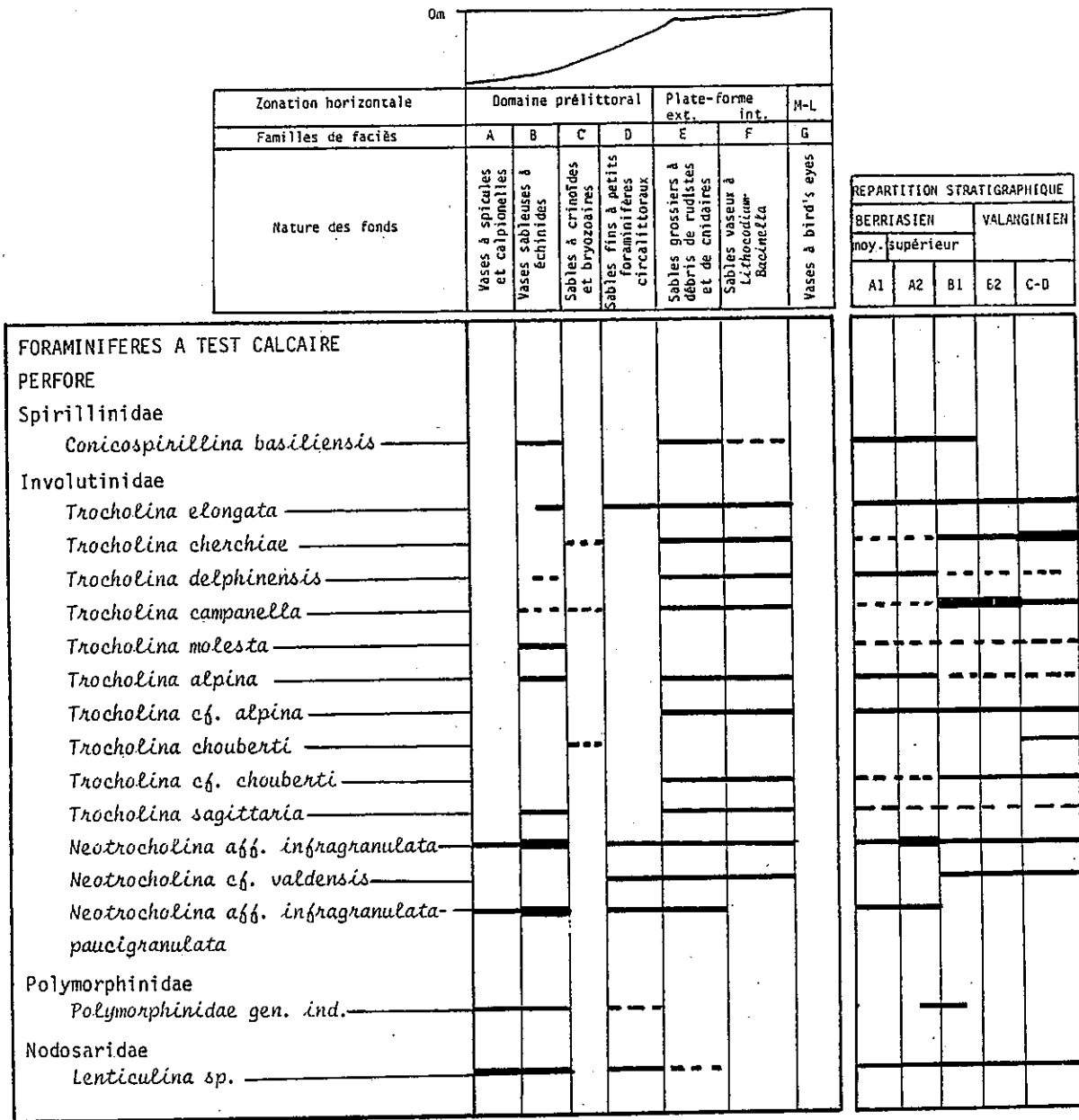


Tableau 24 : Répartitions stratigraphiques et paléoécologiques des foraminifères benthiques à test calcaire perforé.

Les foraminifères des vases à spicules et calpionelles (famille de faciès A) sont peu nombreux, les espèces observées sont peu diversifiées, il s'agit principalement de Verneuilinoïdes aff. loeblichii, Pseudotriloculina sp. 1, Neotrocholina aff. infragranulata paucigranulata, de lenticulines et de Gaudryina-Dorothia. Tous ces organismes sont également présents dans les autres types de sédiments pré littoraux (familles de faciès B et D).

Les vases sableuses et les sables vaseux à échinodermes (famille de faciès B) et les sables fins à petits foraminifères et débris usés d'échinodermes (famille de faciès D) ont une microfaune plus diversifiée. Ces deux milieux de dépôt sont des équivalents latéraux (voir chapitre Sédimentologie) mais présentent des différences notables dans la composition de leur microfaune, il est ainsi possible de distinguer des espèces communes aux deux milieux, et des formes caractéristiques de l'un ou l'autre de ces milieux.

Parmi les espèces communes on peut distinguer, d'une part les espèces présentant la même fréquence dans les deux milieux (Mayncina cf. bulgarica, Pseudotriloculina sp. 1, Verneuilinoïdes aff. loeblichii, Trocholina elongata, Conicospirulina basiliensis), d'autre part des espèces plus fréquentes dans un milieu que dans l'autre :

- Neotrocholina aff. infragranulata paucigranulata, Neotrocholina aff. infragranulata, et les lenticulines pour les faciès de la famille B.
- Earlandia? brevis, Glomospira watersi, Haplophragmoïdes joukowskyi et les espèces du groupe Gaudryina-Dorothia pour faciès de la famille D.

Les espèces présentes que dans l'un des milieux de dépôt sont:

- Protopeneroplis trochangulata, Rectocyclamina arrabidensis, Everticyclamina cf. hedbergi, Trocholina alpina et Trocholina sagittaria pour la famille de faciès B.
- Cyclogyra? sp., Derventina sp. et Neotrocholina cf. valdensis pour la famille de faciès D.

En conclusion, chacune des trois familles de faciès du domaine pré littoral montre des caractéristiques micropaléontologiques propres :

Les vases à spicules et calpionelles sont pauvres en microfaune, tant en espèces qu'en individus et présentent principalement des formes de petite taille à test mince agglutiné.

Les vases sableuses et les sables vaseux à débris d'échinodermes montrent, en plus des formes précédentes, d'assez nombreuses espèces à test complexe agglutiné ou calcaire perforé.

Les sables fins à petits débris usés d'échinodermes sont riches en petits foraminifères à test mince agglutiné ou calcaire porcelané, mais montrent peu d'espèces à test calcaire perforé.

Zonation horizontale	Domaine pré-littoral			Plate-forme			Domaine margino-littoral	TOTAL
				ennoyée	externe	interne		
Familles de faciès	A	B	D	C	E	F	G	
Nature du test								
Test agglutiné simple	13	18	14	11	13	9	0	27
Test agglutiné complexe	3	6	5	3	7	4	0	10
Test calcaire porcelané	2	1	4	0	2	4	1	7
Test calcaire perforé	4	11	6	3	13	11	0	16
Nombre total d'espèces	22	36	29	27	35	28	1	60

Tableau 25 : Répartition des foraminifères benthiques dans les différents milieux de dépôt, en fonction de la nature du test.

2 - Peuplements de la plate-forme externe :

Les sables à gros éléments classés, débris de rudistes et de cnidaires (famille de faciès E) qui sont sédimentés sur la plate-forme externe sont très riches en microfaune benthique.

Les foraminifères à test simple agglutiné sont présents, mais les espèces de petite taille qui caractérisent le domaine pré-littoral sont très peu représentées. On note par contre l'abondance des Lituolidés (*Acruliammina neocomiana*, *Haplophragmoïdes joukowskyi*, *Nautiloculina cf. bronnimanni*, *Nautiloculina cf. cretacea*, *Charentia cf. cuvillieri*, *Charentia nana*, *Debarina cf. hahounerensis*) et de certains Ataxophragmoïdés (*Verneuilina sp.*, *Belorussiella sp.*, *Ammocycloloculina erratica*).

Les foraminifères à test complexe agglutiné sont également bien représentés, particulièrement : *Protopeneroplis trochangulata*, *Rectocyclammina arrabidensis*, *Pseudocyclammina sp.* à test arénacé, *Pseudotextulariella sp. A*, *Pfenderina neocomiensis*, *Coscinophragma cribrosum* et *Cribellopsis sp.*.

Les foraminifères à test calcaire porcelané ne sont représentés que par deux espèces : *Danubiella gracillima* et *Rumanoloculina cf. robusta*.

Les foraminifères à test calcaire perforé sont les plus abondants, particulièrement les espèces appartenant au genre *Trocholina*, ainsi que *Conicospirillina basiliensis*, *Neotrocholina aff. infragranulata* et *Neotrocholina cf. valdensis*.

La plate-forme externe présente donc une microfaune diversifiée, dominée par les formes de grande taille à test épais.

Familles de faciès	A	B	D
Nature des fonds	Vases sableuses à spicules et calpionelles	Vases sableuses et sables vaseux à échinodermes	Sables fins à petits foraminifères et débris usés d'échinodermes
Foraminifères à test simple agglutiné			
<i>Earlandia? brevis</i> —	-----		-----
<i>Glomospira cf. watersi</i> —	-----		-----
<i>Haplophragmoides joukowskyi</i> —		-----	-----
<i>Mayncina cf. bulgarica</i> —			
<i>Verneuilinoides aff. loeblichii</i> —			
<i>Gaudryina-Dorothia</i> —			
Foraminifères à test complexe agglutiné			
<i>Protopenneroplis trochangulata</i> —			
<i>Rectocyclammina arrabidensis</i> —			
<i>Everticyclammina cf. hedbergi</i> —			
Foraminifères à test calcaire porcelané			
<i>Cyclogyra? sp.</i> —			
<i>Derventina sp.</i> —			
<i>Pseudotriloculina sp. 1</i> —			
Foraminifères à test calcaire perforé			
<i>Conicospirillina basiliensis</i> —			
<i>Trocholina elongata</i> —			
<i>Trocholina alpina</i> —			
<i>Trocholina sagittaria</i> —			
<i>Neotrocholina aff. infragran.</i> —			
<i>N. aff. infragrahulata- paucigranulata</i> —			
<i>Neotrocholina cf. valdensis</i> —			
<i>Lenticulina sp.</i> —			

Tableau 26 : Principales caractéristiques de la microfaune pré-littorale.

3 - Peuplements de la plate-forme interne :

Dans la région étudiée, les sédiments de la plate-forme interne correspondent à la famille de faciès F. D'après C. DARSAC et A. ARNAUD-VANNEAU (1984), la plate-forme interne présente deux grands domaines aux caractéristiques micropaléontologiques contrastées : la partie externe du domaine interne à microfaune très riche et la partie interne à microfaune appauvrie et oncolites.

Dans le Berriasien-Valanginien subalpin que nous avons étudié, seuls les dépôts les plus internes à oncoïdes sont bien représentés (faciès F2 et F3), les dépôts externes de la plate-forme interne (faciès F1) sont peu nombreux.

La microfaune observée dans les sédiments à oncoïdes et lamines de *Lithocodium-Bacinella* est pauvre et se limite à :

- 9 espèces de foraminifères à test agglutiné simple : Earlandia? conradi, Glomospira cf. watersi, Nautiloculina cf. bronnimanni, Nautiloculina cf. cretacea, Charentia cf. cuvillieri, Charentia nana, Mayncina cf. bulgarica, Textularia cf. tetragonica et Verneuilina sp.
- 4 espèces de foraminifères à test calcaire porcelané : Cyclogyra sp., Danubiella gracillima, Rumanoloculina cf. robusta et Istriloculina cf. eliptica.
- 11 espèces de foraminifères à test calcaire perforé : Conicospirillina basiliensis, huit espèces de Trocholines et deux espèces de Néotrocholines.

La microfaune observée dans les sédiments de la plate-forme interne est dominée par les foraminifères à test calcaire porcelané, les autres groupes sont présents mais beaucoup moins riches en individus et en espèces que dans les sables de la plate-forme externe. La partie externe de la plate-forme interne, qui constitue théoriquement le milieu le plus riche de tous en microfaune, est très peu développée. Par contre, les sédiments de ce type de milieu sont bien représentés plus au Nord en domaine jurassien. C. DARSAC signale dans ces milieux douze espèces du Berriasien-Valanginien qui n'ont jamais été observées dans les séries subalpines méridionales : Verneuilina cf. polonica, Arenobulimina corniculum, Dobrogelina? ovidi, Melatrokerion valserinensis, Feurtillia frequens, Pseudotextulariella courtionensis, Valdanchella sp., Orbitolinidae sp., Keramosphera allobrogensis, Choffatella pyrenaica, Eclusia moutyi et Hechtina praentiqua.

4 - Peuplements du domaine margino-littoral :

Les vases à bird's eyes (famille de faciès G) sont très pauvres en microfaune du fait des anomalies physico-chimiques de ces milieux (salinité, température, oxygénation...), une seule espèce est assez bien représentée : Istriloculina eliptica.

5 - Peuplements des sables grossiers à débris de bryozoaires et d'échinodermes de la plate-forme submergée :

Ces dépôts constituent la famille de faciès C, ils présentent une microfaune très appauvrie, intermédiaire entre les peuplements de la plate-forme externe et du domaine pré-littoral. Lorsque le faciès est envasé, les petits foraminifères circalittoraux à test mince sont présents (Earlandia? brevis, Citaella? favrei, Pseudotextulariella salevensis, Pseudotextulariella sp. A et des Gaudryina-Dorothia), lorsqu'il est dévasé, ce qui est le cas le plus fréquent, seuls quelques grands foraminifères sont présents (Acruliammina neocomiana, Pseudocyclamina sp. à test arénacé et quelques Trocholines).

6 - Principaux facteurs agissant sur la microfaune :

La répartition très contrastée de la microfaune benthique en fonction des milieux de dépôt, peut s'expliquer par l'action de plusieurs facteurs déterminants :

- La luminosité, qui permet de différencier les espèces circalittorales et infralittorales;
- La salinité et l'oxygénation, facteurs physico-chimiques du milieu les plus importants, qui expliqueraient l'appauvrissement des microfaunes de la plate-forme interne et du domaine margino-littoral.
- La nature du substrat, qui conditionne le développement d'espèces sablicoles ou fixées sur les substrats durs, ou vasicoles à test généralement mince.
- La présence de matériel terrigène, qui favorise le développement des formes à test agglutiné très arénacé (Coscinophragma et Pseudocyclamina).

La rareté des foraminifères dans les sédiments de la plate-forme submergée pourrait s'expliquer par des modifications physico-chimiques importantes des eaux (température, salinité, ...) et la concurrence de certains métazoaires abondants dans ce contexte (crinoïdes et bryozoaires).

C - VARIATIONS VERTICALES DE FREQUENCE DE DIFFERENTS GROUPES DE FORAMINIFERES :

Nous avons défini au début de ce chapitre une méthode quantitative d'analyse de la répartition de la microfaune (paragraphe A-1) qui distingue sept groupes de faciès comprenant tout ou partie des faciès autochtones de chaque famille de faciès, ces différents groupes sont :

- 1 - Les faciès A1, A2, A3 et A4 : biopelmicrites à calpionelles et spicules.
- 2 - Le faciès B1 : biopelmicrites à petits débris d'échinides.
- 3 - Les faciès B2, B3 et B4 : biopelmicrites et biopelsparites à petits foraminifères circalittoraux et débris d'échinodermes et de bryozoaires
- 4 - Les faciès D1 et D2 : Biopelmicrites et biopelsparites à petits débris usés et classés d'échinodermes et petits foraminifères circalittoraux.
- 5 - Les faciès E1, E2 et E3 : biosparites à gros éléments classés et débris usés de rudistes et de cnidaires.
- 6 - Le faciès E4 : biosparites et biomicrites à cnidaires et rudistes en position de vie.
- 7 - Les faciès F1, F2 et F3 : biomicrites et biosparites à microfaune appauvrie et Lithocodium-Bacinella.

Parmi ces groupes, les plus représentés dans les dépôts de plate-forme non submergée sont ceux du sommet du domaine pré-littoral et de la plate-forme externe (3, 4 et 5), qui au sein des unités A1, A2 et B1-B2 sont présents dans un nombre de lames suffisant pour ébaucher une étude statistique. Nous nous intéresserons à deux groupes bien représentés et aisément identifiables : les foraminifères à test arénacé et les Trocholines.

1 - Les foraminifères à test arénacé :

L'essentiel des foraminifères à test arénacé est constitué par les représentants de deux espèces : Coscinophragma cribrosum et Pseudocyclamina sp. à test arénacé. Pour l'une et l'autre de ces espèces, on constate que le nombre d'individus observés par groupe de faciès s'accroît de bas en haut de la série (figures 41 et 42), l'unité A1 étant pratiquement dépourvue de ces formes. La fréquence du quartz dans les dépôts varie de façon analogue, c'est-à-dire que l'on observe pratiquement pas de quartz d'origine détritique dans l'unité A1, mais que dans les unités supérieures l'abondance du quartz augmente progressivement (cf. chapitre Sédimentologie).

Il semble donc exister une relation directe entre le nombre des foraminifères à test agglutiné arénacé et l'abondance du quartz dans les milieux de dépôt. L'influence des apports terrigènes est donc un facteur quantifiable sur les espèces à test arénacé.

2 - Les Trocholines :

Au Berriasien-Valanginien, le genre Trocholina est celui qui montre le plus de représentants dans les milieux de dépôt de la plate-forme externe. La figure 43 indique clairement que dans l'intervalle Di0-Di2 (Berriasien supérieur-Valanginien basal), les Trocholines sont en pleine expansion. C'est ainsi que le nombre moyen de Trocholines observées par lame dans les faciès de la plate-forme externe, passe progressivement de 4,1 (unité A1) à 5,6 (unité A2) puis à 7,5 (unités B1 et B2).

3 - Conclusion :

L'étude statistique sommaire entreprise pour les dépôts de plate-forme externe, permet de mettre en évidence des variations progressives des peuplements de foraminifères :

- Le nombre de foraminifères à test agglutiné arénacé s'accroît progressivement de bas en haut de la série. Ce phénomène est à mettre en relation avec l'augmentation progressive de fréquence des grains de quartz détritiques dans les milieux. Ces foraminifères trouvant de plus en plus facilement du matériel nécessaire à la fabrication de leur test.
- Les Trocholines deviennent de plus en plus abondantes au cours du Berriasien supérieur et du Valanginien basal. Ce groupe montre donc un grand dynamisme, que confirme sa diversité spécifique qui s'accroît au cours du même intervalle.

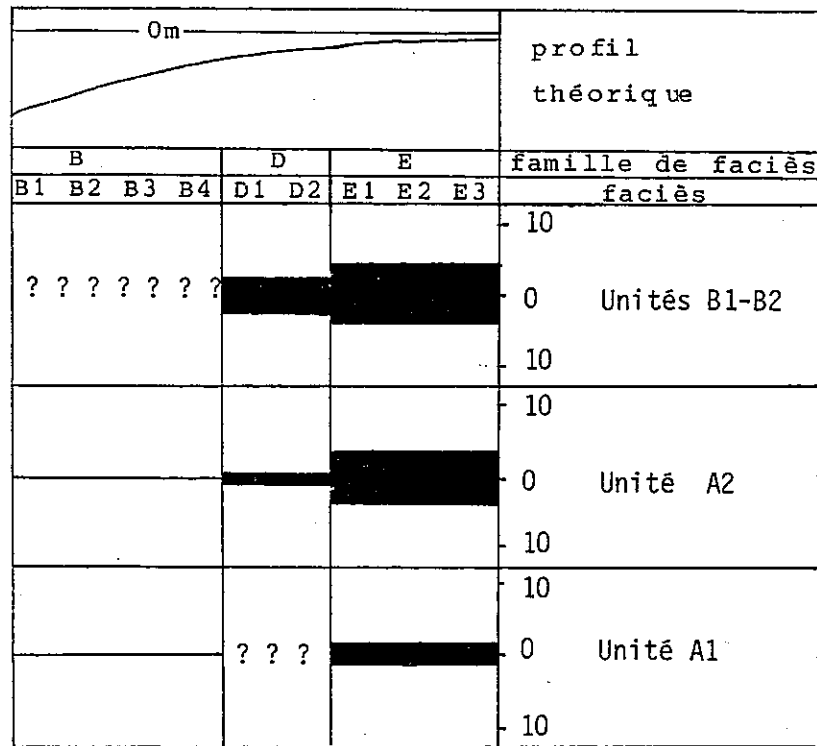


Figure 41 : Répartition stratigraphique des représentants de *Coscinophragma cribosum* dans les différentes unités valeurs exprimées en nombre de fossiles rapporté à 10 lames.

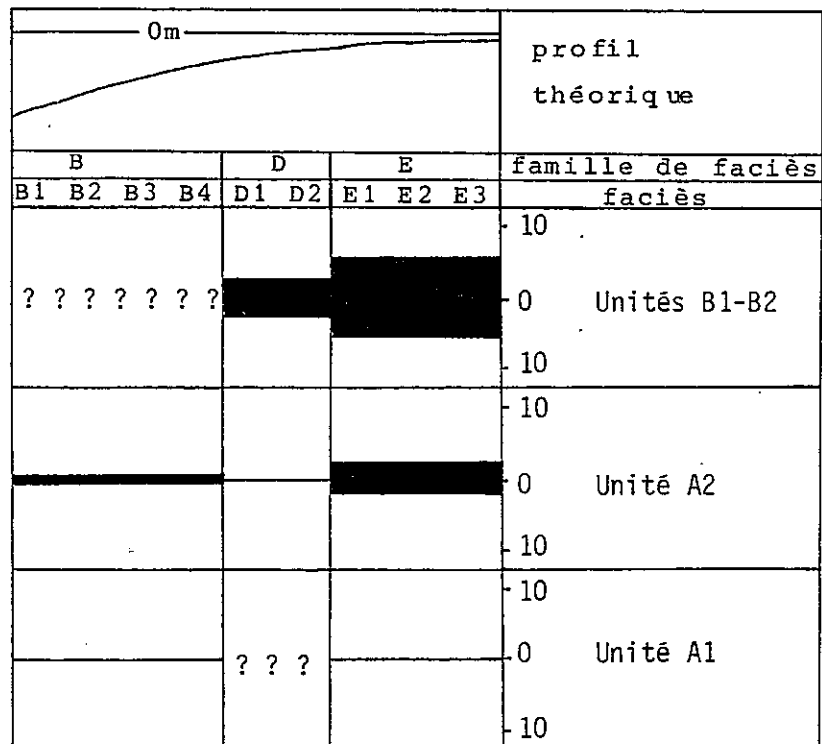


Figure 42 : Répartition stratigraphique des représentants de *Pseudocyclamina* sp. à test arénacé dans les différentes unités. Valeurs exprimées en nombre d'individus observés rapporté à 10 lames.

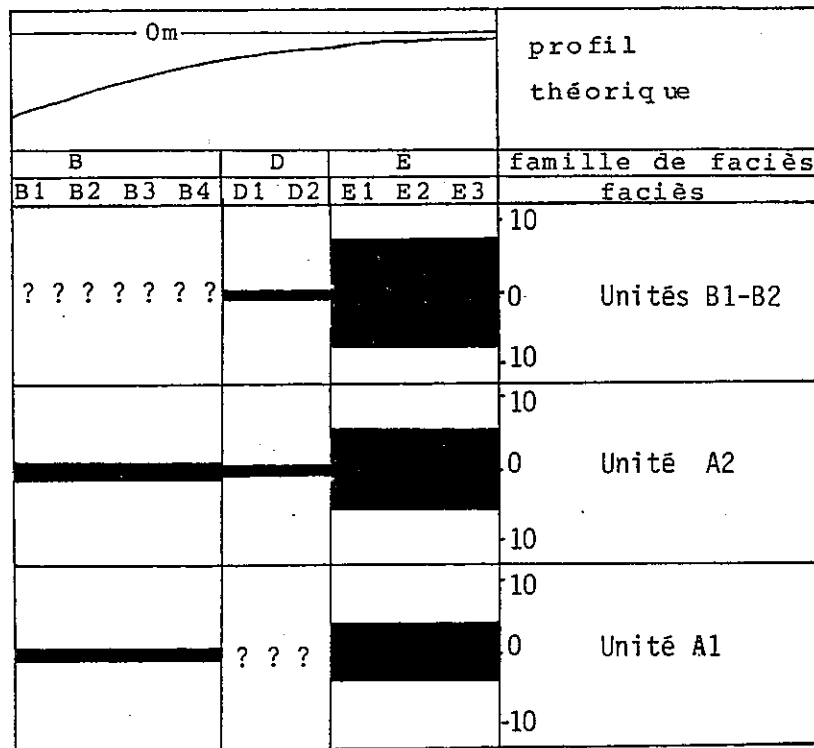


Figure 43 : Répartition stratigraphique des représentants du genre *Trocholina* dans les différentes unités.

Valeurs exprimées : nombre moyen de Trocholines par lames.

C - CONCLUSION :

A chaque famille de faciès identifiée dans le chapitre consacré à la sédimentologie, correspond un milieu de dépôt présentant une microfaune caractéristique :

- Les vases à spicules du bassin (famille de faciès A), ont une microfaune dominée par les espèces de petite taille à test mince agglutiné simple ou calcaire porcelané, pauvre tant en individus qu'en espèces.
- Les sables fins à petits débris usés d'échinodermes de la base du talus externe ont une microfaune plus riche, dominée également par les formes de petite taille à test mince (agglutiné simple ou calcaire porcelané) mais plus riches en individus et en espèces, et présentant de plus d'assez nombreuse formes à test calcaire perforé.
- Les sables fins à petits débris usés d'échinodermes (famille de faciès D) du talus externe, sont caractérisés par une microfaune dominée également par les formes à test mince, moins variée que dans le milieu précédent, mais plus riche en individus.

- Les sables grossiers à débris de rudistes et de cnidaires (famille de faciès E), déposés sur la plate-forme externe, sont très riches en microfaune. Les espèces à test épais sont les mieux représentées, principalement les formes à test agglutiné complexe ou calcaire perforé, les formes fixées sont également fréquentes dans ces milieux.
- Les sables vaseux et les vases sableuses à oncoïdes et lamines de Lithocodium-Bacinella de la plate-forme interne (famille de faciès F), montrent une microfaune globalement appauvrie par rapport au milieu précédent, mais plus riche en espèces à test calcaire porcelané.
- Les vases à bird's eyes du domaine margino-littoral (famille de faciès G) sont très pauvres en microfaune benthique, seule l'espèce Istriloculina cf. elliptica est bien représentée.
- Les sables à gros débris de bryozoaires et de crinoïdes observés dans le contexte des plates-formes submergées (famille de faciès C), sont très pauvres en microfaune. Ce type de milieu présente un peuplement intermédiaire entre celui du domaine pré-littoral (petits foraminifères à test mince) et celui de la plate-forme externe (grands foraminifères à test épais), les formes fixées sont fréquentes.

Les milieux de dépôt définis à partir de critères sédimentologiques peuvent également être identifiés en se basant sur la microfaune. Les principaux facteurs responsables de l'individualisation de ces biotopes sont : la luminosité, la salinité, l'hydrodynamisme et les apports détritiques.

La plate-forme carbonatée du Berriasien-Valanginien est submergée au cours du Valanginien inférieur. Après la sédimentation marneuse de bassin de l'Hauterivien, une nouvelle plate-forme carbonatée se met en place dans la zone étudiée au Barrémien-Bédoulien (plate-forme urgonienne). Les milieux de dépôt de cette plate-forme sont très proches de ceux observés au Berriasien-Valanginien, toutefois la microfaune montre d'assez grandes différences :

- Le nombre total d'espèces de foraminifères identifiées au Berriasien-Valanginien est de 72 (en tenant compte des données fournies par C. DARSAC 1983), il est de 213 pour le Barrémien-Bédoulien, soit trois fois supérieur. Cette étude confirme donc les observations de A. ARNAUD-VANNEAU et C. DARSAC (1984) et A. ARNAUD-VANNEAU (1986).
- Parmi les 72 espèces du Berriasien-Valanginien, seules 23 (32%) s'observent encore au Barrémien-Bédoulien sans modifications apparentes, 32 (44%) disparaissent sans laisser de descendance identifiable (dont 7 espèces de Trocholines) et 17 (24%) s'observent encore sur la plate-forme urgonienne, mais ces faunes plus jeunes sont toujours

de plus grande taille et présentent souvent une structure du test un peu plus complexe.

- Le genre Trocholina est le mieux représenté dans les dépôts de la plate-forme du Berriasien-Valanginien. Les Trocholines déjà très abondantes au Berriasien moyen voient leur fréquence et leur diversité spécifique (10 espèces au total) s'accroître au cours du Berriasien supérieur et du Valanginien basal. Au Barrémien-Bédoulien, les Trocholines ne sont plus représentées que par trois espèces, au demeurant très rarement observées. Sur la plate-forme urgonienne, ce sont les Orbitolinidés qui constituent le groupe dominant et ont de ce fait supplanté les Trocholines.

Foraminifères à test simple agglutiné
(et Incertae cedis)

- Fig. 1 et 2 Earlandia? brevis ARNAUD-VANNEAU 1980
1) Section axiale passant par le proloculus (x100). A 674, Le Guiers mort - Valanginien (C-D).
2) Section longitudinale (x100). A 606, le Guiers mort -Valanginien (C-D).
- Fig. 3 Earlandia? conradi ARNAUD-VANNEAU 1980
3) Section longitudinale (x100). AP 264, la Pointière -Berriasien supérieur (A2).
- Fig. 4 Glomospira watersi LOEBLICH 1946
4) Section transversale (x100). A 577, le Guiers mort -Berriasien terminal (B2).
- Fig. 5 Citaella? favrei CHAROLLAIS, BRONNIMANN, ZANINETTI 1966
5) Section transversale (x100). A 686, le Guiers mort -Valanginien basal (C-D).
- Fig. 6 et 7 Reophax stellatus NEAGU 1975
6) Section transverse (x50). A 295, le Guiers mort -Berriasien supérieur (A1).
7) Section longitudinale (x50). A 295, le Guiers mort -Berriasien supérieur (A1).
- Fig. 8 Haplophragmoïdes joukowskyi CUSHMAN 1910
8) Section transverse subéquatoriale (x100). A 480, le Guiers mort - Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 9 Acruliammina neocomiana BARTENSTEIN 1962
9) Section longitudinale d'une Acruliammina fixée sur une coquille (x50). AC 6, Curière -Berriasien moyen (A1).
- Fig. 10 Nautiloculina cf. cretacea PEYBERNES 1976
10) Section transverse subéquatoriale (x50). AP 292, la Pointière - Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 11 Nautiloculina cf. brönnimanni ARNAUD-VANNEAU, PEYBERNES 1976
11) Section subaxiale (x50). AP 138, la Pointière -Berriasien supérieur (A1).
- Fig. 12-13 Charentia cf. cuvillieri NEUMANN 1965
12) Section transverse subéquatoriale (x50). AP 292, la Pointière - Berriasien supérieur (B1).
13) Section transverse subéquatoriale (x50). AC 37, Curière - Berriasien supérieur (A1).
- Fig. 14 Charentia nana ARNAUD-VANNEAU 1980
14) Section transverse subéquatoriale (x100). AP 298, la Pointière - Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 15-16 Mayncina cf. bulgarica LAUG, PEYBERNES, REY 1980
15) Section transverse subéquatoriale d'une forme micro-sphérique (x100). AP 184, la Pointière -Berriasien supérieur (A2).
16) Section transverse subéquatoriale d'une forme macro-sphérique (x100). AC 67, Curière -Berriasien supérieur (A1).
- Fig. 17-18 Debarina cf. hahounerensis FOURCADE, RAOULT, VILA 1972
17) Section transverse subéquatoriale (x100). A 608, le Guiers mort - Valanginien basal (B2).
18) Section transverse subéquatoriale (x100). A 607, le Guiers mort - Valanginien basal (B2).
- Fig. 19 Incertae cedis sp. A
19) Section transverse (x50). AL 197, l'Echaillon -Berriasien supérieur (A2).

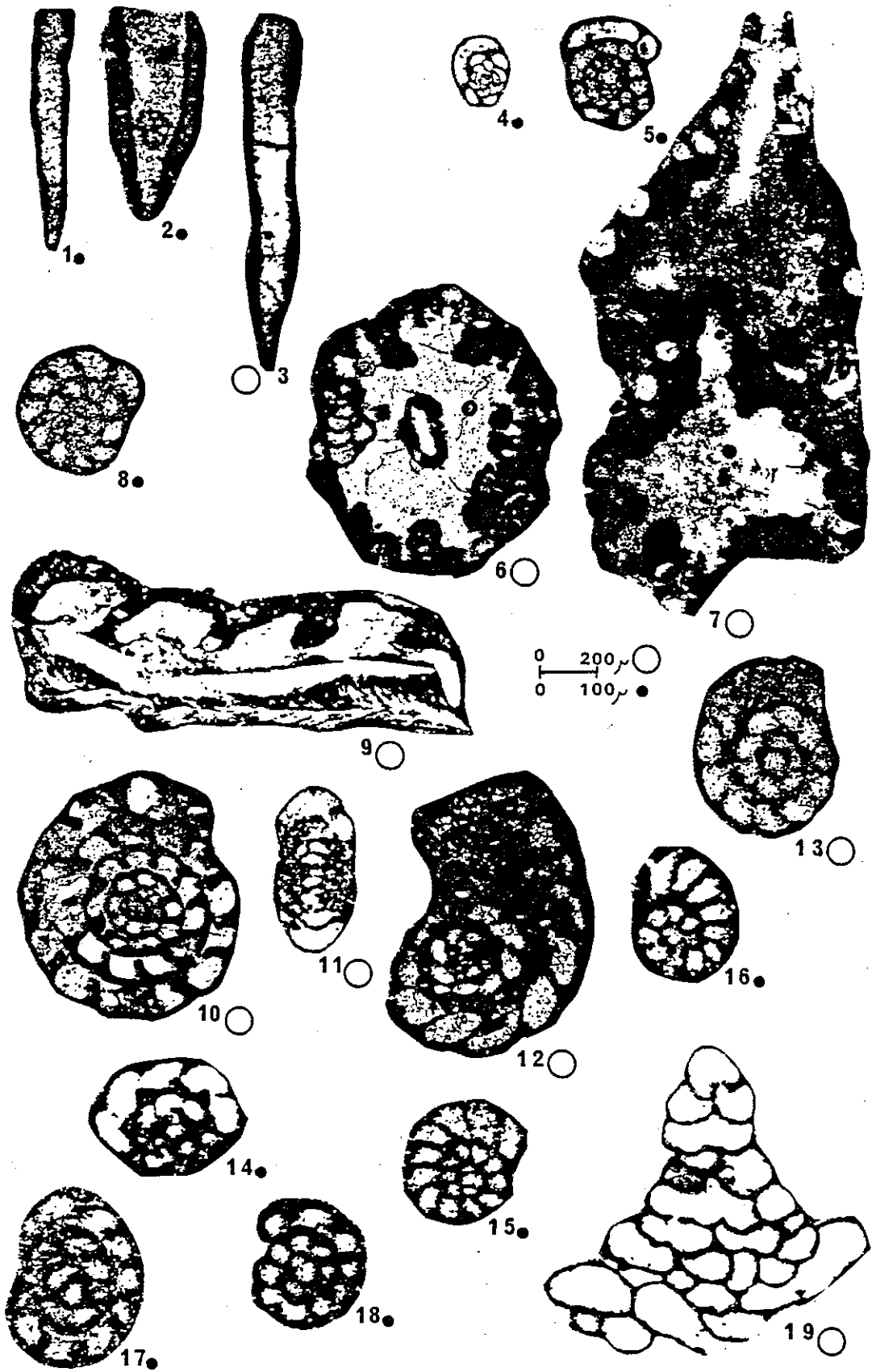
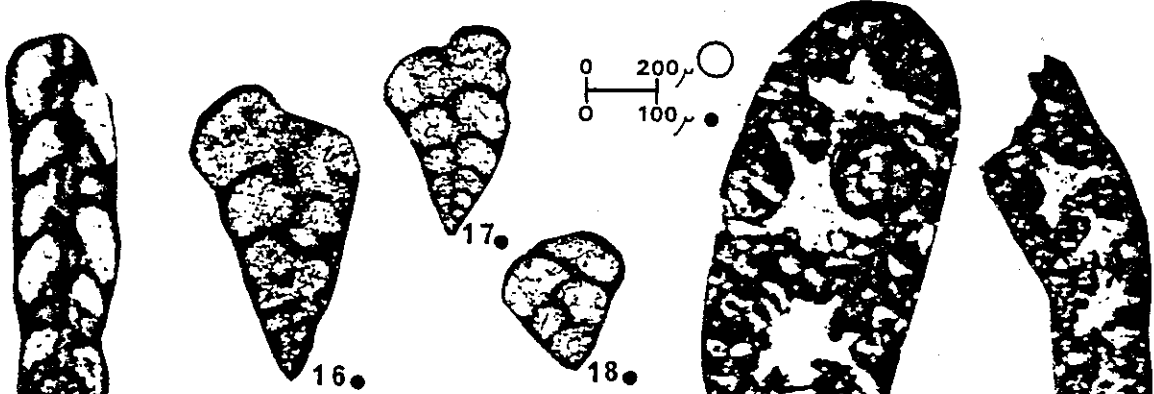
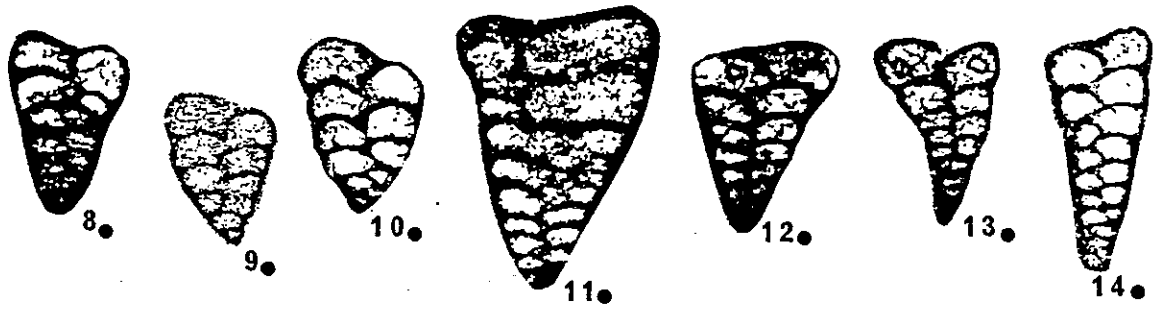


PLANCHE II

Foraminifères à test simple agglutiné

- Fig. 1 et 2 Gaudryina cf. tuchaensis ANTONOVA
 1) Section subaxiale d'une grande forme (x100). A 660, le Guiers mort-Valanginien (C-D)
 2) Section axiale d'une petite forme montrant le proloculus (x100). A 651, le Guiers mort - Valanginien (C-D).
- Fig. 3 et 4 Dorothia kummi (ZEDLER)
 3) Section subaxiale (x100). AL 63, l'Echailon - Berriasien supérieur (A1).
 4) Section subaxiale (x100). A 248, le Guiers mort - Berriasien moyen (A1).
- Fig. 5 Dorothia cf. praeoxycona MOULLADE
 5) Section subaxiale (x100). AL 334, l'Echailon - Valanginien (C-D).
- Fig. 6 et 7 Dorothia cf. praehauteriviana DIENI, MASSARI
 6) Section subaxiale (x100). A 527, le Guiers mort - Valanginien basal (B2).
 7) Section subaxiale (x100). A 690, le Guiers mort - Valanginien (C-D).
- Fig. 8-10 Dorothia cf. praeoxycona MOULLADE
 8) Section subaxiale (x100). AC 7, Curière - Berriasien moyen (A1).
 9) Section subaxiale (x100). A 641, le Guiers mort - Valanginien (C-D).
 10) Section subaxiale (x100). AC 27, Curière - Berriasien moyen (A1).
- Fig. 11-12 Dorothia cf. hechti DIENI, MASSARI
 11) Section subaxiale (x100). AL 135, l'Echailon - Berriasien supérieur (A2).
 12) Section subaxiale (x100). AL 222, l'Echailon - Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 13 Dorothia sp. 1
 13) Section subaxiale (x100). A 660, le Guiers mort - Valanginien (C-D).
- Fig. 14 Dorothia sp. 2
 14) Section subaxiale (x100). AL 135, l'Echailon - Berriasien supérieur (A1).
- Fig. 15 Belorussiella sp. in DARSAC
 15) Section subaxiale (x100). AP 12, la Pointière - Berriasien moyen (A1).
- Fig. 16-18 Verneuilinoïdes aff. loeblichii SAID, BARAKAT
 16) Section subaxiale (x100). AC 30, Curière - Berriasien supérieur (A1).
 17) Section subaxiale (x100). AC 30, Curière - Berriasien supérieur (A1).
 18) Section subaxiale (x100). AC 2, Curière - Berriasien moyen (A1).
- Fig. 19-20 Palaeotextularia crimica GORBATCHIK
 19) Section longitudinale (x100). AL 63, l'Echailon - Berriasien supérieur (A1).
 20) Section longitudinale (x100). AL 63, l'Echailon - Berriasien supérieur (A1).
- Fig. 21 Textularia cf. tetragonica ARNAUD-VANNEAU
 21) Section longitudinale (x100). AL 224, l'Echailon - Berriasien supérieur (A2).
- Fig. 22 Verneuilina sp.
 22) Section subaxiale (x100). AP 284, la Pointière - Berriasien supérieur (A2).
- Fig. 23-24 Amnocycoloculina erratica (JOUKOWSKY, FAVRE)
 23) Section longitudinale (x50). A 477, le Guiers mort-Berriasien supérieur (B1).
 24) Section longitudinale (x25). A 476, le Guiers mort-Berriasien supérieur (B1).



0 200 μ \circ
0 100 μ \bullet



0 400 μ \square

PLANCHE IIIForaminifères à test mixte microgranulaire et hyalin
Foraminifères à test complexe agglutiné

- Fig. 1 à 4 Protopenelopis trochangulata SEPTFONTAINE
 1) Section subéquatoriale (x100). A 354, le Guiers mort-Berriasien supérieur (A2).
 2) Section subaxiale (x100). AL 1, l'Echaillon - Tithonique-Berriasien inférieur.
 3) Section subaxiale (x100). A 354, le Guiers mort - Berriasien supérieur (A2).
 4) Section subaxiale (x100). A 349, le Guiers mort - Berriasien supérieur (A2).
- Fig. 5 Rectocyclammina arrabidensis RAMALHO
 5) Section longitudinale (x50). AP 112, la Pointière - Berriasien supérieur (A1).
- Fig. 6 Everticyclammina cf. hedbergi (MAYNC)
 6) Section longitudinale (x50). A 508, le Guiers mort - Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 7 Pseudocyclammina sp. à test arénacé in DARSAC
 7) Section longitudinale (50). A 467, le Guiers mort - Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 8-9 Pseudocyclammina cf. lituus (YOKOHAMA)
 8) Section équatoriale (x25). A 423, le Guiers mort - Berriasien supérieur (B1).
 9) Section équatoriale (x50). AP 256, la Pointière - Berriasien supérieur (A2).

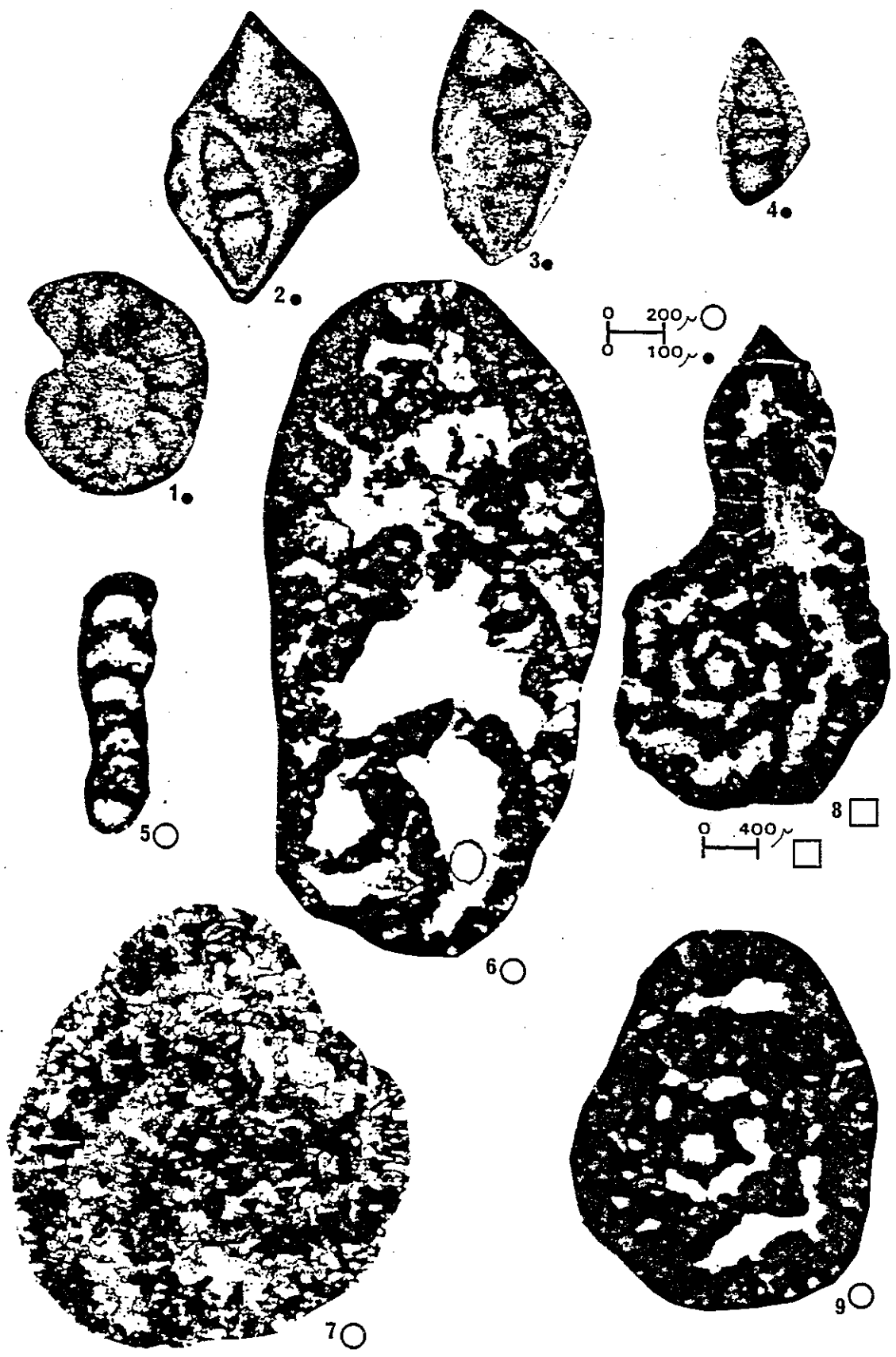


PLANCHE IVForaminifères à test complexe agglutiné
Foraminifères à test calcaire porcelané

- Fig. 1 Istriloculina cf. elliptica (IORCHEVA)
1) Section transverse oblique (x100). AP 347, la Pointière Berriasien supérieur (A2).
- Fig. 2 Decussoloculina sp.
2) Section transverse (x100). A 483, le Guiers mort Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 3 Moesiloculina aff. danubiana (NEAGU)
2) Section transverse (x100). A 649, le Guiers mort - Valanginien (C-D).
- Fig. 4 Pseudotriloculina sp. 1 ARNAUD-VANNEAU
2) Section transverse (x100). A 214, le Guiers mort - Berriasien moyen .
- Fig. 5 et 6 Cyclogyra sp. WOOD
5) Section subéquatoriale (x100). A 374, le Guiers mort-Berriasien supérieur (A2).
6) Section subaxiale (x100). AP 326, la Pointière - Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 7 à 9 Danubiella gracillima (NEAGU)
7) Section transverse oblique (x100). AP 343 , la Pointière-Berriasien supérieur (A2)
8) Section transverse (x100). A 504, le Guiers mort - Berriasien supérieur (B1).
9) Section longitudinale (x100). AP 324, la Pointière -Berriasien supérieur (A2).
- Fig. 10 Rumanoloculina cf. robusta (NEAGU)
10) Section transverse (x100). A 618, le Guiers mort - Valanginien basal (B2).
- Fig. 11 Cribellopsis sp. in DARSAC
11) Section subaxiale (x50). AL 213.1, l'Echaillon - Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 12-13 Pseudotextulariella salevensis CHAROLLAIS, BRONNIMANN, ZANINETTI 1966
12) Section subaxiale (x100). AL 334, l'Echaillon - Valanginien (C-D).
13) Section subaxiale (x100). AL 301, l'Echaillon - Valanginien (C-D).
- Fig. 14 Pseudotextulariella sp.
14) Section subaxiale (x100). A 627, le Guiers mort - Valanginien (C-D).
- Fig. 15-16 Pfenderina neocomiensis (PFENDER)
15) Section transverse (x50). AP 310, la Pointière - Berriasien supérieur (B1).
16) Section transverse de la face ventrale (x50). AL 188 , l'Echaillon supérieur (A2)
- Fig. 17-19 Coscinophragma cribrosum (REUSS)
17) Section longitudinale (x25). A 245, le Guiers mort - Berriasien moyen.
18) Section transverse (x25). A 503, le Guiers mort - Berriasien supérieur (B1).
19) Section transverse (x25). A 472, le Guiers mort - Berriasien supérieur (B1).

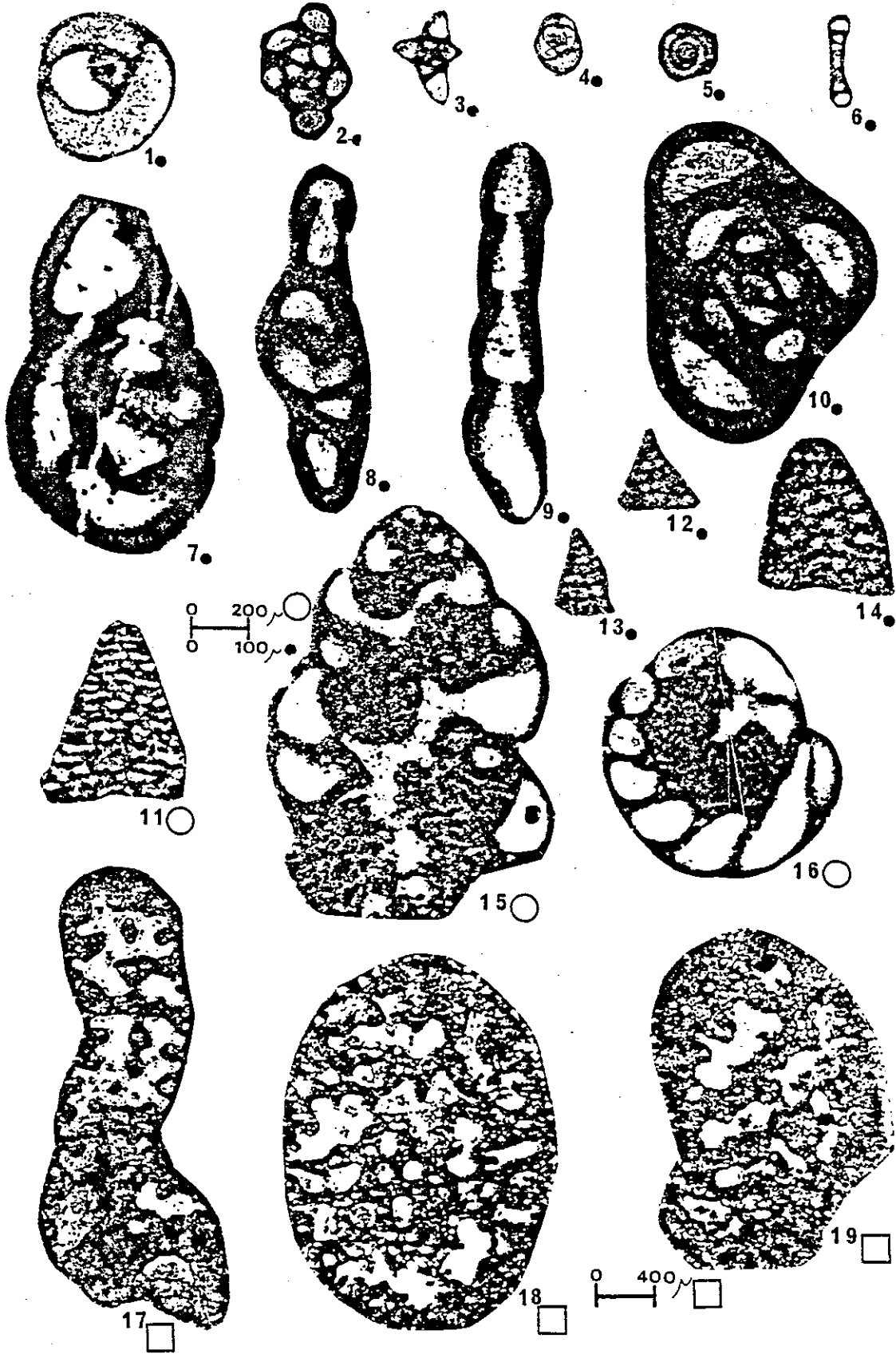


PLANCHE V

Foraminifères à test calcaire perforé

- Fig. 1 et 2 Trocholina elongata (LEUPOLD)
 1) Section subaxiale (x50). AP 6, la Pointière - Berriasien moyen (A1).
 2) Section subaxiale (x50). AC 205, Curière - Berriasien supérieur (A2).
- Fig. 3 Trocholina cherchiaie ARNAUD-VANNEAU, DARSAC, BOISSEAU
 3) Section subaxiale (x50). M 4, Mallevall - Valanginien.
- Fig. 4 Trocholina delphinensis ARNAUD-VANNEAU, DARSAC, BOISSEAU
 4) Section subaxiale (x50). AP 310, la Pointière - Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 5-7 Trocholina campanella ARNAUD-VANNEAU, DARSAC, BOISSEAU
 5) Section subaxiale (x50). AL 190, l'Echailon - Berriasien supérieur (A2).
 6) Vue latérale (x50). A 284, le Guiers mort - Berriasien supérieur (A1).
 7) Section subaxiale (x50). AP 304, la Pointière - Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 8 Trocholina sagittaria ARNAUD-VANNEAU, DARSAC, BOISSEAU
 8) Section subaxiale (x50). AL 240, l'Echailon - Berriasien supérieur (B1).
- Fig. 9-12 Trocholina alpina (LEUPOLD)
 9) Section subaxiale d'une petite forme (x50). AP 131, la Pointière - Berriasien supérieur (A1).
 10) Section subaxiale d'une petite forme (x50). AP 55, la Pointière - Berriasien supérieur (A1).
 11) Section subaxiale d'une grande forme (x50). A 476, le Guiers mort - Berriasien supérieur (B1).
 12) Section transverse d'une grande forme (x50). AC 205, Curière - Berriasien supérieur (A2).
- Fig. 13-14 Trocholina molesta GORBATCHIK
 13) Section subaxiale (x50). AC 80, Curière - Berriasien supérieur (A1).
 14) Section subaxiale (x50). AC 228, Curière - Berriasien supérieur (A2).

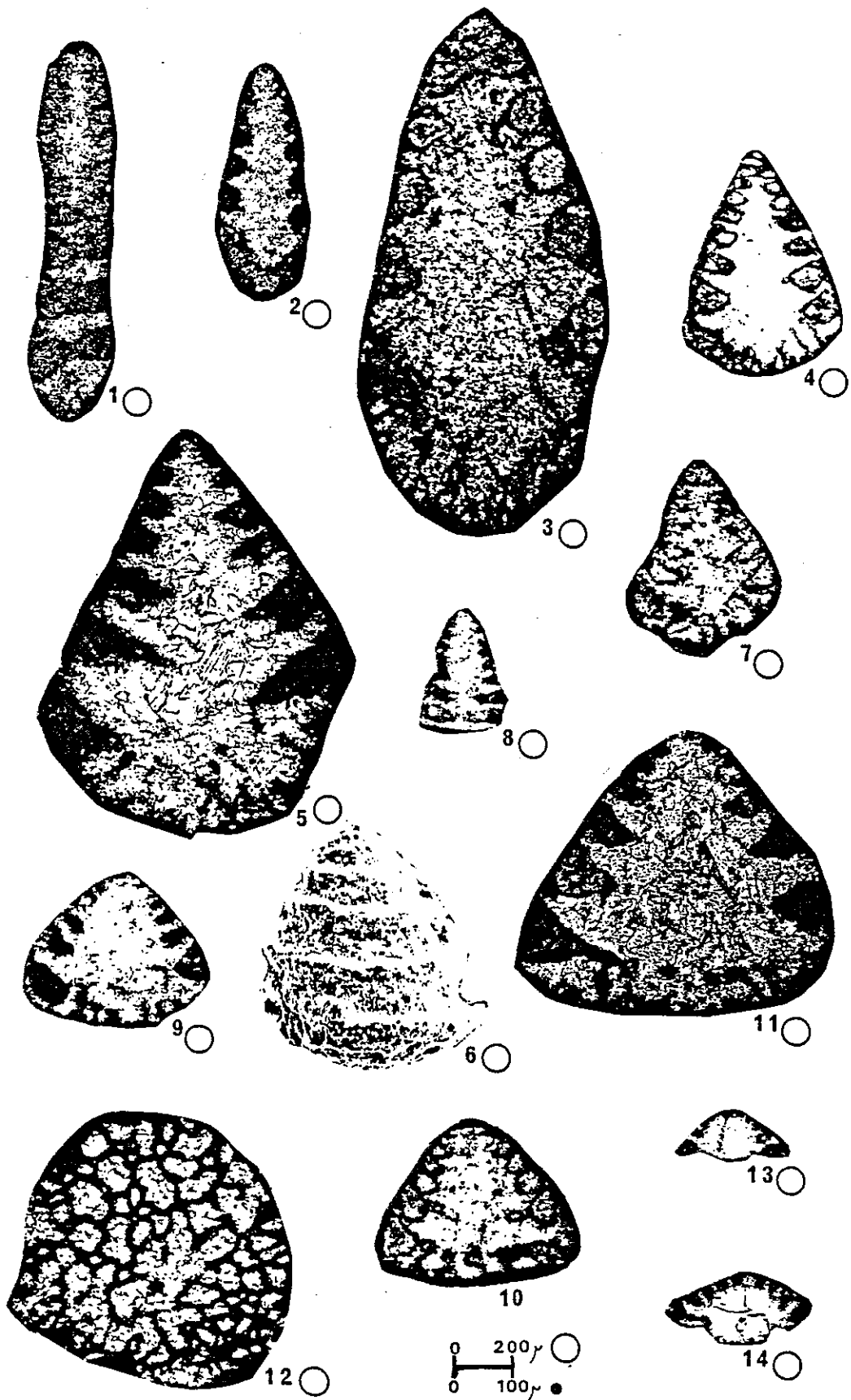
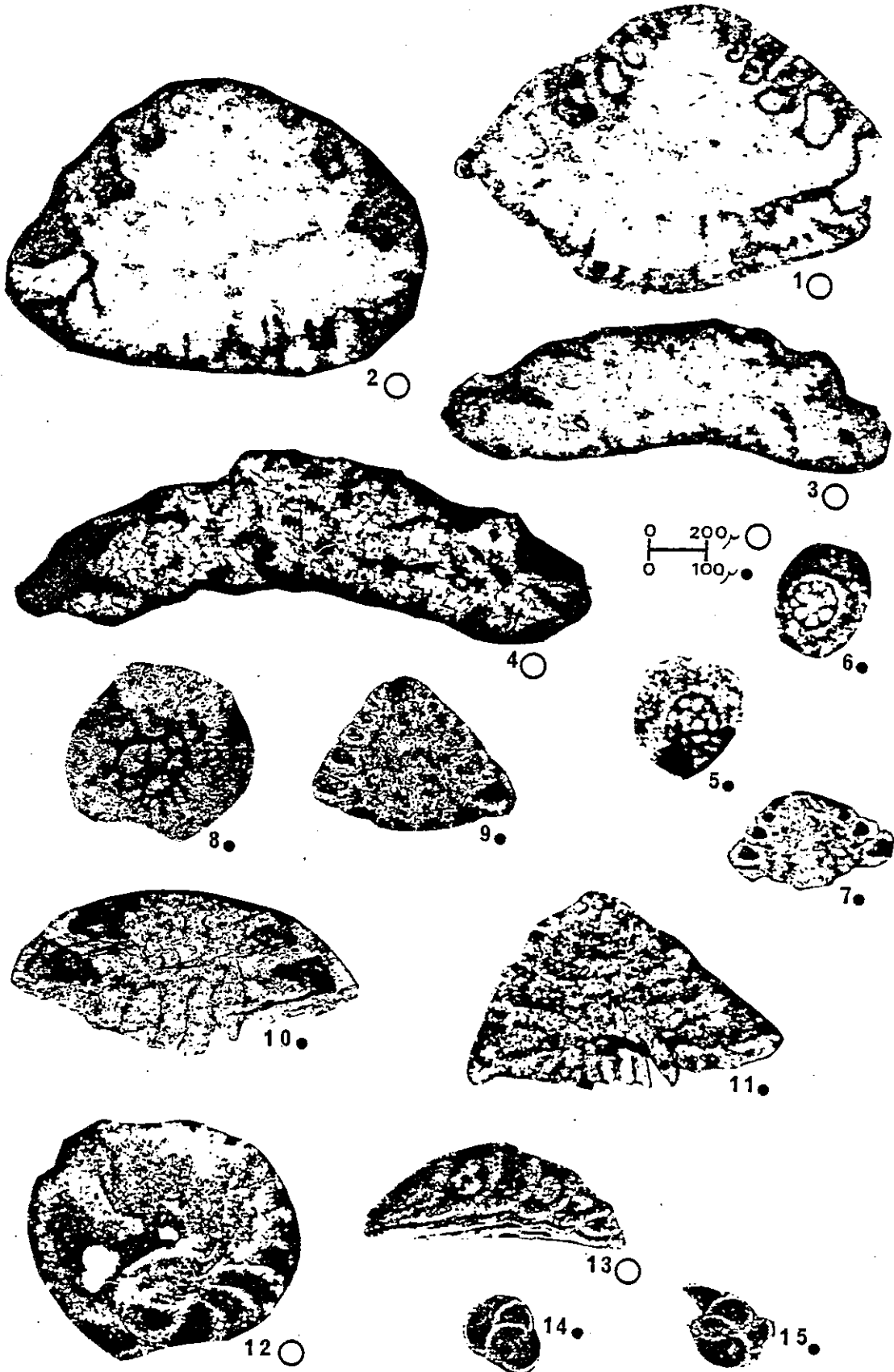


PLANCHE VI

Foraminifères à test calcaire perforé

- Fig. 1 et 2 Trocholina cf. alpina (LEUPOLD)
 1) Section subaxiale (x50). AC 74, Curière - Berriasien supérieur (A1).
 2) Section subaxiale (x50). AC 7, Curière - Berriasien moyen (A1).
- Fig. 3 et 4 Trocholina chouberti HOTTINGER
 3) Section subaxiale (x50). AE 58, la Correrie - Valanginien (C-D).
 4) Section subaxiale (x50). AE 58, la Correrie - Valanginien (C-D).
- Fig. 5 à 7 Neotrocholina aff. infragranulata-paucigranulata MOULLADE
 5) Section transverse (x100). AC 126, Curière - Berriasien supérieur (A2).
 6) Section transverse (x100). AC 124, Curière - Berriasien supérieur (A2).
 7) Section subaxiale (x100). AC 239, Curière - Berriasien supérieur (A2).
- Fig. 8 et 9 Neotrocholina aff. infragranulata (NOTH)
 8) Section transverse (x100). A 386, le Guiers mort - Berriasien supérieur (A2).
 9) Section subaxiale (x100). A 385, le Guiers mort - Berriasien supérieur (A2).
- Fig. 10-11 Neotrocholina cf. valdensis REICHEL
 10) Section transverse (x100). AL 217, l'Echaillon - Berriasien supérieur (B1).
 11) Section longitudinale (x100). AL 299, l'Echaillon - Valanginien basal (B2).
- Fig. 12-13 Conicospirillina basiliensis MOHLER
 12) Section transverse (x50). A 396, le Guiers mort - Berriasien supérieur (A2).
 13) Section subaxiale (x50). AC 182, Curière - Berriasien supérieur (A2).
- Fig. 14-15 Polymorphinidae gen. ind.
 14) Section transverse (x100). AL 96, l'Echaillon - Berriasien supérieur (A2).
 15) Section subaxiale (x100). AC 265, Curière - Berriasien supérieur (A2).



ETUDE DES ALGUES CALCAIRES

Les algues calcaires ne sont abondantes que dans la zone euphotique, particulièrement dans l'étage infralittoral. Elles sont représentées par des algues chlorophycées, des algues non chlorophycées, et des organismes d'attribution incertaine qui par commodité ont été rattachés aux algues.

A - DESCRIPTION :

1 - Algues chlorophycées :

Les algues chlorophycées, et particulièrement la famille des Dasycladacées présentent une assez grande diversité. Leur détermination a été effectuée par J.P. MASSE. Onze genres et onze espèces ont été reconnus et regroupés dans trois familles : Udotéacées, Codiacées et Dasycladacées.

1.1 - Famille des Udotéacées :

Cette famille n'est représentée que par le genre Boueina

genre Boueina TOULA 1883

Boueina sp.

La rareté des sections de ces algues et leur médiocre état de conservation n'ont pas permis d'effectuer de déterminations précises.

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur. Assez fréquente dans l'unité A1, cette algue est également présente dans les unités A2 et B1.

Milieu de dépôt : Sables à gros éléments classés, débris de rudistes et de cnidaires (famille de faciès F). Boueina sp. est une algue caractéristique de la plate-forme externe qui s'observe parfois dans les dépôts du talus externe à la suite de remaniements sédimentaires (faciès allochtones).

1.2 - Famille des Codiacées :

genre Cayeuxia

Cayeuxia sp.

Répartition stratigraphique : Berriasien terminal (unités A2 et B1).

Milieu de dépôt : Les représentants de cette algue sont assez fréquents dans les sables vaseux et les vases sableuses à microfaune appauvrie de la plate-forme interne (famille de faciès F). Des débris de Cayeuxia sp. ont également été observés dans les sables grossiers de la plate-forme externe (famille de faciès E). Cette algue est donc un assez bon indicateur de milieu.

1.3 - Famille des Dasycladacées :

Dans cette famille diversifiée quelques espèces ont pu être identifiées. Toutefois, le plus souvent seuls les genres ont été reconnus. Les débris de Dasycladacées observés peuvent être issus des tiges ou des éléments reproducteurs.

1.3.1 - Débris de tiges :

genre Actinoporella GUEMBEL in ALTH 1882
émend. CONRAD et al. 1974

Actinoporella sp.

Seuls quatre individus appartenant au genre Actinoporella ont été identifiés.

Répartition stratigraphique : Berriasien terminal (unités A2 et B1).

Milieu de dépôt : Vases sableuses et sables vaseux à Lithocodium-Bacinella (famille de faciès F) de la plate-forme interne.

genre Clypeina MICHELIN 1845
émend. REZAZ 1957

Clypeina? solkani CONRAD et RADOICIC 1972

- 1971 Clypeina? solkani n. sp. - CONRAD et RADOICIC : fig. 1-3; pl. I, fig. 4; p. 11, fig. 1-4.
1973 Clypeina (?) solkani CONRAD et RADOICIC - JAFFREZO : pl. 2, fig. 3-4.
1975 Clypeina? solkani CONRAD et RADOICIC - DRAGASTAN : pl. LXI, fig. 2; pl. LXXII, fig. 2-4; non pl. LXVII, fig. 4.

Deux individus appartenant à cette espèce ont été reconnus, dont une identification incertaine. Ils se situent dans le Berriasien terminal (unité B1), le milieu de dépôt correspond aux sables vaseux à microfaune appauvrie et Lithocodium-Bacinella (famille de faciès F) de la plate-forme interne.

genre Kopetdagaria MASLOV 1960

Kopetdagaria iailensis MASLOV 1965

- 1965 Kopetdagaria iailensis n. sp. - MASLOV : P. 1156, fig. 2b et 3.
1973 Goniolina minima n. sp. - JAFFREZO : pl. 3, fig. 1-8.

le genre Kopetdagaria est assez bien représenté, seul un exemplaire a été attribué avec certitude à l'espèce Kopetdagaria iailensis.

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur. Le représentant de l'espèce identifié se situe dans l'unité A1, les Kopetdagaria sont présents dans les unités A1, A2 et B1.

Milieu de dépôt : Assez fréquente dans les vases sableuses et sables vaseux à Lithocodium-Bacinella (famille de faciès F) de la plate-forme interne, cette algue est également présente dans les sables grossiers de la plate-forme externe (famille de faciès E).

genre Macroporella PIA 1912
émend.

Macroporella gr. praturloni DRAGASTAN 1971

Répartition stratigraphique : Berriasien terminal (unités A2 et B1).

Milieu de dépôt : Cette algue n'est présente que dans les sables grossiers à débris de rudistes et de cnidaires de la plate-forme externe (famille de faciès E).

genre Pseudocymopolia ELLIOTT 1970

Pseudocymopolia cf. jurassica (DRAGASTAN) 1968, ELLIOTT 1970

Les représentants de ce genre sont fréquents, mais seul un échantillon a pu être attribué à Pseudocymopolia cf. jurassica.

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur (unités A1, A2 et B1)

Milieu de dépôt : Sables à gros éléments classés, débris de cnidaires et de rudistes de la plate-forme externe (famille de faciès E).

genre Salpingoporella PIA in TRANTH 1918

Salpingoporella steinhauseri CONRAD, PRATURLON et RADOICIC 1973

*1973 Salpingoporella steinhauseri n. sp. - CONRAD, PRATURLON et RADOICIC :
fig. 1; pl. I, fig. 1-4.

Répartition stratigraphique : Berriasien terminal (unités A2 et B1).

Milieu de dépôt : Cette algue peu fréquente est présente dans les vases sableuses et les sables vaseux à Lithocodium-Bacinella (famille de faciès F) de la plate-forme interne.

Salpingoporella cf. annulata CAROZZI 1953

Un seul individu observé a pu être rapporté à cette espèce. Il se situe dans les vases sableuses et les sables vaseux à Lithocodium-Bacinella (famille de faciès F) de la plate-forme interne, au sein de l'unité A2 (Berriasien supérieur).

Salpingoporella aff. katzeri

Deux Dasycladacées mal conservées ont été rattachées à cette espèce.

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur (unités A2 et B1).

Milieu de dépôt : Vases sableuses et sables vaseux à Lithocodium Bacinella (famille de faciès F) de la plate-forme interne.

Les différents représentants du genre Salpingoporella ont été observés dans les unités du Berriasien terminal (unités A2 et B1); leur milieu de dépôt correspond toujours aux vases sableuses et sables vaseux à Lithocodium-Bacinella et microfaune appauvrie de la plate-forme interne (famille de faciès F).

1.3.2 - Débris d'éléments reproducteurs :

genre Acicularia D'ARCHIAC

Acicularia sp.

Les Acicularia sont des spicules sporangiques allongés, d'algues Dasycladacées.

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur (unités A1, A2 et B1).

Milieu de dépôt : Abondants dans les sables à gros éléments triés de la plate-forme externe (famille de faciès E), ces spicules sporangiques s'observent également dans les dépôts de la plate-forme interne et du sommet du talus externe. Ces petits éléments peuvent être aisément entraînés loin des véritables milieux de vie des algues Dasycladacées.

genre Terquemella

Terquemella sp.

Les Terquemella sont des sporanges calcaires de forme globuleuse. Ils sont beaucoup moins fréquents que les Acicularia mais présentent le même milieu de dépôt et la même répartition stratigraphique que ceux-ci.

2 - Characées :

Les Characées sont caractéristiques des milieux de dépôt supralittoraux et adlittoraux, des oogones de ces algues ont été observés dans des dépôts remaniés du talus externe (zone circalittorale).

La présence de Characées remaniées dans les séries hémipélagiques est un phénomène déjà signalé par H. ARNAUD (1981) dans les dépôts circalittoraux de l'Hauterivien-Barrémien du Vercors méridional.

3 - Association Lithocodium aggregatum-Bacinella irregularis:

Nous avons précédemment souligné l'intérêt stratigraphique de ces algues caractéristiques de la plate-forme interne, dans le chapitre consacré à la sédimentologie. Lithocodium aggregatum et Bacinella irregularis sont toujours associés, ils peuvent se présenter sous deux aspects morphologiques différents : en oncoïdes ou en lamines.

Les lamines à Lithocodium-Bacinella sont caractéristiques des milieux de dépôt les plus internes de la plate-forme (faciès F3), elles ne s'observent jamais en dehors de ce domaine. A l'affleurement, ces lamines millimétriques peuvent se répéter jusqu'à constituer de petits bancs décimétriques. Elles correspondent, peut-être, à d'anciens tapis algaires.

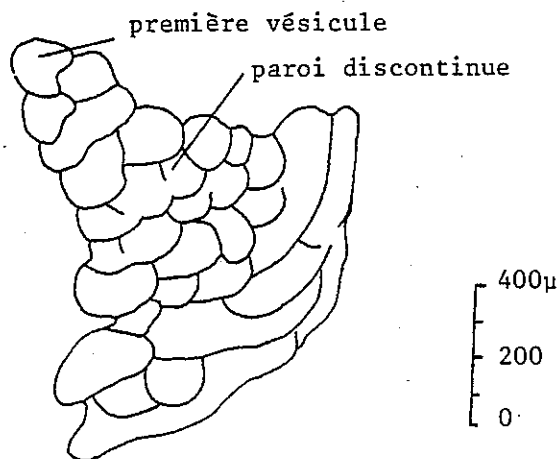
Les oncoïdes à Lithocodium-Bacinella s'observent sur l'ensemble de la plate-forme, ils ont un diamètre millimétrique à centimétrique. Leur partie centrale est constituée par des filaments de Bacinella irregularis, leur périphérie par des lamines de Lithocodium aggregatum. Les oncoïdes de ce type présents sur la plate-forme externe sont toujours très usés et ne montre plus que la partie centrale (Bacinella), la partie périphérique étant détruite. Le milieu de formation de ces oncoïdes se situe sur la plate-forme interne (famille de faciès F), les oncoïdes usés présents sur la plate-forme externe sont remaniés.

4 - Incertae sedis :

Incertae sedis sp. A
pl.1 fig.19

Description : Cet organisme, qui en section à la forme d'un éventail, est constitué par des vésicules aplaties d'une hauteur de 80 à 100 μ , montrant une paroi mince et discontinue épaisse de 5 à 20 μ . Ces vésicules s'organisent en couches superposées.

Incertae sedis sp. A est souvent encroûté par Lithocodium aggregatum son diamètre peut atteindre 1,6 mm.



Comparaison avec des formes proches : Cet organisme peu fréquent, présente une structure proche de celle de Bacinella irregularis. Il diffère de cette forme par ses parois plus minces, sa morphologie en éventail (en section) et la disposition plus régulière des vésicules.

Répartition stratigraphique : Berriasien supérieur (sommet de l'unité A2).

Milieu de dépôt : Sables mal classés à grands foraminifères et Lithocodium-Bacinella (faciès F2) de la plate-forme interne.

B - PALEOECOLOGIE :

Les algues et l'association Lithocodium-Bacinella constituent un bon outil pour la reconstitution des milieux de dépôt de plate-forme (tableau 27). Il est possible d'identifier trois populations différentes en fonction des milieux appartenant : au domaine pré littoral, à la plate-forme externe et à la plate-forme interne.

1 - Domaine pré littoral : (étage circalittoral)

Dans ce domaine ne s'observent que des débris d'algues transportés, principalement des oncoïdes usés, des éléments reproducteurs de Dasycladacées (Acicularia et Terquemella) et de Characées. Ces débris sont parfois abondants dans les sables vaseux et les vases sableuses à débris de bryozoaires et éléments usés (faciès B4) et dans les sables fins à petits foraminifères circalittoraux (faciès D2).

2 - Plate-forme externe :

La plate-forme externe se situe au sein de l'étage infralittoral. Elle se caractérise par des milieux de dépôts soumis à une haute énergie. Les sédiments y sont riches en sporanges de Dasycladacées (Acicularia et Terquemella) et surtout en algues de grande taille à paroi épaisse (Pseudocymopolia, Boueina et Macroporella). L'association Lithocodium-Bacinella est représentée par des oncoïdes usés, transportés depuis le domaine interne.

3 - Plate-forme interne :

Elle se situe au niveau des étages infralittoral (pro parte), médiolittoral et supralittoral. La plate-forme interne présente une flore abondante et variée dominée, chez les algues vertes, par les représentants des genres Kopetdagaria, Salpingoporella et Actinoporella. Les oncoïdes et les lamines à Lithocodium-Bacinella sont très abondants et caractéristiques de ce domaine.

C - REPARTITION STRATIGRAPHIQUE DES ALGUES VERTES :

La rareté et le médiocre état de conservation des algues ne permettent pas de définir l'extension verticale des différentes espèces. A titre indicatif, le tableau 28 indique la répartition des genres reconnus.

La répartition des algues dans la série est fonction des milieux de dépôt. Ce n'est qu'au niveau des unités A2 et B1 où les milieux de dépôt de plate-forme sont les plus développés que les algues sont le plus diversifiées. L'unité A1 ne présente pas de dépôts de plate-forme interne en domaine subalpin, la flore y est donc réduite aux formes de la plate-forme externe et du domaine pré littoral. Les unités supérieures B2 et C-D correspondent à des sédiments circalittoraux dépourvus d'algues.

D - CONCLUSION :

Les milieux de dépôt permettant le développement des algues ne s'observent que dans le Berriasien terminal. Toutefois, même dans cette partie de la série, les algues ne constituent qu'une faible proportion des bioclastes. La série étudiée se caractérise donc par une plate-forme non seulement pratiquement dépourvue de bioconstructions et de dépôts oolitiques, mais également pauvre en algues.

Les algues calcaires les mieux représentées sont les algues chlorophycées, principalement de la famille des Dasycladacées. Trois associations peuvent être mises en évidence, caractérisant ainsi chacun des grands milieux de dépôt : domaine pré littoral, plate-forme externe et plate-forme interne.

Le domaine pré littoral correspond à l'étage circalittoral, la luminosité y est insuffisante pour permettre le développement des algues calcaires, on n'observe dans ce milieu que des débris remaniés : oogones de Characées, oncoïdes, tiges et surtout éléments reproducteurs de Dasycladacées.

La plate-forme externe présente essentiellement des formes massives (genres Boueina, Pseudocymopolia et Macroporella), les oncoïdes remaniés issus du domaine interne sont également fréquents.

La plate-forme interne est le milieu le plus riche en algues, les espèces observées y sont de forme gracile (genres Clypeina, Kopetdagaria, Salpingoporella et Actinoporella). Ce domaine se caractérise également par la présence de l'association Lithocodium-Bacinella sous forme d'oncoïdes et de lamines.

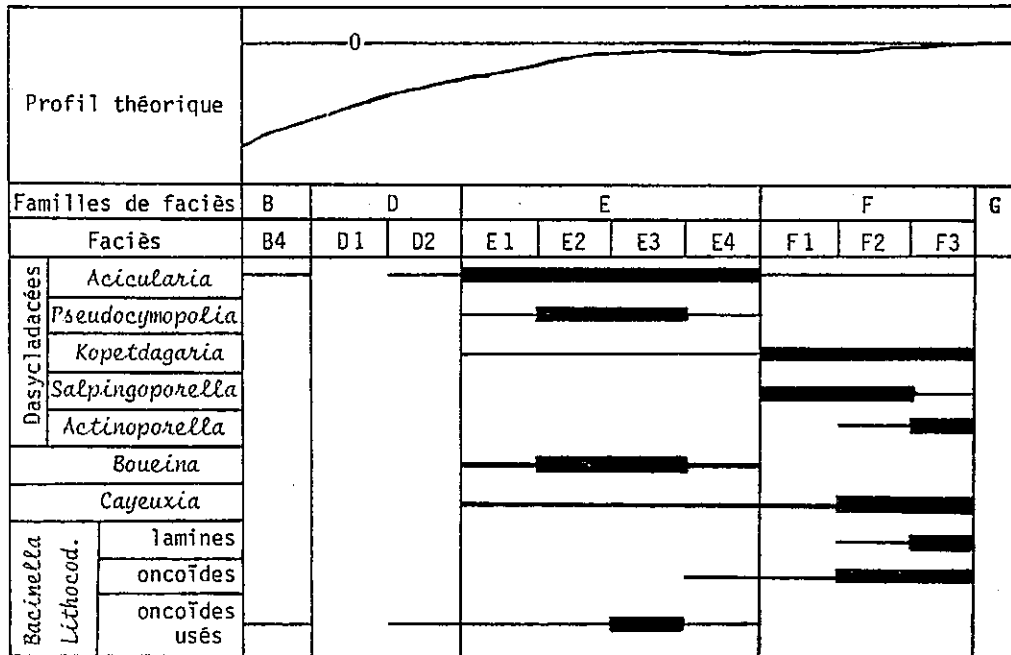


Tableau 27 : Répartition des algues vertes et de Lithocodium-Bacinella sur un profil théorique.

UNITES		A1	A2	B1	B2	C-D
DISCONTINUITÉS		Di0	Di0'	Di1	Di1'	Di2
ETAGES		BERRIASIEN supérieur			VALANGINIEN	
Dasycladacées	Acicularia	█	█	█		
	Pseudocymopolia	█	█	█		
	Kopetdagaria	█	█	█		
	Salpingoporella	█	█	█		
	Actinoporella	█	█	█		
Boueina		█	█	█		
Cayeuxia		█	█	█		

Tableau 28 : Répartition stratigraphique des principaux genres d'algues chlorophycées.

CHAPITRE V - ETUDE STRATIGRAPHIQUE ET PALEOGEOGRAPHIQUE

- 1 - Organisation séquentielle :
- 2 - Attributions stratigraphiques, position des limites d'étages et de sous-étages :
- 3 - Répartition des foraminifères benthiques :
- 4 - Datation de la série de l'Echailon :
- 5 - Corrélations avec les domaines voisins :
- 6 - Paléogéographie :
- 7 - Conclusion :

ETUDE STRATIGRAPHIQUE ET PALEOGEOGRAPHIQUE

1 - Organisation séquentielle :

L'étude sédimentologique a mis en évidence l'existence de quatre types de séquences d'ordre différent :

Séquences de premier ordre : La série se situe à la base d'une séquence de ce type qui recouvre l'intervalle Berriasien-Aptien.

Séquences de deuxième ordre : Encadrées par les discontinuités majeures, elles se reconnaissent aisément sur les différentes coupes, elles sont au nombre de six pour l'intervalle Berriasien moyen-Valanginien.

Séquences de troisième ordre : Délimitées par les discontinuités mineures, elles permettent de subdiviser les séquences de deuxième ordre.

L'étude sédimentologique a permis de reconnaître et corrélérer les discontinuités et les séquences. L'étude stratigraphique a pour but de dater les discontinuités et les séquences, de positionner dans la série les limites d'étages et de zones.

2 - Attributions stratigraphiques, position des limites d'étages et de sous-étages :

2.1 - Datations paléontologiques :

La macrofaune, la microfaune et les algues ont été déterminés par différents spécialistes :

- J.P. THIEULY (Grenoble) et G. LE HEGARAT (LYON) pour les ammonites ;
- F.A. MIDDLEMISS (LONDRES) pour les brachiopodes ;
- H.P. OERTLI (PAU) pour les ostracodes ;
- A. ARNAUD-VANNEAU (Grenoble) pour les foraminifères benthiques ;
- J.P. MASSE (MARSEILLE) pour les algues calcaires.

La position des différents horizons fossilifères est indiquée dans les figures en annexe.

2.1.1 - Ammonites :

Deux ammonites recueillies dans la coupe du Guiers mort ont été citées par H. ARNAUD, M. GIDON et J.P. THIEULY (1981).

La première est située à la base de la coupe, au sein de l'unité A1 (échantillon A 295), dans une passée marneuse épaisse. Déterminée par J.P. THIEULOUY, il s'agit de Malbosiceras pouyannei (POMMEL), espèce caractéristique de la base du Berriasien supérieur, dont l'extension verticale recouvre la zone à Paramimouna et la base de la sous-zone à Picteti.

La seconde se situe à la base de l'unité B1, 1,5 m au-dessus des marnes du niveau A 448. Cette ammonite avait été attribuée avec doute à un Néocomitidé du Valanginien inférieur appartenant au genre Kilianella. Selon LE HEGARAT, qui l'a récemment réexaminée, elle pourrait par contre être rapprochée soit de Fauriella aff. simplicostata, soit de Jabronella aff. paquieri du Berriasien supérieur.

En raison de son médiocre état de conservation et des difficultés de détermination, cet échantillon n'a pas été pris en compte pour dater la série du Guiers mort. Toutefois, les autres éléments de datation et les corrélations séquentielles semblent indiquer qu'il s'agirait d'une forme d'âge plutôt Berriasien supérieur que Valanginien inférieur.

2.1.2 - Brachiopodes :

Le sommet de la coupe du Chemin du Pont Saint Bruno, situé au sein de l'unité C-D a livré quelques térébratules déterminables caractéristiques des étages Valanginien et Hauterivien : Sellithyris carteroniana (D'ORBIGNY) et Sellithyris sella (SOWERBY).

2.1.3 - Ostracodes :

Récoltés après lavage et triage des niveaux marneux, les ostracodes ont permis de dater avec une assez bonne précision de nombreux horizons.

Sous la discontinuité Di0 :

- Coupe du Guiers mort, un exemplaire mal conservé de Neocythere? sp. (A 245).
- Coupe de La Pointière, les échantillons AP 2 et AP 4 ont livré une faunule berriasienne : Neocythere (Physocythere) aff. hirsuta, Costacythere sp. et Cypridea tumescens praecursor. Les deux premières espèces sont marines, la dernière est lacustre et remaniée.

Unité A1 :

La base de cette unité s'est révélée assez riche en ostracodes dans la coupe du Guiers mort. Les échantillons A 293, A 295, A 296, A 299, A 300, A 314, A 315 et A 320 ont livré une microfaune d'âge Berriasien inférieur à moyen : Acrocythere diversa, Baiardia major, Baiardia sp., Centrocythere sp., Cytherella elongata, Cytherella sp., Cytherelloidea cf. sp.A,

Cytherelloidea sp., Macropyris? sp., "Monoceratina" burgensis, Neocythere sp., Oligocythereis? bogis, Paracypris arcuatilis, Parexophthalmocythere? sp., "Protocythere" gondranensis, Xestoleberis? dimorpha, Xestoleberis? alta et Xestoleberis? sp. Toutes les espèces observées sont caractéristiques des milieux de dépôt marins francs.

Unité B1 :

Les joints et les bancs marneux situés à la base de cette unité ont livré des ostracodes sur les coupes du Guiers mort et de la Pointière.

- Coupe du Guiers mort (A 417, A 423) : Protocythere mazenoti, Baiardia sp. et Xestoleberis? sp. Cette microfaune caractéristique des milieux marins francs est d'âge Berriasien supérieur à Valanginien basal (zones à Boissieri et Otopeta).
- Coupe de La Pointière (AP 284-1 et AP 292) : Cytherella sp., Protocythere? sp., Cypridea tumescens praecursor. Cette dernière espèce trouvée en abondance est lacustre, les autres sont marines. Cette microfaune est d'âge Berriasien.

Unités C-D :

L'épaisse passée marneuse située au-dessus de la discontinuité Di2 a livré des ostracodes sur les coupes du Guiers mort et de La Corrière.

- Coupe du Guiers mort (A 632 et A 633) : Protocythere paguieri et Cytherella dissimilis du Berriasien terminal-Valanginien basal (zones à Boissieri et Otopeta).
- Coupe de La Corrière : L'échantillon AE 2 a livré une microfaune d'âge probable Berriasien supérieur : Protocythere gondranensis, Protocythere mazenoti et Cytherella sp. L'échantillon AE 14 montre des ostracodes du Berriasien supérieur-Valanginien inférieur : Cytherella sp., "Protocythere" sp., Pseudoprotocythere aubersonensis et Parexophthalmocythere? sp.

2.1.4 - Les calpionelles : tableau 29

Identifiées en lame mince, les calpionelles constituent le meilleur élément de datation dont nous avons pu disposer. Elles sont présentes dans les dépôts les plus externes des coupes du Guiers mort, de La Pointière, de Curière et de l'Echaillon. La zonation de calpionelles utilisée est celle proposée par J. REMANE, son équivalence avec les zones d'ammonites est présentée sur le tableau 3.

Sous la discontinuité Di0

constituée par 200 m de marnes et de calcaires argileux à organismes pélagiques que surmontent 25 m de calcaires bioclastiques. Les calcaires bioclastiques n'ont pas livré de calpionelles, mais une lame mince effectuée au sommet des marnes et calcaires argileux, 5m sous la base des calcaires bioclastiques a livré la faune suivante : 20 Calpionella alpina, 1 Calpionella elliptica et 7 Tintinnopsella carpathica. Cette association caractérise la zone C supérieure (base du Berriasien moyen).

Unité A1 :

Toutes les calpionelles déterminées se situent à la base de cette unité, dans les coupes : du Guiers mort et de Curière.

Coupe du Guiers mort : L'échantillon A 258 situé au-dessus de la discontinuité Di0 a livré une Tintinnopsella carpathica, zone C à E probablement D (Berriasien supérieur-Valanginien). La lame A276 montre une Tintinnopsella carpathica et une Remaniella cadischiana, la répartition stratigraphique recouvre également les zones C à E (D probable). L'échantillon A310 a livré une faune plus abondante montrant 5 Calpionella alpina et 6 Tintinnopsella carpathica. Cette association caractérise les zones C et D1, c'est-à-dire la limite Berriasien moyen-Berriasien supérieur (sous-zones d'ammonites à Dalmasi, Paramimouna et Privasensis).

Coupe de Curière : Les échantillons AC 10, AC 20 et AC 27 ont livré une faunule à Calpionella alpina et Tintinnopsella carpathica correspondant aux zones C à D1.

Discontinuité Di0' :

Les assises qui environnent cette discontinuité n'ont livré de calpionelles dans la coupe de Curière.

Coupe de Curière : L'échantillon AC 93 a livré une Calpionella alpina, l'échantillon AC 97 une Tintinnopsella carpathica, ces deux déterminations effectuées légèrement en-dessous de la discontinuité Di0' ne permettent pas de donner un âge plus précis que les zones C à E. Au-dessus de la discontinuité, l'échantillon AC 115 a livré une microfaune plus riche constituée par 5 Calpionella alpina et 6 Tintinnopsella carpathica ; cette association se situe dans l'intervalle zone C - sous-zone D1, c'est-à-dire par rapport à l'échelle basée sur les ammonites au niveau des sous-zones à Dalmasi ou Paramimouna.

Unité A2 :

Des calpionelles ont pu être déterminées au sein de cette unité que dans les coupes du Guiers mort et de l'Echailon.

Coupe du Guiers mort : Les lames A 353 et A 360 montrent des représentants de Tintinnopsella carpathica et Calpionellopsis oblonga qui permettent d'attribuer un âge Berriasien supérieur à ces niveaux (sous-zones D2-D3).

Coupe de l'Echailon (voir historique) : sur cette coupe ont été observés trois horizons riches en calpionelles. La lame AL 64 présente 17 Calpionella alpina, 19 Tintinnopsella carpathica et peut-être un Calpionellopsis simplex (?), ce qui correspond aux zones C ou D1 (limite Berriasien moyen-Berriasien supérieur). L'échantillon AL100 montre 18 calpionelles identifiables : 3 Calpionella alpina, 8 Tintinnopsella carpathica, 1 Calpionellopsis simplex et 6 Calpionellopsis oblonga. Cette association correspond à la sous-zone D2, c'est-à-dire au Berriasien supérieur (sous-zones à Paramimouna et sous-zone à Picteti). L'échantillon AL 115 a fourni une belle microfaune : 35 Calpionella alpina, 48 Tintinnopsella carpathica, 10 Calpionellopsis simplex, 49 Calpionellopsis oblonga, 3 Tintinnopsella longa et 3 Remaniella cadischiana. Cette association est caractéristique de la sous-zone D2 (Berriasien supérieur, sous-zones d'ammonites à Paramimouna et à Picteti).

Unité B1 :

Quelques calpionelles ont été observées à la base de cette unité dans les coupes de Curière, du Guiers mort et de la Pointière.

Coupe de Curière : Dans l'échantillon AC 263 une calpionelle a été attribué avec incertitude à l'espèce Calpionellopsis oblonga (sous-zones D2-D3, Berriasien supérieur).

Coupe de La Pointière : la lame AP 291 montre un exemplaire mal conservé de Calpionellopsis oblonga (sous-zones D2-D3, Berriasien supérieur).

Coupe du Guiers mort : l'échantillon A 424 montre une Tintinnopsella carpathica (zones C à E, Berriasien-Valanginien inférieur).

2.1.5 - Les algues calcaires :

Les flores récoltées sont pauvres et peu d'espèces ont pu être déterminées avec certitude, les unités A2 et B1 sont les plus riches en algues.

Unité A1 :

Kopetdagaria iailensis et Pseudocymopolia cf. jurassica, âge Berriasien.

Unité A2 :

Kopetdagaria iailensis, Pseudocymopolia cf. jurassica, Macroporella gr. praturloni, Salpingoporella cf. annulata, Salpingoporella steinhauseri et Salpingoporella aff. katzeri. Cette association est d'âge berriasien.

Unité B1 :

Cette unité présente les mêmes espèces berriasienne que précédemment auxquelles s'ajoute Clypeina? solkani.

Unités B2 et C-D :

Les algues sont très rares et mal conservées dans ces unités, aucune attribution spécifique n'a pu y être effectuée.

2.2 - Age des discontinuités majeures, position des limites d'étages et de sous-étages :

Les meilleurs éléments de datation ont été fournis par une ammonite (Malbosiceras pouyannei) et surtout par les calpionelles. Ces différents fossiles permettent de se situer à une zone près de calpionelles, et donc par équivalence à une sous-zone d'ammonite près.

Les âges livrés par les foraminifères benthiques, les ostracodes, les algues et les brachiopodes sont beaucoup moins précis et ne permettent, au mieux, que de se situer par rapport aux sous-étages.

Valanginien		Pertransiens		E	
inférieur		Otopeta		D	
Berriasien	supérieur	Boissieri	Callisto		D2
			Picteti		
			Paramimouna	D1	
moyen	Occitanica	Dalmasi	C		
		Privasensis			
		Subalpina	B		
inf.	Grandis		Zones de calpionelles		
Zones et sous-zones d'ammonites					
Etages					

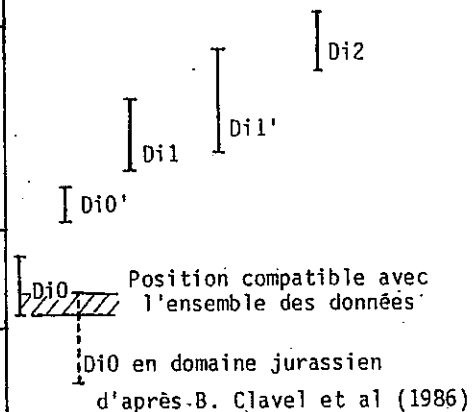


Tableau 30 : Intervalles d'incertitude sur la position des discontinuités majeures.

2.2.1 - Age des discontinuités : tableaux 30 et 31

Les datations effectuées dans le secteur étudié ont pu être complétées à partir de données fournies par H. ARNAUD, M. GIDON et J.P. THIEULOY (1981), C. DARSAC (1983), B. CLAVEL, J. CHAROLLAIS, R. BUSNARDO et G. LE HEGARAT (1986).

Discontinuité Di0 :

En domaine jurassien : La discontinuité Di0 marque la disparition des faciès purbeckiens (C.DARSAC 1983). Dans la coupe de la Cluse de Chailles, B. CLAVEL, J. CHAROLLAIS, R. BUSNARDO et G. LE HEGARAT (1986) ont récolté dans les derniers mètres du Purbeckien une faunule d'ammonites d'âge Tithonique terminal-Berriasien basal (Pseudosubplanites gr. lorioli et Tirnovella gr. allobrogensis - suprajurensis des zones à Jacobi et Grandis.

De plus, au Grand Salève, à la base de la formation de Pierre Châtel qui surmonte le Purbeckien, KLINGELE en 1966 signalait une ammonite qui déterminée sommairement, fut attribuée provisoirement au genre Thurmaniceras (in CHAROLLAIS et LOMBARD 1966). Grâce à un examen plus approfondi, B. CLAVEL et al. (1986) ont rapporté cette ammonite au genre Subalpinites dont l'extension s'étend de la sous-zone à Privasensis (milieu du Berriasien moyen) à la sous-zone à Paramimouna (base du Berriasien supérieur).

L'âge de la discontinuité Di0 peut donc être estimé par encadrement, cette discontinuité se situe entre la zone à Grandis et la sous-zone à Privasensis, c'est-à-dire dans le Berriasien moyen.

En domaine jurassien : C. DARSAC (1983), a reconnu la discontinuité Di0 sur la coupe du Revard où elle marque un approfondissement des milieux de dépôt au niveau du sommet de la zone C de calpionelles (Berriasien moyen). Cette discontinuité a été reconnue dans les coupes de Curière, du Guiers mort et de la Pointière; les calcaires marneux qui la surmontent ont livré des calpionelles des zones C et D1 (limite Berriasien moyen-Berriasien supérieur). Sur la coupe du Fontanil, la discontinuité Di0 pourrait correspondre à la discontinuité DiII (Berriasien moyen, sous-zone à Dalmasi) identifiée par H. ARNAUD, M. GIDON et J.P. THIEULOY (1981).

Définie en domaine jurassien où elle marque la disparition des faciès purbeckiens, la discontinuité Di0 pourrait correspondre en domaine subalpin à un approfondissement des milieux de dépôt (voir chapitre Sédimentologie). Dans cette hypothèse, les âges obtenus entre les deux domaines seraient compatibles avec le sommet de la sous-zone à Privasensis (Berriasien moyen), comme le montre le tableau 30.

Discontinuité Di0' :

Dans les coupes de Curière et de l'Echaillon, des calpionelles des zones C-D1 ont été observées à son niveau. De plus, au Guiers mort et à l'Echaillon des faunes de calpionelles de la zone D2 se trouvent quelques mètres au-dessus de la discontinuité. La

discontinuité Di0' se trouve donc peu au-dessous de la limite des sous-zones D1 et D2, c'est-à-dire au sein de la sous-zone D1 qui correspond à la sous-zone d'ammonites à Paramimouna. La discontinuité III du Fontanil (in H. ARNAUD et al., 1981) se situe au même niveau que la discontinuité Di0' dont elle pourrait être l'équivalent.

Discontinuité Di1 :

A Curière et à la Pointière, ainsi qu'en Savoie (Le Revard), des calpionelles des zones D2-3 s'observent immédiatement au-dessus de cette discontinuité. A l'Echaillon entre la discontinuité Di0' et la discontinuité Di1 ont été déterminées des calpionelles de la zone D2. La discontinuité Di1 se situe donc au sein des sous-zones d'ammonites à Picteti ou Callisto. Au Fontanil elle pourrait correspondre à la discontinuité IV (sous-zone à Picteti) définie par H. ARNAUD et al. (1981). B. CLAVEL et al., (1986) ont récolté au Mt de Musiège, très peu au-dessus de l'horizon à Keramosphera allobroensis donc sous la discontinuité Di1, un représentant de Pictetoceras aff. moesicum, ammonite de la sous-zone à Paramimouna. Cette donnée est en accord avec les datations livrées par les calpionelles des mêmes niveaux.

Discontinuité Di1' :

Aucun élément précis n'a permis de dater cette discontinuité. La discontinuité Di1' se trouve entre la discontinuité Di1 située dans le Berriasien terminal, et la discontinuité Di2 du Valanginien basal ; de ce fait, la discontinuité Di1' se situerait à proximité de la limite Berriasien-Valanginien. Au Fontanil elle pourrait correspondre avec la discontinuité V (in H. ARNAUD et al., 1981) située dans la sous-zone à Callisto.

Discontinuité Di2 :

Le seul élément de datation précis se trouve dans la coupe du Revard où C. DARSAC (1983), signale 20 m au-dessus de cette discontinuité la présence d'ammonites de la base de la zone à Pertransiens (Tirnovella cf. alpillensis, Thurmanniceras thurmanni et Neocomites neocomiensis). Sur la coupe du Fontanil la discontinuité Di2 pourrait être corrélée avec la discontinuité III (H. ARNAUD et al., 1981) située dans le voisinage immédiat des zones à Otopeta et Pertransiens (Valanginien basal).

Discontinuités mineures :

Les calpionelles permettent également de dater certaines discontinuités mineures (tableau 29). La discontinuité mineure di0'1 se trouverait à proximité des limites des sous-zones D1 et D2, c'est-à-dire à peu près au niveau des limites de zones d'ammonites à Paramimouna et Picteti. La discontinuité mineure di0'2 se situe au niveau de la zone D2 de calpionelle, c'est-à-dire dans la première partie de la sous-zone d'ammonite à Picteti.

2.2.2 - Position des limites d'étages et de sous-étage :

La limite entre le Berriasien moyen et le Berriasien supérieur se situe entre les discontinuités Di0 et Di0', la limite Berriasien-Valanginien se trouve entre les discontinuités Di1 et Di2 à proximité de la discontinuité Di1'. La limite Valanginien inférieur-Valanginien supérieur se trouve au sein des unités C-D et n'a pu être localisée précisément. La limite Valanginien-Hauterivien est située classiquement au contact des calcaires roux (sommet des unités C-D) des marnes grises glauconieuses.

AGE		AMMONITES		Jura et Bauges C. Darsac 1983	Le Fontanil H. Arnaud et al. 1981	Chartreuse méridionale									
				Séquences et discontinuités	Formations et discontinuités	Séquences et discontinuités									
HAUT VALANGINIEN supérieur	Zones de calpionelles	<i>radiatus</i>	D	4	x	Di4									
		<i>callidiscus</i>													
		<i>trinodosum</i>													
		<i>verrucosum</i>													
	VALANGINIEN inférieur	E	<i>campylotoxum</i>	C	3	IX	Mt St Martin	Di3	C-D						
			<i>pertransiens</i>												
		F	<i>otopeta</i>			2	VI			Di2					
			B								<i>callisto</i>	v	Les Oullières	Di1'	B1
											<i>picteti</i>				
											<i>boissieri</i>				
BERRIASIEN	D2	<i>paramimounum</i>	A	1	IV	Di1	A2								
		D1						<i>dalmasi</i>	III	Le Peuil	Di0'	A1			
	<i>privasensis</i>														
	<i>subalpina</i>														
	C	<i>grandis</i>						0	II	Di0	Sautaret				
<i>occitanica</i>															

Tableau 31 : Equivalence entre les séquences, formations et discontinuités mises en évidence dans le Jura et les Bauges (C. DARSAC 1983), au Fontanil (H. ARNAUD et al. 1981) et dans les séries étudiées de Chartreuse méridionale et de l'Echailon.

3 - Répartition des foraminifères benthiques :

Les milieux favorables au développement des foraminifères benthiques disparaissent à partir de la discontinuité Di2. Les séquences C-D qui la surmontent étant principalement constituées par des dépôts de plate-forme submergée à microfaune appauvrie. De ce fait, la répartition des foraminifères benthiques de plate-forme ne peut être définie que pour les séquences inférieures (A1, A2, B1 et B2).

Etages et zones d'ammonites		Discontinuités et séquences	<i>Trocholina delphinensis</i>	<i>Verneuilina</i> aff. <i>loeblichii</i>	<i>Rectocyclammina arrabidensis</i>	<i>Neotrocholina</i> aff. <i>infragranulata</i> <i>paucigranulata</i>	<i>Dorothia kummi</i>	<i>Conicospirillina basiliensis</i>	<i>Protopenereoplis trochangulata</i>	<i>Neotrocholina</i> aff. <i>infragranulata</i>	<i>Danubiella gracillima</i>	<i>Polymorphinidae</i> gen. ind.	<i>Pfenderina neocomiensis</i>	<i>Neotrocholina</i> aff. <i>valdensis</i>	<i>Pseudotextulariella</i> sp.A	<i>Citrella? kavnei</i>	<i>Gaudryina</i> cf. <i>tuchaensis</i>	<i>Pseudotextulariella salvensis</i>		
VALANG.	C-D																			
	B2		Di2																	
BERRIASIEN	supérieur	Callisto	B1.4																	
			di1.3																	
			B1.3																	
			di1.2																	
		B1.2																		
		di1.1																		
		B1.1																		
		Di1																		
	moyen	Picteti	A2.4																	
			di0'3																	
			A2.3																	
			di0'2																	
		A2.2																		
		di0'1																		
		A2.1																		
		Di0'																		
Paramimouna	A1.3																			
	di0.2																			
	A1.2																			
	di0.1																			
A1.1																				
Di0																				

Tableau 32 : Répartition des foraminifères benthiques à valeur stratigraphique

Dans le chapitre consacré à la micropaléontologie, la répartition de l'ensemble des foraminifères benthiques a été présentée. Très peu d'espèces ont une extension verticale suffisamment restreinte pour présenter un réel intérêt stratigraphique. Le tableau 32 ne situe que ces espèces, utilisables pour établir des corrélations, du fait de leur fréquence et de leur répartition.

La séquence A1 se caractérise par l'association *Trocholina delphinensis*, *Verneuilina* aff. *loeblichii*, *Rectocyclammina arrabidensis*, *Neotrocholina* aff. *infragranulata*-*paucigranulata*, *Dorothia kummi*, *Conicospirillina basiliensis* et *Protopenereoplis trochangulata*.

La séquence A2 présente les mêmes espèces que précédemment, mais avec une fréquence différente. On note en effet, d'abord la raréfaction des représentants de Verneuilina aff. loeblichii et Rectocyclammina arrabidensis, ensuite la plus grande abondance de Conicospirillina basiliensis et Protopenneroplis trochangulata. De plus, au sein de la séquence A2 on enregistre l'apparition de :

- Neotrocholina aff. infragranulata un peu au dessus de la discontinuité majeure Di0',
- Danubiella gracillima et des Polymorphinidés à la base de la séquence A2.3,
- Pfenderina neocomiensis au niveau de la séquence A2.4.

Au sommet de la séquence A2 disparaissent les cinq espèces suivantes : Trocholina delphinensis, Verneuilina aff. loeblichii, Rectocyclammina arrabidensis, Neotrocholina aff. infragranulata paucigranulata et Dorothia kummi.

La séquence B1 est caractérisée par l'apparition d'une seule espèce, Neotrocholina cf. valdensis, peu au-dessus de la discontinuité majeure Di1 (séquence B1.1). Les disparitions sont plus nombreuses : il s'agit de Danubiella gracillima et des Polymorphinidés à proximité de la discontinuité Di1.2, de Conicospirillina basiliensis et Protopenneroplis trochangulata au sein de la séquence A2.4, peu avant la discontinuité majeure Di1'.

La séquence B2 ne se caractérise que par l'apparition de Pseudotextulariella sp. A.

Les séquences C-D ne montrent qu'une faible variété de foraminifères. Toutefois, on note au niveau de la discontinuité majeure Di2 l'apparition des espèces suivantes : Gaudryina cf. tuchaensis, Citaella? favrei et Pseudotextulariella salevensis.

Les associations de foraminifères benthiques permettent donc de repérer non seulement les discontinuités majeures et les séquences de deuxième ordre, mais également certaines discontinuités mineures et de ce fait les séquences de troisième ordre qu'elles encadrent. Les foraminifères benthiques sont donc d'excellents indicateurs de milieux (voir chapitre Sédimentologie), mais également pour certains d'entre eux, des outils fiables pour établir des corrélations à l'échelle locale et régionale (voir paragraphe 5.2).

4 - Datation de la série de l'Echailon :

La coupe de l'Echailon présente une série intermédiaire entre celles des coupes jurassiennes et subalpines. Comme nous l'avons précédemment signalé dans l'historique, les âges fournis par les calpionelles récoltées à la base de "Couches du balcon", sont en accord avec ceux proposés par J. REMANE (1966) mais différents de ceux présentés par G. LE HEGARAT (1971).

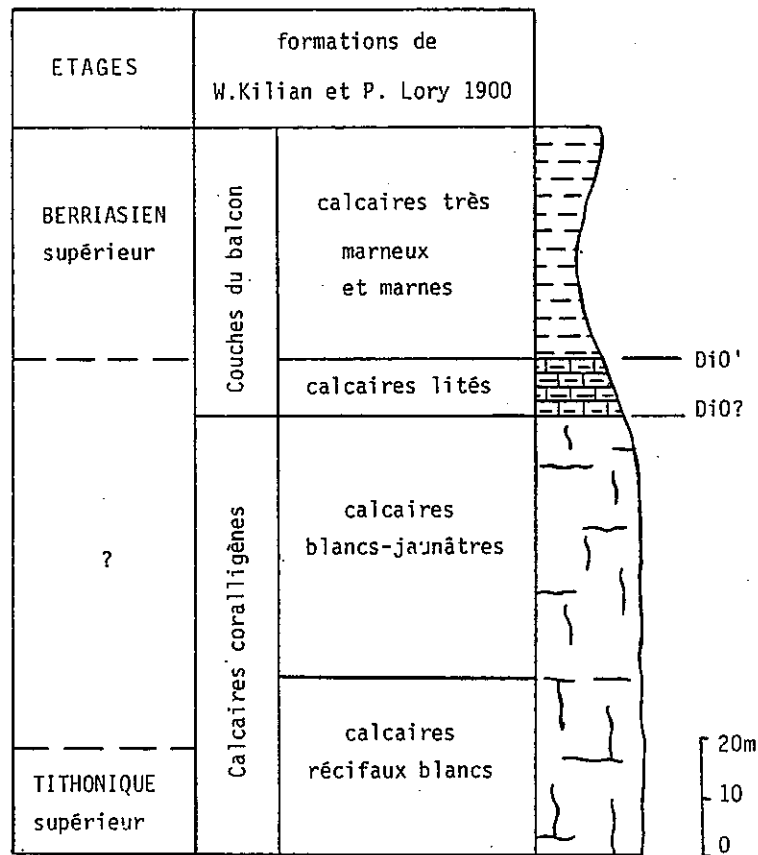


Figure 44 : Age des formations de la base de la coupe de l'Echailhon.

Les discontinuités majeures Di0', Di1 et Di2 y ont été clairement reconnues, mais la discontinuité Di0 n'a pu être identifiée avec certitude. Située dans le Berriasien moyen (sous-zone à Privasensis), cette discontinuité se trouverait à l'Echailhon entre l'horizon ayant livré une ammonitofaune du Tithonique terminal dans les "Calcaires coralligènes" et la discontinuité Di0' de la base du Berriasien supérieur (sous-zone à Paramimouna). Dans cet intervalle une discontinuité sédimentaire s'observe très nettement sur le terrain au niveau du contact "Calcaires coralligènes"- "Couches du Balcon" (figure 44) où elle souligne un important approfondissement des milieux de dépôt. A défaut d'autres arguments, nous proposons de corréler cette discontinuité avec la discontinuité Di0 (Di0? sur la figure 44). Cette théorie pose cependant un problème pour l'âge du sommet des "Calcaires coralligènes" et la position de l'équivalent latéral du Purbeckien à l'Echailhon. Deux hypothèses en découlent :

1) Les "Calcaires coralligènes" situés immédiatement sous la discontinuité Di0? sont d'âge Berriasien inférieur ou moyen, auquel cas la sédimentation serait continue et l'équivalent latéral du Purbeckien correspondrait au sommet des "Calcaires coralligènes".

2) Les "Calcaires coralligènes" sont d'âge Jurassique terminal, auquel cas il y aurait lacune de la base du Berriasien, c'est-à-dire de l'équivalent latéral du Purbeckien.

Cette seconde hypothèse pourrait être étayée par les observations suivantes :

- Le caractère brutal de l'approfondissement des milieux au niveau de la discontinuité Di0?,

- La présence d'une variation latérale d'épaisseur au sein des "Couches du Balcon" signalée par W. KILIAN et P. LORY (1900) entre la coupe de la cluse de l'Isère et celle du Balcon (actuellement trop dégradée pour être étudiée en détail). Cette variation d'épaisseur qui souligne le caractère particulier de la coupe de l'Echailon, pourrait être due à des niveaux condensés et/ou des lacunes de sédimentation. Les "Couches du Balcon" pourraient éventuellement former des onlaps contre les "Calcaires coralligènes".

Aucun argument paléontologique ne permet de dater les derniers bancs de "Calcaires coralligènes" ("Calcaires blancs-jaunâtres"). Toutefois ces niveaux ont livré d'assez nombreux représentants de Protopenneroplis trochangulata légèrement plus grands que le type (voir chapitre Micropaléontologie). Ce foraminifère distinct de Protopenneroplis striata du Tithonique, pourrait se situer en position intermédiaire entre ces deux formes et caractériser les assises encadrant la limite Tithonique-Berriasien, sans que l'on puisse en préciser l'âge, Tithonique terminal ou Berriasien basal.

5 - Corrélations avec les domaines voisins :

L'étude des coupes levées banc par banc a permis, d'une part de mettre en évidence l'organisation séquentielle de la série, d'autre part de dater les discontinuités majeures et certaines discontinuités mineures. Dans ce paragraphe, nous essayerons de reconnaître cette organisation séquentielle aussi bien dans le secteur étudié sur la coupe de la Grande Sure, que plus au Nord dans les séries de l'Ain et de la Savoie, ou plus au Sud sur le stratotype de Berrias (Ardèche).

5.1 - Coupe de la Grande Sure : figure 45

D'un accès difficile, la coupe de la Grande Sure n'a pu être levée avec une précision équivalente à celles des autres coupes. Le lever, effectué le long du chemin qui permet d'accéder au sommet par l'Ouest (prairie de Jussan), débute au-dessus de l'éboulis de pied de la falaise. Dans cet éboulis, quelques pointements de calcaires argileux présentent un faciès analogue à ceux observés dans les assises du Berriasien inférieur et moyen de la vallée du Guiers mort.

Les discontinuités majeures Di0 et Di0' n'ont pas pu être localisées avec précision : elles se situeraient dans la partie inférieure de la falaise, la discontinuité Di0 étant peut être masquée par les éboulis.

- La discontinuité Di1 est identifiable. Elle se situe au niveau d'une importante vire. Un échantillon prélevé quelques mètres au-dessus (S7) montre plusieurs polymorphinidés et de nombreux grains de quartz de grande taille analogues à ceux qui caractérisent la séquence B.1.1 sur les autres coupes.

- La discontinuité Di1' se trouve au niveau du sommet de la grande Sure. Elle se marque nettement dans la topographie car elle surmonte une épaisse assise riche en cnidaires et rudistes. Un échantillon prélevé légèrement au-dessus de cette discontinuité montre un représentant de Pseudotextulariella sp.A, foraminifère qui ne s'observe régionalement qu'au-dessus de la discontinuité Di1'.

- La discontinuité Di2 pourrait correspondre à un niveau marneux situé au sein de calcaires bioclastiques fins, car les premiers silex caractéristiques des calcaires roux apparaissent quelques mètres au-dessus.

La localisation des discontinuités majeures Di1, Di1' et Di2 permet de corréliser la coupe de la grande Sure avec les autres coupes subalpines. L'assise dite "Calcaires coralligènes" des auteurs, située au sommet de la falaise, se trouve dans la séquence B1 (Berriasien supérieur) et passe latéralement aux bancs à rudistes de la coupe du Guiers mort de la séquence B1.4. De la coupe de la Grande Sure à celle de Fontanil, s'observe un passage latéral entre les sédiments de plateforme du Nord et les dépôts de bassin du Sud. Ce phénomène s'expliquerait par l'existence d'une topographie pentée vers le Sud, ce qui implique des lignes de faciès orientées plus ou moins Est-Ouest, c'est-à-dire très obliquement par rapport à la faille de Voreppe.

5.2 - Berriasien-Valanginien de l'Ain et de la Savoie :

Se basant également sur une étude séquentielle et micropaléontologique, C. DARSAC (1983) a défini les discontinuités majeures Di0, Di1, Di2, Di3 et Di4 qui ont été reconnues en Chartreuse méridionale. Par contre, les discontinuités majeures Di0' et Di1' n'ont pas été signalées plus au Nord par cet auteur.

5.2.1 - Reconnaitances des discontinuités Di0' et Di1' et des discontinuités mineures :

Discontinuité Di0' : Située entre les discontinuités majeures Di0 et Di1, cette discontinuité se marque dans les coupes subalpines par un important approfondissement des milieux de dépôts accompagné par des arrivées de quartz. Ces critères de reconnaissance permettent de l'identifier sur certaines coupes jurassiennes décrites par C. DARSAC (1984) : Billième (échantillon BB 50, fig. 46), Val de Fier-Ouest (discontinuité mineure b, fig. 46) et Pierre Châtel (discontinuité mineure a, fig. 46). Sur les autres coupes jurassiennes, ainsi que sur la coupe subalpine du Revard, la reconnaissance de cette discontinuité reste hypothétique.

ETAGES	SOUS-ETAGES	SEQUENCES		DISCONT.		LA CHAMBOTTE	BILLIEME	VAL DE FIER (EST)	VAL DE FIER (OUEST)	MOLARD DE VIONS	PIERRE-CHATEL	LE REVARD	St GERMAIN LES PAROISSES	
		2è ordre	3è ordre	majeures	mineures									
HAUTERIVIEN														
VALANGINIEN	sup.	D		Di4		-	-	-	-	-	-	4	-	
	inf.	C		Di3		3	-	3	3	3	-	3	3	
		B2		Di2		2	2	2	BV97	2	2	2	-	
BERRIASIEN	supérieur	B1	B1.4	Di1		B110	BB164	BF93	2	940	-	B601	-	
			B1.3	di1.3	B90	BB130	BF75	-	904	-	-	-	-	
			B1.2	di1.2	e	e	e	e	e	e	e	-	-	-
			B1.1	di1.1	B75	BB105	BF65	-	883	-	-	-	-	
		A2	A2.4	Di1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
			A2.3	di0'3	d	d	BF51	d	d	d	d	-	d	-
			A2.2	di0'2	B37	c	d	BV44	c	c	c	d	-	-
			A2.1	di0'1	c	b	BF30	c	1051	b	c	c	-	-
	moyen	A1	A1.3	Di0'	b	BB50	c	b	b	a	a	a	a	
			A1.2	di0.2	B12	a	b	a	-	-	-	-	-	
			A1.1	di0.1	a	BB31	a	BV-5	-	-	-	-	-	
				Di0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0

a à e : discontinuités mineures d'après C. Darsac (1983).

0 à 4 : discontinuités majeures d'après C. Darsac (1983).

BB164 : échantillon au voisinage duquel se trouve une discontinuité.

Tableau 33 : Equivalence entre les discontinuités signalées par C. DARSAC (1983) dans les coupes de l'Ain et de la Savoie, et celles mises en évidence en Chartreuse méridionale et à l'Echaillon.

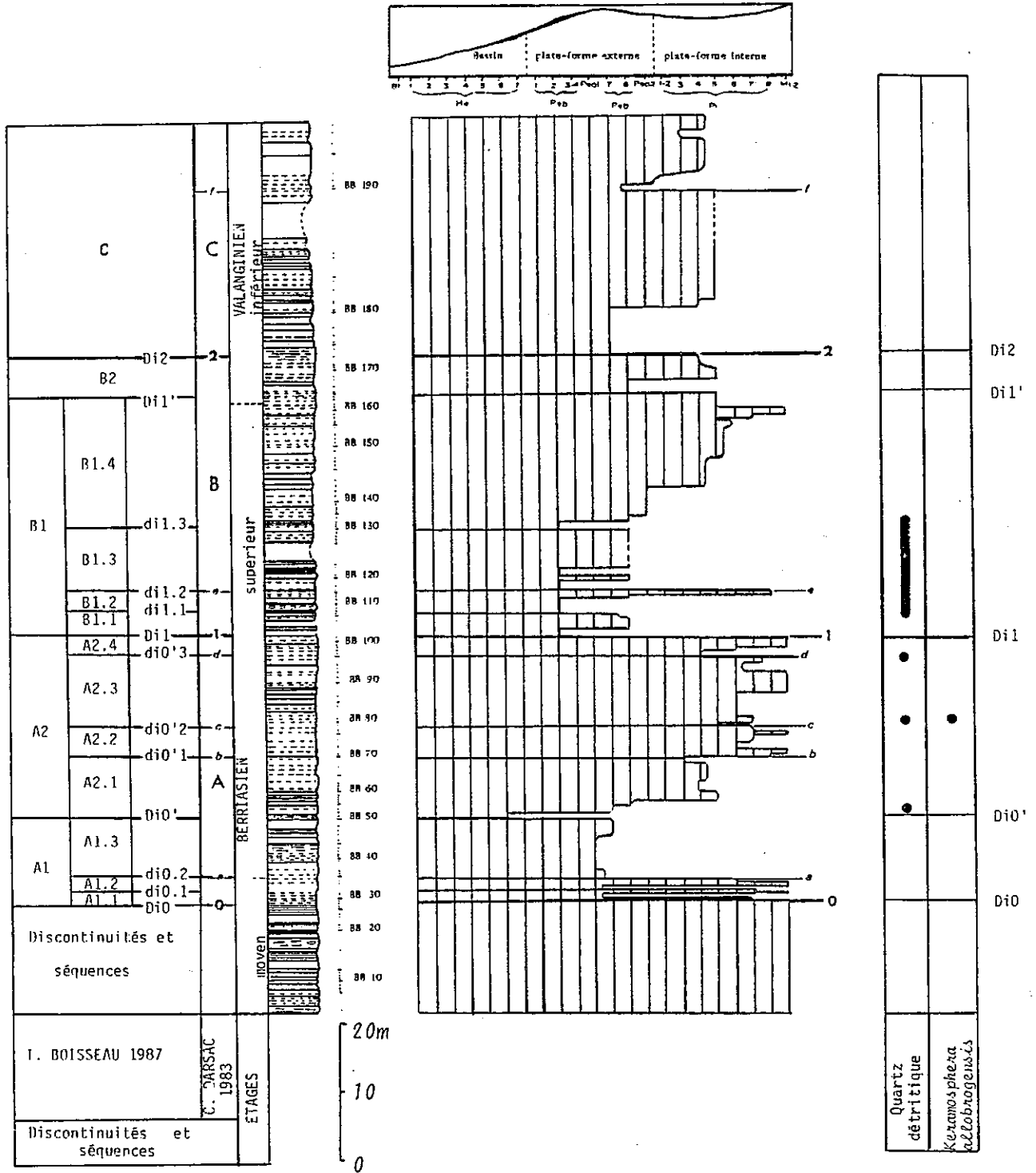


Figure 46 : Séquences, discontinuités, arrivées de quartz et position de *Keramosphera allobrogeus* sur la coupe de Billième, d'après C. DARSAC (1983) modifié.

Discontinuité Dil' : Située entre les discontinuités Dil et Di2, cette discontinuité marque la disparition des dépôts de plate-forme en Chartreuse méridionale. Elle n'a pu être retrouvée avec certitude que sur la coupe subalpine du Revard. En domaine jurassien elle est difficilement identifiable, sauf peut-être sur la coupe de Billième (fig. 46, échantillon BB 164).

Discontinuités mineures : C. DARSAC (1983) signale la présence de discontinuités locales se marquant par un approfondissement des milieux de dépôt. Les discontinuités mineures reconnues sur les coupes de Chartreuse méridionale peuvent être mises en équivalence avec ces discontinuités locales (tableau 33), certaines d'entre elles pouvant être calées en utilisant des repères micropaléontologiques ou sédimentologiques (voir le paragraphe 3 du chapitre Sédimentologie).

Les discontinuités mineures di0'3 et dil.2 définies dans les séries de Chartreuse méridionale correspondent dans l'Ain et la Savoie aux discontinuités locales d et e de C. DARSAC (1983).

Les séries épaisses de plate-forme externe de Chartreuse méridionale permettent de définir des discontinuités mineures que l'on peut retrouver dans les séries plus minces de plate-forme interne de l'Ain et de la Savoie. Ces discontinuités mineures sont toutefois beaucoup plus nettes en domaine externe qu'en domaine interne, où certaines discontinuités majeures (Di0' et Dil'), très visibles en Chartreuse méridionale, sont parfois peu exprimées.

La reconnaissance des discontinuités mineures, décrites en Chartreuse méridionale, dans les séries de l'Ain et de la Savoie permet, d'une part de corrélérer finement les deux provinces, d'autre part de comparer la répartition des foraminifères depuis la plate-forme externe jusqu'à la plate-forme interne.

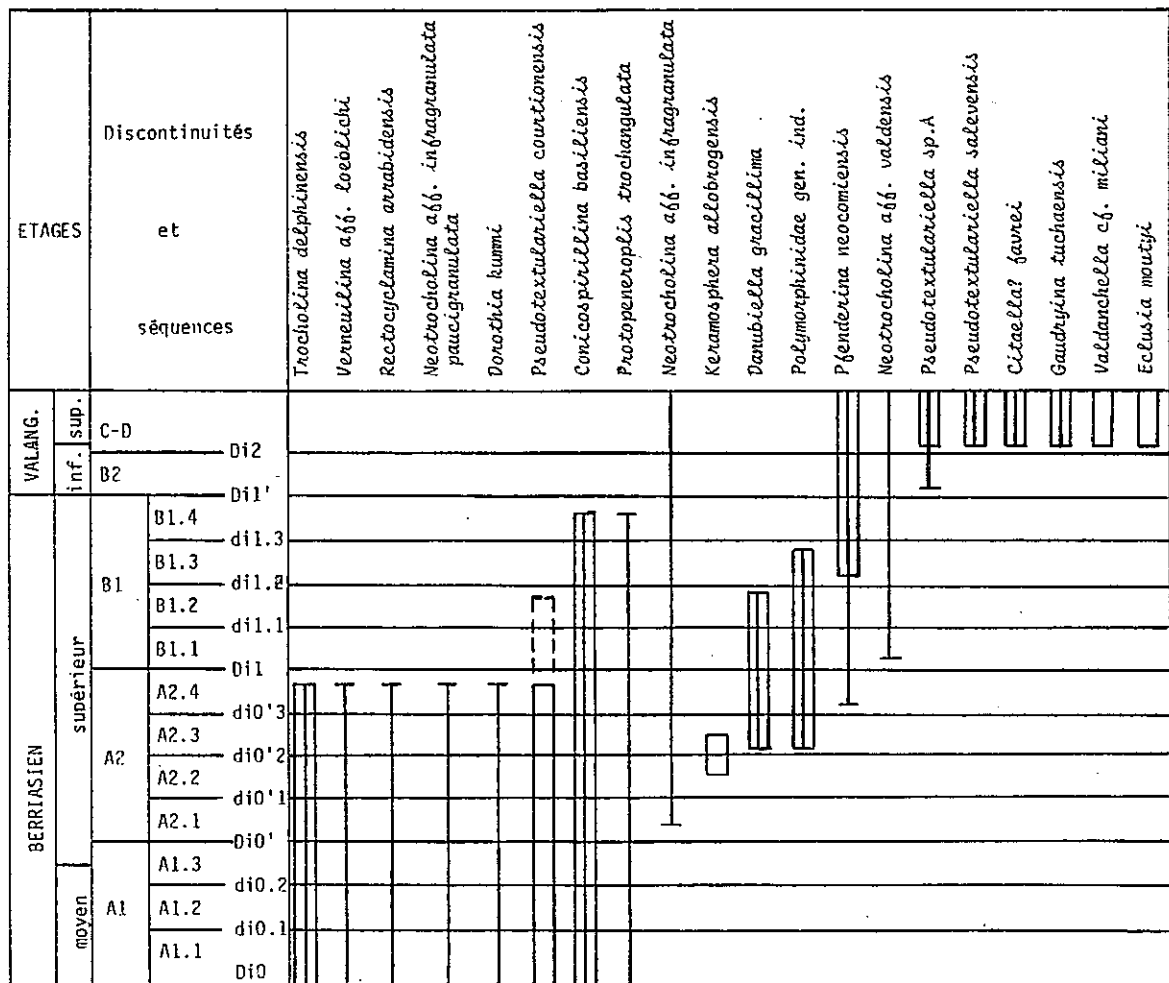
5.2.2 - Répartition de la microfaune : tableau 34

Les séries de l'Ain et de la Savoie montrent surtout des dépôts de plate-forme interne, alors que celles de Chartreuse méridionale présentent des sédiments plus externes. De ce fait, certaines espèces de foraminifères ne s'observent que dans l'une des deux provinces. La reconnaissance des discontinuités majeures et mineures permet d'établir des corrélations précises entre des coupes situées dans des domaines différents et ainsi de comparer la répartition de foraminifères benthiques ne s'observant que dans des secteurs géographiques limités.

Les espèces communes aux deux domaines présentent une répartition analogue, à l'exception de Pfenderina neocomiensis et Pseudotextulariella sp. A qui apparaissent un peu plus tôt en Chartreuse méridionale.

Les espèces qui n'ont pas été observées dans les séries de Chartreuse méridionale peuvent être positionnées par rapport aux discontinuités et séquences définies dans cette province du fait de l'établissement de corrélations précises, il s'agit de :

- *Pseudotextulariella courtionensis*, fréquent dans les dépôts internes des séquences A1 et A2, qui est rarement observé à la base de la séquence B1.
- *Keramosphera allobroensis*, visible dans les quelques bancs qui encadrent la discontinuité mineure Di0'2. Ce foraminifère constitue de ce fait un bon marqueur pour identifier cette discontinuité et établir des corrélations dans les séries internes.
- *Valdanchella miliani* et *Eclusia moutyi* présents au-dessus de la discontinuité Di2, c'est-à-dire dans l'équivalent latéral de dépôts de plate-forme submergée en Chartreuse méridionale.







 espèces présentes seulement sur les coupes de Chartreuse méridionale (faciès externes prépondérants).

 espèces présentes seulement sur les coupes de l'Ain et de la Savoie (faciès internes prépondérants).

 espèces présentes dans les deux domaines.

Tableau 34 : Répartition comparée des foraminifères les plus caractéristiques sur les coupes de l'Ain, de la Savoie et de Chartreuse méridionale.

La reconnaissance dans les séries de l'Ain et de la Savoie des discontinuités identifiées en Chartreuse permet de compléter les répartitions stratigraphiques des espèces décrites par C. DARSAC (1983) et de comparer les répartitions d'espèces vivant dans des provinces différentes.

5.3 - Stratotype de Berrias : figure 47

5.3.1 - Description :

La description détaillée du stratotype du Berriasien a été publiée par G. LE HEGARAT en 1971, puis complétée par cet auteur en 1980 dans le cadre de la révision des stratotypes ; G. GALBRUN (1985) y a effectué une étude magnétostratigraphique. Située en Ardèche, cette coupe épaisse de seulement 25 m est constituée par des dépôts hémipélagiques à pélagiques ; dans sa partie médiane s'observe un slump épais de quelques mètres (figure 47). Les différentes zones et sous-zones d'ammonites et de calpionelles y ont été reconnues. On constate sur la figure 47 que le nombre d'espèces d'ammonites récoltées dans chaque banc varie entre 0 et 9 ; les bancs les plus fossilifères s'observent au niveau des sous-zones à Paramimouna et Picteti. Les fréquences des débris bioclastiques et du quartz détritique dans les faciès présentés sur cette figure sont indiquées à partir des données publiées par G. LE HEGARAT. Les débris bioclastiques sont constitués par des fragments de tests de brachiopodes, d'échinides, de crinoïdes et de lamellibranches ; ils apparaissent au sommet de la sous-zone à Dalmasi et ont une fréquence très élevée au niveau de la sous-zone à Picteti et de la limite Berriasien-Valanginien. Mis à part un horizon de la zone à Paramimouna, le quartz ne s'observe qu'au sommet de la coupe avec une plus grande abondance à la base du Valanginien. En outre, G. LE HEGARAT signale la présence de grains de quartz très anguleux dans la zone à Picteti.

5.3.2 - Localisation possible des discontinuités sur la coupe de Berrias :

L'étude des séries jurassienne et subalpine a permis de mettre en évidence des discontinuités et de les situer par rapport aux échelles biostratigraphiques basées sur la ammonites et les calpionelles. Sur ces domaines de plate-forme et de talus externe, les discontinuités se repèrent grâce à l'analyse séquentielle et aux périodes de renouvellement des foraminifères benthiques. Ces critères sédimentologiques et micropaléontologiques ne peuvent être utilisés pour la coupe de Berrias qui présente une succession peu épaisse, monotone et pauvre en foraminifères benthiques. En conséquence, la localisation des équivalents de ces discontinuités majeures sur la coupe de Berrias se basera sur la recherche des horizons présentant des anomalies dans la faune (ammonites) et la sédimentation (débris bioclastiques et grains de quartz), situées dans un intervalle de temps pouvant correspondre à une discontinuité sur la plate-forme.

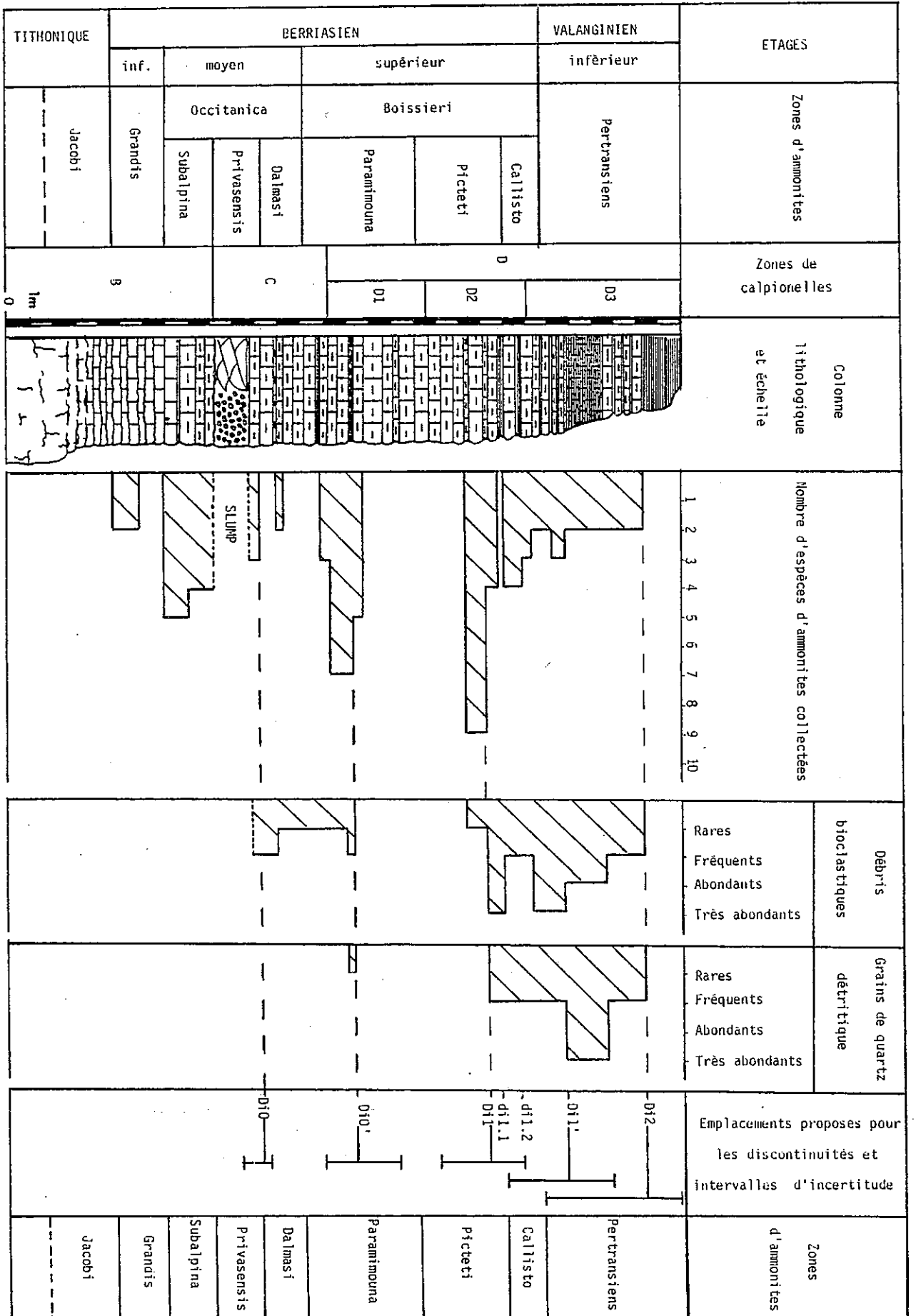


Figure 47 : Equivalents latéraux des discontinuités majeures mises en évidence sur la plate-forme dans le stratotype du Berniasien. Données sur le stratotype tirées de G. LE HEGARAT (1971).

Discontinuité majeure Di0 : Elle se situe en domaine subalpin au niveau de la sous-zone à Privasensis, elle pourrait se trouver dans la coupe de Berrias au niveau d'un slump important surmonté par des sédiments assez riches en ammonites et en débris bioclastiques, mais dépourvus de grains de quartz. Cette localisation stratigraphique renforce, à posteriori, celle qui résulte de l'ensemble des données de plate-forme (tableau 30).

Une étude statistique effectuée à partir des coupes vocontiennes publiées par G. le HEGARAT (1971) montre que 80 % de celles-ci présentent des bancs glissés au sein de la sous-zone à Privasensis. D'après cet auteur, un phénomène aussi généralisé ne peut s'expliquer uniquement par l'existence de pentes locales, mais nécessite un processus général affectant l'ensemble du bassin. La fréquence des mouvements gravitaires à ce niveau serait due à une activité tectonique, un tel phénomène pourrait être enregistré au niveau des plates-formes et expliquerait ainsi en partie, l'origine de la discontinuité Di0.

Discontinuité majeure Di1 : En domaine jurassien et subalpin, cette discontinuité s'observe au niveau des sous-zones D2-D3 de calpionelles, c'est-à-dire à proximité des limites des sous-zones d'ammonites à Picteti et Callisto. Sur les plates-formes, elle est surmontée par quelques bancs riches en grains de quartz de grande taille.

Sur la coupe de Berrias, nous proposons de situer la discontinuité majeure Di1 au sommet de la sous-zone à Picteti. Elle serait positionnée entre un banc très riche en ammonites et un horizon présentant de nombreux débris bioclastiques et des grains de quartz anguleux.

Discontinuités mineures di1.1 et di1.2 : Sur la plate-forme jurassienne et subalpine, ces discontinuités se situent à la base de deux passées marneuses, quelques mètres au-dessus de la discontinuité majeure Di1.

Sur la coupe de Berrias on observe également deux passées marneuses rapprochées légèrement au-dessus de la discontinuité Di1. Il serait donc possible d'envisager de situer les discontinuités mineures di1.1 et di1.2 à la base de ces bancs marneux, c'est-à-dire au sommet de la sous-zone à Picteti pour la première, à la base de la sous-zone à Callisto pour la seconde.

Discontinuité majeure Di1' : Située à proximité de la limite Berriassien-Valanginien, cette discontinuité ne peut pas être placée avec précision sur la coupe de Berrias qui ne présente pas de coupures biosédimentaires nettes à ce niveau. L'emplacement proposé sur la figure 47 demeure donc très incertain.

Discontinuité majeure Di2 : Sur la plate-forme, la discontinuité Di2 se marque par d'importantes passées marneuses. Située dans le Valanginien basal, cette discontinuité se trouverait à Berrias au sein de la zone à Pertransiens sous une importante passée marneuse.

5.3.3 - Conclusion :

A Berrias comme sur la plate-forme subalpine, s'observent des horizons riches en grains de quartz et en argiles, caractérisés par des renouvellements de la microfaune (foraminifères benthiques) et de la macrofaune (ammonites). Au nombre de trois pour le Berriasien moyen et supérieur, ces horizons correspondent aux discontinuités majeures Di0, Di0' et Di1 sur la plate-forme.

Le synchronisme des événements biologiques et sédimentaires dans les deux domaines permet d'une part d'établir des corrélations précises, d'autre part de prouver que les mouvements eustatiques en relation avec les discontinuités majeures observés sur la plate-forme sont également enregistrés dans le bassin.

6 - Paléogéographie :

Les données prises en compte pour réaliser cette reconstitution paléogéographique ont été fournies par des coupes levées banc par banc, complètes (Le Guiers mort, Curière, la Pointière et l'Echaillon) ou incomplètes (La Buisse, Chemin du pont St Bruno), et par des coupes levées plus sommairement (la Grande Sure) ou publiées antérieurement (le Fontanil, H. ARNAUD, M. GIDON et J.P. THIEULOY 1981) (fig. 48).

Au Nord de l'Isère, la zone intermédiaire entre les domaines jurassien et subalpin est soit érodée, soit masquée par le recouvrement dû à la faille de Voreppe. Au Sud de l'Isère, la composante horizontale de chevauchement due à cet accident devient très faible, mais la zone intermédiaire est encore difficile à détailler en raison du coulissement de la faille, dont la valeur résultante n'est pas clairement connue.

La coupe de l'Echaillon pourrait donc être un témoin local des séries intermédiaires entre le bassin subalpin et la plate-forme jurassienne (coupe de la Buisse).

6.1 - Evolution paléogéographique :

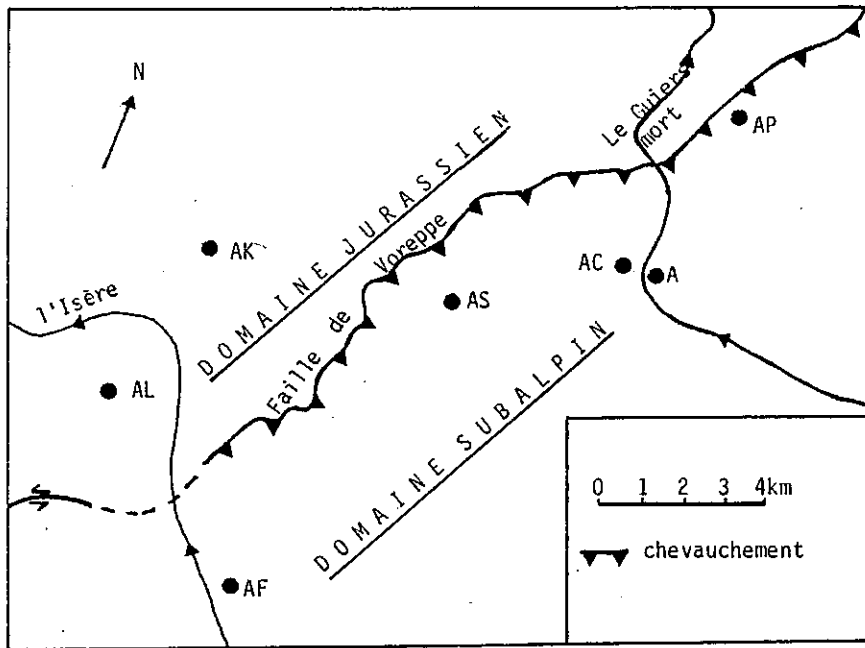
6.1.1 - Jurassique terminal : figure 49

zone à Jacobi

C'est à ce niveau que s'observent les plus forts contrastes entre les domaines jurassien et subalpin.

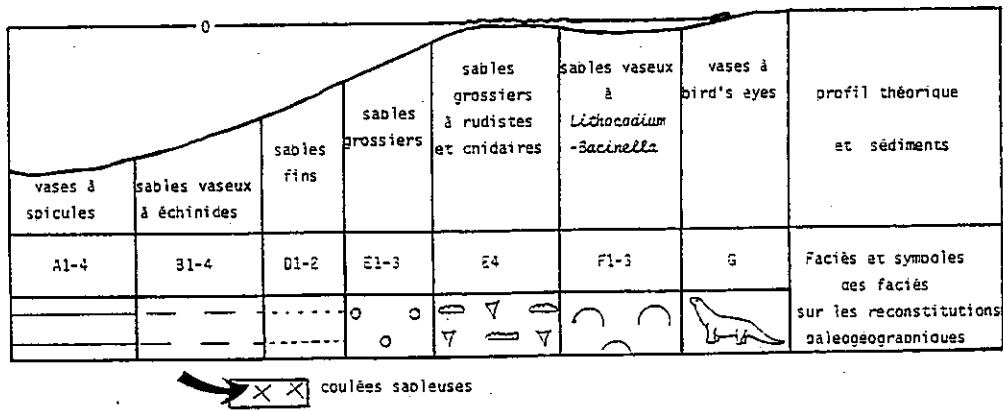
Le domaine subalpin présente des dépôts uniformément pélagiques à calpionelles, renfermant quelques horizons bréchiques à madréporaires (brèche d'Afzy).

Le domaine jurassien ne présente que des sédiments de plate-forme souvent riches en madréporaires, voire récifaux à l'Echaillon.

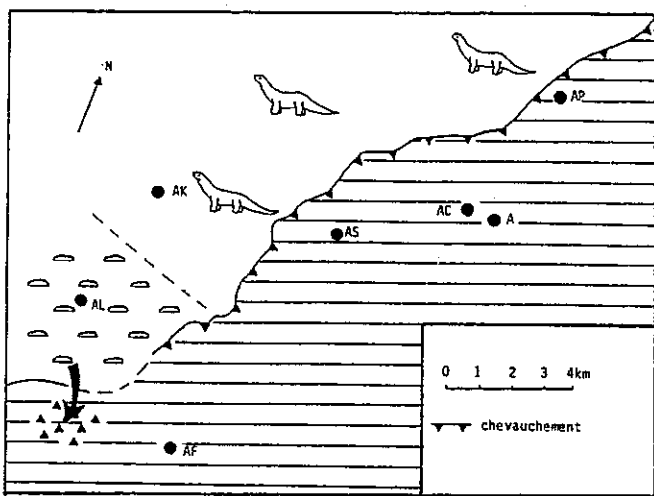


A :Le Guiers mort, AP :La Pointière AC :Curière AK :La Buisse
 AL :L'Echaillon AS :La Grande Sure AF :Le Fontanil

Figure 48 : Emplacement des coupes étudiées.

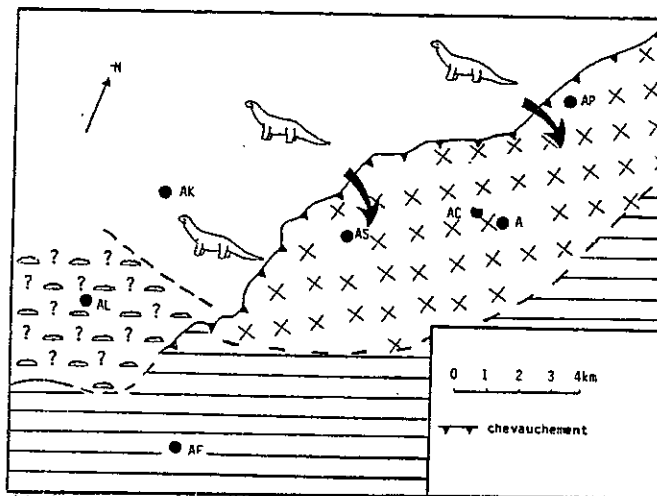


Légende des figures 49 à 54.



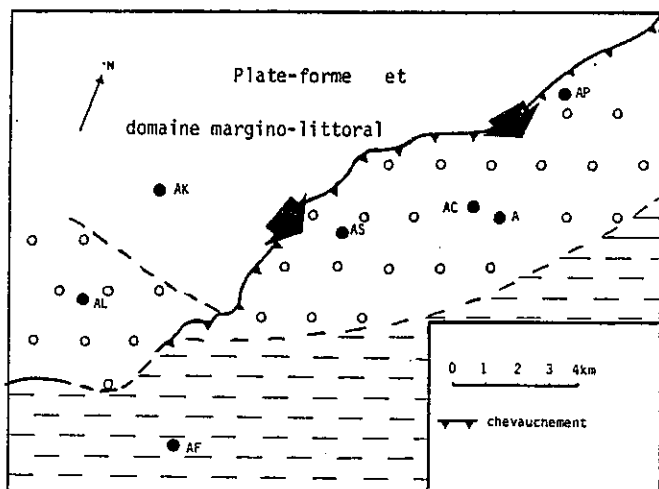
A-Le Guiers mort AP-La Pointière AC-Curière AK-La Buisse AL-L'Echaillon
AS-La Grande Sure AF-Le Fontani

Figure 49 : Répartition des faciès au sommet du Tithonique et à la base du Berriasien. Zones à Jacobi et Grandis et sous-zone à Subalpina.



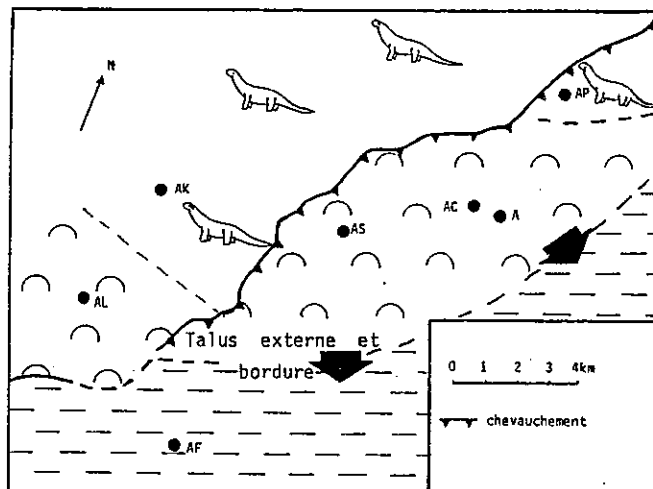
A-Le Guiers mort AP-La Pointière AC-Curière AK-La Buisse AL-L'Echaillon
AS-La Grande Sure AF-Le Fontani

Figure 50 : Répartition des faciès sous la discontinuité majeure Di0. Sous-zone à Privasensis



A-Le Guiers mort AP-La Pointière AC-Curière AK-La Buisse AL-L'Echaillon
AS-La Grande Sure AF-Le Fontani

Figure 51 : Répartition des faciès sous la discontinuité majeure Di0', sommet de la séquence A1. Sous-zone à Paramimouna.



A-Le Guiers mort AP-La Pointière AC-Curière AK-La Buisse AL-L'Echaillon
AS-La Grande Sure AF-Le Fontani

Figure 52 : Répartition des faciès sous la discontinuité Di1, sommet de la séquence A2. Sous-zone à Picteti.

6.1.2 - Berriasien inférieur et base du Berriasien moyen : figure 49

Zone à Grandis et sous-zone à Subalpina.

Le domaine subalpin ne présente plus de brèche-récifales, les dépôts sont uniquement constitués par des vases à calpionelles.

Le domaine jurassien est constitué par les dépôts margino-littoraux du Purbeckien. Cependant à l'Echaillon, l'équivalent latéral du Purbeckien ne peut-être défini avec précision, il correspond soit à la partie terminale des "Calcaires coralligènes", soit à une lacune de sédimentation. Les lignes de faciès ne paraissent pas présenter de changements notables par rapport au Jurassique terminal.

6.1.3 - Berriasien moyen : figure 50

Sous-zone à Privasensis, assises situées sous la discontinuité Di0.

En domaine subalpin, des coulées sableuse à éléments remaniés issus de la plate-forme arrivent dans une zone où auparavant se déposaient des sédiments pélagiques. Ces venues bioclastiques visibles au niveau des coupes proches de la vallée du Guiers mort (le Guiers mort, Curière et la Pointière), s'interrompent entre la Grande Sure et le Fontanil. Ces dépôts gravitaires ne permettent pas de reconnaître d'organisation séquentielle.

En domaine jurassien, la sous-zone à Privasensis se situe au sommet du Purbeckien, à l'Echaillon elle correspond soit au sommet des "Calcaires coralligènes", soit à une lacune de sédimentation.

La limite entre la plate-forme jurassienne et le bassin subalpin est orientée comme précédemment. Toutefois dans le bassin apparaît une zonation des dépôts entre les assises pélagiques au Sud et le domaine envahi par les coulées sableuses au Nord.

6.1.4 - Sommet du Berriasien moyen et base du Berriasien supérieur : figure 51

Sous-zones à Dalmasi et Paramimouna, séquence A1 entre les discontinuités Di0 et Di0'.

En domaine subalpin, la séquence A1 correspond à une progradation de la plate-forme jurassienne vers le Sud-Est. Elle est constituée par une épaisse succession bioclastique passant latéralement, entre la Grande Sure et le Fontanil à des dépôts hémipélagiques à pélagiques.

En domaine jurassien, à la plate-forme confinée du Purbeckien succède une plate-forme présentant plus rarement des indices d'émersion ou de confinement. A l'Echaillon, se dépose une faible épaisseur de sables bioclastiques et de vases sableuses à fins débris d'échinides aux caractéristiques sédimentologiques proches de celles des dépôts subalpins.

Les lignes isopiques principales sont orientées grossièrement Est-Ouest, contrairement à la base de la série. La limite entre la plate-forme et le bassin ne coïncide plus avec la faille de Voreppe car de véritables dépôts de plate-forme s'observent en domaine subalpin. Ce changement majeur dans l'orientation de la paléogéographie se serait amorcé dès la sous-zone à Privasensis comme l'indique la venue des coulées sableuses.

6.1.5 - Berriasien supérieur : figure 52

Sous-zones à Paramimouna et Picteti, séquence A2 entre les discontinuités Di0' et Di1.

En domaine subalpin, le comblement sédimentaire déjà net sous la discontinuité Di0' s'achève au sommet de la séquence A2. Ainsi apparaissent dans la partie Nord des dépôts pouvant présenter localement des indices d'émersion (la Pointière). Vers le Sud, ces sédiments de plate-forme passent latéralement aux vases hémipélagiques entre la Grande Sure et le Fontanil.

En domaine jurassien, la coupe de la Buisse présente des indices d'émersion. A l'Echaillon, un important comblement sédimentaire s'achève par la réapparition de sédiments de plate-forme au sommet de la séquence A2.

Par rapport à la séquence précédente, la paléogéographie ne présente pas de modifications majeures dans l'orientation des lignes isopiques principales, toujours très obliques par rapport à la faille de Voreppe. Le sommet de la séquence marque une uniformisation des milieux de dépôt.

6.1.6 - Berriasien terminal : figure 53

Sous-zones à Picteti et Callisto; séquence B1 entre les discontinuités Di1 et Di1'.

La zonation paléogéographique est analogue à celle observée dans la séquence précédente, sauf dans le secteur de l'Echaillon qui se caractérise par un approfondissement net des milieux de dépôt et la mise en place de coulées sableuses. La séquence B1 présente fréquemment des faciès à rudistes dont font parti les "Calcaires coralligènes" de la Grande Sure et le "banc à rudistes" du Guiers mort. L'approfondissement observé à l'Echaillon traduit donc un phénomène local qui ne s'observe sur aucune autre coupe (paragraphe 6.3).

6.1.7 - Limite Berriasien-Valanginien : figure 54

Sous-zone à Callisto et zone à Otopeta; séquence B2 entre les discontinuités Di1' et Di2.

Pour l'ensemble de la région étudiée, la séquence B2 se marque par la généralisation des dépôts sableux de type talus externe. La discontinuité Di1' traduit donc la disparition de la plate-forme. En domaine subalpin, la coupe du Fontanil montre pour la première fois des arrivées bioclastiques importantes.

6.1.8 - Valanginien :

Séquences C-D, au-dessus de la discontinuité Di2.

Les Calcaires roux à silex qui correspondent à des dépôts de submersion de plate-forme s'observent sur l'ensemble de la zone étudiée.

6.2 - Evolution générale des relations entre les domaines subalpin et jurassien :

6.2.1 - Jurassique terminal : figure 55

Le domaine subalpin ne montre que des dépôts pélagiques avec quelques niveaux de brèches coralligènes intercalées. Le domaine jurassien correspond à une plate-forme de caractère récifal à l'Echaillon. Les dépôts du talus externe qui raccordait la plate-forme et le bassin ne s'observent nulle part du fait de la faille de Voreppe. Toutefois, le talus externe devait présenter une déclivité assez forte car les milieux de dépôt des deux provinces paléogéographiques sont très contrastés.

La présence de brèches récifales en domaine subalpin ainsi que l'abondance des faciès à madréporaires à l'Echaillon laissent supposer que la sédimentation du talus externe devait être essentiellement brêchique, alimentée par le démantèlement de la bordure récifale. Notons que les pentes accentuées sont des morphologies favorables à la formation de bioconstructions en bordure des plates-formes et à la mise en place de brèches sur le talus (F. READ 1982).

6.2.2 - Berriasien inférieur et base du Berriasien moyen: figure 56

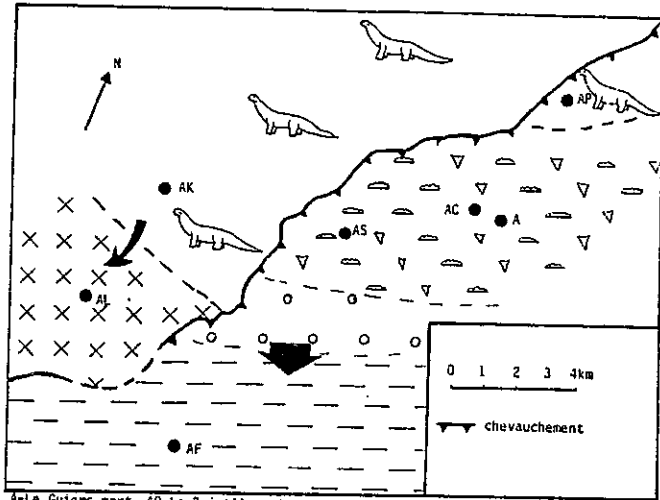
Zone à Grandis et sous-zone à Subalpina

Les domaines jurassien et subalpin présentent des milieux de dépôt très différents.

Le domaine jurassien était occupé par une plate-forme submergée (Purbeckien), le domaine subalpin ne montrait que des dépôts uniformément pélagiques à hémipélagiques, sans aucune intercalation de brèches coralligènes.

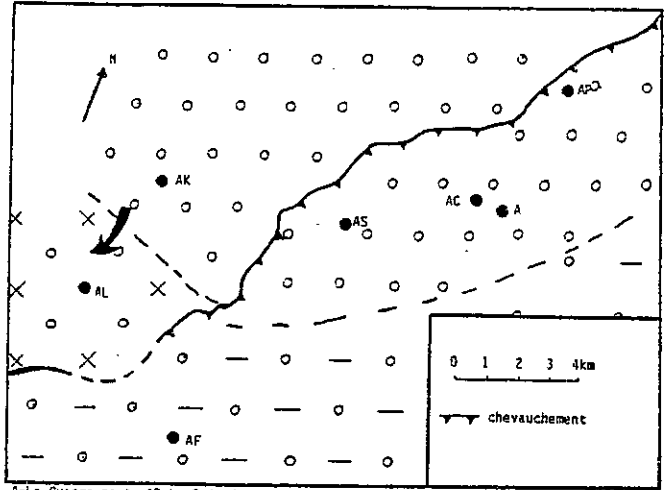
La zone de raccord entre ces deux domaines ne s'observe qu'à l'Echaillon où elle serait constituée soit par une bordure récifale, soit par une zone de non dépôt.

Dans l'hypothèse d'une bordure récifale, le sommet des "Calcaires coralligènes" serait d'âge Berriasien moyen, mais contrairement au Tithonique terminal aucune brèche de démantèlement ne s'observe dans le domaine subalpin.



A-Le Guiers mort AP-La Pointière AC-Curière AK-La Buisse AL-L'Echailion
AS-La Grande Sure AF-Le Fontanil

Figure 53 : Répartition des faciès sous la discontinuité Di1.2, séquence B1.3. Sous-zone à Callisto.



A-Le Guiers mort AP-La Pointière AC-Curière AK-La Buisse AL-L'Echailion
AS-La Grande Sure AF-Le Fontanil

Figure 54 : Répartition des faciès sous la discontinuité Di2, séquence B2. Limite Berriasien-Valanginien.

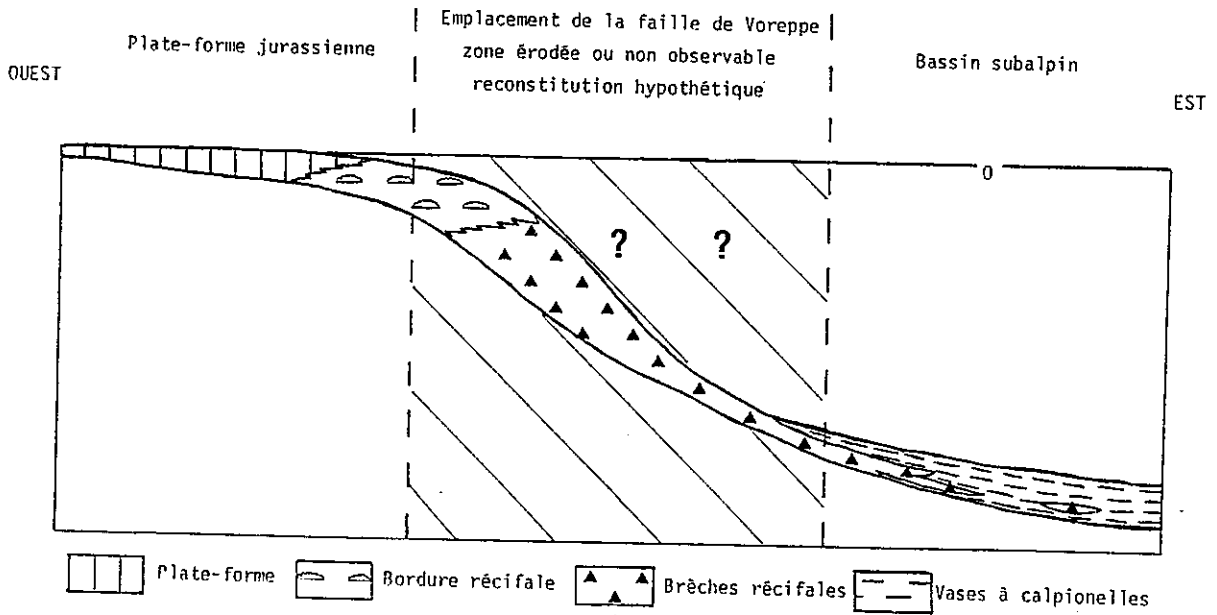


Figure 55 : Coupé schématique E-W montrant le passage plate-forme jurassienne-bassin subalpin au Tithonique terminal.

L'hypothèse d'une zone de non dépôt à l'Echaillon, que traduirait à l'affleurement la présence d'un hard-ground important, nous semble plus probable pour les raisons suivantes.

- très important approfondissement des milieux de dépôt au niveau de l'horizon de discontinuité Di0 ?,
- absence de brèches récifales en domaine subalpin qui traduirait le ralentissement voir l'arrêt de la sédimentation récifale en bordure de la plate-forme,
- très forte déclivité de la pente du talus externe. Après l'arrêt du développement des bioconstructions, aucune sédimentation ne pourrait rester en place à ce niveau, il s'agissait alors d'une marge de type "bypassing" (W. SCHLAGER et R.L. GINSBERG 1981) ayant une déclivité supérieure à 7°.

Seule la datation du sommet des "Calcaires coralligènes" permettrait de choisir parmi les hypothèses. Les échantillons récoltés au sommet de cette formation n'ont malheureusement pas permis d'aboutir à un résultat (paragraphe 4).

6.2.3 - Berriasien moyen : figure 56

Sous zone à Privasensis ; sous la discontinuité Di0.

Les coupes subalpines situées au nord du domaine étudié montrent de nombreuses coulées sableuses. Sur la plate-forme jurassienne se termine la sédimentation purbeckienne.

Comme pour le Berriasien inférieur, la série de l'Echaillon est mal datée à ce niveau, la sous-zone à Privasensis correspond soit à la partie terminale des "Calcaires coralligènes", soit à une lacune de sédimentation. La venue dans le bassin de coulées sableuses, très pauvres en débris de cnidaires, est peu compatible avec la présence d'une zone bordière récifale car dans ce cas, les dépôts gravitaires seraient plutôt des brèches récifales comparables à celles observées au Tithonique terminal.

En conclusion, l'érosion et le recouvrement des séries dues à la faille de Voreppe ne permettent pas de déterminer avec précision la nature des dépôts du domaine intermédiaire situé entre la plate-forme jurassienne (Purbeckien) et le bassin subalpin. La coupe de l'Echaillon constitue le seul témoin observable de cette zone de transition, mais l'absence d'éléments de datations pour le Berriasien inférieur et l'essentiel du Berriasien moyen (sous la discontinuité Di0) ne permettent pas de corréler cette série anormale avec celles des autres coupes. Toutefois, de cette analyse il ressort que :

- Au Tithonique terminal, existait une zone bordière présentant un fort développement des bioconstructions à cnidaires. Des brèches issues du démantèlement de cette zone constituent les seuls apports issus de la plate-forme observés dans le bassin subalpin.

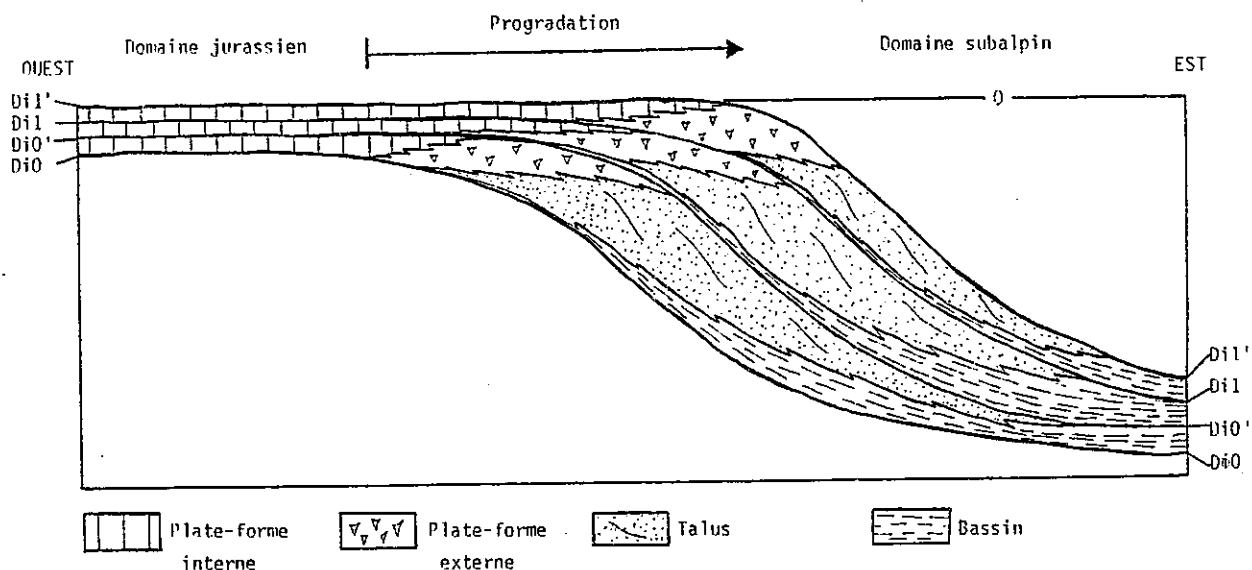


Figure 57 : Reconstitution schématique indiquant les étapes successives de la progradation de la plate-forme jurassienne. Berriasien supérieur.

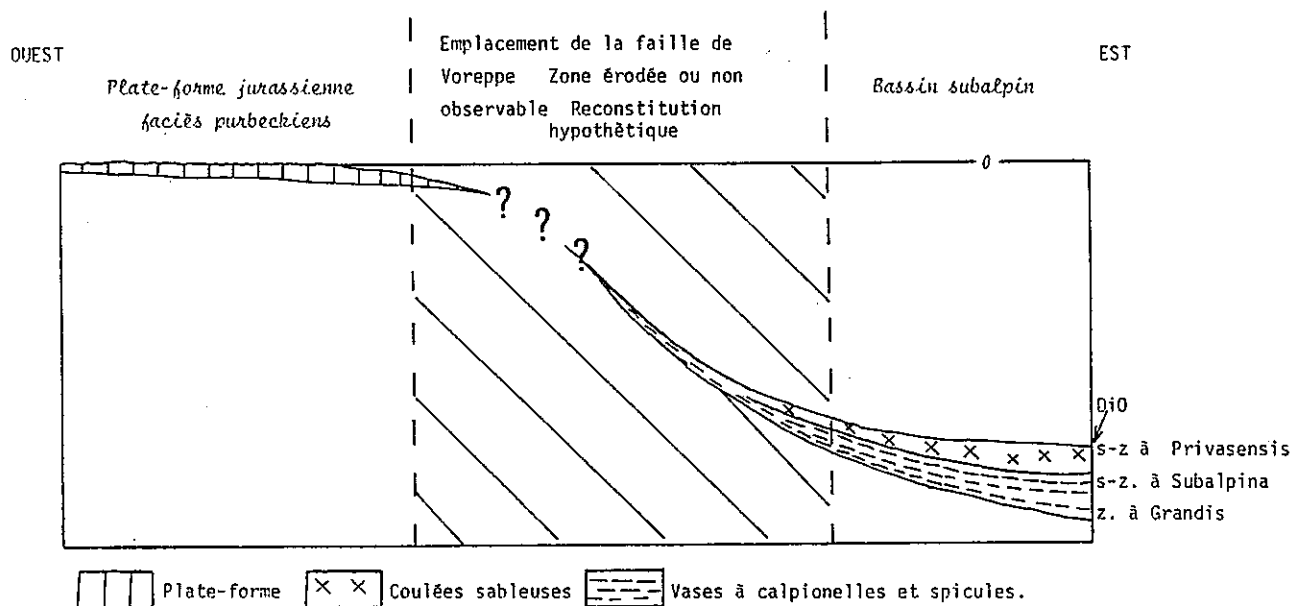


Figure 56 : Coupe schématique Est-Ouest montrant le Passage de la plate-forme jurassienne au bassin subalpin sous la discontinuité Di0 (sous-zone à Privasensis).

- Au Berriasien inférieur et moyen (pro parte), le talus externe présentait une forte pente du fait de la morphologie héritée du Jurassique. A une sédimentation de type pélagique succèdent des dépôts remaniés constitués par des coulées sableuses.

6.2.4 - Berriasien terminal et Valanginien :

Séquences B2, C et D au dessus de la discontinuité majeure Di1'

A partir de l'approfondissement important des milieux de dépôt que traduit la discontinuité majeure Di1', les domaines jurassien et subalpin présentent une sédimentation voisine. Au Valanginien basal (séquence B2) les faciès de plate-forme disparaissent définitivement et une sédimentation bioclastique caractéristique de milieux de dépôts plus externes se généralise. Il ne s'agit pas de dépôts de plate-forme submergée car d'une part, on note une organisation séquentielle en séquence de comblement et d'autre part, les dépôts typiques des plates-formes submergées sont totalement absents (Sables à gros débris de crinoïdes et bryozoaires, faciès à silex). Ces dépôts particuliers n'apparaissent qu'au-dessus de la discontinuité majeure Di2.

6.3 - Rôle de la tectonique :

Les nombreuses anomalies observées tant dans la nature de la sédimentation que dans l'organisation séquentielle de la coupe de l'Echailon ne peuvent s'expliquer que par des phénomènes d'origine tectonique. Deux phases successives d'instabilité peuvent ainsi être mises en évidence (tableau 35).

6.3.1 - Première phase d'instabilité :

Sous-zone à Privasensis, discontinuité Di0.

Dans tous les domaines, la discontinuité Di0 se marque par de très importantes modifications des milieux qui ne peuvent s'expliquer uniquement par une montée rapide de niveau de la mer comme pour les autres discontinuités majeures.

- Bassin vocontien : G. LE HEGARAT (1971) signale que 80% des coupes vocontiennes, dont celle de Berrias, sont slumpées à ce niveau. La fréquence des remaniements gravitaires serait due à une phase d'instabilité.
- Domaine subalpin : Le Nord de la zone étudiée est envahi par des coulées sableuses.
- Domaine jurassien : Les dépôts confinés caractéristiques du Purbeckien disparaissent. A l'Echailon se sédimentent des sables vaseux à échinodermes (famille de faciès B) immédiatement au dessus des "Calcaires coralligènes". La séquence A1 qui surmonte la discontinuité Di0 marque un approfondissement des milieux de dépôt (tableau 35), contrairement aux autres coupes où il s'agit d'une séquence de comblement.

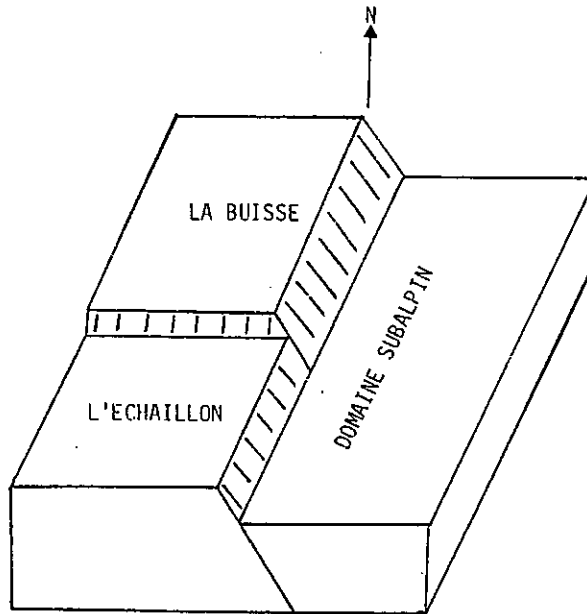


Figure 58 : Bloc diagramme schématique montrant les différentes unités structurales du Berriasien, au niveau de la vallée de l'Isère.

6.3.2 - Deuxième période d'instabilité :

Sous-zone à Picteti, séquence B1.

Dans toutes les coupes étudiées, la discontinuité D1 surmonte des dépôts de plate-forme interne, la morphologie devait être très peu accentuée, la plate-forme présentait son extension maximale (figure 53).

La discontinuité D1 marque une rétrogradation généralisée de la plate-forme, la séquence B1 correspond à une séquence de comblement, à une progradation. Par contre, à l'Echaillon les milieux de dépôt s'approfondissent, les sédiments étant principalement constitués par des coulées sableuses et des slumps qui traduisent l'existence d'une morphologie accentuée.

6.3.3 - Conclusion :

Par deux fois, au niveau des sous-zones à Privasensis et Paramimouna, la coupe de l'Echaillon présente une évolution des milieux de dépôts inversée par rapport aux autres séries. La région de l'Echaillon correspond alors à une dépression où viennent se piéger des dépôts gravitaires. Le fait que le secteur de la Buisse ne soit pas affecté de façon notable par ces deux événements montre qu'il existait une ligne structurale qui séparait un domaine stable au Nord, d'un domaine instable au Sud. Cette limite devait être orientée très obliquement par rapport à la direction de l'actuelle faille de Voreppe et correspondait soit à une flexure, soit à une faille comme le propose la figure 58.

ETAGES	Zones d'ammonites	Séquences Discontinuités	DOMAINE JURASSIEN		DOMAINE SUBALPIN	Phases d'instabilités
			LA BUISSE	L'ECHAILLON		
VALANG. inférieur	Pertransiens	Di2	Submersion		Submersion	
	Otopeta	B2				
BERRIASIEN supérieur	Callisto	B1				
	Picteti	Di1		Submersion		
	Paramimouna	A2				
	Dalmasi	A1				
	Privasensis	Di0				
BERRIASIEN moyen						

Séquences de comblement
 Séquences d'approfondissement

Tableau 35 : Organisation des séquences de deuxième ordre dans les coupes subalpines, à la Buisse et à l'Echaillon.

6.4 - Disparition de la plate-forme : figure 59

La disparition de la plate-forme jurassienne et subalpine n'est pas un évènement synchrone à l'échelle régionale.

En domaine jurassien, depuis l'Echaillon jusqu'à l'Ain, on note une submersion progressive de la plate-forme du Sud vers le Nord. Ainsi, elle disparaît d'abord au Sud à l'Echaillon (Berriasien supérieur, discontinuité Di1), puis plus au Nord à la Buisse (limite Berriasien-Valanginien, discontinuité Di1') et finalement dans l'Ain et la Savoie (sommet du Valanginien inférieur, discontinuité Di3).

En domaine subalpin, la plate-forme disparaît simultanément du massif des Bauges à la Chartreuse, au niveau de la discontinuité Di1' (limite Berriasien-Valanginien). Par contre, elle subsiste jusqu'à la limite Valanginien inférieur-Valanginien supérieur dans la région de Malleval (Vercors septentrional).

La submersion de la plate-forme jurassienne et subalpine s'effectue donc par étapes successives au cours du Berriasien supérieur et du Valanginien inférieur. Chaque phase de submersion correspond à une transgression (discontinuité majeure), toutefois si l'eustatisme était le seul mécanisme responsable de la submersion, la disparition de la plate-forme serait synchrone à l'échelle de la région étudiée, d'autres phénomènes doivent être envisagés :

- Berriasien terminal : (Di1), l'envoyage observé à l'Echaillon est d'origine tectonique et lié à la seconde phase d'instabilité du Berriasien.
- Limite Berriasien-Valanginien : (Di1'), à l'exception de la région de Malleval, la totalité des coupes subalpines est envoyée ; en domaine jurassien, seule la région de la Buisse est submergée. Le taux plus élevé de subsidence du domaine subalpin par rapport au domaine jurassien n'explique qu'en partie ce phénomène, la région de la Buisse ne présente apparemment pas une subsidence beaucoup plus forte que celle de l'Ain et la Savoie. L'envoyage précoce observé à la Buisse est peut-être du à un affaissement de la plate-forme faisant suite à la phase d'instabilité observée à l'Echaillon.
- Valanginien : Toutes les coupes jurassiennes sont envoyées au cours du Valanginien inférieur (discontinuité Di3). Les derniers témoins de la plate-forme s'observent dans la région de Malleval, en domaine subalpin. ce secteur anormal correspond à une zone haute dont l'origine est inconnue (tectonique, diapirisme, ...).

7 - Conclusion :

L'étude stratigraphique et paléogéographique permet :

- de dater avec une précision de l'ordre de la sous-zone d'ammonite les discontinuités majeures et certaines discontinuités mineures ;
- de reconstituer la paléogéographie de la région étudiée, particulièrement les relations entre les domaines jurassien et subalpin ;
- de corrélérer les coupes étudiées avec d'autres séries régionales situées dans des domaines plus internes ou plus externes.

7.1 - Datation des discontinuités :

Les foraminifères benthiques, les ostracodes, les algues calcaires, quelques rares ammonites et surtout les calpionelles ont permis de dater les discontinuités sur la plate-forme.

La discontinuité majeure Di0, n'a pu être étudiée que dans les coupes subalpines, les premières assises qui la surmonte ayant livré des calpionelles du Berriasien moyen, sommet de la zone C à base de la sous-zone D1, équivalent à la proximité de la limite entre les sous-zones d'ammonites à Privasensis et Dalmasi.

La discontinuité majeure Di0' se situe à la base du Berriasien supérieur, au niveau de la sous-zone D1 de calpionelles, peu avant la sous-zone D2, c'est-à-dire dans la sous-zone d'ammonite à Paramimouna.

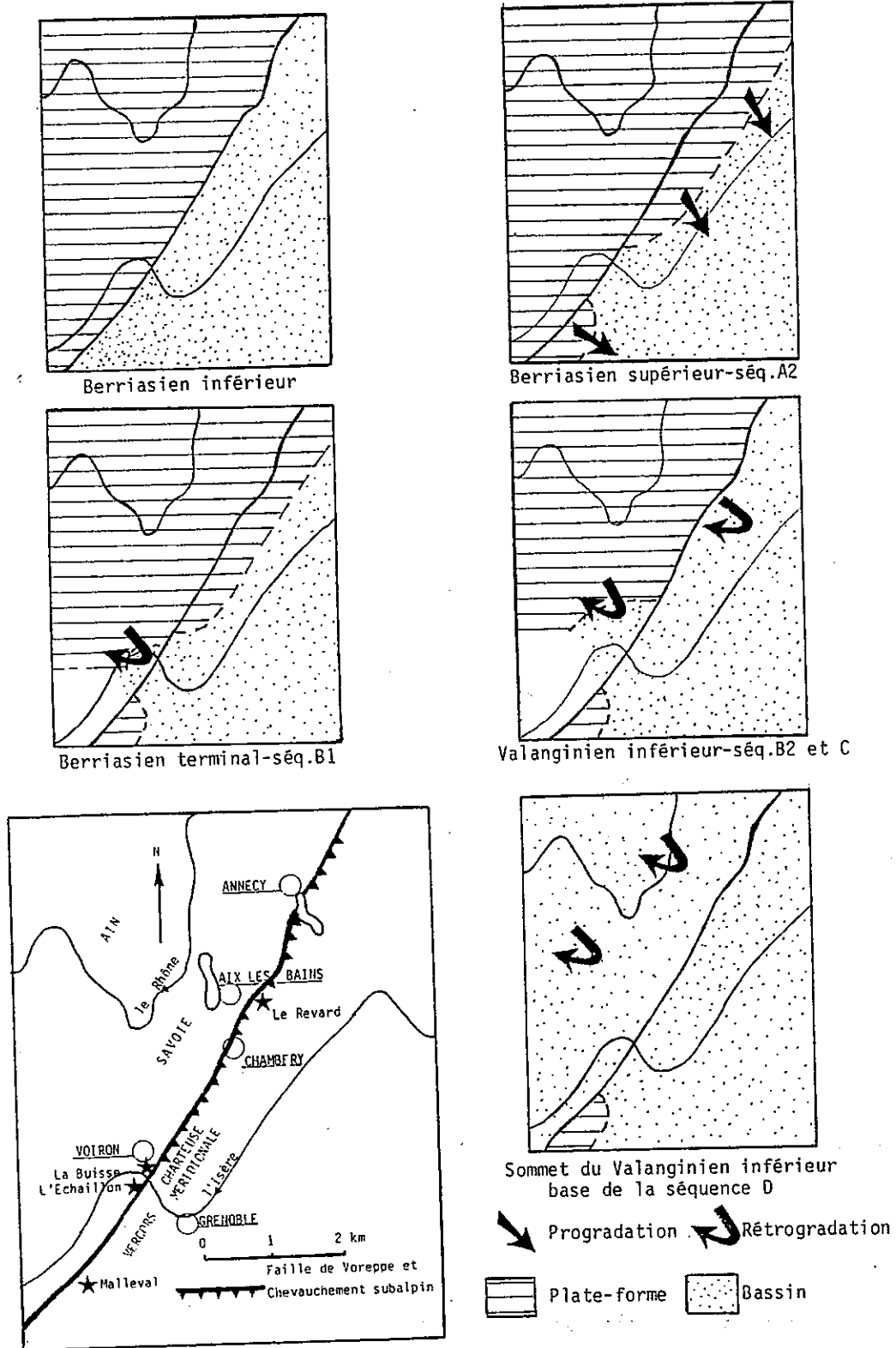


Figure 59 : Etapes de la disparition de la plate-forme carbonatée du Berriasien-Valanginien.

La discontinuité mineure di0'1 se trouve pratiquement au niveau de la limite des sous-zones de calpionelles D1 et D2, qui correspond approximativement à la limite des sous-zones d'ammonites à Paramimouna et Picteti.

La discontinuité mineure di0'2 se situe au niveau de la sous-zone D2 de calpionelles, c'est-à-dire dans la première partie de la sous-zone d'ammonite à Picteti.

La discontinuité majeure Di1 est d'âge Berriasien supérieur. Elle est surmontée par un horizon ayant livré des calpionelles des sous-zones D2-D3. Des calpionelles de la sous-zone D2 ayant été trouvées plus bas dans la série (discontinuité di0'2), la discontinuité Di1 se situerait donc, soit au sommet de la sous-zone D2, soit à la base de la sous-zone D3, c'est-à-dire à proximité de la limite entre les sous-zones d'ammonites à Picteti et Callisto.

La discontinuité majeure Di1' n'a pas livré d'éléments précis permettant de la dater. Elle se place entre les discontinuités mieux datées Di1 et Di2, et peut de ce fait être positionnée par encadrement. Elle se trouverait donc à proximité de la limite Berriasien-Valanginien, soit dans la sous-zone d'ammonites à Callisto, soit dans la zone à Otopeta.

La discontinuité majeure Di2 est surmontée par des niveaux qui ont livré une faune d'ostracodes d'âge Valanginien basal.

7.2 - Paléogéographie :

Au Jurassique terminal, le domaine subalpin correspond à un bassin à sédimentation pélagique, le domaine jurassien à une plate-forme à bordure localement récifale. Ces deux provinces sont reliées par un talus externe assez fortement penté à sédimentation bréchiique.

Au Berriasien inférieur et moyen, la paléogéographie évolue peu. Sur la plate-forme jurassienne se mettent en place les dépôts sub-émersifs du Purbeckien. Dans le bassin subalpin, au Berriasien inférieur se déposent des sédiments pélagiques, puis au cours du Berriasien moyen s'intercalent des coulées sableuses issues de la plate-forme.

Au Berriasien supérieur (séquences A1, A2 et B1), la plate-forme prograde vers le Sud-Est en trois étapes successives interrompues par deux rétrogradations temporaires que traduisent les discontinuités majeures Di0'1 et Di2. A l'Echaillon, sous l'effet de mouvements tectoniques, la plate-forme s'effondre au cours du Berriasien terminal (base de la séquence B1).

Au Valanginien (séquences B2 et C-D), dès la discontinuité majeure Di1', l'ensemble de la région étudiée est submergé et ne présente plus aucun dépôt de plate-forme interne. Toutefois, ce n'est qu'au-dessus de la discontinuité Di2 qu'apparaissent les premiers sédiments caractéristiques des plates-formes submergées : sables à gros débris de bryozoaires et d'échinides et marnes associées (famille de faciès C), dépôts circalittoraux à lamines (A1 et D1).

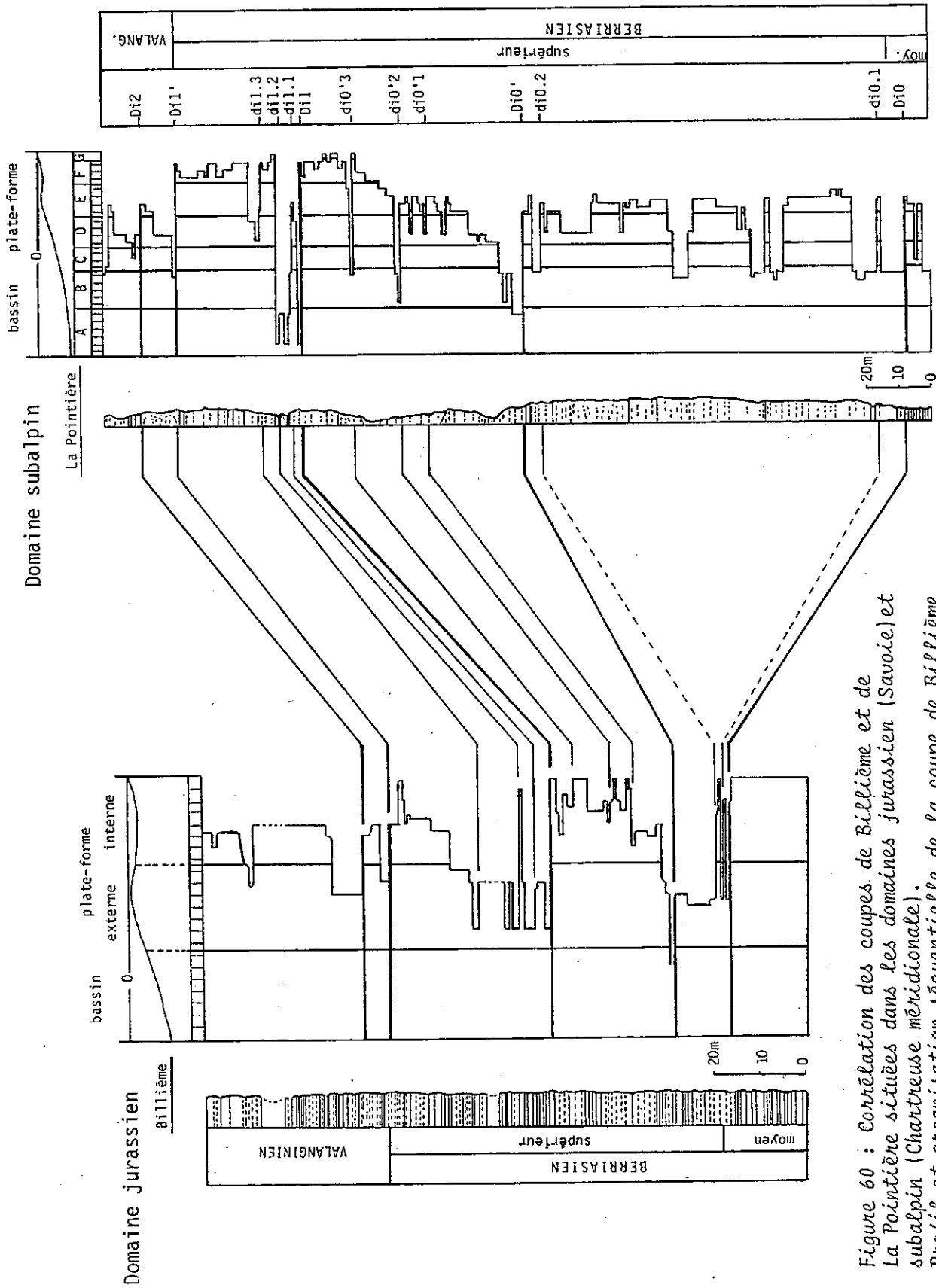


Figure 60 : Corrélation des coupes de Billième et de La Pointière situées dans les domaines jurassien (Savoie) et subalpin (Chartreuse méridionale). Profil et organisation séquentielle de la coupe de Billième d'après C. DARSAC (1983).

7.3 - Corrélations régionales :

Le domaine subalpin, qui a fait l'objet de cette étude, se situe en position intermédiaire entre deux provinces paléogéographiques très contrastées : la plate-forme interne jurassienne et le bassin vocontien à sédimentation pélagique.

7.3.1 - Corrélations avec la plate-forme interne jurassienne :

Le domaine jurassien a été étudié plus au Nord par C. DARSAC (1983). D'après cet auteur, la série berriassienne y est uniquement constituée par des dépôts de plate-forme, généralement internes. Le domaine subalpin de Chartreuse méridionale présentant, par contre, une sédimentation plus externe dominée par les dépôts de bordure de plate-forme et de sommet de talus.

Séquences 3ème ordre	Coupes jurassiennes					Coupes subalpines			
	Billième	La Chambotte	Val de Fier Est	Val de Fier Ouest	moyenne	Le Guiers mort	Currière	La Pointière	moyenne
B1.4	19,1	15,0	12,4		15,5	35,9		25,0	30,4
B1.3	8,1	8,1	6,9		7,7	11,0		6,4	8,7
B1.2	3,5	2,9	5,2		3,9	4,6		2,9	3,7
B1.1	2,9	4,0	5,2		3,9	6,4		4,0	5,2
A2.4	2,9	5,7	2,3	5,2	4,5	12,7	20,9	16,2	16,6
A2.3	7,5	5,2	5,2	6,4	6,1	21,4	17,9	16,2	18,5
A2.2	5,2	5,2	8,7	7,2	6,6	20,8	39,3		30,3
A2.1	8,7	6,4	5,8	8,4	7,3	32,3	37,0	29,0	32,7

Tableau 36 : Epaisseur des séquences de troisième ordre des coupes subalpines et jurassiennes (valeurs en mètres).

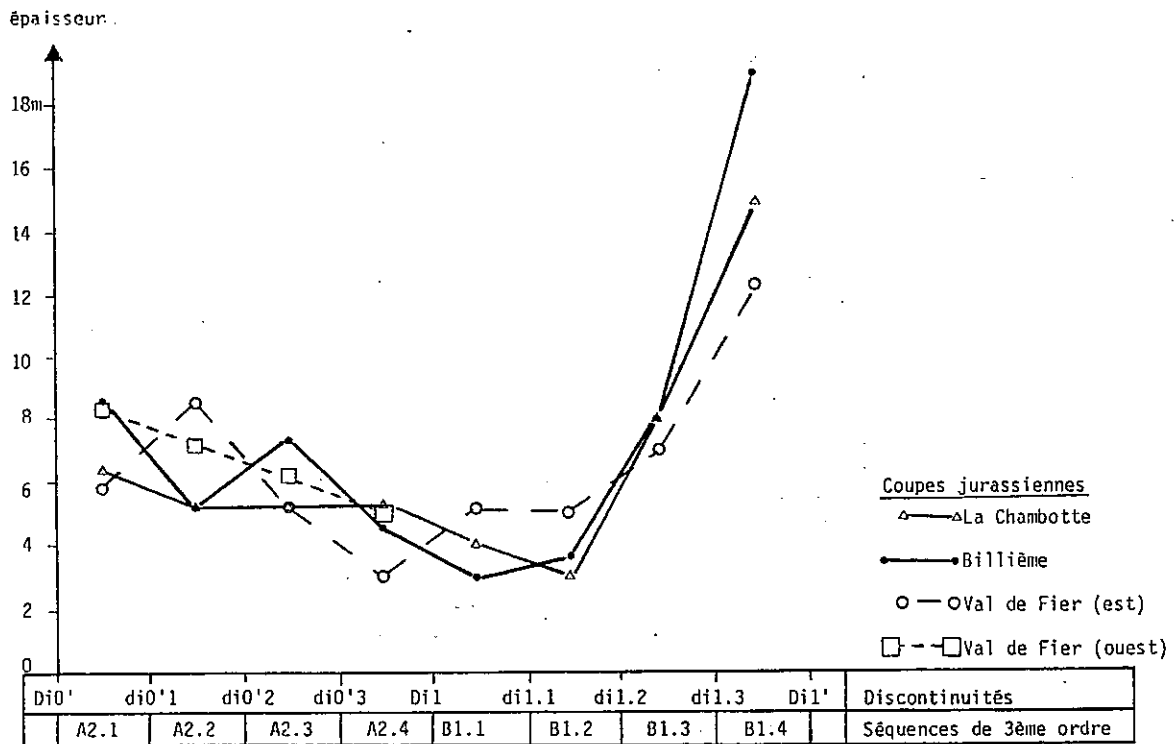
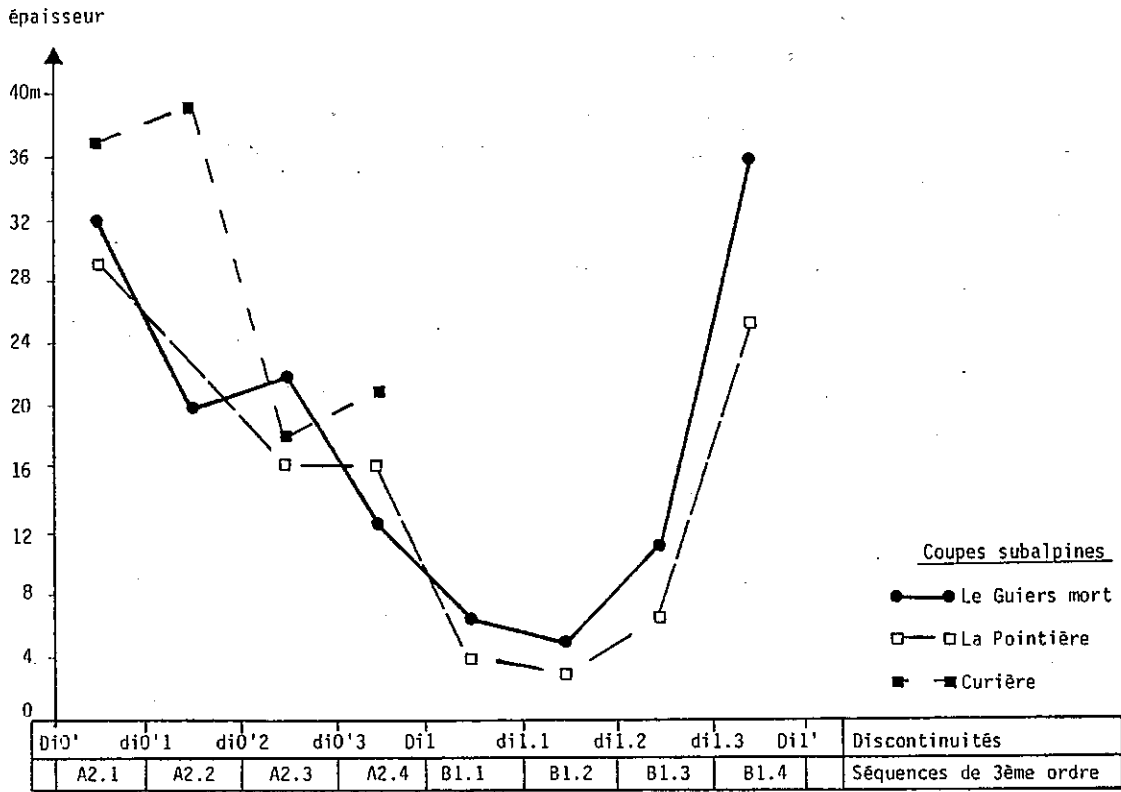


Figure 61 : Variations d'épaisseur des séquences de troisième ordre A2.1 à B1.4 des coupes subalpines de Chartreuse méridionale et jurassiennes de l'Ain et la Savoie. Les coupes jurassiennes ont été analysées à partir des données publiées par C. DARSAC.

L'établissement de corrélations détaillées entre ces deux provinces se base sur deux critères :

- L'analyse séquentielle détaillée qui permet de situer les discontinuités et de définir les séquences.
- La micropaléontologie qui permet de caractériser chaque discontinuité majeure et la plupart des discontinuités mineures.

Traitées à titre d'exemple, les coupes de Billième (domaine jurassien) et de la Pointière (domaine subalpin) ont ainsi pu être corrélées finement pour les dépôts du Berriasien supérieur (figure 60). Au niveau de ce sous-étage, deux intervalles peuvent être définis en fonction de la précision des corrélations : à la base entre les discontinuités Di0 et Di0' et au sommet entre les discontinuités Di0' et Di1'.

A la base, entre les discontinuités majeures Di0 et Di0' (séquence A1), les discontinuités mineures di0.1 et di0.2 décrites en domaine subalpin ne peuvent être clairement reconnues dans les coupes jurassiennes. Ceci est dû à la faible variabilité de la microfaune et à l'organisation séquentielle peu contrastée. Seules les discontinuités majeures Di0 et Di0' peuvent être corrélées avec précision.

Au sommet, entre les discontinuités majeures Di0' et Di1' (unités A2 et B1), toutes les discontinuités majeures et mineures peuvent être identifiées et corrélées. Cette précision est due aux nombreux renouvellements de la microfaune et à l'organisation séquentielle très nette. Il est donc possible de reconnaître sur les différentes coupes des deux domaines les séquences de troisième ordre qu'encadrent les discontinuités mineures, et de comparer l'évolution de l'épaisseur de ces séquences (figure 61 et tableau 36).

L'épaisseur de ces séquences évolue graduellement depuis la séquence A2.1 jusqu'à la séquence B1.4 et montre dans les deux domaines (figure 62) :

- Une valeur maximale au niveau de la séquence A2.1.
- Une baisse progressive d'épaisseur de la séquence A2.1 à la séquence B1.2.
- Une augmentation graduelle des épaisseurs de la séquence B1.2 à la séquence B1.4.

Du fait des plus forts taux de sédimentation qui caractérisent la plate-forme externe, cette évolution cyclique des épaisseurs est plus nette en domaine subalpin qu'en domaine jurassien où elle est néanmoins bien visible (figure 62).

Ces variations progressives d'épaisseur des séquences de troisième ordre peuvent avoir plusieurs origines susceptibles d'interferer entre elles :

- Taux de compaction. Les sédiments argileux subissent une compaction plus forte que les sédiments carbonatés. On note en effet que les séquences les plus minces sont celles qui présentent des bancs marneux (B1.1 et B1.2).
- Durée. Les datations fournies par l'étude des plates-formes ne permettent pas d'estimer avec assez de précision la durée des séquences. Les séquences les plus épaisses pourraient être les plus longues.
- Productivité primaire en carbonate. Dans l'hypothèse où les séquences présenteraient des durées voisines, la variation cyclique des épaisseurs serait due à une variation progressive de la productivité en carbonates, qu'emplifierait les différences de taux de compaction.

Quelques soient les causes des variations d'épaisseur des séquences de troisième ordre, l'évolution similaire observée dans les domaines jurassien et subalpin permet de confirmer les corrélations.

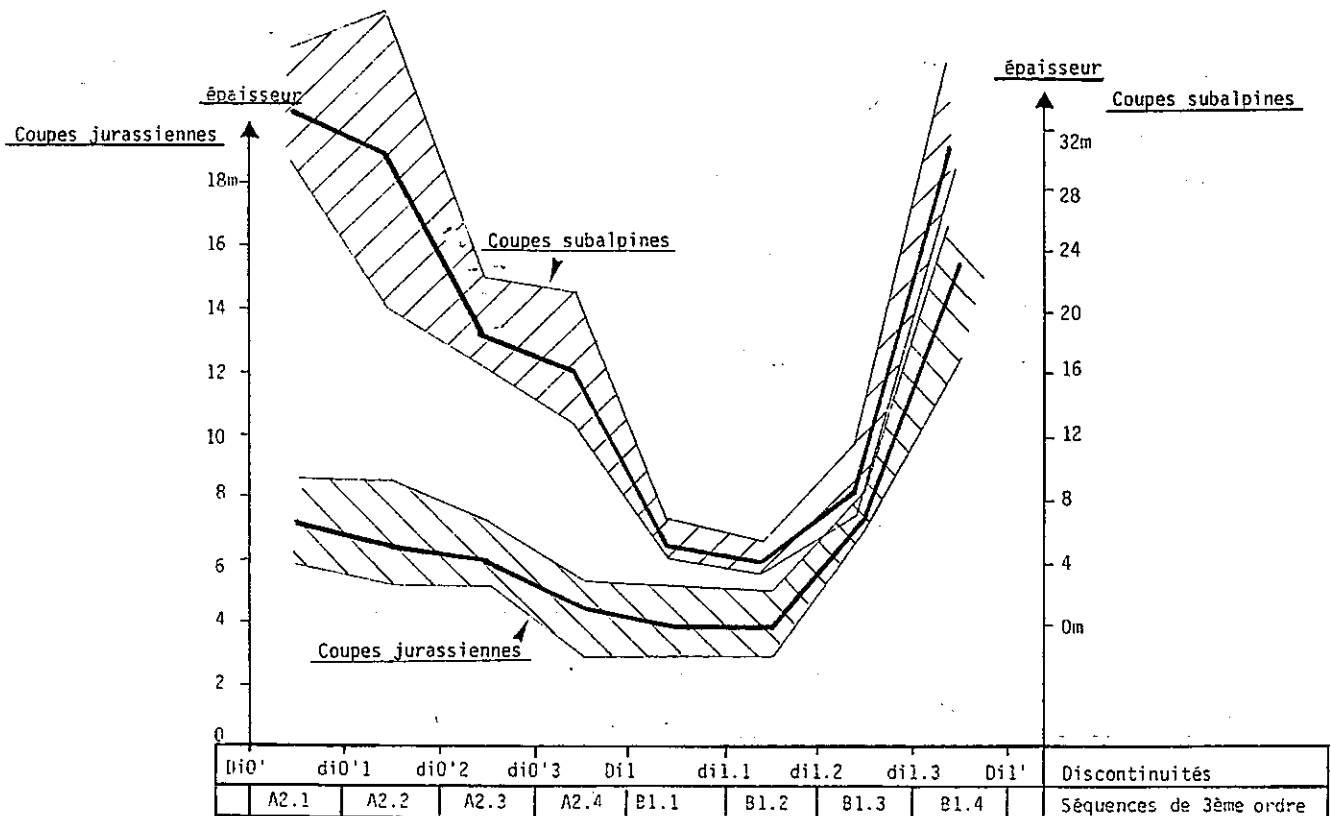


Figure 62 : Comparaison des variations moyennes d'épaisseur des coupes subalpines et jurassiennes

En résumé, malgré d'importantes différences dans la nature des milieux de dépôt et les taux de sédimentation, la corrélation des coupes subalpines et jurassiennes permet de mettre en évidence les phénomènes suivants :

- Les discontinuités majeures et les discontinuités mineures ne sont donc pas dues à des phénomènes locaux, les mécanismes qui les provoquent étant enregistrés à la fois dans le domaine subalpin externe et jurassien interne.

- Entre les discontinuités majeures Di0' et Di1', les variations d'épaisseur des séquences de troisième ordre s'organisent de manière cyclique. Cette organisation, similaire d'un domaine à l'autre, permet de contrôler les corrélations et met en évidence une organisation de la sédimentation, que nous commenterons dans la conclusion générale à la lumière des données de bassin.

7.3.2 - Corrélation avec la coupe vocontienne du stratotype de Berrias :

Etudié par le Hégarat (1971), le stratotype du Berriasien est une série épaisse de 30 m constituée pour l'essentiel par des bancs de calcaires argileux séparés par des joints marneux plus ou moins épais (figure 63).

L'identification sur cette coupe de l'équivalent latéral des discontinuités majeures et de certaines discontinuités mineures observées sur la plate-forme se base sur deux critères :

- la recherche des coupures sédimentaires, qui se traduisent dans ce domaine par des arrivées de matériel bioclastique et de grains de quartz ;
- la mise en évidence de coupures biologiques, caractérisées par des horizons riches en ammonites, présentant des renouvellements de faune importants.

En fonction de ces critères, il est possible de reconnaître sur la coupe de Berrias l'équivalent latéral de toutes les discontinuités majeures et de certaines discontinuités mineures (figure 63).

Qu'il s'agisse de la coupe vocontienne de Berrias ou des coupes jurassiennes et subalpines de plate-forme, les événements responsables de l'individualisation des horizons de discontinuités sur la plate-forme, ou de leurs équivalents latéraux dans le bassin, correspondent à des coupures nettes dans l'organisation biologique et sédimentaire des séries :

- Du point de vue sédimentaire, ils se traduisent sur les plates-formes par un approfondissement important des milieux de dépôt, accompagné par des remaniements sédimentaires et des apports détritiques également observables dans le bassin.

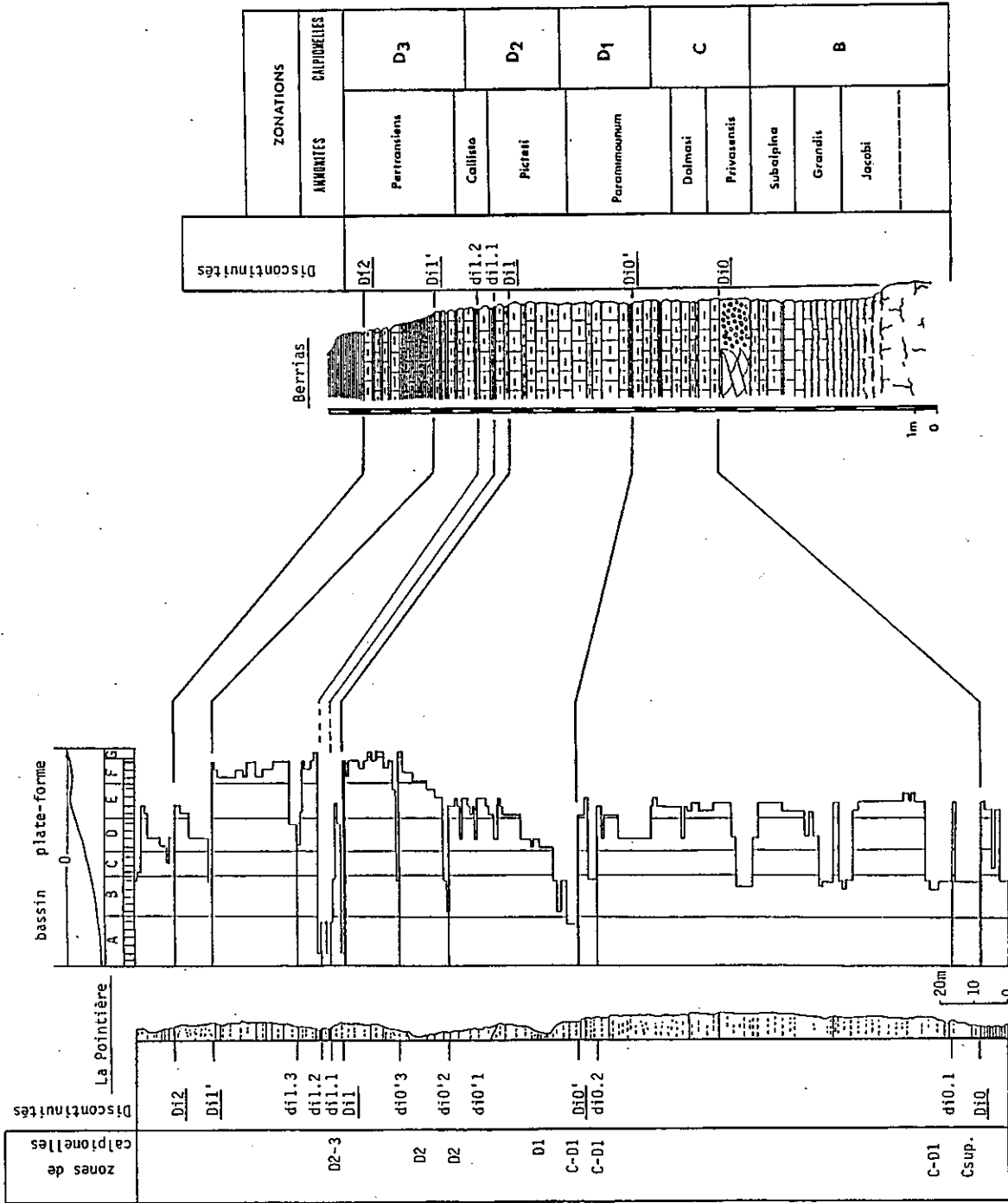


Figure 63 : Corrélation des coupes de La Pointière et de Berrias situées sur la plate-forme subalpine et dans le bassin vocontien.

- Du point de vue biologique, les discontinuités majeures sont accompagnées par d'importants renouvellements, d'une part de la microfaune sur la plate-forme, d'autre part de l'ammonitofaune dans le bassin.

7.3 - Apport des corrélations régionales à la datation et à l'interprétation des discontinuités :

ETAGES		Calpionelles zonation	Ammonites zonation	Discontinuités	
				mineures	majeures
BERRIASIEN	VALANG. inférieur	F	PERTRANSIENS		Di2
		D	OTOPETA		
			D3	BOISSIERI	CALLISTO
	PICTETI				-di0'3
	D2	PARAMIMOUNA	-di0'2 -di0'1		
	supérieur	D1	OCCITANICA	DALMASI	Di0'
		C		PRIVASENSIS	
	moyen			B	SUBALPINA
		inf.	GRANDIS		

↕ Intervalle d'incertitude pour l'âge des discontinuités majeures subalpines

Tableau 37 : Ages des discontinuités obtenus après corrélation avec le stratotype du Berriasien.

Pour les séquences A2 et B1, qui recouvrent l'essentiel du Berriasien supérieur, il a été possible de reconnaître en domaine jurassien interne toutes les discontinuités majeures et mineures mises en évidence en domaine subalpin plus externe, prouvant ainsi le caractère régional de ces événements.

Les corrélations établies avec la coupe de Berrias située dans le bassin vocontien, complètent les données fournies par l'étude des calpionelles de la plate-forme externe et permettent de positionner avec une grande précision toutes les discontinuités majeures et mineures du Berriasien supérieur (tableau 37). Ces événements traduisent des coupures biosédimentaires observables dans tous les domaines, plate-forme interne jurassienne, plate-forme externe subalpine et bassin vocontien; ils sont donc indépendants des milieux de dépôt marins et ont une valeur au moins régionale.

La durée d'une séquence de deuxième ordre, qu'encadrent deux discontinuités majeures, est de l'ordre d'une sous-zone d'ammonites, une séquence de troisième ordre recouvrant moins d'une demi sous-zone d'ammonites.

La coupe vocontienne de Berrias n'est pas une véritable coupe de bassin car elle présente beaucoup de caractéristiques des milieux de dépôt hémipélagiques, tels que le faible développement des bancs marneux, la présence d'organismes benthiques et de fréquents apports bioclastiques. Seul l'établissement de corrélations précises, entre la plate-forme et un bassin à sédimentation pélagique alternante, permettrait éventuellement de prouver que les mécanismes responsables de l'individualisation des discontinuités sur les plates-formes sont de caractère généraux, car enregistrés dans les bassins profonds, loin de toute contamination issue des plates-formes. L'établissement de corrélations précises entre les dépôts carbonatés de plate-forme et les séries alternantes de bassin fera l'objet de la conclusion générale de ce mémoire.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DES SERIES ALTERNANTES DE BASSIN ET MAGNETOSTRATIGRAPHIE

CHAPITRE I - ANALYSE DES SERIES ALTERNANTES DE BASSIN

CHAPITRE II - MAGNETOSTRATIGRAPHIE

CHAPITRE I - ANALYSE DES SERIES ALTERNANTES DE BASSIN

- 1 - Présentation des séries :
- 2 - Méthodologie :
- 3 - Répartition des niveaux marneux et des ammonites :
- 4 - Cyclicité des crises :
- 5 - Phénomènes cycliques dont la durée est supérieure à celle des cycles de MILANKOVITCH :
- 6 - Conclusion de l'analyse biologique et sédimentaire des séries alternantes de bassin :

ANALYSE DES SERIES ALTERNANTES DE BASSIN

L'étude des séries de plate-forme a mis en évidence l'existence de crises biosédimentaires. Dans ce chapitre nous rechercherons s'il existe des phénomènes semblables dans le bassin afin de les comparer avec les précédents. Pour ce faire nous utiliserons les données bibliographiques relatives à des coupes levées bancs par bancs, sur lesquelles figure le positionnement précis de l'ammonitofaune. Les travaux utilisés sont ceux de R. BUSNARDO, J.P. THIEULY et M. MOULLADE (1979) pour le Valanginien vocontien (S.E de la France) et P.J. HOEDEMAKER (1982) pour le Berriasien-Valanginien subbétique (S.E de l'Espagne).

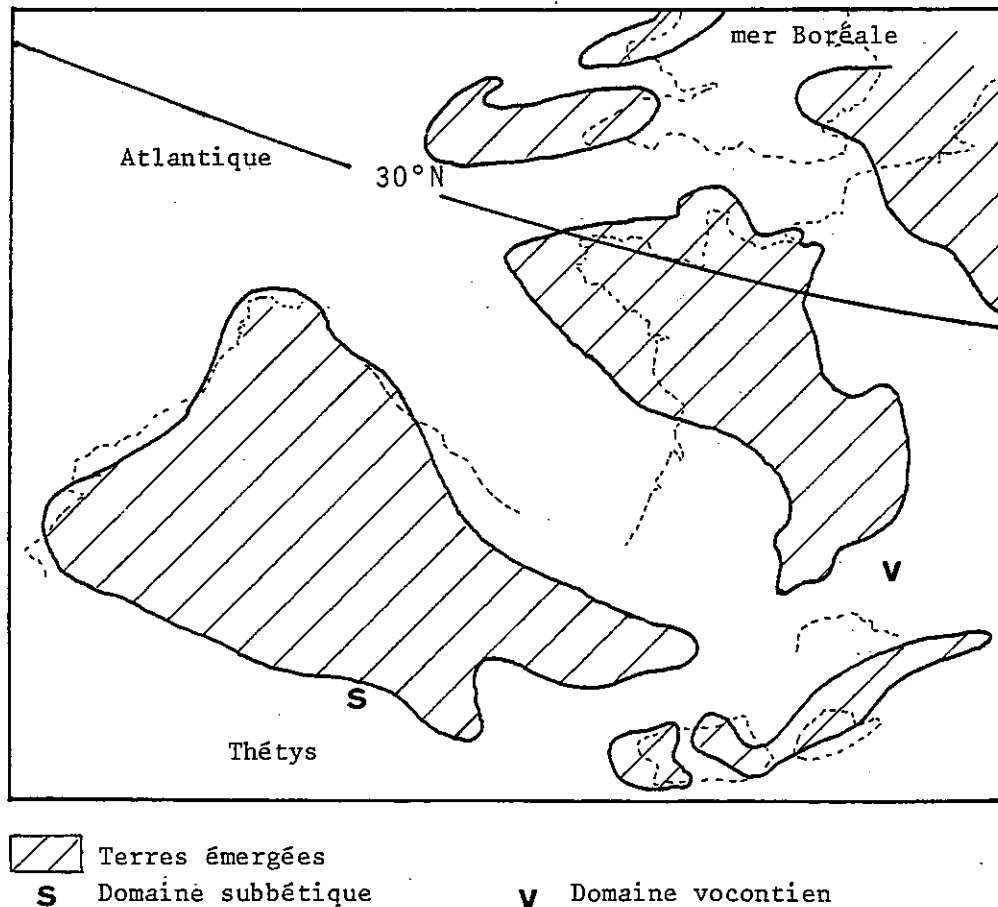


Figure 64 : Emplacement des domaines étudiés sur une carte paléogéographique du Crétacé inférieur vers 130 Ma, d'après J. DERCOURT et al. (1985).

G. Le Hégarat BERRIASIEN		P.J. Hoedemaker		
J.P. Thieuloy VALANGINIEN				
VALANGINIEN	zone à Callidiscus		non étudié	
	zone à Trinodosum			
	zone à Verrucosum			
	zone à Campylotoxus			
	zone à Pertransiens			
	zone à Otopeta			
BERRIASIEN	zone à Boissieri	sous-zone à Callisto	sous-zone à Alpillensis	
		sous-zone à Picteti	sous-zone à Picteti	
		sous-zone à Paramimouna	sous-zone à Paramimouna	
	zone à Occitanica	sous-zone à Dalmasi	sous-zone à Dalmasi	
		sous-zone à Privasensis	sous-zone à Privasensis	
		sous-zone à Subalpina	sous-zone à Subalpina	
	zone à Grandis		sous-zone à Grandis	
	TIT.	zone à Jacobi	sous-zone à Jacobi	
			TITHONIQUE	
			super-zone à Transit.	
		z. à Euxin.		
		super-zone à Roubaudianum	sous-zone assemblage à Trezanensis-Pexiptychum	
		z. à Retrocostatum	sous-zone à Pertransiens	

TIT. TITHONIQUE Transit. Transitorius Euxin. Euxinus

Tableau 38: Zonations proposées par G. le Hégarat (1971), J.P. Thieuloy (1973) et P.J. Hoedemaker (1982)

1 - Présentation des séries :

Les coupes étudiées se situent dans les séries de bassin à faciès pélagique de la marge nord-téthysienne. Elles sont constituées par l'alternance de bancs centimétriques à métriques de calcaires argileux et de marnes. La monotonie des dépôts est parfois interrompue par des glissements synsédimentaires. Les organismes observés sont caractéristiques des milieux marins ouverts et dominés par les faunes et flores pélagiques. Il s'agit, pour la macrofaune, d'ammonites, de bélemnites, de brachiopodes (Pygope) ; pour la microfaune d'ostracodes, de foraminifères et de tintinnoïdiens. La nannoflore calcaire est très abondante et constitue l'essentiel de la fraction carbonatée du dépôt (D. NOEL 1968).

1.1 - Emplacement des coupes étudiées : figure 64

Les coupes étudiées se situent dans les domaines vocontien (S.E de la France) et subbétique (S.E de l'Espagne). Au nombre de deux par province, il s'agit d'une part des coupes d'Angles-les-Baoussayes (Valanginien) et de Barret-le-Bas (Valanginien basal), d'autre part du Barranco de Tollo (Berriasien basal) et du Barranco de Miravetes (Berriasien-Valanginien basal).

1.2 - Zonations d'ammonites : tableau 38

La zonation établie par P.J. HOEDEMAKER (1982) en Espagne diffère de celles proposées dans le S.E de la France par G. LE HEGARAT pour le Berriasien et J.P. THIEULOUY pour le Valanginien. L'équivalence entre ces différentes zonations réalisée par P.J. HOEDEMAKER et approuvée par J.P. THIEULOUY (communication orale) est présentée sur le tableau 38. Le décalage de la zone à Pertransiens d'un domaine à l'autre est du à l'apparition plus précoce de cette espèce type dans le bassin subbétique que dans le domaine vocontien.

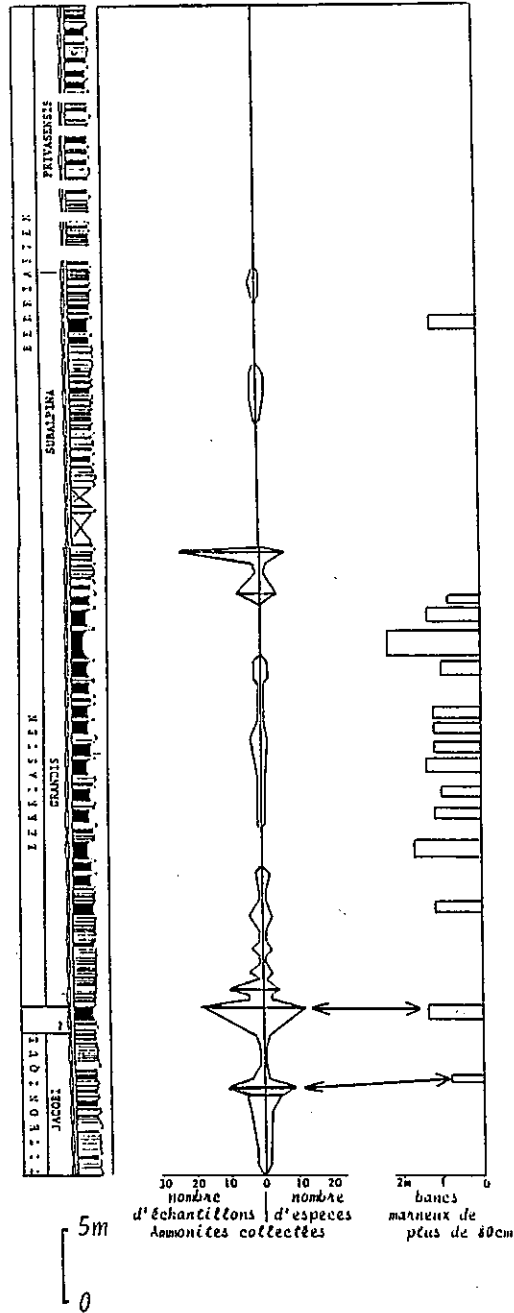
2 - Méthodologie :

Basée sur des relevés publiés par P.J HOEDEMAKER (1982) et R. BUSNARDO, J.P. THIEULOUY, M. MOULLADE (1979), cette analyse effectuée banc par banc porte sur les variations de sédimentation et de faune au sein de séries alternantes de bassin réputées monotones.

2.1 - Variations de sédimentation : l'épaisseur des bancs marneux

Plus des deux-tiers des dépôts sont constitués par des marnes qui forment des niveaux d'épaisseur centimétrique à métrique séparés par des bancs calcaires dont l'épaisseur n'excède pas un mètre. Dans ce contexte, deux éléments sont à souligner :

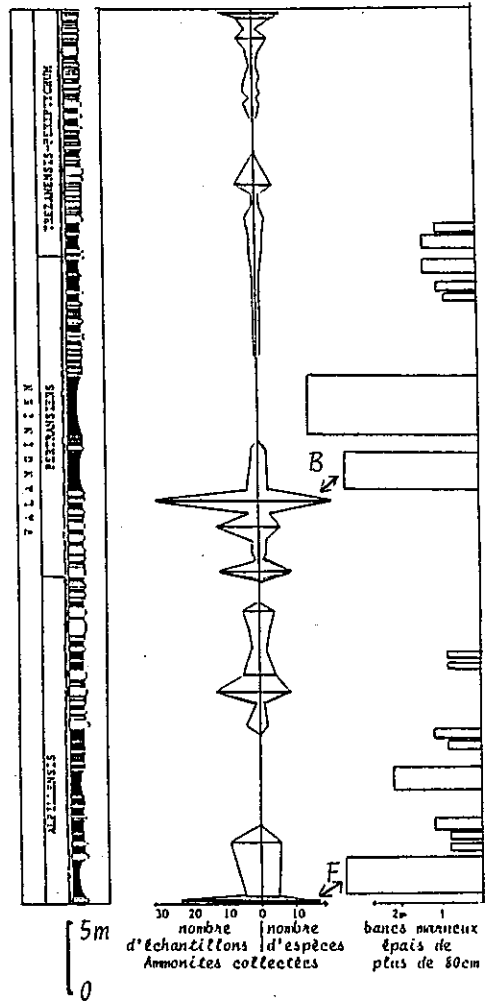
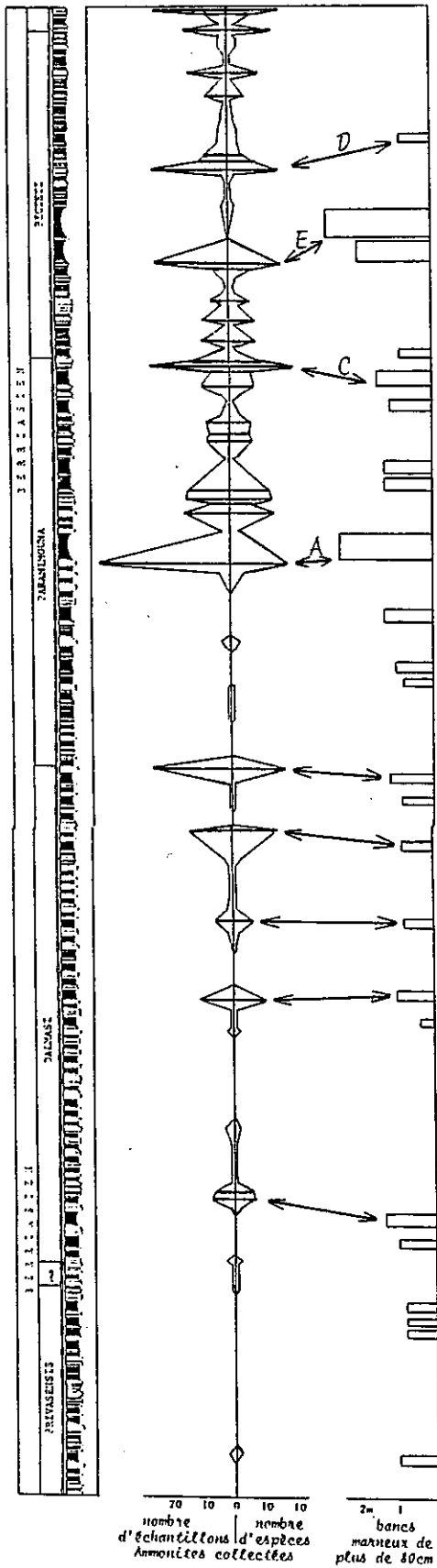
a) - Les bancs marneux les plus épais ne sont pas homogènes et présentent dans le détail des niveaux plus indurés comme le montre sur la coupe d'Angles la limite entre le Valanginien inférieur et le Valanginien supérieur. Dans ce contexte, ces marnes indurées sont probablement l'équivalent des bancs calcaires des séries alternantes bien exprimées.



Marnes en noir, calcaires en blanc.

Figure 65: Répartition des ammonites et des bancs marneux épais dans la coupe du Barranco de Tollo.

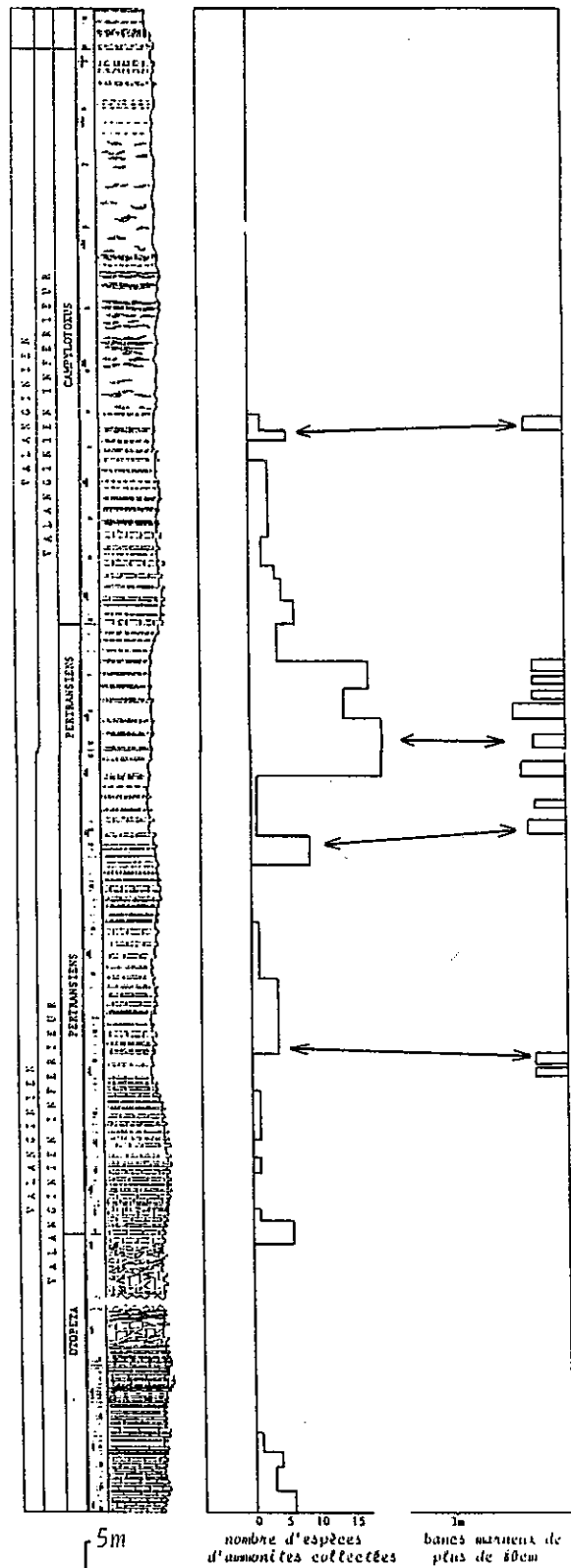
Colonne lithologique tirée de P.J. Hoedemaker (1982), courbes de répartition des ammonites et des marnes dessinées à partir des données publiées par cet auteur.



A, B, C, D, E et F niveaux présentant plus de 20 ammonites.
Marnes en noir, calcaires en blanc.

Figure 66 Répartition des ammonites et des bancs marneux épais dans la coupe du Barranco de Miravetes.

La colonne lithologique est tirée de Hoedemaker (1982), les courbes de répartition des ammonites et des marnes ont été dessinées à partir des données publiées par cet auteur.



Marnes en blanc
 0
 Figure 67 Répartition des ammonites et des bancs marneux épais dans la coupe de Barret
 Le bas.
 Colonne lithologique tirée de R. Busnardo, J.P. Thieuloy et M. Moullade (1979), courbes de répartition des ammonites et des bancs marneux épais dessinées à partir des données publiées par ces auteurs.

b) - Les lits marneux minces ont toujours été considérés comme étant l'équivalent de bancs marneux à part entière. Pourtant il est probable que certains pourraient correspondre à des phénomènes locaux et ne présenteraient pas la remarquable continuité latérale caractéristique des dépôts alternants marno-calcaires. De ce fait le nombre de bancs marneux comptabilisés dans les unités à joints minces a donc vraisemblablement été surestimé.

2.2 - Variations biologiques : les ammonites

Sur les différentes coupes analysées, les ammonites ont fait l'objet d'études précises de la part de spécialistes. Toutefois, les faunes pyritisées présentes dans les marnes sont souvent trop mal conservées pour être décrites et n'ont alors pas été prises en compte, à l'exception de la base de la zone à Verrucosum de la coupe d'Angles-les-Baoussayes où l'abondance et le bon état de conservation des ammonites ont permis des déterminations précises. L'analyse qui a été effectuée à partir des répartitions de faunes publiées porte donc presque uniquement sur les ammonites récoltées dans les bancs calcaires.

Deux méthodes d'étude ont été utilisées : l'une basée uniquement sur le nombre d'espèces d'ammonites identifiées banc par banc (coupes vocontiennes), l'autre basée simultanément sur le nombre d'espèces et le nombre d'individus récoltés banc par banc (coupes subbétiques). Les espèces restées en nomenclature ouverte n'ont pas été prises en considération du fait de leur rareté, peut être d'origine téréatologique. Par contre, dans le cas des comptages d'individus banc par banc, toutes les ammonites sont considérées, quelque soit le degré de précision de leur identification. Il apparaît clairement sur les figures 2 et 3 que le nombre d'individus et le nombre d'espèces d'ammonites collectés banc par banc évoluent de façon voisine, c'est-à-dire que les bancs les plus riches en ammonites sont également ceux où ce groupe présente la plus grande diversité spécifique.

3 - Répartition des niveaux marneux et des ammonites : les crises biosédimentaires

Les figures 65 à 68 situent sur les différentes coupes étudiées les ammonites collectées exprimées en nombre d'individus et/ou en nombre d'espèces ainsi que la position des bancs marneux épais de plus de 80 cm.

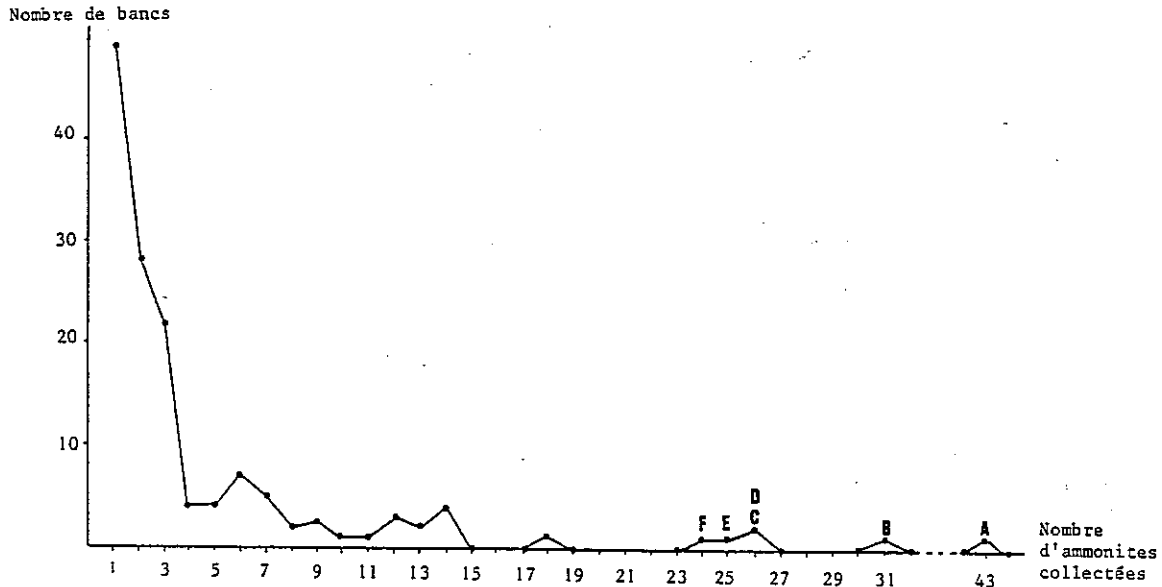


Figure 69a : Courbe de fréquence des ammonites collectées banc par banc dans la coupe du Barranco de Miravetes.

- 70% des bancs ont livré moins de 3 ammonites,
- 26% des bancs ont livré de 3 à 20 ammonites,
- 4% des bancs ont livré plus de 20 ammonites.

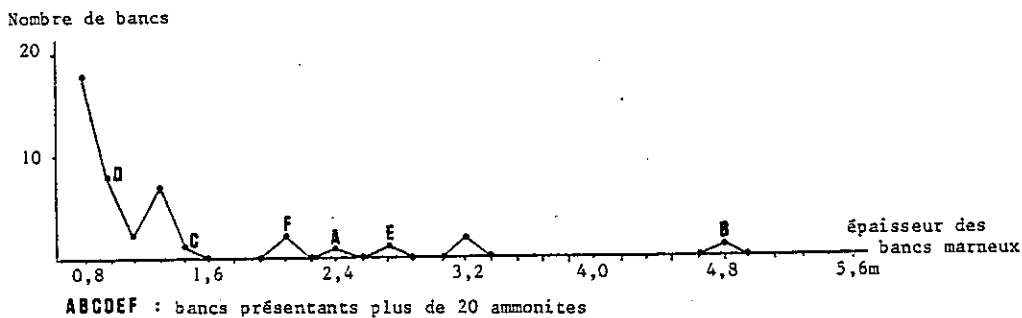


Figure 69b : Courbe de fréquence d'épaisseur des bancs marneux de plus de 80cm dans la coupe du Barranco de Miravetes.

- 80% des bancs font moins de 1,6m d'épaisseur,
- 17% des bancs font plus de 1,6m d'épaisseur.

3.1 - Répartition des ammonites :

Les ammonites ne sont pas réparties uniformément dans les séries pélagiques étudiées. Si l'on considère par exemple la coupe du Barranco de Miravetes (figure 66), qui est la plus riche en faune, seul un tiers des bancs a livré au moins une ammonite. Parmi ceux-ci, seuls 30 % en ont livré plus de trois (figure 69a). Au sein de ces bancs, seuls six (soit 4 % des bancs fossilifères), présentent plus de vingt ammonites. Ces bancs très fossilifères indexés sur la figure 69 (lettres A à F) contiennent de vingt-quatre à quarante-trois ammonites. Ils ne sont pas contigus, mais au contraire dispersés dans la série au sein de quatre zones différentes comme le montre la figure 66. Cette répartition très irrégulière des ammonites au sein de séries apparemment monotones s'observe sur toutes les coupes (figures 65 à 68).

3.2 - Épaisseur des bancs marneux :

L'épaisseur des bancs marneux intercalés entre les bancs calcaires varie de quelques centimètres à plusieurs mètres. Sur les figures 65 à 68 ont été pointés les bancs marneux dont l'épaisseur excède 80 cm, deux cas se présentent suivant que ces bancs sont isolés dans les dépôts ou au contraire regroupés au sein d'unités très marneuses.

Lorsque ces bancs épais sont isolés, leur épaisseur reste comprise entre 80 cm et 1,5 m, ce qui est remarquable au sein d'unités dont les bancs marneux sont habituellement d'une épaisseur très inférieure à 80 cm. Ce cas se présente au niveau des sous-zones à Jacobi et Subalpina de la coupe du Barranco de Tollo (figure 65), des sous-zones à Privasensis et Dalmasi du Barranco de Miravetes (figure 66), de la zone à Otopeta et de la base de la zone à Pertransiens de la coupe de Barret-le-bas (figure 67), des zones à Otopeta, Pertransiens et de la base de la zone à Campylotoxus de la coupe d'Angles-les-Baoussayes (figure 68).

Lorsque les dépôts sont très marneux et présentent de nombreux bancs d'une épaisseur supérieure à 80 cm, on constate la présence de puissantes passées marneuses d'épaisseur comprise entre 2 et 6 m. L'exemple de la coupe du Barranco de Miravetes, présenté sur la figure 69b, montre que 83 % des bancs marneux d'une puissance supérieure à 80 cm font moins de 1,6 m, les bancs de plus grande épaisseur sont particulièrement épais (2 à 4,8 m) dispersés dans la série et ne représentent que 17 % de l'ensemble des bancs marneux de plus de 80 cm. Ce cas de figure se présente au niveau de la sous-zone à Grandis du Barranco de Tollo (figure 65), des sous-zones à Paramimouna, Picteti, Alpillensis et Pertransiens du Barranco de Miravetes (figure 66), du sommet de la zone à Pertransiens sur la coupe de Barret-le-Bas (figure 67), du sommet de la zone à Campylotoxus et de la totalité du Valanginien supérieur de la coupe d'Angles-les-Baoussayes (figure 68).

La monotonie des séries alternates n'est donc qu'apparente, il est en effet possible de mettre en évidence des bancs marneux isolés dont l'épaisseur est très supérieure à celle des bancs environnants.

3.3 - Mise en évidence des crises biosédimentaires :

Nous venons de constater que dans ces dépôts très monotones, la répartition des bancs marneux épais et des ammonites n'est pas uniforme. La comparaison de ces deux types de données permet en outre d'effectuer deux constatations :

- Il existe une relation constante, indiquée par une double flèche sur les figures 65 à 68, entre les niveaux très riches en ammonites et les bancs marneux épais. En effet, tous les niveaux riches en ammonites se situent toujours à moins de trois bancs d'une passée marneuse particulièrement épaisse par rapport aux bancs marneux qui l'encadrent.

- Les niveaux présentant plus de vingt ammonites sont généralement associés à des bancs marneux épais de plus de 1,40 m. Dans la coupe du Barranco de Miravetes par exemple, il apparaît que cinq des six horizons très fossilifères ayant livré de vingt-quatre à quarante-trois ammonites se situent à proximité immédiate des bancs marneux les plus épais.

En conclusion, la monotonie des séries alternantes n'est qu'apparente. Ces dépôts sont entrecoupés par des crises biosédimentaires caractérisées par la présence de bancs marneux très épais situés au plus à trois bancs de niveaux calcaires riches en ammonites. De plus, il existe une proportionnalité entre ces deux phénomènes, les niveaux marneux les plus épais étant généralement associés aux bancs ayant livré le plus d'ammonites.

3.4 - Succession des évènements au niveau des crises biosédimentaires :

La figure 70 présente onze exemples détaillés de crises pris sur les quatre coupes étudiées, choisis de manière à exposer les différents cas qui ont pu être distingués. Chaque crise biosédimentaire est marquée par l'augmentation de l'épaisseur des bancs marneux d'une part, du nombre d'ammonites collectées d'autre part.

3.4.1 - Crises sédimentaires : les bancs marneux

Le surépaississement des bancs marneux n'affecte qu'un ou deux bancs au niveau de chaque crise, l'épaisseur du (ou des deux) banc(s) de crise est fonction de celle des bancs marneux environnants. Dans une unité constituée par une série alternante à joints marneux minces dont l'épaisseur n'excède pas 20 cm (figure 70a), la crise sédimentaire sera marquée par un ou deux bancs marneux d'une épaisseur comprise entre 80 cm et 1,5 m. Par contre, les unités dont les bancs marneux sont généralement épais (plus de 60 cm) pourront présenter des bancs marneux de crise d'épaisseur plurimétrique (figure 70b, 70c, 70i et 70j).

Ce n'est donc pas l'épaisseur absolue des niveaux marneux qui permet de définir une crise, mais l'épaisseur relative par rapport aux bancs encadrant (paragraphe 3.2).

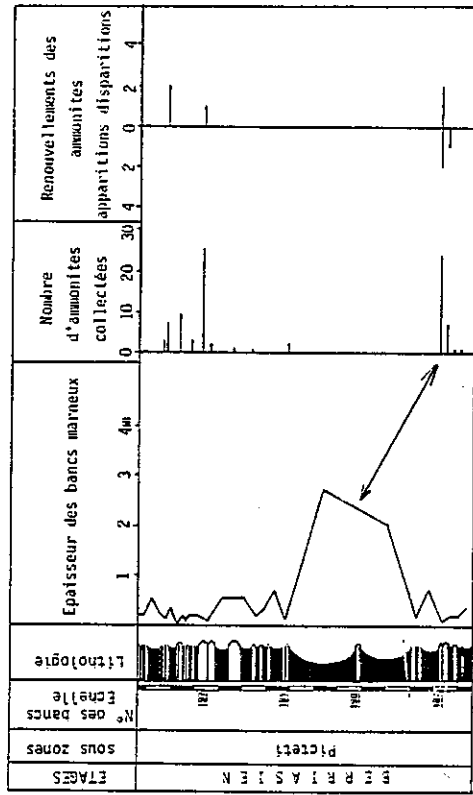


Figure 70c : Coupe du Barranco de Miravetes.

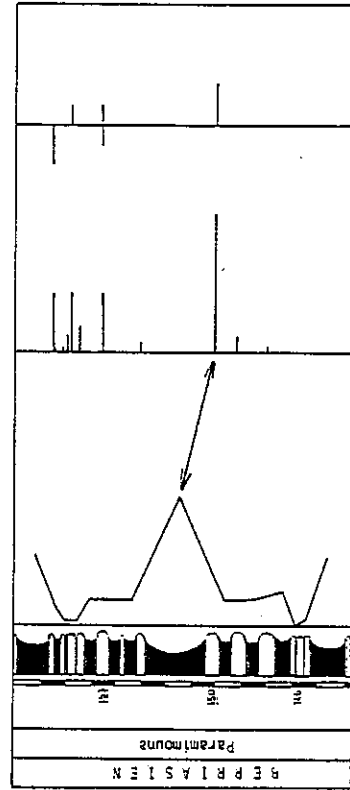


Figure 70b : Coupe du Barranco de Miravetes.

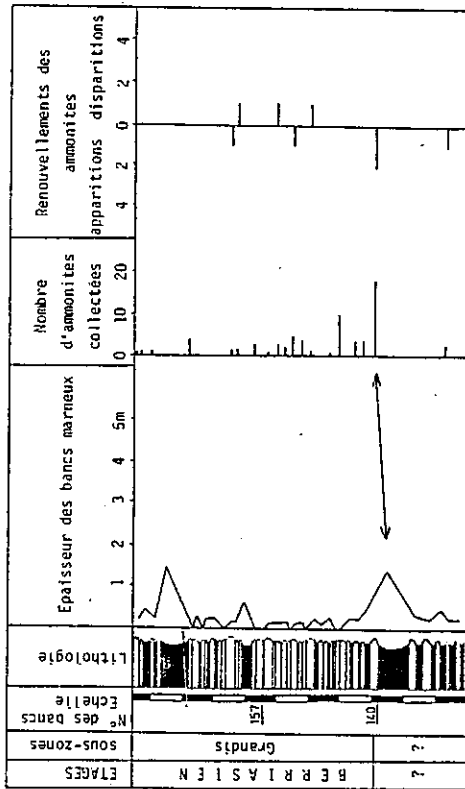


Figure 70a : Coupe du Barranco de Tollo.

Figure 70 : Epaisseur des bancs marneux et répartition des ammonites au niveau de quelques crises.

↕ Crises biosédimentaires.

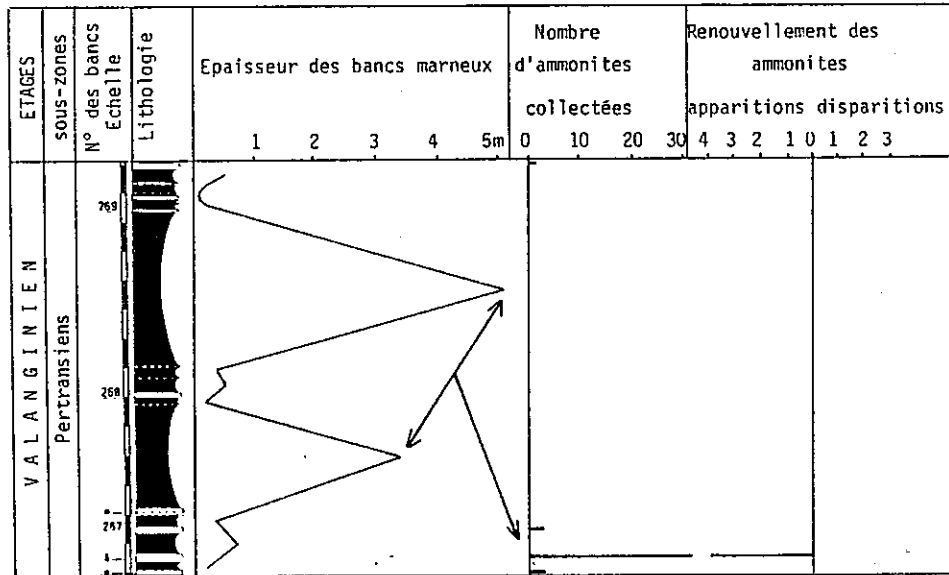


Figure 70e: Coupe du Barranco de Miravetes.

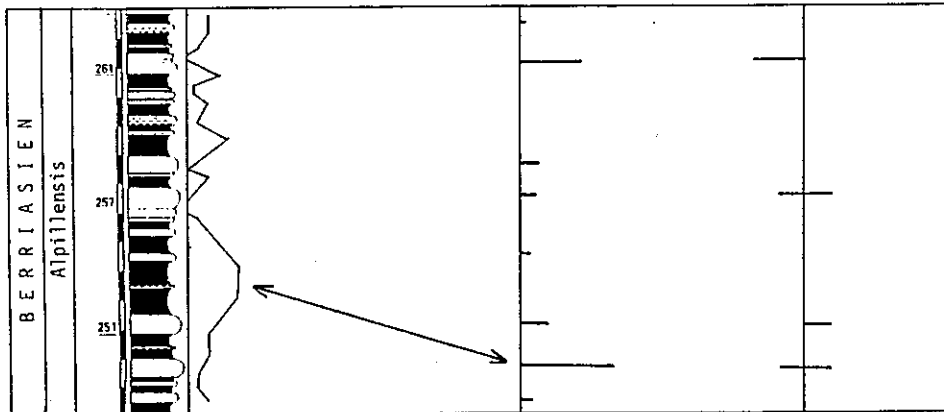


Figure 70d: Coupe du Barranco de Miravetes.

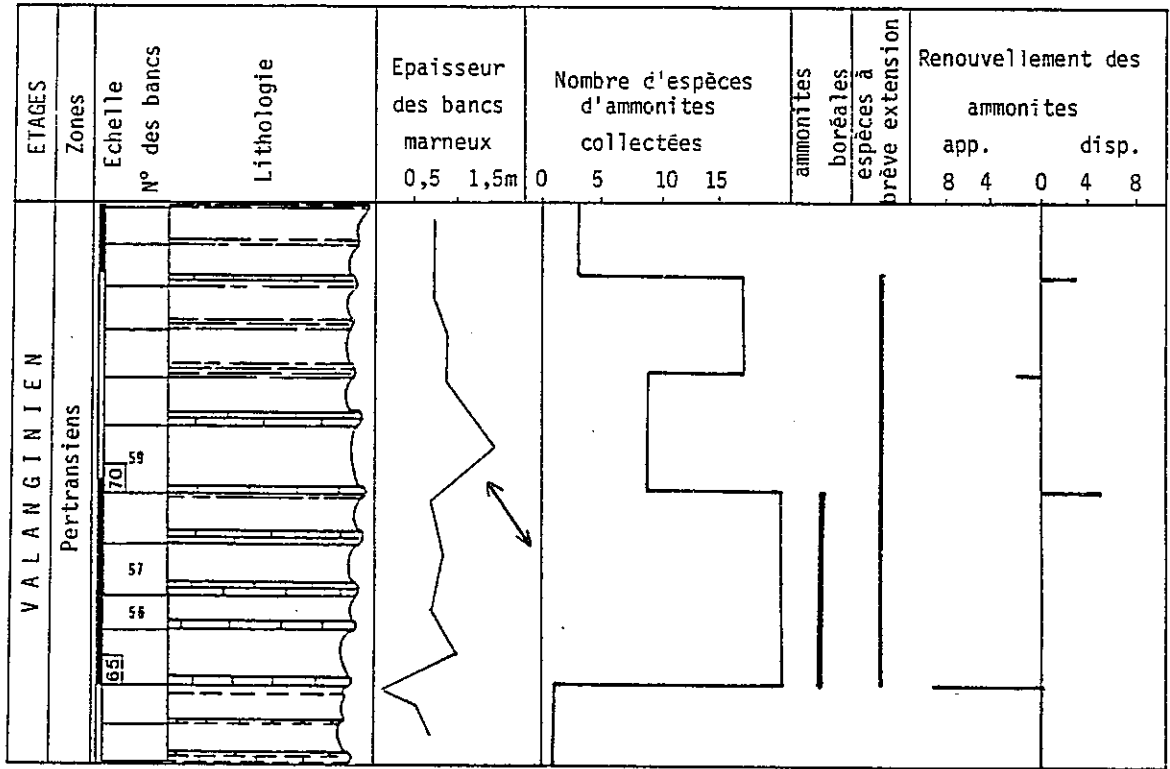


Figure 70g : Coupe de Barret-le-Bas.

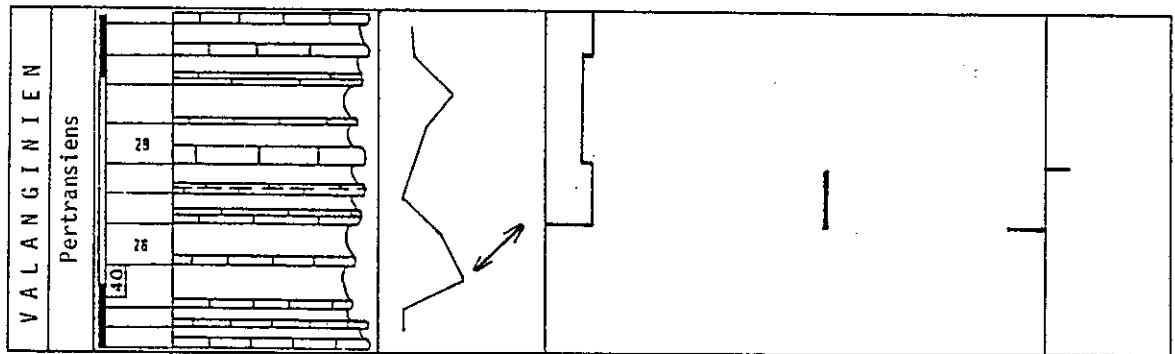


Figure 70f : Coupe de Barret-le-Bas.

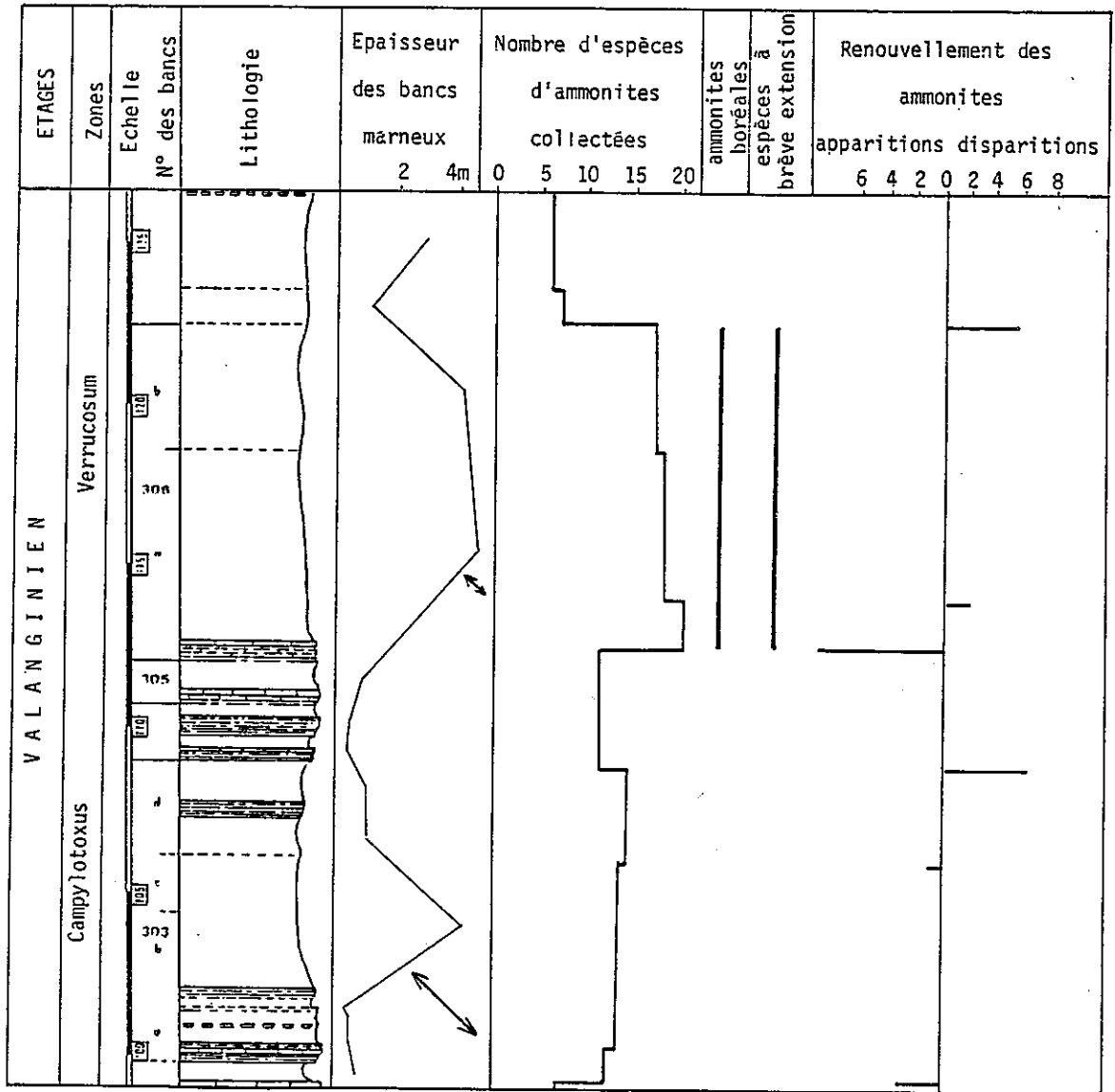


Figure 70j : Coupe d'Angles-les-Baoussayes.

3.4.2 - Crises biologiques : les ammonites.

Les crises biologiques correspondent à des bancs très fossilifères. La richesse en faune est relative et doit être définie par rapport aux bancs environnants. C'est ainsi que dans les dépôts pauvres en ammonites, un banc calcaire isolé ayant livré seulement quatre espèces d'ammonites pourra correspondre à une crise biologique (figures 70f, 70h et 70i). Par contre dans les dépôts présentant des ammonites dans la plupart des bancs, les crises biologiques seront marquées par des niveaux beaucoup plus riches en ammonites (plus de dix espèces).

L'essentiel des renouvellements de l'ammonitofaune intervient au niveau des bancs de crise biologique. Ces modifications s'effectuent généralement en deux phases successives (figure 70), dans un premier temps, la faune s'enrichit par apparition d'espèces nouvelles, puis dans un second temps, les disparitions priment sur les apparitions. Entre ces deux phases, on définit un intervalle recouvrant un ou plusieurs bancs caractérisé par une faune diversifiée. Deux types d'ammonites ne sont présentes que dans ces niveaux : les ammonites à brève extension stratigraphique et les ammonites boréales migrantes.

Les ammonites à brève extension stratigraphique se caractérisent par leur extension verticale très limitée. Cette caractéristique en fait d'excellents fossiles de zones. Tel est le cas (pour le Valanginien) de *Thurmanniceras otopeta*, *Saynoceras verrucosum*, *Himantoceras trinodosum* et *Teschenites callidiscus*.

Les ammonites boréales observées dans les séries ont été décrites par J.P. THIEULOY (1973). Certaines espèces appartenant aux genres *Platylenticeras* (figure 70f et 70g) et *Valanginites* (figure 70j) ont été récoltées sur la coupe d'Angles-les-Baoussayes. La présence de ces faunes froides dans la Téthys pourrait indiquer l'établissement de communications plus aisées entre cet océan et la mer boréale, dues peut être à la submersion temporaire de plates-formes séparant ces deux domaines marins.

3.4.3 - Les crises biosédimentaires :

Nous avons déjà signalé les relations entre les crises biologiques et les crises sédimentaires. Ces deux événements se produisant de manière synchrone ou avec un léger décalage correspondant au plus à trois couplets marne-calcaires.

3.4.3.1 - Crises biologiques et crises sédimentaires synchrones :

Ce cas de figure n'a été observé qu'au niveau de la limite Valanginien inférieur-Valanginien supérieur de la coupe d'Angles-les-Baoussayes (figure 70j). Cette crise biosédimentaire est très spectaculaire tant du point de vue de l'épaisseur du banc marneux de crise (6,5 m) que du nombre d'espèces d'ammonites récoltées (vingt).

3.4.3.2 - Crises biologiques et crises sédimentaires séparées par quelques bancs :

L'écart séparant deux crises n'excède jamais trois couplets marne-calcaire. Il n'est même le plus souvent que d'un seul. On constate que lorsque la crise sédimentaire précède la crise biologique (figures 70f, 70h et 70i), les renouvellements de faune et le surépaississement des bancs marneux sont généralement moins marqués que lorsque la crise biologique précède la crise sédimentaire (figures 70b, 70c, 70e, 70g, 70i et 70j).

3.4.3.3 - Conclusion :

Les crises biologiques et sédimentaires sont rarement synchrones. Lorsqu'elles le sont, les crises biosédimentaires correspondantes sont très marquées. Dans le cas d'une légère hétérochronie des crises, correspondant au temps de dépôt de un à trois couplets marne-calcaire, les crises biosédimentaires les plus marquées sont celles où l'accroissement du nombre d'ammonites collectées (crise biologique) précède le surépaississement des bancs marneux (crise sédimentaire).

4 - Cyclicité des crises :

4.1 - Crises biosédimentaires et crises virtuelles :

4.1.1 - Principales sources d'erreur et d'imprécision :

Le repérage des crises sédimentaires dans la série nécessite d'excellentes conditions d'affleurement. De ce fait, les successions slumpées, faillées ou affleurant dans de mauvaises conditions se prêtent difficilement à l'analyse. Les crises biologiques sont encore plus difficiles à discerner que les crises sédimentaires car, en plus des différents facteurs qui affectent celles-ci, la récolte des faunes est tributaire des conditions d'affleurement et de la précision des relevés. D'une coupe à l'autre, la fréquence des ammonites dans la série est très variable : c'est ainsi que le Valanginien basal est très fossilifère dans la coupe de Barret-le-Bas alors qu'il n'a livré que de rares ammonites en quelques points seulement de la coupe d'Angles-les-Baoussayes, située pourtant non loin de là, dans le même domaine paléogéographique.

4.1.2 - Les crises virtuelles :

La mise en évidence des crises dépend des conditions locales d'études. Lorsque celles-ci sont bonnes, comme sur la coupe du Barranco de Miravetes et les quatre dernières zones de la coupe d'Angles, plus des trois-quarts des crises sont des crises biosédimentaires. Par contre lorsque les conditions d'études sont plus défavorables, les crises biosédimentaires peuvent ne plus former que la moitié de l'ensemble des crises, le reste étant constitué par des crises biologiques ou sédimentaires isolées. Nous proposons de les nommer crises virtuelles, puisqu'il s'agit très vraisemblablement de crises biosédimentaires pour lesquelles les données analytiques sont incomplètes.

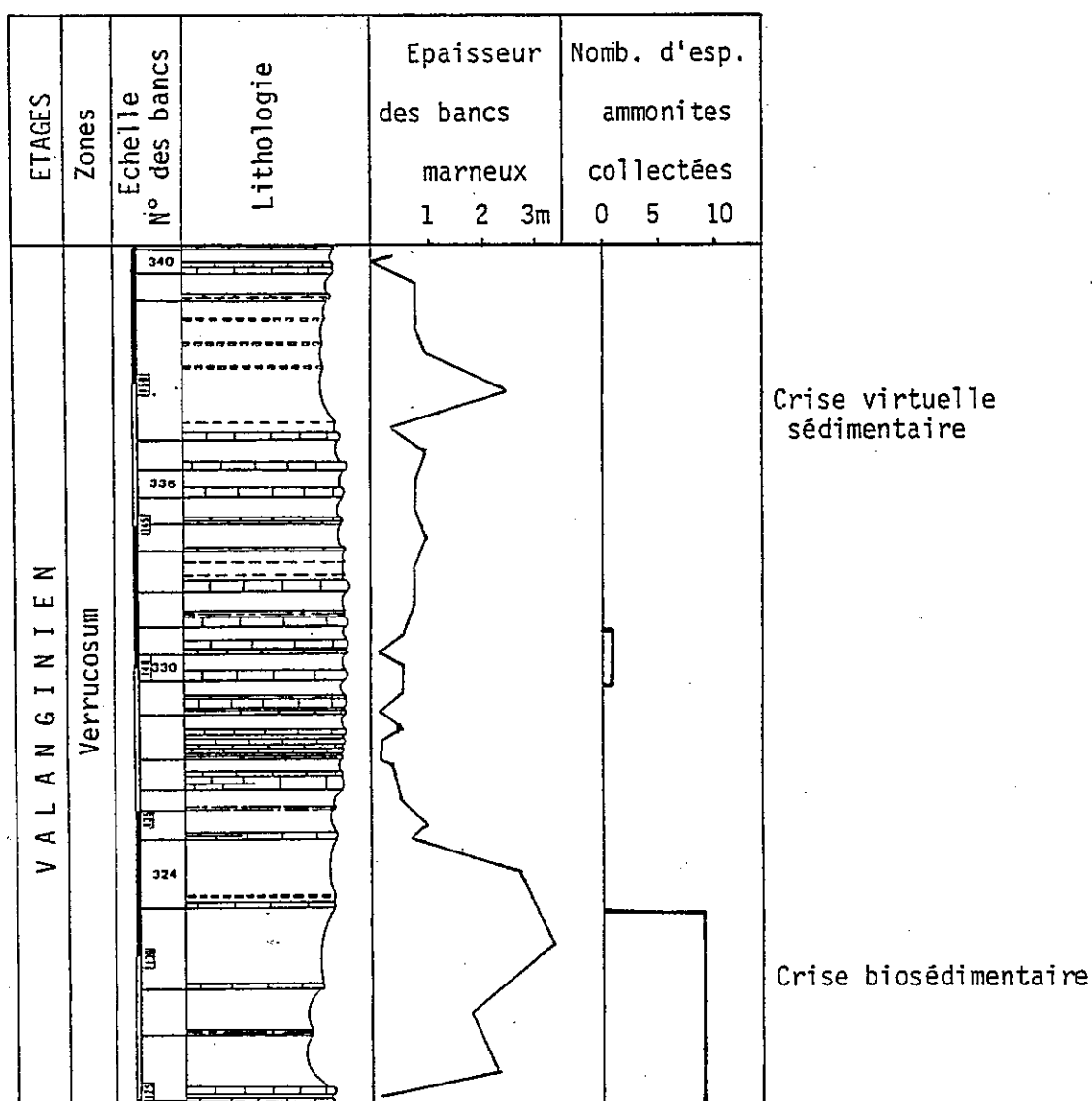


Figure 71a : Exemple de crises biosédimentaire et virtuelle sédimentaire dans la coupe d'Angles-les-Baoussayes. La crise biosédimentaire montre la relation crise biologique (augmentation du nombre d'espèces d'ammonites collectées) crise sédimentaire (bancs marneux épais). La crise virtuelle ne montre pas de conséquences sur les ammonites.

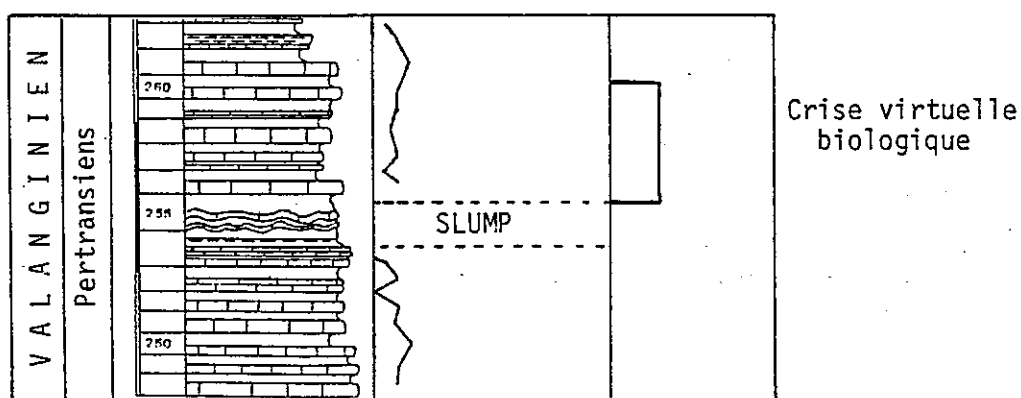


Figure 71b : Exemple de crise biologique virtuelle dans la coupe d'Angles

Tableau 39: Essais de corrélation des différentes coupes étudiées en fonction des crises.

A1 - Crise biosédimentaire.

A2 - Crise virtuelle sédimentaire.

A6? - Crise virtuelle biologique

Les crises sont numérotées de bas en haut des coupes:

- A1 à A6? pour le Barranco de Tollo,
- B1 à B16 pour le Barranco de Miravetes,
- C1? à C7? pour Barret-le-Bas,
- D1 à D17 pour Angles-les-Baoussayes.

ETAGES	sous-zones				
VALANGINIEN	Trezanensis	B16	<u>C5</u>	<u>D5?</u>	VALANGINIEN
	Pexiptychum	B15	<u>C4</u>	D4?	
	Pertransiens	B14	C3?	D3?	
	Alpillensis	<u>B13</u>	C2?	<u>D2</u>	
BERRIASIEN	Picteti	<u>B12</u>	C1?	<u>D1</u>	BERRIASIEN
		<u>B11</u>	Barret	Angles	
		B10			
	Paramimouna	<u>B9</u>			
		<u>B8</u>			
		<u>B7</u>			
	Dalmasi	<u>B6</u>			
		<u>B5</u>			
		<u>B4</u>			
	Privasensis	<u>B3</u>			
B2					
<u>B1</u>					
A6?		Barranco			
Subalpina	A5	de			
	A4	Miravetes			
Grandis	<u>A3</u>				
	A2				
TITHONIQUE	Jacobi	<u>A1</u>	Barranco		
			de		
			Tollo		

ZONES	ETAGES
Radiatus	HAUTERIVIEN
<u>D17</u>	
Callidiscus	
<u>D16</u>	
Trinodosum	
<u>D15</u>	
<u>D14</u>	
D13	
D12	
Verrucosum	
<u>D11</u>	
<u>D10</u>	
<u>D9</u>	
<u>D8</u>	
Campylotoxus	
<u>D7</u>	
<u>D6</u>	
D5?	
Pertransiens	
D4?	
D3?	
Otopeta	
<u>D2</u>	
<u>D1</u>	
Callisto	BERRIASIEN

- Pour le Valanginien inférieur, la corrélation des crises entre les trois coupes a pu être effectuée malgré les zonations différentes utilisées par les auteurs qui compliquent l'analyse. De ce fait il peut exister un décalage d'une crise entre les coupes vocontiennes d'une part et la coupe subbétique du Barranco de Miravetes d'autre part.

Les crises virtuelles sédimentaires correspondent à d'importants surépaississement des bancs marneux non associés à un accroissement du nombre d'ammonites collectées (figure 71a).

Les crises virtuelles biologiques se caractérisent par une augmentation du nombre d'ammonites collectées non associée à un surépaississement sensible des bancs marneux (figure 71b). Ce type de crise virtuelle se trouve toujours au niveau des bancs glissés ou de petites lacunes d'observation qui masquent complètement l'existence probable de la crise sédimentaire associée à la crise biologique.

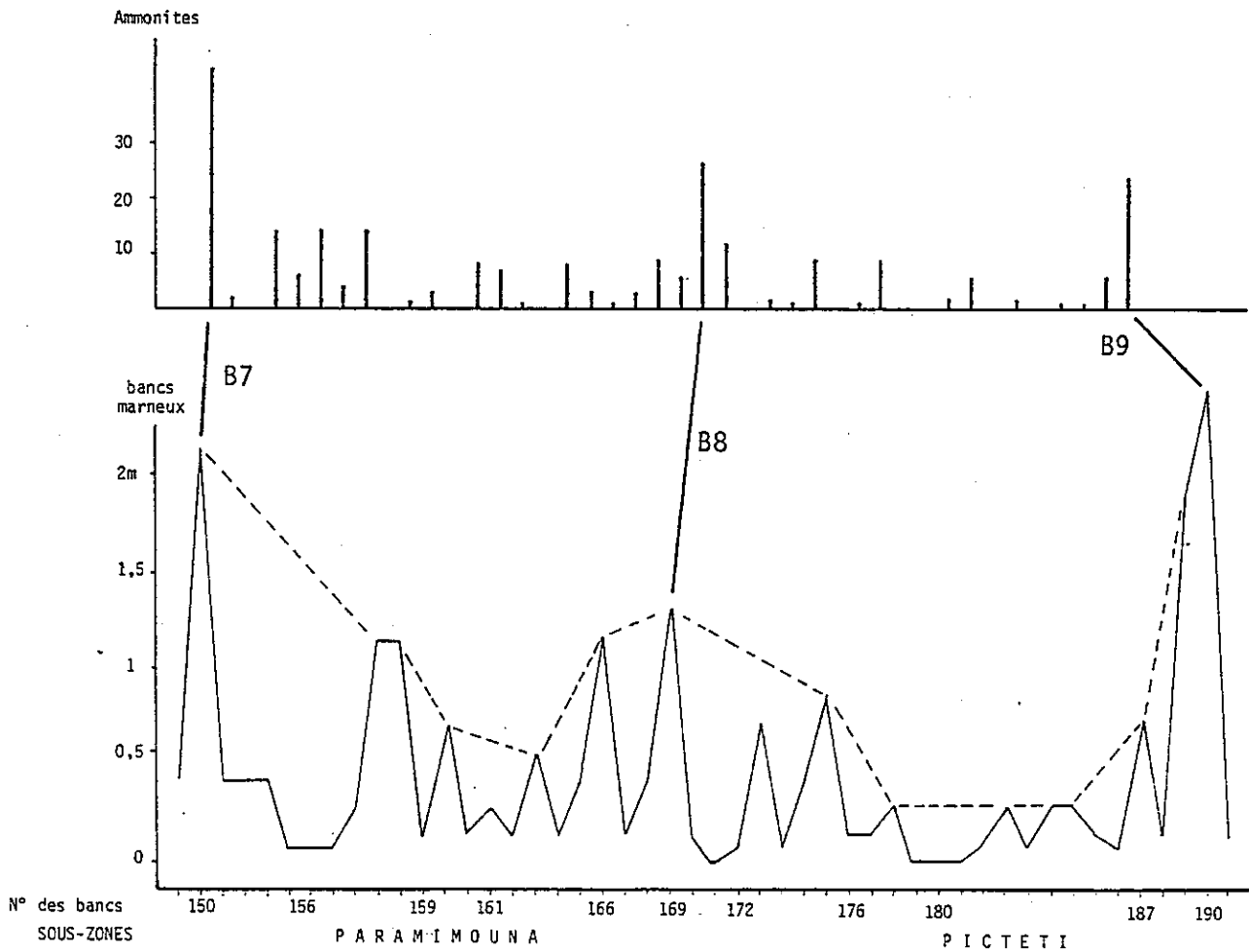


Figure 72 : Crises biosédimentaires B7, B8 et B9 de la coupe du Barranco de Miravetes.

 Courbe enveloppe schématique de la courbe d'épaisseur des bancs marneux.

L'annexe B présente une analyse détaillée des coupes indiquant l'épaisseur des bancs marneux et le nombre d'ammonites ou d'espèces d'ammonites collectées dans chaque banc, permettant ainsi de localiser les différentes crises. Les crises virtuelles représentent plus de la moitié de l'ensemble des crises sur les coupes du Barranco de Tollo et de Barret-le-Bas, ainsi que dans les deux premières zones d'ammonites de la coupe d'Angles-les-Baoussayes montrent essentiellement des crises biosédimentaires, respectivement 70 % et 83 % de l'ensemble des crises. C'est donc en nous basant sur les données fournies par ces deux coupes que nous étudierons la répétitivité des crises dans la série (tableau 39).

4.2 - Répétitivité des crises dans la série :

Les variations d'épaisseur des bancs marneux constituent un enregistrement continu. Par contre le nombre d'ammonites collectées dans chaque banc est beaucoup plus variable et tributaire des conditions de récolte. Dans l'annexe, la courbe enveloppe de la courbe d'épaisseur des bancs marneux souligne le caractère cyclique des crises sédimentaires (figure 72). Il apparaît que les bancs marneux les plus minces sont toujours les plus éloignés des crises (bancs 161 et 180 sur la figure 72) et que les bancs les plus épais se situent toujours à proximité des crises, les bancs marneux de crises étant les plus épais de tous (bancs 150, 169 et 190). Bien qu'étant généralement beaucoup plus épais que les autres bancs marneux, les bancs marneux de crise ne se situent pas de façon aléatoire dans les dépôts, mais amplifient des tendances générales au surépaississement des marnes.

Le nombre de bancs observés entre deux crises sédimentaires, c'est à dire déposé pendant une intercrise, est compris entre six et trente-cinq. Sur la figure 73, trois intervalles ont été distingués suivant que le nombre de bancs séparant deux crises est faible (intervalle 1, nombre de bancs inférieur à quinze), moyen (intervalle 2, quinze à vingt-deux bancs) ou élevé (intervalle 3, plus de vingt-deux bancs).

- Les valeurs faibles ne constituent que 10 % seulement de l'ensemble des intercrises (intervalle 1). Sur le terrain, elles correspondent aux successions les plus marneuses telles que celles du voisinage de la limite Valanginien inférieur-Valanginien supérieur de la coupe d'Angles-les-Baoussayes. Dans le cas de ces épaisseurs passées marneuses, le terme le plus carbonaté des alternances se réduit à de minces niveaux de marnes indurées qui ne sont pas toujours positionnés ni figurés comme des bancs calcaires sur les relevés de coupes.

- Les valeurs moyennes constituent 70 % des cas (intervalle 2). Le nombre de bancs marneux compris entre chaque crise est égal à dix-neuf plus ou moins trois.

- Les valeurs fortes (intervalle 3) représentent seulement 20 % de l'ensemble. Elles sont obtenues dans les séries les plus carbonatées du Berriasien basal subbétique et du Valanginien basal vocontien. Dans ces successions, les bancs marneux sont très minces et peuvent difficilement être différenciés des joints sans grande continuité latérale qui s'observent au sein des calcaires, ce qui tend à exagérer le nombre des bancs marneux.

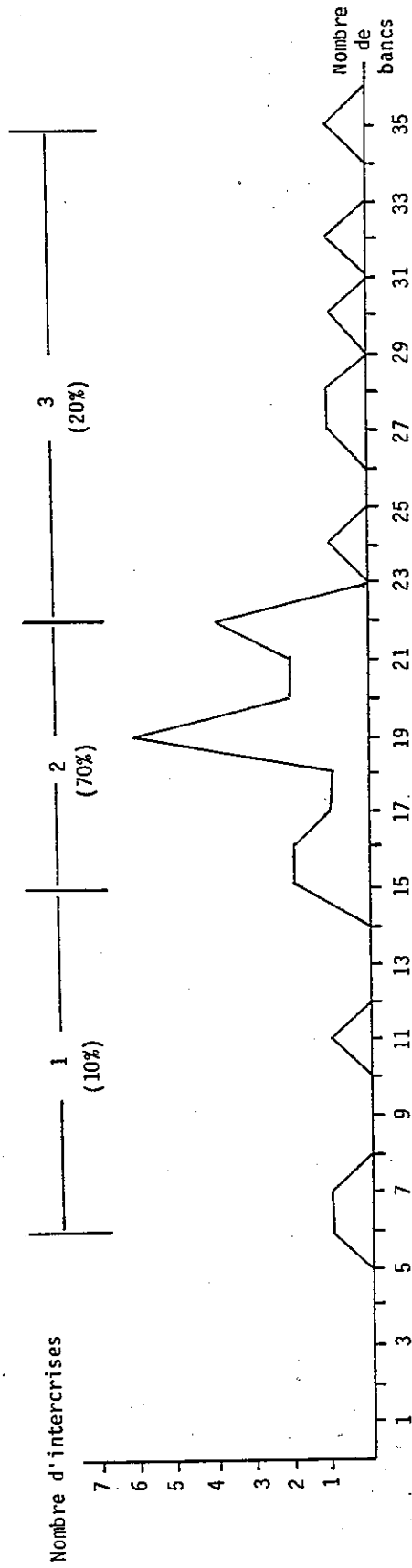


Figure 73 : Courbe de fréquence du nombre de bancs compris entre chaque crises sédimentaires

- Intervalle 1 - Nombre de bancs faible (5 à 14) 3 intercrises sur 29 soit 10%
- Intervalle 2 - Nombre de bancs moyen (15 à 22) 20 intercrises sur 29 soit 70%
- Intervalle 3 - Nombre de bancs élevé (23 à 35) 6 intercrises sur 29 soit 20%

En conclusion, dans les séries étudiées, si l'on excepte les cas où le thème alternant est brouillé par le caractère trop marneux ou trop calcaire des formations, le nombre de couplets de bancs marne-calcaire compris entre deux crises varie peu et est égal à dix-neuf plus ou moins trois. Nous avons également constaté que les crises sédimentaires correspondaient à l'apogée d'un phénomène cyclique. De ce fait, elles ne marquent pas une rupture sédimentaire radicale mais sont toujours annoncées dans les dépôts par un surépaississement progressif des bancs marneux sous-jacents.

Il ressort de ces deux constatations que les crises sédimentaires paraissent sous la dépendance d'un phénomène cyclique dont la période correspondrait au temps de dépôts de dix-neuf plus ou moins trois couplets marne-calcaire.

4.3 - Cyclicités astronomique et sédimentation alternante :

4.3.1 - Théorie de MILANKOVITCH :

D. MILANKOVITCH (1941) a défini plusieurs cyclicités astronomiques liées à la rotation de la terre et a proposé une relation entre ces cyclicités et les glaciations du Quaternaire. Cette théorie, très controversée à l'origine, a récemment été révisée et confrontée aux données fournies par les analyses isotopiques, les forages océaniques (DSDP-ODP), et l'astronomie. Deux congrès géologiques ont traité de ces phénomènes, d'abord à Tübingen (G. EINSELE et A. SEILACHER - 1982) puis à New-York (A. BERGER et al. - 1984). Les conclusions de ces congrès font apparaître que les cyclicités astronomiques de MILANKOVITCH sont enregistrées non seulement dans les séries quaternaires, mais également dans les dépôts alternants pélagiques et certaines séries évaporitiques du Phanérozoïque.

Les cyclicités astronomiques mises en évidence sont au nombre de trois : la précession des équinoxes (période de 19-23.000 ans), l'obliquité de l'écliptique (période de 40.000 ans) et l'excentricité de l'orbite terrestre qui se caractérise par une période principale de 100.000 ans et une harmonique de 400.000ans (figure 74 et tableau 40).

- La précession : (période 19-23.000 ans). La direction de l'axe de rotation de la terre est animée d'un lent mouvement par rapport aux étoiles lointaines considérées comme fixes. La périodicité de ce phénomène oscille entre 19.000 et 23.000 ans et présente une valeur moyenne de 20.000 ans environ. La précession a pour effet d'accroître, surtout dans les basses latitudes, le contraste entre été et hiver dans un hémisphère, alors que dans l'autre hémisphère le contraste est diminué. Cette situation s'inverse tous les 10.000 ans.

- L'obliquité : (période 40.000 ans). L'angle existant entre l'axe de rotation de la terre et une direction perpendiculaire au plan de l'orbite oscille entre 22,1° et 24,5°. Ce phénomène présente une périodicité de 40.000 ans. L'obliquité a une influence sur la distribution de l'insolation pendant l'année, particulièrement dans les hautes latitudes.

- L'excentricité : (période de 100.000 ans, harmonique de 400.000 ans). L'excentricité correspond au rapport des $(a-b)/a$ des axes de l'ellipse de l'orbite terrestre, celle-ci varie entre 0,005 et 0,06 avec une périodicité de 100000 ans et une harmonique de 400000 ans. Les variations de l'excentricité ont deux conséquences, d'une part elles influent sur la longueur des saisons et sur les écarts d'insolation maximale et minimale, d'autre part les fortes valeurs de l'excentricité accentuent les effets de la précession.

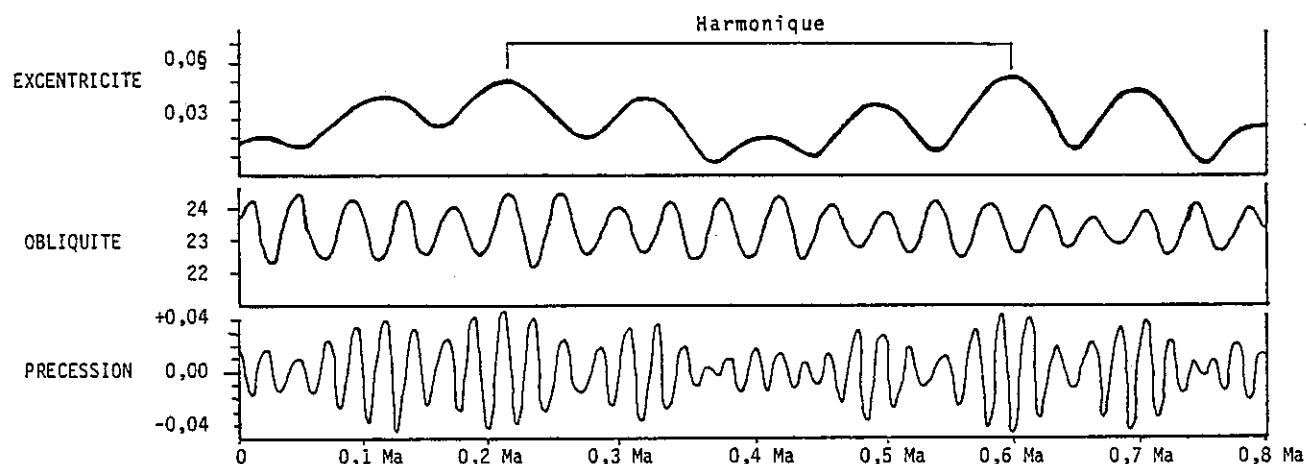


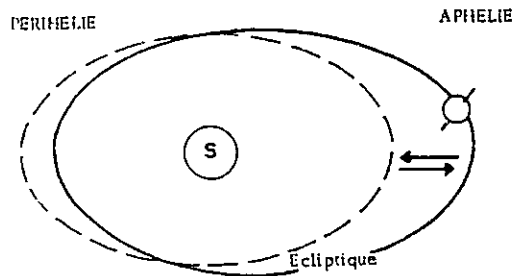
Tableau 40 : Périodicités dues aux variations de l'excentricité, de l'obliquité et de la précession, pour les derniers 800000 ans, d'après A. BERGER (1984).

4.3.2 - Enregistrement des cyclicités dans la sédimentation :

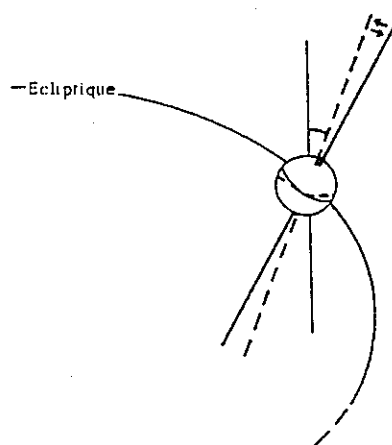
Dès 1941, D. MILANKOVITCH avait envisagé l'effet des cyclicités d'origine astronomique sur les glaciations plio-quaternaires. Les études récentes entreprises dans cette optique n'ont fait que confirmer et compléter les hypothèses de ce précurseur. Les travaux présentés lors des congrès de Tübingen (1982) et New-York (1984) ont porté sur les alternances marno-calcaires, les varves lacustres et les évaporites. Ils ont montré, d'une part que ces différents types de sédimentation avaient enregistré les cyclicités astronomiques, d'autre part que la durée des cyclicités ne semble pas avoir varié depuis le Trias au moins. C'est dans les séries alternantes pélagiques que les cyclicités de ce type ont le plus souvent été signalées. Les conséquences théoriques des variations des paramètres orbitaux sur les dépôts alternants pélagiques sont présentées sur le tableau 41.

4.3.3 - Les alternances vocontiennes :

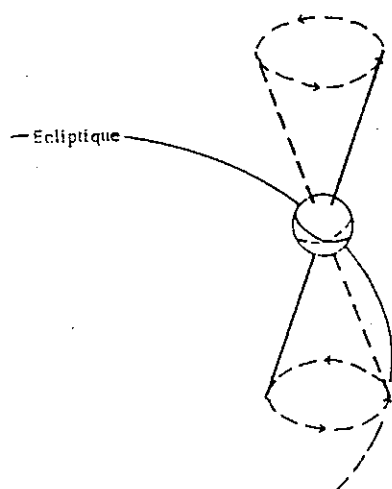
L'origine des alternances hémipélagiques et pélagiques vocontiennes a été expliquée par deux mécanismes différents : sédimentation allochtone répétée périodiquement, ou enregistrement de cyclicités astronomiques.

EXCENTRICITE

- Périodicité principale: 100.000 ans.
- Harmonique: 400.000 ans.

OBLIQUITE

- Périodicité: 40.000 ans.

PRECESSION

- Périodicité: 19.000-23000 ans.

Figure 74 : Variations des paramètres astronomiques de MILANKOVITCH.

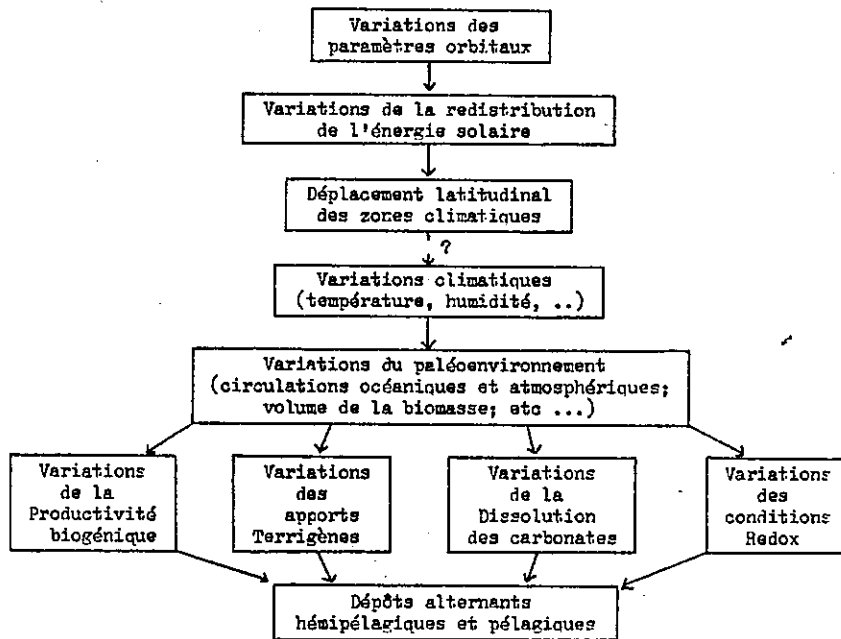


Tableau 41: Hiérarchie des processus de contrôle proposés pour les dépôts alternants marno-calcaires, d'après L. Van der Plaetsen (1982).

4.3.3.1 - Hypothèse d'un dépôt allochtone :

BEAUDOIN, LE DOEUFF et al. (1974) pensent que la majorité des alternances du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur vocontiens serait due à une mise en place dynamique d'un couplet marne-calcaire, répétée cycliquement. Ce couplet correspondant au terme final d'une séquence de Bouma. Par analogie avec les dépôts de cônes sous-marins profonds, ils envisagent un transport par courant turbide, avec sédimentation du terme grossier dans une zone proximale, sédimentation plus distale du terme calcaire, les marnes représentant la fraction fine. Cette hypothèse suppose l'existence de structures sédimentaires caractéristiques : granoclassement du terme calcaire, orientation des particules, présence d'une surface de discontinuité et de ravinements à la base du banc calcaire.

Ces différentes structures ne s'observent que très localement dans les séries vocontiennes et sont totalement absentes sur les coupe étudiées, de sorte que cette hypothèse peut-être abandonnée, au moins dans le cas des alternances étudiées dans ce chapitre.

4.3.3.2 - Hypothèse d'un dépôt autochtone contrôlé par la précession :

Comparant les séries vocontiennes aux dépôts analogues du Quaternaire, COTILLON et al. (1980) ont mis en évidence les similitudes existantes entre ces deux dépôts. Pour ces auteurs, les alternances marne-calcaire à l'échelle du banc résultent d'une décantation en milieu calme de carbonates d'origine biogénique et de produits terrigènes fins (argiles). S. FERRY (1980), C. DARMEDRU et al.

(1982) ont mis en évidence la relation existante entre le climat et la nature de la sédimentation en montrant que la nannoflore, le microbenthos, la teneur en carbonates et la minéralogie des argiles diffèrent entre les bancs marneux et calcaires, ces fluctuations ayant une périodicité estimée comprise entre 8.000 et 40.000 ans.

4.3.3.3 - Mécanisme responsable de la sédimentation alternante dans le bassin vocontien :

Les dépôts vocontiens sont donc comparables aux séries alternantes pélagiques analysées lors des congrès de Tübingen et New-York. Il s'agit de dépôts contrôlés par les cyclicités astronomiques de MILANKOVITCH en raison des effets de celles-ci sur la productivité biogénique, les apports terrigènes, les cycles d'oxydo-réduction la dissolution des carbonates.

4.4 - Enregistrement des cyclicités astronomiques dans la sédimentation alternante :

L'influence des cyclicités astronomiques sur le milieu varie en fonction de la latitude. Au niveau des basses latitudes, où se trouvaient les domaines vocontien et subbétique (figure 40), seuls les cycles de précession et d'excentricité peuvent avoir influencé le milieu.

4.4.1 - Précession des équinoxes :

Le nombre de couplets marne-calcaire déposés est de 180 pour le Berriasien subbétique, 290 pour le Valanginien vocontien. Dans l'hypothèse d'une durée totale de 6 Ma pour le Berriasien et de 7 Ma pour le Valanginien (R. PALMER 1984), le temps moyen de dépôt d'un couplet marne-calcaire serait de 16.000 ans pour le Berriasien et de 24.000 ans pour le Valanginien. Pour approximatives que soient ces données du fait de l'imprécision de 5 Ma des âges radiochronologiques et de l'incertitude concernant le nombre réel de bancs (paragraphe 4.1.1), ces valeurs sont parfaitement compatibles avec celles calculées pour la précession des équinoxes (durée moyenne de dépôt d'un couplet marne-calcaire : 16.000-24.000 ans, périodicité du cycle de précession : 19.000 à 23.000 ans).

4.4.2 - Excentricité de l'orbite terrestre :

Les variations d'excentricité de l'orbite terrestre présentent une périodicité de 100.000 ans et une harmonique de 400.000 ans. Au Berriasien-Valanginien, les domaines étudiés peuvent donc avoir été soumis à trois phénomènes périodiques d'origine astronomique : les deux cycles d'excentricité et celui de précession que nous avons précédemment commenté. La numérotation (1 à 20) sur le tableau 42, a pour but de mettre en évidence la superposition de ces différents cycles pour les derniers 800.000 ans. A chaque chiffre correspond une valeur maximale de la précession d'une périodicité de 19-23.000 ans ; aux valeurs 1, 6, 10, 15 et 19 correspond l'excentricité maximale de l'orbite terrestre avec une périodicité de 100.000 ans ; les valeurs maximales du cycle de l'excentricité correspondent aux chiffres 1 et 19. Le nombre de cycles de précession que recouvrent les cycles

d'excentricité est égal à 4 ou 5 pour le cycle de 100.000 ans, 19 ou 20 pour celui de 400.000 ans. Ce décalage vient de ce que la périodicité des cycles d'excentricité (100.000 et 400.000 ans) n'est pas un multiple entier de celle du cycle de précession (19.000-23.000 ans).

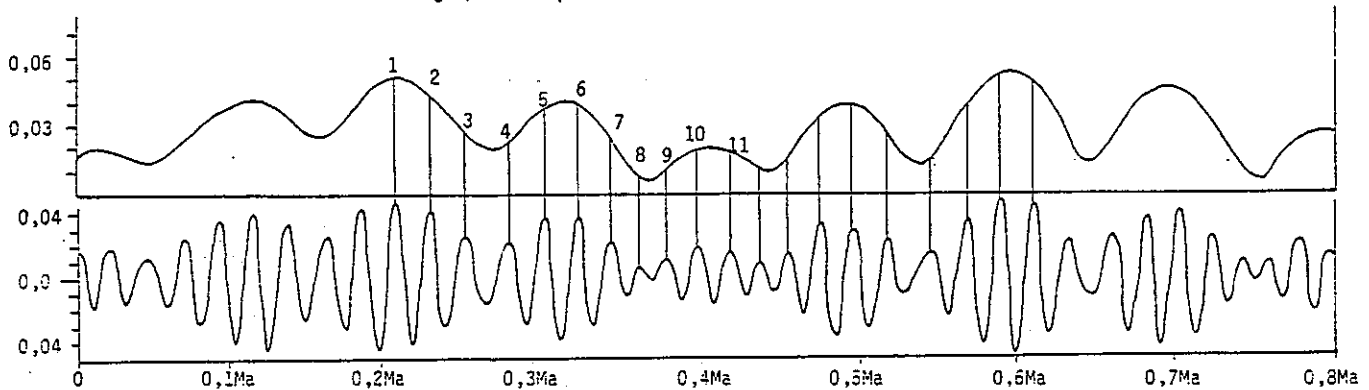


Tableau 42 : Projection des maxima de la courbe de précession sur la courbe des variations de l'excentricité, l'intervalle 1 à 20 correspond à une harmonique de 400000 ans du cycle de l'excentricité (d'après A. BERGER 1984).

Si l'on considère les durées de 6 Ma pour le Berriasien et 7 Ma pour le Valanginien proposées par PALMER (1984), le nombre de cycles d'excentricité de 400.000 ans recouvert par ces étages serait de 15 pour le Berriasien et 17 pour le Valanginien. Or le nombre de crises reconnues pour chacun de ces étages est de 16. Compte tenu des incertitudes actuelles sur la durée des étages, il est possible d'envisager que les crises correspondent à une manifestation de l'harmonique de 400.000 ans du cycle de l'excentricité (tableau 43). Le nombre de couplets marne-calcaire entre chaque crise et le nombre de cycles de précession recouverts par une harmonique de 400.000 ans du cycle de l'excentricité sont également très comparables : 18 à 22 d'une part, 19-20 d'autre part (tableau 43).

Nous pouvons ainsi envisager d'établir une corrélation entre le cycle de précession des équinoxes et le temps de dépôt des couplets marne-calcaire, ainsi qu'entre le phénomène de crise et le cycle de 400.000 ans du à l'excentricité de l'orbite terrestre. Dans cette hypothèse, les épais passées marneuses des crises sédimentaires correspondraient soit aux valeurs minimales, soit aux valeurs maximales de l'excentricité. Les données actuelles ne permettent pas de trancher avec certitude, aussi la corrélation crises-valeurs élevées de l'excentricité proposée sur les figures 75 et 76 est-elle arbitraire. Ce postulat ne nuit pas à la validité de ces figures dont l'objet est de mettre en évidence les conséquences du cycle d'excentricité de 100.000 ans sur la sédimentation. Ces figures montrent qu'entre les crises l'épaisseur des bancs marneux n'est pas constante mais présente des variations, l'épaisseur maximale des marnes demeurant toutefois toujours inférieure à l'épaisseur des bancs marneux de crise.

Ces maxima secondaires sont toutefois disposés assez régulièrement au sein des intercrises et pourraient être influencés par le cycle de 100.000 ans de l'excentricité.

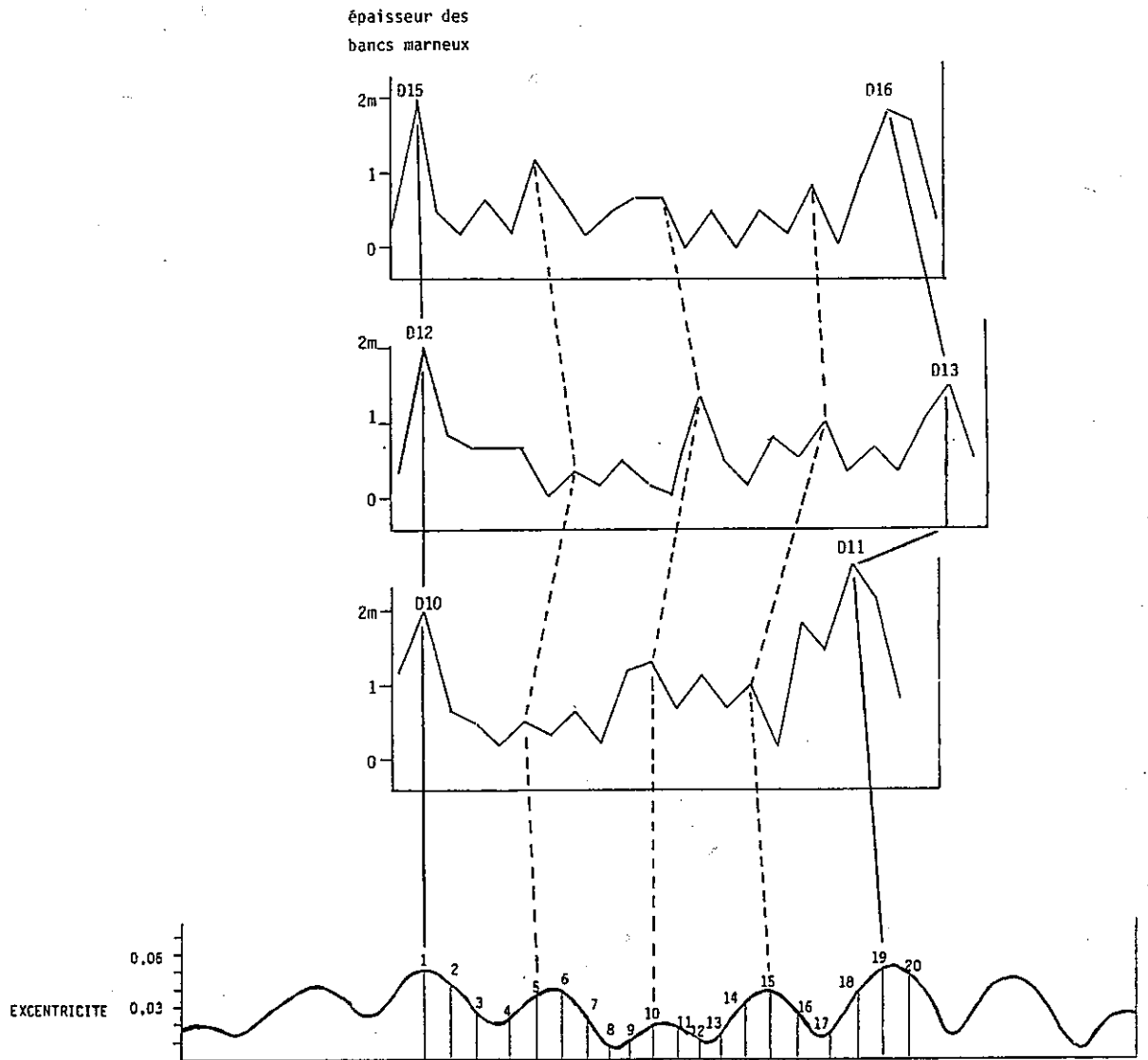


Figure 75 : Comparaison des courbes d'épaisseur des bancs marneux de trois intercrises prises sur la coupe d'Angles-les-Baoussayes, avec les cycles de précession (1 à 20) et de l'excentricité.

Emplacement des crises : D10, banc 311, zone à *Verrucosum*; D11, banc 323, zone à *Verrucosum*; D12, banc 338, zone à *Verrucosum*; D13, banc 348, zone à *Verrucosum*; D15n, banc 362, zone à *Trinodosum*; D16, banc 373, zone à *Trinodosum*.

Corrélation entre crises valanginiennes et harmonique de 40000 ans du cycle de l'excentricité.

Corrélation entre bancs marneux épais et fortes valeurs du cycle de 100000 ans de l'excentricité.

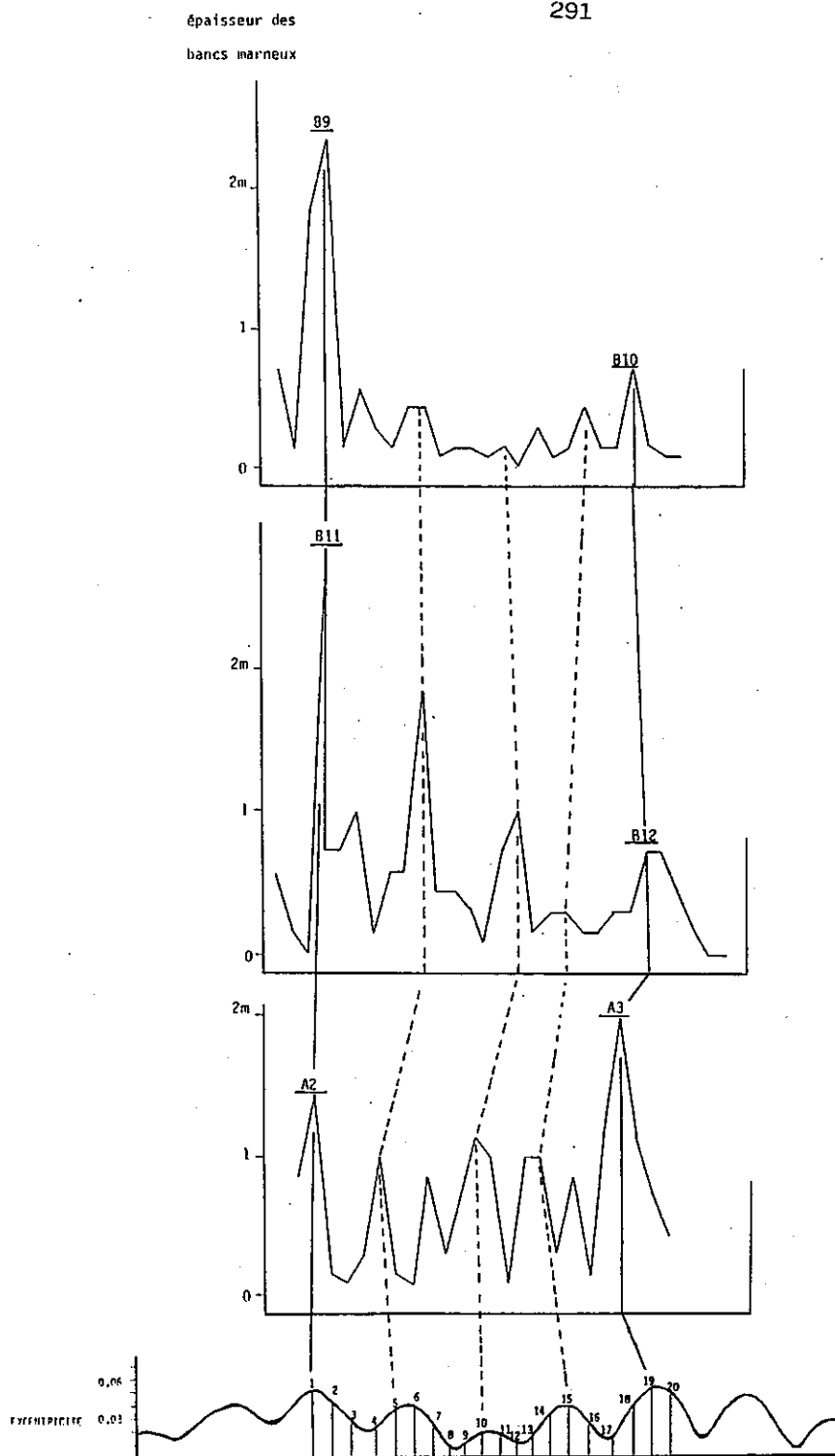


Figure 76 : Comparaison des courbes d'épaisseur des bancs marneux de 3 intercrises choisies sur les coupes subbétiques avec les cycles de précession et d'excentricité de Milankovitch.

Corrélation entre crises berriaso-valanginiennes et harmonique de 400.000 ans du cycle de l'excentricité.

Corrélation entre bancs marneux épais et fortes valeurs de l'excentricité, cycle de 100.000 ans

Emplacement des crises: (voir annexe)

- Barranco de Tollo: A2 , banc 175 sous-zone à Grandis; A3 , banc 194 sous-zone à Grandis
- Barranco de Miravetes: B9, banc 190 sous-zone à Picteti; B10, banc 208 sous-zone à Picteti; B11, banc 235 sous-zone à Alpillensis; B12 banc 251 sous-zone à Alpillensis.

Durée d'un cycle de précession		19-23000 ans	16-24000 ans	Temps de dépôt d'un couplet calcaire-marne	
Nombre de cycles de précession de 19-23000 ans pendant un cycle d'excentricité de 400000 ans		19 à 20	18 à 22	Nombre de couplets marne-calcaire entre 2 crises	
Nombre théorique de cycles d'excentricité de 400000 ans pendant la durée d'un étage	Valanginien 7Ma	17	16	Valanginien	Nombre de crises observées par étage
	Berriasien 6Ma	16	16	Berriasien	

Tableau 43 : Comparaison des cyclicités de Milankovitch avec les résultats de l'analyse des séries de bassin.

L'examen des séries alternantes berriasiennes et valanginiennes permet d'envisager l'influence des cyclicités de MILANKOVITCH sur la sédimentation des séries étudiées.

- Le cycle de précession des équinoxes de 19000-23000 ans correspondrait au temps de dépôt d'un couplet marne-calcaire.
- Le cycle d'excentricité de l'orbite terrestre de 100000 ans pourrait correspondre au temps de dépôt de 4 ou 5 couplets, il se marquerait par des variations d'épaisseur des bancs marneux progressives et cycliques.
- L'harmonique du cycle de l'excentricité dont la période est de 400000 ans équivaut au temps de dépôt de 19 ou 20 couplets, elle pourrait correspondre aux crises biosédimentaires.

La mise en évidence dans les séries alternantes pélagiques de cyclicités de même durées que les cycles de MILANKOVITCH, permet de mieux comprendre les modifications biologiques et sédimentaires au sein de ces dépôts réputés très monotones. Elle permet aussi d'envisager de chiffrer la durée de ces événements.

5 - Phénomènes cycliques dont la durée est supérieure à celle des cycles de MILANKOVITCH :

Les crises dépendant de phénomènes périodiques constituent d'excellents repères pour étudier l'évolution biosédimentaire des séries. Il est ainsi possible, en comparant entre elles les amplitudes des événements affectant la faune et la sédimentation au niveau de chaque crise (ou intercrise), de mettre en évidence des variations lentes des milieux.

Dans ce paragraphe, nous analyserons successivement les variations du taux de sédimentation, de la fréquence des ammonites et des foraminifères benthiques dans la série.

5.1 - Taux de sédimentation :

Les crises sédimentaires marquées par un ou deux bancs marneux très épais se produisent périodiquement, l'épaisseur de dépôt comprise entre deux crises est proportionnelle au taux de sédimentation, la monotonie des dépôts permettant de supposer un taux de compaction peu variable. Qu'il s'agisse de la coupe d'Angles ou de celle du Barranco de Miravetes (figures 77 et 78), l'épaisseur de série sédimentée pendant chaque intercrise varie entre 8 et 21 mètres. Cette puissance des dépôts ne fluctue pas de manière quelconque mais augmente ou diminue progressivement d'une intercrise à l'autre permettant ainsi la mise en évidence de cycles d'ordre supérieur regroupant cinq à sept intercrises. Cette évolution cyclique s'observe également lorsque l'on prend en compte isolément l'épaisseur cumulée des bancs marneux ou des bancs calcaires entre chaque crises. Toutefois, cette évolution en parallèle ne s'observe pas au niveau de la limite des zones à *Campylotoxus* et *Verrucosum* de la coupe d'Angles-les-Baoussayes (intercrise D9-D10) où une forte augmentation d'épaisseur des bancs marneux est associée au contraire à une diminution de puissance des bancs calcaires. Dans ce cas particulier, il s'agit d'une crise majeure (D9) caractérisée, comme nous l'avons déjà signalé, par l'absence probable d'individualisation de certains bancs calcaires (paragraphes 3.4.3.1 et 4.2, figure 70j).

5.2 - Fréquence des ammonites :

La coupe du Barranco de Miravetes présente des ammonites tout au long de la série contrairement aux autres coupes étudiées. Cette succession subbétique se prête particulièrement bien à l'étude des ammonites. Le nombre d'ammonites collectées au niveau de chaque crise est compris entre 3 et 42, il évolue régulièrement d'une crise à l'autre et montre ainsi une variation cyclique (figure 77). Deux valeurs maximales s'observent au niveau des crises B7 et B13, trois valeurs minimales en B2-B4, B10 et B14-B16.

Il apparaît clairement sur la figure 77 que le nombre d'ammonites collectées au niveau des crises et l'épaisseur de série déposée pendant les intercrise évoluent en parallèle, présentant des valeurs maximales et minimales simultanées. Cette relation entre le taux de sédimentation et la fréquence des ammonites pourrait ne pas être fortuite, au cas où il y aurait là un indice de l'existence d'un cycle d'ordre supérieur, mais dont la nature serait encore inconnue.

5.3 - Fréquence des foraminifères benthiques :

Les foraminifères benthiques de la coupe d'Angles-les-Baoussayes ont été étudiés par M. MOULLADE, les résultats de cette analyse étant publiés dans R. BUSNARDO, J.P. THIEULOY et M. MOULLADE (1979). Pour ce faire, des échantillons prélevés dans les bancs marneux ont été lavés et la microfaune benthique qu'ils contenaient triée et déterminée. Le nombre d'espèce ainsi identifiées au niveau des bancs marneux de crise varie entre 5 et 30 (figure 78), il évolue de façon régulière en présentant une valeur maximale au niveau de la crise D1 et des valeurs minimales pour les crises D8 et D15.

Il semble donc exister une relation entre les variations du nombre d'espèces de foraminifères collectées et celles des épaisseurs des sédiments déposés pendant les intercrises.

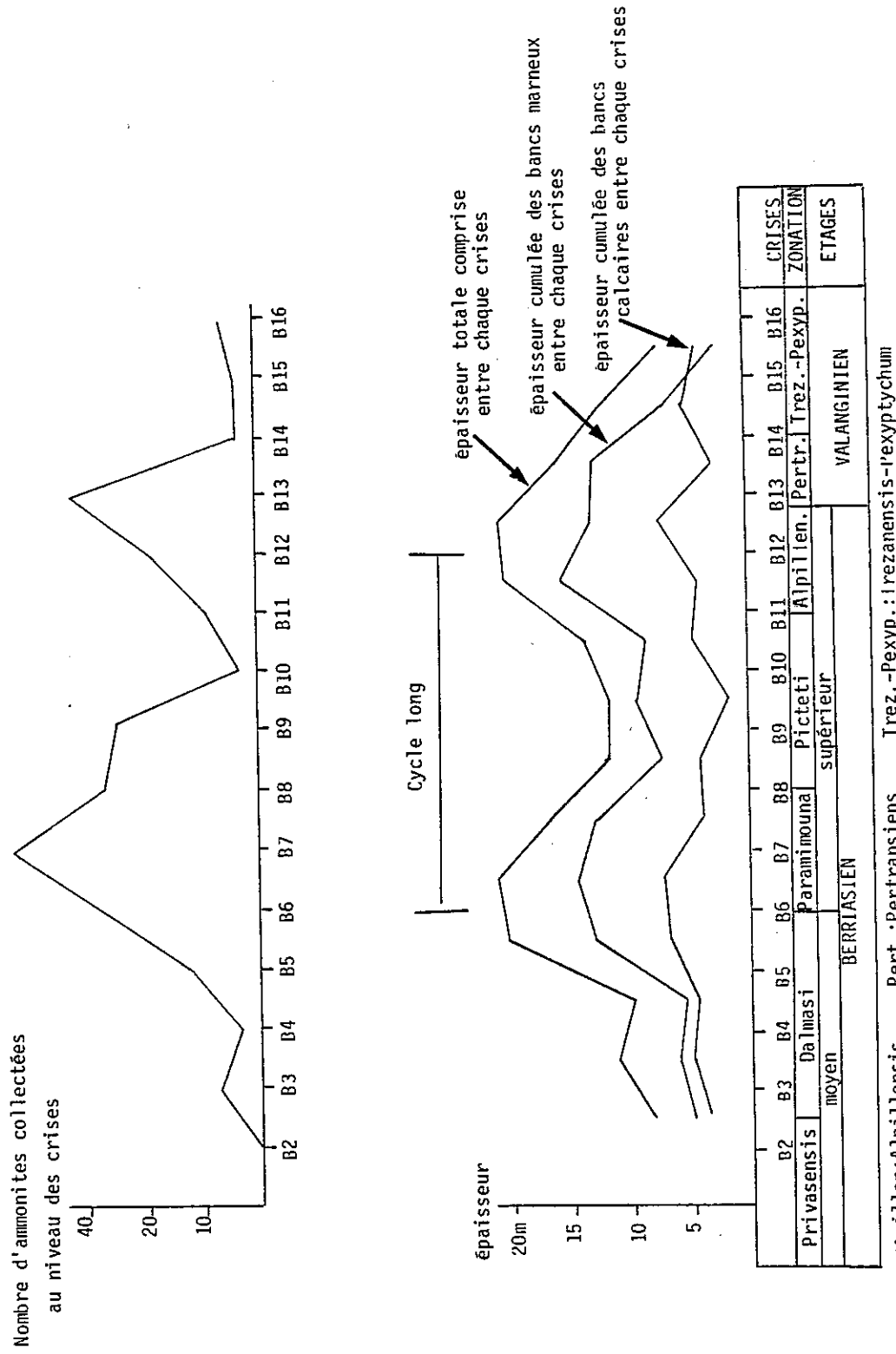
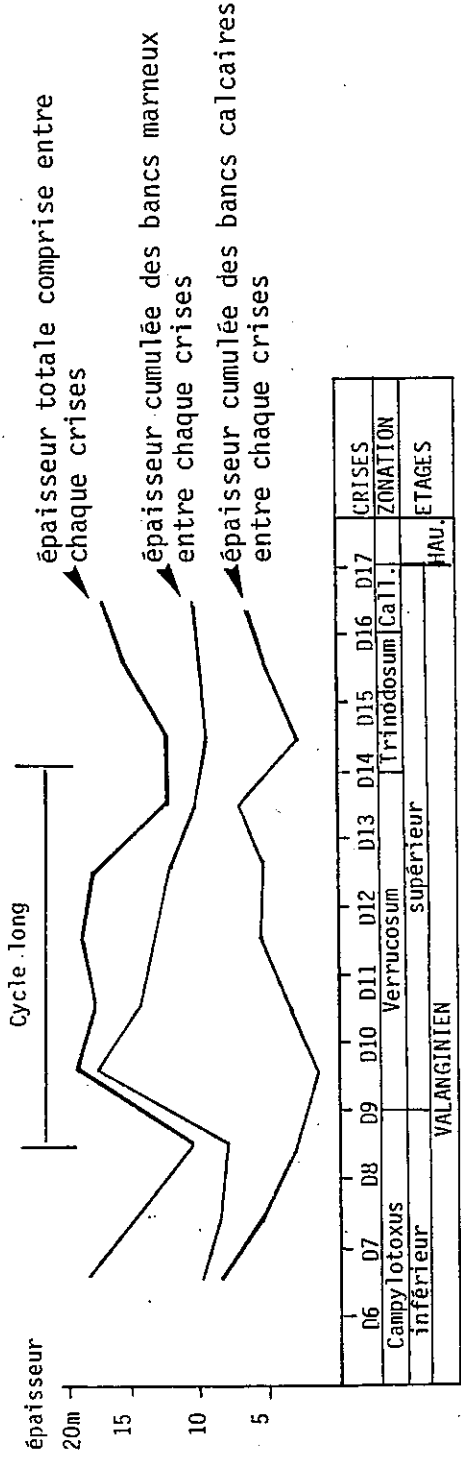
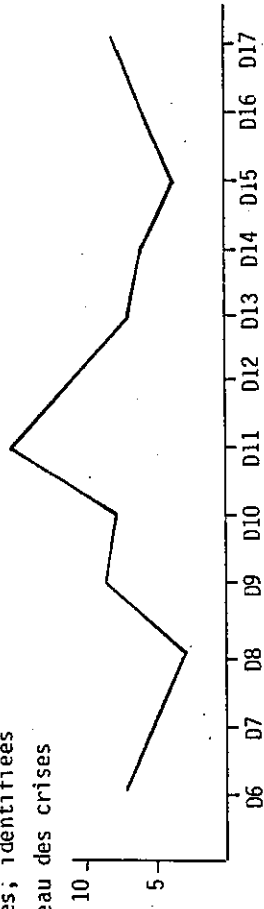


Figure 77 : Coupe du Barranco de Miravetes. Nombre d'ammonites collectées au niveau de chaque crise, épaisseur cumulée des bancs marneux, des bancs calcaires et épaisseur totale de série entre chaque crises.

Nombre d'espèces de foraminifères benthiques collectés; identifiées au niveau des crises



Call.: Callidiscus HAU.: HAUTERIVIEN.

Figure 78 : Coupe d'Angles-les-Baoussayes. Nombre d'espèces de foraminifères benthiques collectées au niveau des crises, épaisseur cumulée des bancs marneux, des bancs calcaires et épaisseur totale de série comprise entre chaque crises. Durée moyenne d'une intercrise : 40000 ans. Durée d'un "cycle long" recouvrant 5 à 7 intercrises 2 à 2,8 Ma.

5.4 - Conclusion :

Il existe une liaison entre le nombre d'ammonites collectées et de foraminifères benthiques identifiés au niveau des crises, l'épaisseur cumulée des bancs calcaires, des bancs marneux et de l'ensemble des sédiments déposés pendant les intercrises. Ces différents paramètres évoluent en parallèle et s'organisent en "cycles longs" recouvrant 5 à 7 intercrises soit une durée comprise entre 2 Ma et 2,8 Ma, si l'on considère que les crises auraient une périodicité de 400.000 ans. Toutefois, seules des études complémentaires basées sur des intervalles d'une plus longue durée que celle des étages Berriasien et Valanginien permettraient la mise en évidence d'une éventuelle périodicité de ces "cycles longs" auquel cas leur origine pourrait être liée à des mécanismes astronomiques encore inconnus.

6 - Conclusion de l'analyse biologique et sédimentaire des séries alternantes de bassin :

Les alternances pélagiques se révèlent, grâce aux analyses détaillées, contrôlées par des phénomènes cycliques aux conséquences importantes sur les organismes et la sédimentation. Les plus brefs d'entre eux peuvent être mis en parallèle avec les cyclicités de MILANKOVITCH ; par contre, le cycle le plus long ne présente pas d'origine bien cernée.

6.1 - Cycle astronomique dû à la précession des équinoxes :

Périodicité 19-23.000 ans

Le contrôle de la sédimentation alternante par la précession a été reconnu dans de nombreuses séries quaternaires ou antérieures (EINSELE et SEILACHER 1982, BERGER et al. 1984). Dans les dépôts alternants que nous avons étudiés, nous avons pu constater que le temps moyen de sédimentation d'un couplet marne-calcaire et la périodicité du cycle de la précession des équinoxes présentaient des valeurs très proches, respectivement 16-24.000 ans et 19-23.000 ans. Le thème alternant de la sédimentation serait donc contrôlé par la précession des équinoxes.

6.2 - Cycles astronomiques dus à l'excentricité de l'orbite terrestre :

Périodicités : 100.000 ans et 400.000 ans

La périodicité élémentaire de 100.000 ans due aux variations de l'excentricité pourrait se traduire par des variations d'épaisseur des bancs marneux présentant des valeurs maximales tous les 4 ou 5 couplets marne-calcaire, chaque couplet correspondant à un cycle de précession de 19-23.000 ans. Toutefois la relation entre la sédimentation et ce paramètre est difficile à établir et ne semble avoir qu'assez peu de conséquences sur le milieu au regard des autres phénomènes périodiques de MILANKOVITCH.

L'harmonique de 400.000 ans du cycle de l'excentricité peut-être clairement mise en parallèle avec les crises biosédimentaires se produisant tous les 16 à 22 bancs.

Il est possible de distinguer trois types de crises en fonction de la chronologie des événements qui caractérisent ces horizons remarquables :

- Crises biologique et sédimentaire contemporaines :
L'augmentation du nombre d'ammonites collectées et le surépaississement des bancs marneux sont synchrones et très importants, conduisant à l'individualisation des crises biosédimentaires les plus spectaculaires.
- Crise biologique précédant la crise sédimentaire :
Le nombre d'ammonites collectées s'accroît nettement puis, moins de trois couplets marne-calcaire plus haut, se produit une forte augmentation d'épaisseur d'un ou deux bancs marneux.
- Crise biologique succédant à la crise sédimentaire :
Le nombre d'ammonites collectées augmente légèrement, quelques bancs après un faible surépaississement d'un ou deux bancs marneux.

Les crises sédimentaires se répètent périodiquement dans la série, par contre les crises biologiques associées ne montrent pas une périodicité aussi régulière car elles se produisent le plus souvent à quelques bancs d'écart des précédentes. Ce léger déphasage semble régler l'importance des crises biosédimentaires. En effet, lorsque les crises biologiques et sédimentaires sont simultanées ou lorsque la crise sédimentaire se produit peu avant la crise biologique, les renouvellements de faune sont très importants. Par contre, lorsque la crise sédimentaire succède à la crise biologique, les renouvellements de faune par apparition et disparition d'espèces sont très réduits voire nuls.

Lorsque des renouvellements de faune importants se produisent au cours d'une crise biosédimentaire, ils se déroulent en deux phases successives : la première se caractérise par l'apparition d'espèces nouvelles, tandis que la seconde, située quelque bancs plus hauts montre principalement des extinctions.

Dans le cas des coupes valanginiennes du bassin vocontien étudiées par J.P. THIEULOY, l'intervalle de crise présente fréquemment des faunes particulières : migrants d'origine boréale et espèces très typées à brève extension verticale.

6.3 - "Cycles longs" durant 2 à 2,8 Ma :

En plus des cyclicités de MILANKOVITCH, la faune et la sédimentation semblent contrôlées par un phénomène cyclique dont la durée recouvre celle séparant 5 à 7 crises. Ce phénomène d'origine inconnue provoque des fluctuations régulières du taux de sédimentation ainsi que du nombre d'espèces de foraminifères benthiques et d'ammonites récoltés au niveau des crises. Le trop bref intervalle étudié ne permet pas de vérifier la périodicité de cette cyclicité.

CHAPITRE II -MAGNETOSTRATIGRAPHIE

1 - Introduction :

2 - Magnétostratigraphie :

3 - Apport de l'analyse sédimentologique à la magnétostratigraphie

4 - Conclusion :

MAGNETOSTRATIGRAPHIE

1 - Introduction :

Cette étude effectuée en collaboration avec J. BESSE, a été réalisée à l'aide des moyens techniques de l'Institut de Physique de Globe de Paris.

1.1 - Objet de l'étude :

Menée sur les coupes hypostratotypiques du Valanginien, cette analyse a permis d'une part de caler avec précision l'échelle des inversions magnétiques par rapport aux différentes biozonations existantes, d'autre part de mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre les inversions et les différentes cyclicités mises en évidence dans les successions de cet âge (cf. chapitre : Analyse des séries alternantes de bassin).

1.2 - Echantillonnage et techniques d'analyse :

1.2.1 - Echantillonnage :

L'échantillonnage a été effectué soit par prélèvement direct de carottes orientées sur le site (173 échantillons), soit par prélèvement de blocs orientés dans les niveaux plus tendres dans le but de les carotter après consolidation (10 échantillons).

1.2.2. - Techniques d'analyse :

Les échantillons ont été mesurés sur le magnétomètre cryogénique de l'Institut de Physique du Globe de Paris (magnétomètre Ctf). Les intensités d'aimantation de la série étant très faibles, des précautions expérimentales particulières ont été prises tant au niveau du réglage de l'appareil que de la décontamination du porte-échantillon (mesure, nettoyage, et désaimantation).

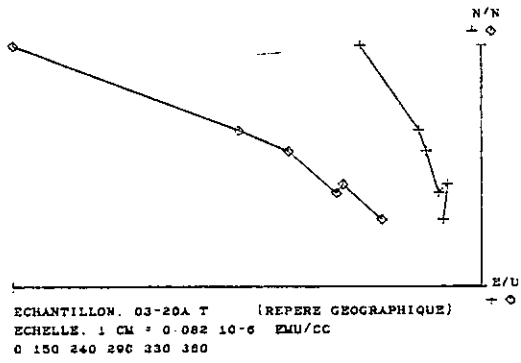
Les échantillons ont été progressivement désaimantés par chauffe dans un four inductif (champ résiduel < 20 nT) jusqu'à 500° et par champ alternatif (appareil à désaimanter Schonstedt) jusqu'à 100 mT. Un grand nombre d'échantillons portait une aimantation multicomposante dont chaque direction a été déterminée par la méthode des moindres carrés.

1.3 - Résultats paléomagnétiques:

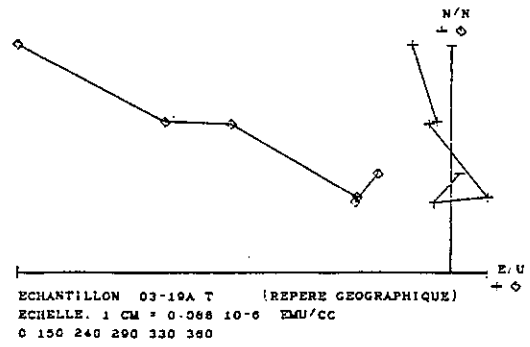
1.3.1 Coupe de Barret-le-Bas :

43 échantillons ont été prélevés dans cette série. L'intensité des aimantations naturelles des échantillons de cette coupe est peu élevée (de l'ordre de $5 \cdot 10^{-4}$ A/m). La première chauffe à 150° C conduit le plus souvent à une forte diminution de l'intensité d'aimantation (voisine quelquefois de 50%) indiquant la présence possible de goéthite. Les désaimantations thermiques ont été poursuivies jusqu'à 360° , valeur pour laquelle les intensités d'aimantation étaient situées très près du bruit du magnétomètre.

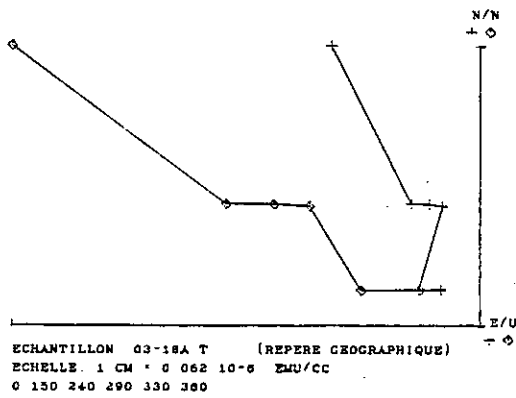
L'étude montre pour tous les échantillons une aimantation monocomposante de polarité normale, et dont la direction passe par l'origine dans les diagrammes de ZIJDERVELD (figure 79).



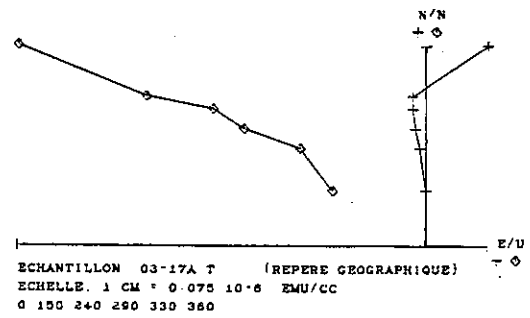
Banc N° 13



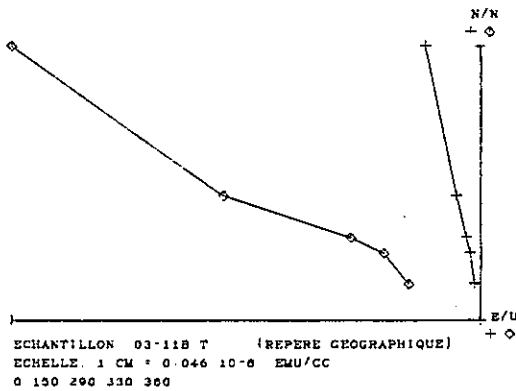
Banc N° 12



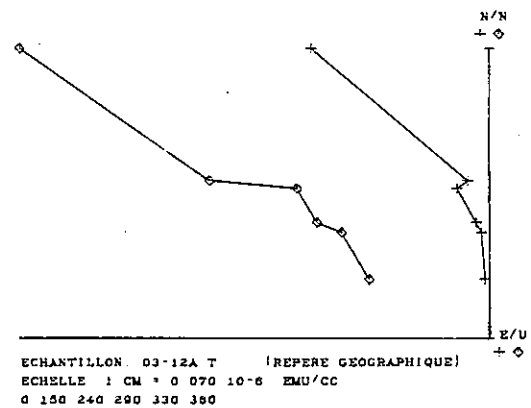
Banc N° 12



Banc N° 10

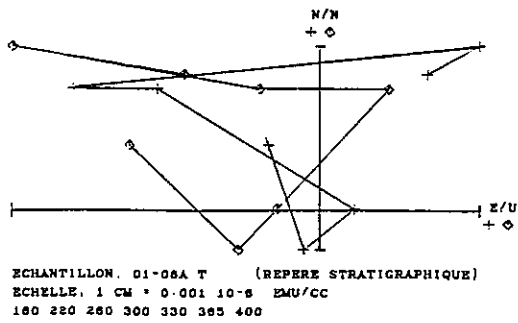


Banc N° 0 (slump)

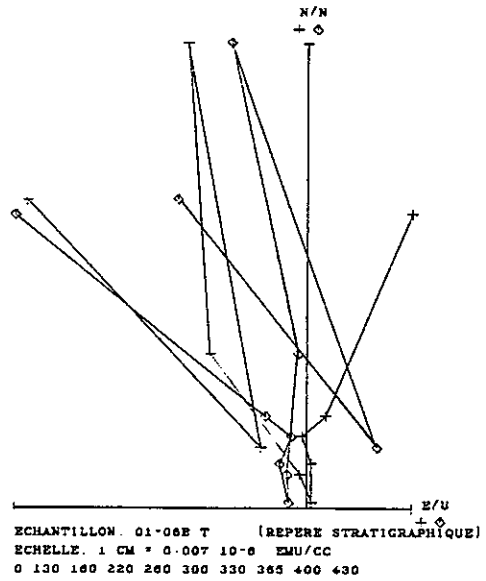


Banc N° 0 (slump)

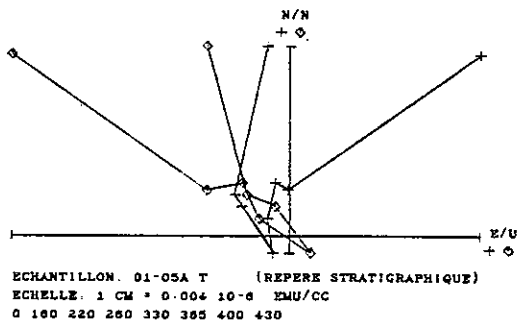
Figure 79 : Coupe de Barret-le-Bas. Diagrammes de projection orthogonale du vecteur aimantation, montrant des champs à polarité normale. Paliers de désaimantation thermique : 0°, 200°, 250°, 295°, 300° et 360°C.



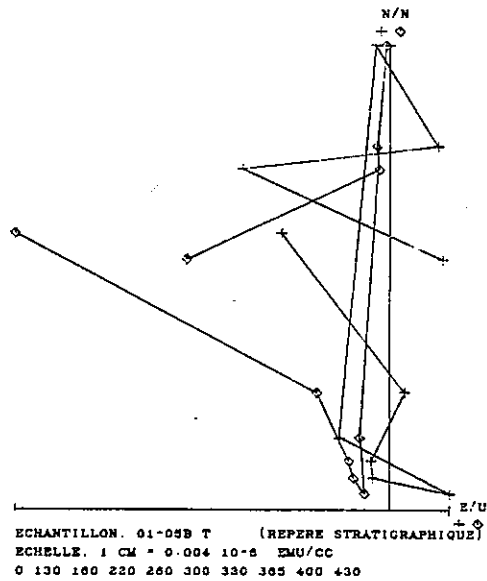
Banc N° 191



Banc N° 191

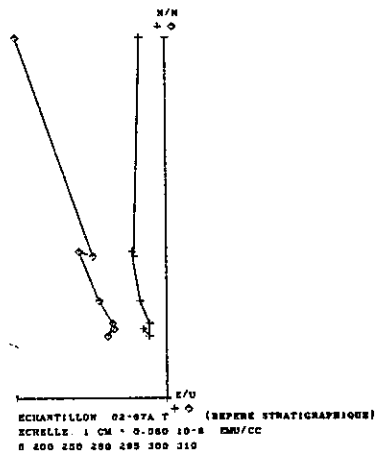


Banc N° 190

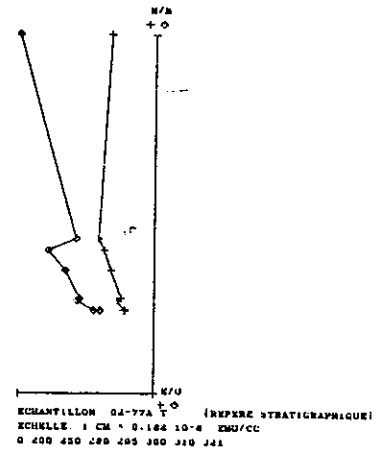


Banc N° 190

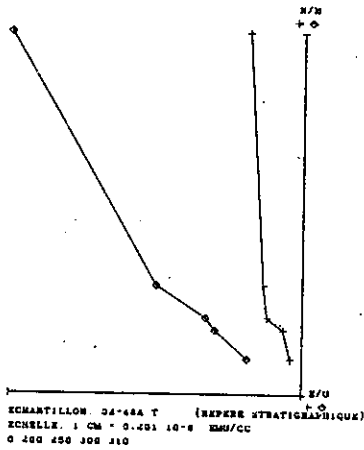
Figure 80 : Coupe d'Angles-les-Baoussayes. Diagrammes de projection orthogonale du vecteur aimantation, ne montrant pas de composantes identifiables. Paliers de désaimantation thermique : 0°, 130°, 160°, 220°, 260°, 300°, 330°, 365°, 400°, 430°C.



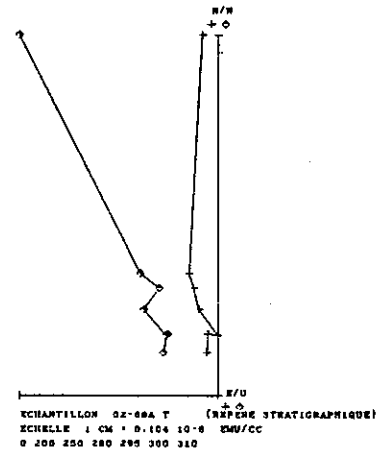
Banc N° 356 - champ normal



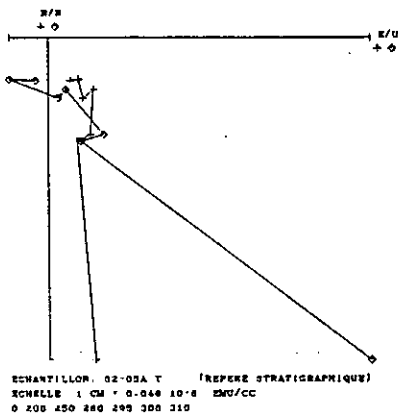
Banc N° 381 - champ normal



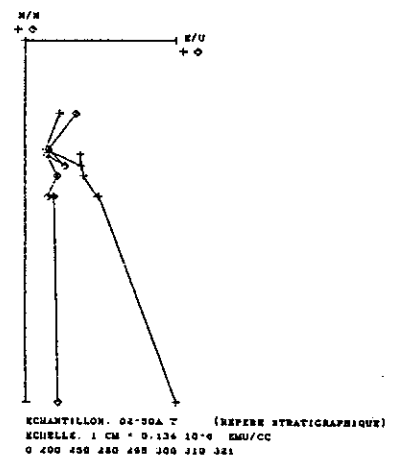
Banc N° 316 - champ normal



Banc N° 356 - champ normal



Banc N° 304 - champ inverse



Banc N° 310 - champ inverse

Figure 81 : Coupe d'Angles-les-Baoussayes, partie moyenne et haute.

Diagrammes de projection orthogonale du vecteur aimantation.

Paliers de désaimantation thermique : 0°, 200°, 250°, 280°, 295°, 300° et 310°C.

Le test du pli n'est pas possible puisque la série est essentiellement monoclinale. La direction moyenne avant correction de pendage est $D = -19^\circ$, $I = 49^\circ$, $\alpha_{95} = 6^\circ$, et est donc relativement différente du champ dipôle actuel ($I = 63^\circ$). La polarité de cette série est entièrement normale.

1.3.2 Coupe d'Angles-les Baoussayes :

130 échantillons ont été prélevés dans cette série. Au cours des traitements de désaimantation (de 150° à 480°C), deux comportements magnétiques différents ont pu être mis en évidence :

* Dans le bas de la série, les intensités d'aimantation sont extrêmement faibles (de l'ordre de $5 \cdot 10^{-5}$ A/m). Les diagrammes de ZIJDERVELD montrent un comportement erratique du vecteur aimantation (figure 80) et aucune composante claire n'a pu être dégagée.

* Dans la partie intermédiaire et haute de la série, la faible aimantation rend les diagrammes quelquefois difficiles à interpréter, mais des composantes claires de polarité normale ou inverse ont toutefois pu être dégagées (figure 81). Les désaimantations thermiques ont été poussées jusqu'à 480°C , palier à partir duquel l'intensité d'aimantation de la plus grande partie des échantillons commence à être trop faible pour être mesurée avec suffisamment de précision et où certains échantillons se réaimantaient dans le champ du four. La faible variation des pendages n'autorise pas à effectuer un test du pli, K et A95 respectivement égaux à 17° et 5° avant correction tectonique, et à 20° et $4,5^\circ$ après correction. La direction moyenne avant correction de pendage ($D = -14,6^\circ$, $I = 40^\circ$) est significativement différente du champ dipôle actuel et montre que la série n'a pas subi de réaimantation récente. Par contre, la moyenne des directions inverses ($D = 187^\circ$, $I = -52^\circ$) n'est pas antiparallèle à la moyenne de celle des directes et laisse suspecter la surimpréssion d'une composante d'intensité faible et de direction normale. Les niveaux les plus friables n'ont pu être mesurés à ce jour.

1.3.3 - Paléolatitute et pôle magnétique :

1.3.3.1 - Paléolatitute :

Un pôle moyen pour le Valanginien a été calculé de deux façons différentes :

- Estimation de la moyenne de l'ensemble des directions calculées par la méthode des moindres carrés sur les diagrammes de ZIJDERVELD les plus significatifs avant et après correction de pendage. La direction moyenne avant correction de pendage est significativement distincte du champ actuel. Le pôle ainsi calculé sur 51 échantillons a pour coordonnées après correction de pendage : $L = 66^\circ$, $P = 220^\circ$, $A_{95} = 5^\circ$. Le test du pli n'est pas positif au seuil de 95%, bien que l'on assiste au cours de la correction à une légère augmentation du paramètre de précision et à une légère diminution du A_{95} .

- Fractionnement de la série en 5 sites choisis arbitrairement en fonction des différences de direction de pendage. Là non plus le test du pli n'est ni positif, ni négatif au seuil de probabilité à 95%. Le pôle magnétique virtuel, dont les coordonnées sont $L = 67^\circ$, $P = 220^\circ$, $A_{95} = 9^\circ$, est identique au pôle précédent.

L'un comme l'autre de ces pôles fournit une latitude voisine de 23°N . Cette valeur est en accord avec les reconstitutions paléogéographiques (DERCOURT et al. 1985).

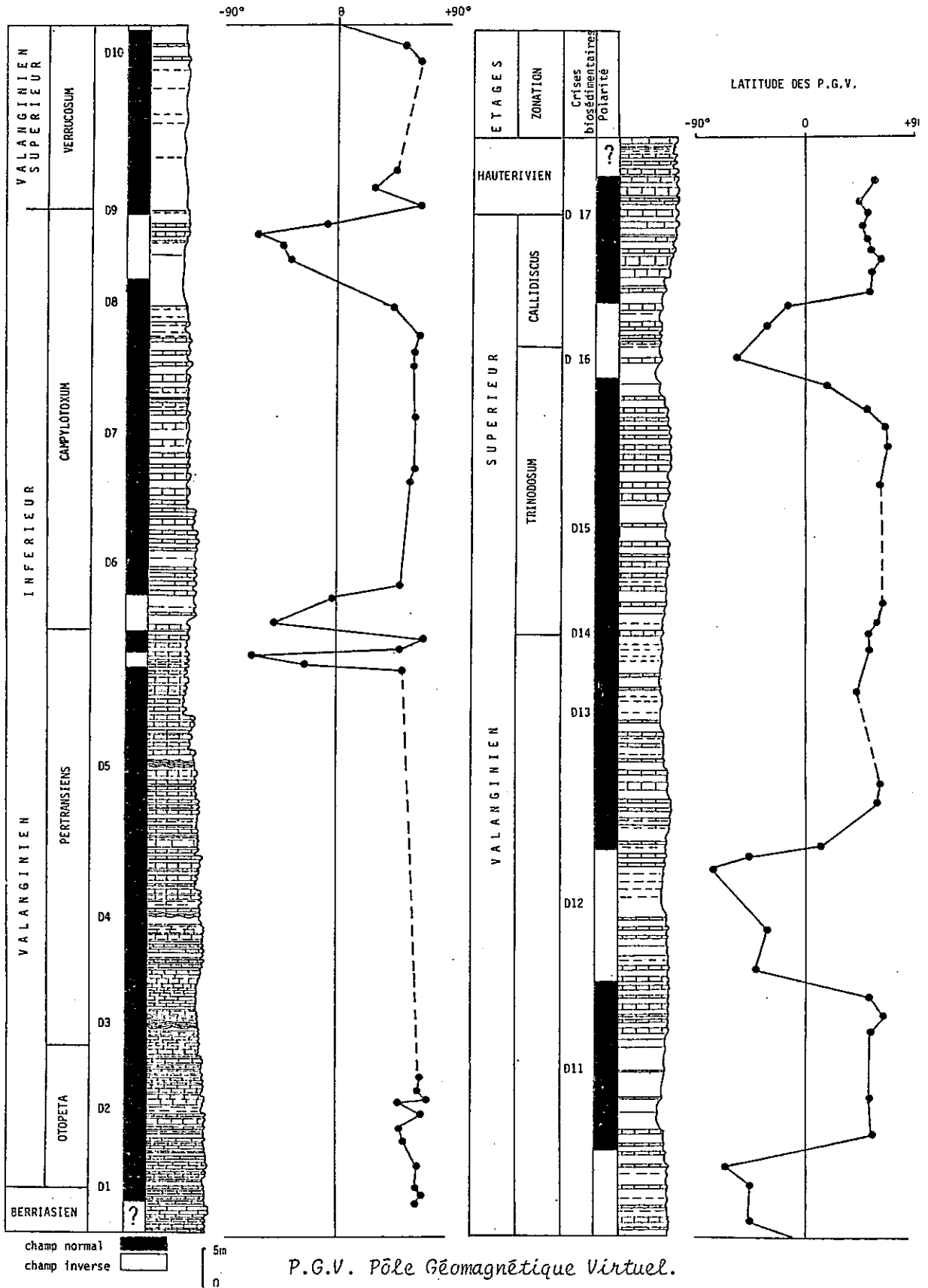


Figure 82 : Séquences magnétostratigraphiques de la coupe d'Angles.

Séquence de la zone à Pertransiens d'après les données de la coupe de Barret. Colonnes lithologiques et datations d'après R. BUSNARDO M. MOULLADE et J.P. THIEULOUY (1979).

1.3.3.2 - Pôle magnétique :

Les directions obtenues dans les séries d'Angles et de Barret après correction de pendage ($D = -14$, $I = 40$) sont proches de celles obtenues par LEE et al. (1987) pour la Corée du Sud et pour les blocs de Chine du Nord et du Sud accrétés à l'Eurasie à cette période ($D = -7,5$, $I = 43$). Il n'existe pas pour la période considérée de données pour l'Europe stable. Pour compenser cette lacune, certains auteurs (WESTPHAL et al. 1986, BESSE 1986) ont transféré les pôles (supposés mieux connus pour cette période) d'autres continents (Amérique du Nord et du Sud, Afrique, Inde) en accord avec les paramètres de reconstruction des océans. Cette méthode, bien sur, est sensible aux erreurs commises d'une part sur la détermination et l'âge des pôles magnétiques, d'autre part, sur l'âge des pôles d'EULER utilisés. Un tel transfert de données fournit une direction réduite à Angles (44°N , $6,5^\circ\text{E}$) $D = -9^\circ$, $I = 45^\circ$, $\alpha_{95} = 4^\circ$ voisine de celle obtenue à Angles et montre à la fois une date d'acquisition de l'aimantation d'âge Crétacé inférieur et une rotation faible de la région d'Angles par rapport à l'Eurasie stable.

2 - Magnétostratigraphie :

2.1 - Séquence de polarité : figure 82

Les échantillons de la base de la coupe d'Angles (zones à Otopeta et Pertransiens) fournissent des directions d'aimantation extrêmement instables qui sont impossibles à analyser aussi bien en terme de paléodirections que de polarité, et que nous sommes donc obligés de rejeter.

La succession de Barret le bas, parfaitement corrélée avec la celle d'Angles, fournit des composantes d'aimantation de polarité clairement normales pour les deux zones précédemment citées. Il n'existe pas pour cette série de test du pli puisque celle-ci est entièrement monoclinale et ni le paramètre de précision, ni le α_{95} ne changent au cours de la correction stratigraphique. Par contre, la direction moyenne avant correction de pendage ($D = -14^\circ$, $I = 54^\circ$) est significativement différente du champ dipôle actuel et écarte la possibilité d'une réaimantation récente de la série. La séquence de polarité pour le Valanginien basal est donc réduite à une séquence normale.

Douze transitions magnétiques Inverse/Normale (I/N) ou Normale/Inverse (N/I) ont été positionnées ; il existe clairement une prédominance des champs normaux sur les champs inverses. Les limites entre les étages Berriasien et Valanginien d'une part, Valanginien et Hauterivien d'autre part se situent au sein de séquences à polarité normale. La limite Valanginien inférieur-Valanginien supérieur coïncide avec une inversion. Comme nous l'avons expliqué, plusieurs séquences de la série composées de marnes friables n'ont pu être mesurées à ce jour et la séquence de polarité est encore incomplète en certains niveaux du Valanginien supérieur.

2.2 - Corrélation avec les échelles d'inversion existantes :

Les échelles de polarité du Valanginien qui existent actuellement se basent soit sur l'étude de profils d'anomalies océaniques, soit sur une magnétostratigraphie effectuée en Italie centrale dans la formation de la Maïolica (Jurassique-Crétacé inférieur).

2.2.2 - Echelles océaniques :

Le Valanginien se situe au sein de la séquence M qui recouvre le Jurassique supérieur et l'essentiel du Crétacé inférieur.

DOMAINE OCEANIQUE

DOMAINE TERRESTRE

ITALIE CENTRALE

S.E. FRANCE

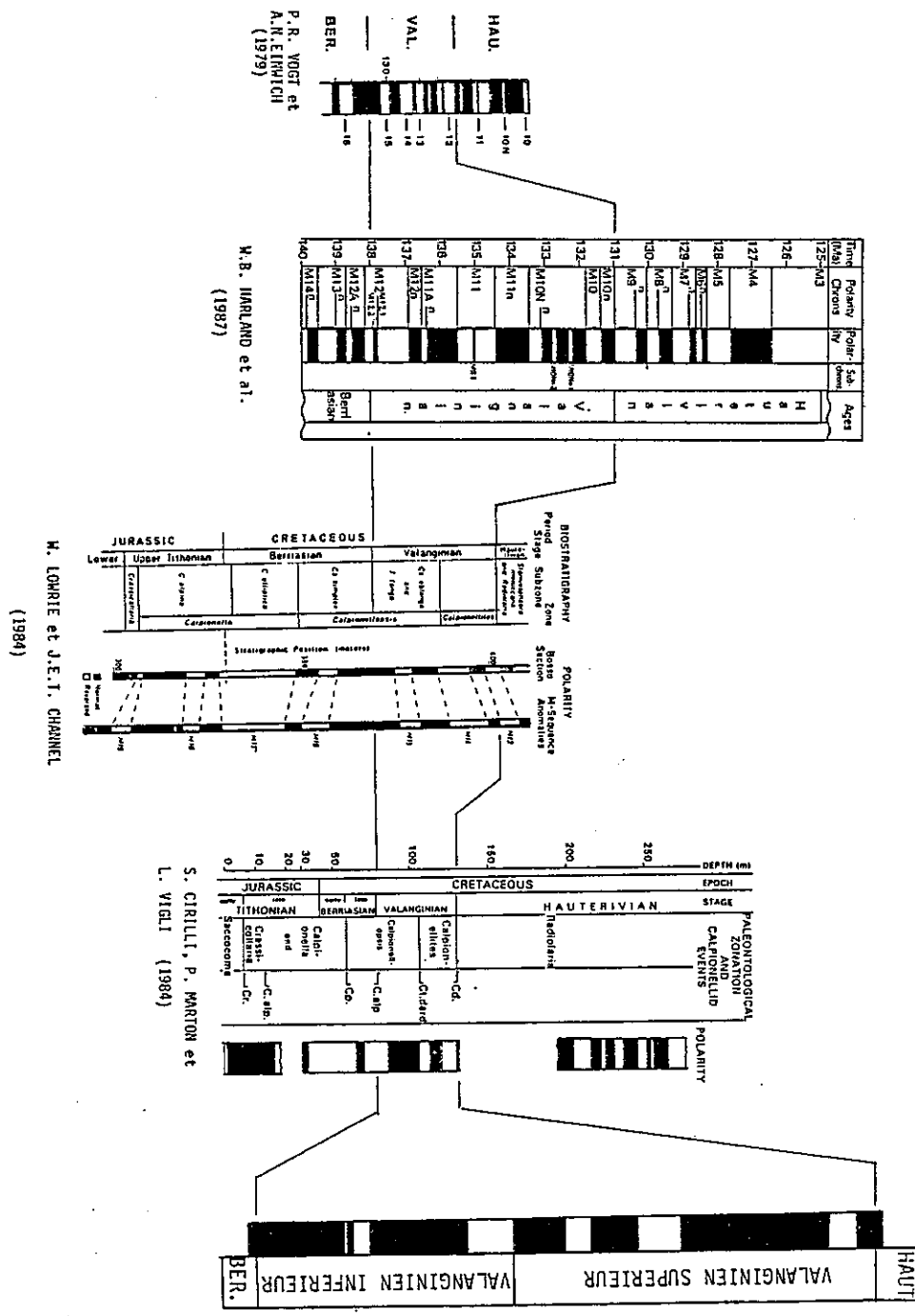


Figure 83 : Séquences des anomalies magnétiques océaniques et terrestres du Valanginien.

Etablie pour la première fois par R.L. LARSON et W.C. PITMAN (1972), l'échelle de polarité fut affinée successivement par P.R. VOGT, C.N. ANDERSON et D.R. BRACEY (1971), puis par R.N. LARSON et T.W.C. HILDE (1975), enfin par P.R. VOGT et A.N. EINWICH (1979) ; les résultats de ces derniers auteurs sont présentés sur la figure 83. Cette dernière échelle présente un nombre d'inversion proche de celui observé sur la coupe d'Angles ; toutefois, elle ne peut être calée par rapport à l'hypostratotype d'Angles pour les raisons suivantes :

- la coupe d'Angles ne présente pas de champ mesurable dans toute la succession ;
- l'âge des sédiments reposant sur la croûte océanique est attribué à la croûte elle-même, bien que les dépôts soient obligatoirement plus récents que la croûte sous-jacente ;
- les points de calibration sont datés avec les imprécisions dues à la radiochronologie ;
- les limites d'étages sont établies d'après une échelle radiochronologique en constante révision ;
- les variations possibles du taux d'expansion océanique, entre les points de calibration ne peuvent être prises en compte.

2.2.1 -Echelles terrestres :

Des échelles terrestres ont été établies en Italie centrale. Le nombre d'inversions magnétiques mises en évidence y est très inférieur à celui observé sur la coupe d'Angles, ce qui montre que les séries étudiées sont peu favorables à la magnétostratigraphie. De plus, la polarité magnétique de la limite Berriasien-Valanginien varie d'une coupe à l'autre, l'absence d'ammonites ne permettant pas de dater les successions avec une précision suffisante.

2.2.3 -Conclusion :

Polarité des limites d'étages, fréquence des inversions.

Les coupes valanginiennes d'Italie centrale ne montrent que cinq inversions au plus, les données océaniques et la coupe d'Angles en présentent douze. Toutefois cette valeur n'est qu'un minimum pour Angles car certains niveaux n'ont pu être mesurés. Le nombre d'inversions I/N ou N/I au Valanginien est donc vraisemblablement supérieur à douze.

De toutes les échelles présentées sur la figure 83, seule la coupe hypostratotypique d'Angles présente des limites d'étages qui sont exactes par définition. En effet, les limites figurées sur les autres coupes sont assez incertaines car elles se basent, soit sur des données radiochronologiques imprécises par rapport aux biozonations, soit sur des microorganismes ne présentant pas la même précision dans les datations que les ammonites de l'hypostratotype. De ce fait, les limites Berriasien-Valanginien et Valanginien-Hauterivien se situent vraisemblablement en champ normal comme le montre la coupe d'Angles.

Notons que la magnétostratigraphie effectuée par B. GALBRUN (1986) indique une polarité inverse au sommet de la dernière

zone d'ammonites du Berriasien, sans toutefois indiquer la polarité de la limite Berriasien-Valanginien. De ce fait, il faudrait envisager la présence d'une inversion champ inverse/champ normal très peu avant la limite des étages Berriasien et Valanginien.

3 - Apports de l'analyse sédimentologique à la magnétostratigraphie :

L'analyse sédimentologique des séries de bassin montre qu'il existe une relation entre le cycle de précession des équinoxes et le temps de dépôt d'un couplet marne/calcaire.

Une seconde relation existe entre l'harmonique du cycle de l'excentricité de l'orbite terrestre, d'une période de 400.000 an, et la répétition des crises biosédimentaires dans la série (notées D1 à D17 sur la figure 84).

3.1 - Durée des séquences de polarité :

120 échantillons ont été mesurés dans la coupe d'Angles. La durée estimée du Valanginien (PALMER - 1983) étant de 7 Ma, le pas de prélèvement moyen est donc de 60.000 ans. Au niveau des crises biosédimentaires, l'échantillonnage a été effectué tous les bancs, c'est-à-dire tous les 20.000 ans environ (cycle de précession). Même dans ce cas, il n'est pas assez resserré pour permettre d'estimer la durée de la période d'instabilité du champ que traduisent les inversions.

Si l'on excepte le cas de la limite des zones à Pertransiens et Campylotoxum, où pendant le temps équivalent au dépôt d'une dizaine de bancs (200.000 ans) se produisent quatre inversions du champ magnétique, les séquences présentant un champ normal ou inverse stable recouvrent au moins une quinzaine de bancs (300.000 ans). Toutefois, les séquences de polarité en champ inverse sont toujours brèves, et ne durent jamais plus de 400.000 ans (temps de dépôt d'une vingtaine de bancs). Les séquences de polarité en champ normal peuvent être beaucoup plus longues, comme par exemple au Valanginien basal où la première séquence de polarité valanginienne recouvre la totalité des zones à Otopeta et Pertransiens (durée estimée, 2 Ma).

3.2 - Relations entre les crises biosédimentaires et les inversions magnétiques : figure 83

L'étude des séries alternantes de bassin, présentée dans le chapitre précédent, met en évidence l'existence de 17 crises biosédimentaires valanginiennes contrôlées par le cycle d'excentricité de l'orbite terrestre (périodicité de 400.000 ans). Sur la coupe d'Angles, les successions les plus riches en faune, présentant des intensités d'aimantation mesurables, se situent dans la partie moyenne et supérieure de la série (au-dessus de la zone à Pertransiens). Ce n'est qu'à ce niveau que l'on peut comparer la répartition des crises biosédimentaires et des inversions magnétiques dans la série (figure 84).

Les crises D13 et D15 se situent dans des zones où le pas de prélèvement est trop lâche pour étudier les relations éventuelles entre les crises et les inversions. Pour ce qui est des niveaux où le champ magnétique a pu être mesuré, on constate que:

- 6 inversions magnétiques ne sont pas contemporaines de crises biosédimentaires. Toutefois, trois d'entre elles se situent à la limite des zones à Pertransiens et Campylotoxum qui se caractérise par une exceptionnelle fréquence des inversions magnétiques.

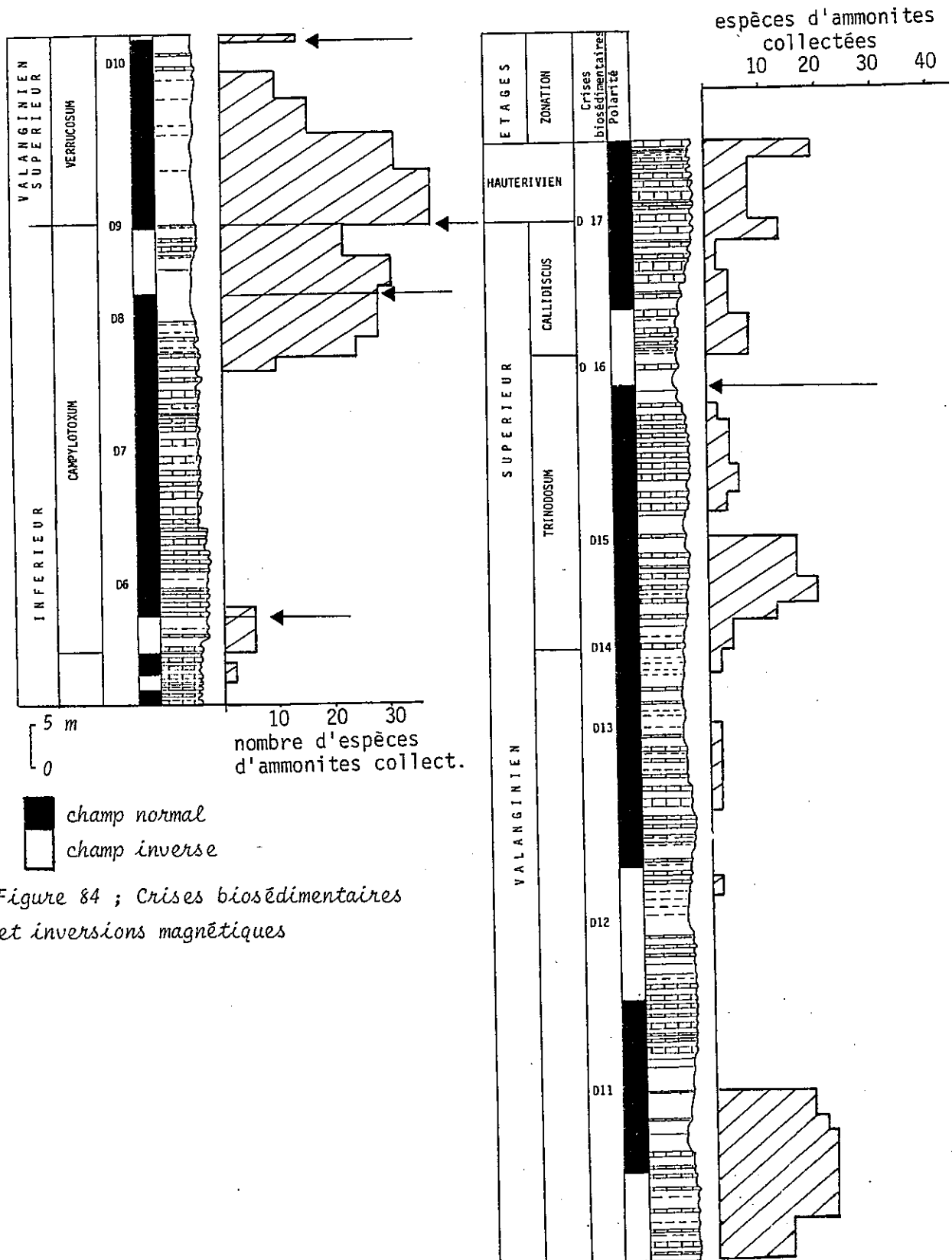


Figure 84 ; Crises biosédimentaires et inversions magnétiques

- 5 crises biosédimentaires ne sont pas contemporaines d'inversions magnétiques.
- 5 crises biosédimentaires sont associées à des inversions magnétiques. Il s'agit toujours d'évènements se traduisant par d'importants renouvellements de faunes (crises majeures), observés soit à Angles (D8, D9, D10 et D16), soit à Barret (D6).

De cette comparaison des répartitions des crises biosédimentaires et des inversions magnétiques dans la série d'Angles, il ressort que :

- Les inversions magnétiques ne sont jamais contemporaines de disparitions importantes d'espèces d'ammonites,
- Les crises biosédimentaires majeures sont associées à des inversions magnétiques. Les inversions se situant au début des crises pendant la phase d'enrichissement de l'ammonitofaune en nouvelles espèces.

4 - Conclusion :

L'échelle des polarités magnétiques définie à partir de la coupe hypostratotypique d'Angles présente un nombre d'inversions magnétiques plus élevé que celui obtenu à partir d'études effectuées en domaine océanique, ou dans des successions relativement mal datées d'Italie centrale.

Les limites d'étages Berriasien-Valanginien et Valanginien-Hauterivien se situent dans des séquences à polarité normale. La limite Valanginien inférieur-Valanginien supérieur est contemporaine d'une inversion du champ (I/N).

Si l'on excepte la limite des zones à Pertransiens et Campylotoxum où se produisent quatre inversions magnétiques très rapprochées, les séquences de stabilité du champ sont assez longues et recouvrent au moins une vingtaine de bancs (0,4 Ma). Les séquences de polarité normales peuvent être très longues et durer 2 Ma.

Il ne semble pas exister de liaisons étroites entre les crises biosédimentaires et les inversions magnétiques. On constate toutefois que les crises les plus marquées sont contemporaines d'inversions. Il pourrait donc exister une liaison entre les inversions magnétiques et les crises biosédimentaires contrôlées par le cycle de l'excentricité (périodicité 400.000 ans).

TROISIEME PARTIECORRELATIONS PLATE-FORME CARBONATEE-BASSIN A SEDIMENTATION ALTERNANTECONCLUSION GENERALE

- A - ANALYSE DES SEDIMENTS CARBONATES DE PLATE-FORME :
- B - ANALYSE DE LA SEDIMENTATION ALTERNANTE DE BASSIN :
- C - CORRELATIONS PLATE-FORME CARBONATEE - BASSIN A SEDIMENTATION ALTERNANTE :

CONCLUSION GENERALE

Les dépôts carbonatés marins du Berriasien-Valanginien sont issus, pour l'essentiel, de l'accumulation de tests d'organismes, benthiques sur les plates-formes (algues calcaires, foraminifères, échinodermes, mollusques, ...), planctoniques dans les bassins (nanofossiles). Si l'on excepte les dépôts gravitaires, fréquents sur le talus externe, les bioclastes subissent assez peu de transport entre leur formation et leur sédimentation.

Les sédiments carbonatés reflètent donc les conditions de dépôt de l'endroit où ils se mettent en place, les paramètres influant sur la vie étant déterminants.

A - ANALYSE DES SEDIMENTS CARBONATES DE PLATE-FORME :

L'étude du Berriasien-Valanginien subalpin de Chartreuse a permis de :

- dater la série régionale,
- définir les milieux de dépôt,
- reconstituer la paléogéographie,
- mettre en évidence l'organisation séquentielle.

Sur l'ensemble des étages Berriasien et Valanginien, l'intervalle étudié avec le plus de précision recouvre le Berriasien supérieur et le Valanginien basal. Il correspond en Chartreuse à la formation dite : "Calcaires du Fontanil".

1 - Datation :

Les attributions stratigraphiques portent essentiellement sur l'étude des calpionelles et secondairement sur les ostracodes et quelques ammonites. Les corrélations établies avec d'autres coupes régionales sont basées sur des données bibliographiques et ont permis d'affiner les datations.

Les données locales permettent de situer les discontinuités sédimentaires isochrones à une sous-zone d'ammonite près.

Les données régionales, obtenues après corrélation, ont confirmé et affiné ces résultats.

Les six discontinuités majeures et certaines des discontinuités mineures observées dans la série peuvent être calées avec précision par rapport aux zones d'ammonites :

- La discontinuité majeure Di0, se situe au sommet de la sous-zone à Privasensis, dans le Berriasien moyen.
- La discontinuité majeure Di0', se situe à la base du Berriasien supérieur, au niveau de la sous-zone à Paramimouna.

- La discontinuité majeure Dil, se situe dans le Berriasien supérieur, au sein de la sous-zone à Picteti.
- La discontinuité majeure Dil', se situe à proximité de la limite des étages Berriasien et Valanginien.
- La discontinuité majeure Di2, se situe aux environs de la limite des zones à Otopeta et Pertransiens, dans le Valanginien inférieur.

2 - Reconstitution des milieux de dépôt :

Le domaine pré littoral et la plate-forme peuvent être subdivisés en respectivement trois et quatre ensembles dont les dépôts sont spécifiques tant par leurs peuplements que par leurs caractéristiques sédimentaires.

2.1 - Domaine pré littoral :

Le domaine pré littoral est caractérisé par des milieux de dépôt circalittoraux qui sont du plus profond au moins profond : le bassin, la base et le sommet du talus externe.

Le bassin présente une sédimentation vaseuse plus ou moins argileuse. Les spicules de spongiaires et les débris d'échinodermes forment l'essentiel des bioclastes. Les calpionelles sont présentes; la microfaune benthique est peu abondante, peu diversifiée et représentée essentiellement par de petits foraminifères à test mince, agglutiné simple ou porcelané.

La base du talus externe présente une sédimentation plus sableuse et moins argileuse. Les organismes pélagiques et les spicules de spongiaires sont absents. Les espèces vasicoles sont bien représentées, particulièrement les spatanges, les térébratules et les petits foraminifères à test mince, agglutiné simple ou porcelané.

Le sommet du talus externe est caractérisé par des sédiments intermédiaires entre les vases du bas du talus et les sables de la bordure de la plate-forme. L'absence d'algues, à l'exception de quelques Acicularia-Terquemella (sporangies de Dasycladacées), transportés depuis les zones hautes, indique un milieu circalittoral.

Ce domaine présente, en équivalent latéral, des sables fins à petits débris usés et classés ou des sédiments sablo-vaseux non classés.

- Les sables fins à petits débris usés et classés ont une macrofaune dominée par les échinodermes (échinides et crinoïdes) et les bryozoaires; la microfaune y est abondante mais comparable à celle de la base du talus externe. L'usure, la petite taille et le tri des éléments traduisent une agitation continue, mais de faible intensité.

- Les sables vaseux ne sont pas classés, les débris sont moins usés que dans le milieu précédent, l'agitation y était donc plus faible. Si la macrofaune est analogue à celle des sédiments précédents, la microfaune y est plus diversifiée : outre les petits

foraminifères à test mince, agglutiné simple ou porcelané, on observe des formes de plus grande taille à test plus épais et plus complexe, caractéristiques de ce milieu et de la plate-forme externe.

Les sédiments pré-littoraux renferment fréquemment des bioclastes de grande taille issus de la plate-forme externe. Ces gros débris peuvent être dispersés ou regroupés en petits niveaux épais de quelques centimètres au plus. Ces éléments remaniés alimentent le talus de progradation.

Les grains de quartz présents dans le domaine pré-littoral sont émoussés, de petite taille, et ne constituent jamais plus de 10% des faciès. Quelques grains anguleux-émoussés issus de la plate-forme peuvent s'observer en association avec les gros débris remaniés.

2.2 - Plate-forme :

Les milieux de dépôt de plate-forme se situent dans les zones infra, médio et supralittorale. Le domaine margino-littoral côtier peut y être rattaché.

La plate-forme externe est soumise à une agitation importante qui se traduit par le dépôt de sables grossiers et classés. Les biohermes et les dépôts oolitiques sont très rares.

En plus des échinodermes et des bryozoaires déjà présents sur le talus externe, ce milieu offre une macrofaune caractéristique : rudistes, cnidaires et spongiaires calcaires. Les algues calcaires sont assez nombreuses et représentées principalement par des formes massives. La microfaune est dominée par les foraminifères de grande taille à test épais, on note la présence de foraminifères fixés à test arénacé.

La plate-forme interne subalpine est peu développée, des dépôts internes ne s'observent qu'au sommet des séquences A2 et B1.

Ces sédiments sont très riches en oncoïdes et lamines de Lithocodium-Bacinella, les débris d'échinodermes sont absents et les foraminifères rares et peu variés. Ces dépôts sont assez différents de ceux de la plate-forme jurassienne de l'Ain et de la Savoie (C. DARSAC 1983) où les débris d'échinides et les foraminifères sont abondants, tandis que l'association Lithocodium-Bacinella est peu représentée. Toutefois dans les deux domaines les algues calcaires graciles et les gros miliolidés sont abondants.

Le domaine margino-littoral est constitué pour l'essentiel par des vasières à bird's eyes et végétation aérienne (traces de racines) dont la microfaune est réduite à de rares miliolidés à test mince. Des dépôts de cette nature n'ont été observés qu'en quelques points de la série (séquences A2.4 et B1.3).

La plate-forme interne et le domaine margino-littoral peuvent avoir des dépôts assez riches en grains de quartz anguleux-émoussés de taille moyenne (15% du faciès au maximum).

A cette disposition des faciès qui correspond à des dépôts sur une plate-forme standard à bas niveau relatif des mers, on peut opposer la disposition caractéristique des plates-formes submergées.

La plate-forme submergée est caractérisée par des sédiments déposés dans des milieux circalittoraux, voisins des dépôts de bassin ou de talus externe. On y rencontre des dépôts typiques de ce contexte particulier :

- Les sables grossiers à microfaune réduite et organismes caractéristiques des substrats durs (fonds durcis ou sableux) : crinoïdes, échinides à gros radioles et bryozoaires.
- Les sables fins à lamines, fréquemment silicifiés qui correspondent à des coulées sableuses constituées par du matériel fin circalittoral (spicules, fins débris d'échinides). Il s'agit de remaniements dont les zones d'apport et de resédimentation se situent en domaine circalittoral.

Dans le contexte des plates-formes submergées, les arrivées détritiques argilo-quartzeuses sont fréquentes, les grains de quartz montrant souvent un nourrissage secondaire (silicifications).

2.3 - Relation entre le climat et les milieux de dépôt

LEES et BULLER (1972) ont proposé une zonation climatique des plates-formes basée sur les observations des milieux actuels. D'après ces auteurs, les plates-formes carbonatées ne peuvent se développer que dans les eaux chaudes situées de part et d'autre de l'équateur entre 30°N et 30°S. Dans cette ceinture il est possible de distinguer deux domaines différents en fonction de la nature des organismes présents dans les milieux.

Le domaine central, situé dans les basses latitudes (moins de 20°) présente des dépôts riches en organismes bioconstructeurs, en oolites et en algues calcifiées. Les sédiments de la plate-forme externe sont riches en débris de ces organismes.

Le domaine périphérique, entre 20 et 30° de latitude, est pauvre en bioconstructions, les algues calcaires y sont plus rares et souvent décalcifiées. Les dépôts carbonatés sont dus à l'accumulation des tests de foraminifères et des débris de coquilles de mollusques.

La plate-forme jurassienne et subalpine appartient incontestablement à la seconde catégorie, les bioconstructions et les dépôts oolitiques sont très rares, les algues calcaires peu abondantes, les foraminifères et les mollusques bien représentés. Cette plate-forme se situerait donc entre 20° et 30°, ce que confirment les données de la magnétostratigraphie effectuée à Angles (voir chapitre Magnétostratigraphie).

3 - Paléogéographie :

Les corrélations effectuées avec les séries étudiées plus au Nord par C. DARSAC (1983,) permettent de situer la zone étudiée dans un cadre régional.

Au Tithonique supérieur, la paléogéographie est très contrastée. Le domaine jurassien correspond à une plate-forme carbonatée présentant au moins localement (l'Echailon) une bordure récifale.

Dans le domaine subalpin se sédimentent des dépôts pélagiques à calpionelles. A proximité de la bordure de la plate-forme ces dépôts de bassin renferment des intercalations de brèches coralligènes.

Au Berriasien inférieur et moyen, le confinement de la plate-forme jurassienne se marque par les faciés sub-émersifs du Purbeckien. A l'Echaillon, où la sédimentation récifale se prolonge peut-être encore au Berriasien basal, des mouvements tectoniques locaux se traduisent par un arrêt ou un ralentissement de la sédimentation, suivi d'un net approfondissement des milieux.

En domaine subalpin, la sédimentation de bassin continue, les brèches coralligènes disparaissent. Au Berriasien moyen, des coulées sableuses à matériel issu de la plate-forme s'intercalent localement (vallée du Guiers mort), dans les sédiments pélagiques.

Au Berriasien supérieur, la plate-forme ne se limite plus au domaine jurassien, mais par progradation recouvre également l'Ouest du domaine subalpin, depuis les Bauges jusqu'à la Chartreuse méridionale. Cette progradation s'effectue en trois étapes séparées par deux rétrogradations temporaires.

En domaine jurassien, les milieux de dépôt de plate-forme deviennent plus ouverts, mais les indices d'émersion demeurent assez fréquents. La plate-forme jurassienne prograde aussi en direction de l'Echaillon, mais à la suite de mouvements tectoniques, cette avancée s'interrompt précocement au cours du Berriasien terminal.

En domaine subalpin, quelques indices d'émersion ont été observés dans une des coupes (La Pointière).

Au Valanginien, la plate-forme jurassienne et subalpine est submergée. Si l'on excepte le cas particulier du secteur de l'Echaillon, ennoyé dès le Berriasien supérieur, la submersion de la plate-forme s'effectue en trois étapes :

- Au Valanginien basal dans le domaine subalpin des Bauges et de Chartreuse méridionale ainsi qu'au Sud du domaine jurassien (secteur de la Buisse).
- Au Valanginien inférieur dans le reste du domaine jurassien.
- A proximité de la limite Valanginien inférieur-Valanginien supérieur dans le secteur subalpin de Malleval.

4 - Organisation séquentielle :

Les séquences traduisent des variations de profondeur des milieux de dépôt, elles s'organisent de manière cyclique dans les dépôts de bassin, cyclique asymétrique ou rythmique sur la plate-forme et le talus externe (séquences de comblement).

Les phases d'approfondissement se marquent par des discontinuités qui traduisent une déstabilisation temporaire des milieux. Quatre types de séquences se superposent dans la série

(séquence de premier à quatrième ordre). Ces séquences peuvent être reconnues et corrélées dans toutes les coupes jurassiennes et subalpines de notre domaine d'étude, mais également dans la plupart des successions décrites plus au Nord par C. DARSAC (1983).

4.1 - Description des séquences :

4.1.1 - Séquences de premier ordre :

Elles se traduisent par des variations lentes de la profondeur des milieux de dépôt. L'intervalle étudié (Berriasien-Valanginien) est inclus dans une séquence de ce type qui recouvre les étages Berriasien à Aptien (A. ARNAUD-VANNEAU et al. 1982) et se marque par un approfondissement des milieux du Berriasien à l'Hauterivien inférieur, suivi par une baisse régulière de la profondeur de l'Hauterivien supérieur au Bédoulien.

En domaine jurassien, cette séquence est nette et se traduit par une tendance permanente à l'approfondissement des milieux de dépôt. Par contre en domaine subalpin, l'approfondissement des milieux n'est pas sensible au cours du Berriasien supérieur du fait des forts taux de sédimentation sur le talus externe liés à la progradation de la plate-forme. Au Valanginien, les domaines jurassien et subalpin montrent tous les deux une tendance à l'approfondissement des milieux que souligne la submersion de la plate-forme.

Les séquences de premier ordre sont d'origine eustatique, et pourraient correspondre à l'enregistrement du cycle eustatique qui recouvre l'intervalle Berriasien moyen-Aptien (P.R. VAIL et al. 1977, B.U. HAQ et al. 1987).

4.1.2 - Séquences de deuxième ordre :

Epaisses de quelques dizaines de mètres, elles ont une durée équivalente à celle d'une sous-zone d'ammonite. Les séquences de deuxième ordre sont au nombre de quatre dans les dépôts de plate-forme non submergée (A1, A2, B1 et B2). Elles s'organisent en séquences de comblement encadrées par des discontinuités majeures qui marquent un approfondissement brutal des milieux de dépôt. Les renouvellements de faune et les arrivées de matériel détritique argilo-quartzueux sont liés aux séquences de deuxième ordre et aux discontinuités majeures.

Ces séquences débutent par des dépôts externes pouvant livrer des ammonites et des calpionelles permettant de les dater. Les discontinuités sont aisément identifiables, isochrones et souvent bien calées, elles permettent d'établir des corrélations précises entre les différentes coupes du domaine étudié et celles décrites plus au Nord par C. DARSAC (1983).

Les séquences de deuxième ordre et les discontinuités majeures qui les encadrent, traduisent des variations eustatiques du niveau de la mer. Pour certaines discontinuités (Di0 et Di1), une instabilité d'origine tectonique pourrait amplifier les effets déstabilisant des transgressions.

4.1.3 Séquences de troisième ordre :

D'épaisseur métrique à décimétrique, ces séquences de comblement encadrées par les discontinuités majeures et mineures sont au nombre de trois à quatre par séquence de deuxième ordre. Comme celles-ci, elles traduisent des variations de profondeur des milieux de dépôt accompagnées parfois par des arrivées de matériel détritique et des renouvellements de la microfaune. Toutefois, ces modifications du milieu (biologiques et sédimentaires) sont beaucoup moins importantes que dans le cas précédent.

Les séquences de troisième ordre peuvent également être reconnues et corrélées dans la plupart des coupes jurassiennes et subalpines ainsi que plus au Nord dans les séries décrites par C. DARSAC (1983). Ces séquences sont d'origine eustatique, elles traduisent des variations du niveau de la mer de moins grande amplitude et de plus courte durée que les séquences de deuxième ordre.

4.1.4 - Séquences de quatrième ordre :

Epaisses que de quelques mètres, elles ont été reconnues dans les dépôts les plus internes de la coupe de la Pointière. Ces séquences traduisent de légères modifications des milieux de dépôt et des apports détritiques, sans notables variations de profondeur. Elles sont vraisemblablement contrôlées par des variations climatiques.

4.2 - Phénomènes responsables de l'organisation séquentielle :

L'organisation séquentielle est due à des variations des paramètres contrôlant la sédimentation. Les plus importants de ces facteurs sont l'eustatisme, la subsidence, la tectonique, la productivité en carbonates.

L'eustatisme joue un rôle primordial, les mécanismes eustatiques sont responsables de l'organisation séquentielle à l'échelle du premier, deuxième et troisième ordre. La position des niveaux à indice d'émersion et des discontinuités majeures dans la série, s'expliquent pour beaucoup par l'interférence des différents phénomènes eustatiques.

B - ANALYSE DE LA SEDIMENTATION ALTERNANTE DE BASSIN :

La sédimentation alternante de bassin est constituée par la répétition monotone de couplets marne-calcaire argileux d'épaisseur décimétrique. Elle renferme des organismes essentiellement pélagiques (ammonites, calpionelles, nannoflore, ...) et peut de ce fait être bien datée.

Quatre coupes dans le Berriasien-Valanginien vocontien (S-E de la France) et subbétique (S-E de l'Espagne) ont été analysées à partir de données bibliographiques. Une étude magnétostratigraphique a été effectuée sur les coupes vocontiennes.

1 - Cyclicités observées dans les alternances pélagiques :

Dans toutes les séries étudiées, quatre types de cycles, de durée et d'amplitude différentes, peuvent être mis en évidence. Trois d'entre eux seraient contrôlés par des paramètres astronomiques décrits par MILANKOVITCH. La mise en évidence des cyclicités se base sur :

- L'étude des variations d'épaisseur des bancs marneux et calcaires.
- La recherche des crises biologiques qui se traduisent dans l'ammonitofaune par des horizons très riches en organismes et des renouvellements d'espèces (apparitions, disparitions et migrations).

Parmi les quatre cyclicités observées, les trois plus brèves peuvent être mises en relation avec des paramètres astronomiques.

1.1 - Cyclicité en relation avec la précession des équinoxes :

Périodicité de 19-23.000 ans.

Le contrôle de la sédimentation alternante par la précession a été reconnu dans de nombreuses séries du Quaternaire ou antérieures (EINSELE et SEILACHER 1982, BERGER et al. 1984).

Dans les sédiments que nous avons étudiés, le temps moyen de dépôt d'un couplet marne-calcaire est de 16-24.000 ans, c'est-à-dire très proche de la période du cycle de précession des équinoxes (19-23000 ans).

Le thème alternant de la sédimentation pélagique argilo-carbonatée ne serait donc pas lié à des processus gravitaires, comme c'est le cas dans le contexte argilo-sableux, mais à des phénomènes généraux d'origine astronomique et corrélables sur de grandes distances.

1.2 - Cyclicités en relation avec l'excentricité de l'orbite terrestre :

Périodicité de 100.000 ans et harmonique de 400.000 ans.

- La périodicité élémentaire de 100.000 ans, se traduirait par de légères variations d'épaisseur des bancs marneux se répétant tous les quatre ou cinq couplets. Elle ne semble pas avoir de conséquences notables sur la faune d'ammonites.

- L'harmonique de 400.000 ans de ce cycle a des conséquences beaucoup plus importantes sur la sédimentation et sur la faune.

- Du point de vue sédimentaire elle se marquerait par un surépaississement des bancs marneux, tous les 16 à 22 couplets (19 en moyenne). Ces importantes passées marneuses seraient annoncées par une variation progressive de l'épaisseur des bancs marneux environnants.

- Du point de vue biologique, ces passées marneuses sont associées à des horizons très riches en ammonites, situés dans les bancs calcaires proches. Ces horizons fossilifères sont d'autant plus riches que la passée marneuse voisine est plus épaisse.

Cette cyclicité se traduit donc par de véritables crises biosédimentaires périodiques. Parmi ces niveaux de crise, les plus importants se marquent par l'apparition de nombreuses nouvelles espèces d'ammonites et, dans le bassin vocontien, par l'arrivée de faunes migrantes issues de la mer boréale.

1.3 - Cycles d'une durée comprise entre 2 et 2,8 Ma :

Ces "cycles longs" ne semblent pas être en relation avec les cyclicités définies par MILANKOVITCH. Ils présentent des conséquences à la fois sédimentaires et biologiques :

- Du point de vue sédimentaire, ils se traduisent par une variation progressive d'épaisseur des séquences correspondant aux cycles de 400.000 ans.
- Du point de vue biologique, ils se marquent par des variations progressives du nombre d'ammonites, ou d'espèces d'ammonites, récoltées au niveau des crises biologiques contrôlées par les cycles de 400.000 ans.

Les "cycles longs" contrôlent le taux de sédimentation qui en milieu carbonaté est directement lié à la productivité primaire organique (nanoflore principalement). A cette échelle, les ammonites ne seraient à considérer que comme une source de carbonates, parmi d'autres sources fluctuantes.

A. FOUCAULT et M. RENARD (1987) ont montré que dans les séries du Jurassique terminal et du Crétacé inférieur subbétiques, analogues à celles que nous avons analysées dans cette étude, il est possible de relier les variations d'épaisseur des couplets marne/calcaire avec des variations de température des eaux marines.

Les "cycles longs" que nous avons mis en évidence traduisent également des variations d'épaisseur des couplets marne/calcaire et pourraient donc être d'origine climatique.

2 - Magnétostratigraphie :

La magnétostratigraphie entreprise sur les coupes de référence du Valanginien vocontien a permis d'une part d'établir une échelle fine des polarités magnétiques sur des coupes bien datées, et d'autre part de rechercher les liaisons pouvant exister entre les inversions magnétiques et les différentes cyclicités d'origine astronomique mises en évidence dans le bassin.

2.1 - Echelle des polarités :

La magnétostratigraphie a été effectuée sur les coupes hypostratotypiques du Valanginien. Ces successions présentent donc

l'avantage d'être bien calées par rapport aux biozonations.

La partie basale de la série, peu après la limite Berriasien-Valanginien (zones à Otopeta et Pertransiens) présente des intensités du champ très faibles qui semblent correspondre à une séquence normale. En dehors de cet intervalle, tous les échantillons ont livré des champs clairement mesurables.

Douze inversions magnétiques peuvent être situées par rapport aux limites d'étages et aux biozones :

- La limite entre le Berriasien et le Valanginien se situe à Angles au sein d'une phase normale.
- La limite Valanginien inférieur/Valanginien supérieur se situe au niveau d'un changement de polarité (Inverse/Normal).
- La limite entre les étages Valanginien et Hauterivien se trouve dans une séquence à polarité normale.

2.2 - Relations entre les inversions magnétiques et les cyclicités :

Il ne semble pas exister de relations directes entre les inversions magnétiques et les cyclicités. Toutefois, cinq des crises biosédimentaires les plus importantes sont contemporaines d'inversions. L'intervalle étudié est malheureusement trop court pour permettre de vérifier si la liaison entre ces phénomènes est significative ou fortuite.

C - CORRELATIONS PLATE-FORME CARBONATEE - BASSIN A SEDIMENTATION ALTERNANTE :

L'étude des séries de plate-forme permet de mettre en évidence cinq cyclicités aux caractéristiques et aux durées différentes :

- Les cycles de premier ordre, d'origine eustatique dont la durée recouvre plusieurs étages.
- Les cycles de deuxième ordre, qui se marquent par des variations eustatiques de la profondeur des milieux de dépôt, des renouvellements de la microfaune et des variations des apports détritiques. Leur durée est de l'ordre de celle d'une sous-zone d'ammonites.
- Les cycles de troisième ordre, d'origine également eustatique, mais moins marqués que les précédents. Ils sont au nombre de trois ou quatre par cycle de deuxième ordre.
- Les cycles de quatrième ordre, qui ne sont pas d'origine eustatique, mais plutôt climatique. Ils sont au nombre de quatre par cycle de troisième ordre.

De même l'étude des séries alternantes de bassin a permis de mettre en évidence plusieurs cyclicités qui se traduisent par des

variations d'épaisseur des bancs et des renouvellements de l'ammonitofaune. La plupart de ces cyclicités ont pu être mises en relations avec les cyclicités astronomiques décrites par MILANKOVITCH.

- Les cycles de 400.000 ans sont au nombre de trois à cinq par zone (ou sous-zone) d'ammonites, ils sont dus à l'excentricité de l'orbite terrestre. Ils se marquent dans la sédimentation par d'épaisses passées marneuses et dans l'ammonitofaune par des renouvellements importants. Les crises bio-sédimentaires qui les encadrent sont très nettes lorsqu'elles sont contemporaines d'inversions du champ magnétique.
- Les cycles de 100.000 ans seraient également contrôlés par l'excentricité de l'orbite, mais leur conséquences sur le milieu sont beaucoup moins marquées.
- Les cycles de 19-23000 ans sont liés à la précession des équinoxes. Ils sont à l'origine du thème alternant de la sédimentation des bassins.
- "Les cycles longs" dont la durée équivaut à celle d'un sous-étage, contrôlent le taux de sédimentation et l'abondance des ammonites dans les dépôts. Ils ne semblent pas liés aux variations des paramètres astronomiques décrits par MILANKOVITCH et pourraient traduire des modifications climatiques.

En se basant sur leur durée, il est possible de mettre en parallèle d'une part les cycles de troisième ordre et les cyclicités de 400.000 ans, d'autre part les cycles de quatrième ordre et les cyclicités de 100.000 ans.

1 - Cycles de troisième ordre et cyclicités de 400.000 ans :

1.1 - Précision obtenue pour l'âge des discontinuités et la corrélation des crises biosédimentaires d'un bassin à l'autre :

L'intervalle le mieux daté sur la plate-forme correspond au Berriasien supérieur. La précision des âges accordés aux discontinuités varie légèrement suivant les sous-zones.

- Les sous-zones à Privasensis et Dalmasi sont assez bien situées. La discontinuité majeure D10 se situe à proximité de leur limite (tableau 44).
- Les sous-zones à Paramimouna et Picteti sont les mieux repérées. Les six discontinuités se situant à leur niveau ont pu être calées avec une bonne précision à l'aide des données fournies sur place par les calpionelles, et des corrélations précises avec le stratotype du Berriasien.
- La limite Berriasien-Valanginien est un peu moins bien datée d'où l'intervalle d'incertitude présenté sur le tableau 44.

ETAGES et zones d'ammonites		Discont.	crises biosédimentair.		Zones d'ammonites		ETAGES				
			subbét.	vocont.	subbétiques	vocontiennes					
VALANGINIEN inférieur		Di2	B16	D5	Trezanensis- Pexyptychum	Pertransiens	inférieur	VALANGINIEN			
		Di1'	B15	D4							
		di1.3	B14	D3	Pertransiens	Otopeta					
		di1.2	B13	D2							
		di1.1	B12	D1	Alpillensis	Callisto					
BERRIASIEN supérieur		Di1	B11	Picteti		supérieur	BERRIASIEN				
		di0'3	B10	Picteti							
		di0'2	B9								
		di0'1	B8								
		Di0'	B7	Paramimouna							
		di0.2	B6	Paramimouna							
		di0.1	B5								
		Di0	B4								
		BERRIASIEN moyen		Di0	B3			Dalmasi		moyen	BERRIASIEN
					B2			Privasensis			
	B1			Privasensis							
Plate-forme jurassienne et subalpine			Bassins à sédimentation alternante								

Tableau 44 : Corrélation des discontinuités majeures et mineures des plates-formes (séquences de 3^{ème} ordre), avec les crises biosédimentaires de bassin (cycles de 400.000 ans).

Dans les séries de bassin, le Berriasien supérieur étudié par P.J. HOEDEMAKER, affleure dans de bonnes conditions, ne montre pas de niveaux glissés et est très riche en ammonites. Les crises biosédimentaires en relation avec le cycle de précession de 400.000 ans sont très nettes.

Toutefois, Les zones d'ammonites utilisées dans ces coupes ne sont pas celles définies sur les stratotypes du Berriasien et du Valanginien en domaine vocontien, et la zone Pertransiens se situe plus bas dans la série en Espagne qu'en France. Pour ces deux raisons, il est possible que les corrélations envisagées à proximité de la limite des étages Berriasien et Valanginien puissent être décalées d'une ou deux crises (intervalle d'incertitude sur le tableau 44).

1.2 - Corrélations entre les discontinuités de plate-forme et les crises biosédimentaires de bassin :

Dans l'intervalle le mieux calé qui recouvre les sous-zones à Paramimouna et Picteti et la base de la sous-zone à Callisto (discontinuités Di0' à dil.2), il est possible de caler avec précision les limites des sous-zones positionnées d'une part sur la plate-forme, d'autre part dans le bassin. Le tableau 44 montre qu'il existe à ce niveau une parfaite équivalence entre les discontinuités de la plate-forme et les crises biosédimentaires du bassin.

Les sous-zones à Privasensis et Dalmasi montrent également une bonne correspondance entre ces événements, une corrélation est envisageable pour le Valanginien basal, mais avec une forte incertitude du fait des imprécisions sur les calages et les datations (voir paragraphe précédent).

Au vue de ces corrélations, il serait possible de mettre en parallèle les discontinuités majeures Di0, Di0' et Dil avec les crises biosédimentaires B3, B6 et B10. La correspondance entre les discontinuités majeures Dil' et Di2, et les crises biosédimentaires B14-D3 et B15-D4 est moins sûre du fait des imprécisions dans le calage des zones subbétiques et vocontiennes au niveau de la limite Berriasien-Valanginien.

Les cycles de troisième ordre décrits sur la plate-forme pourraient donc être influencés par l'harmonique de 400.000 ans du cycle lié aux variations de l'excentricité de l'orbite terrestre.

2 - Cycles de quatrième ordre et cyclité de 100.000 ans due à l'excentricité de l'orbite :

Les cycles de quatrième ordre n'ont été observés qu'au sein d'une seule séquence de troisième ordre sur les plates-forme (séquence A2.4, coupe de la Pointière). Dans cet exemple ils sont au nombre de quatre.

Dans les bassins, le nombre de cycles dus à la précession (durée 100.000 ans), par intercrise (durée de 400.000 ans) est de quatre.

Les cycles de troisième ordre observés sur la plate-forme et les cycles de 400.000 ans décrits dans le bassin qui leur correspondent, regroupent donc quatre microcyclicités (troisième ordre et 100.000 ans). Il est donc possible d'établir une équivalence entre ces deux brèves

cyclicités, ceci à titre d'hypothèse vu le trop petit nombre de données fournies par l'étude la plate-forme.

3 - Enregistrement sur les plates-formes des "cycles longs" observés dans les bassins : figure 85

Une équivalence existe entre les discontinuités et les crises biosédimentaires, donc entre les cycles de troisième ordre et les intercrises qu'elles encadrent. Les discontinuités des plates-formes peuvent donc être considérées comme l'enregistrement d'un phénomène périodique.

La figure 85 présente les variations d'épaisseur des séquences de troisième ordre sur la plate-forme (jurassienne et subalpine) et des cycles de 400.000 ans qui leur correspondent dans le bassin subbétique (crises biosédimentaires). On constate une évolution régulière des épaisseurs se traduisant par des valeurs maximales à la base du Berriasien supérieur et au Valanginien inférieur et des valeurs minimales au Berriasien supérieur. Toutefois, si les courbes sont très proches pour ce qui est de la valeur maximale de la sous-zone à Paramimouna, elles sont décalées de deux séquences de troisième ordre/intercycles à partir du Berriasien terminal. Ce déphasage peut avoir trois origines différentes entre lesquelles il n'est pas possible de trancher :

- Les cyclicités ne sont pas significatives, ou ne sont pas dues aux mêmes phénomènes.
- Les cyclicités ont une origine commune, mais seraient enregistrées plus tôt dans les bassins que sur les plates-formes.
- Les cyclicités ont une origine commune et évoluent en parallèle, mais l'imprécision des corrélations au niveau de la limite Berriasien-Valanginien ne permet pas de le montrer (paragraphe 1.1).

4 - Enregistrement dans le bassin des cycles eustatiques de premier ordre mis en évidence sur la plate-forme :

Le cycle eustatique de premier ordre qui recouvre les étages Berriasien à Bédoulien ne peut être retrouvé dans les bassins que si l'on étudie la totalité des dépôts de ces étages, l'analyse des seules alternances du Berriasien-Valanginien ne peut donc suffire.

Toutefois, on constate dans les deux bassins étudiés une tendance progressive au développement des marnes du Berriasien inférieur au Valanginien supérieur suivie de l'Hauterivien inférieur au Bédoulien, par un retour à une sédimentation de plus en plus calcaire. S. FERRY et J.L. RUBINO (1987) ont reliés cette évolution à une harmonique des périodes de MILANKOVITCH.

Il est donc possible de relier les périodes de grande extension des plates-formes aux successions à dominante calcaire des bassins, et à l'inverse les phases à plates-formes submergées avec les successions à dominante marneuse des bassins. Cette organisation des dépôts serait d'origine eustatique, peut-être sous contrôle de cycles d'origine astronomique.

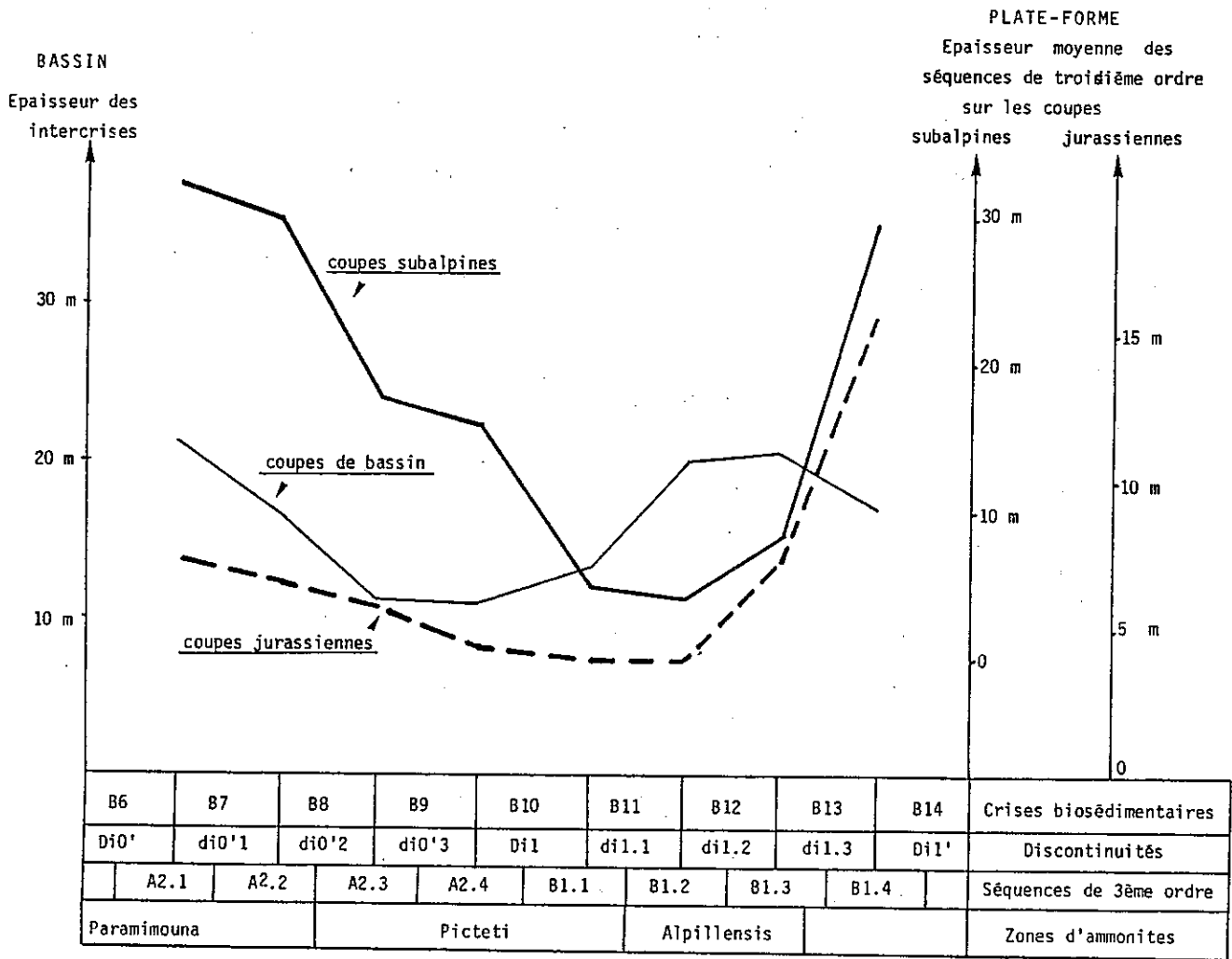


Figure 85 : Corrélation des "cycles de productivité" des plates-formes avec les "cycles longs" des bassins.

5 - Enregistrement dans le bassin des cycles eustatiques de deuxième ordre décrits sur les plates-formes :

Les cycles eustatiques de deuxième ordre ne semblent pas clairement enregistrés dans la sédimentation alternante de bassin. L'équivalent latéral des discontinuités majeures des plates-formes se retrouve dans la coupe vocontienne de Berrias où il se traduit par des crises biosédimentaires (horizons riches en ammonites associés à des arrivées de matériel bioclastique).

Les cycles de deuxième ordre jouent donc un rôle prépondérant dans les milieux hémipélagiques à défaut d'être clairement enregistrés dans les séries alternantes.

6 - Enregistrement sur la plate-forme des cycles de 19-23.000 ans dus à la précession des équinoxes :

Pour mettre en évidence cette cyclicité sur la plate-forme, il faudrait relier avec précision les séquences de quatrième ordre aux cycles de 100.000 ans dus à l'excentricité.

Cette corrélation n'a été effectuée que de manière incertaine en un seul point de la série. Toutefois, il est probable que certains des joints bien marqués observés dans les dépôts de plate-forme puissent correspondre à l'équivalent latéral des bancs marneux du bassin contrôlés par ce cycle astronomique.

7 - Relations entre les cyclicités astronomiques, l'eustatisme et le climat : tableaux 45 et 46

L'étude des séries de plate-forme permet de montrer l'influence de l'eustatisme, de la tectonique et du climat sur l'organisation séquentielle.

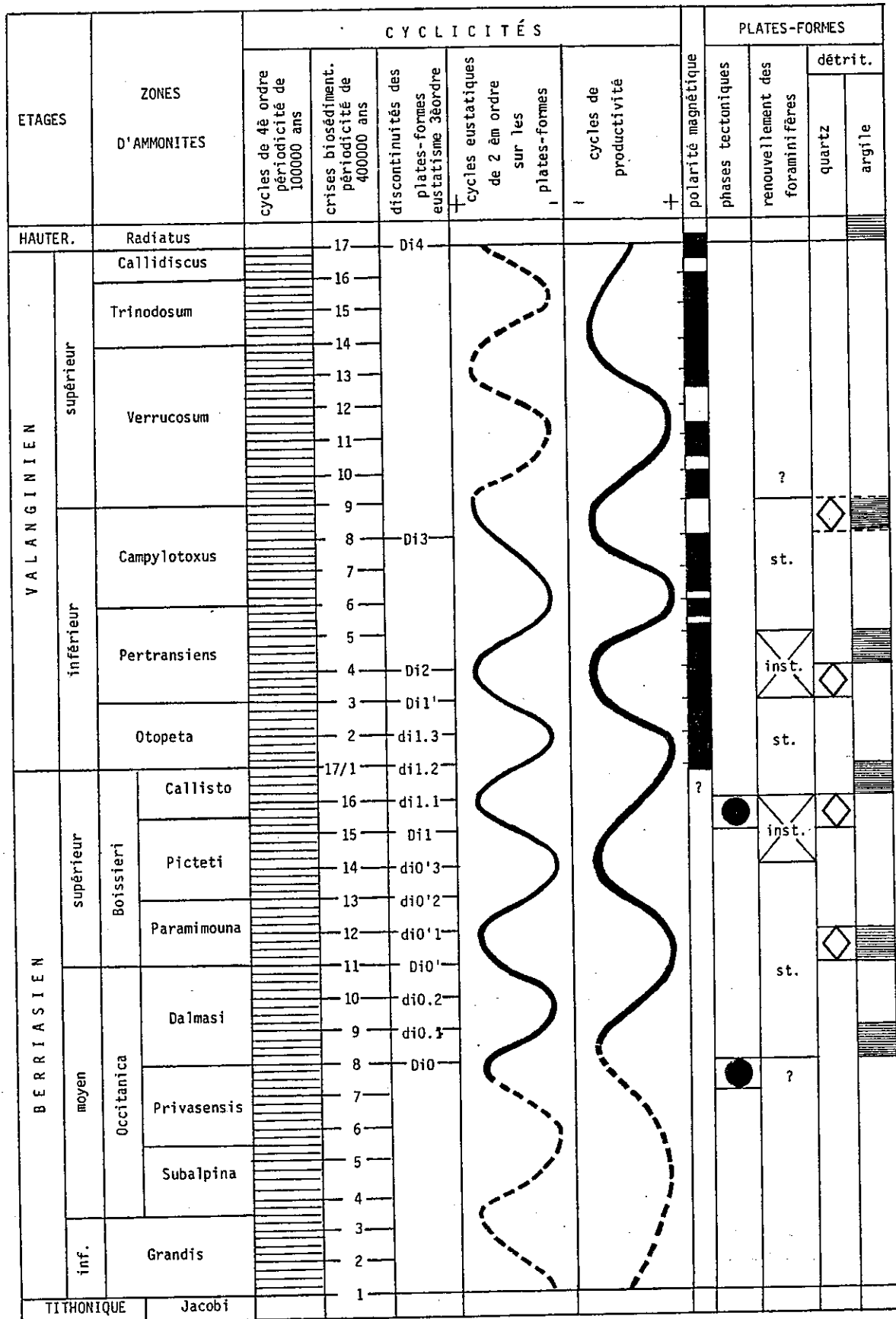
! PLATE-FORME !	BASSIN	! Cyclicités de MILANKOVITCH !	Durée	! mécanismes !
! 1er ordre !	! "supercycle" !	! harmonique des cyclicités ! ! de MILANKOVITCH !	! 25 Ma !	! climato-eustatique !
! 2ème ordre !	! non observé !	! ? !	! 1,2 à 1,6 Ma !	! eustatisme !
! 3ème ordre !	! intercrises !	! harmonique du cycle de ! ! de l'excentricité !	! 0,4 Ma !	! eustatisme !
! 4ème ordre !	! Cyclicité due à l'excentricité !		! 0,1 Ma !	! climat !
! ? !	! alternances !	! cycle du à la précession !	! 19-23.000 ans !	! climat !
! "cycle de productivité" !	! "cycle long" !	! ? !	! 2,4-2,8 Ma !	! climat !

Tableau 45 : Equivalence entre les différentes cyclicités mises en évidence sur la plate-forme et dans le bassin.

L'étude des séries de bassin met en valeur les relations entre les cyclicités astronomiques de MILANKOVITCH et les cycles sédimentaires, elle montre également l'influence du climat sur les dépôts.

La corrélation des séquences de plate-forme avec les cycles de bassin permet d'estimer la durée des séquences observées sur les plates-formes et de mettre en évidence l'influence de l'eustatisme sur certains cycles sédimentaires du bassin (tableaux 45 et 46).

Les séquences de premier ordre des plates-formes correspondent à des supercycles dans les bassins. Elles sont liées à des variations eustatiques du niveau des mers, et pourraient être contrôlées par des cyclicités astronomiques.



st. stabilité inst. instabilité de la microfaune.

Tableau 46 : Equivalence entre les différentes cyclicités de plate-forme et de bassin. Mise en parallèle des événements biosédimentaires observés sur la plate-forme et des polarités magnétiques dans le bassin, pour le Valanginien.

Les séquences de deuxième ordre des plates-formes n'ont apparemment pas d'équivalents dans les bassins. Elles ne semblent pas liées à des cyclicités astronomiques. Elles se traduisent par des variations eustatiques de la profondeur des milieux de dépôts, associées à des renouvellements de la microfaune et des arrivées de matériel détritique. Les discontinuités majeures qui les encadrent peuvent parfois traduire également des phases d'instabilité tectonique.

Les séquences de troisième ordre sont de toutes les séquences décrites sur la plate-forme celles qui peuvent le mieux être corrélées avec les cyclicités du bassin. Elles correspondent sur la plate-forme à l'enregistrement d'un cycle astronomique de 400.000 ans du à l'excentricité de l'orbite terrestre.

Elles se marquent sur la plate-forme par des séquences de comblement qu'encadrent des discontinuités mineures ; dans le bassin par des variations d'épaisseur des bancs et des crises biosédimentaires.

Les séquences de quatrième ordre n'ont été décrites dans les dépôts de plate-forme que sur quelques mètres, elles pourraient correspondre à l'enregistrement sur la plate-forme du cycle de 100.000 ans du à l'excentricité décelable dans le bassin.

Elles se marquent sur les plates-formes par des arrivées de quartz et de légères variations des milieux de dépôt. Dans les bassins, par de légères fluctuations de l'épaisseur des bancs.

Les séquences de quatrième ordre sont vraisemblablement liées à des variations climatiques. Au Quaternaire les cycles de 100.000 ans dus à l'excentricité ont une grande influence sur le climat. Par contre, au Crétacé inférieur l'absence d'inlandsis minimise sans doute leurs effets, de ce fait leur conséquence sur l'eustatisme sont très faibles.

"Cycles de productivité". Plus hypothétiques que les cyclicités précédentes, ces cycles traduiraient sur la plate-forme et dans le bassin des variations de la productivité primaire en carbonate. Ils ne se marquent pas par des variations de profondeur des milieux et sont peut-être d'origine climatique.

Alternances marne/calcaire dans les bassins. Les corrélations établies entre les bassins et la plate-forme ne sont pas assez précises pour permettre de les reconnaître sur ces dernières.

D'origine climatique dans les bassins où elles sont liées aux variations de l'obliquité, elles pourraient peut-être se traduire sur les plates-formes par des joints marneux qui seraient l'équivalent latéral des interbancs des bassins.

Ils existerait donc à différentes échelles des relations entre l'organisation séquentielle des séries de plate-forme, les cyclicités des dépôts de bassin, les variations de paramètres astronomiques décrites par MILANKOVITCH, le climat et l'eustatisme.

Le cas le plus intéressant correspond à l'équivalence entre d'une part, les discontinuités et séquences de troisième ordre observées sur les plates-formes, et d'autre part, les crises et intercrises biosédimentaires des bassins.

ANNEXES**A - Coupes levées banc par banc en Isère**

- Le Guiers mort 1
- Le Guiers mort 2
- Curière
- Chemin du Pont St Bruno
- La Correrie
- La Pointière
- L'Echailion
- La Buisse

B - Séries alternantes vocontiennes et subbétiques

- Barret-le-Bas
- Angles-les-Baoussayes
- Barranco de Tollo
- Barranco de Miravetes

ANNEXE A

COUPES LEVEES BANC PAR BANC EN ISERE

Les coupes étudiées sont localisées sur la figure 85.

Pour chacune il sera donné :

- Une localisation géographique précise avec emplacement sur une carte au 1/25.000, et coordonnées LAMBERT II. La figure 86 regroupe sur une carte simplifiée la position de l'ensemble des coupes levées dans la vallée du Guiers mort.
- Une courbe d'évolution des faciès.
- Une courbe de fréquence et de distribution du quartz, estimation par charte visuelle.
- Une courbe de répartition des foraminifères benthiques.
- Une courbe de répartition des organismes ayant permis d'établir des datations : ammonites, calpionelles, ostracodes, brachiopodes et algues.

N B : Sur toutes les courbes présentées sont indiquées :

- L'épaisseur des coupes de 10m en 10m.
- Les sous-étages et leurs limites.
- Les discontinuités majeures et les séquences de deuxième ordre.
- La colonne lithologique :
 - Les barbelures indiquent les zones disloquées.
 - Les hachures indiquent les zones broyées.
- Les numéros d'échantillons prélevés.

Sur la courbe d'évolution des faciès sont indiquées les discontinuités majeures et mineures.

La légende des faciès se trouve sur l'encart, et dans le Chapitre consacré à la sédimentologie.

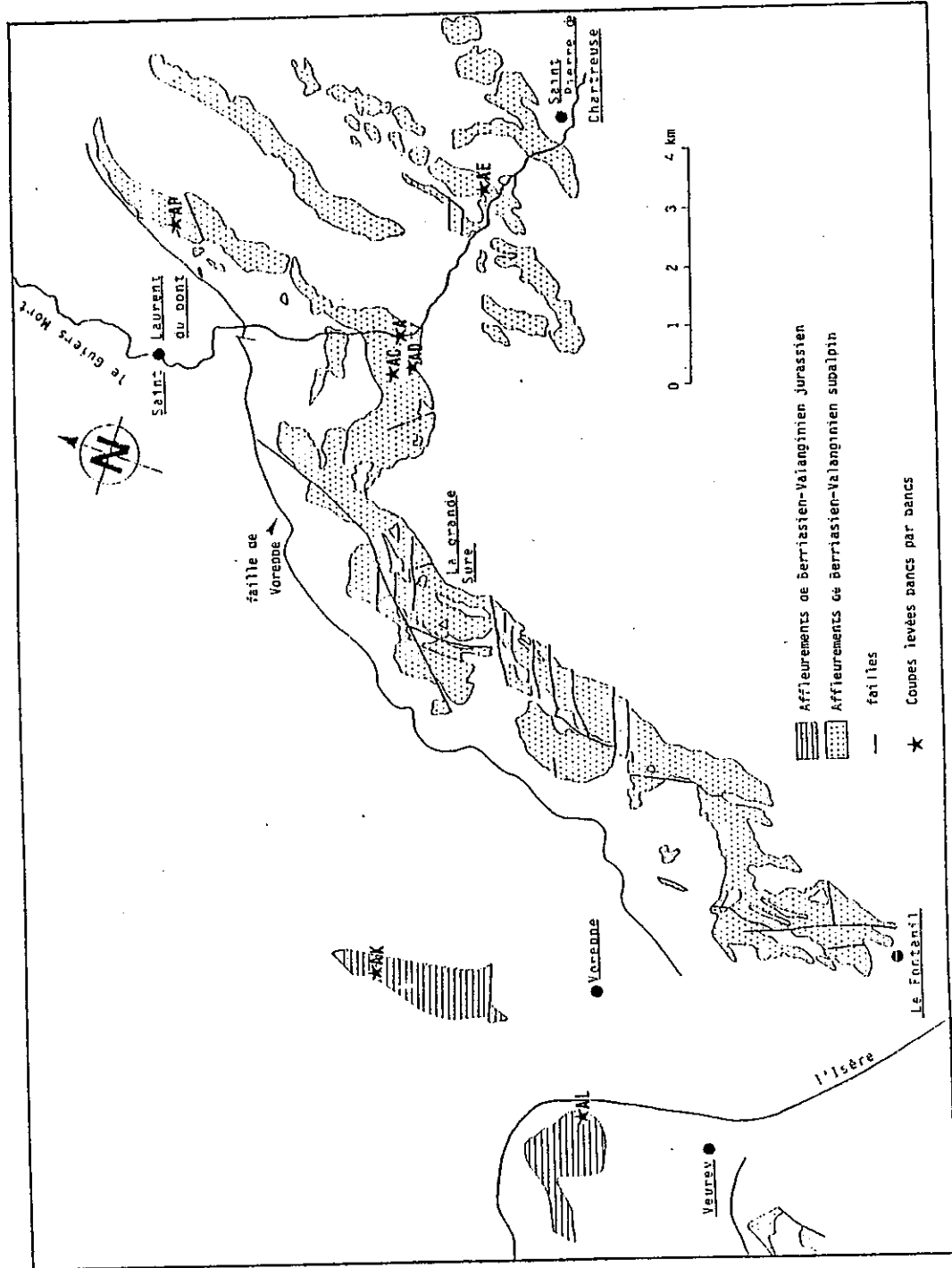


Figure 85: Carte des affleurements de Berriasien-Valanginien et emplacement des coupes étudiées. A Le Guiers mort, AP La Pointière, AC Curière, AL L'Echailon, AK La Buisse, AD Chemin du pont Saint Bruno.

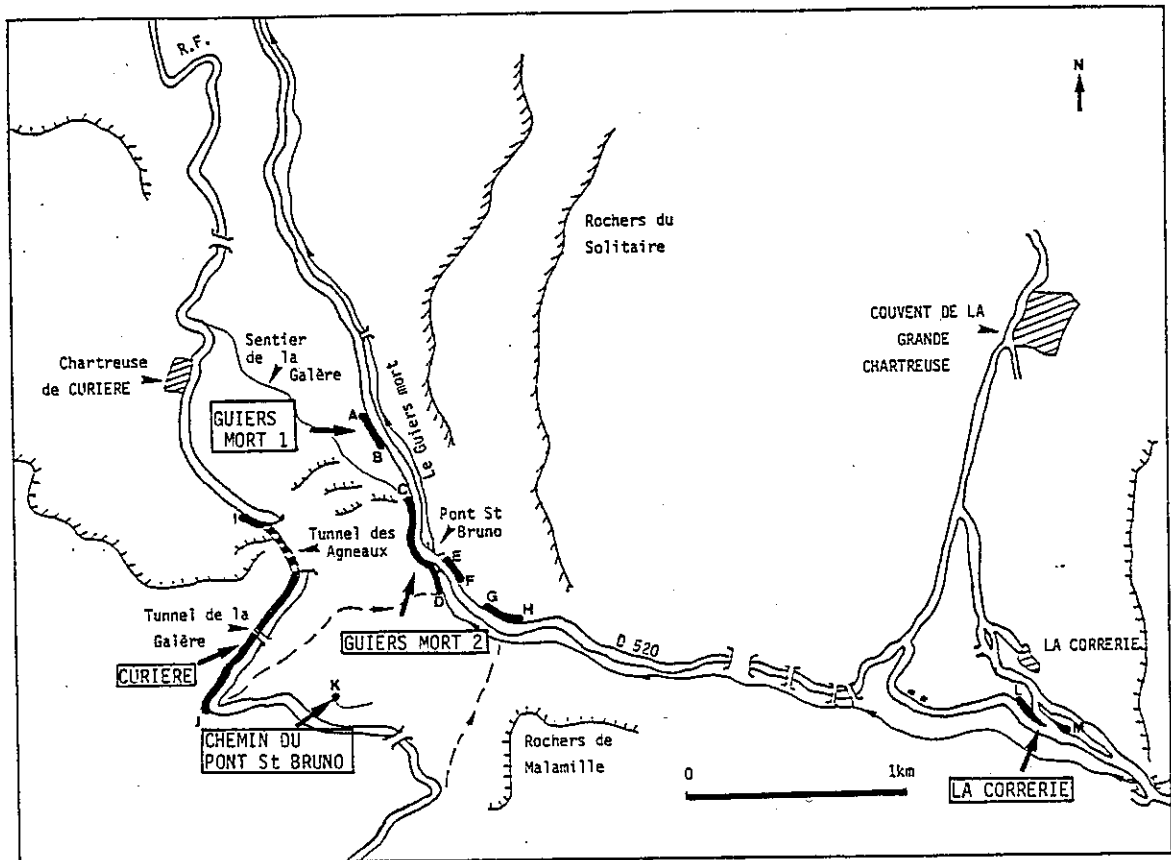


Figure 86 : Localisation géographique des coupes levées dans la vallée du Guiers mort.

Coupe du Guiers mort 1
figures 86 à 89

Carte topographique de l'I.G.N. au 1/25.000 ème : 3233 EST

Coordonnées LAMBERT II :

- début (A sur la figure 86) : x = 345.550 y = 867.750
- fin (B sur la figure 86) : x = 345.400 y = 867.900

Cette coupe a été levée le long de la D520, en rive gauche du Guiers mort. Elle débute dans la formation des "Calcaires du Fontanil".

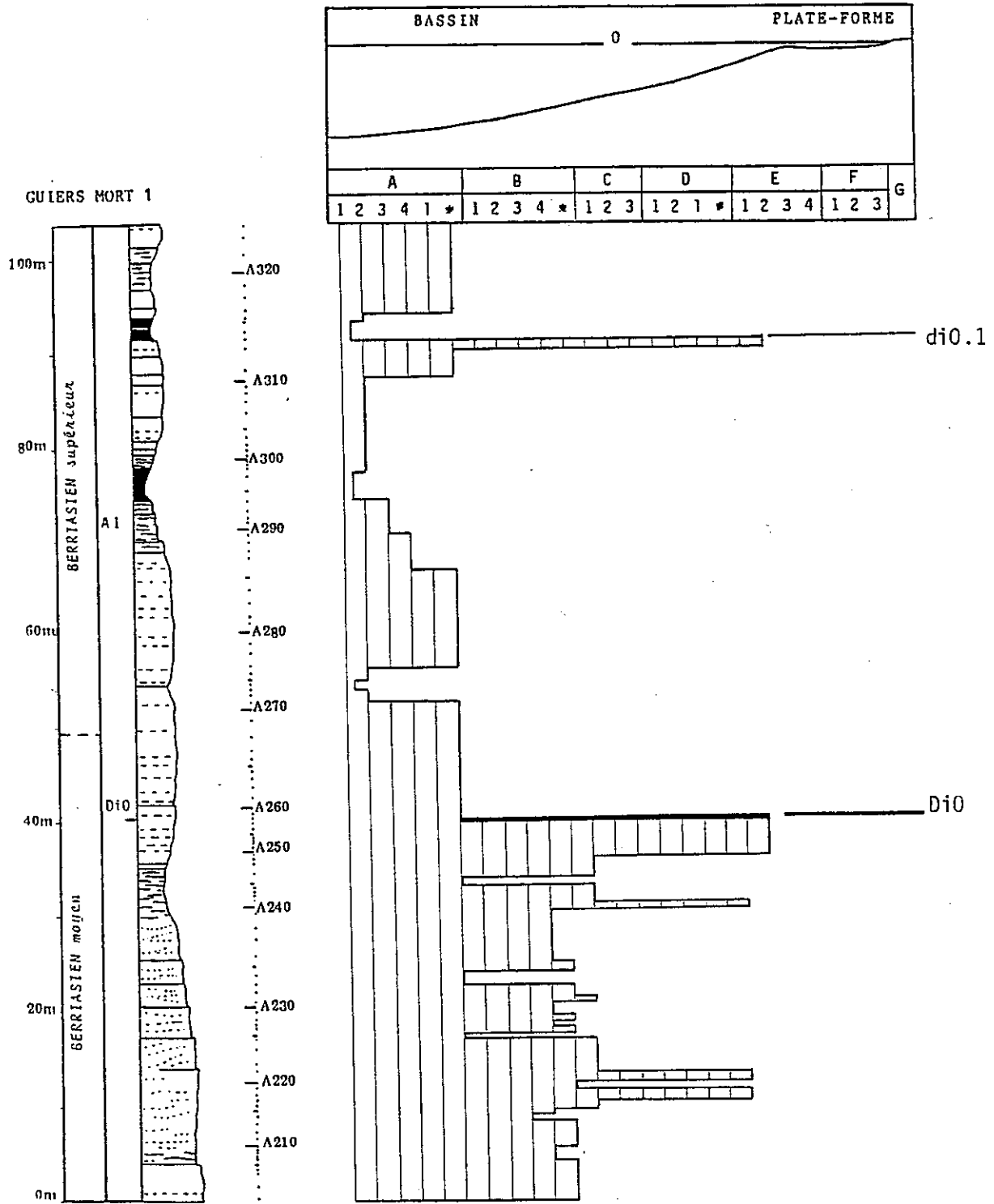


Figure 87 : Courbe d'évolution des microfaciès.

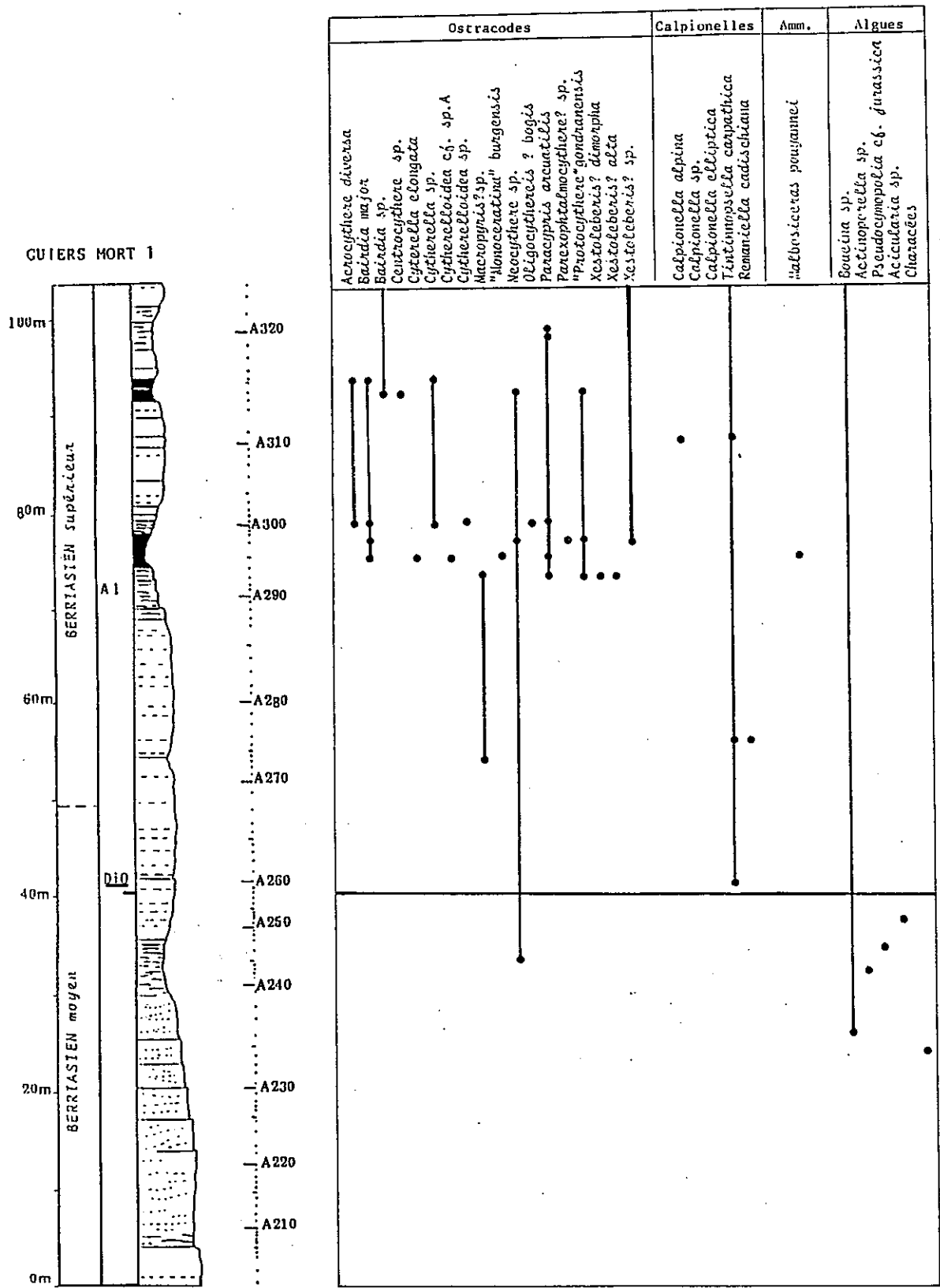
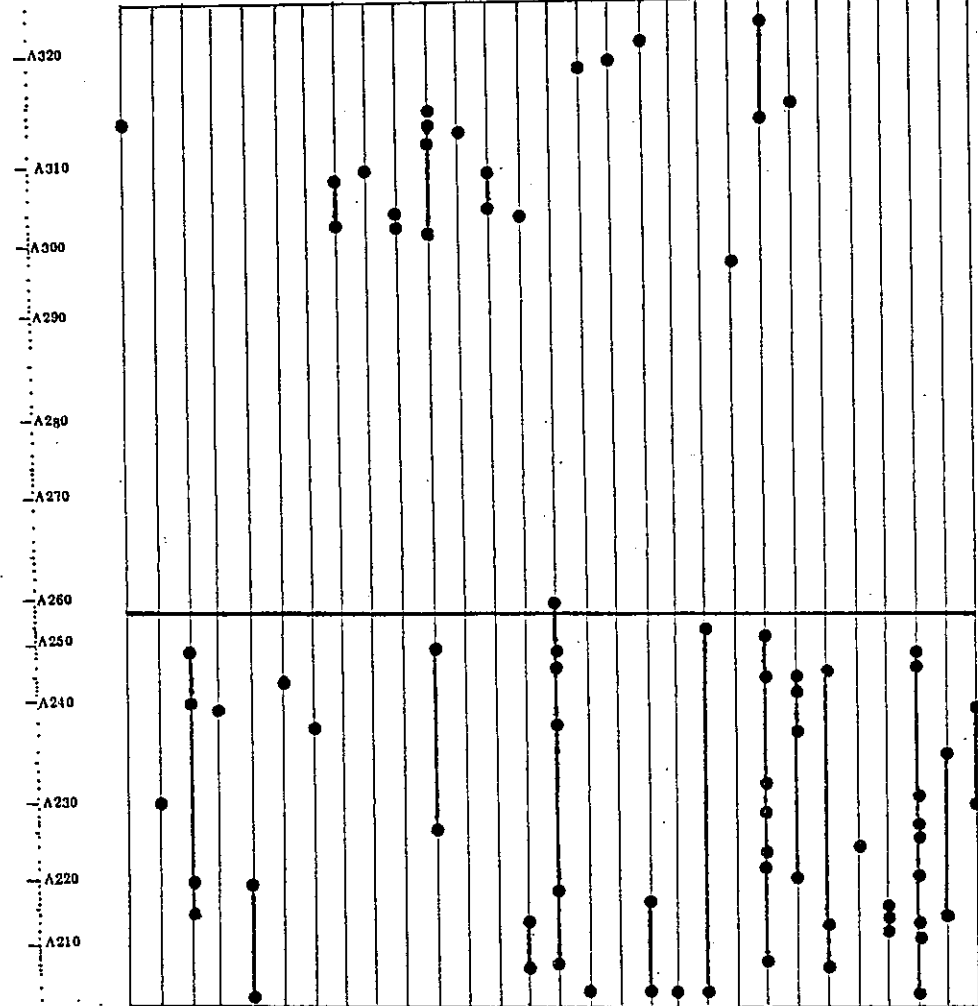
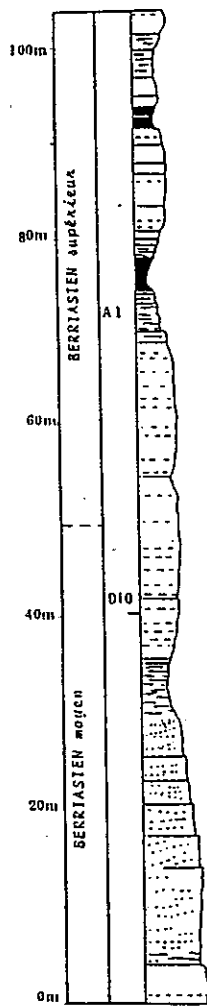


Figure 88 : Répartition stratigraphiques des calpionelles, des ammonites des ostracodes et des algues.

CUIERS MORT 1



- Azuliammina neocomiana*
- Befoussiella* sp.
- Charentia* cf. *euillienii*
- Charentia nana*
- Coniospirillina basiltensis*
- Coscinophragma eribosum*
- Deaventina* sp.
- Donothia* cf. *praehautauviana*
- Donothia* cf. *pareoxycona*
- Donothia* cf. *zedlerae*
- Donothia hummi*
- Everticyclamina* cf. *hedbergi*
- Glomospira walseni*
- Maguina* cf. *bulgarica*
- Nautifaculina* cf. *brünnimanni*
- Nautifaculina* cf. *erfataea*
- Parapeneoplis trochangukata*
- Pseudoeyclamina* sp. ? test arhaneé
- Pseudotritoculina* sp. ?
- Rectocyclamina arabidensis*
- Reophax stellatus*
- Trocholina alpina*
- Trocholina* cf. *alpina*
- Trocholina chenehiae*
- Trocholina delphinensis*
- Trocholina elongata*
- Vennuilinoides* aff. *loeblichii*
- Vennuilina* sp.
- Neotrocholina* aff. *infragraufata*

Figure 89 : Répartition stratigraphique des foraminifères.

Coupe du Guiers mort 2
figures 86, 90 à 98

Cartes topographiques de l'I.G.N. au 1/25.000 ème : 3234 EST et 3334 OUEST

Coordonnées LAMBERT II :

- début (C sur la figure 86) : x = 344.700 y = 867.900
- fin (H sur la figure 86) : x = 343.600 y = 868.150

Cette coupe prolonge la coupe du Guiers mort 1 dont elle est séparée par un écoulement rocheux (lacune d'observation 80 m).

La coupe du Guiers mort 2 a été levée en rive gauche de la rivière le long de la D520, jusqu'au Pont St Bruno, puis toujours en rive gauche le long d'un sentier (C à D sur la figure 86). Elle a été poursuivie en rive droite le long de la D520 (E à H sur la figure 86).

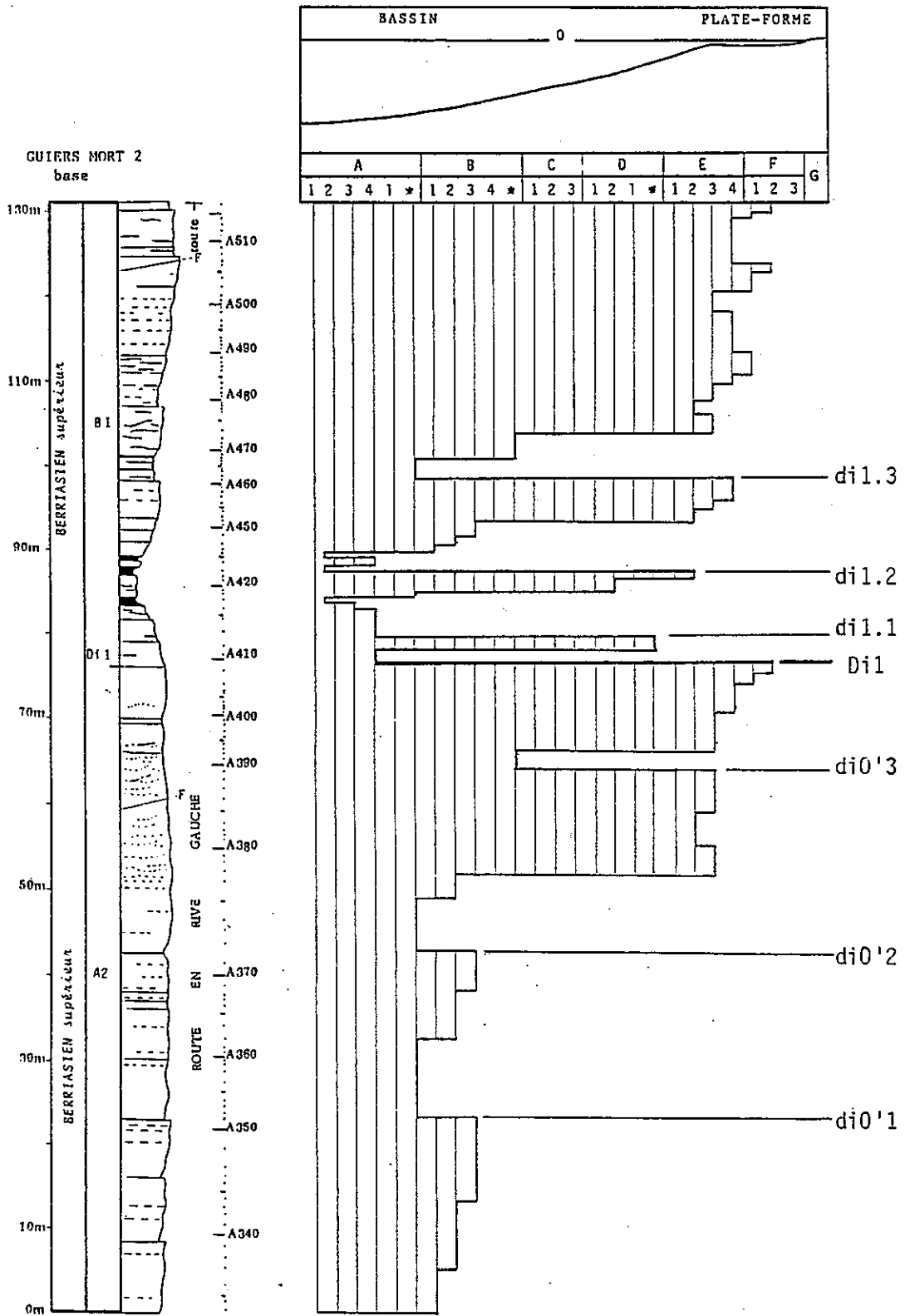


Figure 90 : Courbe d'évolution des microfaciès.

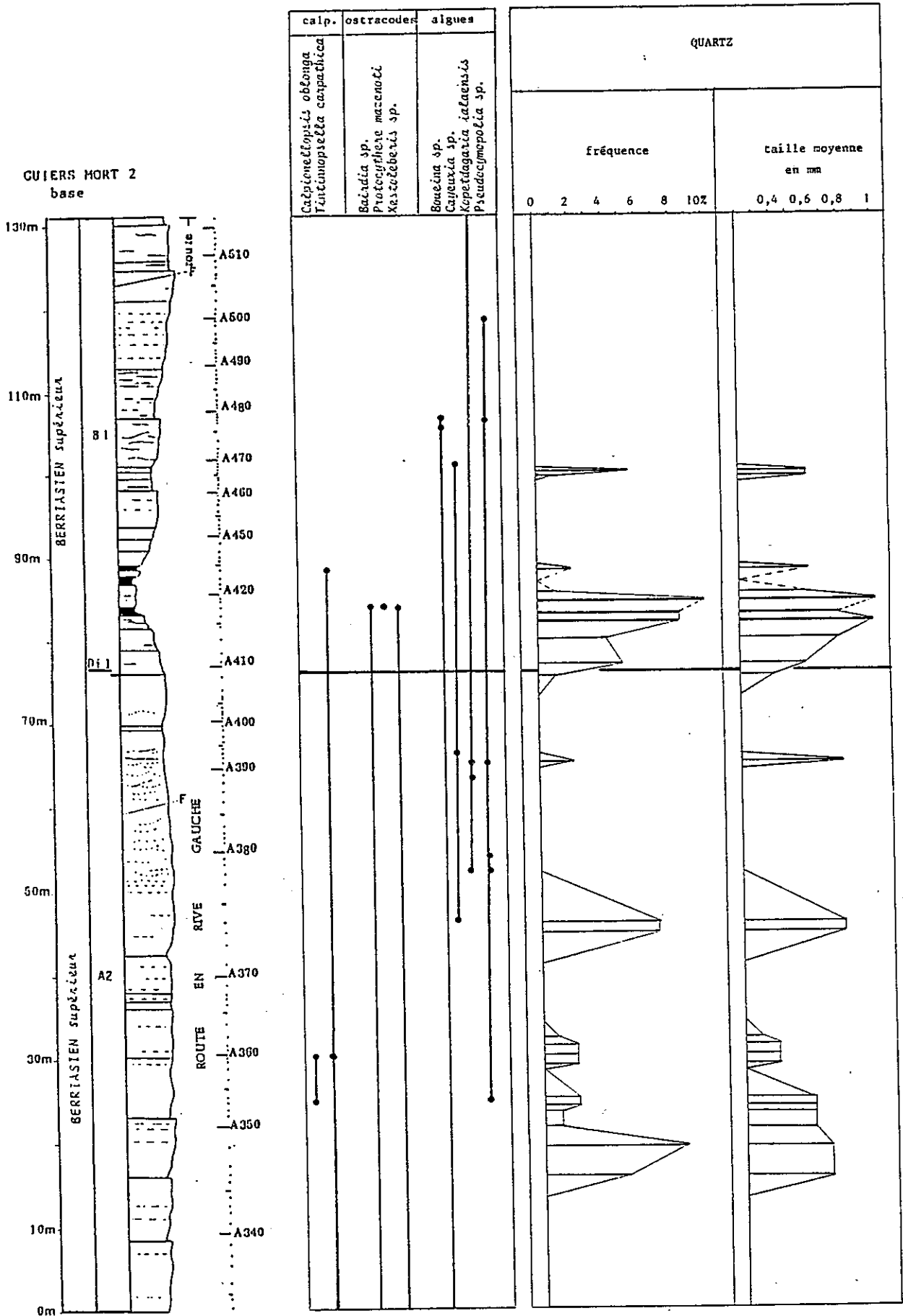


Figure 91: Répartition stratigraphique des calpionelles, des ostracodes, et des algues. Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz

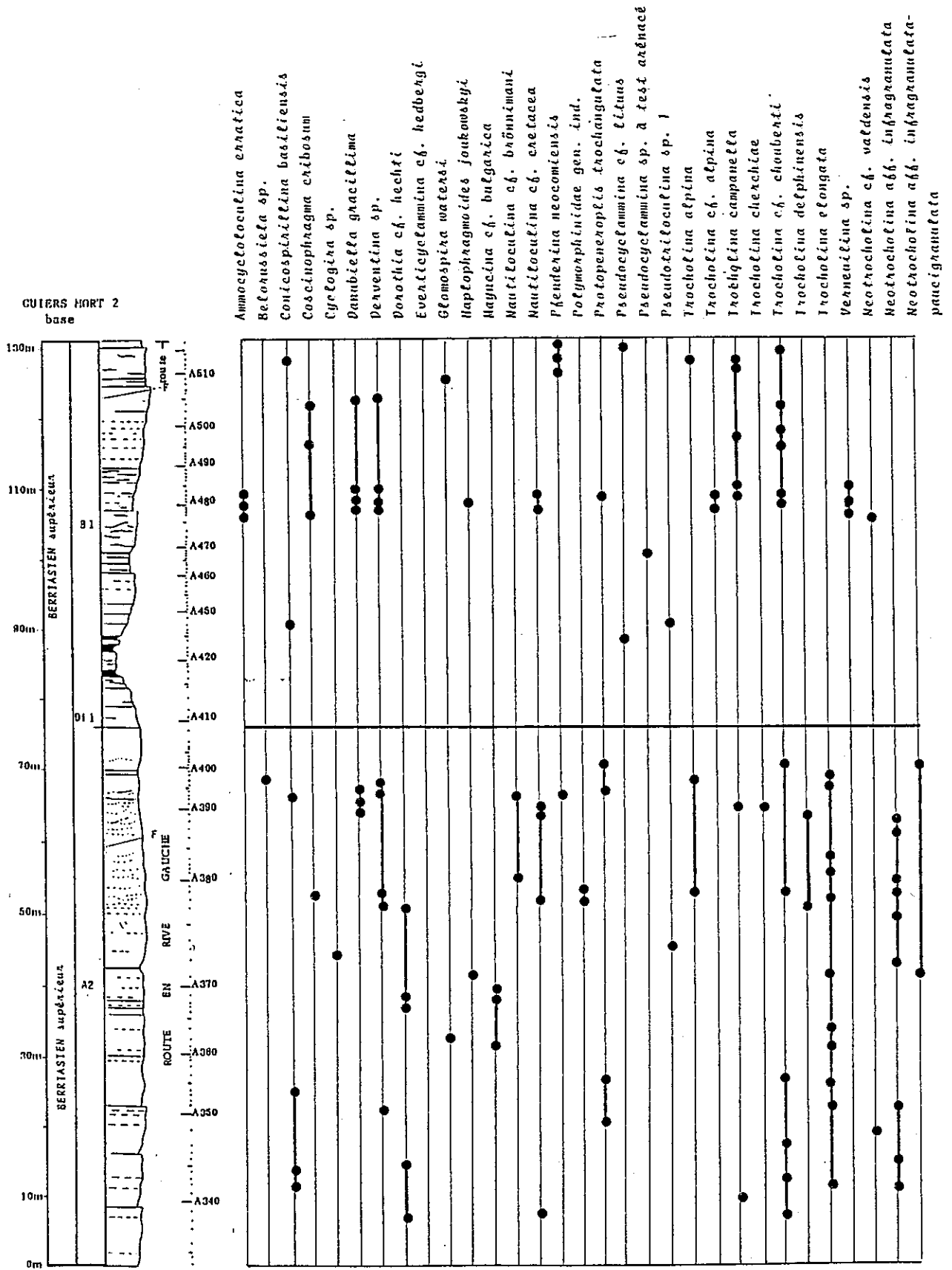


Figure 92 : Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

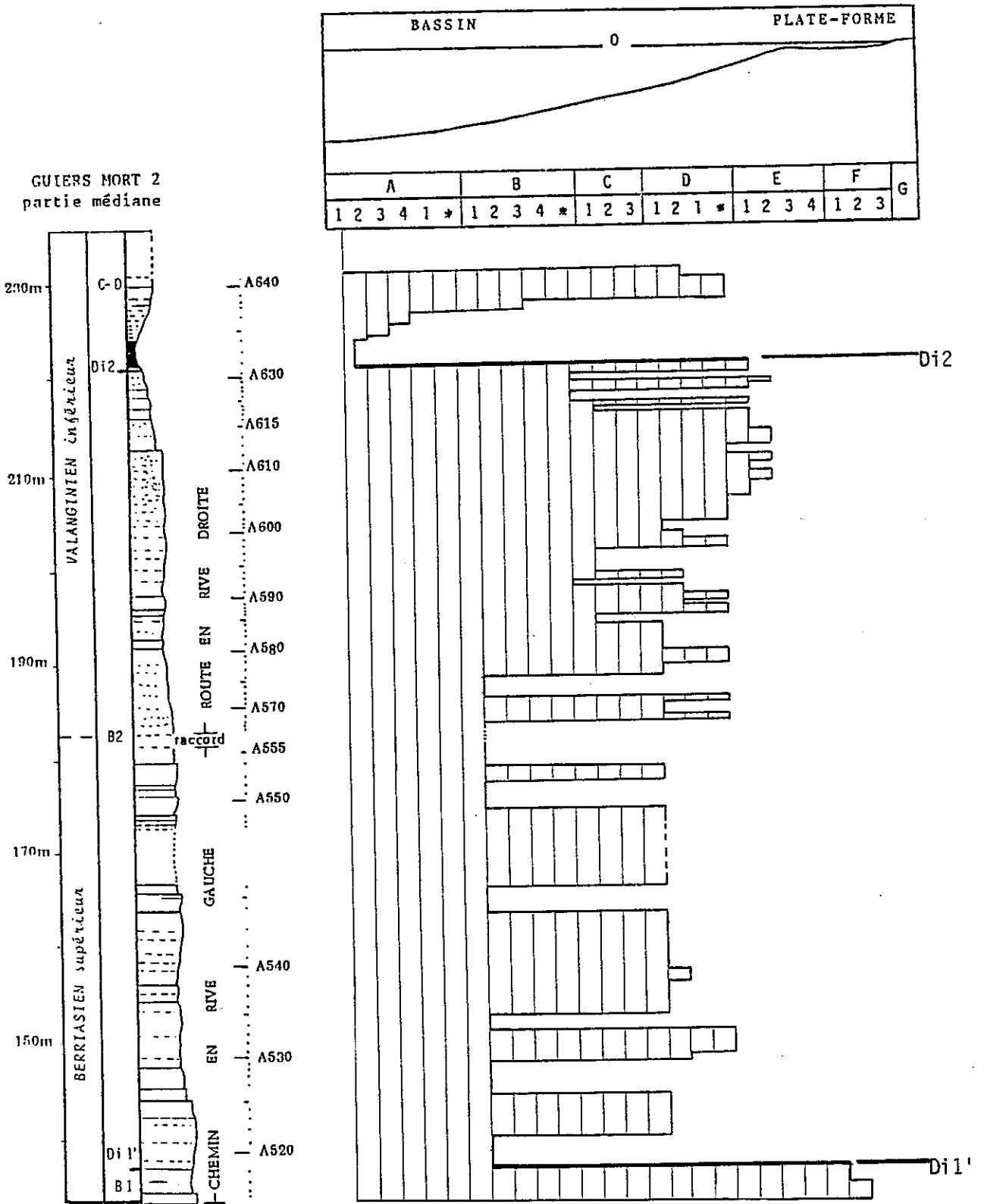


Figure 93 : Courbe d'évolution des microfaciès.

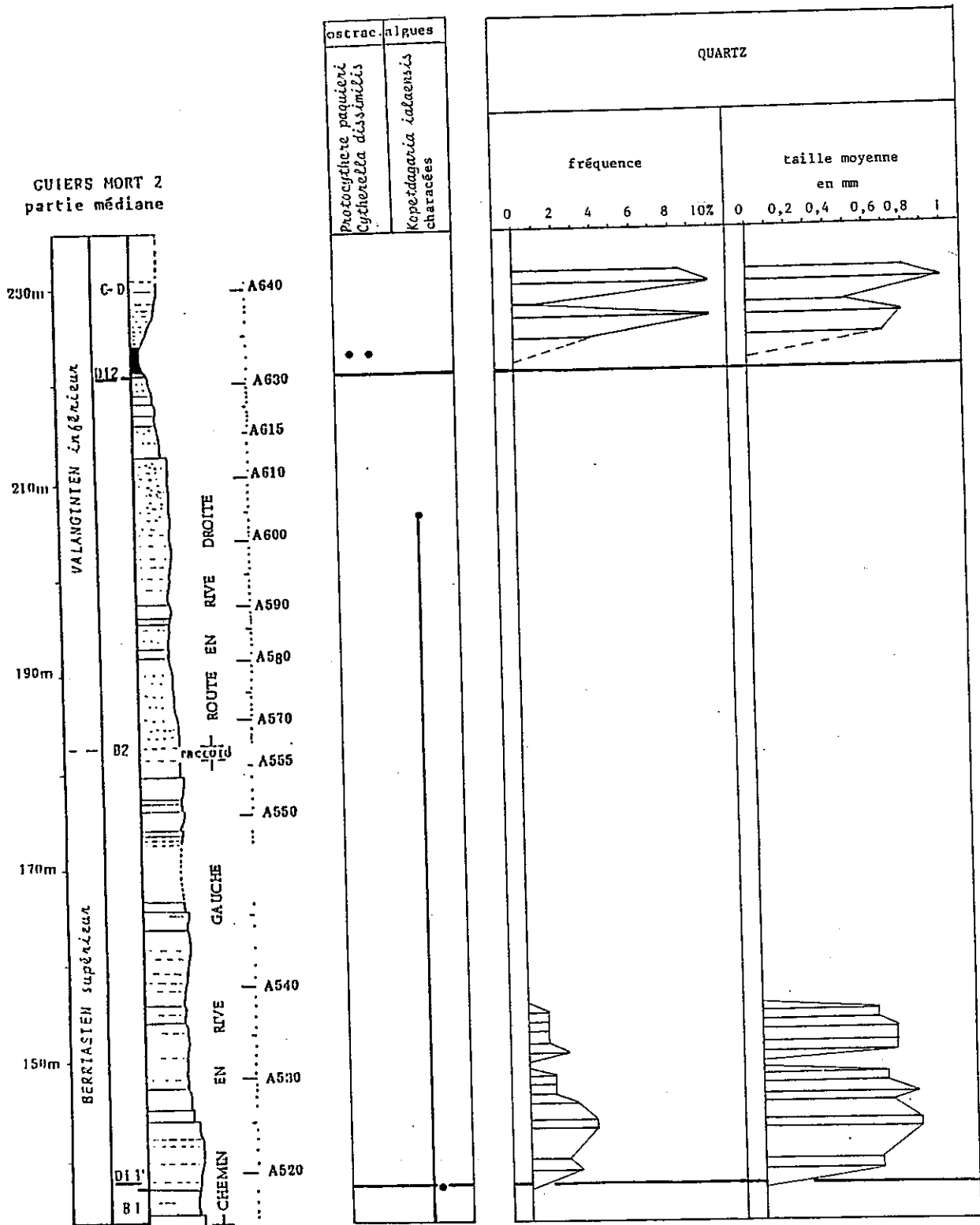


Figure 94 : Répartition stratigraphique des ostracodes et des algues.
Courbe de fréquences et taille moyenne des grains de quartz.

GUIERS HORT 2
partie médiane

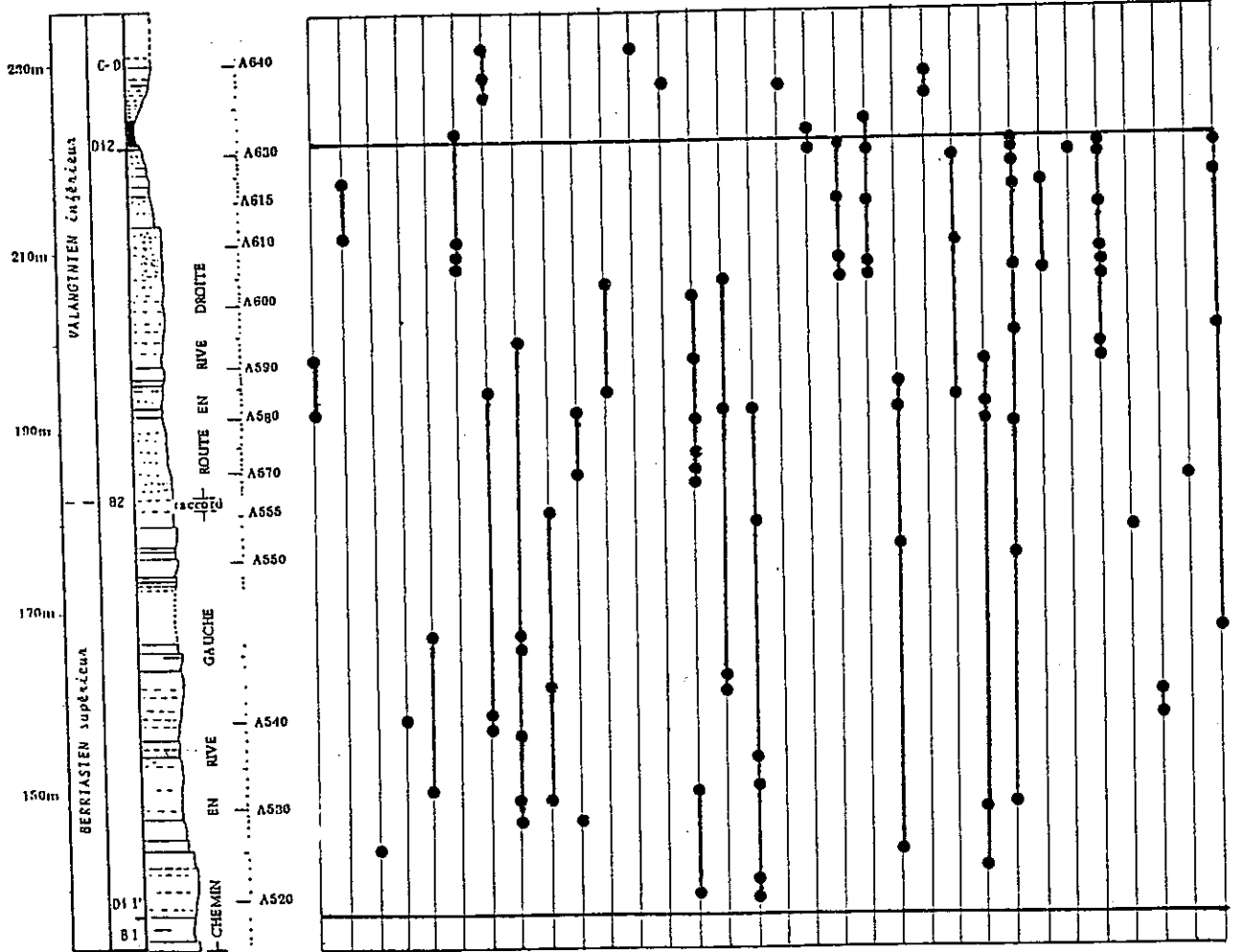


Figure 95: Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

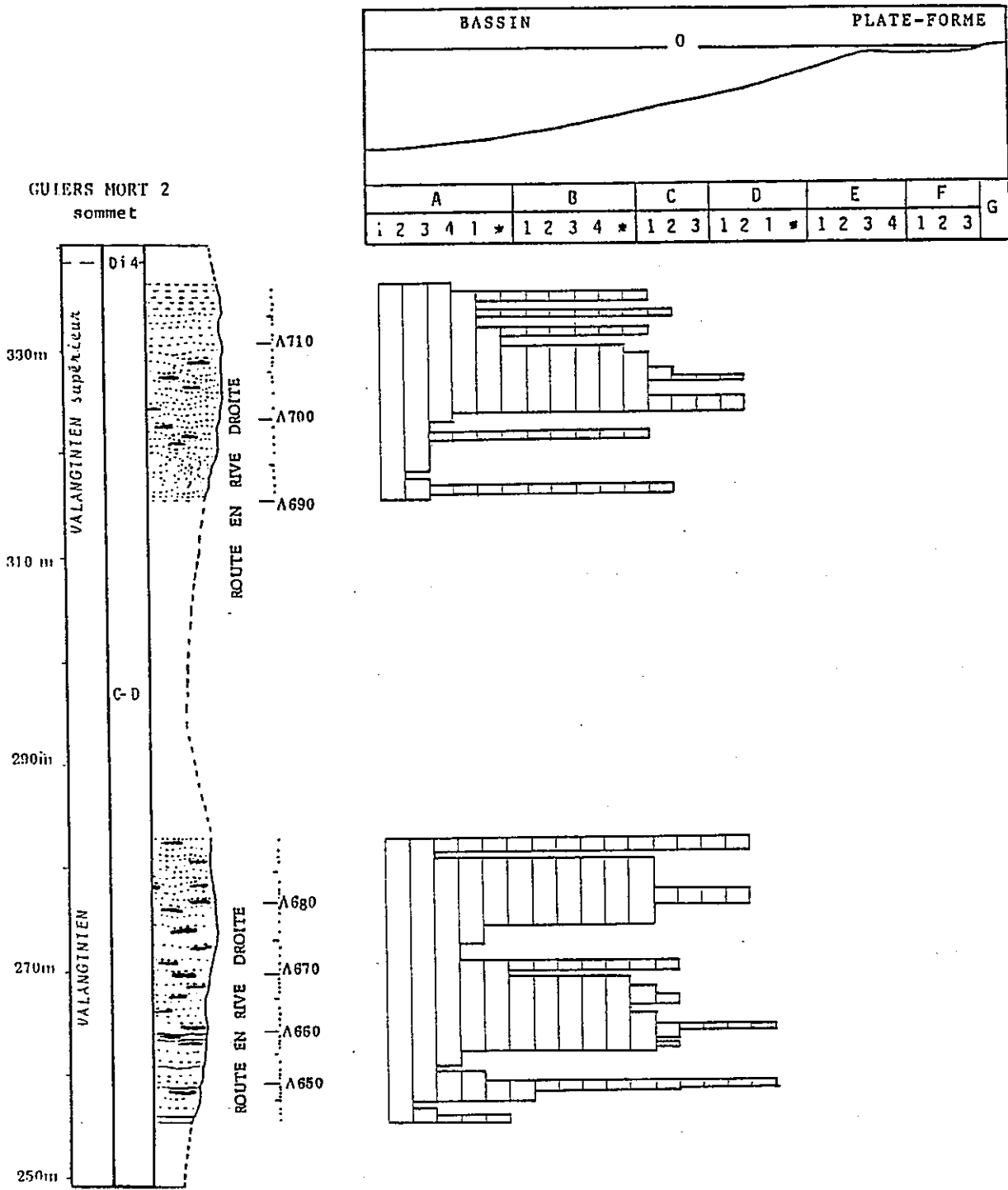


Figure 96 : Courbe d'évolution des microfaciès.

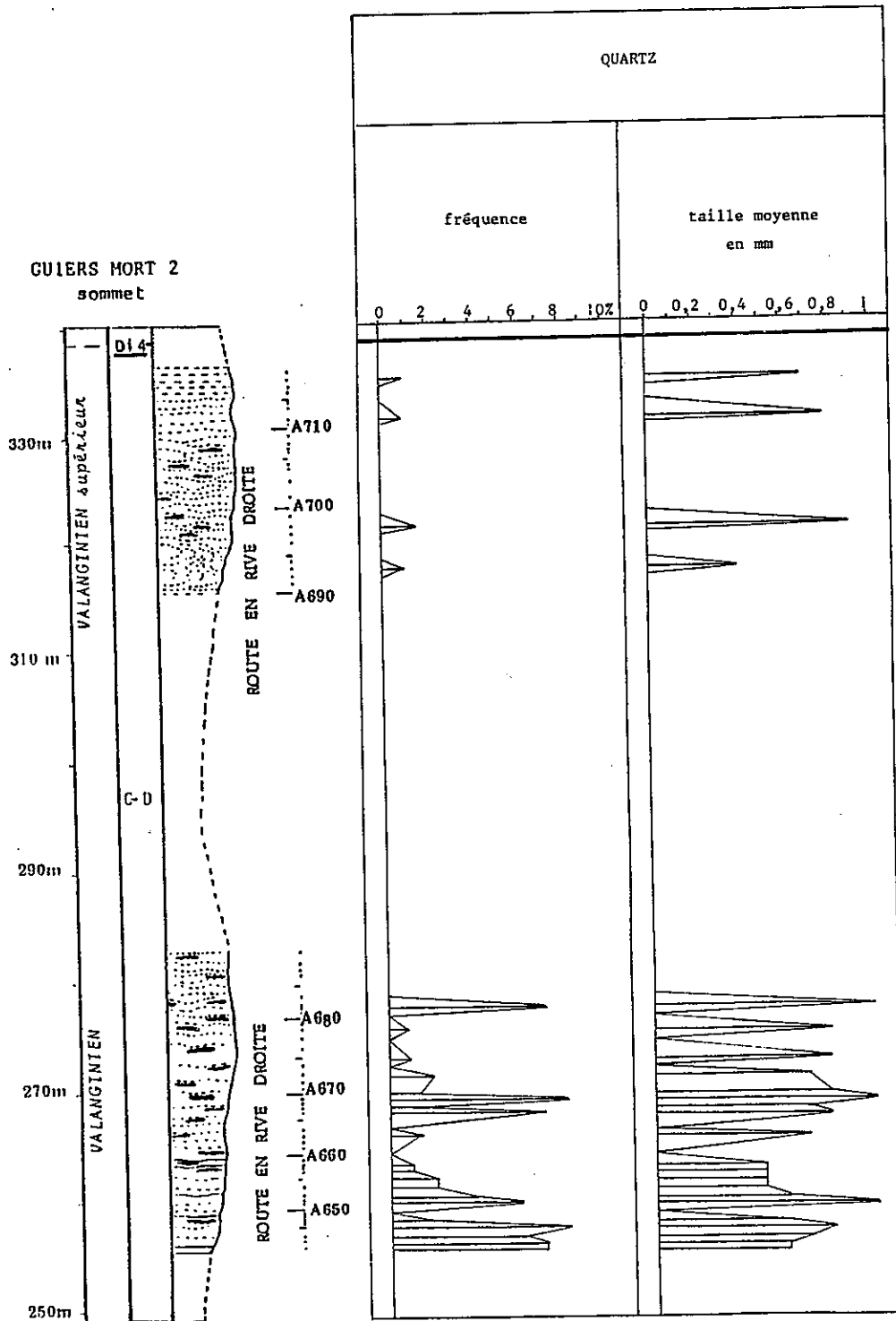


Figure 97 : Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.

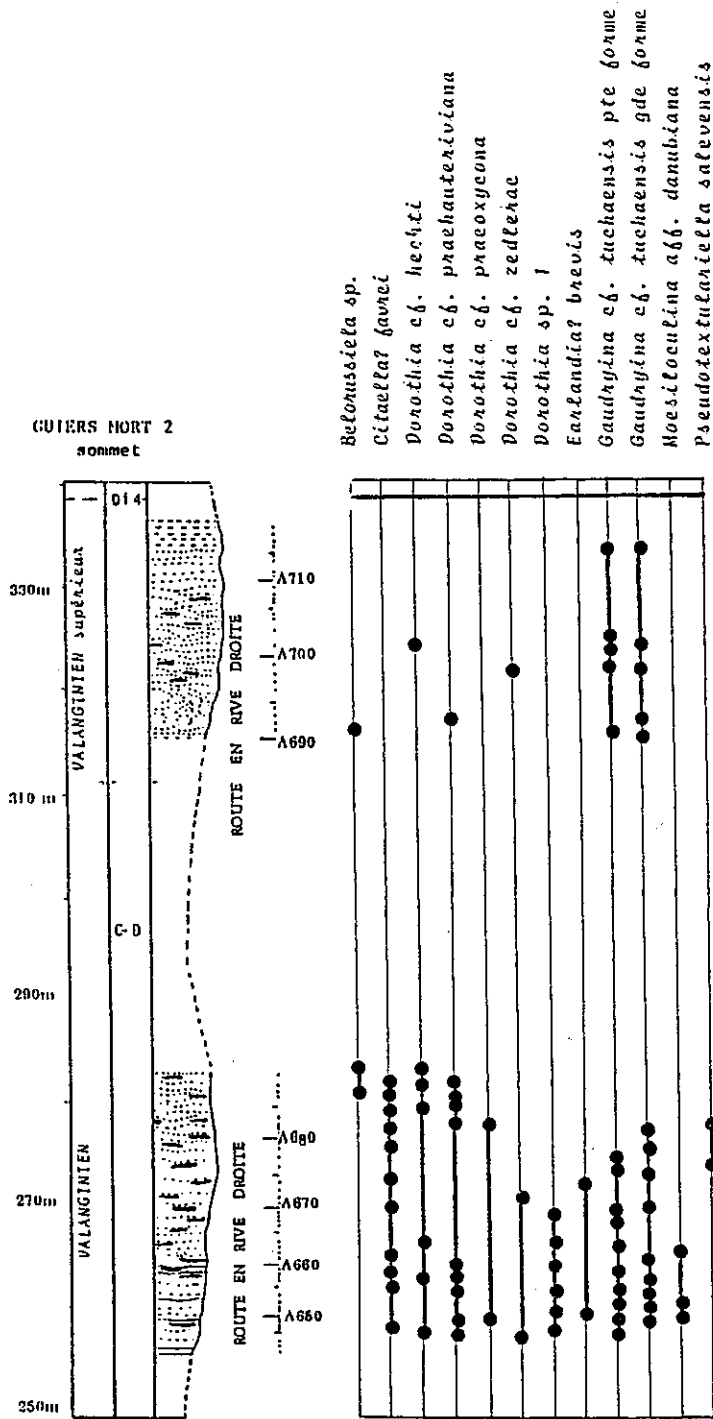


Figure 98 : Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

Coupe de Curière
figures 86, 99 à 104

Carte topographique de l'I.G.N. au 1/25.000 ème : 3234 OUEST

Coordonnées LAMBERT II :

- début (I sur la figure 86) : x = 344.600 y = 867.180
- fin (J sur la figure 86) : x = 343.880 y = 866.950

Cette coupe a été levée le long de la route forestière qui relie St Laurent du Pont au col de la Charmette. Elle débute à l'entrée du tunnel des Agneaux.

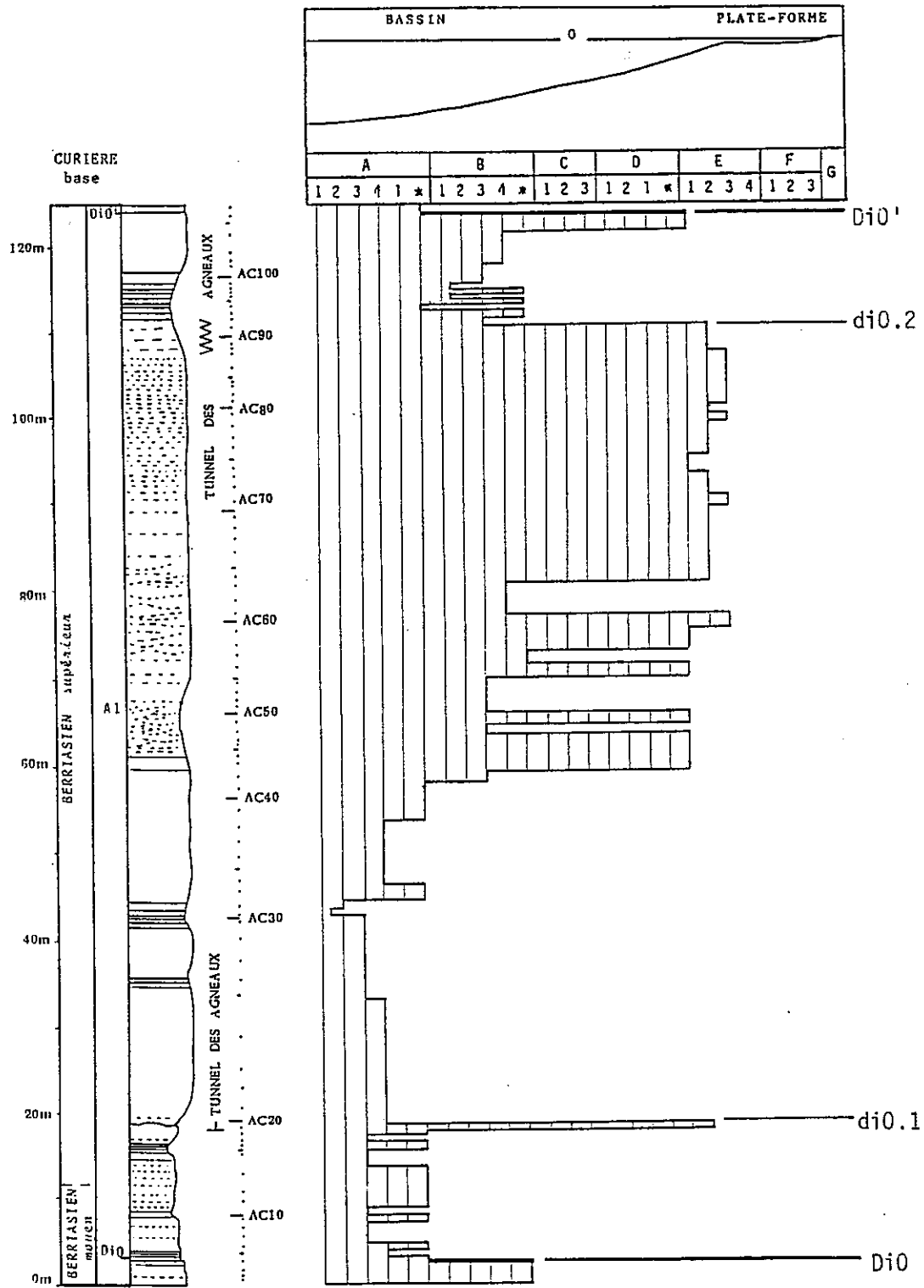


Figure 99 : Courbe d'évolution des microfaciès.

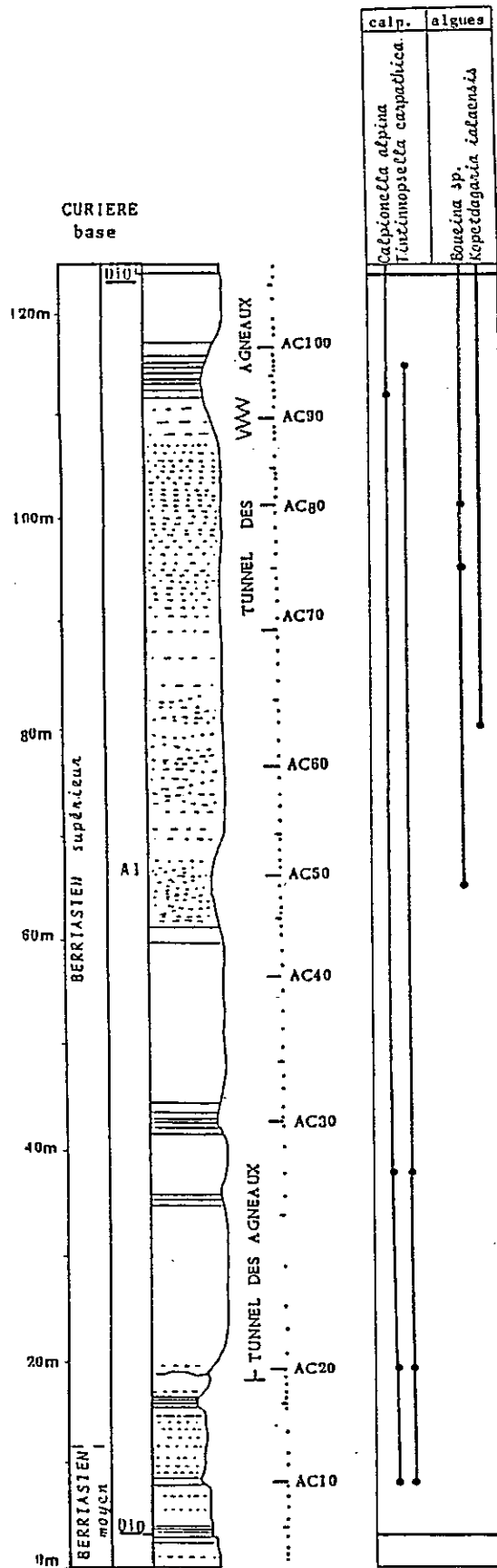


Figure 100: Répartition stratigraphique des calpionelles et des algues.

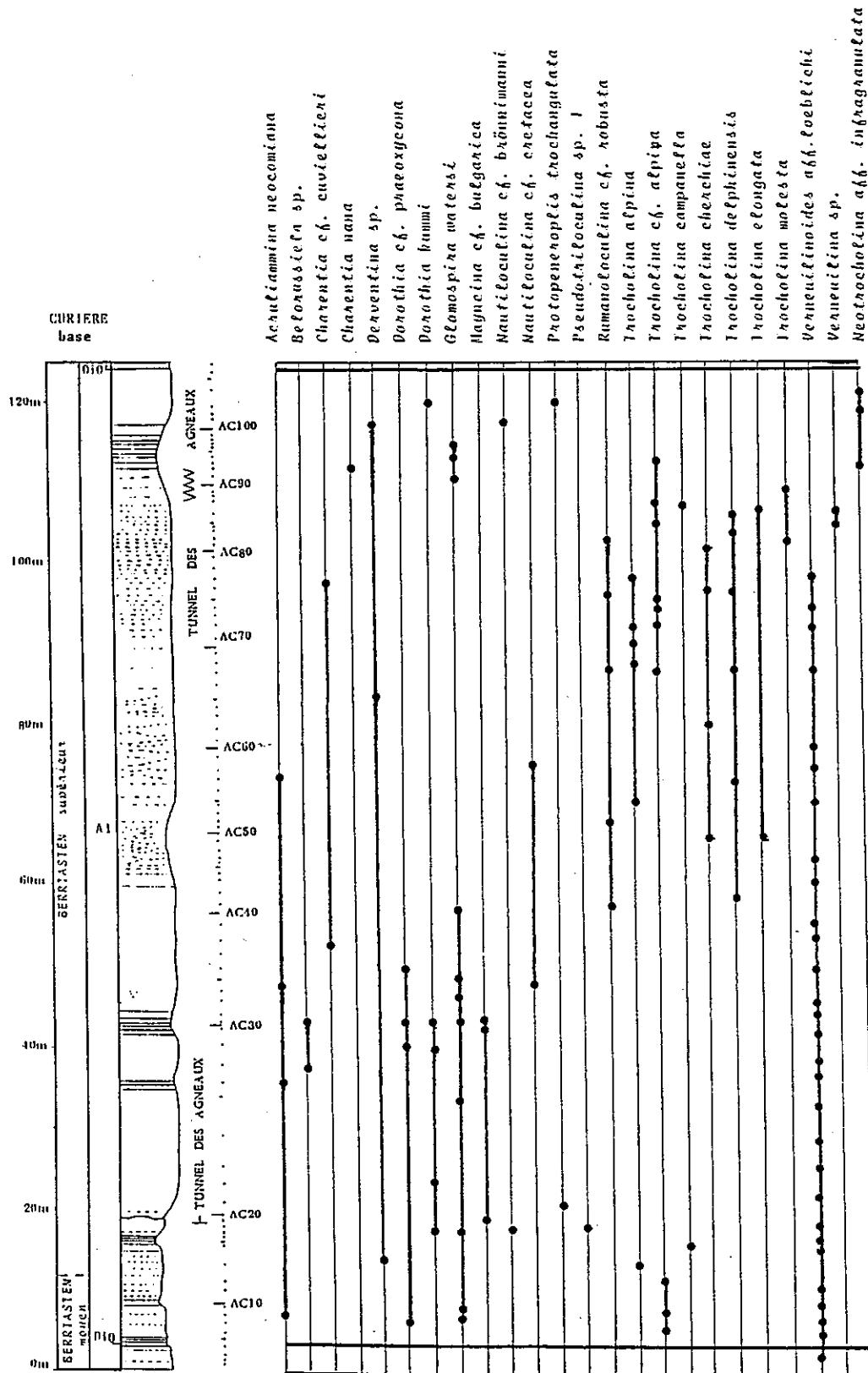


Figure 101: Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

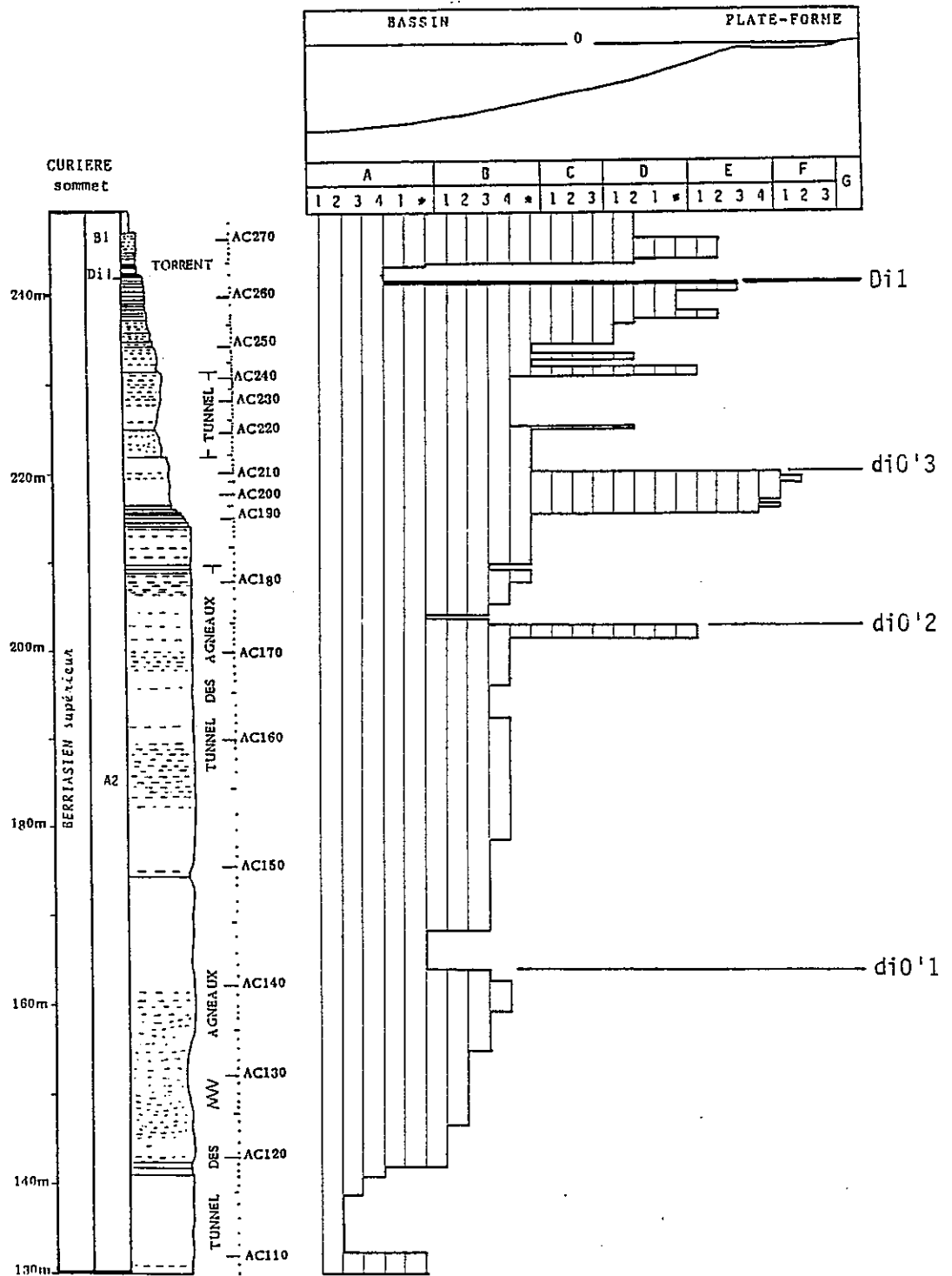


Figure 102 : Courbe d'évolution des microfaciès.

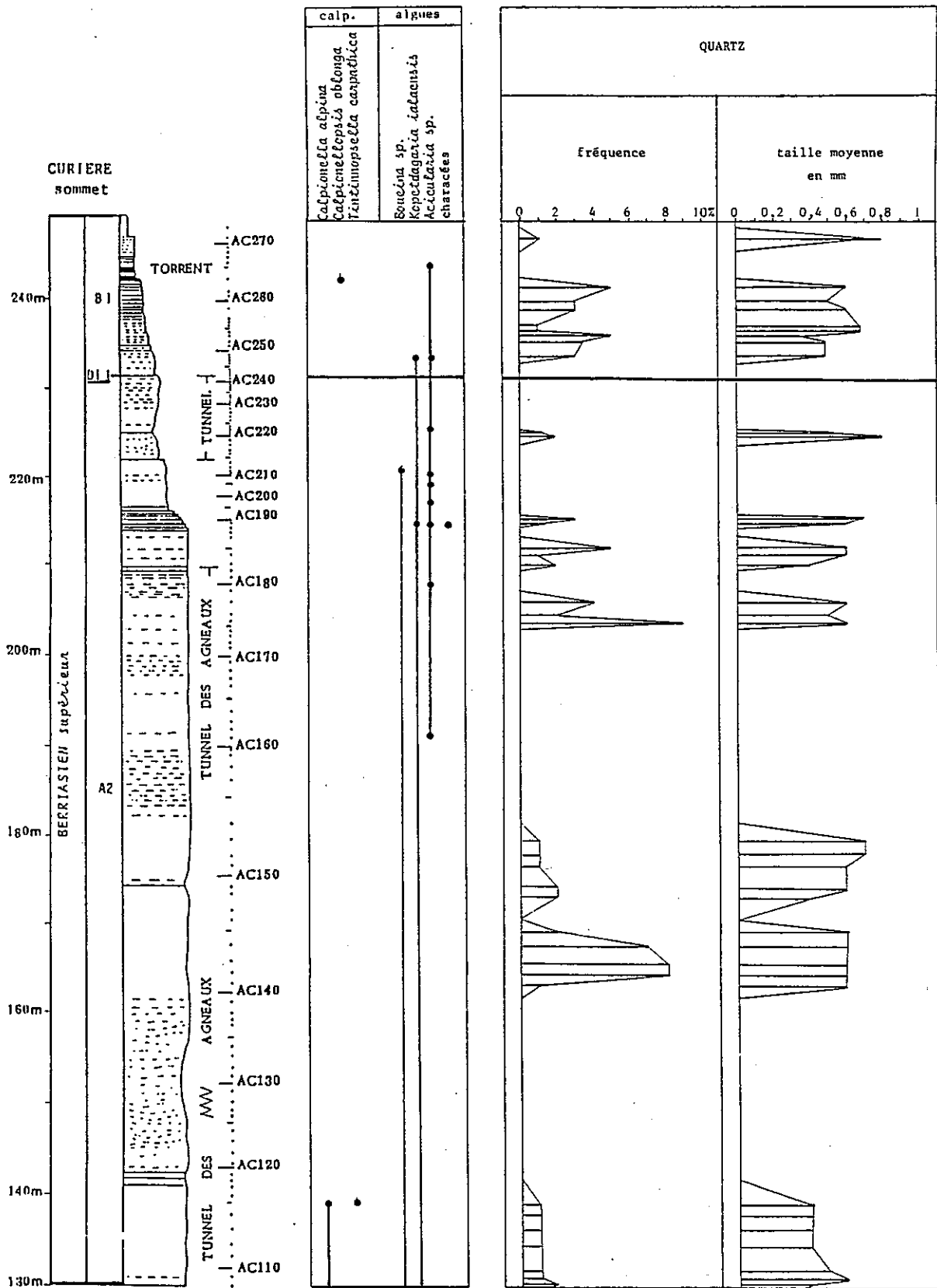


Figure 103: Répartition des calpionelles et des algues. Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.

Coupe du Chemin du Pont St Bruno
figures 86, 105 à 107

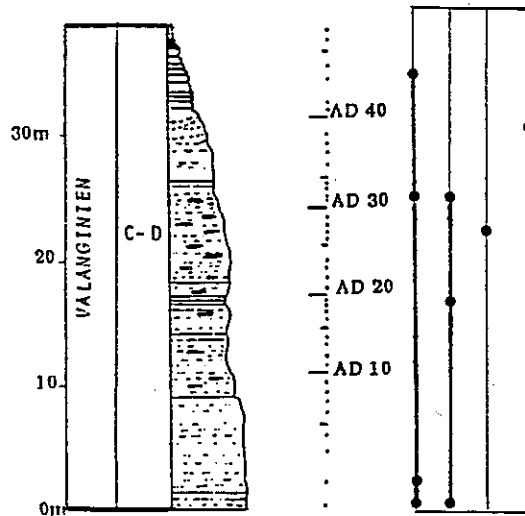
Carte topographique de l'I.G.N. au 1/25.000 ème : 3234 OUEST

Coordonnées LAMBERT II :

- emplacement (K sur la figure 86) : $x = 344.500$ $y = 867.200$

Coupe située le long d'un sentier reliant la route forestière St Laurent du Pont - Col de la Charmette au Pont St Bruno. Une pancarte indique le départ du Chemin depuis la route forestière, la coupe se trouve 30 m plus loin.

CHEMIN DU PONT
SAINT BRUNO



Citaela? favrei
Pseudotextulariella salevensis
Pseudotextulariella sp. A
Neotrocholina cf. valdensis

Figure 106: Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

CHEMIN DU PONT
SAINT BRUNO

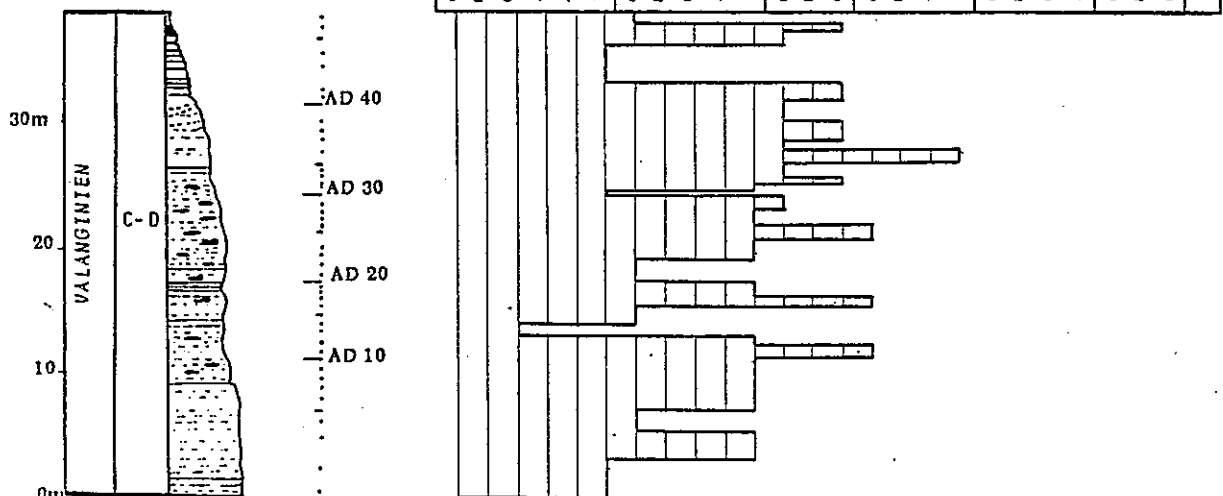


Figure 105: Courbe d'évolution des microfaciès.

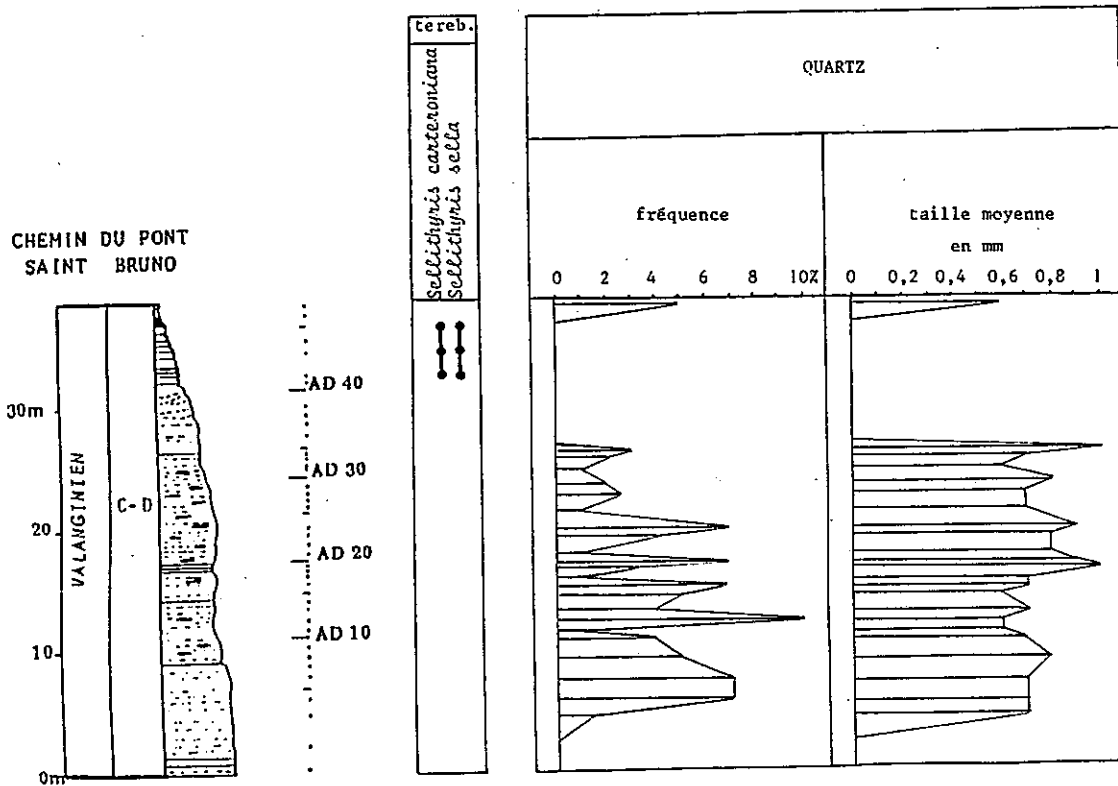


Figure 107: Répartition stratigraphique des térébratules. Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.

Coupe de la Corrierie
figures 86, 108 à 110

Carte topographique de l'I.G.N. au 1/25.000 ème : 3334 OUEST

Coordonnées LAMBERT II :

- début (L sur la figure 86) : x = 344.500 y = 870.920
- fin (M sur la figure 86) : x = 344.400 y = 871.150

Coupe située en rive droite du Guiers mort, le long de la D520.

RD 52

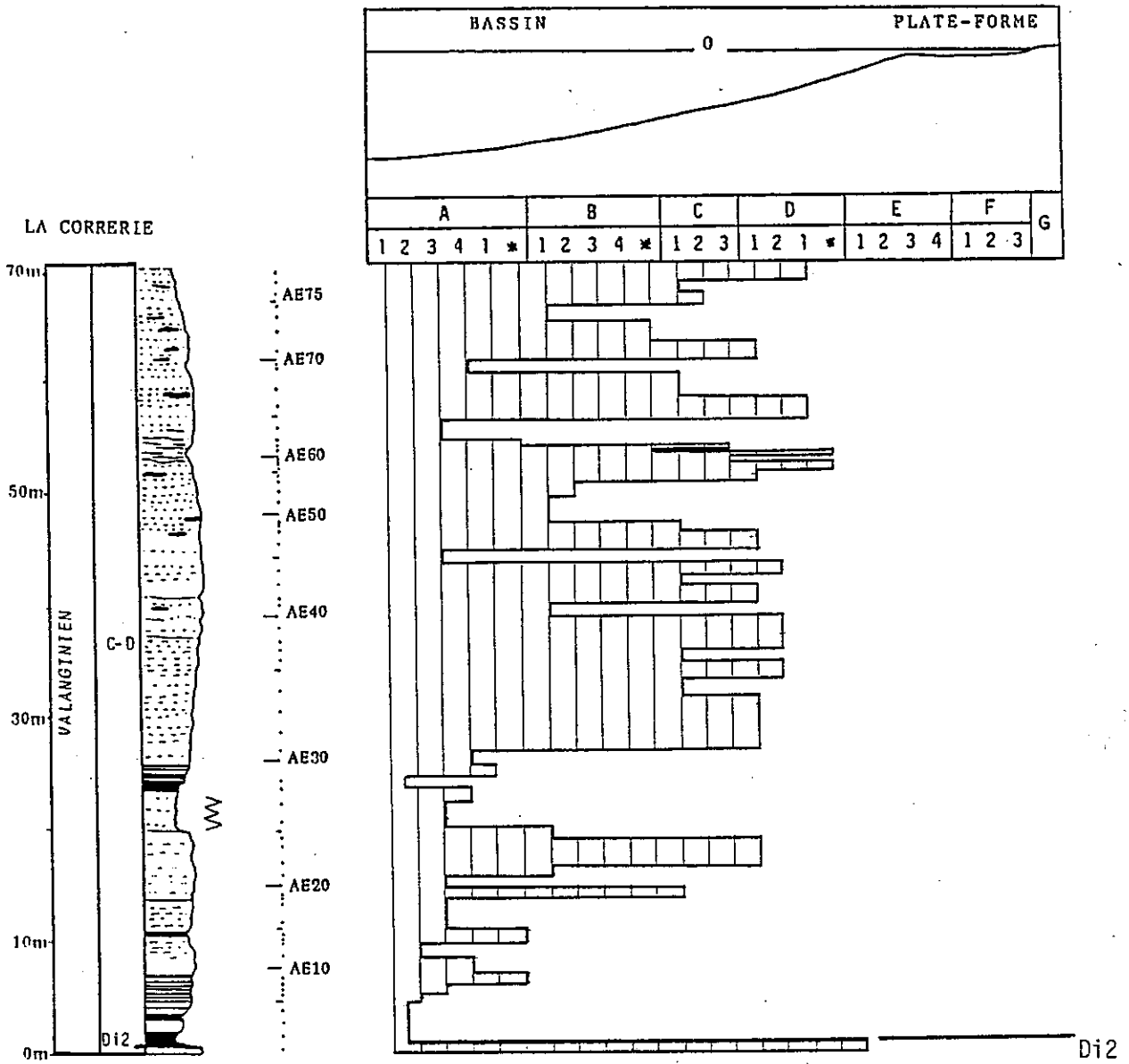


Figure 108: Courbe d'évolution des microfaciès.

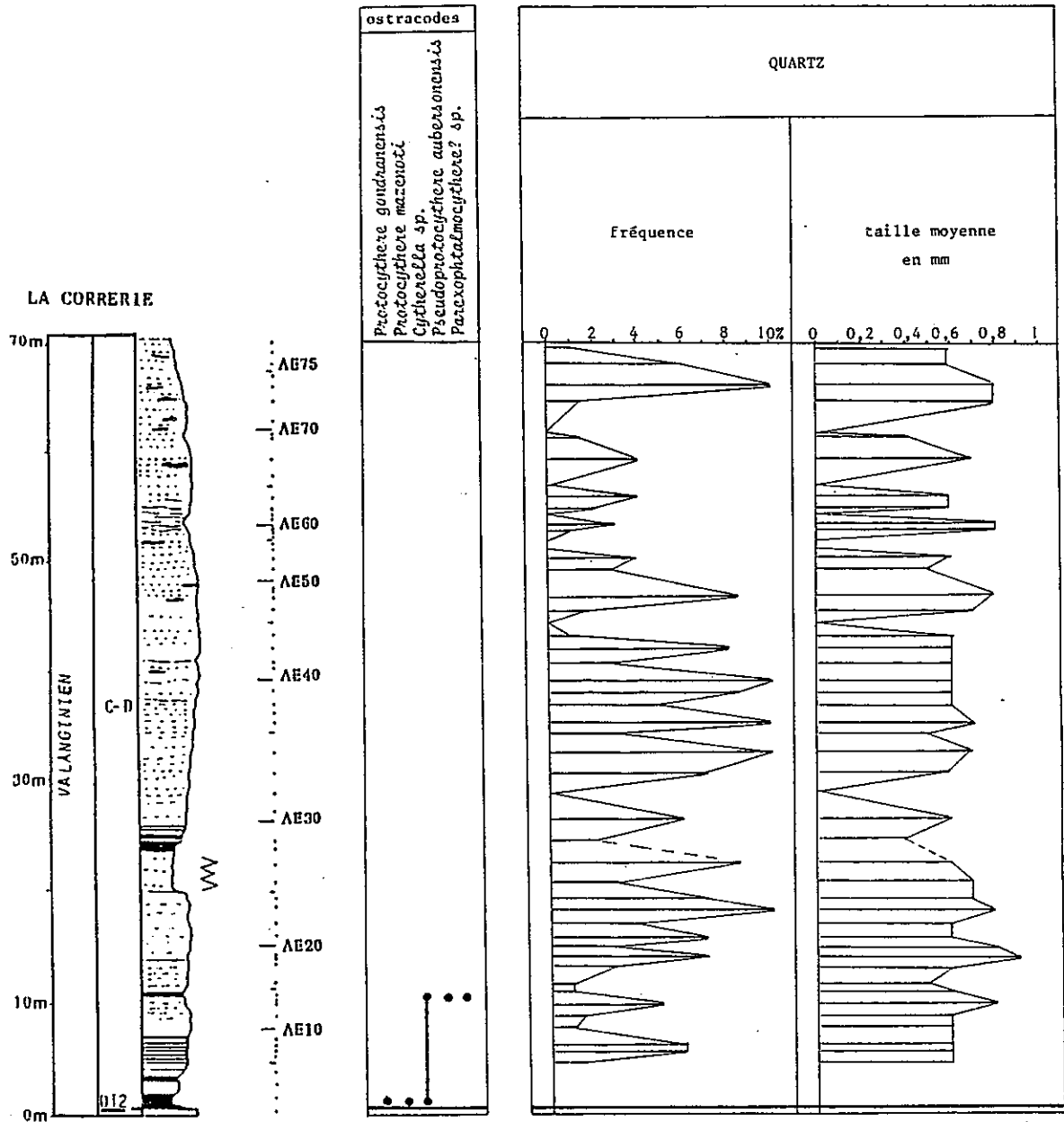


Figure 109: Répartition stratigraphique des ostracodes. Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.

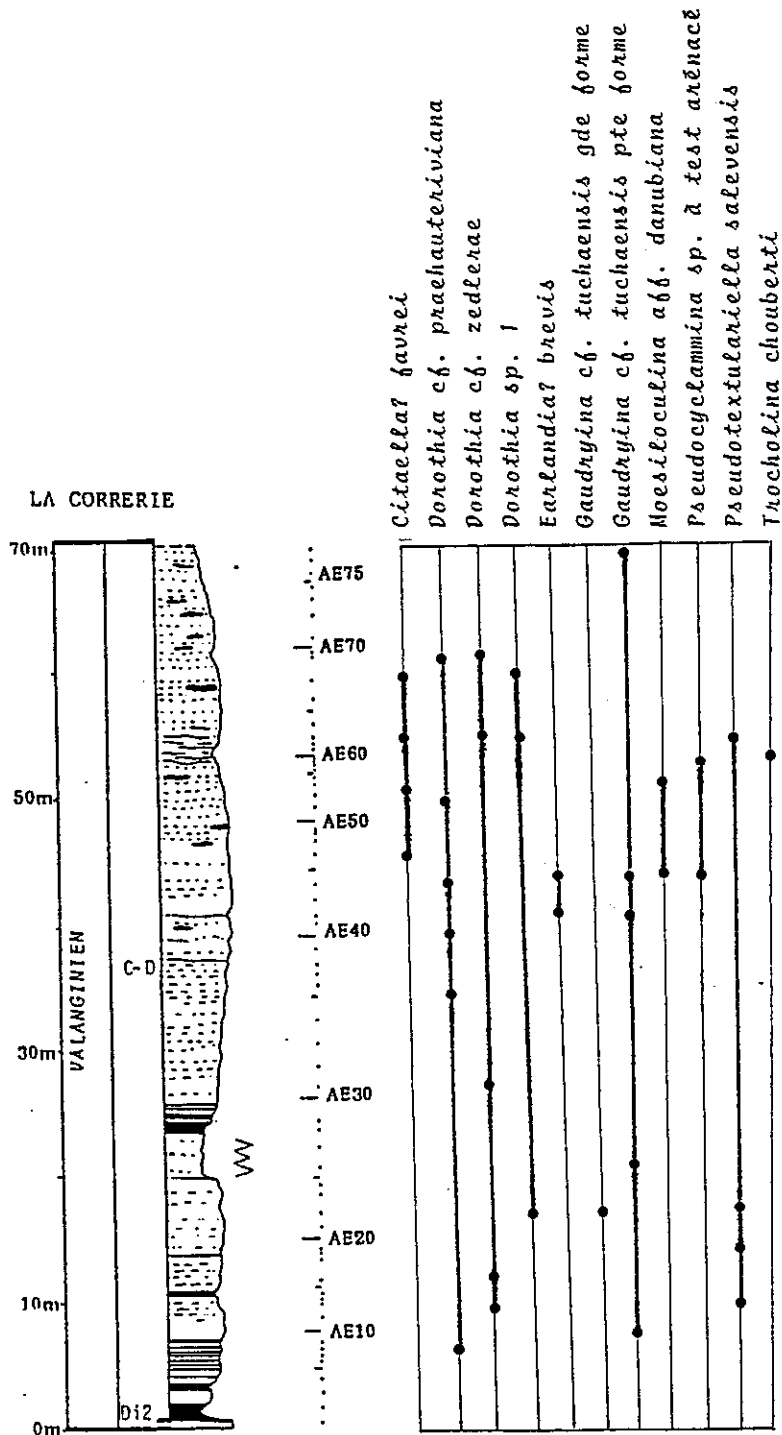


Figure 110: Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

5111

Coupe de la Pointière
figures 86, 111 à 119

Carte topographique de l'I.G.N. au 1/25.000 ème : 3333 OUEST

Coordonnées LAMBERT II :

- début (A sur la figure 86) : x = 348.680 y = 868.600
- fin (B sur la figure 86) : x = 349.040 y = 887.700

Coupe située le long de la voie forestière partant de St Laurent du Pont (au niveau de l'Hopital) en direction du col d'Arpison.

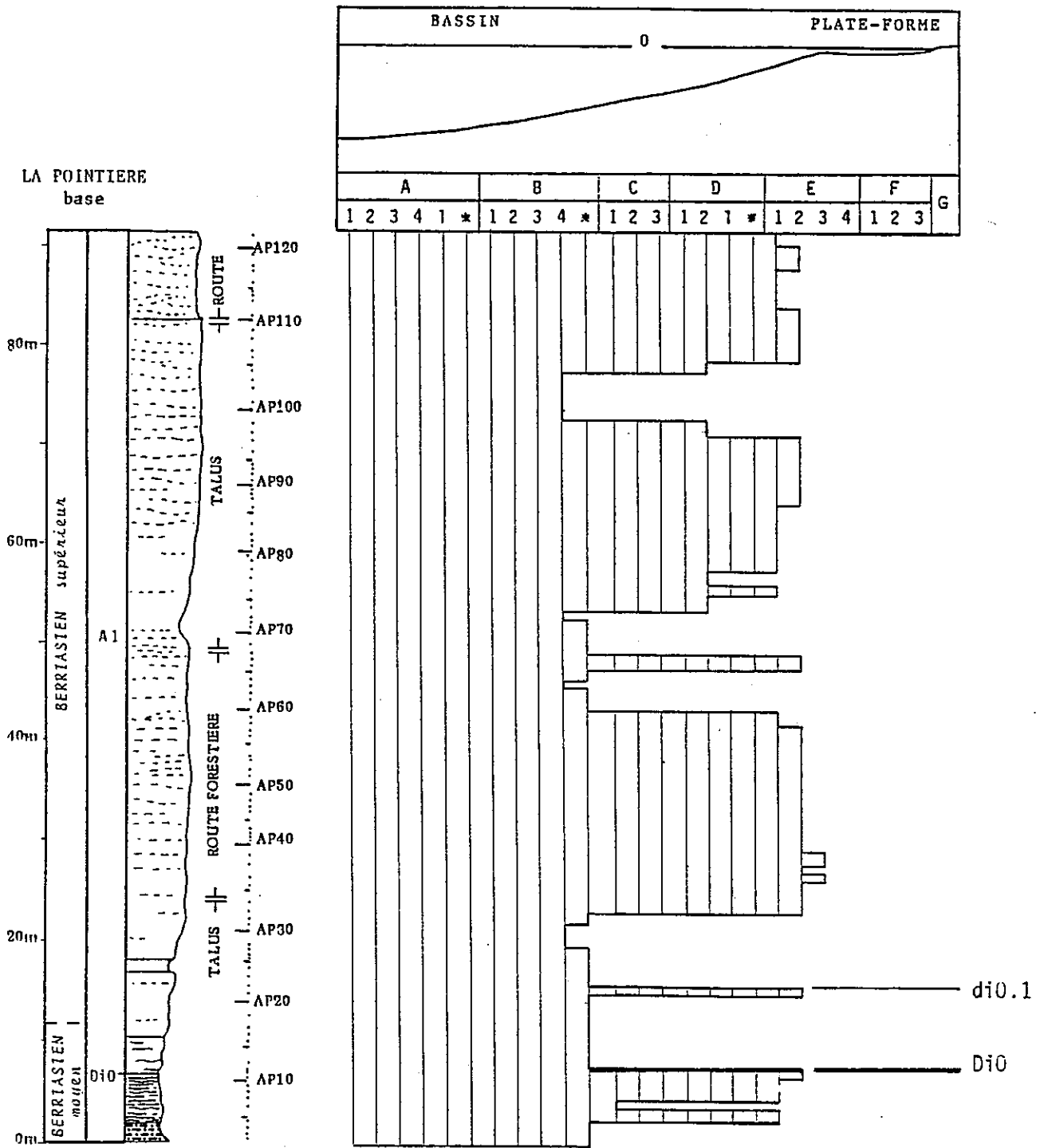


Figure 11: Courbe d'évolution des faciès.

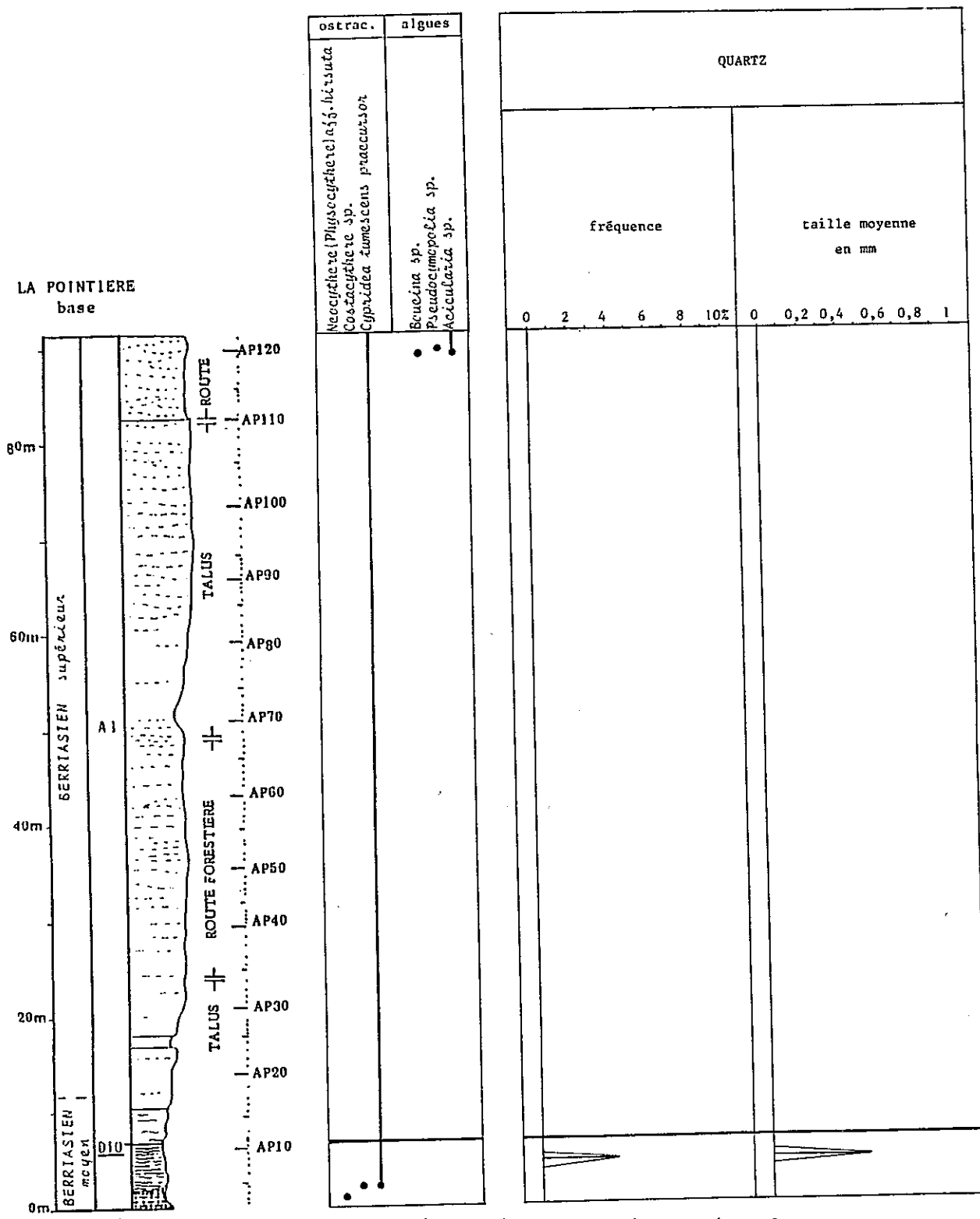


Figure 112: Répartition stratigraphique des ostracodes et des algues.
 Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.

LA POINTIERE
base

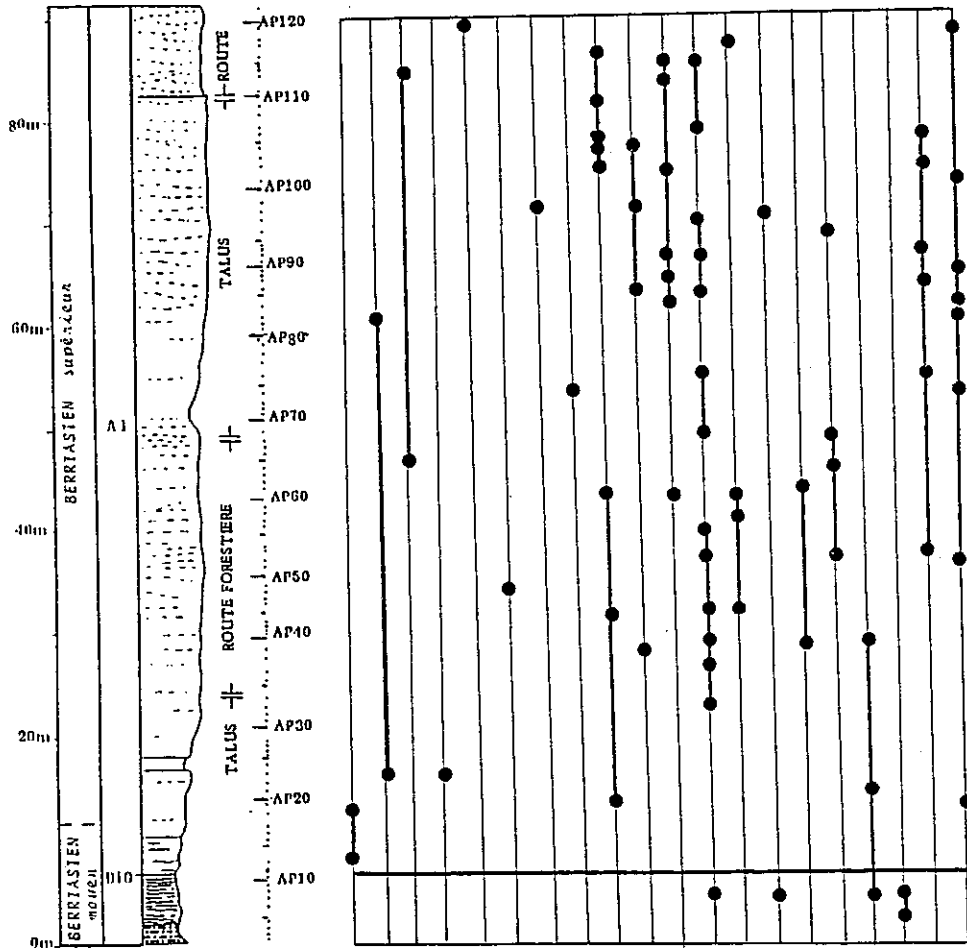


Figure 113: Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

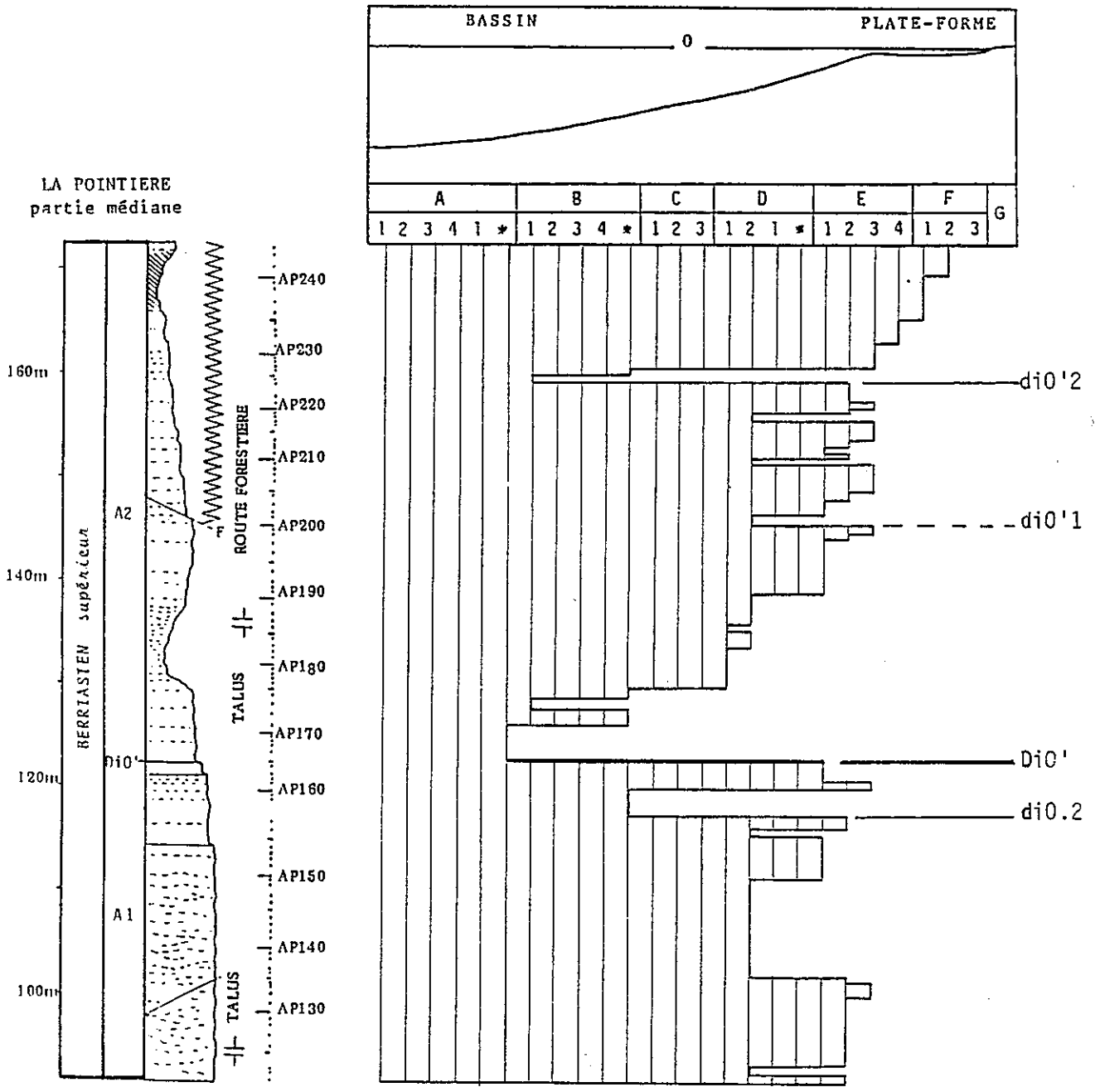


Figure 114: Courbe d'évolution des microfaciès.

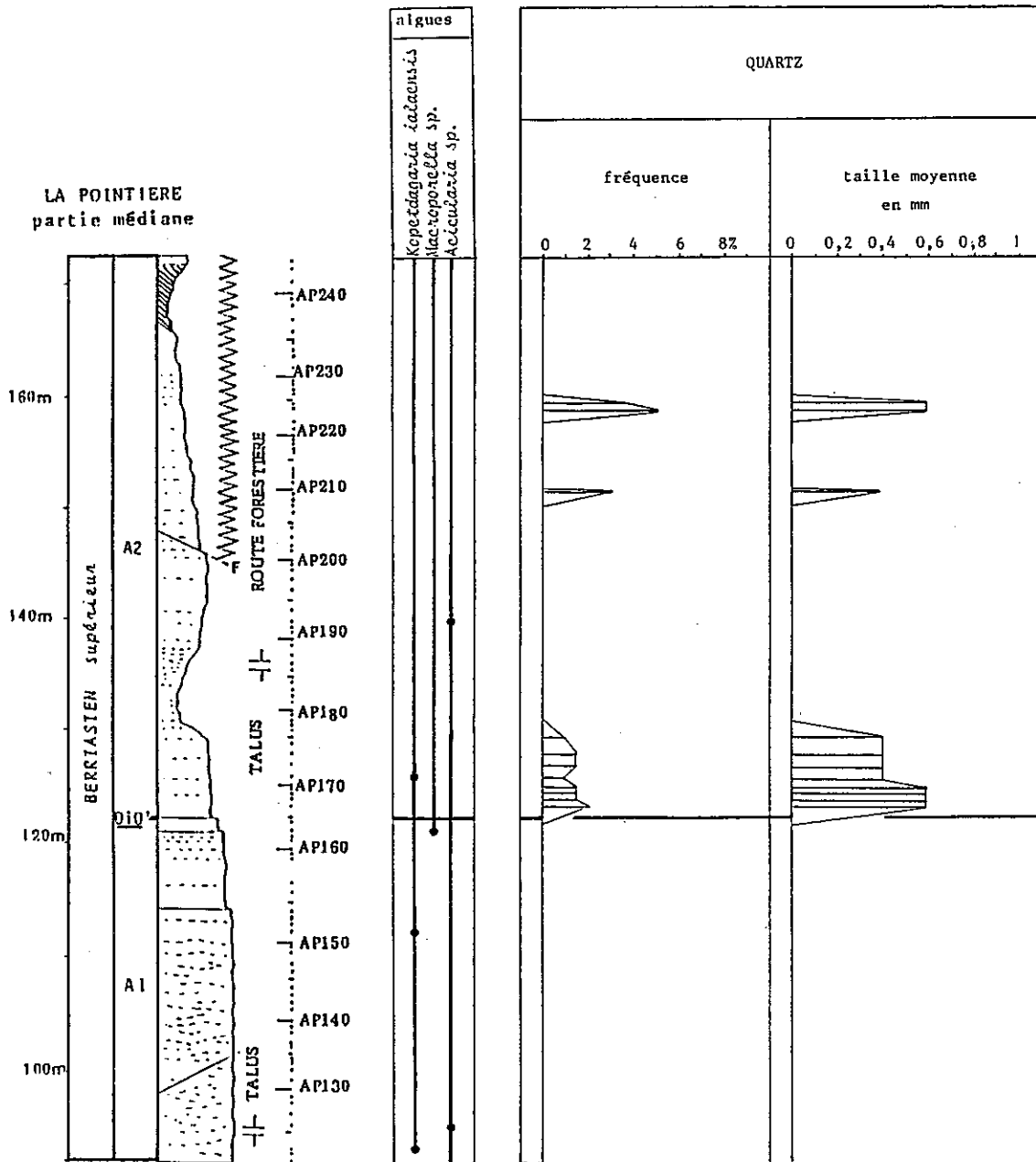


Figure 115: Répartition stratigraphique des algues. Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz?

LA POINTIERE
partie médiane

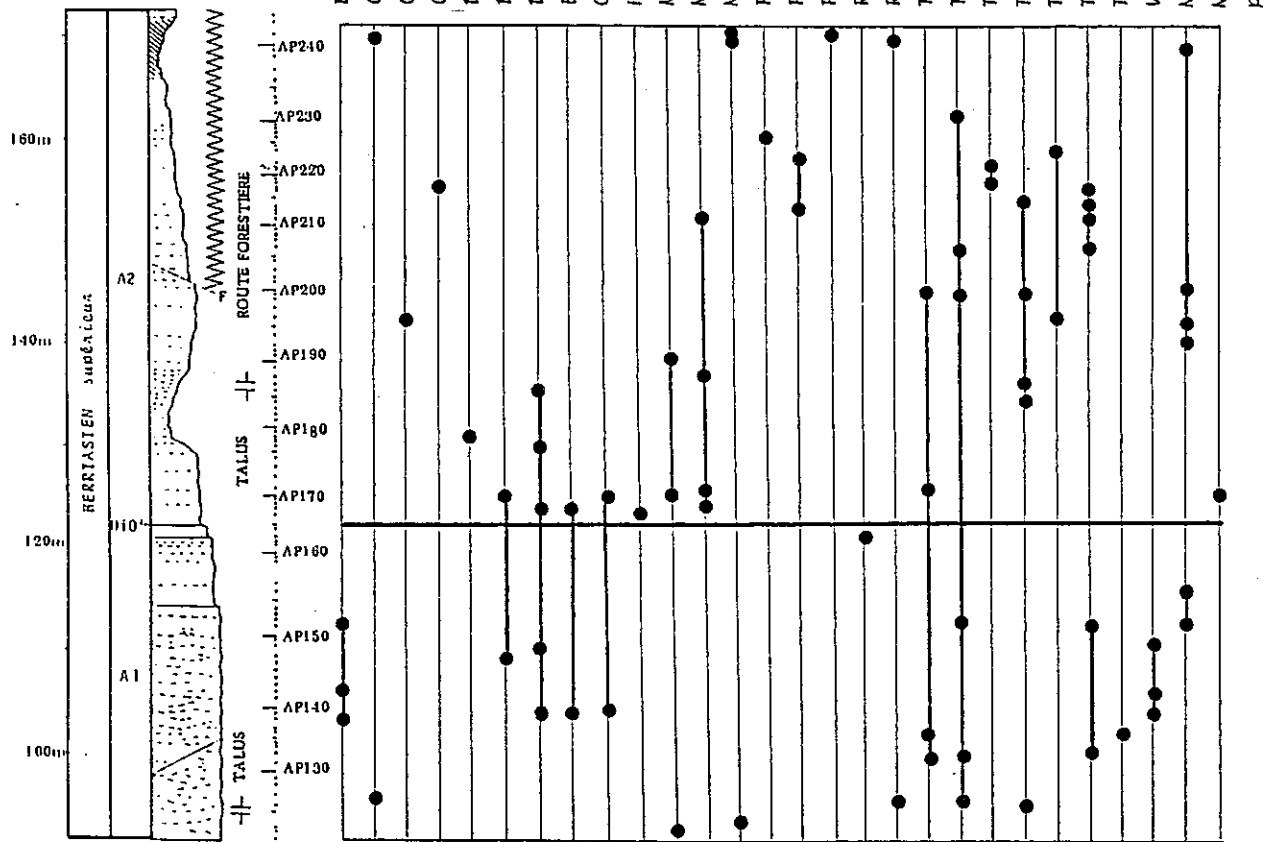


Figure 116: Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

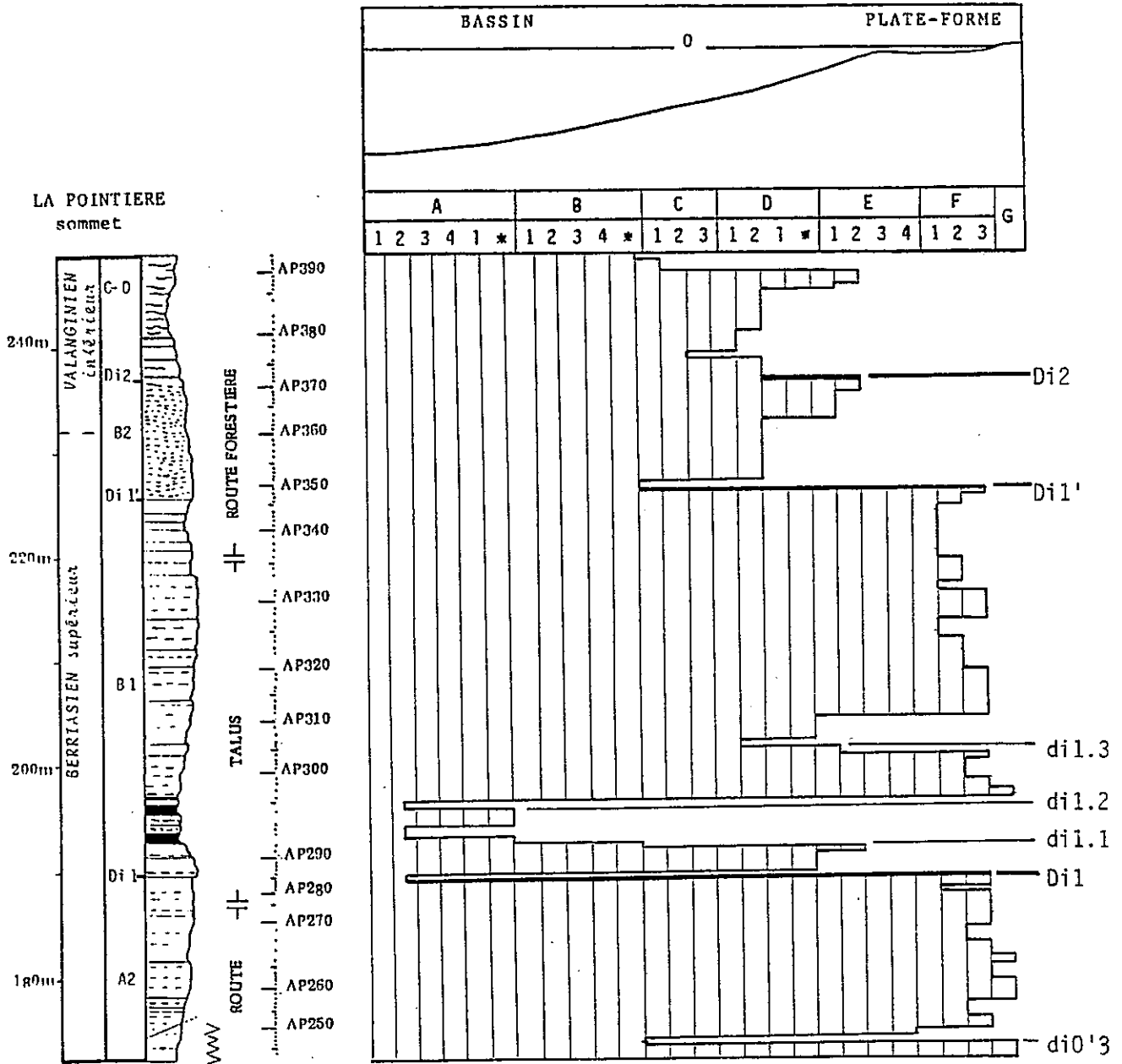


Figure 117: Courbe d'évolution des microfaciès.

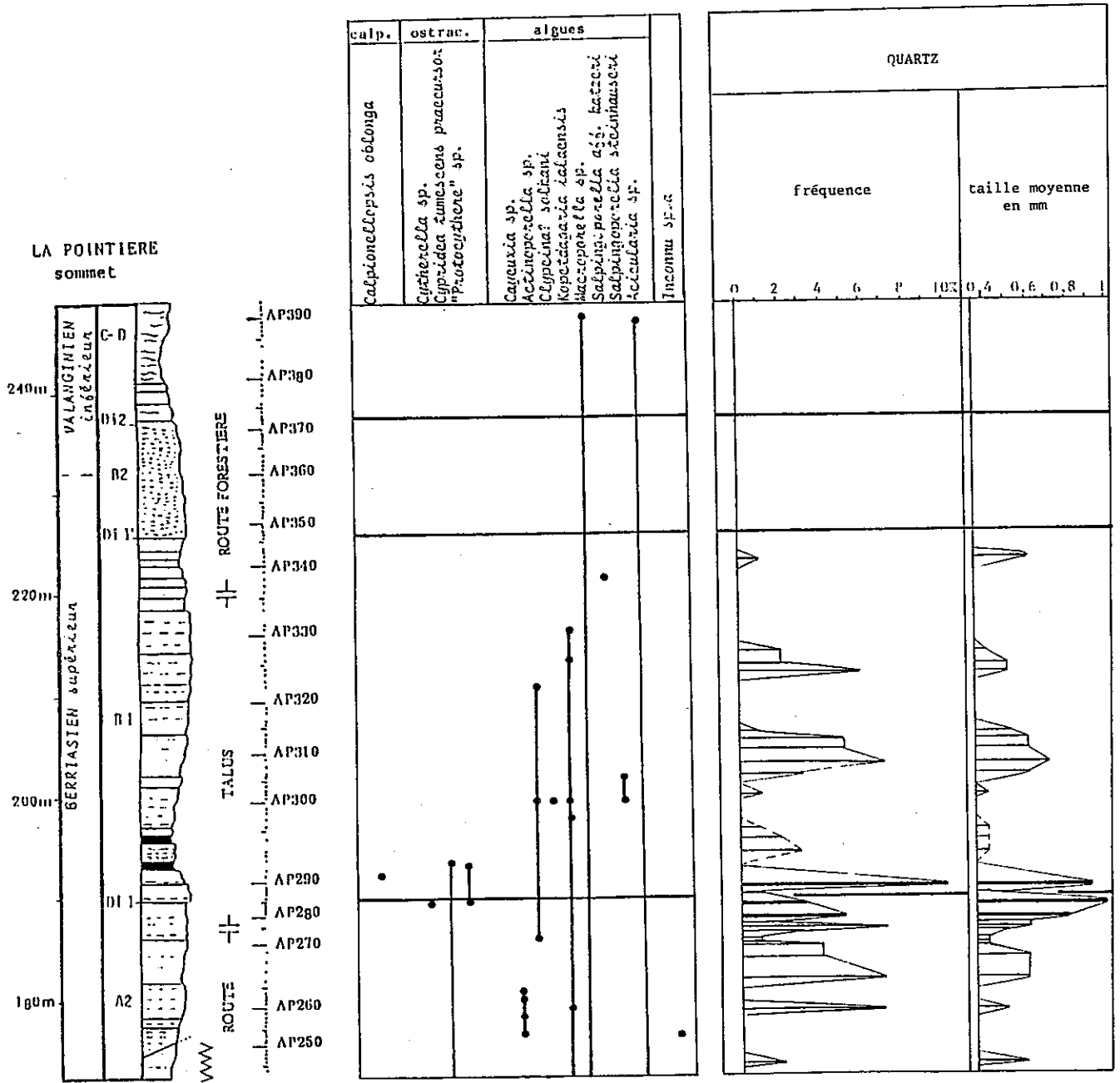
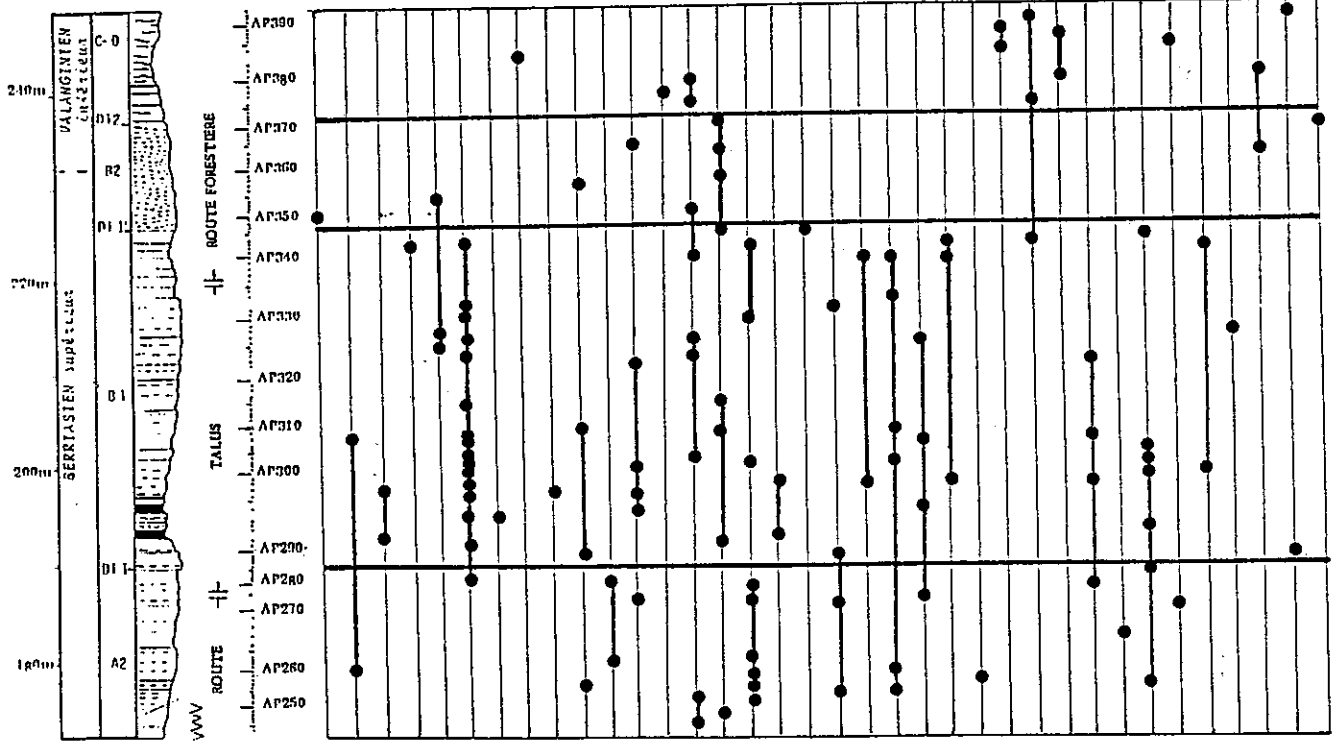


Figure 118: Répartition stratigraphique des calpionelles, des ostracodes et des algues. Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.

LA POINTIERE
sommet



- Reforssicola* sp.
- Charentia* cf. *oviflora*
- Charentia* *nana*
- Coccolithophaga* *extremum*
- Cyclogyga* sp.
- Danubiella* *quacillina*
- Dorvulina* sp.
- Dorothia* cf. *hecti*
- Dorothia* cf. *zeilerae*
- Ecklandia?* *baevis*
- Ecklandia?* *causadi*
- Everticyclamina* cf. *hedbergi*
- Gaudryna* cf. *tuchensis* *gde forme*
- Glomospira* *valdensis*
- Heterophragma* *id. joukowskyi*
- Istifloculina* cf. *eliptica*
- Haynesia* cf. *bulgarica*
- Hebertoculina* *aff. danubiana*
- Hebertoculina* cf. *brünnimanni*
- Hebertoculina* cf. *caetacea*
- Pseudocyclonina* *neocomiensis*
- Polygynophidinae* *gen. ind.*
- Praetopeneroptis* *trachaugulata*
- Pseudocyclonina* cf. *litus*
- Pseudotextulariella* *salsensis*
- Rumoloculina* cf. *robusta*
- Pseudotextulariella* sp. A
- Tracholina* *alpina*
- Tracholina* cf. *alpina*
- Tracholina* *campanella*
- Tracholina* *chevrolina*
- Tracholina* cf. *chevrolina*
- Tracholina* *despluensis*
- Tracholina* *sagittaria*
- Uvaniculina* sp.
- Hebertoculina* cf. *valdensis*

Figure 119: Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

Coupe de l'Echaillon
figures 120 à 126

Carte topographique de l'I.G.N. au 1/25.000 ème : 3234 EST

Coordonnées LAMBERT II :

- début (A sur la figure 120) : x = 337.950 y = 856.700
- fin (D sur la figure 120) : x = 337.350 y = 856.600

Cette coupe a été levée en deux parties : l'Echaillon canal (la base) et l'Echaillon carrière (le sommet).

La coupe de l'Echaillon canal se situe le long du canal qui longe le massif, et se prolonge dans le talus. Elle débute dans les "Calcaires coralligènes" et s'achève dans "les couches du Balcon".

La coupe de l'Echaillon carrière a été levée dans la carrière. Elle est séparée de la précédente par une lacune d'observation due au couvert végétal et aux éboulis, qui masque une cinquantaine de mètres de série (sommet des "Couches du Balcon et base des "Calcaires à Chama").

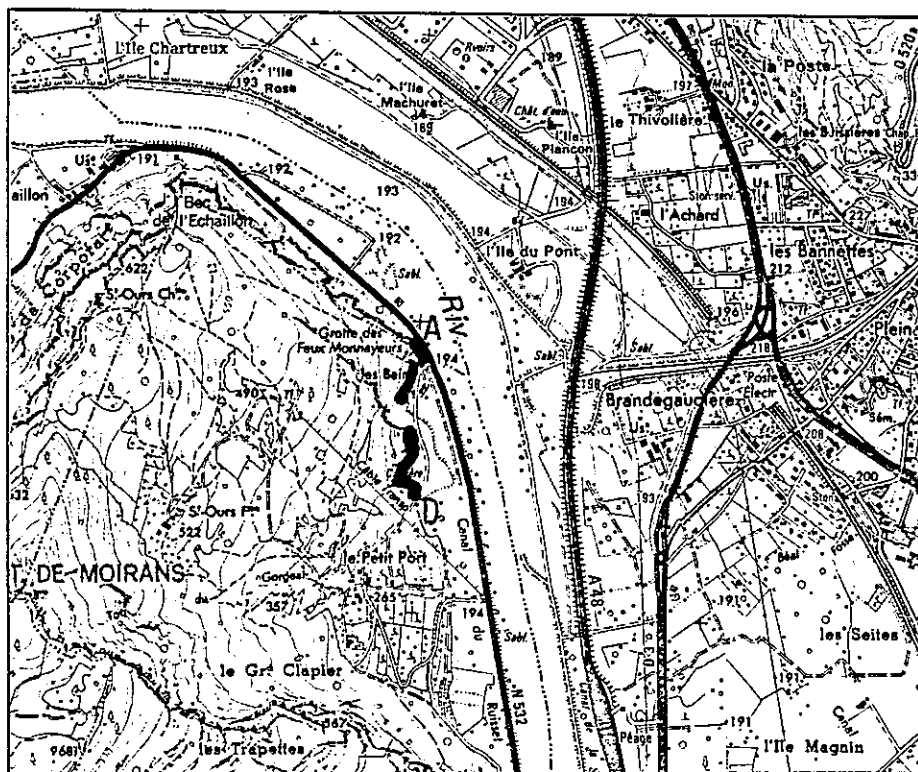


Figure 120 : Localisation géographique précise de la coupe de l'Echaillon, échelle 1/25.000 ème.

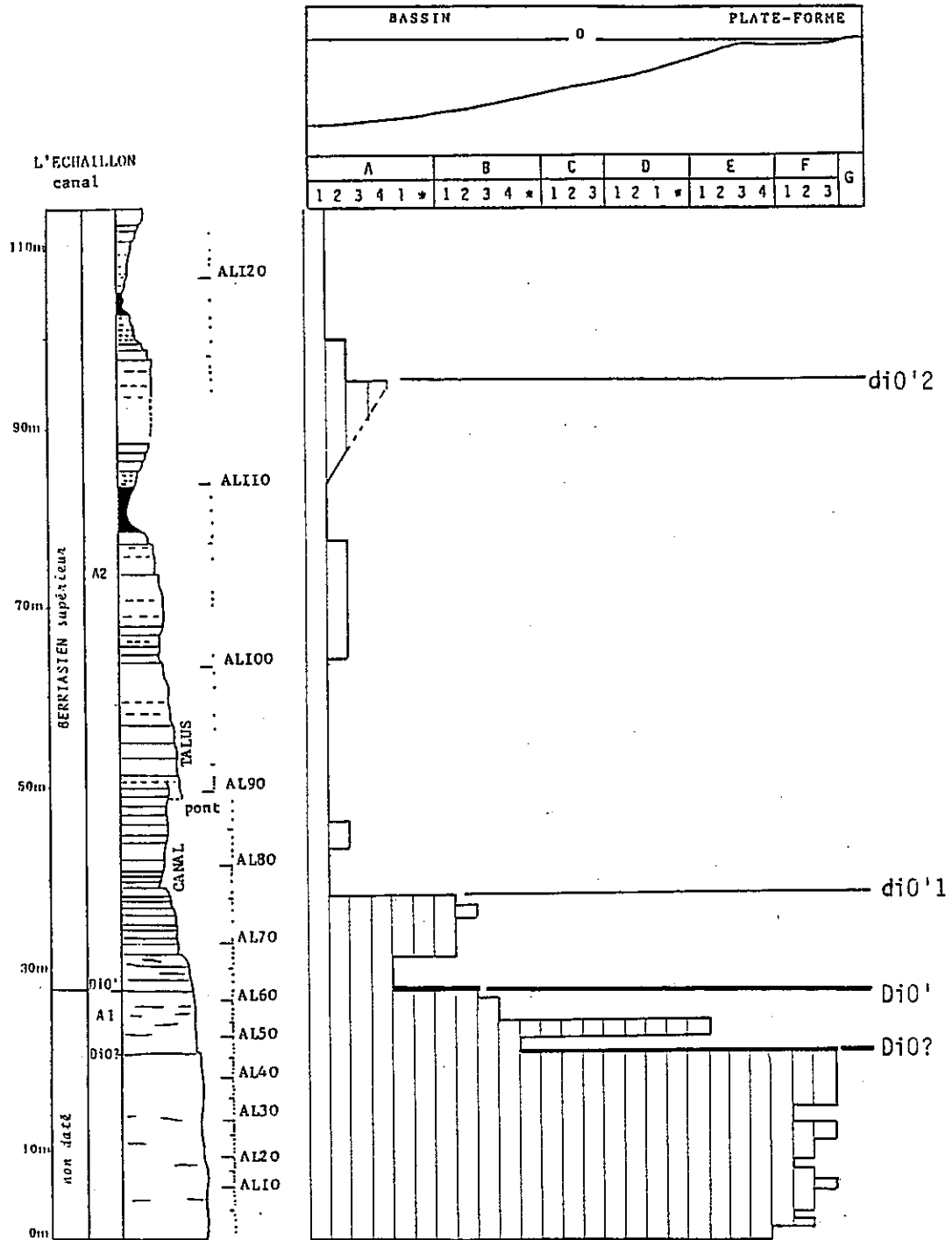


Figure 121: Courbe d'évolution des microfaciès.

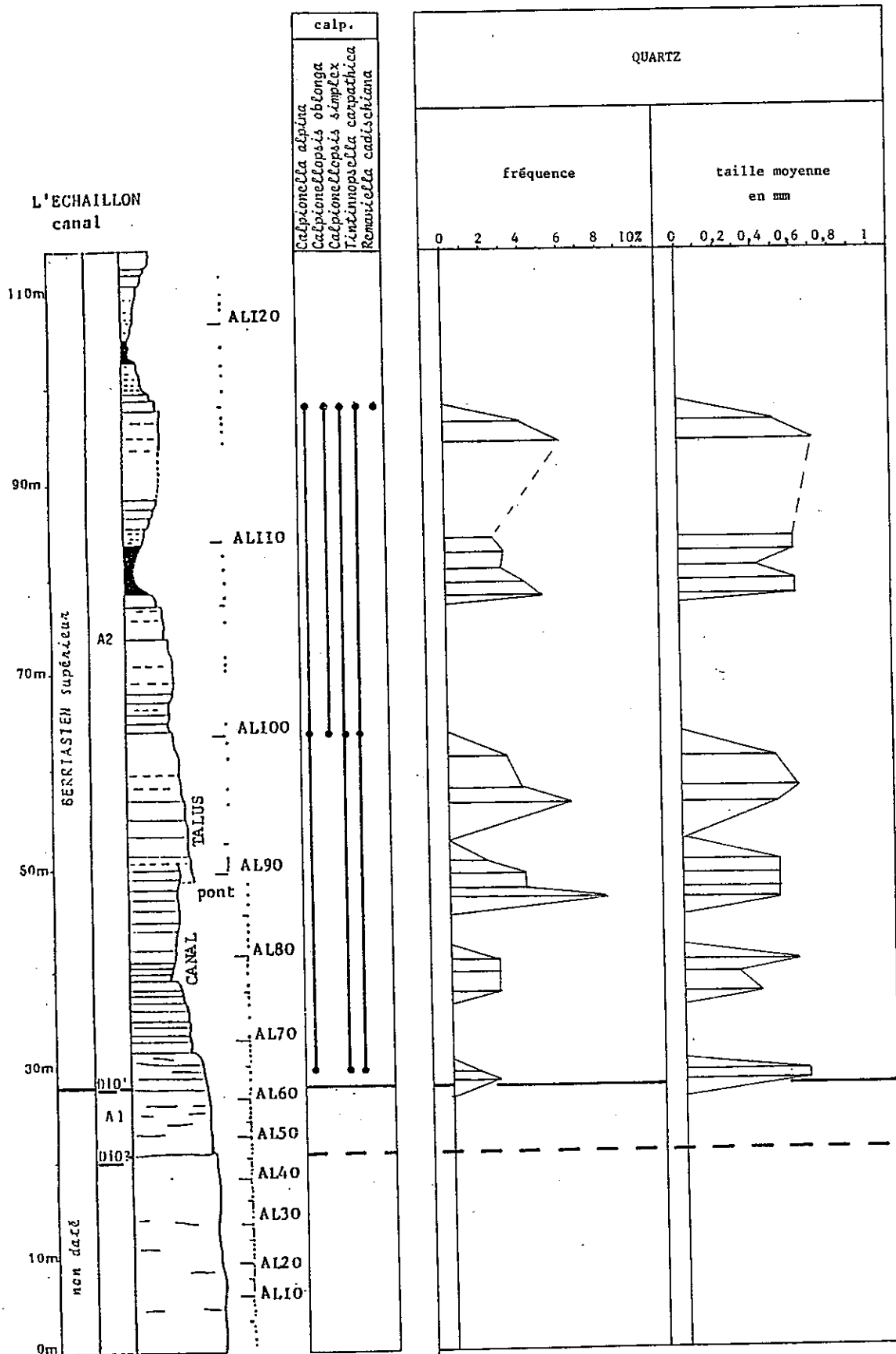


Figure 122: Répartition stratigraphique des calpionelles. Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.

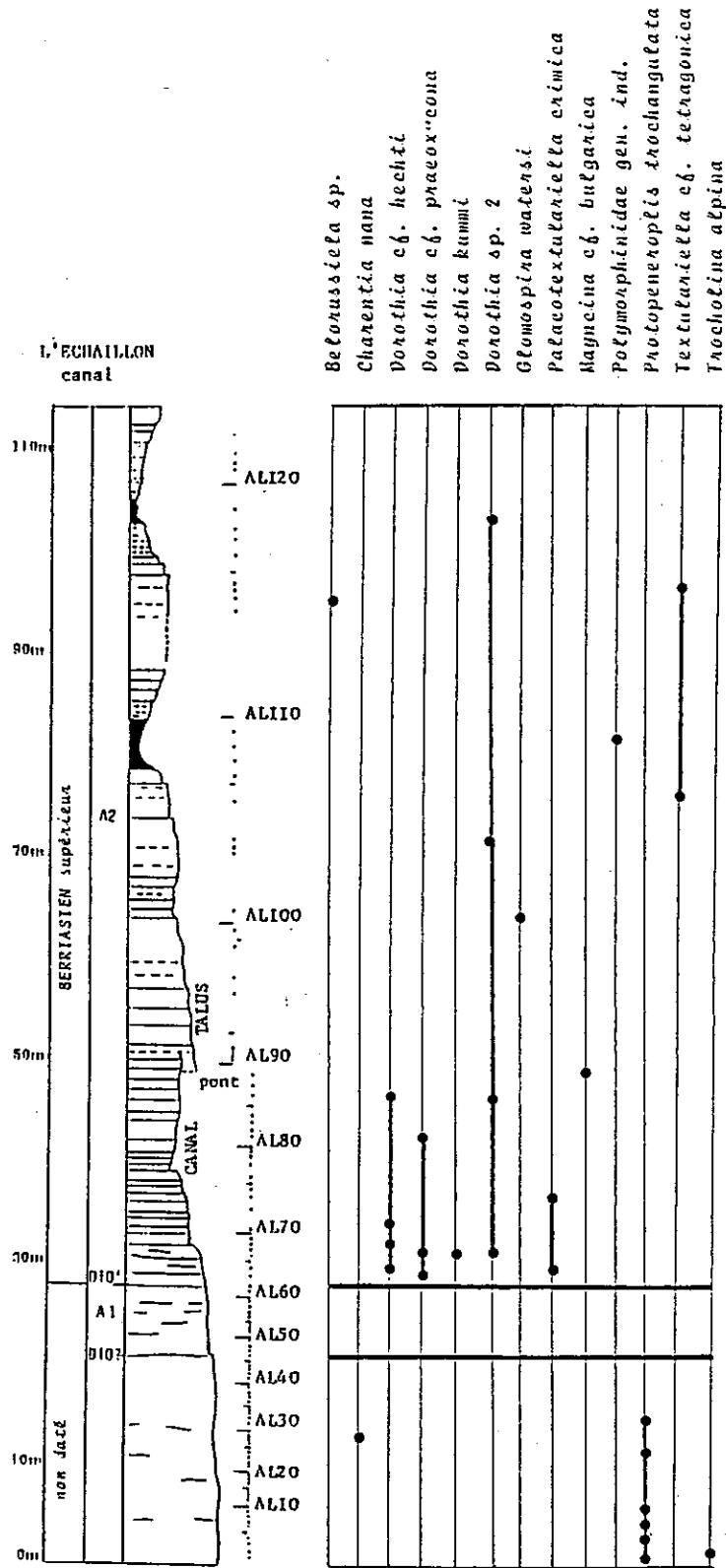


Figure 123: Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

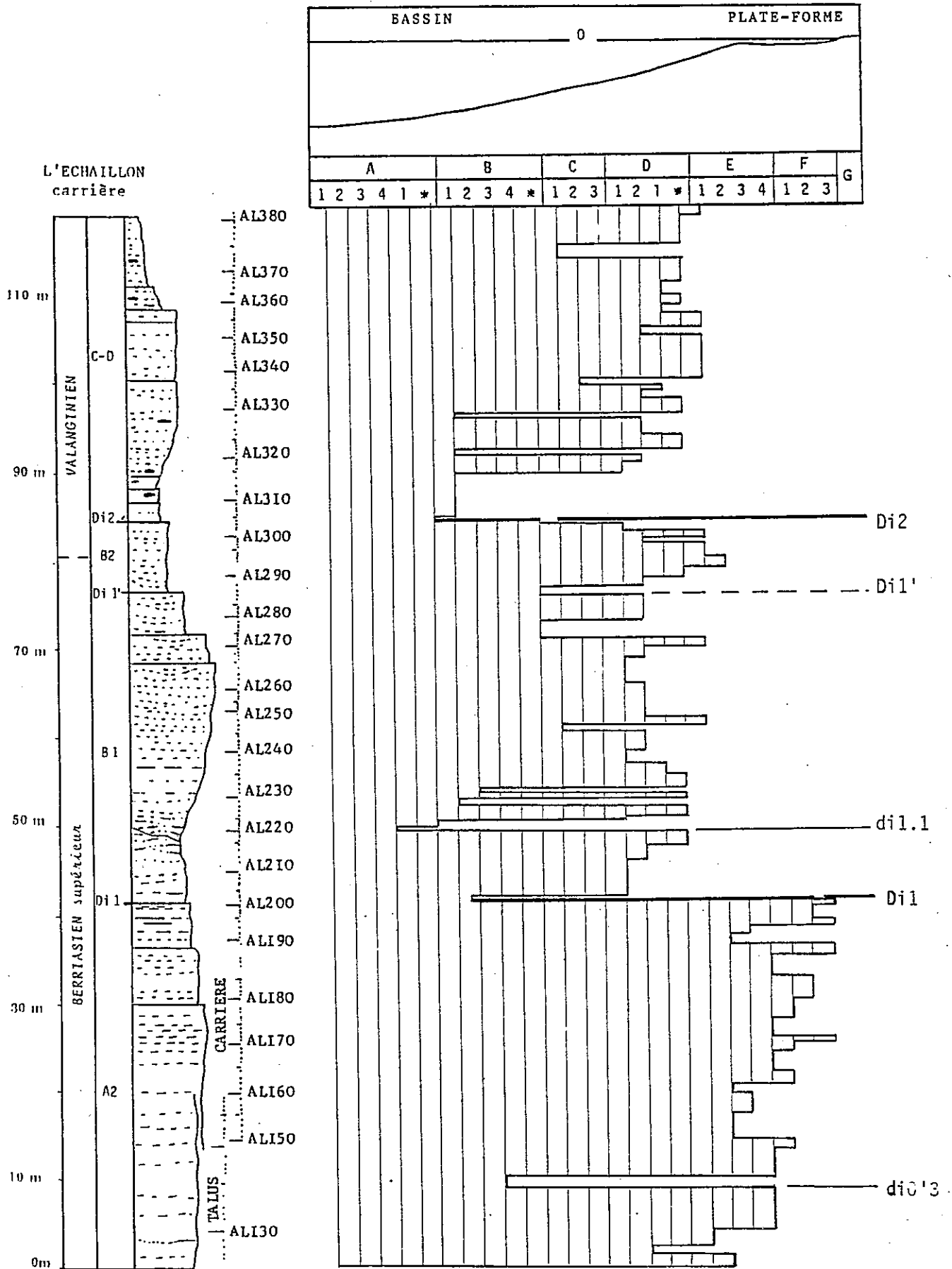


Figure 124 Courbe d'évolution des microfaciès.

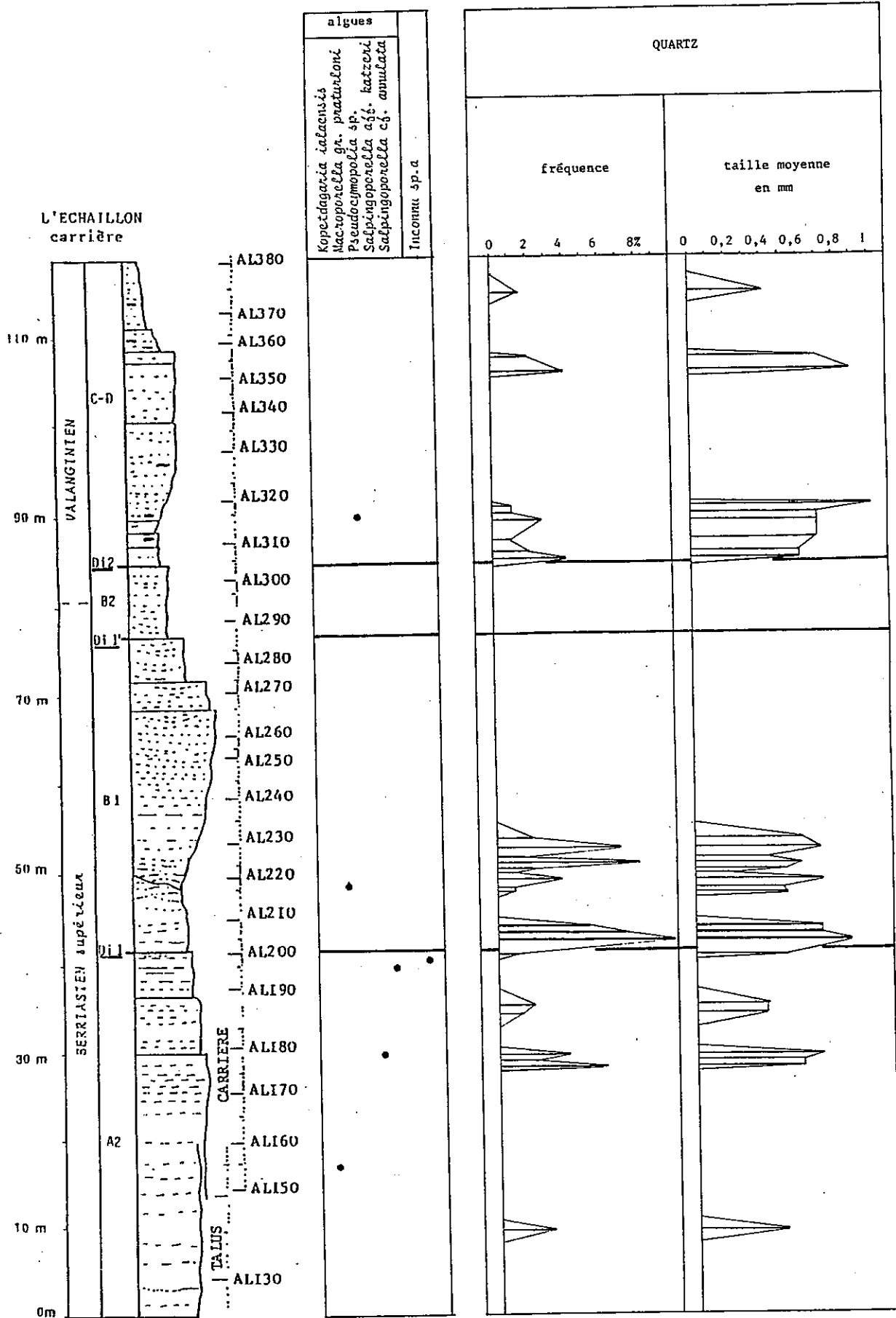


Figure 125: Répartition stratigraphique des algues. Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.

L'ECHAILLON
carrière

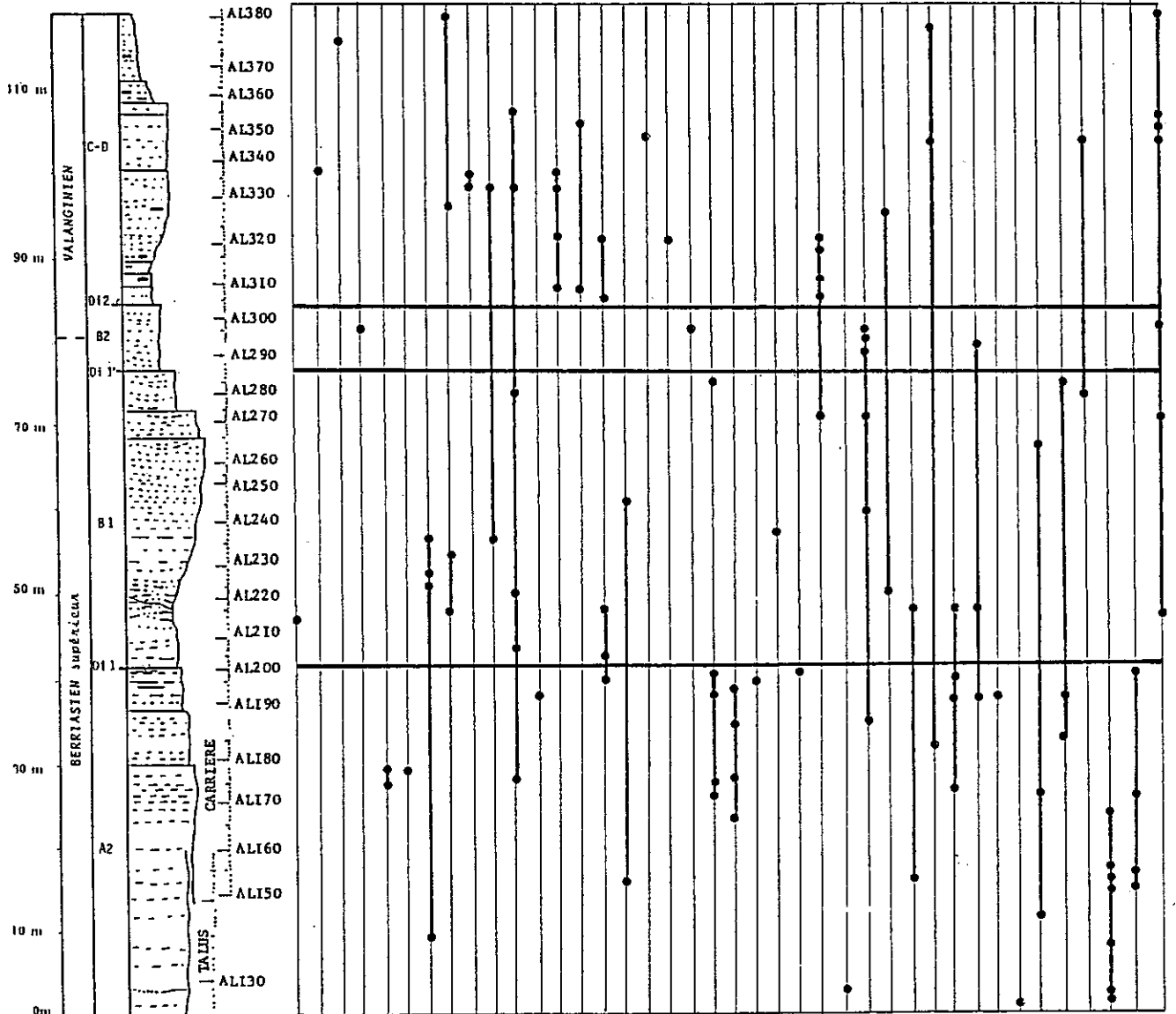


Figure 126 Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

Coupe de la Buisse
figures 127 à 130

Carte topographique de l'I.G.N. au 1/25.000 ème : 3234 EST

Coordonnées LAMBERT II :

- x = 341.350 y = 857.850

Cette coupe se situe au sommet d'une carrière en exploitation.

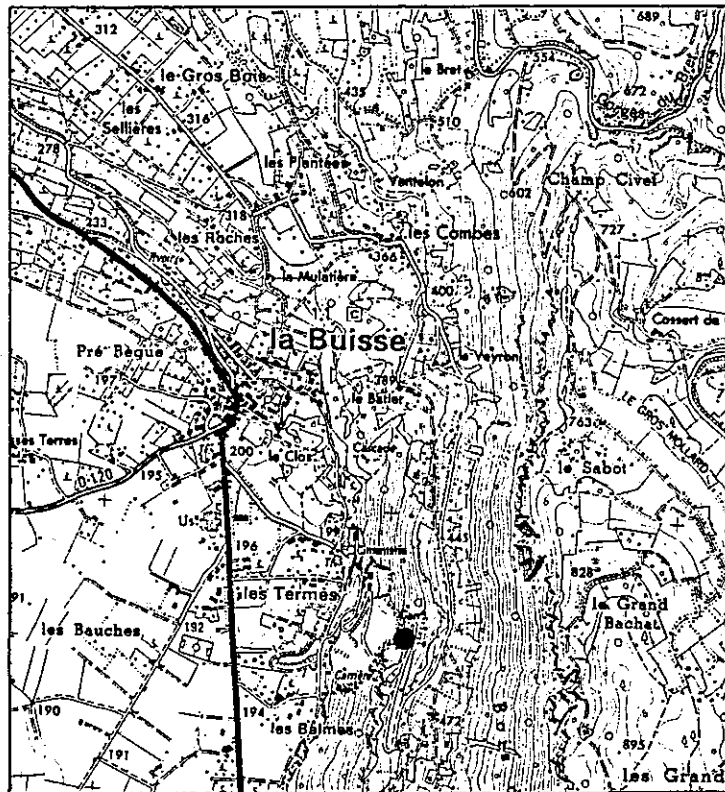


Figure 127 : Localisation géographique précise de la coupe de la Buisse, échelle 1/25.000 ème.

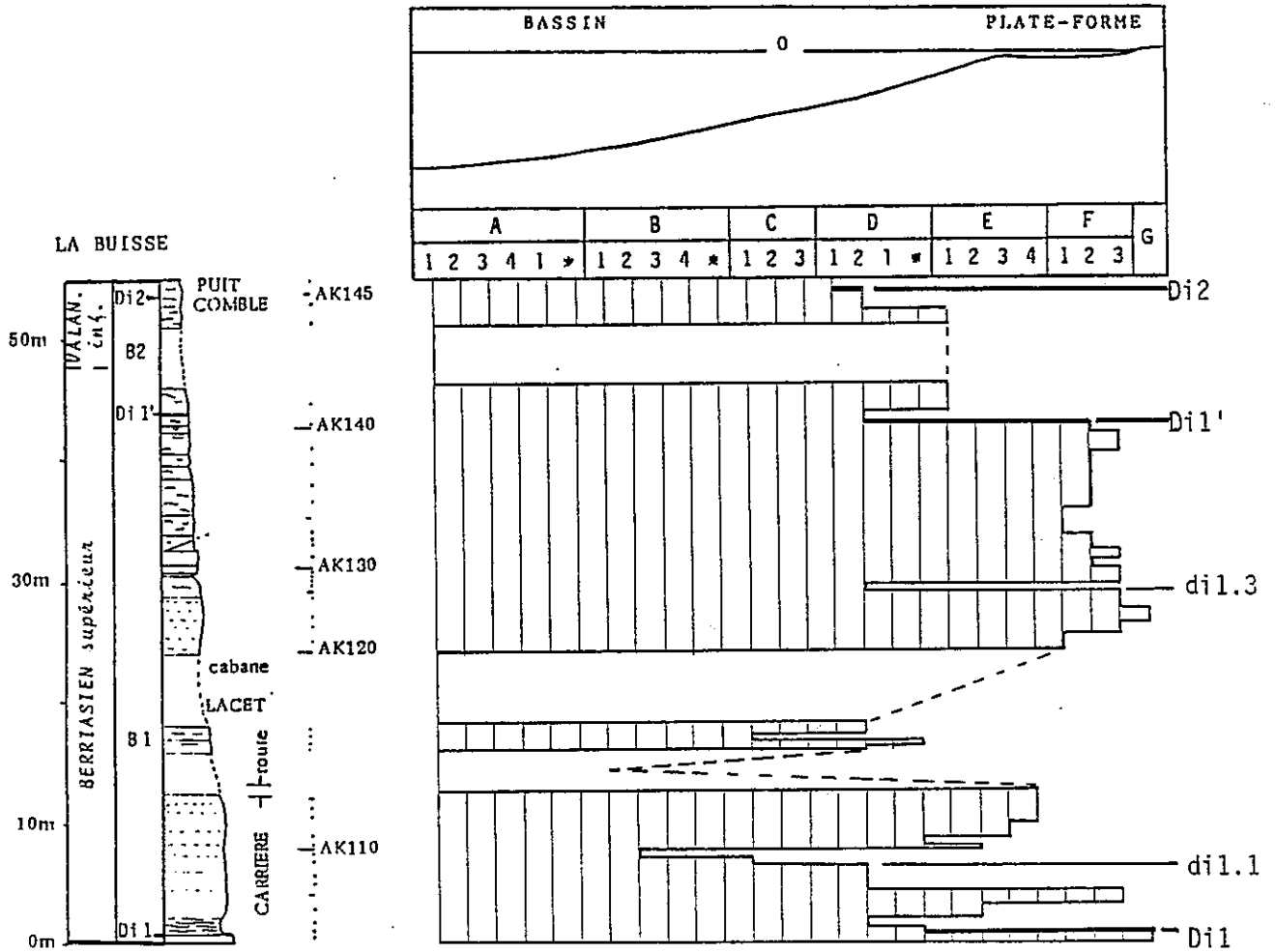


Figure 128: Courbe d'évolution des microfaciès.

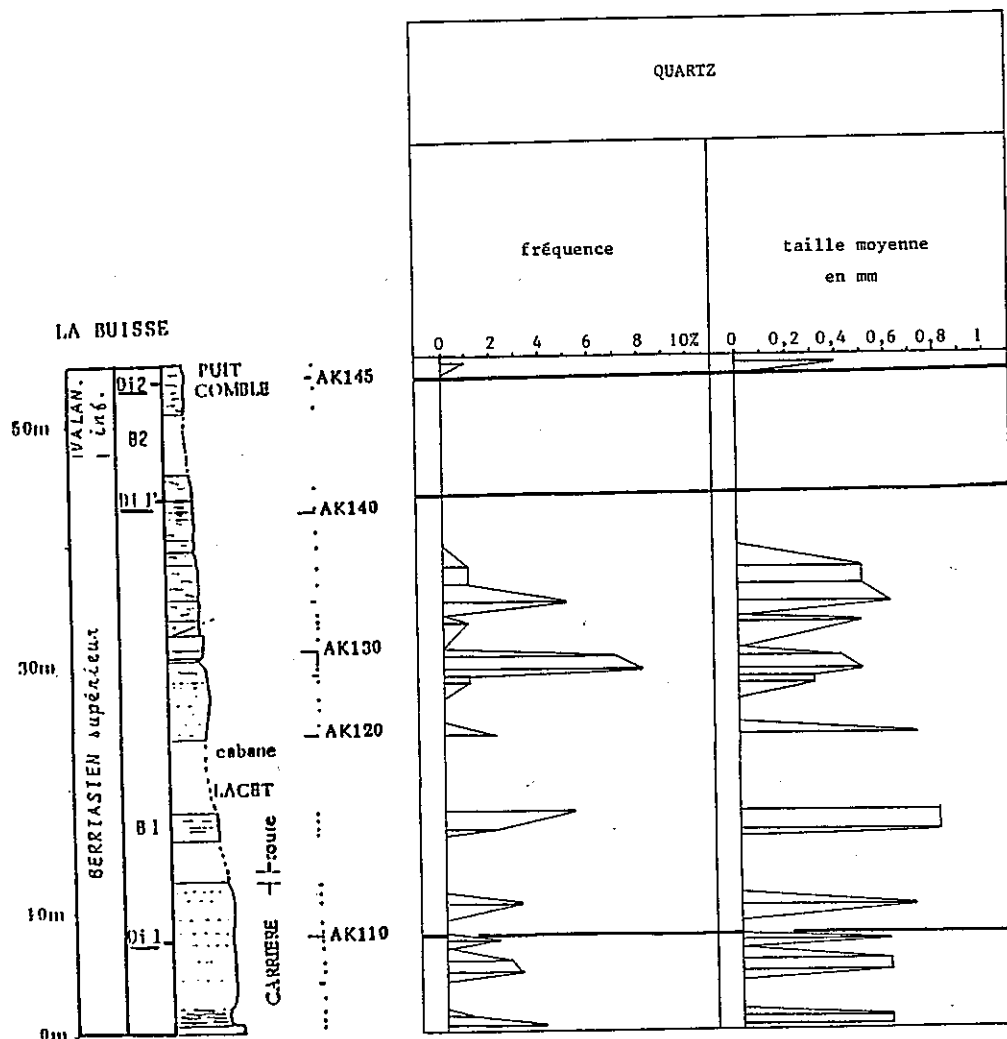


Figure 129: Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.

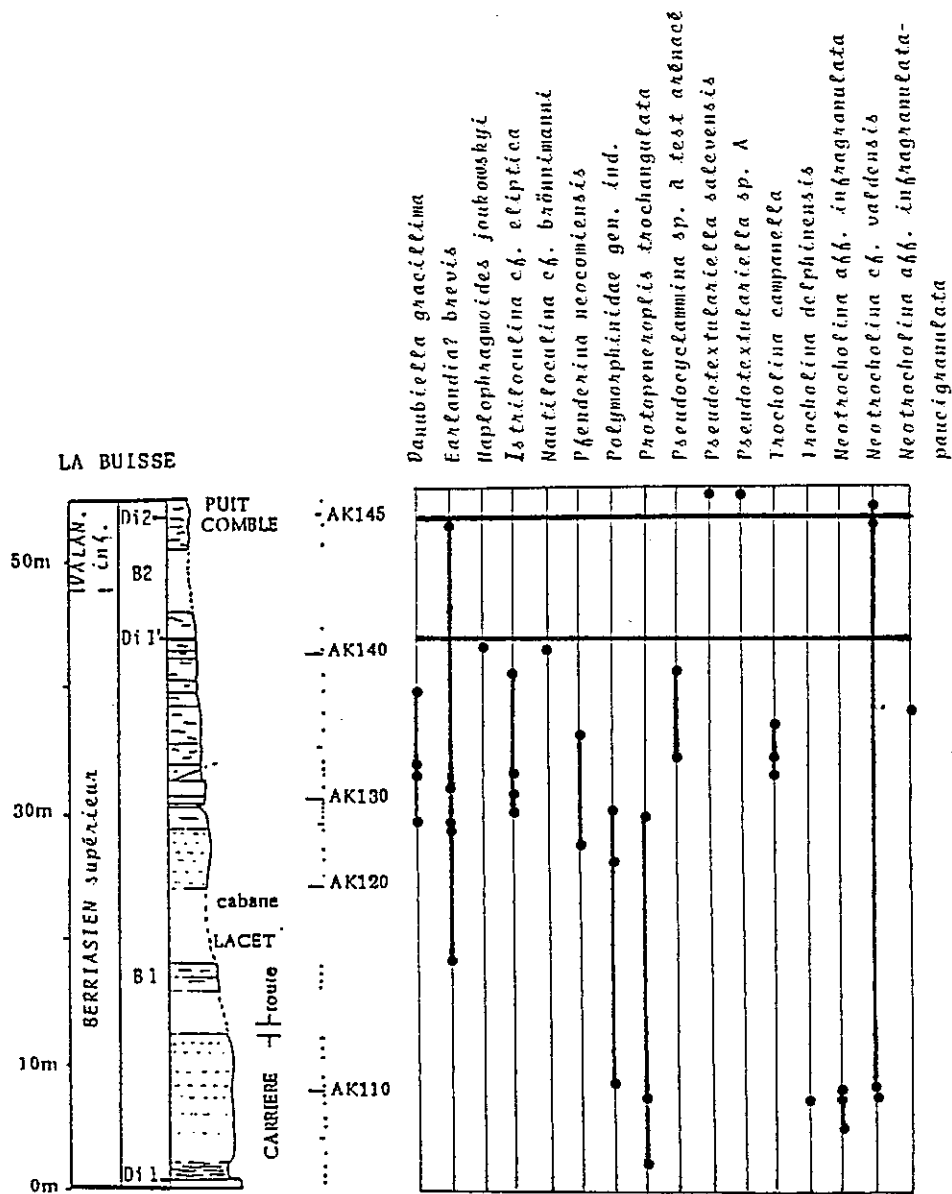


Figure 130: Répartition stratigraphique des foraminifères benthiques.

ANNEXE B

Séries alternantes vocontiennes et subbétiques

A partir des levés de coupes et des positionnements des faunes publiés par P.J. HOEDEMAEKER (1982) pour le domaine subbétique (Barranco-de-Tollo et Barranco-de-Miravetes), et R. BUSNARDO, J.P. THIEULLOY et M. MOULLADE (1979) pour le bassin vocontien (Angles-les-Baoussayes et Barret-le-Bas), sont indiqués pour chaque coupe les variations verticales :

- d'épaisseur des bancs marneux,
- du nombre d'ammonites (domaine subbétique) ou d'espèces d'ammonites collectées (bassin vocontien).

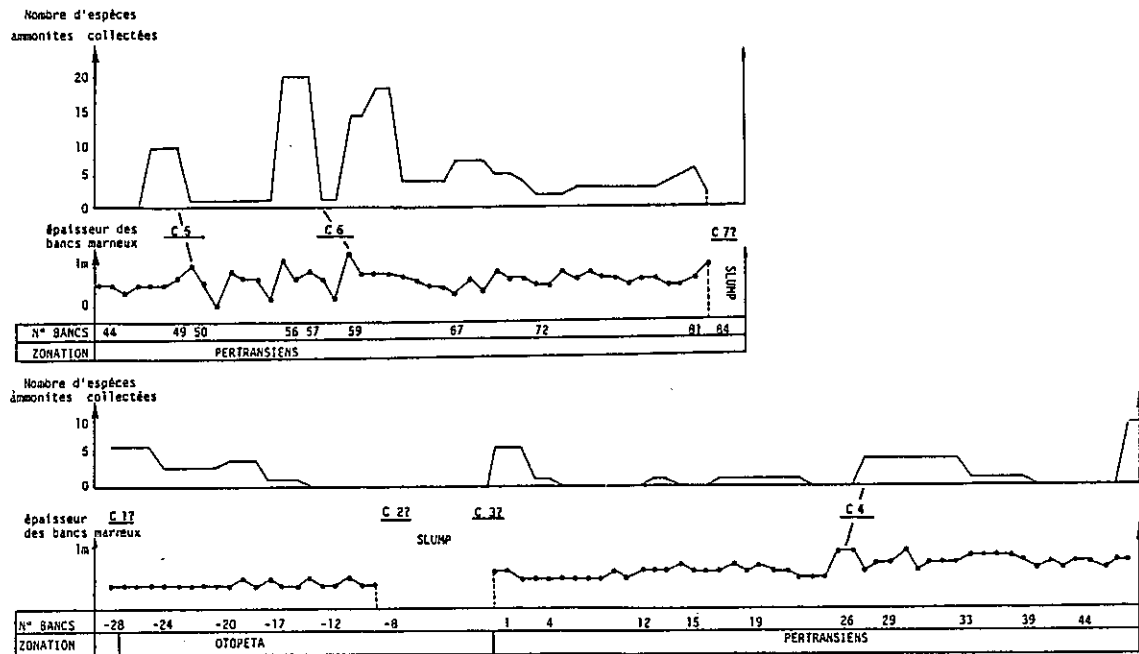


Figure 131 : Coupe de Barret-le-Bas. Répartition des ammonites et épaisseur des bancs marneux.

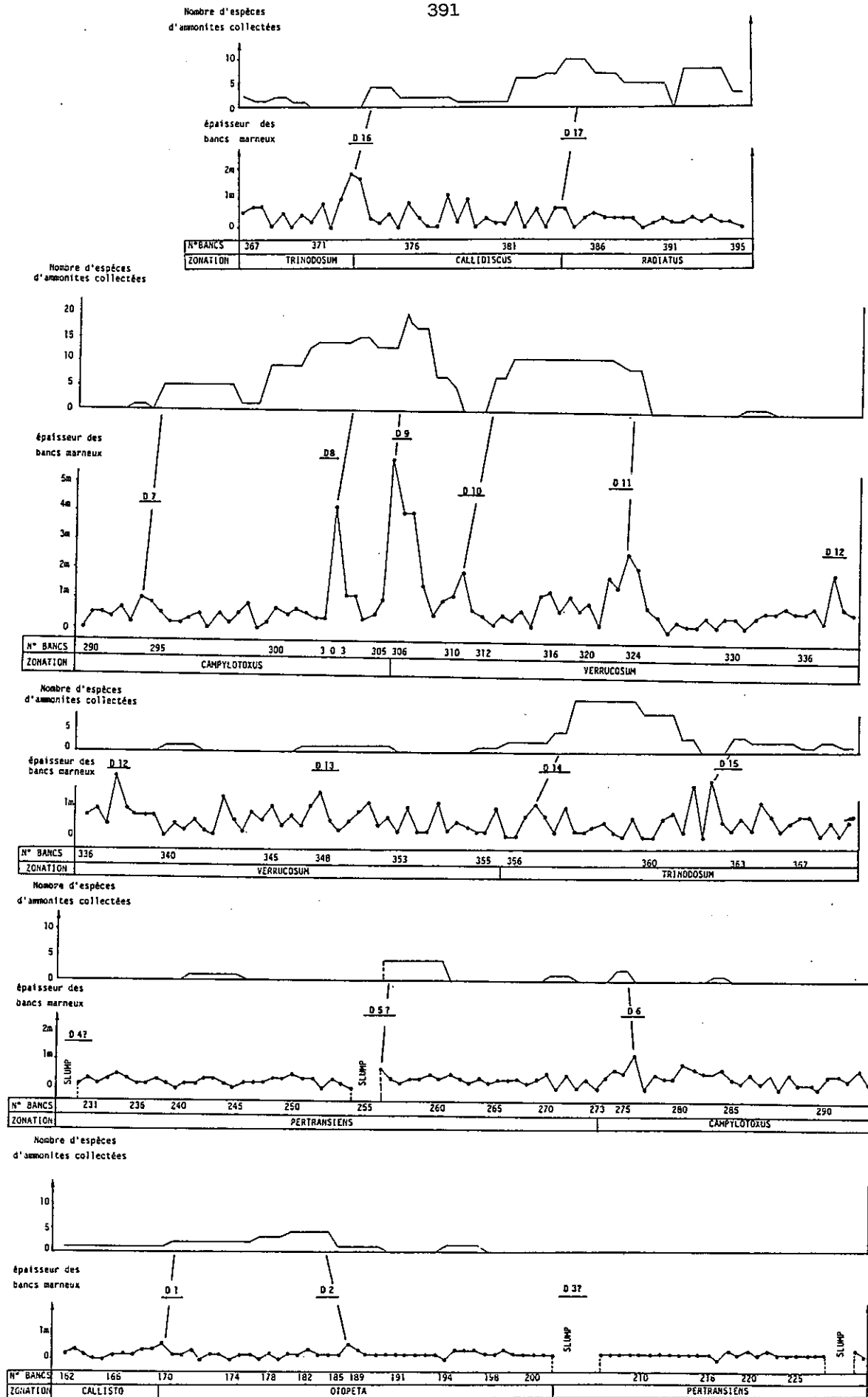


Figure 132 : Coupe d'Angles-les-Baoussayes. Répartition des ammonites et épaisseur des bancs marneux.

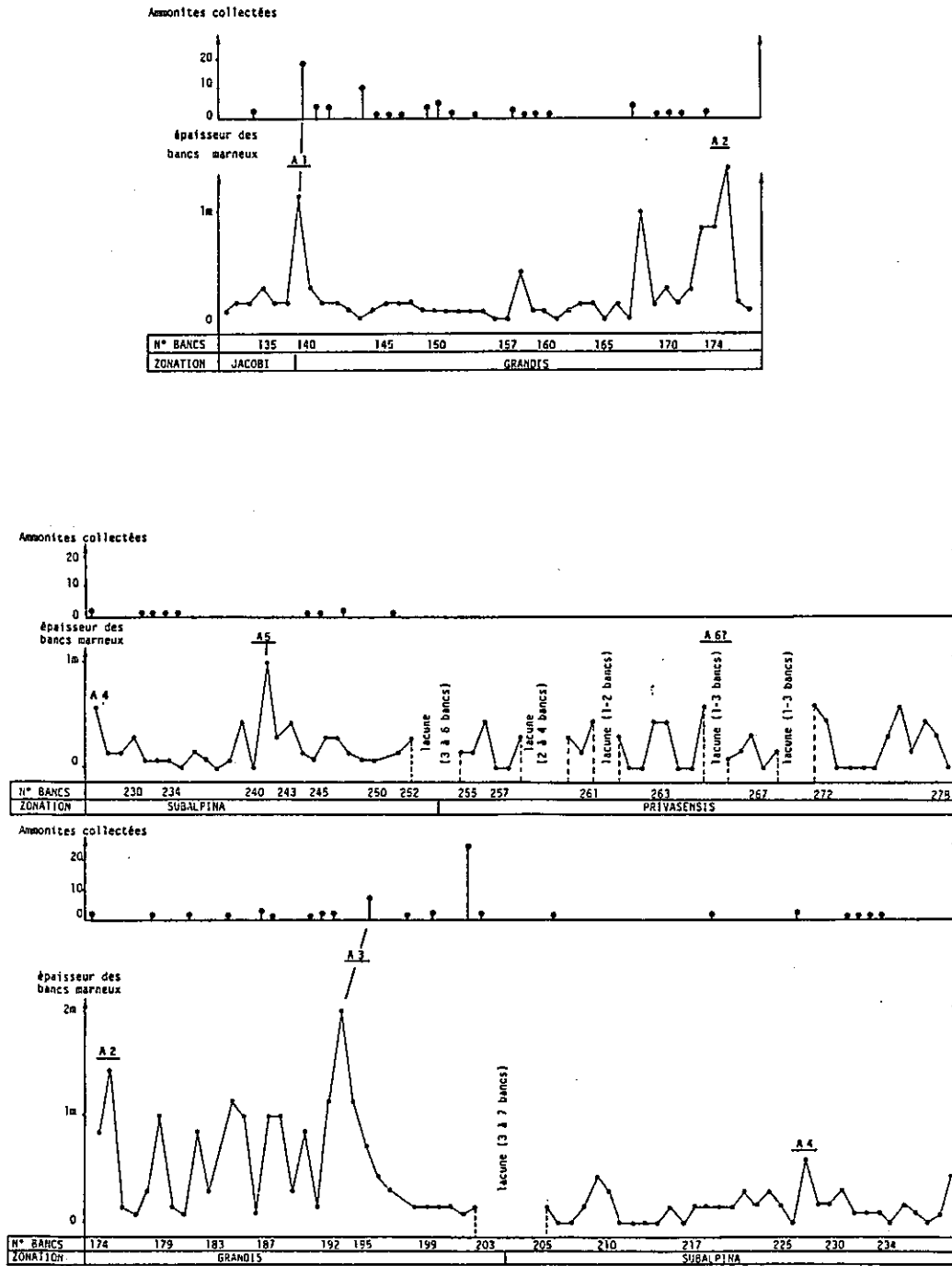


Figure 133 : Coupe du Barranco-de-Tollo. Répartition des ammonites et épaisseur des bancs marneux.

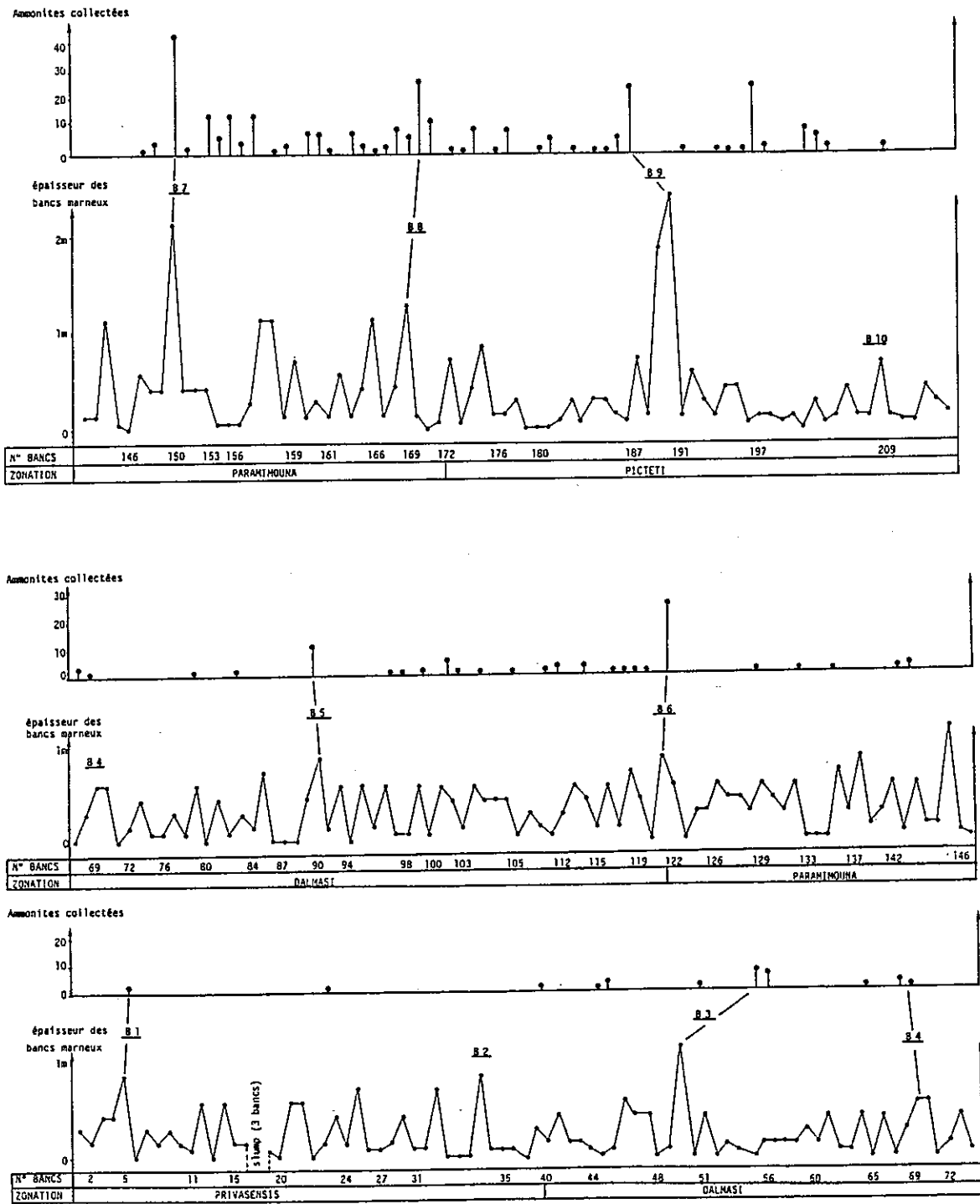


Figure 134 : Coupe du Barranco-de-Miravetes (base). Répartition des ammonites et épaisseur des bancs marneux.

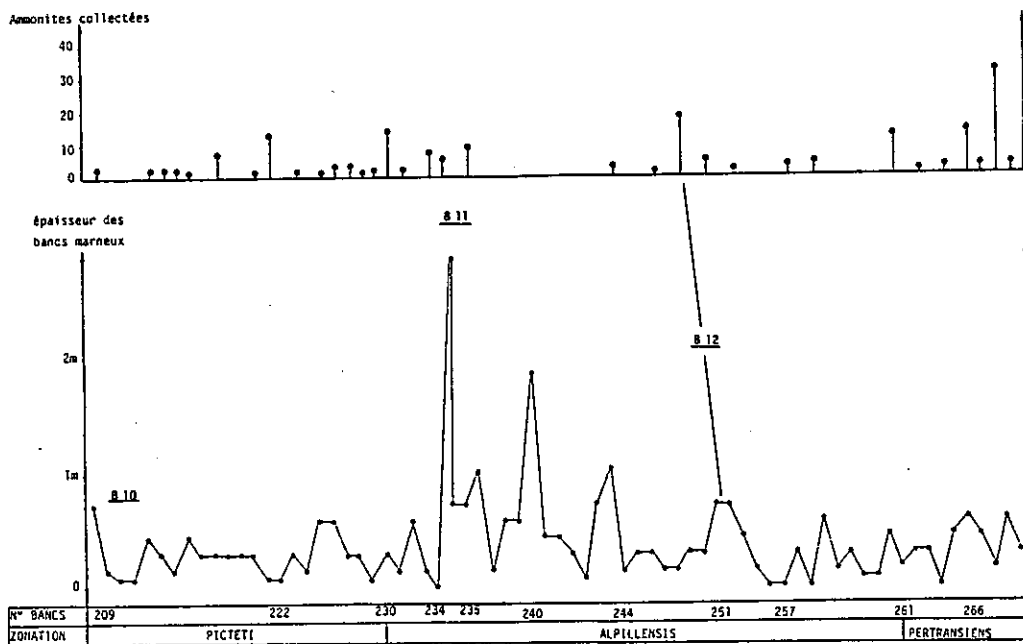
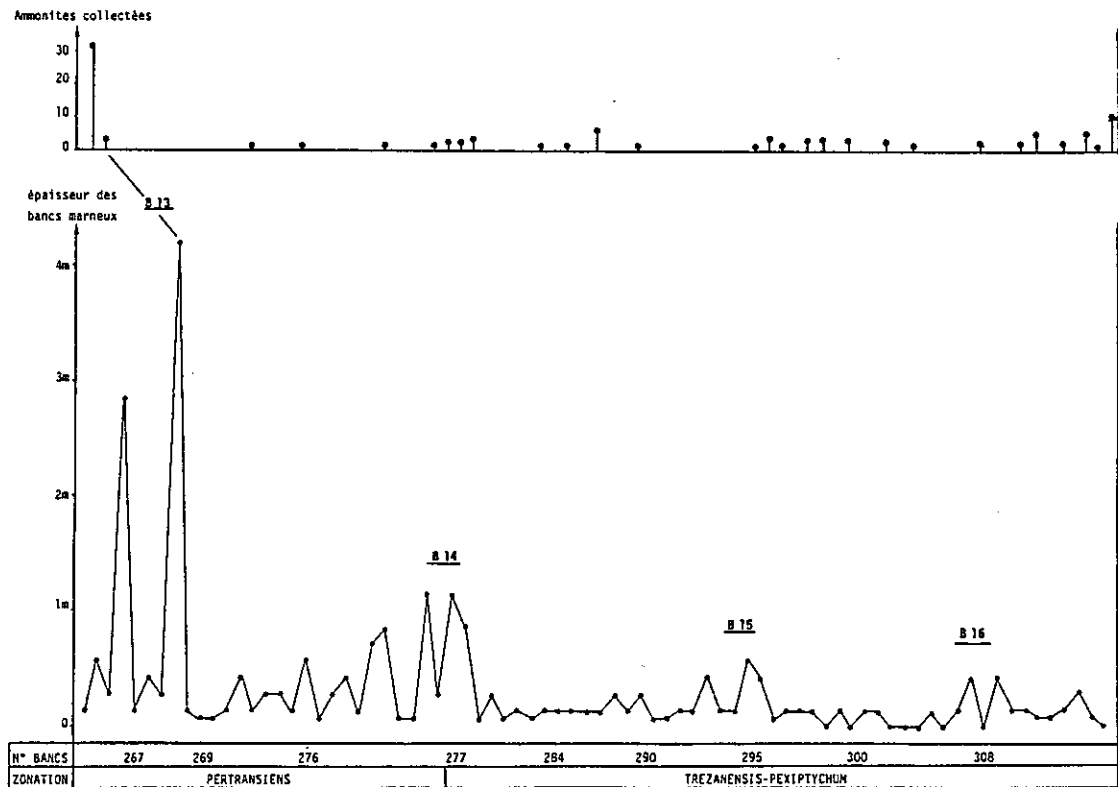


Figure 135 : Coupe du Barranco-de-Miravetes (sommet). Répartition des ammonites et épaisseur des bancs marneux.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEY W.H. (1978) - Coral reef morphogenesis : a multidimensional model. Science, 24 November 1978, vol. 202, N° 470, 3 p.
- ARNAUD-VANNEAU A. (1960) - Micropaléontologie, paléo-écologie et sédimentologie d'une plate-forme carbonatée de la marge passive de la téthys : l'Urgonien du Vercors septentrional et de la Grande Chartreuse. Thèse d'Etat Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 3 vol., 874 p.
- ARNAUD-VANNEAU A. (1986) - Episodes transgressifs et renouvellements des foraminifères benthiques sur les plates-formes du Crétacé inférieur du Sud-Est de la France - Bull. Cent. Rech. Explo-Product. ELF-Aquitaine, vol. 10, p. 406-420.
- ARNAUD-VANNEAU A., ARNAUD H., BOISSEAU T., DARSAC C., THIEULOUY J.P. et VIEBAN F. (1983) - Synchronisme des crises biologiques et paléogéographiques dans le Crétacé inférieur du Sud-Est de la France : un outil pour les corrélations plate-forme - bassin - Géol. Méd., 13p.
- ARNAUD-VANNEAU A., ARNAUD H., MEUNIER A.R. et SEGUIN J.C. (1986) - Caractères des transgressions du Crétacé inférieur sur les marges de l'Océan ligure (S-E de la France et Italie centrale) - Mém. Géol. Univ. Dijon, 16 p.
- ARNAUD-VANNEAU A. et DARSAC C. (1984) - Caractères et évolution des peuplements de foraminifères benthiques dans les principaux biotopes des plates-formes du Crétacé inférieur des Alpes du nord (France). Géobios, Lyon, mém. sp. N°8, p. 19-23.
- ARNAUD H. (1981) - De la plate-forme urgonienne au bassin vocontien, le Barrême-Bédoulien des Alpes occidentales entre Isère et Buëch. Géologie alpine, mémoire N°12, 3 vol., 804 p.
- ARNAUD H., GIDON M. et THIEULOUY J.P. (1981) - Les calcaires du Fontanil des environs de Grenoble : leur place dans la stratigraphie du Néocomien entre le Jura et le domaine vocontien - Eclogae Geologicae Helveticae, Bâle, vol. 74, n°1, p. 109-137.
- BEAUDOIN B., BIE J., COMARD M., GUY B. et LE DOEUFF D. (1974) - Essai d'analyse des rythmes dans les formations marne-calcaires alternantes - Bulletin de la Société Géologique de France, (7), t. XVI, N° 6, p. 634-642.
- BERGER A., IMBRIE J., HAYS J., KUKLA G. et SALTZMAN B. (1984) - MILANKOVITCH and climate - NATO ASI Series, D. REIDEL Publishing Company.
- BESSE J., BOISSEAU T., ARNAUD-VANNEAU A., ARNAUD H., MASCLE G. et THIEULOUY J.P. (1986) - Modifications sédimentaires, renouvellements des faunes et inversions magnétiques dans le Valanginien de l'Hypostratotype d'Angles. Bull. Cent. Rech. Explo-Product. ELF Aquitaine, vol. 10, p. 365-368.
- BOISSEAU T., THIEULOUY J.P., ARNAUD-VANNEAU A. et ARNAUD H. (1982) - Crises biologiques, coupures biostratigraphiques et migrations de faunes : l'exemple du Valanginien dans le Sud-Est de la France - 9ème R.A.S.T., Paris, p.125.
- BOSELLINI A. (1984) - Progradation geometries of carbonate platforms : examples from the Triassic of the Dolomites, northern Italy. Sedimentology, 31, p. 1-24.
- BRUNN J.H. (1983) - Essai sur l'évolution de l'atmosphère, ses rapports avec le volcanisme, la vie, la sédimentation. Bulletin de la Société Géologique de France, (1), t. XXV, p. 117-128.
- BUSNARDO R., THIEULOUY J.P. et MOULLADE M. (1979) - Hypostratotype mésogéen de l'étage Valanginien (Sud-Est de la France) - Edition C.N.R.S. (Paris), les stratotypes français, vol.6, 154 p.
- CHAROLLAIS J. et LOMBARD A. (1966) - Stratigraphie comparée du Jura et des chaînes subalpines, aux environs de Genève. Arch. Sci. Genève, 19/1, p. 49-81.

- CIRILLI S., MARTON P. et VIGLI L. (1984) - Implications of a combined biostratigraphic and paleomagnetic study of the Umbrian Maiolica Formation. Earth and Planetary Science Letters, 69, p. 203-214.
- COOK H.E. et MULLINS (1983) - Basin margin environment. in P.A. SCHOLLE D.G. BEEBOUT et C.H. MOORE, EDS. Carbonates depositional environments, A.A.P.G. mem. 33, p. 540-617.
- COOPER M.R. (1977) - Eustasy during the Cretaceous, its implication and importance. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology, vol. 22, p. 1-60.
- CLAVEL B., CHAROLLAIS J., BUSNARDO R. et LE HEGARAT G. (1986) - Précisions stratigraphiques sur le Crétacé inférieur basal du Jura méridional. Eclogae Geologicae Helveticae, vol. 79, N° 2, p. 319-341.
- COLLOQUE sur la limite Jurassique-Crétacé, Lyon, Neuchâtel, Septembre 1973 - Mémoire du B.R.G.M., N° 86, 1975, 393 p.
- COLLOQUE sur le Crétacé inférieur, Lyon, 1965 - Mémoire du B.R.G.M., N° 34, 1975, 367 p.
- COQUAND H. (1869) - Nouvelles considérations sur les calcaires jurassiques à Diceras du Sud-Est de la France, en réponse à la note de HEBERT du 9 Nov. 1868. Bulletin de la Société géologique de France, (2), 27, p. 73.
- COQUAND H. (1871) - Sur le Klippenkalk des départements du Var et des Alpes maritimes. Bulletin de la Société géologique de France, 2, t. 28.
- COTILLON P., FERRY S., GAILLARD C., JAUTEE E., LATREILLE G. et RIO M. (1980) - Fluctuations des paramètres du milieu marin dans le domaine vocontien (France S-E) au Crétacé inférieur : mise en évidence par l'étude des formations marno-calcaires alternantes - Bulletin de la Société géologique de France, (7), t. XXII, N° 5, p. 735-744.
- DAYS J.H. et PITMAN W.C. (1979) - Lithospheric plate notion, sea level changes and climatic and ecological consequences. Nature, vol. 246, 2 p.
- DARMEUR C., COTILLON P. et RIO M. (1982) - Rythmes climatiques et biologiques en milieu marin pélagique. Leurs relations dans les dépôts crétacés alternants du bassin vocontien. Bulletin de la Société géologique de France, (7), t. XXIV, N° 3, p. 627-640.
- DARSAC C. (1983) La plate-forme berriaso-valanginienne du Jura méridional aux massifs subalpins (Ain, Savoie). Thèse IIIème cycle, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 319 p.
- DERCOURT J. et al. (1985) - Présentation de 9 cartes paléogéographiques s'étendant de l'Atlantique au Pamir pour la période du Lias à l'Actuel. Bulletin de la Société géologique de France, (8), t. I, N° 5.
- DUFF P., Mc L. HALLAM et WALTON E.K. (1967) - Cyclic sedimentation. in Sedimentology 10. Elsevier publishing company. Amsterdam-London-New York, 1967.
- DUNHAM R.J. (1962) - Classification of carbonate rocks according to depositional texture - A.A.P.G. mem. N°1.
- EINSELE G. et SEILACHER A. (1982) - Cyclic and event stratification - Springer Verlag.
- FAURE-MARGUERIT G. (1919) - Monographie paléontologique des assises coralligènes de l'Echaillon. Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Grenoble, t. 12, fasc. 2, p. 9-108.
- FERRY S. (1979) - Alternances marno-calcaires : comparaison du contenu minéralogique et faunique des bancs et interbancs dans le Barrémien vocontien (S-E de la France). 7ème R.A.S.T., Lyon, p. 189.
- FERRY S. et RUBINO J.L. (1987) - Les séquences carbonatées néocomiennes du Sud-Est de la France sont elles le résultat d'oscillations eustatiques ? - C.R.A.S., t. 304, série II, 6p.
- FERRY S. et RUBINO J.L. (1987) - La modulation eustatique du signal orbital dans les sédiments pélagiques. C.R.A.S., t. 306, série II, N° 6, p. 477-482.

- FISCHER A.G. et ARTHUR M.A. (1977) - Secular variations in the pelagic realm. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, spec. pub., N° 25, p. 19-50.
- FOUCAULT A. et RENARD M. (1987) - Contrôle climatique de la sédimentation marno-calcaire dans le Mésozoïque d'Espagne (Sierra de Fontcalent, province d'Alicante) : arguments isotopiques - C.R.A.S., t. 306, série II, N° 6, p. 517-522.
- FOLK R.L. (1959) - Practical petrographic classification of limestones. Bull. A.A.P.G., 43.
- FRAKES L.A. (1979) - Climate throughout geologic time. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam-Oxford-New York.
- GALBRUN B. (1984) - Magnétostratigraphie de la limite Jurassique-Crétacé, proposition d'une échelle de polarité à partir du stratotype du Berriasien (Berrias, Ardèche, France) et de la Sierra de Lugar (Province de Murcie, Espagne). Thèse de 3ème cycle, Université P. et M. CURIE. Paris 6, Mémoire des Sciences de la terre, 38, 95 p.
- GALBRUN B. (1985) - Magnetostratigraphy of the Berriasian stratotype section (Berrias, France) - Earth and Planetary Science Letters, 74, p. 130-136.
- GALBRUN B. et RASPLUS L. (1984) - Magnétostratigraphie du stratotype du Berriasien, premiers résultats. C.R.A.S., Paris, série II, 298, p. 219-222.
- GIGNOUX M. (1925-1960) - Géologie stratigraphique - MASSON et cie, Editeurs (5 éditions).
- GIGNOUX M. et MORET L. (1946) - Nomenclature stratigraphique de Crétacé inférieur du Sud-Est de la France - Trav. Lab. Grenoble, 25, p. 59-87.
- GIGNOUX M. et MORET L. (1944-1952) - Géologie dauphinoise - MASSON et cie Editeur (2 éditions).
- GILBERT G. K. (1894) - Sedimentary measurement of Cretaceous time. J. Geol., 3, p. 121-127.
- GUIDISH T.M., LERCHE I., KENDALL S.C. et O'BRIEN (1984) - Relationship between eustatic sea level changes and basement subsidence. A.A.P.G. Bull., vol. 68, N° 2, fev. 84, p. 164-177.
- HARLAND W.B., COX A.V., LLEWELLYN P.G., PICKTEN C.A.G., SMITH A.G. et WALTERS R. (1987) - Magnetostratigraphic time scale - Cambridge University Press, p. 63-81.
- HEBERT E. (1881) - Sur la position des calcaires de l'Echaillon dans la série secondaire - Bulletin de la Société Géologique de France, (3), t. IX, p. 683-688.
- HOEDEMAKER P.J. (1982) - Ammonite biostratigraphy of the uppermost Tithonian, Berriasian, and lower Valanginian along the rio Argos (Caravaca, S-E Spain) - Scripta Geologica, 65 p.
- HOLLANDE D. (1892) - Contact du Jura méridional et de la zone subalpine aux environs de Chambéry (Savoie) - Bulletin des services de la carte géologique de la France et des topographies souterraines, N° 29, t. 4.
- HAQ B.H., HARDENBOL J. et VAIL P.R. (1987) - Chronology of Fluctuating Sea Levels Since the Triassic - Science, vol. 235, p. 1156-1167.
- HAYS J.D. et PITMAN W.C. (1973) - Lithospheric plate-motion, sea-level changes and climatic ecologic consequences. Nature, vol. 246, p. 18-22.
- ILREATH I.A. et JAMES N.P. (1978) - Facies model ; carbonate slopes. Geoscience Canada, vol. 4, N°3, p. 189-199.
- JAMES N.P. (1979) - Shallowing upward sequences in Carbonates. Geoscience Canada, vol. 4, N° 3, p. 126-136.

- JAMES N.P. et MOUNTJOY E.W. (1983) - Shelf slope break in fossil carbonate platforms : an overview, in D.J. STANLEY et MOORE G.T., the shelf break : critical interface on continental margins, S.E.P.M., spec. pub., 33, p. 139-206.
- KENDALL C.G. et SCHLAGER W. (1981) - Carbonates and relative changes in sea level. Marine Geology, 44, p. 161-215.
- KILIAN W. (1895) - Note stratigraphique sur les environs de Sisteron - Bulletin de la Société Géologique de France, (3), t. XXIII.
- KILIAN W. et LORY P. (1900) - Notices géologiques sur divers points des Alpes françaises. Notice sur les assises jurassiques et crétacées du promontoire de l'Echaillon (livret-guide 8ème congrès géologique international) - Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Grenoble, t. V, p. 557-635.
- LARSON R.L. et PITMAN W.C. (1972) - World-wide correlation of Mesozoic magnetic anomalies and its implications - Geol. Soc. America Bull., vol. 83, p. 3645-3662.
- LARSON R.L. et HILDE T.W.C. (1975) - A revised time scale of magnetic reversal for the early Cretaceous and late Jurassic - Journal of Geophysical Research, vol. 80, p. 2586-2594.
- LEES A. et BULLER A.T. (1972) - Modern temperate water and warm-water shelf carbonate sediments contrasted - Marine Geology, 13, p. 67-73.
- LE HEGARAT G. (1971) - Le Berriasien du Sud-Est de la France - Documents des laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon, N° 43 (2 fasc.).
- LE HEGARAT G. (1980) - Le Berriasien : in Les étages français et leurs stratotypes - Mém. Bur. Rech. Géol. Min., N° 109, p. 96-105.
- LE HEGARAT G. et REMANE J. (1968) - Tithonique supérieur et Berriasien de la bordure cévenole. Corrélation des ammonites et des calpionelles. Géobios, Fac. Sci. Lyon, N° 1, p. 7-70.
- LORY C. (1846) - Etude sur les terrains secondaires des Alpes dans les environs de Grenoble - Thèse Paris - Nantes, Imprimerie Vincent Forest.
- LORY C. (1852) - Essai géologique sur le groupe de Montagnes de la Grande-Chartreuse - Grenoble, Imprimerie Maisonville.
- LORY C. (1860) - Description géologique du Dauphiné - Paris, T. SAMY, 747 p.
- LORY P. (1896) - Note sur les chaînes subalpines du Dauphiné. Bull. Soc. Géol. France, 3ème série, t. XXIV, p. 236-237.
- LOWRIE W. et ALVAREZ W. (1984) - Lower Cretaceous magnetic stratigraphy in Umbrian pelagic limestone sections - Earth and Planetary Science Letters, 71, p. 315-328.
- LOWRIE W. et CHANNEL J.E.T. (1984) - Magnetostratigraphy of the Jurassic-Cretaceous boundary in the maiolica limestone (Umbria, Italy) - Geology, v. 12, p. 44-47.
- MASSE J.P. (1976) - Les calcaires urgoniens de Provence, Valanginien-Aptien inférieur, Stratigraphie, Paléontologie. Les paléoenvironnements et leur évolution - Thèse de doctorat d'état. Université d'Aix-Marseille II : U.E.R. Sciences de la mer et environnement.
- MATSUMOTO T. (1980) - Interregional correlation of transgressions and regressions in the Cretaceous period. Cretaceous research, vol. 1, N°4, p. 359-373.
- MAZENOT G. (1939) - Les Palaeohoplitidae tithoniques et berriasiens du Sud-Est de la France - Mémoire de la Société Géologique de France, N° 18, mém. 41.
- MILANKOVITCH M. (1941) - Académie royale de Serbie, édition spéciale, vol. 33, 133 p..

- MOUÏY M. (1966) - Le Neocomien du Jura méridional - Thèse, Genève.
- MUGNIER J.L., ARPIN R. et THOUVENOT F. (1967) - Coupes équilibrées à travers le Nord de la Chartreuse - Geodynamica Acta, N° 2.
- NASH J.M.W. (1926) - De geologie des Grande-Chartreuseketens - Delft. J. Waltman Jr., P. 240.
- NOEL D. (1968) - Nature et genèse des alternances de marnes et de calcaires du Barrémien supérieur d'Angles (fosse vocontienne, Basses-Alpes). C.R.A.S., série D, N° 266, p. 1223-1225.
- PALMER R. (1983) - Geological Time scale. The Decade of North American Geology - Geological Society of America sp. pub..
- PERES J.M. (1961) - Océanographie biologique et biologie marine. Presse universitaires de France, Paris, 541 p.
- FITMAN W.C. (1979) - The effect of eustatic sea level changes on stratigraphic sequences of Atlantic margins - A.A.P.G. mem., N° 29, p. 453-460.
- PURSER B.H. (1975) - Sédimentation et diagenèse précoce des séries carbonatées du Jurassique moyen de Bourgogne - Thèse de doctorat d'Etat, Université d'Orsay.
- PURSER B.H. (1983) - Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs, I.F.P., Editions Technip, 2 vol.
- READ J.F. (1981) - Carbonate platforms of passive (extensional) continental margins : types characteristics and evolution. Tectonophysics, 81, p. 192-212.
- ROMAN F. (1950) - Géologie régionale de la France. Le Bas Vivarais - Act. sci. indust., Hermann, édit. Paris. t. VI, N° 1090.
- REMANE J. (1966) - Nouvelles données sur l'âge des Couches du Balcon du Bec de l'Echaillon. (Extrémité Nord du Vercors, cluse de l'Isère) - Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Grenoble, t. 42, p. 263-267.
- RUSSEL L.K. (1968) - Oceanic ridge and eustatic changes of sea level. Nature. Vol. 216, p. 861-862.
- SANTOS-MARVAREZ J.M. (1980) - Contribution à l'étude géologique des chaînons externes nord-occidentaux du massif de la Chartreuse (Savoie). Thèse de doctorat de troisième cycle, Univ. P. et M. CURIE (Paris VI). 170 p.
- SCHLAGER W. (1981) - The paradox of drowned reef and carbonate platforms. Geological Society of America Bull. Part 1, vol. 92, p. 197-211.
- SCHLAGER W. et R.N. GINSBURG (1981) - Bahamas carbonate platforms, the deep and the post marine geology. Geology, 44, p.1-14.
- SMITH D.L. (1977) - Transition from deep to shallow water carbonates, Paine member lodge Pole formation, central Montana. S.E.P.M. special publication, N° 25, p. 187-201.
- STEINHAUSER N. (1969) - Recherches stratigraphiques dans le Crétacé inférieur de la Savoie occidentale (France) - Thèse, Genève, 287 p.
- STEINHAUSER N. et CHAROLLAIS J. (1971) - Observations nouvelles et réflexions sur la stratigraphie du "Valanginien" de la région neuchâteloise et ses rapports avec le Jura méridional. Geobios, vol. 4, fasc. 1.
- THIEULOY J.P. (1973) - Le genre Saynoceras (Ammonoidea) et la zonéographie valanginienne dans l'arc subalpin de Castellane (Alpes de Haute Provence) - C.R.A.S. série D, t. 276, p. 925-927.
- TOUCAS A. (1888) - Note sur le Jurassique inférieur et le Crétacé inférieur de la vallée du Rhône - Bulletin de la Société Géologique de France, (3), t. 16, p. 903-927.
- TOUCAS A. (1889) - Nouvelles observations sur le Jurassique supérieur de l'Ardèche - Bulletin de la Société Géologique de France, (3), t. 17, p. 729-742.

- VAIL P.R., MITCHUM M.R. et THOMPSON S. (1977) - Seismic stratigraphy and global changes of sea level. A.A.P.G., mem. 26.
- VAN ANDEL (1975) - Mesozoic-Cenozoic Calcite Compensation Depth and the global distribution of calcareous sediments. Earth and Planetary Sciences Letters, vol. 26, p. 194-197.
- VAN DER PLAATSEN L. (1984) - Les alternances marno-calcaires hémipélagiques et pélagiques - Mémoire de D.E.A., Université de Grenoble, Institut Dolomieu.
- VILLOT A. (1882) - Limites stratigraphiques des terrains jurassiques et des terrains crétacés aux environs de Grenoble - Bull. Soc. Nat. S.E., t. I, Grenoble.
- VOGT P.R., ANDERSON C.N. et BRACEY D.R. (1971) - Mesozoic magnetic anomalies, sea floor spreading and geomagnetic reversal in the southwestern North Atlantic - Journal of Geophysical Research, vol. 76 p. 4796-4823.
- VOGT P.R. et EINWICH A.N. (1979) - Magnetic anomalies and sea floor spreading in the Western North Atlantic, and a revised calibration of the Keathley (M) geomagnetic reversal geochronology, in TUCHOLKE B.E., VOGT P.R. et al. - Init. Repts D.S.D.P., vol. 43, Washington (U.S. Govt. Printing office), p. 857-876.
- WATTS A.B. et RYAN W.B.F. (1976) - Flexure of the lithosphere and continental margins - Tectonophysics, 36, p. 25-44.
- WALTER J. (1893-1894) - Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. 3 Lithogenesis der Gegenwart. Fischer, Iena, p.535-1055.
- WATTS A.B. (1982) - Tectonic subsidence, flexures and global changes of sea level. Nature, vol. 297.
- ZIJDERVELD J.D.A. (1967) - A.C. demagnetization of rocks : Analysis of results in Methods in Paleomagnetism, eds COLLINSON D.W., CREER K.M. et RUNCORN S.K., Elsevier, Amsterdam, p. 254-286.

CARTES GEOLOGIQUES

1/50.000 ème

- Feuille Grenoble : 2ème édition 1978 - GIDON M.
- Feuille Voiron : 1ère édition 1970 - GIDON M.
- Feuille Montmélian : 1ère édition 1969 - BARFETY J.C. et GIDON M.
- Feuille Domène : 1ère édition 1969 - DEBELMAS J.
- Feuille Vif : 1ère édition 1965 - DEBELMAS J.

1/80.000 ème

- Feuille Grenoble : 4ème édition 1961 - DEBELMAS J.

LISTE DES TABLEAUX

PREMIERE PARTIE

INTRODUCTION-HISTORIQUE

- Tableau 1 : Succession des assises du Jurassique et de la base du Crétacé à l'Echaillon, d'après C. LORY (1846).....p.31
- Tableau 2 : Position de la limite Jurassique-Crétacé à l'Echaillon selon les différents auteurs.....p.35
- Tableau 3 : Zones d'ammonites et de calpionelles du Berriasien et du Valanginien, d'après J.P. THIEULOY, G. LE HEGARAT et J. REMANE.....p.36
- Tableau 4 : Corrélation des différentes formations et séquences de M. MOUTY (1966), N. STEINHAUSER (1969) et C. DARSAC (1983), équivalence avec les discontinuités et séquences subalpines.....p.38

SEDIMENTOLOGIE

- Tableau 5 : Principales caractéristiques des différentes familles de faciès du domaine pré littoral dans le contexte des plates-formes non submergées.....p.45
- Tableau 6 : Principales caractéristiques des faciès autochtones de la famille A : Biomicrites à spicules et calpionelles.....p.49
- Tableau 7 : Principales caractéristiques des faciès autochtones de la famille B : Biopelmicrites et biopelsparites à débris d'échinodermes.....p.53
- Tableau 8 : Principaux caractères des familles de faciès de la plate-forme et du domaine margino-littoral.....p.58
- Tableau 9 : Caractéristiques principales des biopelmicrites et biopelsparites à petits foraminifères circalittoraux (famille de faciès D) et des biosparites à gros éléments classés, rudistes et cnidaires (famille de faciès E).....p.62
- Tableau 10 : Equivalence entre les faciès autochtones définis dans cette étude et ceux décrits par C. DARSAC (1983).....p.67
- Tableau 11 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des différents faciès de plate-forme non submergée.....p.79
- Tableau 12 : Répartition des différents types de séquences dans les séries de plate-forme non submergée.....p.85
- Tableau 13 : Evolution des principaux paramètres contrôlant les milieux de dépôt à l'échelle des cycles de premier ordre.....p.92
- Tableau 14 : Séquences de deuxième ordre et discontinuités majeures du Berriasien et du Valanginien.....p.96

- Tableau 15 : Fréquence des grains de quartz dans les différents faciès de l'unité A2, données fournies par les coupes du Guiers mort, Curière, l'Echaillon et la Pointière.p.114
- Tableau 16 : Fréquence du quartz dans les différents faciès de l'unité A2, les faciès allochtones (A², B² et D²) ne sont pas pris en compte.....p.114
- Tableau 17 : Phases de submersion, détritisme et renouvellement de la microfaune.....p.122
- Tableau 17b : Les différentes échelles de l'eustatisme observées sur la plate-forme.....p.124

MICROPALEONTOLOGIE

- Tableau 18 : Discontinuités et séquences du Berriasien-Valanginien.....p.127
- Tableau 19 : Répartition stratigraphique et fréquence des différentes espèces de Gaudryina-Dorothia.....p.145
- Tableau 20 : Caractéristiques principales des différentes espèces de Neotrocholines identifiées.....p.169
- Tableau 21 : Répartition stratigraphique des différentes espèces observées du genre Neotrocholina.....p.171
- Tableau 22 : Répartitions stratigraphiques et paléocéologiques des foraminifères benthiques à test simple agglutiné.....p.173
- Tableau 23 : Répartitions stratigraphiques et paléocéologiques des foraminifères benthiques à test mixte microgranulaire et hyalin, à test complexe agglutiné, à test calcaire perforé.....p.174
- Tableau 24 : Répartitions stratigraphiques et paléocéologiques des foraminifères benthiques à test calcaire perforé.....p.175
- Tableau 25 : Répartition des foraminifères benthiques dans les différents milieux de dépôt, en fonction de la nature du test.....p.177
- Tableau 26 : Principales caractéristiques de la microfaune pré littorale.....p.178
- Tableau 27 : Répartition des algues vertes et de Lithocodium-Bacinella sur un profil théorique.....p.205
- Tableau 28 : Répartition stratigraphique des principaux genres d'algues chlorophycées.p.205

STRATIGRAPHIE-PALEOGEOGRAPHIE

- Tableau 29 : Répartition des calpionelles dans la série.....p.212
- Tableau 30 : Intervalles d'incertitude sur la position des discontinuités majeures....p.215
- Tableau 31 : Equivalence entre les séquences, formations et discontinuités mises en évidence dans le Jura et les Bauges (C. DARSAC 1983), au Fontanil (H. ARNAUD et al. 1981) et dans les séries étudiées de Chaertreuse méridionale et de l'Echaillon.....p.218

<u>Tableau 32</u>	: Répartition des foraminifères benthiques à valeur stratigraphique.....	p.219
<u>Tableau 33</u>	: Equivalence entre les discontinuités signalées par C. DARSAC (1983) dans les coupes de l'Ain et de la Savoie, et celles mises en évidence en Chartreuse méridionale et à l'Echaillon.....	p.225
<u>Tableau 34</u>	: Répartition comparée des foraminifères les plus caractéristiques sur les coupes de l'Ain, de la Savoie et de Chartreuse méridionale.....	p.228
<u>Tableau 35</u>	: Organisation des séquences de deuxième ordre dans les coupes subalpines, à la Buisse et à l'Echaillon.....	p.243
<u>Tableau 36</u>	: Epaisseur des séquences de troisième ordre des coupes subalpines et jurassiennes (valeurs en mètres).....	p.248
<u>Tableau 37</u>	: Ages des discontinuités obtenus après corrélation avec le stratotype du Berriasien.....	p.254

DEUXIEME PARTIE

ANALYSE DES SERIES ALTERNANTES DE BASSIN

<u>Tableau 38</u>	: Zonations proposées par G. LE HEGARAT (1971), J.P. THIEULOY (1973) et P.J. HOEDEMAEKER (1982).....	p.262
<u>Tableau 39</u>	: Essais de corrélation des différentes coupes étudiées en fonction des crises.....	p.280
<u>Tableau 40</u>	: Périodicités dues aux variations de l'excentricité, de l'obliquité et de la précession, pour les derniers 800.000 ans, d'après A. BERGER (1984).....	p.285
<u>Tableau 41</u>	: Hiérarchie des processus de contrôle pour les dépôts alternants marno-calcaires, d'après, L. VAN DER PLAETSEN (1982).....	p.287
<u>Tableau 42</u>	: Projection des maxima de la courbe de précession sur la courbe des variations de l'excentricité, l'intervalle 1 à 10 correspond à une harmonique de 400.000 ans du cycle de l'excentricité (d'après A. BERGER 1984).....	p.289
<u>Tableau 43</u>	: Comparaison des cyclicités de MILANKOVITCH avec les résultats de l'analyse des séries de bassin.....	p.292

TROISIEME PARTIE

CONCLUSION GENERALE

<u>Tableau 44</u>	: Corrélation des discontinuités majeures et mineures des plates-formes (séquences de troisième ordre), avec les crises biosédimentaires de bassin (cycles de 400.000 ans).....	p.326
<u>Tableau 45</u>	: Equivalence entre les différentes cyclicités mises en évidence sur la plate-forme et dans le bassin.....	p.330
<u>Tableau 46</u>	: Equivalence entre les différentes cyclicités mises en évidence sur la plate-forme et dans le bassin. Mise en parallèle des événements biosédimentaires observés sur la plate-forme et des polarités magnétiques dans le bassin, pour le Valanginien.....	p.331

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION GENERALE

Figure 1 : Cadre paléogéographique du Sud-Est de la France au Valanginien inférieur (d'après H. ARNAUD 1982).....p.16

PREMIERE PARTIE

INTRODUCTION-HISTORIQUE

Figure 2 : Schéma des régions naturelles et structurales, d'après la carte géologique Grenoble 1/50.000 ème (2ème édition).....p.22

Figure 3 : Carte des affleurements de Berriasien-Valanginien et emplacement des coupes étudiées.....p.24

Figure 4 : Vue du Bec de l'Echaillon côté N-O, d'après W. KILIAN et P. LORY (1900).....p.32

Figure 5 : Variations latérales de faciès des "Couches du balcon", d'après W. KILIAN et P. LORY (1900).....p.32

Figure 6 : Age des faunes de calpionelles observées à l'Echaillon par J. REMANE et G. LE HEGARAT (1971).....p.34

SEDIMENTOLOGIE

Figure 7 : Zonations verticale, horizontale et paléogéographique d'une plate-forme carbonatée théorique. D'après PERES (1961), MASSE (1976) et PICARD (1980).....p.41

Figure 8 : Position schématique sur un profil théorique des différents types de dépôts resédimentés et de leurs zones d'apport.....p.74

Figure 9 : Différents agencements des faciès autochtones de plate-forme non submergée en domaine pré littoral.....p.77

Figure 10 : Coupe partielle de l'unité A2 de la coupe de l'Echaillon présentant deux séquences de type AA.....p.81

Figure 11 : Coupe partielle de l'unité B1 du Guiers mort montrant une séquence de type ABE.p.81

Figure 12 : Coupe partielle de l'unité A2 de Curière présentant une séquence de type ABE...p.82

Figure 13 : Coupe partielle de l'unité A2 de la Pointière montrant une séquence de type ABDE.....p.82

Figure 14 : Coupe partielle des unités B1 et B2 du Guiers mort montrant une séquence de type de type interne.....p.84

Figure 15 : Coupe partielle des unités C-D du Guiers mort.....p.84

Figure 16 : Séquences de premier ordre dans les séries types subalpine (A) et jurassienne (B).....p.89

- Figure 17 : Schéma montrant les relations entre les différents milieux de dépôt à l'échelle des cycles de premier ordre pour le Berriasien.....p.93
- Figure 18 : Corrélation basée sur l'analyse séquentielle des coupes du Guiers mort, de Curière et de la Pointière, situées dans le domaine subalpin.....p.94
- Figure 19 : Corrélations basées sur les méthodes d'analyse séquentielle des coupes jurassiennes de la Buisse et de l'Echailon.....p.95
- Figure 20 : Le Berriasien inférieur et moyen de la coupe du Guiers mort.....p.101
- Figure 21 : Discontinuités mineures et organisation séquentielle dans l'unité A1 des séries subalpines.....p.103
- Figure 22 : Discontinuités mineures et organisation séquentielle dans l'unité A2.....p.104
- Figure 23 : Discontinuités et organisation séquentielle dans l'unité B1.....p.106-107
- Figure 24 : Evolution séquentielle détaillée et teneur en quartz dans la séquence A2.4 de la Pointière.....p.110-111
- Figure 25 : Fréquence et taille moyenne du quartz du sommet de la coupe du Guiers mort....p.116
- Figure 26 : Fréquence et taille moyenne des grains de quartz et organisation séquentielle de l'unité A2 de la coupe de la Pointière.....p.117
- Figure 27 : Relations entre les séquences de 2ème, 3ème et 4ème ordre de la Pointière.....p.121

MICROPALÉONTOLOGIE

- Figure 28 : Répartition des représentants de l'espèce Pfenderina neocomiensis.....p.128
- Figure 29 : Position sur une courbe longueur/largeur des représentants de Eariandia? brevis et Eariandia? conradi.....p.129
- Figure 30 : Position sur une courbe longueur/largeur des représentants de Gaudryina cf. tuchaensis, grandes et petites formes, Dorothia cf. praeoxycona et Dorothia cf. praeauteriviana.....p.140
- Figure 31 : Position sur une courbe longueur/largeur des représentants de Dorothia cf. hechti, Dorothia cf. zedlerae et Dorothia kummi.....p.141
- Figure 32 : Répartition des représentants de la famille des LITUOLIDAE.....p.148
- Figure 33 : Répartition des représentants de l'espèce Pseudocyclamina sp. à test arénacé.p.150
- Figure 34 : Répartition des représentants de l'espèce Pfenderina neocomiensis.....p.152
- Figure 35 : Répartition des représentants de l'espèce Conicospirillina basiliensis.....p.158
- Figure 36 : Répartition stratigraphique des différentes espèces de Trocholines.....p.164
- Figure 37 : Répartition des différentes espèces de Néotrocholines identifiées sur un diagramme hauteur/largeur, et position des droites de croissance.....p.165
- Figure 38 : Répartition des représentants de Neotrocholina aff. infragranulata-paucigranulata.....p.167
- Figure 39 : Répartition des représentants de Neotrocholina aff. infragranulata.....p.168

- Figure 40 : Représentation schématique de sections subaxiales et de faces orales des différentes espèces de Néotrocholines.....p.170
- Figure 41 : Répartition stratigraphique des représentants de *Coscinophragma cribosum* dans les différentes unités.....p.182
- Figure 41 : Répartition stratigraphique des représentants de *Pseudocyclamina* sp. à test arénacé dans les différentes unités.....p.182
- Figure 43 : Répartition stratigraphique des représentants du genre *Trocholina* dans les différentes unités.....p.183

STRATIGRAPHIE-PALEOGEOGRAPHIE

- Figure 44 : Age des formations de la base de la coupe de l'Echaillon.....p.221
- Figure 45 : Organisation séquentielle et position des foraminifères caractéristiques dans la coupe de la Grande Sure.....p.223
- Figure 46 : Séquences, discontinuités, arrivées de quartz et position de *Keramosphera allobrogensis* sur la coupe de Billième, d'après C. DARSAC (1983) modifié.....p.226
- Figure 47 : Equivalents latéraux des discontinuités majeures mises en évidence sur la plate-forme dans le stratotype du Berriasien. Données sur le stratotype tirées de G. LE HEGARAT.....p.230
- Figure 48 : Emplacement des coupes étudiées.....p.233
- Figure 49 : Répartition des faciès au sommet du Tithonique et à la base du Berriasien. Zones à Jacobi et Grandis et sous-zone à Subalpina.....p.234
- Figure 50 : Répartition des faciès sous la discontinuité majeure Di0. Sous-zone à Privasensis.....p.234
- Figure 51 : Répartition des faciès sous la discontinuité majeure Di0', sommet de la séquence A1. Sous-zone à Paramimouna.....p.234
- Figure 52 : Répartition des faciès sous la discontinuité majeure Di1, sommet de la séquence A2. Sous-zone à Picteti.....p.234
- Figure 53 : Répartition des faciès sous la discontinuité di1.2, séquence B1.3. Sous-zone à Callisto.....p.238
- Figure 54 : Répartition des faciès sous la discontinuité majeure Di.2, séquence B2. Limite Berriasien-Valanginien.....p.238
- Figure 55 : Coupe schématique E-W montrant le passage plate-forme jurassienne - bassin subalpin au Tithonique terminal.....p.238
- Figure 56 : Coupe schématique E-W montrant le passage de la plate-forme jurassienne au bassin subalpin sous la discontinuité Di0 (sous-zone à Privasensis).....p.240
- Figure 57 : Coupe schématique indiquant les étapes successives de la progradation de la plate-forme jurassienne. Berriasien supérieur.....p.240
- Figure 58 : Bloc diagramme montrant les différentes unités structurales au Berriasien, au niveau de la vallée de l'Isère.....p.242

- Figure 59 : Etapes de la disparition de la plate-forme carbonatée au Berriasien-Valanginien.....p.245
- Figure 60 : Corrélation des coupes de Billième et de la Pointière situées dans les domaines jurassien (Savoie) et subalpin (Chartreuse méridionale).....p.247
- Figure 61 : Variations d'épaisseur des séquences de troisième ordre A2.1 à B1.4 des coupes subalpines de Chartreuse méridionale et jurassiennes de l'Ain et la Savoie....p.249
- Figure 62 : Comparaison des variations moyennes d'épaisseur des coupes subalpines et jurassiennes.....p.251
- Figure 63 : Corrélation des coupes de la Pointière et de Berrias situées sur la plate-forme subalpine et dans le bassin vocontien.....p.253

DEUXIEME PARTIE

ANALYSE DES SERIES ALTERNANTES DE BASSIN

- Figure 64 : Emplacement des domaines étudiés sur une carte paléogéographique du Crétacé inférieur vers 130 Ma, d'après J. DER COURT et al. (1985).....p.261
- Figure 65 : Répartition des ammonites et des bancs marneux épais dans la coupe du Barranco de Tollo. Données tirées de P.J. HOEDEMAKER (1982).....p.264
- Figure 66 : Répartition des ammonites et des bancs marneux épais dans la coupe du Barranco de Miravetes. Données tirées de P.J. HOEDEMAKER (1982).....p.266
- Figure 67 : Répartition des ammonites et des bancs marneux épais dans la coupe de Barret le Bas. Données tirées de R. BUSNARDO, J.P. THIEULOY et M. MOULLADE (1979).....p.267
- Figure 68 : Répartition des ammonites et des bancs marneux épais dans la coupe d'Angles. Données tirées de R. BUSNARDO, J.P. THIEULOY et M. MOULLADE (1979).....p.268
- Figure 69a-b : Courbe de fréquence des ammonites collectées banc par banc, et de l'épaisseur des bancs marneux épais de plus de 80 cm, dans la coupe du Barranco de Miravetes.....p.269
- Figure 70a-j : Epaisseur des bancs marneux et répartition des ammonites au niveau de quelques crises.....p.272-276
- Figure 71a-b : Exemples de crises biosédimentaires, virtuelles biologiques et virtuelles sédimentaires.....p.279
- Figure 72 : Crises biosédimentaires B7, B8 et B9 de la coupe du Barranco de Miravetes.....p.281
- Figure 73 : Courbe de fréquence du nombre de bancs compris entre chaque crise sédimentaire.....p.283
- Figure 74 : Variations des paramètres astronomiques de MILANKOVITCH.....p.286
- Figure 75 : Comparaison des courbes d'épaisseur des bancs marneux de trois intercrises prises sur la coupe d'Angles-les-Baoussayes, avec les cycles de précession (1 à 20) et de l'excentricité.....p.290
- Figure 76 : Comparaison des courbes d'épaisseur des bancs marneux de trois intercrises choisis sur les coupes subbétiques, avec les cycles de précession (1 à 20) et de l'excentricité.....p.291

- Figure 77 : Coupe du Barranco-de-Miravetes. Nombre d'ammonites collectées au niveau de chaque crise, épaisseur cumulée des bancs marneux, des bancs calcaires et épaisseur totale de série entre chaque crises.....p.294
- Figure 78 : Coupe d'Angles-les-Baoussayes. Nombre d'espèces de foraminifères benthiques collectées au niveau de chaque crise, épaisseur cumulée des bancs marneux, des bancs calcaires et épaisseur totale de série entre chaque crises.....p.295

MAGNETOSTRATIGRAPHIE

- Figure 79 : Coupe de Barret-le-Bas. Diagrammes de projection orthogonale du vecteur aimantation, montrant des champs à polarité normale.....p.302
- Figure 80 : Coupe d'Angles-les-Baoussayes. Diagrammes de projection orthogonale du vecteur aimantation, ne montrant pas de composantes identifiables.....p.303
- Figure 81 : Coupe d'Angles-les-Baoussayes, partie moyenne et haute. Diagrammes de projection orthogonale du vecteur aimantation.....p.304
- Figure 82 : Séquences magnétostratigraphiques de la coupe d'Angles-les-Baoussayes.....p.306
- Figure 83 : Séquences des anomalies magnétiques océaniques et terrestres du Valanginien...p.308
- Figure 84 : Crises biosédimentaires et inversions magnétiques.....p.311

TROISIEME PARTIE

CONCLUSION GENERALE

- Figure 85 : Corrélation des "cycles de productivité" des plates-formes avec les "cycles longs" des bassins.....p.329

ANNEXES

ANNEXE A

- Figure 85b : Carte des affleurements de Berriasien-Valanginien et emplacement des coupes étudiées.....p.338
- Figure 86 : Localisation géographique des coupes levées dans la vallée du Guiers mort.....p.339

Le Guiers mort 1

- Figure 87 : Courbe d'évolution des microfaciès.....p.341
- Figure 88 : Répartition stratigraphique des calpionelles, des ammonites, des ostracodes et des algues.....p.342
- Figure 89 : Répartition stratigraphique des foraminifères.....p.343

Le Guiers mort 2

- Figure 90 : Courbe d'évolution des microfaciès.....p.345
- Figure 91 : Répartition stratigraphique des calpionelles, des ammonites, des ostracodes et des algues.....p.346

<u>Figure 92</u> : Répartition stratigraphique des foraminifères.....	p.347
<u>Figure 93</u> : Courbe d'évolution des microfaciès.....	p.348
<u>Figure 94</u> : Répartition stratigraphique des calpionelles, des ammonites, des ostracodes et des algues.....	p.349
<u>Figure 95</u> : Répartition stratigraphique des foraminifères.....	p.350
<u>Figure 96</u> : Courbe d'évolution des microfaciès.....	p.351
<u>Figure 97</u> : Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.....	p.352
<u>Figure 98</u> : Répartition stratigraphique des foraminifères.....	p.353

Curière

<u>Figure 99</u> : Courbe d'évolution des microfaciès.....	p.355
<u>Figure 100</u> : Répartition stratigraphique des calpionelles et des algues.....	p.356
<u>Figure 101</u> : Répartition stratigraphique des foraminifères.....	p.357
<u>Figure 102</u> : Courbe d'évolution des microfaciès.....	p.358
<u>Figure 103</u> : Répartition des calpionelles et des algues. Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.....	p.359
<u>Figure 104</u> : Répartition stratigraphique des foraminifères.....	p.360

Chemin du Pont Saint Bruno

<u>Figure 105</u> : Courbe d'évolution des microfaciès.....	p.362
<u>Figure 106</u> : Répartition stratigraphique des foraminifères.....	p.362
<u>Figure 107</u> : Répartition stratigraphique des térébratules. Courbes de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.....	p.363

La Correrie

<u>Figure 108</u> : Courbe d'évolution des microfaciès.....	p.365
<u>Figure 109</u> : Répartition stratigraphique des ostracodes. Courbes de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.....	p.366
<u>Figure 110</u> : Répartition stratigraphique des foraminifères.....	p.367

La Pointière

<u>Figure 111</u> : Courbe d'évolution des microfaciès.....	p.369
<u>Figure 112</u> : Répartition stratigraphique des ostracodes et des algues. Courbes de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.....	p.370
<u>Figure 113</u> : Répartition stratigraphique des foraminifères.....	p.371
<u>Figure 114</u> : Courbe d'évolution des microfaciès.....	p.372
<u>Figure 115</u> : Répartition stratigraphique des algues. Courbes de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.....	p.373

- Figure 116 : Répartition stratigraphique des foraminifères.....p.374
- Figure 117 : Courbe d'évolution des microfaciès.....p.375
- Figure 118 : Répartition stratigraphique des calpionelles, des ostracodes et des algues.
Courbes de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.....p.376
- Figure 119 : Répartition stratigraphique des foraminifères.....p.377

L'Echaillon

- Figure 120 : Localisation géographique précise de la coupe de l'Echaillon.....p.378
- Figure 121 : Courbe d'évolution des microfaciès.....p.379
- Figure 122 : Répartition stratigraphique des calpionelles. Courbes de fréquence et taille
moyenne des grains de quartz.....p.380
- Figure 123 : Répartition stratigraphique des foraminifères.....p.381
- Figure 124 : Courbe d'évolution des microfaciès.....p.382
- Figure 125 : Répartition stratigraphique des algues. Courbes de fréquence et taille moyenne des
grains de quartz.....p.383
- Figure 126 : Répartition stratigraphique des foraminifères.....p.384

La Buisse

- Figure 127 : Localisation géographique précise de la coupe de la Buisse.....p.385
- Figure 128 : Courbe d'évolution des microfaciès.....p.386
- Figure 129 : Courbe de fréquence et taille moyenne des grains de quartz.....p.387
- Figure 130 : Répartition stratigraphique des foraminifères.....p.388

ANNEXE B

- Figure 131 : Coupe de Barret-le-Bas. Répartition des ammonites et épaisseur des bancs
marneux.....p.390
- Figure 132 : Coupe d'Angles-les-Baoussayes. Répartition des ammonites et épaisseur des bancs
marneux.....p.391
- Figure 133 : Coupe du Barranco-de-Tollo. Répartition des ammonites et épaisseur des bancs
marneux.....p.392
- Figure 134 : Coupe du Barranco-de-Miravetes (base). Répartition des ammonites et épaisseur des
bancs marneux.....p.394
- Figure 135 : Coupe du Barranco-de-Miravetes (sommet). Répartition des ammonites et épaisseur
des bancs marneux.....p.395