MINISTERIO DA ECONOMIA
SECRETARIA DE ESTADO DA INDUSTRIA
DIRECÇÃO-GERAL DE MINAS E SERVIÇOS GEOLOGICOS
SERVIÇOS GEOLOGICOS DE PORTUGAL



MEMORIA N.º 21 — (NOVA SERIE)

RECHERCHES GÉOLOGIQUES SUR LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR DE L'ESTREMADURA (PORTUGAL)

PAR

JACQUES REY

Maitre-Assistant
à l'Université Paul Sabatier
Toulouse

LISBOA
1972

AS doutrinas expostas são da completa responsabilidade dos seus autores.

CDU 55 (469) (05)

SERVIÇOS GEOLOGICOS DE PORTUGAL
MEMORIA N.° 21 — (NOVA SERIE)

MINISTERIO DA ECONOMIA
SECRETARIA DE ESTADO DA INDUSTRIA
DIRECÇÃO-GERAL DE MINAS E SERVIÇOS GEOLOGICOS
SERVIÇOS GEOLOGICOS DE PORTUGAL



MEMORIA N.º 21 — (NOVA SERIE)

RECHERCHES GÉOLOGIQUES SUR LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR DE L'ESTREMADURA (PORTUGAL)

PAR

JACQUES REY

Maitre-Assistant
à l'Université Paul Sabatier
Toulouse

LISBOA
1972

CDU 551.763.1 (469.41)

Recherches géologiques sur le Crétacé inférieur de L'Estremadura (Portugal)

AVANT-PROPOS

Le présent ouvrage constitue le mémoire d'une Thèse de Doctorat d'Etat qui a été soutenue le 26 Février 1972, à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (France), devant la commission d'examen composée de M M. CASTERAS, Président, et de MM. J. FLANDRIN, A. DEVRIES, Y. GOURINARD et P. SOUQUET, Examinateurs. La rédaction du manuscrit avait été achevée en Octobre 1971; la thèse fut imprimée durant le dernier trimestre de 1971 et en Janvier 1972 par la Maison J. F. IMPRESSIONS, 11 rue Idrac, à Toulouse.

Par souci d'honnêteté scientifique et de clarté, j'ai tenu à ce que le texte publié ici ne présente pas de modifications par rapport à l'initial mémoire de thèse. On ne s'étonnera donc pas qu'il ne soit pas fait mention dans cet ouvrage de travaux parus récemment — postérieurement à la date de soutenance de la thèse —, comme l'étude de M. M. RAMALHO sur le Jurassique supérieur et le Crétacé basal des environs de Lisbonne (*). Leur importance et leur intérêt n'en sont pas moins estimés à leur juste valeur.

J'ai été particulièrement sensible à la proposition qui me fut faite d'accueillir ce travail dans la belle série des «Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal», si riche en importantes publications depuis J. F. NERY DELGADO, C. RIBEIRO et P. CHOFFAT. L'Ing. F. MOITINHO D'ALMEIDA, Directeur des Services Geológiques du Portugal, m'a fait ainsi un honneur auquel je ne saurais rester indifférent. J' y vois une nouvelle marque d'une aide matérielle, d'un intérêt permanent et d'une accueillante hospitalité qui ne se sont jamais démentis depuis près de 10 ans. Que M. L'Ing. F. MOITINHO D'ALMEIDA veuille bien trouver ici l'expression de ma très respectueuse gratitude. Je n'oublierai pas non plus l'appui et la collaboration que m'apportèrent les Géologues des Services Géologiques du Portugal, plus particulièrement MM. G. ZBYSZEWSKI et M. RAMALHO.

De très reconnaissantes pensées vont à mon Maître, M. M. CASTERAS, Membre Correspondant de l'Institut, Professeur á l'Université Paul Sabatier de Toulouse. Je lui suis redevable de ma situation matérielle, aussi bien que de ma formation de géologue. Il fut un Directeur de thèse vigilant et attentionné. Des premières observations aux dernières pages de la rédaction, il s'attacha à me guider et à marquer le travail de son empreinte, grâce à ses clairvoyantes critiques et à son rigoureux jugement. C'est en témoignage de cette fidèle reconnaissance que je me permets de lui dédier ce travail.

L'étude du Crétacé inférieur portugais me fut proposée par M. C. TEIXEIRA, Professeur à la Faculté des Sciences de Lisbonne. Qu'il en soit vivement remercié.

(*) RAMALHO M. M.: Contribution à l'étude micropaléontologique et stratigraphique du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur des environs de Lisbonne (Portugal). *Mem. Serv. Geol. Portugal*, N. S., n.° 19, 212 p., 11 fig., 17 tabl., 39 pl.

Ces recherches ne purent être menées à leur terme que grâce à de multiples et bienveillants appuis. Nombreux sont ceux qui, durant ces années de labeur, m'ont aidé, conseillé, encouragé. Je pense plus particulièrement à M. le Doyen M. ROQUES, Professeur à l'Université de Clermont-Ferrand, qui suscita ma vocation de géologue; à M. D. LAURENTIANX, Professeur à l'Université de Reims, qui contribua au choix du sujet et suivit l'avancement du travail avec le plus grand soin; à M. A. DEVRIES, Professeur à l'Université de Poitiers, qui me fut d'un précieux conseil pour l'étude des Echinides; à MM. Y. GOURINARD et P. SOUQUET, Professeur à l'Université Paul Sabatier de Toulouse, qui me témoignèrent une grande confiance et me firent profiter de toute leur expérience; à M. l'Abbé R. MOUTERDE, qui contribua à maintenir d'excellentes relations avec les géologues portugais.

Je dois aussi remercier tous les Spécialistes qui, avec beaucoup de désintéressement m'aidèrent dans la progression de ce travail. Ainsi, de nombreuses déterminations paléontologiques sont dues à MM. les Professeurs J. EMBERGER et L. GRAMBAST, à MM. W. MAYNC, H. J. OERTLI, R. BUSNARDO, C. BOULOUARD, B. PRESTAT, L. BRUN et J. CHEVALIER. Je fus aussi aidé dans mes analyses sédimentologiques par MM. L. YAPAUDJIAN, G. KULBICKI, J. ESQUEVIN, F. KROMM et par M. le Professeur M. ORLIAC. Les Laboratoires du Centre de Recherches de la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine, à Pau, et le laboratoire d'exploitation de la Société ELF — R. E., à Boussens, me furent largement ouverts.

L'aide financière accordée par le Centre National de la Recherche Scientifique contribua à couvrir les frais de nombreux séjours au Portugal.

A tous ceux qui participèrent à la réalisation technique de cet ouvrage, à mes Collègues, Amis et Parents qui m'apportèrent toujours leur confiance et leur amitié, qui me prodiguèrent encouragements et conseils, qui partagèrent les bonnes et mauvaises heures de ces journées d'étude, je redis toute ma profonde reconnaissance.

Toulouse, Octobre 1972.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

SOMMAIRE

I. — *La région étudiée*

Le cadre géographique

L'orographie 9

L'hydrographie 11

La Côte 11

Les conditions d'affleurement 12

Le cadre structural

Le bâti hercynien 12

La couverture secondaire 12

Conclusions 16

Récapitulation des affleurements crétacés 16

Les grands traits de l'histoire géologique de l'Etremadura 17

II. — *L'objet des recherches. Méthodes et techniques de travail*

Les faits acquis. Historique général 18

Les problèmes posés 19

Les méthodes et techniques d'étude 20

Présentation des résultats 22

I. — LA RÉGION ÉTUDIÉE

SON CADRE GÉOGRAPHIQUE ET STRUCTURAL; SON HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Le Portugal se place à la termisaison occidentale de la Meseta Ibérique. Il est formé (*fig.* 1):

— d'un massif ancien, à l'E, constitué de terrains paléozoïques, métamorphiques et éruptifs. Cet ensemble qui occupe la majeure partie du pays s'intègre dans la cordillère des Hespérides;

— de bordures mésozoïques. Elles cernent la Meseta vers l'W, entre l'estuaire du Sado et Aveiro, dans les provinces de la Beira Littoral et de l'Estremadura, et vers le S, en Algarve, de Cabo de São Vicente au Rio Guadiana;

— de bassins et placages tertiaires. Le Cénozoïque repose localement et indifféremment sur le socle ancien et sur le revêtement secondaire. Le bassin du Tage et du Sado est l'unité la plus importante.

Ainsi, le Crétacé inférieur n'est connu que sur les marges atlantiques méridionale et occidentale. Par convention passée avec les Services Geólogiques du Portugal, mon étude a porté sur les seuls affleurements occidentaux compris entre l'estuaire du Sado, au S, et le parallèle de Caldas da Rainha, au N; l'Océan Atlantique et le bassin tertiaire du Tage délimitent naturellement à W et à l'E ce territoire. Le domaine géographique ainsi défini, long d'une centaine de kilomètres et large de 40 km environ, couvre une grande partie de la province de l' Estremadura.

1° LE CADRE GÉOGRAPHIQUE

A) *L'OROGRAPHIE*

L'Estremadura, contrée aux terrains mésozoïques prédominants, fut définie comme un «pays de collines et de petits massifs» [P. BIROT, 1950, p. 137]. Offrant les marques de plusieurs érosions successives, recentement remodelée, elle possède des caractères orographiques intimement liés à sa constitution géologique. C'est ainsi que l'on peut distinguer, du N au S, quatre régions distinctes:

1. — Au N du parallèle de Torres Vedras les traits du relief résultent essentiellement du contraste entre des formations calcaires (Jurassique moyen, Jurassique supérieur *pro-parte*) et des formations argilo-gréseuses (Jurassique terminal, Crétacé inférieur). Ces dernières donnent un paysage de petites collines aux pentes douces, sans orientations préférentielles, domaine des pinèdes (sur les grès) et de la polyculture (sur les argiles). Ainsi se présentent les environs de Caldas da Rainha, Bombarral, Cadaval, Ramalhal, Torres Vedras, Abrigada et Alenquer. Au-dessus de ce pays mollement ondulé surgissent en structures anticlinales d'arides chaînons calcaires jurassiques, orientées NNE-SSW, tels la Serra dos Candeeiros (613 m), à l'extrémité septentrionale du territoire étudié, et la Serra de Montejunto (666 m).

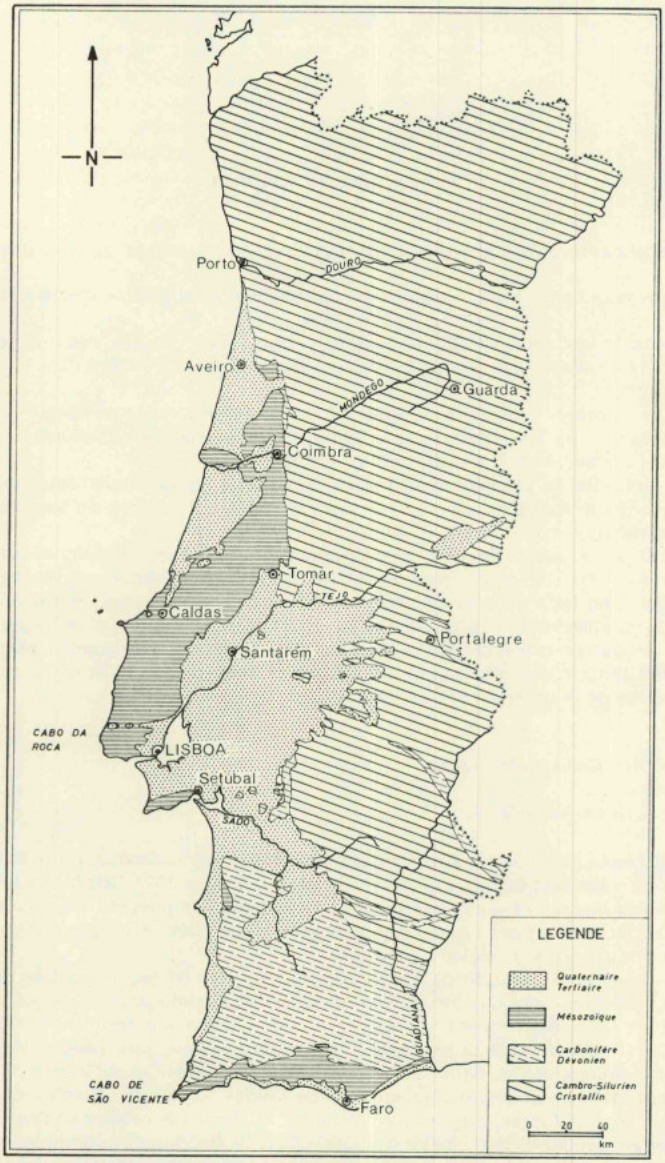


FIGURE 1. — *Esquisse géologique du Portugal.*

2. — Le relief se diversifie quelque peu au S du méridien de Torres Vedras: d'une part, plusieurs appareils volcaniques — comme le sommet de Nossa Senhora do Socorro (354 m) — accidentent les alentours de Runa; d'autre part, des bancs calcaires prennent place dans la série du Crétacé inférieur, à la suite des assises tendres, argileuses et gréseuses, du Portlandien et de la base du Néocomien; tous ces niveaux plongent faiblement vers le S. Nous voyons donc pointer au-dessus des plaines cultivées quelques buttes-témoins boisées de Crétacé, bien développées dans la région de Gradil et de Freiria do Chapeu. Ces petits sommets précèdent la belle cuesta du Monte Serves (351 m) qui court de l'WNW vers l'ESE entre l'embouchure du Rio Safarujo et Alverca, sur les bords du Tage.

3. — Les calcaires prédominent, aussi bien dans le Crétacé que dans le Jurassique, au-delà et au S de la cuesta du Monte Serves. C'est ainsi que s'individualise une nouvelle région géographique, la région de Lisbonne, limitée par le Tage à l'E et au S. De vastes plateaux calcaires sont entaillés de vallées relativement profondes. Un seul relief notable tranche dans le paysage, le Massif granitique de Sintra, dirigé E-W, atteignant 528 m à Cruz Alta. Ses pentes tapissées de denses forêts s'opposent nettement au bas pays calcaire, sec et dénudé, parsemé de maigres landes.

4. — La péninsule de Setúbal, comprise entre les estuaires du Tage et du Sado, est formée, au N, d'une plaine sableuse à soubassement tertiaire, terre d'élection des pins. Le relief s'élève progressivement vers le Sud pour se raccorder au chaînon de calcaires jurassiques de la Serra da Arrábida. Ce massif, qui s'étire sur une trentaine de kilomètres du Cap Espichel (à l'WSW) à Setúbal (à l'ENE), présente un versant septentrional aux pentes douces, découpé par des «crêts et couloirs subséquents» [P. BIROT, 1950, p. 160] et un versant méridional plongeant brutalement d'une hauteur de plus de 500 m dans l'Océan. Les reliefs s'atténuent dans la partie occidentale du chaînon rabotée par une surface d'érosion.

B) *L'HYDROGRAPHIE*

Le Tage s'écoule du NE vers le SW aux confins orientaux de l'Estremadura. Il draine l'E de la province grâce à de petits affluents, tels le Rio Maior, la Ribeira de Ota, le Rio Trancão et le Rio Jamor. Quelques rivières de faible débit et de longueur réduite parcourent l'W de l'Estremadura selon un tracé d'orientation générale SE-NW et se jettent directement dans l'Océan; je citerai notamment la Ribeira da Vargem, au N du territoire étudié, les Rios Alcabichel, Sizandro et Safarujo, dans la contrée de Torres Vedras, la Ribeira de Cheleiros et la Ribeira de Colares, dans la région de Lisbonne. Nombre de vallées sont encaissées.

C) *LA CÔTE*

Les plateaux de l'Estremadura se raccordent au rivage atlantique par l'intermédiaire d'une falaise très marquée. Une plateforme d'abrasion probablement liée à la transgression calabrienne surplombe la mer de 125 à 150 m. Des plages anciennes peuvent être identifiées à plusieurs niveaux, leur altitude moyenne étant de 30 m; elles dateraient du Pleistocène.

D) *LES CONDITIONS D'AFFLEUREMENT*

Ces caractères géographiques permettent d'entrevoir les conditions d'affleurement des terrains crétacés: des séries stratigraphiques parfaitement dégagées, analysables dans leurs moindres détails, apparaissent sur la côte dans les diverses falaises qui, de Foz do Arelho au Cap Espichel, jalonnent le rivage. L'intérieur des terres se prête moins à de minutieuses observations; sols et couvert végétal masquent fréquemment les roches en place, en particulier les assises tendres. Sont alors essentiellement utilisables les entailles naturelles (vallées) ou artificielles (tranchées de routes et de voies ferrées).

2.° LE CADRE STRUCTURAL

A) *LE BÂTI HERCYNIEN*

Le bâti hercynien n'apparaît en aucun point de l'Estremadura (*fig.* 2). Il se découvre principalement à l'E de cette province, formant la partie occidentale de la Meseta. Quelques pointements très localisés ressortent de la couverture tertiaire dans le bassin du Tage, tel le granite de Chamusca, 25 km au SE du Mésozoïque de l'Estremadura. La composition du bâti est variée: des granites cambriens et hercyniens, des porphyrites et gabbros hercyniens accompagnent des roches cristallophylliennes (gneiss, micaschistes, cipolins) et sédimentaires (schistes, grauwackes, quartzites, calcaires, lydiennes) d'âge précambrien à carbonifère. Trois directions structurales peuvent être retenues: les plis possèdent une orientation NW-SE et sont déversés vers le SW au parallèle de l'Estremadura; les accidents sont dirigés NE-SW et NNE-SSW, ainsi que le montre la carte tectonique de FREIRE DE ANDRADE [1937]. Le Tertiaire du Tage et du Sado, masque au droit de la région étudiée, entre Setúbal et Tomar, les relations entre le bâti hercynien et le Mésozoïque de l'Estremadura. Cependant, les affleurements plus septentrionaux, de Tomar à Coimbra (*fig.* 1) montrent un contact généralement stratigraphique: les termes de base du Secondaire reposent en discordance sur le Paléozoïque.

De petits témoins de socle émergent de l'Océan à l'W de l'Estremadura, une dizaine de kilomètres à l'W de la péninsule de Peniche: ce sont les îlles granitiques de Berlenga et d'Estelas et les îles gneissiques et micaschisteuses de l'archipel des Farilhões.

B) *LA COUVERTURE SECONDAIRE*

L'Estremadura se compose essentiellement d'ensembles mésozoïques faiblement plissés, découpés en un certain nombre de compartiments par des plis serrés ou accidents longitudinaux et transverses. Décrivons rapidement les différents unités structurales (*fig.* 2).

a) Le compartiment de Bombarral

Cette unité, la plus septentrionale de notre domaine d'étude, est limitée à l'W par le pli diapir (ou «aire typhonique») de Caldas da Rainha, à l'E par le pli diapir de Rio Maior relayé vers le S par l'aire anticlinale de Montejunto, et au S par la faille de Torres Vedras - Santa Cruz localement injectée d'Infralias diapirique.

Elle dessine une gouttière à fond légèrement ondulé se redressant quelque peu sur ses bords orientaux et occidentaux, s'abaissant progressivement vers le S jusque dans la région de Torres Vedras où le Crétacé inférieur affleure largement. Ce Crétacé se ploie en deux synclinaux à faibles pendages (*fig.* 48), le *synclinal de Ramalhal*, au NE et le *synclinal de Casal da Bombarda*, au SW, dont les axes ont la même orientation que les plis et accidents limitant le compartiment de Bombarral vers l'E et vers le S.

b) **Le compartiment de Peniche**

Entre le pli diapir de Caldas da Rainha, déversé vers l'W [G. ZBYSZEWSKI, 1959], et l'Océan Atlantique qui baigne les ilôts hercyniens de Berlenga et des Farilhões s'étire un étroit compartiment mésozoïque, le compartiment de Peniche, marqué par quelques ondulations transverses peu accusées. Le Crétacé occupe le coeur de l'un de ces replis *(cuvette de Galiota)*.

c) **La ride de Rio Maior et du Montejunto**

Le pli diapir de Rio Maior, déversé vers l'E, est relayé au S par l'aire anticlinale du Montejunto. Cette ride, orientée NNE-SSW, est hachée par de nombreux accidents longitudinaux; certains sont injectés de roches éruptives.

Un lambeau de Crétacé inférieur a été conservé dans la région de Cercal, à la faveur de l'ensellement séparant les plis de Rio Maior et du Montejunto.

d) **Le compartiment d'Alcanede**

A l'E de la saillie de Rio Maior s'allonge le compartiment d'Alcanede, bordé par le Tertiaire du bassin du Tage. Dans sa partie septentrionale le Mésozoïque, découpé en panneaux emboités par des accidents deversés vers l'E et vers le S, dessine un synclinal symétrique à faibles pendages et aux flancs de Crétacé inférieur, le *synclinal de Monsanto*. Au S d'Alcanede le Crétacé, monoclinal, plonge doucement vers l'E et s'enfonce sous les dépôts tertiaires *(série monoclinale de Gansaria)*.

e) **Le compartiment d'Alenquer**

Il est situé au S du compartiment d'Alcanede et limité au NW par la ride anticlinale du Montejunto, au SW par les accidents de Sobral de Monte Agraço, à l'E par le Tertiaire et le Quaternaire du bassin du Tage. La couverture cénozoïque ne nous permet pas de savoir si ce compartiment appartient à la même unité structurale que le compartiment d'Alcanede, ou s'il constitue une unité indépendante.

Le Jurassique supérieur, se ployant en amples ondulations, est recouvert au coeur de l'un des replis synclinaux par deux lambeaux de Crétacé inférieur, *le lambeau d'Abrigada*, plongeant faiblement sous le Tertiaire, et, 2 km plus au S, *le lambeau d'Olhalvo*.

f) **Le bassin effondré de Runa**

A l'articulation de la ride du Montejunto, des accidents de Sobral de Monte Agraço et de la faille transverse de Torres Vedras - Santa Cruz, immédiatement au S du diapir

de Matacães, prend place le bassin effondré de Runa. Il s'organise en une cuvette synclinale éocène à structure de détail complexe. Le Crétacé inférieur affleure de façon discontinue sur les flancs tronqués par des failles. Plusieurs points d'épanchements volcaniques jalonnent les principaux accidents.

g) Le compartiment de Lisbonne

Le Crétacé se développe largement dans ce compartiment bordé au N par la faille de Torres Vedras, au NE par les accidents de Sobral de Monte Agraço, à l'E et au SE par le Tage, à l'W et au NW par l'Océan. Un certain nombre de plis transverses (orientés E-W) se succèdent du N vers le S:

— *le synclinal dissymétrique de Pero Pinheiro.* Son flanc N, plongeant très faiblement vers le S, se compose de Jurassique supérieur couronné par des buttes-témoins crétacées, puis, à partir de la cuesta de Monte Serves, de Crétacé inférieur qui s'étale largement dans la région d' Ericeira et de Mafra. L'axe du pli est occupé par du Crétacé supérieur;

— *la ride du massif de Sintra et du dôme de Brouco.* Le massif de Sintra, à l'E, formé de granites, syénites et gabbros mis en place à la fin du Crétacé, présente une structure batholitique. Il occupe le coeur d'un anticlinal déversé vers le N (*fig.* 3) dont il métamorphise les flancs jurassiques. Le Crétacé inférieur apparaît à sa périphérie, principalement sur le flanc S; les affleurements du flanc inverse — écaillés en plusieurs points et recouverts par des cailloutis tertiaires — sont très discontinus. Vers l'E, au-delà de l'ensellement de Rinchoa (*fig.* 58), la ride se poursuit, dans un bloc surélevé, par la saillie du dôme de Brouco à coeur de Jurassique et aux versants adoucis et symétriques (*fig.* 11), puis par le brachyanticlinal crétacé de Caneças (*fig.* 43). Un deuxième repli anticlinal double cette ride vers le N, d'Algueirão à Almargem (*fig.* 11 et 58); il voit ressortir le Jurassique dans le dôme d'Olela;

— *le synclinal d'Alcabideche,* au S du Massif de Sintra, pli dissymétrique à plongement accusé sur le flanc N et assises subhorizontales sur le flanc S, s'ouvrant largement vers l'E. Au coeur du synclinal affleure le Cénomanien (*fig.* 3).

Ces différentes unités s'ennoient à l'E sous le complexe basaltique de Lisbonne, d'âge sénonien - oligocène, et sous les sédiments miocènes du bassin du Tage, discordants sur le Crétacé et faiblement ondulés.

Nous voyons donc que le plissement atteint sa plus grande intensité au niveau de la saillie de Sintra, pour s'atténuer progressivement vers le N, le S et l'E.

h) L'aire anticlinale de la Serra da Arrábida

Au S des accumulations tertiaires et quaternaires du bassin du Tage surgit la ride anticlinale jurassique de l'Arrábida, orientée ENE-WSW. CHOFFAT [1908] a notamment distingué:

— *l'anticlinal du Cap Espichel,* à l'extrémité occidentale de la chaîne; son flanc N est seul conservé;

— *le diapir de Sesimbra,* isolant un petit compartiment effondré de Jurassique et de Crétacé;

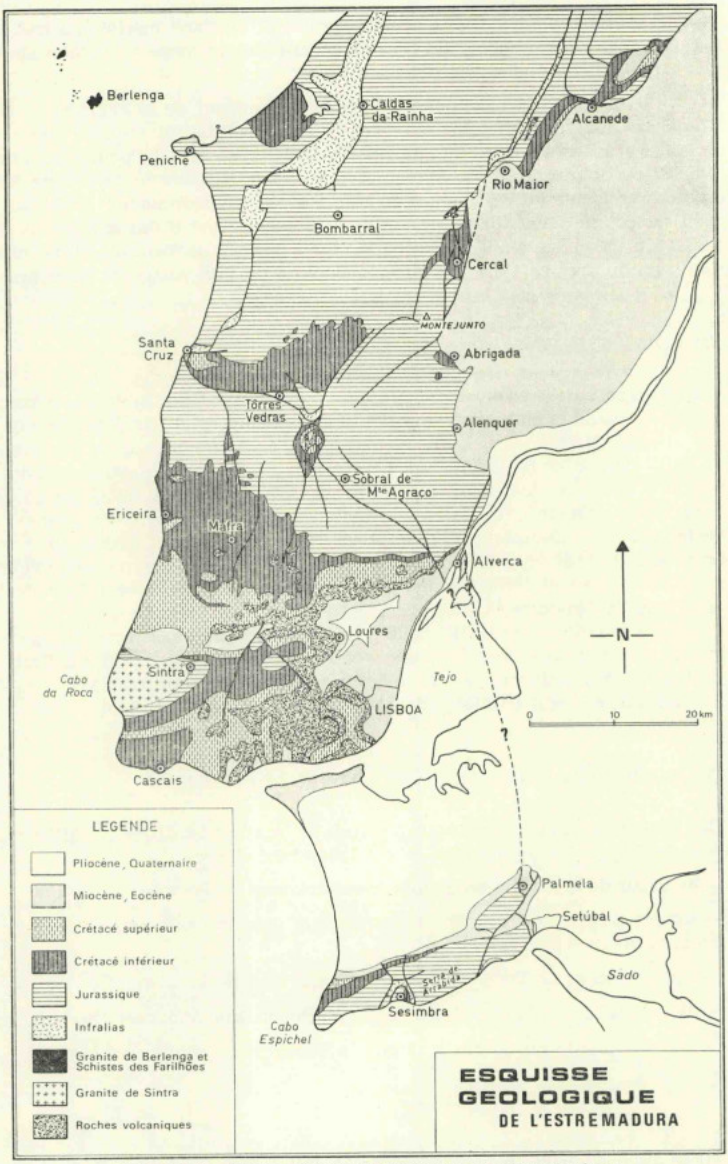


FIGURE 2. — *Carte géologique simplifiée de l'Estremadura*

— *l'anticlinal du Formosinho*, déjeté vers le S, au flanc méridional très incomplet. Il relaie vers l'E l'anticlinal du Cap Espichel et se prolonge à l'E, aux abords de Setúbal, par *l'anticlinal dissymétrique de Viso;*

— *l'anticlinal de São Luis*, déversé vers le S, doublant au N l'anticlinal de Viso.

Ces deux derniers plis sont interrompus entre Setúbal et Palmela par un faisceau de failles transverses que l'on pourrait interpréter comme la poursuite vers le S des accidents de Sobral de Monte Agraço et d'Alverca (*). L'étroite bande de Miocène qui borde ces accidents à l'E s'enfonce sous le Pliocène subhorizontal.

Le Crétacé inférieur affleure principalement sur le flanc N des anticlinaux du Cap Espichel et du Formosinho; il est recoupé plus à l'E par le Tertiaire discordant. Un étroit lambeau de Crétacé a été par ailleurs identifié près du village de Sesimbra.

C) *CONCLUSIONS*

Ce découpage de la couverture mésozoïque en un certain nombre de compartiments à faibles ondulations séparés par des rides anticlinales et par des accidents généralement orientés NNE-SSW, NE-SW ou NW-SE (c'est-à-dire présentant les directions relevées dans les plis et failles du bâti hercynien) montre que le style structural de l'Estremadura doit essentiellement répondre aux caractéristiques d'une *tectonique de revêtement:* les accidents qui affectent le socle hercynien se répercutent dans les terrains sédimentaires mésozoïques subordonnés. Des décollements locaux se sont produits au niveau de l'Infralias argileux, s'exagérant par place en des montées diapiriques qui ont été probablement favorisées par des fractures ou des mouvements verticaux du socle, ainsi que l'a démontré G. ZBYSZEWSKI [1959].

L'orientation différente (E-W) de la ride de Sintra pourrait être d'origine plus récente. Elle se serait créée lors de la phase de compression de la fin du Crétacé au cours de laquelle s'est mis en place le batholite granitogabbroïque [CHOFFAT, 1885; F. J. MENDES, 1961; M. BONHOMME, F. J. MENDES, Y. VIALETTE, 1961].

D) *RÉCAPITULATION DES AFFLEUREMENTS CRÉTACÉS*

Ce rapide aperçu structural nous a permis de localiser les différents affleurements de Crétacé inférieur. Les formations de cet âge ont été citées:

— au coeur de la cuvette de Galiota (compartiment de Peniche);

— sur les flancs du synclinal de Monsanto et dans la bande monoclinale de Gansaria (compartiment d'Alcanede);

— dans le bassin de Torres Vedras (compartiment de Bombarral);

— dans le lambeau de Cercal, coiffant la ride de Rio Maior et du Montejunto;

— à la périphérie du bassin effondré de Runa;

(*) Le diapir d'Infralias reconnu en sondage à Pinhal Novo, 12 km au N de Setúbal [G. ZBYSZEWSKI, 1959] jalonnerait cette zone de failles. Sa présence prouve toute au moins que les accidents de Setúbal et Palmela se poursuivent vers le N.

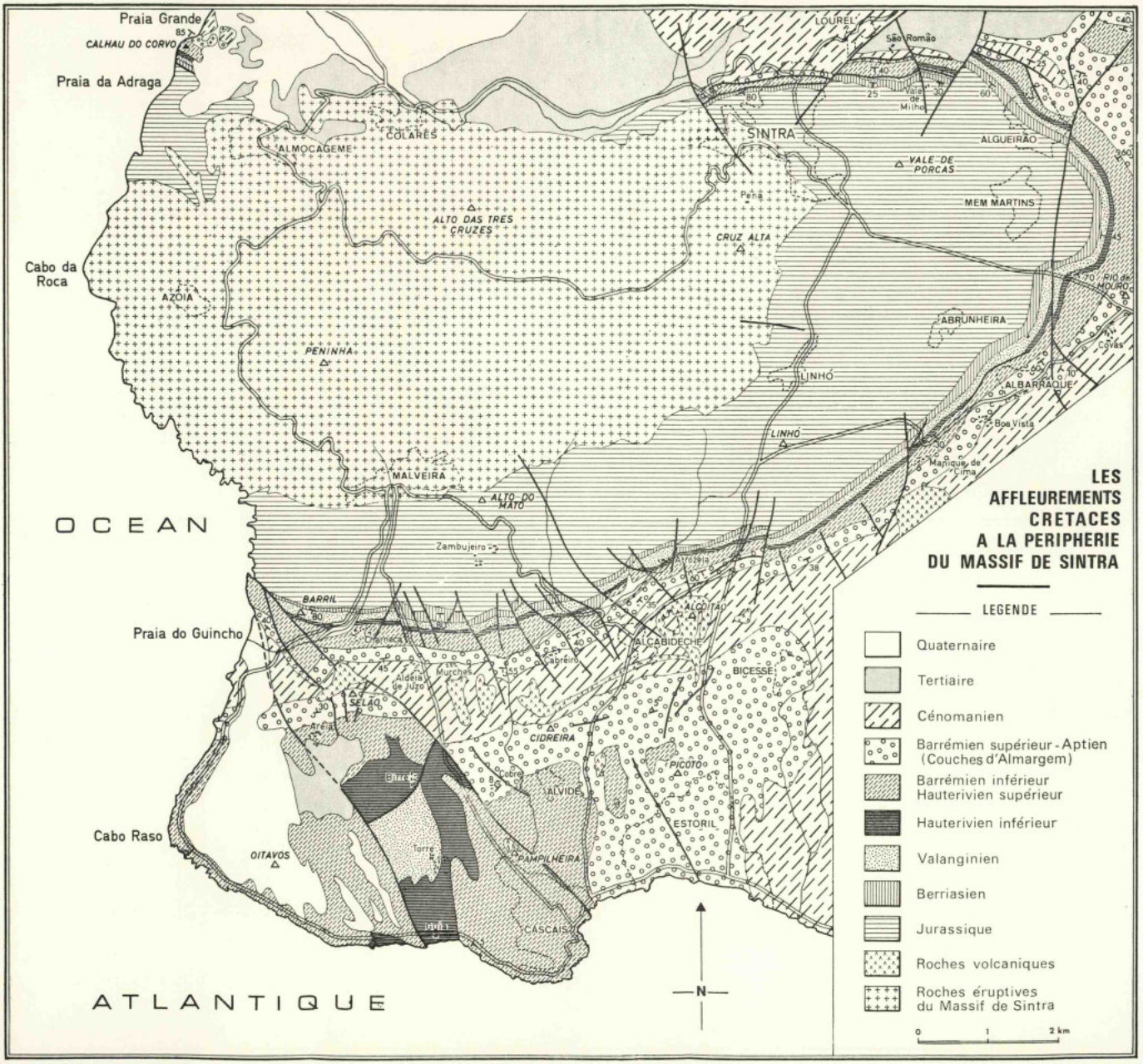


FIGURE 3. — *Carte géologique des affleurements crétacés à la périphérie du massif de Sintra*

— dans les lambeaux d'Abrigada et d'Olhalvo (compartiment d'Alenquer);

— sur les flancs des plis transverses du compartiment de Lisbonne: synclinal de Pero Pinheiro, ride anticlinale du massif de Sintra, du dôme de Brouco et du brachyanticlinal de Caneças, synclinal d'Alcabideche;

— dans le flanc N des anticlinaux du Cap Espichel et du Formosinho; dans l'aire diapirique de Sesimbra (Serra da Arrábida).

3.° LES GRANDS TRAITS DE L'HISTOIRE GÉOLOGIQUE DE L'ESTREMADURA

Il me paraît nécessaire, pour bien comprendre les caractères de la sédimentation au Crétacé inférieur, d'esquisser avant toute description les grands traits de l'histoire géologique de l'Estremadura — et, plus généralement, de la bordure mésozoïque occidentale — telle qu'elle était connue au début de mes recherches [D. THADEU, 1956].

On peut supposer que la sédimentation paléozoïque et l'orogénèse hercynienne avaient amené l'édification en Estremadura d'un socle induré, partie intégrante de la Meseta. Les premiers termes sédimentaires discordants, gréso-conglomératiques, datent du Rhétien, sinon du Trias supérieur. La mer conquiert progressivement l'Estremadura au Lias (marnes gypseuses et salifères, calcaires dolomitiques de l'Hettangien; marnes et calcaires à riche faune marine du Sinémurien, Pliensbachien, Toarcien). Il est probable que cette transgression a été précédée d'effondrements de panneaux du socle hercynien favorisant l'installation d'un golfe ouvert au SW. Le domaine marin, alors très étendu, dépasse nettement vers de N le Rio Mondego. Les contours de la nappe d'eau ne se modifient guère durant le Dogger à sédimentation plus calcaire. Une tendance régressive se manifeste à la fin du Callovien [C. RUGET-PERROT, 1961], précédant une pulsation transgressive oxfordienne. Le Kimméridgien et le Portlandien correspondent à un important retrait des eaux qui abandonnent les parties septentrionales et centrales de leur ancien domaine. *Le mouvement de régression se poursuit au Crétacé inférieur;* la sédimentation marine ne règne alors qu'au S du parallèle de Torres Vedras; au N de cette ligne s'accumulent principalement des dépôts continentaux (en particulier dans les régions de Leiria, Coimbra et Aveiro qui ne seront pas analysées dans ce mémoire). La mer revient au Cénomanien [P. Y. BERTHOU, 1971] sur les territoires abandonnés depuis le Dogger: la contrée d'Aveiro, au N du Mondego, est atteinte. Le Turonien et le Sénonien sont marqués par une nouvelle régression tandis que des mouvements orogéniques s'accompagnent de la mise en place du batholite de Sintra. Au Paléogène le recul des eaux vers l'W et le S s'amplifie: l'Estremadura est définitivement abandonnée; des formations continentales alternent avec des épanchements basaltiques dans la région de Lisbonne; il se produit dans le même temps de nouveaux mouvements orogéniques qui inversent la répartition des aires d'érosion et de sédimentation: l'Estremadura exhaussée est soumise au démantèlement, alors que se crée plus à l'E le fossé du Tage. La mer s'avancera dans cette dépression au Miocène, transgressera à nouveau au Pliocène, puis se retirera par oscillations succesives, pour donner au Portugal occidental son visage actuel.

Ainsi, l'histoire géologique de la bordure mésozoïque occidentale du Portugal peut se résumer — après l'orogénèse hercynienne — en une alternance d'épisodes d'avancée (vers le N et vers l'E) et de recul (vers le S et vers l'W) du domaine marin, suivie d'une émersion définitive liée aux phases orogéniques de la fin du Crétacé et du Paléogène.

II. — L'OBJET DES RECHERCHES

MÉTHODES ET TECHNIQUES DE TRAVAIL

1.° LES FAITS ACQUIS — HISTORIQUE GÉNÉRAL

Nos connaissances sur le Crétacé inférieur portugais résultent de recherches poursuivies depuis plus de cent ans. Trois périodes principales d'acquisitions peuvent être distinguées.

1re période: les précurseurs. C'est au milieu du siècle dernier que parurent les premiers travaux précis décrivant le Mésozoïque portugais. Se détachent notamment les noms de SHARPE [1850] qui identifia le Crétacé inférieur (en groupant cependant sous le nom de «série subcrétacée» diverses formations jurassiques et tertiaires), de RIBEIRO qui tenta de classer les ensembles sédimentaires des environs de Lisbonne [1857] et décrivit une coupe du Crétacé proche de Belas [*in* O. HEER, 1881], de RIBEIRO et DELGADO [1876] qui publièrent la première carte montrant la répartition du Crétacé au Portugal.

2e période: l'oeuvre de CHOFFAT. Tout historique des recherches sur le Secondaire du Portugal met en relief le rôle considérable que joua CHOFFAT dans le développement des connaissances. Ses classiques analyses du Crétacé inférieur servirent de base et de référence pour tous les travaux ultérieurs. Nous verrons au fil des chapitres, en évoquant les résultats acquis par mes prédécesseurs, combien cette oeuvre, vaste et détaillée, témoigne d'une remarquable intuition. La simple énumération des principales publications permet déjà d'en saisir l'importance:

— en 1885, CHOFFAT décrit le Crétacé inférieur des environs de Sintra, Belas et Lisbonne. Les différentes unités sédimentaires sont mises en place, corrélées et datées à partir des données de la macrofaune. Le caractère essentiellement calcaire de la série est noté;

— en 1891, il reconnaît le Crétacé inférieur dans des contrées plus septentrionales de l'Estremadura et localise les affleurements des environs de Torres Vedras, de Peniche et de Cercal. Il montre que les dépôts sont exclusivement détritiques et cite divers gisement de Végétaux fossiles;

— en 1901, s'appuyant sur l'identification de quelques Lamellibranches, il situe la limite entre Jurassique et Crétacé dans les diverses régions de l'Estremadura;

— en 1904, il publie une description du Crétacé inférieur des environs d'Ericeira et de la Serra da Arrábida. Ce travail se basait, comme l'a indiqué l'auteur, sur des recherches anciennes de 12 à 15 ans et sur les observations de ses collecteurs. Il est donc naturel que la justesse des analyses en ait quelque peu souffert.

Ces 20 années de travail avaient permis d'esquisser les grands traits du Crétacé inférieur portugais: la succession stratigraphique aux environs de Lisbonne était établie et tous les étages étaient reconnus et matérialisés à l'aide des macrofossiles. Les corrélations proposées entre les affleurements des différentes régions étaient certes douteuses ou imprécises; mais il était acquis que le Crétacé inférieur est essentiellement calcaire dans la contrée de Lisbonne et de Sintra, calcaire et gréseux à Belas, dans la Serra da Arrábida et à Ericeira, exclusivement détritique plus au N.

Les progrès de la Paléontologie du Crétacé furent, dans le même temps, considérables. D'une part, on ne saurait oublier les descriptions des Mollusques présentées par CHOFFAT. D'autre part, ce savant recueillit avec l'aide de ses collaborateurs de nombreux fossiles qu'il envoya à diverses spécialistes et qui donnèrent lieu à des ouvrages fondamentaux, tels ceux de DE LORIOL [1887-1888] sur les Echinides et de DE SAPORTA [1894] sur les Plantes.

3e période: les travaux récents. L'oeuvre de CHOFFAT n'allait ultérieurement subir que de minimes retouches .Aucun travail de synthèse sur le Crétacé inférieur n'a été publié. Je citerai seulement:

— quelques monographies régionales: étude de la Serra da Arrábida par H. SEIFERT [1963]. Analyse des grès crétacés de la région de Torres Vedras par G. C. FERREIRA [1958]; cette dernière publication ouvrait des horizons nouveaux, car elle décrivait une assise à Foraminifères intercalée dans la série détritique et laissait entrevoir la possibilité de datations précises et d'apports d'ordre paléogéographique;

— une monographie paléontologique: description de la flore par C. TEIXEIRA [1948];

— des travaux de détail abordant tel ou tel sujet particulier et limité. Entrent dans cette catégorie les notes de W. MAYNC [1959] et de A. T. ROCHA et J. N. GOMES [1964-1967] traitant du problème de la limite entre Jurassique et Crétacé, de même que le tableau d'attributions stratigraphiques de J. WIEDMANN [1963] modifiant à partir de données bibliographiques l'âge des principaux ensembles sédimentaires du Crétacé inférieur portugais, et l'analyse séquentielle de certaines coupes par A. LOMBARD [1958].

Les Services Géologiques du Portugal ont édité ces dernières années des cartes géologiques au 1/50 000, très précises et détaillées, couvrant l'ensemble de mon domaine d'études. Les notices explicatives ont été notamment rédigées par G. ZBYSZEWSKI, F. MOITINHO D'ALMEIDA, C. TORRE DE ASSUNÇÃO, J. CAMARATE FRANÇA, G. MANUPELLA et O. DA VEIGA FERREIRA; pour ce qui concerne le Crétacé inférieur, les auteurs ont joint aux résultats de CHOFFAT les données nouvelles recueillies, en particulier, par la Companhia dos Petróleos de Portugal.

Je rappellerai enfin l'importance des travaux de FREIRE DE ANDRADE [1937] et de G. ZBYSZEWSKI [1958] qui, sans étudier spécialement le Crétacé inférieur, ont apporté de précieuses indications sur les caractères structuraux de l'Estremadura au Mésozoïque.

2° LES PROBLÈMES POSÉS

Si l'on fait le bilan des recherches, on constate que la seule description d'ensemble du Crétacé inférieur date de plus de 60 ans: c'est l'oeuvre de CHOFFAT. Pour si admirable que soit cette synthèse, il est bien évident que des imperfections ou des lacunes inhérentes à l'ancienneté du travail, aux techniques et aux conceptions scientifiques de l'époque, peuvent être actuellement décelées. Divers problèmes se posaient donc lorsque j'entrepris mon étude.

Problèmes d'ordre stratigraphique: la révision des macrofaunes et l'examen des microfossiles contenus dans les séries carbonatées des environs de Lisbonne ne devaient-ils pas amener des modifications dans les attributions stratigraphiques, en fonction de nos connaissances sur la répartition verticale des organismes? Les corrélations avec la région d'Ericeira et la Serra da Arrábida — qui paraissaient déjà discutables à la seule

lecture de la note de CHOFFAT [1904] — n'allaient-elles pas être rectifiées à la lumière des données de la micropaléontologie et de l'analyse séquentielle? L'utilisation des microflores ne pouvait-elle pas permettre de construire une échelle stratigraphique dans les séries détritiques?

Problèmes d'ordre sédimentologique: aucune reconstitution paléogéographique n'avait été réalisée. Or, le schéma apparemment simple de la distribution des faciès au Crétacé inférieur amenait à penser que le paysage devait être peu complexe et relativement bien définissable; une analyse des milieux de dépôt pouvait donc se révéler très fructueuse et présenter un intérêt dépassant le cadre strict du Crétacé de l'Estremadura. Plusieurs buts de recherches s'offraient: description des caractères des sédiments dans les divers domaines de dépôt; enchaînement des faciès dans l'espace et dans le temps; relations entre formations marines et continentales.

Les travaux stratigraphiques m'ont par ailleurs conduit à aborder des *problèmes d'ordre paléontologique:* il m'est apparu, dès les premières années de travail, que les Echinides, abondants et variés, devaient jouer un grand rôle chronostratigraphique. Nombre d'espèces n'avaient pas été décrites; d'autres devaient être révisées. Leur examen détaillé s'imposait donc.

3° LES MÉTHODES ET TECHNIQUES D'ÉTUDE

Des problèmes ainsi posés et de ma formation géologique personnelle découlent les méthodes et techniques d'étude qui furent employées.

Une analyse stratigraphique nécessite:

— l'étude des relations géométriques entre les ensembles sédimentaires; elle a été assurée par une cartographie du Crétacé inférieur au 1/25 000, parfois au 1/50 000, que facilitait l'utilisation de photographies aériennes et de l'excellente carte géologique du Portugal au 1/50 000 (*);

— le levé de coupes détaillées, complété par l'observation des autres affleurements, afin de définir la succession verticale et de saisir les variations de faciès;

— la détermination des organismes collectés. J'ai personnellement étudié les Echinides (certaines identifications ont été vérifiées par M. A. DEVRIÈS), les Foraminifères (pour lesquels j'ai bénéficié des conseils et de l'aide de MM. W. MAYNC, B. PRESTAT, L. BRUN et J. CHEVALIER) et quelques Algues. L'analyse des Ostracodes a été confiée à M. H. J. OERTLI, celle des Characées à M. L. GRAMBAST, celle des Spores et Pollens à M. C. BOULOUARD, celle des Ammonites à M. R. BUSNARDO. M. J. EMBERGER a déterminé la plupart des Algues. Les autres groupes fossiles n'ont pas été révisés en raison, soit d'études récentes (tel est le cas des flores décrites en 1948 par C. TEIXEIRA), soit de leur faible intérêt stratigraphique ou de leur représentation trop limitée.

Une interprétation des milieux de dépôt exige, sur le terrain et au laboratoire, l'utilisation de diverses techniques de recherche.

J'ai partiellement fait appel, pour les études des coupes, aux méthodes de l'analyse séquentielle mises au point par A. LOMBARD [1956], aussi bien dans les séries dé-

---

(*) D'une manière générale, les contours relatifs au Jurassique, au Crétacé supérieur et au Tertiaire présentés dans cet ouvrage sont repris de la carte géologique du Portugal au 1/50 000.

tritiques que carbonatées.. En ce qui concerne les calcaires, les examens des microfaciès s'avéraient indispensables; à la reconnaissance des associations faunistiques fut jointe une description micropétrographique. Il me fallut donc choisir entre les diverses nomenclatures actuellement proposées. La classification de R. FOLK [1962] m'a paru la plus susceptible d'être adaptée aux formations portugaises et aux problèmes posés; mais, ne voulant pas m'enfermer dans un cadre trop étroit et parfois trop rigide, j'ai préféré m'inspirer des principes de ce système, tout en n'utilisant pas strictement les termes proposés. C'est ainsi que j'ai distingué:

— un ciment cryptocristallin (diamètre des grains inférieur à 4 microns), microcristallin (diamètre compris entre 4 et 20 microns), cristallin ((diamètre supérieur à 20 microns);

— des particules ou éléments figurés (ou «allochems»): oolithes; éléments arrondis dépourvus de structure concentrique (gravelles»); débris anguleux de coquilles ou de sédiments calcaires («éléments bioclastiques et lithoclastiques anguleux»).

L'emploi de certains termes particuliers m'a semblé nécessaire pour désigner certains types mixtes ou fortement différenciés: calcaires «grumeleux» — formés de particules à contours flous —; calcaires «microclastiques» — caractérisés par la présence, dans un fond cryptocristallin, d'une infinité de minuscules débris [P. RAT, 1959, p. 111] — calcaires organogènes, calcaires microbréchiques...

L'analyse des formations détritiques a comporté:

— l'étude de la composition du ciment et des principaux éléments, afin de reconnaître la nature des roches-mères;

— la définition des stratifications (horizontales, obliques, entrecroisées); la mesure de la direction et de la valeur angulaire de la pente, dans les stratifications obliques et entrecroisées; la mesure de l'inclinaison et de l'orientation des galets. Ces divers examens ont pour but de définir le sens des écoulements liquides;

— l'évaluation du centile qui détermine la compétence du courant. J'ai fait appel à la méthode de J. PERRIAUX [1961, p. 139];

— l'étude morphométrique des galets: calcul des indices d'émoussé, d'aplatissement et de dissymétrie qui permettent d'identifier la nature de l'agent de transport et d'apprécier le degré d'usure des matériaux. Cette analyse fut menée selon les méthodes préconisées par A. CAILLEUX et J. TRICART [1963, p. 259]. Des lots de 50 ou 100 galets furent utilisés;

— l'examen des caractères morphoscopiques des grains de sable. Je me suis limité à une évaluation rapide et approximative des pourcentages de grains non usés et émoussés, mats et luisants, cariés et fissurés. Ces données apportent des indications sur les agents de fragmentation et de façonnement des éléments;

— l'étude granulométrique des sables. Les formations étaient suffisamment meubles pour donner lieu à des tamisages. Les tamis de la série de TYLER ont été employés. Les courbes cumulatives furent ensuite construites; les quartiles et déciles établis; les coefficients de classement, d'asymétrie et d'angulosité calculés;

— l'étude granulométrique des conglomérats. Les niveaux détritiques très grossiers sont relativement rares. Pour des raisons pratiques, j'ai mené cette étude selon la méthode linéaire [A. CAILLEUX et J. TRICART, 1963, p. 139].

Enfin, quelques échantillons d'argiles ont été analysés aux rayons X par le Laboratoire de Minéralogie de l'Université Paul Sabatier et par le département de Géochimie du Centre de Recherches de la SNPA (Pau).

Nous voyons que cette analyse sédimentologique n'a revêtu qu'un caractère très limité. Les observations, trop ponctuelles, visaient certains problèmes précis et plusieurs techniques (en particulier l'identification des minéraux lourds) ont été délais-

sées, car elles ne me semblaient pas devoir répondre aux buts que je me proposais d'atteindre. Le travail que je présente ne doit être regardé que comme une première ébauche; par les résultats obtenus et les hypothèses avancées, il appelle des recherches complémentaires.

Je tenterai, à l'aide de toutes les données ainsi recueillies, de reconstituer les milieux de dépôt. J'utiliserai alors un certain nombre de termes géographiques ou océanographiques. La majorité d'entre eux, d'usage courant, ne demande aucune explication. Par contre, la nomenclature des environnements de mer épicontinentale est, peut-être, moins répandue; j'ai donc jugé utile de présenter une illustration schématique (*fig.* 4) permettant de localiser les principales subdivisions verticales et horizontales du domaine benthique sur le plateau continental; les ouvrages fondamentaux de Ph. KUENEN [1950], A. GUILCHER [1954], A. LOMBARD [1956] et J. M. PÉRÈS [1961] fourniront les définitions aux lecteurs qui les désirent.

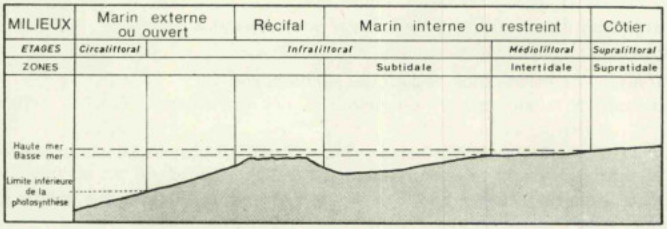


FIGURE 4. — *Les domaines de sédimentation en mer épicontinentale.*

Ce schéma indique les relations de nomenclature entre les milieux de dépôt, les étages biologiques et les zones marégraphiques.

4.° PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

L'ouvrage s'ordonnera en deux parties:

1re partie: analyse stratigraphique. Chaque chapitre regroupera les formations appartenant à un étage, à groupe ou une fraction d'étage en fonction des grands événements survenus dans le bassin sédimentaire ou des coupures aisément identifiables sur le terrain. A la suite de la description de séries de référence seront analysés les principaux faciès rencontrés. Le chapitre débutera par l'étude des formations à prédominance carbonatée; les formations mixtes (à calcaires et grès alternés), puis détritiques seront ensuite détaillées. Ainsi se dégagera, pour chaque âge, le paysage de l'Estremadura.

Une synthèse générale présentée à la fin de cette première partie, rappellera les résultats obtenus: sucession des unités sédimentaires; attributions stratigraphiques; données des fossiles; caractères des sédiments dans les divers milieux de dépôt; cadre paléogéographique; fluctuations de la nappe d'eau; mouvements orogéniques. Je m'effor-

cerai de déterminer les facteurs qui, en Estremadura et au Crétacé inférieur, ont pu régler les variations de la sédimentation dans le domaine marin et continental.

2e partie: analyse paléontologique. Je décrirai uniquement les Echinides car ils constituent le seul groupe pour lequel des recherches personnelles ont amené des résultats nouveaux. Une description par espèces, selon l'ordre de la classification zoologique, sera proposée. Les Spatangidés, nombreux et variés, se prêteront à des études phylogéniques. Les distributions verticales et géographiques des Echinides de l'Estremadura seront examinées à la fin de l'ouvrage.

PREMIÈRE PARTIE

ANALYSE STRATIGRAPHIQUE

CHAPITRE PREMIER

LES COUCHES DE PASSAGE DU JURASSIQUE AU CRÉTACÉ

SOMMAIRE

HISTORIQUE 29
DESCRIPTION DE DÉTAIL 31

1. — *Analyse stratigraphique des «couches à Anchispirocyclina lusitanica».*
Coupe d'Aldeia de Juzo 31
Coupe de Brouco 35
Résumé des données acquises 39

II. — *Le Berriasien calcaire.*
Versant sud du massif de Sintra 40
Versant nord du massif de Sintra 44
Terminaison orientale du massif de Sintra 47
Dome de Mata 47
Dome d'Olela 49
Dome de Brouco 50
Récapitulation — milieu de dépot 51
Comparaison avec les couches de passage du Jurassique au Crétacé de divers pays d'Europe 52

III. — *Le Berriasien calcáreo-détritique.*
Les affleurements septentrionaux (régions d'Ericeira et de Malveira) 54
Les affleurements méridionaux (environs du Cap Espichel) ... 60
Récapitulation — milieu de dépot 65

IV. — *Le Berriasien détritique.*
Analyse stratigraphique.
Serra da Arrábida 66
Flanc nord du synclinal de Pero Pinheiro 66
Bassin de Runa 68
Bassin de Torres Vedras 68
Lambeau d'Abrigada 69
Lambeau de Cercal 70
Cuvette de Galiota 70
Bassin d'Alcanede 70
Conclusions 70

Remarques sédimentologiques
L'architecture des dépots 71
Les stratifications 73
Les galets 73
Les grès 77
Les argiles 77

Récapitulation — milieu de dépot 79
RÉSUMÉ STRATIGRAPHIQUE 79
SYNTHÈSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE 80

HISTORIQUE

C'est à CHOFFAT que l'on doit la première analyse détaillée des couches de passage du Jurassique au Crétacé [1885, 1901] et la création de deux noms d'étages locaux qui persistèrent longtemps dans la littérature, le «Freixialin» et l'«Infravalanginien».

Dans la région de Sintra, de Cascais et de Brouco ces deux formations sont essentiellement calcaires:

— le «Freixialin», à la partie inférieure, est caractérisé par quelques espèces de Cyrènes accompagnées de *Trigonia kobyi* et de *T. freixialensis;*

— l'«Infravalanginien», à la partie supérieure, se décompose lui-même en trois niveaux: les calcaires inférieurs, les couches à Foraminifères et les calcaires à *Cyprina infravalanginiensis*. Au-dessus viennent les assises valanginiennes à *Leviathania leviathan*.

La limite entre «Freixialin» et «Infravalanginien» est matérialisée par quelques bancs calcareux jaunes. L'«Infravalanginien» contient, dès sa base, *Pterotrigonia caudata*, fossile considéré comme un bon marqueur du Crétacé. De ce fait, CHOFFAT admit que le terme d'«Infravalanginien» etait synonyme de Berriasien [1885, p. 2; 1901, p. 139] et celui de Freixialin» synonyme de Portlandien [1901, p. 114]. Les lits de calcaire jaune se placeraient donc au voisinage de la limite entre Jurassique et Crétacé [1901, p. 124].

Dans les régions plus méridionales et septentrionales, les dépôts détritiques prennent un grand développement. CHOFFAT proposa les corrélations suivantes:

— *Cap Espichel* [1901, 1904]: le Portlandien, calcaire et marneux, épais de près de 200 m, serait surmonté de grès fins (à la base) et grossiers (au sommet) qui représenteraient l'«Infravalanginien» et le Valanginien.

— *Nord d'Ericeira* [1904]: le Portlandien et la base du Crétacé sont formés, de part et d'autre du Rio Safarujo, de grès fins alternant avec des calcaires gris à jaune verdâtre. Les bancs calcaires jurassiques contiennent *Trigonia freixialensis*, les bancs crétacés *Pterotrigonia caudata*. 16 km plus au SE, au N du hameau de Cariços, des bancs calcaires à *Pterotrigonia caudata* s'intercalent dans des grès rouges et bleus.

— *Nord du Rio Safarujo* (contrée des lignes de forts de Torres Vedras): les marnes, calcaires, et grès portlandiens sont surmontés de grès crétacés indifférenciés [1901]. Le Portlandien passe vers le N à des formations détritiques rouges, tandis que les grès crétacés seraient de teinte claire [1891]. Le gisement de végétaux fossiles découvert à São Sebastião, dans le bassin de Runa, se situerait à la limite entre Jurassique et Crétacé.

Les successions et datations proposées par CHOFFAT ont été longtemps indiscutées. Elles sont reproduites telles quelles dans les notices explicatives des cartes géologiques du Portugal au 1/50 000 (feuilles de Sintra, Cascais, Setúbal, Torres Vedras, Alenquer, Bombarral et Lourinhã), ainsi que dans une descripition de la région de Cascais [G.

ZBYSZEWSKI, 1964]. Quelques recherches spécialisées fournirent sur certains points des précisions supplémentaires, sans altérer l'oeuvre de CHOFFAT: c'est ainsi que C. TEIXEIRA [1948] rapporta au Crétacé le gisement de São Sebastião et que A. LOMBARD [1958] fit quelques observations lithologiques sur les couches de passage du Jurassique au Crétacé des environs de Malveira da Serra et d'Ericeira.

Les attributions stratigraphiques furent remises en question par le biais de recherches micropaléontologiques: CHOFFAT [1901] avait cité dans ces formations deux Foraminifères, *Dicyclina lusitanica*, confiné à la partie supérieure du «Freixialin» et *Spirocyclina infravalanginiensis*, connu dans l'«Infravalanginien». Après SCHLUMBERGER [SCHLUMBERGER et CHOFFAT, 1904], W. MAYNC [1959] démontra que ces deux organismes représentaient les deux générations d'une même espèce, *Iberina (= Anchispirocyclina) lusitanica* (EGGER). Dans le cadre de cette étude, il décrivit divers organismes dans le «Freixialin», tels *Everticyclammina virguliana, Alveosepta jaccardi, Ammobaculites coprolithiformis sequana, Cytherella suprajurassica* et *Cytherelloidea weberi* qui l'incitèrent à placer cet étage local dans le Kimméridgien inférieur (sens ARKELL). L'«Infravalanginien» datait dès lors du Jurassique terminal et les couches à *Leviathania. leviathan* sus-jacentes étaient rapportées au Berriasien.

C'est la même échelle stratigraphique que proposa J. WIEDMANN [1963].

A. T. ROCHA et J. N. GOMES [1964, 1967] s'opposèrent à cette interprétation. Ils réfutèrent tous les arguments avancés par W. MAYNC et précisèrent, notamment, que les microfaunes citiées dans le Freixialin» n'étaient connues, en fait, qu'à la partie intérieure de la formation et non pas sur toute son épaisseur. Ils reprirent les datations de CHOFFAT, sans les étayer par des données nouvelles.

Signalons enfin que, selon la notice explicative de la feuille de Setúbal au 1/50 000 [1965], les géologues de la Companhia dos Petróleos de Portugal ont analysé la coupe du Cap Espichel et attribué au Valanginien inférieur *s. l.* (= Berriasien) les 86 m supérieurs de calcaires et marnes considérés comme portlandiens par CHOFFAT et kimméridgiens par W. MAYNC.

★

Plusieurs problèmes restaient donc en suspens au début de mes recherches sur le Crétacé inférieur portugais:

— quel est l'âge du «Freixialin» et de l'«Infravalanginien» dans la région de référence de Cascais, Sintra et Brouco? Où se situe la limite entre Jurassique et Crétacé? Une analyse micropaléontologique restait à faire, qui pouvait apporter des données nouvelles dans une controverse demeurée stérile en l'absence de tout levé de coupe précis.

— Quelles sont les formations de la base du Crétacé au Cap Espichel, au N d'Ericeira et jusqu'au méridien de Caldas da Rainha?

— Dans quels milieux et sous quelles conditions se sont déposées les couches de passage du Jurassique au Crétacé?

Des approches de solutions furent présentées en cours d'étude: en collaboration avec L. GRAMBAST, H. J. OERTLI et M. RAMALHO [1968], j'ai prouvé l'âge berriasien de l' «Infravalanginien». Avec M. RAMALHO [1969], j'ai proposé des corrélations stratigraphiques précises entre les séries de Cascais et de Brouco, du Cap Espichel et du N d'Ericeira. Enfin, j'ai signalé la présence dans le bassin de Torres Vedras de grès purbeckiens compris entre le Portlandien et le Valanginien [1970]. Une synthèse de ces résultats fut récemment présentée [1971].

DESCRIPTION DE DÉTAIL

La répartition géographique des faciès et le domaine de recherches qui m'a été attribué vont régler le plan de cette étude: par convention, mes travaux concernent uniquement le Crétacé. Il convient cependant de définir les premières assises du système et de les replacer dans leur contexte évolutif. J'analyserai donc au moyen de deux coupes toutes les couches qui renferment *Anchispirocyclina lusitanica*, c'est-à-dire, approximativement, le «Freixialin» et l'«Infravalanginien». Je proposerai alors une échelle stratigraphique et j'identifierai les termes de base du Crétacé.

Les premières formations du Crétacé ainsi délimitées feront l'objet d'une étude détaillée. Je décrirai sucessivement les trois grands types de dépôts, répartis sur trois aires géographiques diférentes:

— *les dépôts carbonatés*, connus seulement dans la région de Cascais, Sintra et Brouco. Ils seront comparés, en fin d'analyse, avec les couches de passage du Jurassique au Crétacé d'Angleterre, de France et de Suisse;

— *les dépôts calcaréo-détritiques*. Ils affleurent au Cap Espichel et entre Ribamar (N d'Ericeira) et Asseiceira Grande (N de Venda do Pinheiro);

— *les dépôts détritiques*, dépourvus de toute intercalation calcaire. Ils s'étendent au N de Ribamar et au N et à l'E d'Asseiceira Grande, ainsi que dans la Serra da Arrábida.

I. — ANALYSE STRATIGRAPHIQUE DES «COUCHES A ANCHISPIROCYCLINA LUSITANICA»

Les «couches à *Anchispirocyclina lusitanica*» sont essentiellement calcaires sur le pourtour de la Serra de Sintra et, plus à l'E, dans les dômes de Brouco et d'Olela. Les affleurements de ces contrées se prêtent donc bien à une étude de détail. Les deux coupes qui nous feront découvrir la succession stratigraphique ont été relevées, l'une sur le versant S du Massif de Sintra, l'autre dans le dôme de Brouco.

1.° COUPE D'ALDEIA DE JUZO

Le flanc méridional de la Serra de Sintra plonge régulièrement vers le S (*fig. 3*). Il est haché de nombreux décrochements et failles transverses. Une coupe fut décrite par CHOFFAT [1885, p. 27] au SW du Massif, à l'W du village de Murches. Elle fut reprise par A. LOMBARD [1958, p. 69] le long de la route E. N. 9.1; mais cet auteur ne tint pas compte des accidents qui perturbent la succession. C'est dans ce même secteur, au N du village d'Aldeia de Juzo, de part et d'autre de la route E. N. 9.1, que je vais définir la série stratigraphique. La partie inférieure de la série a été étudiée 100 m à l'W de la route E. N. 9.1, de part et d'autre d'un petit thalweg (*fig. 5*); les couches plongent à 55° vers le S; quelques marnes ont été prélevées au bord de la route. La partie supérieure a été analysée 400 m à l'E de la route, au NE de la Quinta do Serradão; seuls apparaissent les niveaux calcaires, à pendage de 80° S. Les bancs marneux, masqués par le sol et la végétation, ne peuvent être convenablement décrits.

On relève, au-dessus de calcaires kimméridgiens dépourvus d'*Anchispirocyclina lusitanica*, la succession suivante;

1. *a*) Calcaires gris foncé, cryptocristallins, par places grumeleux, pauvres en éléments clastiques, formant des bancs épais de 0,50 m à 1 m intercalés de marnes calcareuses à nodules calcaires. Quelques *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) sont associées à *Pseudocyclammina* gr. *lituus* (YOK.), *Rectocyclammina chouberti* HOTT., *Haplophragmoides* sp., *Textulariidae, Trocholina alpina* (LEUP.), *Lenticulina* sp., sections de Gastéropodes. Lamellibranches, Annélides, *Cytherella turgida* DONZE, *Schuleridea* sp., *Cytherelloidea* aff. *paraweberi* OERTLI, *Eocytheropteron* sp., *Protocythere* gr. *helvetica* OERTLI; quelques bancs sont riches en *Permocalculus* sp. (11 m).

b) Calcaires gris foncé, cryptocristallins, à passées grumeleuses et éléments bioclastiques dispersés. Des bancs calcaires de 0,50 m à 1 m alternent avec des interbancs marneux gris à jaunâtres. Ce niveau est riche en *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudospirocyclina mannci* HOTT., *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN), *Freixialina planispiralis* RAMALHO, *Rectocyclammina chouberti* HOTT., *Haplophragmoïdes* sp.,, qu'accompagnent *Neotrocholina* sp., *Miliolidae*, *Nautiloculina* sp., *Lenticulina* sp., sections de Gastéropodes, Lamellibranches, Annélides, dents de Poissons, *Cytherella turgida* DONZE, *Schuleridea* aff. *paraweberi* OERTLI, *Permocalculus* sp. et *Actinoporella* sp. (19 m).

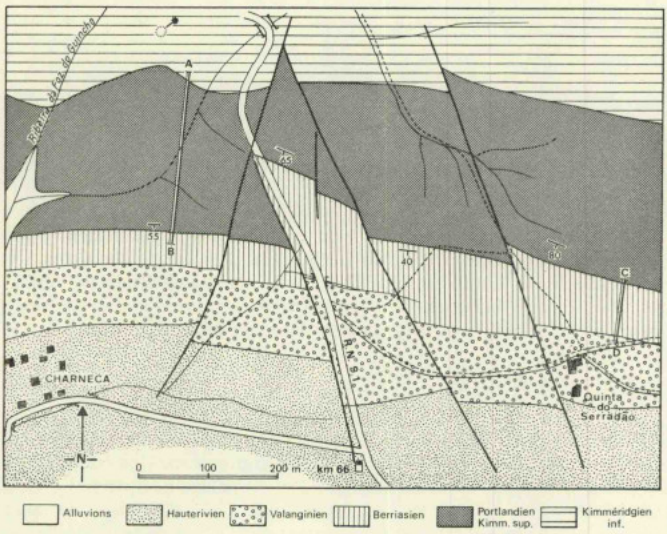


FIGURE 5. — *Les couches de passage du Jurassique au Crétacé d'Aldeia de Juzo. Croquis de situation.*

Les traits A-B et C-D indiquent la position des coupes.

c) Marnes et marnes calcareuses à nodules calcaires, intercalées de bancs minces et rares de calcaires cryptocristallins à plages grumeleuses, pauvres en éléments clastiques. De rares *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) sont accom-

pagnées de *Pseudospirocyclina maynci* HOTT., *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN), *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Haplophagmoïdes* sp., dents de Poissons, radioles d'Oursins, sections de Gastéropodes, Lamellibranches et Annélides, *Cytherella turgida* DONZE, *Schuleridea* aff. *rhomboidalis* NEALE, *Fabanella* sp., *Eocytheropteron* sp., *Cypridea* sp., et *Permocalculus* sp. (10,50 m).

2. *a*) Calcaires gris, en bancs serrés, bien développés, épais de 0,50 à 1,20 m, intercalés de rares et minces passées marneuses. Les surfaces de stratification sont onduleuses. Les calcaires sont bruns en sections minces et composés d'un ciment cryptocristallin, microcristallin ou grumeleux, à îlots et fissures de retrait cristallins et éléments bioclastiques. *Miliolidae* et Algues sont abondants. Parmi ces dernières prédominent les Codiacées (*Permocalculus* sp.) associées à des Dasycladacées (*Macroporella embergeri* BOUROULLEC et DELOFFRE, *Actinoporella podolica* ALTH., *Munieria maconica* DEECKE, *Cylindroporella* sp., *Salpingoporella* sp.). J'y ai observé, en outre, *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN), *Freixialina planispiralis* RAMALHO, *Nautiloculina* sp., *Trocholina alpina* (LEUP.), *Ataxophragmiidae*, sections de Gastéropodes, Lamellibranches, Annélides et radioles d'Echinides. *Pseudospirocyclina maynci* HOTT. persiste dans les 15 premiers m. A la partie supérieure apparaît *Feurtillia frequens* MAYNC (46 m).

b) Calcaires gris foncé, à stratifications onduleuses, cryptocristallins, par places grumeleux, à rares éléments clastiques, intercalés de marnes calcareuses et renfermant *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Miliolidae*, *Nautiloculina* sp., des sections de Gastéropodes, Lamellibranches, Annélides, d'abondantes Dasycladacées (*Salpingoporella annulata* CAROZZI, *Munieria* sp., *Actinoporella* sp.) et de rares *Permocalculus* sp. (16 m).

3. *a*) Calcaires gris foncé, en bancs onduleux épais de 0,50 à 1 m, brunâtres en sections minces, à joints stylolithiques, alternant avec des passées plus marneuses à nodules calcaires. Un filon-couche de basalte s'intercale à 2 m du toit. Le calcaire est généralement cryptocristallin. L'un des bancs présente des gravelles et éléments bioclastiques liés par un ciment cryptocristallin. On reconnaît ici *Rectocyclammina* sp., *Haplophragmoides* sp., *Pseudocyclammina* sp., de nombreux *Miliolidae*, *Nautiloculina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.), des sections de Gastéropodes et Lamellibranches, ainsi que d'abondantes Dasycladacées (*Munieria* sp. et *Actinoporella* sp.) (12,50 m).

b) Banc de calcaire gris, oolithique et graveleux , à fond cryptocristallin. Des *Miliolidae* composent les gravelles et occupent les nuclei des oolithes. Quelques débris de Lamellibranches sont dispersés dans la roche (0,50 m).

c) Calcaires gris clair, foncés sur la tranche, en bancs onduleux de 0,50 à 1,20 m, alternant avec de minces et rares interbancs marneux. Le calcaire est brun en sections minces, cryptocristallin ou grumeleux, à nombreux îlots et fissures de retrait emplis de calcite cristalline; quelques bancs sont graveleux et microclastiques. *Trocholina elongata* (LEUP.) et *Tr. alpina* (LEUP.) sont accompagnées de *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Rectocyclammina chouberti* HOTT., *Feurtillia frequens* MAYNC, radioles d'Oursins, sections de Mollusques, rares *Permocalculus* sp. et Dasycladacées (12 m).

4. *a*) Banc de calcaire jaune, microcristallin, à imprégnations ferrugineuses, azoïque (1,20 m).

b) Calcaires gris clair, en bancs épais de 0,50 à 1 m, intercalés de minces passées plus marneuses. Le calcaire, cryptocristallin à grumeleux, offre de larges plages et îlots de retrait cristallins. Certains bancs contiennent des gravelles cryptocristallines claires mal différenciées. *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) est associée à *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Feurtillia frequens* MAYNC, *Haplophragmoides* sp., *Lenticulina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.), *Miliolidae*, *Textulariidae*, *Nautiloculina* sp., *Macroporella embergeri* BOUROULLEC

et DELOFFRE, *Salpingoporella* sp. et autres Dasycladacées, débris de Lamellibranches (19 m).

c) Calcaire jaune, grumeleux, cryptocristallin ou microcristallin, à îlots et fissures de retrait emplis de limonite, à Ostracodes et fructifications de Charophytes (0,20 m).

d) Calcaires gris clair, intercalés de minces bancs marneux peu visibles. Le calcaire est généralement cryptocristallin. Cependant, un banc médian, jaunâtre, se compose d'un ciment cristallin à cryptocristallin liant d'abondantes gravelles et des éléments bioclastiques. On note la présence d'*Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Feurtillia frequens* MAYNC, *Miliolidae*, *Nautiloculina* sp., *Lenticulina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.), sections de Gastéropodes et de Lamellibranches, *Permocalculus* sp., *Actinoporella* sp. (8 m).

5. Marnes gris clair, à nodules calcaires, en lits épais de 0,50 m intercalés de minces dalles de calcaire gris clair en stratifications onduleuses. Le niveau est très riche en *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) associées à *Aptyxiella infravalanginiensis* (CHOF.), Lamellibranches, *Miliolidae* (7,50 m).

6. *a*) Calcaires massifs, compacts, en bancs de 1 à 2 m, à interbancs légèrement plus marneux pétris d'*Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER). Le calcaire, cryptocristallin, est souvent chargé de gravelles cryptocristallines et d'éléments bioclastiques. Les Anchispirocyclines sont accompagnées d'*Aptyxiella infravalanginiensis* (CHOF.),, *Cyprina infravalanginiensis* (CHOF.), *Feurtillia frequens* MAYNC, *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Trocholina alpina* (LEUP.), *Textulariidae*, *Miliolidae*, radioles d'Oursins, *Salpingoporella annulata* CAROZZI, *Munieria* sp., *Actinoporella* sp., *Clypeina lucasi* EMBERGER (9,50 m).

b) Marnes mal visibles, alternant avec de minces bancs de calcaires gris clair en surface, sombres sur la tranche, à organismes fragmentaires et remaniés, à ciment cryptocristallin. Les deux bancs terminaux, plus épais, très sombres, présentent des poches emplies de limonite. Ce niveau a fourni *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Trocholina alpina* (LEUP.), *Tr. molesta* GORB., *Miliolidae*, sections de Lamellibranches, *Actinoporella* sp., *Salpingoporella annulata* CAROZZI (8 m).

Anchispirocyclina lusitanica (EGGER) n'existe plus dans les assises calcaires et marneuses sus-jacentes, rapportées au Valanginien.

Dans une série calcaire et marneuse aussi monotone, l'examen minutieux, qualitatif et quantitatif, de toutes les données micropétrographiques et micropaléontologiques permet, seul, de découper et d'interpréter la succession stratigraphique. Une telle analyse conduit à décomposer les «couches à *Anchispirocyclina lusitanica*» en deux ensembles:

— *un ensemble inférieur* (niveaux 1, 2 et 3) sédimenté dans un milieu marin épicontinental, peu profond, confiné. Sur un fond très calme se développent les Lituolidés (niveau 1). Des prairies d'Algues se mettent en place avec l'accumulation des boues carbonatées du niveau 2: aux Codiacées (2a) succèdent dans le temps des Dasycladacées plus éloignées du rivage (2b). Cette installation des végétaux, témoignage d'une salinité normale des eaux, s'accompagne d'une prolifération des Miliolidés. Avec la sédimentation du niveau 3, le fond devient épisodiquement plus agité: les Lituolidés se raréfient; les herbiers à Dasycladacées, encore denses au début de cette phase (3a), s'appauvrissent ensuite (3c); les Miliolidés laissent la place aux Trocholines. Cet ensemble inférieur correspond au «Freixialin» de CHOFFAT [1901, p. 123];

— *un ensemble supérieur* (niveaux 4, 5 et 6) dans lequel se manifestent des épisodes saumâtres qui se traduisent (niveau 4) par l'intercalation de calcaires jaunes à Charophytes. La surface de sédimentation, toujours peu profonde, est alternativement calme et agitée. Les Lituolidés, d'abord rares (niveau 4), abondent ensuite (niveaux 5

et 6). Les calcaires du niveau 6 ne donnent aucune indication d'apports d'eaux douces: le fond du bassin voit réapparaître les Dasycladacées et s'accumuler les Trocholines. Cet ensemble supérieur représente la majeure partie de l'«Infravalanginien» de CHOFFAT [1885, p. 2]. Seuls en ont été dissociés les termes les plus élevés, c'est-à-dire la moitié supérieure des «couches à *Cyprina infravalanginiensis*» que je rapporte au Valanginien.

On peut constater que la limite entre l'ensemble inférieur et l'ensemble supérieur se place au premier banc de calcaires jaunes à Charophytes, soit à l'assise que CHOFFAT [1885, p. 3; 1901, p. 124] proposait comme limite entre le «Freixialin» et l'«Infravalanginien».

Du point de vue chronostratigraphique, les niveaux 1 et 2 à *Everticyclammina virguliana* et *Pseudospirocyclina maynci* pourraient être attribués au Kimméridgien supérieur ou au Portlandien inférieur [L. HOTTINGER, 1967, p. 108]. *Feurtilia frequens*, qui apparaît au sommet du niveau 2, est communément cité à partir du Portlandien [E. FOURCADE, 1970; M. NEUMANN, 1967]. Les niveaux 3, 4, 5 et 6 sont dépourvus ici de tout marqueur stratigraphique; nous pouvons seulement noter, pour le moment, qu'ils sont situés sous les calcaires valanginiens.

2° COUPE DE BROUCO

Cette coupe a été relevée sur le flanc S du dôme de Brouco, 20 km à l'ENE d'Aldeia de Juzo (*fig.* 11). Les «couches à *Anchispirocyclina lusitanica*», peu accidentées, plongent de 20° à 30° vers le S. De bons affleurements apparaissent de part et d'autre du Rio Jamor (*fig.* 6). C'est ainsi que la partie inférieure de la formation a été analy-

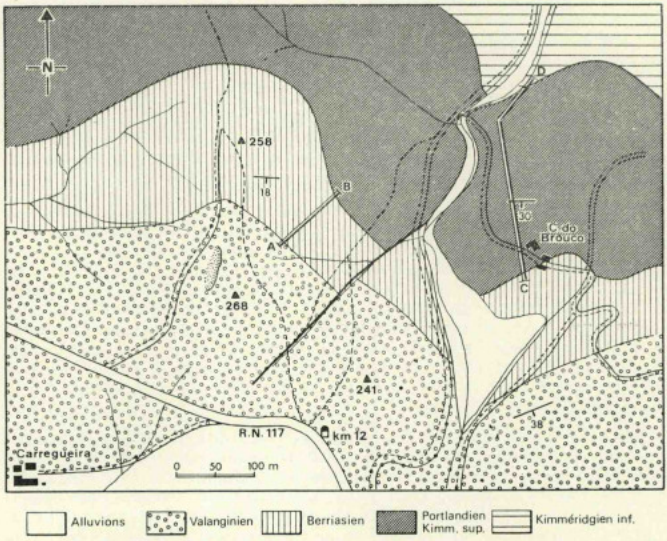


FIGURE 6. — *Les couches de passage du Jurassique au Crétacé de Brouco. Croquis de situation.* Les traits A-B et C-D indiquent la position des coupes.

sée sur le versant oriental de la vallée, au N de la ferme de Brouco. La partie supérieure est décrite à partir d'observations faites sur le versant occidental, 200 m au N de la route E. N. 117 reliant Belas à Sabugo

De la base au sommet, au-dessus de calcaires et marnes à *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN) dépourvus d'Anchispirocyclines, apparaît la série suivante (*fig.* 7):

1. *a*) Affleurements discontinus de calcaires gris clair, cryptocristallins, par places grumeleux, et de marnes à nodules calcaires. *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) est accompagnée de *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN), *Miliolidae*, sections de Lamellibranches et *Macroporella embergeri* BOUROULLEC et DELOFFRE (10 m).

b) Zone couverte (15 m).

2. *a*) Marnes à nodules calcaires intercalées de quelques bancs de calcaires gris clair, jaune pâle en sections minces, n'excédant pas 0,20 m d'épaisseur, à surfaces de stratification onduleuses. La roche est cryptocristalline, à plages microcristallines; elle contient peu d'éléments clastiques. De nombreux *Miliolidae* et de très abondantes Codiacées (*Permocalculus* sp.) sont associés à *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Nautiloculina* sp., *Textulariidae*, sections de Lamellibranches (12 m).

b) Calcaires gris clair, mal individualisés, en bancs onduleux, épais de 0,20 à 0,60 m, et marnes calcareuses à nodules calcaires. Les calcaires cryptocristallins, par places grumeleux, à éléments bioclastiques dispersés, renferment d'abondants *Miliolidae* et *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN), *Feurtillia frequens* MAYNC, *?Pseudospirocyclina maynci* HOTT., *Freixialina planispiralis* RAMALHO, *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.), *Nautiloculina* sp., sections de Lamellibranches, Gastéropodes (dont *Nerinea* sp.) et Ostracodes, *Permocalculus* sp., *Cylindroporella* sp., *Munieria* sp., *Actinoporella podolica* ALTH. et *Macroporella embergeri* BOUROULLEC et DELOFFRE (7 m).

c) Marnes calcareuses à nodules calcaires qui tendent à confluer pour former des bancs calcaires onduleux de 0,10 m d'épaisseur. Les marnes sont très riches en *Anchispirocyclina lusitanica*. Les calcaires, cryptocristallins, ont fourni, en outre, *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN) et des sections de Gastéropodes, Lamellibranches, Annélides, Entroques (4 m).

d) Calcaires gris clair, en bancs de 0,30 à 0,40 m, intercalés de marnes à nodules calcaires qui prédominent au sommet. J'ai trouvé dans les calcaires cryptocristallins, à plages grumeleuses et éléments bioclastiques dispersés dans certains bancs, *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Freixialina planispiralis* RAMALHO, *Feurtillia frequens* MAYNC, *Haplophragmoïdes* sp., *Ammobaculites* sp., *?Everticyclamina virguliana* (KOECHLIN), *Miliolidae*, *Nautiloculina* sp., *Textulariidae*, *Lenticulina* sp., sections de Gastéropodes et le Lamellibranches (dont des *Ostreidae*), dents de Poissons, osselets d'Ophiures, *Schuleridea* aff. *rhomboidalis* NEALE, *Cytherella turgida* DONZE, *Asciocythere* sp., *Protocythere* gr. *helvetica* OERTLI, de très abondants *Permocalculus* sp., *Cylindroporella* sp. et *Acicularia* sp. (10,50 m).

e) Marnes à nodules calcaires et minces bancs de calcaire gris, à surfaces de stratification onduleuses, sans ruptures de sédimentation. Un ciment cryptocristallin lie des éléments bioclastiques et des gravelles cryptocristallines. *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) est accompagnée d'abondants *Miliolidae* et *Permocalculus* sp., ainsi que de *Feurtillia frequens* MAYNC, *Trocholina elongata* (LEUP.), *Nautiloculina* sp., radioles d'Oursins, sections de Gastéropodes et de Lamellibranches, *Munieria* sp., *Actinoporella* sp., *Cylindroporella* sp. et *Acicularia* sp. (5,50 m).

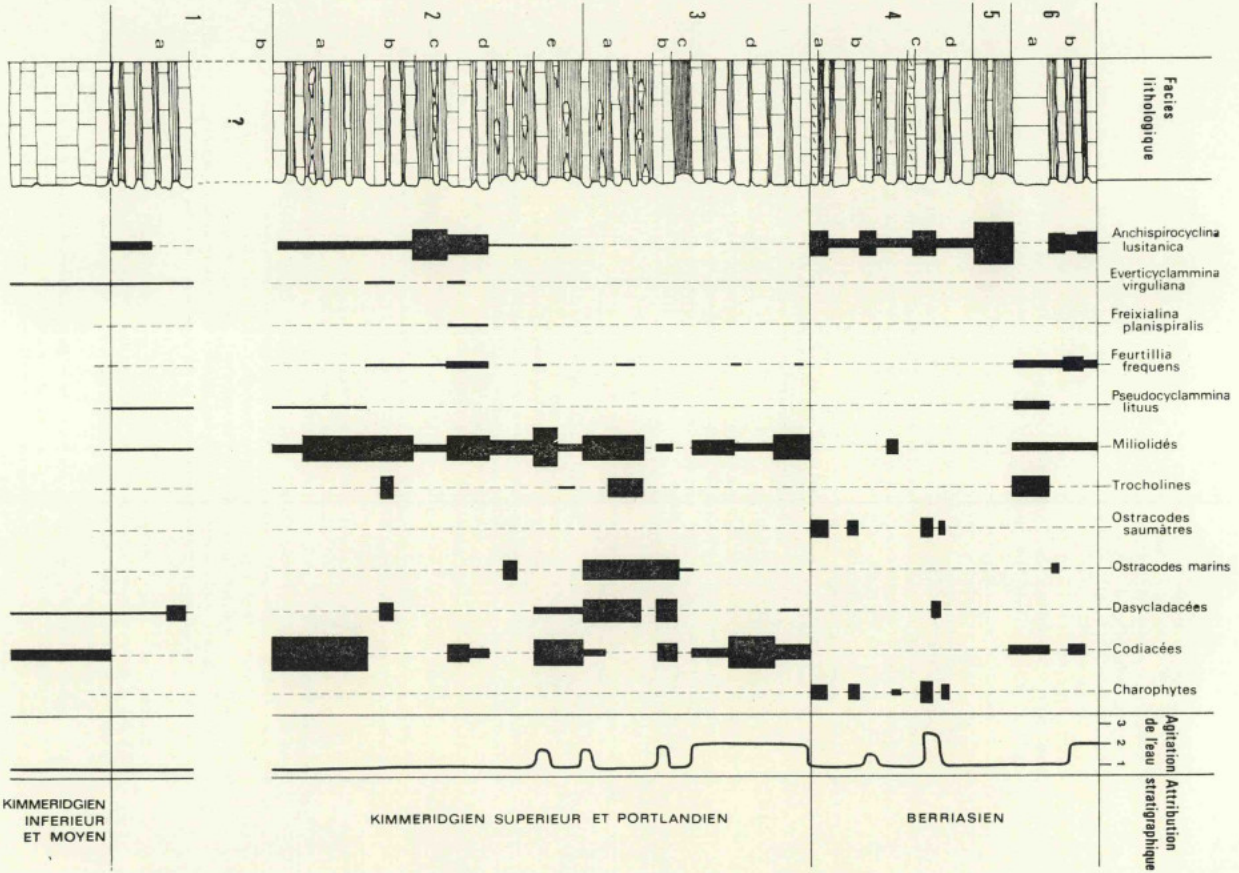


FIGURE 7. — *Coupe des couches de passage du Jurassique au Crétacé de Brouco et répartition verticaledes microorganismes.*

3. *a*) Marnes à nodules calcaires, en passées épaisses de plus de 2 m, alternant avec des bancs calcaires de 0,10 à 0,40 à surfaces de stratification onduleuses, cryptocristallins, microclastiques ou graveleux. J'y ai recueilli de nombreux *Miliolidae* et *Dasycladacées* (*Acicularia* sp., *Actinoporella podolica* ALTH., *Munieria baconica* DEECKE, *Cylindroporella* sp., *Terkuella* sp.), d'assez rares Codiacées (*Permocalculus* sp.) et *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.), *Feurtillia frequens* MAYNC, radioles d'Echinides, sections de Gastéropodes et de lamellibranches, *Schuleridea* aff. *rhomboidalis* NEALE, *Cytherella turgida* DONZE, *Asciocythere* sp., *Protocythere* gr. *helvetica* OERTLI (10,50 m).

b) Calcaires gris clair, en deux bancs séparés par un interbanc marneux brun. Le banc supérieur possède des terriers et une surface supérieure rubéfiée; le banc inférieur renferme des sections de Rudistes et *Ostreidae*. Les stratifications sont onduleuses. Les calcaires sont cryptocristallins ou graveleux, à ciment cristallin et îlots de retrait. La faune se compose de rares *Miliolidae*, *Trochamminidae*, *Lenticulina* sp., dents de Poissons, radioles d'Echinides, *Cytherella turgida* DONZE, *Cytherelloidea* aff. *paraweberi* OERTLI, *Asciocythere* sp., *Protocythere* gr. *helvetica* OERTLI. Les Algues (*Permocalculus* sp., *Actinoporella* sp.) sont assez nombreuses (2 m).

c) Marnes grises ou brunes, un peu schisteuses, reposant brusquement sur le banc sous-jacent, à dents de Poissons, Ostracodes et *Lenticulina* sp. (1 m).

d) Calcaires gris, à passées jaunâtres, en bancs bien individualisés, épais de 0,20 à 0,40 m, à stratifications onduleuses, intercalés de marnes à nodules calcaires mal visibles. Le ciment cryptocristallin, localement grumeleux, soude des gravelles cryptocristallines et des oolithes. Les *Miliolidae* et Codiacées (*Permocalculus* sp.) accompagnent de rares Dasycladacées (*Salpingoporella* sp.), *Feurtillia frequens* MAYNC et des sections de Mollusques (15 m).

4. *a*) Calcaire ocre jaune, microcristallin à cryptocristallin, stérile (0,50 m).

b) Calcaires gris clair en surface, jaunâtres sur la tranche, en bancs de 0,20 à 1 m, intercalés de marnes argileuses vertes et d'argilites grises. Les calcaires, cryptocristallins, à rares éléments clastiques dispersés ou émoussés, renferment des oogones de Charas, *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Miliolidae*, sections de Gastéropodes et Lamellibranches. Les marnes ont fourni, en outre, *Cypridea* sp., *Cypridea* gr. *praecursor* OERTLI, *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Eocytheropteron* sp. 1, *Mantelliana* gr. *purbeckensis* (FORBES) (11 m).

c) Calcaire jaune, microcristallin, à plages de sidérose, stérile (0,50 m).

d) Calcaires gris clair, en bancs de 0,20 à 1 m, cryptocristallins, par places grumeleux, à éléments clastiques peu nombreux, avec *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), sections de Lamellibranches (dont *Trigonia* sp.), *Actinoporella* sp., *Cylindroporella* sp. et marnes vertes ou blanches à Anchispirocyclines, *Verneuilinoides* sp., *Rectocyclammina* sp., *Ammobaculites* sp., *Lenticulina* sp., *Miliolidae*, dents de Poissons, *Mantelliana* gr. *purbeckensis* (FORBES), *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Eocytheropteron* sp. 1, *Paracypris* aff. *arcuatilis* DONZE, *Schuleridea* aff. *rhomboidalis* NEALE, *Cytherella turgida* DONZE, *Asciocythere circumdata* DONZE, *Globator maillardi* (SAP.), *Nodosoclavator bradleyi* (HARRIS), *Flabellochara grovesi* (HARRIS), *Porochara* sp. et tiges de charophytes. Les formes recueillies dans les résidus de lavage sont usées et patinées; les valves d'Ostracodes sont emboîtées les unes dans les autres, preuves d'agitation et de balancement des eaux (8 m).

5. Marnes calcareuses grises, très riches en *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) et *Aptyxiella infravalanginiensis* (CHOF.), intercalées de marnes verdâtres, glauconieuses, et d'un banc calcaire jaune (7 m).

6. *a*) Calcaires jaune pâle à rosés, en bancs bien individualisés épais de 0,50 à 0,80 m, à poches de limonite, intercalés de calcaires marneux gris clair. Les calcaires cryptocristallins, à plages microcristallines à cristallines, renferment des débris ligniteux et coquilliers. Ils ont fourni *Feurtillia frequens* MAYNC, *Pseudocyclam-*

mina lituus (YOK.), *Trocholina alpina* (LEUP.), *Tr. elongata* (LEUP.), *Tr. molesta* GORB., *Miliolidae, Textulariidae*, sections de Gastéropodes et de Lamellibranches (dont *Trigonia* sp.), *Permocalculus* sp., *Actinoporella podolica* ALTH. (4 m).

b) Marnes grises, pétries d'*Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), à moules de Lamellibranches, intercalées de bancs de 5 à 20 cm de calcaires gris clair, à ciment cryptocristallin, à grosses gravelles d'origine organique, à Anchispirocyclines et *Ammobaculites* sp., *Feurtillia frequens* MAYNC, *Miliolidae*, sections de Mollusques, Codiacées (6 m); ce niveau est surmonté de calcaires et marnes du Valanginien dépourvus d'Anchispirocyclines.

3,5 km plus à l'E, le niveau 6 affleure bien. Les marnes ont fourni *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Lycopterocypris? sabaudiae* DONZE, *Scabriculocypris?* sp. et *Orthonotacythere* aff. *speetonensis* NEALE.

Nous retrouvons à Brouco les deux unités sédimentaires définies à Aldeia de Juzo:

— *L'ensemble inférieur* (niveaux 1, 2 et 3) s'est exclusivement déposé en milieu marin peu profond. Aux rares organismes des premières assises à Anchispirocyclines (Lituolidés du niveau 1) succédèrent sur le fond des herbiers peuplés de Miliolidés (niveaux 2 et 3). Les Codiacées — qui abondent généralement près des rivages — prennent nettement le pas sur les Dasycladacées. Les proportions étaient inverses plus à l'W, à Aldeia de Juzo. Le milieu de sédimentation est calme lors de l'élaboration des niveaux 1 et 2, plus agité ensuite. Les Lituolidés se raréfient dans le niveau 3: les Anchispirocyclines disparaissent momentanément.

Les niveaux 1 et 2 renferment, comme à Aldeia de Juzo, *Everticyclammina virguliana;* ils pourraient dater du Kimméridgien supérieur ou du Portlandien inférieur. Le niveau 2 voit apparaître *Feurtillia frequens*. Le niveau 3 ne possède aucun organisme nouveau. Comme il semble appartenir à la même unité lithostratigraphique que les assises sous-jacentes et qu'il est dépourvu de tout organisme berriasien, il pourrait être rattaché au Portlandien.

— *L'ensemble supérieur* (niveaux 4, 5 et 6) est caractérisé par l'apparition, au niveau 4, de phases saumâtres alternant avec des récurrences marines; le dépôt, dans des eaux fréquemment agitées, de calcaires à Algues est troublé par des apports d'eaux douces. L'abaissement de la salinité des eaux est favorable au développement d'Ostracodes laguno-lacustres et à l'implantation locale de Charophytes. Les amenées d'eaux douces cessent ou s'atténuent avec la sédimentation des niveaux 5 et 6. On voit alors proliférer dans un milieu laguno-marin les Codiacées et Trocholines.

On peut donc considérer que cet ensemble supérieur marque, au-dessus des dépôts marins jurassiques, un mouvement de *régression* de la mer. Ses termes les plus élevés traduiraient ensuite une légère *transgression*.

D'un point de vue chonostratigraphique, divers organismes recueillis dans la coupe de Brouco permettent de dater cette unité supérieure. Citons notamment, *Mantelliana* gr. *purbeckensis, Lycopterocypris? sabaudiae, Cypridea praecursor, Globator maillardi* et *Flabellochara grovesi* qui prouvent son âge berriasien.

3° RÉSUMÉ DES DONNÉES ACQUISES

Les «*couches à Anchispirocyclina lusitanica*» se décomposent en deux ensembles:

— l'ensemble inférieur, entièrement marin, correspond au «Freixialin» de CHOFFAT. Sa partie inférieure, caractérisée par la présence d'*Everticyclammina virguliana* daterait du Kimméridgien supérieur ou du Portlandien inférieur. Sa partie supérieure, dépourvue de bons fossiles stratigraphiques, pourrait être rapportée au Portlandien.

— l'ensemble supérieur peut être assimilé à l'«Infravalanginien». Toutefois, les termes supérieurs de l'«Infravalanginien» — tel que le définit CHOFFAT — sont dépourvus d'Anchispirocyclines; ils ont été rattachés au Valanginien. Cet ensemble, à organismes berriasiens, présente des apports d'eaux douces et constitue une formation régressive par rapport au Jurassique sous-jacent. Il fera seul l'objet d'une analyse stratigraphique détaillée.

La limite entre les deux ensembles est approximativement matérialisée par un banc de calcaire jaune.

II. — LE BERRIASIEN CALCAIRE

Je désigne ainsi les dépôts berriasiens à matériel carbonaté largement prédominant. Ces sédiments ne sont connus qu'au N du Tage, dans une aire de faible extension géographique: ils occupent la périphérie du massif granitique de Sintra, le coeur de l'anticlinal de Mata et les flancs des dômes d'Olela et de Brouco. Je décrirai successivement, de l'W vers l'E, à l'aide d'un certain nombre de coupes, les principaux affleurements. Les données recueillies permettront de définir les variations verticales et horizontales du milieu de dépôt et de préciser les correspondances avec les termes de base du Crétacé de divers pays d'Europe.

1.° VERSANT SUD DU MASSIF DE SINTRA

Un premier aperçu de cet étage nous a été donné par la coupe d'Aldeia de Juzo, au SW du massif de Sintra. 3 niveaux y ont été définis:

— *un niveau inférieur* de calcaires et marnes à nodules calcaires, avec *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Feurtillia frequens* MAYNC, Trocholines et Dasycladacées, alternant avec des bancs de calcaire jaune à oogones de Charas (28,50 m). C'est ce niveau que CHOFFAT dénommait «calcaire inférieur». Il y cita comme principal fossile *Pterotrigonia caudata* (AG.);

— *un niveau médian* de marnes à nodules calcaires et minces bancs calcaires, extrêmement riches en Anchispirocyclines accompagnées d'*Aptyxiella infravalanginiensis* (CHOF.) (7,50 m). Ce niveau correspond à la «couche à Foraminifères» de CHOFFAT;

— *un niveau supérieur* formé de calcaires à la base, de marnes et calcaires au sommet. *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) est associée à *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Feurtillia frequens* MAYNC, Trocholines, *Miliolidae*, Dasycladacées (17,50 m). Il s'agit de la partie inférieure des «couchesà *Cyprina infravalanginiensis*» de CHOFFAT.

Cette succession stratigraphique peut être précisée par la coupe de Barril, 750 m à l'W d'Aldeia de Juzo, 700 m à l'E de l'Océan Atlantique.

COUPE DE BARRIL — La série a été analysée entre la butte portant le signal géodésique de Barril et la route E. N. 247 qui relie Malveira da Serra à Praia do Guincho et entaille les assises de base (*fig.* 3). Les couches appartiennent au flanc S du Massif de Sintra et plongent à 45° vers le S. Au-dessus des calcaires attribués au Portlandien, on voit:

1. *a*) Calcaire jaune, microcristallin, stérile (1 m).

b) Calcaires gris, en bancs minces, à stratifications onduleuses, intercalés de marnes blanchâtres à nombreux nodules calcaires et de marnes calcareuses grises. Les séquences paraissent symétriques. Le calcaire possède un ciment cryptocristallin à grumeleux, des gravelles cryptocristallines ou organiques et de

rares éléments clastiques anguleux. Ce niveau fournit *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Ammobaculites* sp., *Haplophragmoides* sp., *Miliolidae, Lenticulina* sp., sections de Lamellibranches, de très nombreux *Mantelliana* gr. *purbeckensis* (FORBES) et *Vicinia?* sp., *Eocytheropteron* sp. 1 (8,50 m).

c) Calcaires gris, sombres sur la tranche, en dalles ou en bancs épais, cryptocristallins, grumeleux ou microclastiques, à joints stylolithiques, intercalés de passées marneuses peu visibles et contenant *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Ataxophragmiidae, Miliolidae, Nautiloculina* sp., *Protopeneroplis* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.), sections d'Ostracodes et rares Dasycladacées (10,50 m).

d) Calcaire jaune, grumeleux, à très fines gravelles, à îlots et fissures de retrait emplis de calcite, à fructifications de Charophytes et sections d'Ostracodes (0,10 m).

e) Calcaires gris, en dalles ou en bancs, à petits grains de quartz anguleux dispersés dans la roche, à *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) et sections de Gastéropodes, Lamellibranches, Ostracodes (8,50 m).

2. Marnes grises à verdâtres, à nodules plus calcareux, intercalées de marnes calcareuses et schisteuses. Les Anchispirocyclines, extrêmement denses, sont associées à *Aptyxiella infravalanginiensis* (CHOF.) et divers Lamellibranches (8,50 m).

3. *a*) Calcaires gris, compacts, en bancs épais de 0,50 à 1 m, à fond cryptocristallin, nombreux éléments bioclastiques dispersés et concrétions algaires. De nombreuses *Trocholina elongata* (LEUP.) et Algues (*Salpingoporella annulata* CAROZZI, *Cylindroporella?* sp., *Codiacées)* accompagnent *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Verneuilinoides* sp., *Miliolidae, Lenticulina* sp., sections de Mollusques (9,50 m).

b) Marnes grises ou blanches, mal visibles, intercalées de bancs calcaires bien individualisés au sommet du niveau, gris clair en surface, sombres sur la tranche, durs, microclastiques, très riches en *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), Trocholines, Dasycladacées, *Cardium* sp. (8 m).

Au-dessus viennent les calcaires rapportés au Valanginien.

Nous retrouvons à Barril les trois niveaux caractéristiques du Berriasien calcaire:

— le niveau 1 montre des apports d'eau douce matérialisés, non seulement par les calcaires à Charophytes, mais aussi par des intercalations marneuses à Ostracodes laguno-lacustres. Un excellent marqueur stratigraphique apparaît parmi ces micro-organismes, *Mantelliana* gr. *purbeckensis*. Ce niveau peut donc être désigné par l'appellation de «calcaires et marnes à *Mantelliana purbeckensis*»;

— le niveau 2 est caractérisé par sa richesse en Anchispirocyclines qui constituent l'essentiel de la roche. Il mérite le nom de «marnes à *Anchispirocyclina lusitanica*»;

— le niveau 3 est calcaire à la base, marneux et calcaire au sommet. Les caractères micropétrographiques des calcaires ne vraient pas de bas en haut: les éléments clastiques, témoignages d'une eau agitée, sont abondants. Aucune influence saumâtre ne se manifeste. C'est ainsi que l'on voit proliférer Algues et Trocholines. Le terme de «calcaires et marnes à Trocholines» me paraît donc approprié pour dénommer ce niveau.

*
* *

C'est 2 km à l'ENE d'Aldeia de Juzo, près de la Quinta de Pisão, que se rencontrent les meilleurs affleurements de la partie supérieure du Berriasien.

COUPE DE LA QUINTA DO PISÃO — La route E. N. 247,5 qui va de Malveira da Serra à Alcoitão recoupe les couches de passage du Jurassique au Crétacé 100 m au S. de la Quinta do Pisão, 1500 m au NW d'Alcabideche (*fig.* 3). Lasérie plonge à 50° vers le SSE. On observe, surmontant les calcairés portlandiens:

1. *Calcaires et marnes à Mantelliana purbeckensis*

La succesion stratigraphique du niveau est perturbée par des éboulements. Des bancs de 0,50 à 1 m de calcaires compacts, gris, cryptocristallins à grumeleux, par places graveleux, alternent avec des passées des marnes calcareuses grises à nodules calcaires et avec des interbancs plus épais de marnes schisteuses et noduleuses gris foncé. Deux lits de calcaire jaune ont pu être repérés: l'un se place à la base du niveau; l'autre, situé à 7 m du toit, renferme des fructifications de Charophytes. Je citerai, en outre, dans ce niveau *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Miliolidae, Nautilocullina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.),*Tr. alpina* (LEUP.), *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Salpingoporella* sp. (25 m).

2. *Marnes à Anchispirocyclina lusitanica* (*fig.* 8).

Marnes grises à nodules calcaires; ces éléments sont dispersés à la partie inférieure du niveau; ils deviennent denses et contigus à la partie supérieure, pour donner naissance à des bancs onduleux mal individualisés. Il s'intercale en outre des bancs calcaires épais de 0,10 à 0,20 m. On passe progressivement d'un terme lithologique à l'autre par des successions croissantes et décroissantes. Les marnes sont extrêmement riches en Anchispirocyclines. Les formes macrosphériques existent seules dans certains lits, alors que les firmes microsphériques prédominent dans l'autres (18 m).

3. *Calcaires et marnes à Trocholines* (*fig.* 8).

a) calcaires gris clair, en bancs épais de 1,20 à 1 m alternant avec des lits plus minces, de 0,20 à 0,40 m, et avec des interbancs de marnes grises et d'argiles jaunes à nodules calcaires. Ces nodules tendent à se grouper en minces feuillets ou en petits lits ondulex. Les passages des marnes aux calcaires et des calcaires aux marnes sont progressifs: dans la partie supérieure de chaque banc calcaire apparaissent des petits filons plus marneux, onduleux; ils deviennent de plus en plus épais et de plus en plus denses vers le haut, isolant le calcaire en nodules qui sont de plus clairsemés dans la masse marneuse. Le calcaire, à fond cryptocristallin ou microclastique, gravelles cryptocristallines ou organiques, éléments bioclastiques dispersés, ilots et fissures de retrait, rares quartz anguleux dispersés, renferme *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Feurtillia frequens* MAYNC, *Ammobaculites* sp., *Miliolidae, Lenticulina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.), Gastéropodes, Lamellibranches, *Paracypris* sp., *Schuleridea* aff. *rhomboidalis* NEALE, *Lycopterocypris? sabaudiae* DONZE (6,50 m);

b) Marnes grises, jaunâtres ou blanches, très chargées en petits nodules calcareux et intercalées de bancs calcaires épais de 0,10 à 0,20 m. Au sommet, se développent deux lits calcaires plus puissants. On passe progressivement des marnes aux calcaires et des calcaires aux marnes. De nombreuses Anchispirocyclines (*) sont associées à *Feurtillia frequens* MAYNC, *Ammobaculites* sp., *Verneuilinoides* sp., *Miliolidae, Lenticulina* sp., *Dentalina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.), radioles d'Oursins, *Trigonia* sp., *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Schuleridea?* sp., *Asciocythere?* sp., *Actinoporella* sp., *Clypeina lucasi* EMBERGER et *Permocalculus* sp. (8 m).

Les calcaires et marnes sus-jacents sont rapportés au Valanginien.

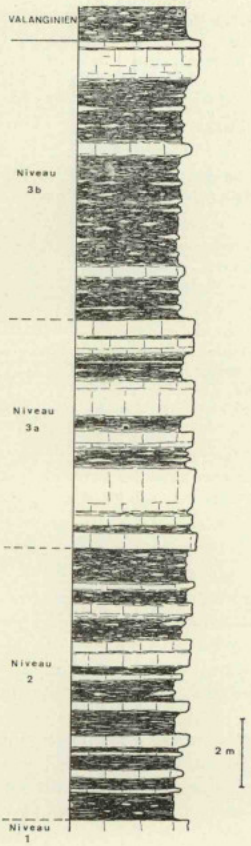


FIGURE 8. — *Les alternances de calcaires et de marnes dans le Berriasien de la Quinta do Pisão.*

(*) Ainsi que l'avait déjà remarqué M. RAMALHO [1969], les Anchispirocyclines des derniers niveaux berriasiens revêtent des formes très aberrantes.

Ainsi, les termes supérieurs du Berriasien se composent uniquement de calcaires et de marnes qui s'ordonnent en séquences binaires, sans polarités, avec des variations verticales croissantes et décroissantes. Toute la série est noduleuse. Les interbancs marneux — qui n'avaient pu être observés plus à l'W — fournissent des Ostracodes de milieu lagunaire. On n'y observe aucun dépôt saumâtre. Les calcaires, riches en Algues (Dasycladacées) et Trocholines, offrent les mêmes caractères qu'à Aldeia de Juzo et Barril.

Soulignons, enfin, la présence, dans le niveau des «calcaires et marnes à Trocholines» de *Lycopterocypris? sabaudiae*, considéré comme un bon marqueur du Berriasien.

*
* *

L'évolution vers l'E des «calcaires et marnes à *Mantelliana purbeckensis*» va nous être révélée par la coupe d'Atrozela, 1800 m à l'ENE de la Quinta do Pisão (*fig.* 3).

COUPE D'ATROZELA — 150 m au N, hu hameau d'Atrozela, sur le versant oriental de la vallée de Ribeira de Penha Longa, est implantée une petite centrale électrique. Derrière le bâtiment, une entaille dans la roche a dégagé les termes inférieurs du Berriasien. Ils appartiennent au flanc méridional du Massif de Sintra et plongent à 40° vers le S. On voit, au-dessus des calcaires portlandiens:

Calcaires et marnes à Mantelliana purbeckensis

a) Calcaires ocre jaune, microcristallins, disposés en deux bancs épais de 0,30 m, séparés par 1,50 m de calcaires à gravelles blanches et Anchispirocyclines. Un joint de stratification argileux a fourni *Fabanella* cf. *polita* (MARTIN) (2,10 m).

b) Calcaires gris clair, cryptocristallins à grumeleux, à gravelles blanches, en bancs épais de 0,50 à 1 m, intercalés de calcaires marneux à stratifications onduleuses et de passées marneuses à nodules calcaires, avec *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) et des *Miliolidae* (9 m).

c) Calcaires gris, en bancs de 0,80 à 1,50 m, alternant avec des dalles calcaires épaisses de 0,05 à 0,10 m, avec des marnes blances à nodules calcaires et avec des marnes argileuses grises en interbancs de 0,50 m de puissance. Les variations lithologiques verticales sont progressives. Le calcaire cryptocristallin, à passées grumeleuses et microclastiques, à joints stylolithiques et fissures de ertrait, contient *Trocholina molesta* GORB. et *Munieria* sp. Les marnes sont très riches en fragments de tiges et fructifications de Charophytes tels *Clavator* cf. *reidi* GROVES, *Nodosoclavator bradleyi* (HARRIS), *Globator maillardi* (SAP.), *Dictyoclavator* cf. *fieri* (DONZE) et *Porochara* sp., associées à *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Ammobaculites* sp., Gastéropodes, *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Eocytheropteron?* sp. 1, *Lycopterocypris? sabaudiae* DONZE, Dasycladacées (5 m).

d) Marnes argileuses gris bleuté, intercalées d'un banc calcaréo-marneux gris, à passées jaunâtres, épais de 0,15 m, cryptocristallin, à gyrogonites de Charas. Les marnes ont fourni *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Mantelliana* gr. *purbeckensis* (FORBES), *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Vicinia* sp., *Eocytheropteron* sp. 1, Gastéropodes (0,80 m).

e) Calcaires gris clair, en bancs de 0,10 à 0,40 m, bien individualisés, alternant avec des marnes blanchâtres à gris bleuté, à nodules calcaires plus ou moins alignés, tendant à se grouper en lits onduleux. Les marnes composent des interbancs épais de 1,80 m ou forment des joints de stratification. Les

passages marnes-calcaires et calcaires-marnes sont progressifs. Le calcaire contient de nombreux Gastéropodes, Lamellibranches (Trigonies) et quelques Polypiers isolés. Les marnes ont fourni *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Ammobaculites* sp., *Miliolidae* et *Fabanella* cf. *polita* (MARTIN) (9 m).

Les «marnes à *Anchispirocyclina lusitanica*» et les «calcaires et marnes à Trocholines» affleurent mal.

Nous voyons, grâce à cette coupe, que le niveau inférieur du Berriasien est constitué, comme les termes supérieurs, de calcaires et de marnes s'ordonnant en séquences symétriques à variations verticales croissantes et décroissantes. Les sédiments terrigènes sont caractérisés par d'importantes venues d'eau douces favorables à l'épanouissement des Charophytes. Les Ostracodes laguno-saumâtres ou lacustres sont nombreux. On y rencontre, parmi les bons indicateurs d'âge, *Mantelliana* gr. *purbeckensis* et *Lycopterocypris? sabaudiae*, du Berriasien.

*
* *

Au SE du Massif de Sintra, d'Atrozela à Covas, 7 km plus au NE, le Berriasien occupe des plateaux couverts de landes. Je n'y ai trouvé aucune entaille de vallée ou talus de route permettant une analyse détaillée. Seuls apparaissent les bancs calcaires. Ils semblent indiquer que la série ne présente aucune variation latérale de faciès importante:

— les «calcaires et marnes à *Mantelliana purbeckensis*», de teinte claire, épais d'une vingtaine de mètres, sont toujours intercalés, à 8 m du toit, d'un banc de calcaire jaune à fructifications de Charophytes; le niveau est limité à la base par un ou deux lits de calcaire jaune microcristallin.

— Les «marnes à *Anchispirocyclina lusitanica*», aux caractères lithologiques inchangés, ont fourni 500 m au S de la prison de Linhó, une abondante faune de Gastéropodes (*Aptyxiella infravalanginiensis* (CHOF.), *Natica* sp.) et de Lamellibranches (*Cyprina infravalanginiensis* CHOF., *Cardium* sp.) dans un fond essentiellement constitué d'Anchispirocyclines.

— Les «calcaires et marnes à Trocholines» montrent des calcaires prédominants à la base, des marnes à la partie supérieure et deux bancs calcaires au toit. La roche, à nombreux éléments clastiques anguleux ou émoussés, est riche en Trocholines et Dasycladacées, associées à quelques Codiacées.

2° VERSANT NORD DU MASSIF DE SINTRA

C'est sur le versant septentrional du Massif de Sintra, au bord de l'Océan Atlantique, au N de Praia da Adraga, que l'on trouve les affleurements les plus occidentaux du Berriasien (*fig.* 3).

COUPE DE PRAIA DA ADRAGA — Le Berriasien, très accidenté, apparait 400 m au N de Praia da Adraga, dans une falaise hachée par plusieurs décrochements NE-SW (*fig.* 9). Une faille SE-NW, injectée de roches éruptives, sépare le Berriasien du Portlandien. Des éboulis masquent une partie des affleurements. Le plongement est de 40°-60° NE. La succession est, de bas en haut, la suivante:

1. Calcaires et marnes à Mantelliana purbeckensis

Calcaires gris foncé ou noirs, en bancs épais de 0,50 à 1 m, intercalés de marnes calcareuses grises. Les surfaces de stratification sont onduleuses. Les séquences

sont, soit symétriques, soit positives. Des calcaires cryptocristallins ou grumeleux alternent avec des calcaires microclastiques, graveleux et oolithiques. Des joints stylolithiques découpent la roche. *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) est associée à *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Feurtillia frequens* MAYNC, *Haplophragmoides* sp., *Verneuilinidae, Miliolidae, Lenticulina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.), Gastéropodes, Lamellibranches, Codiacées. L'un des bancs cristallins est traversé de microlits plus marneux; de nombreuses fructifications de Charophytes accompagnent les Anchispirocyclines. Ce niveau est visible sur 19 m.

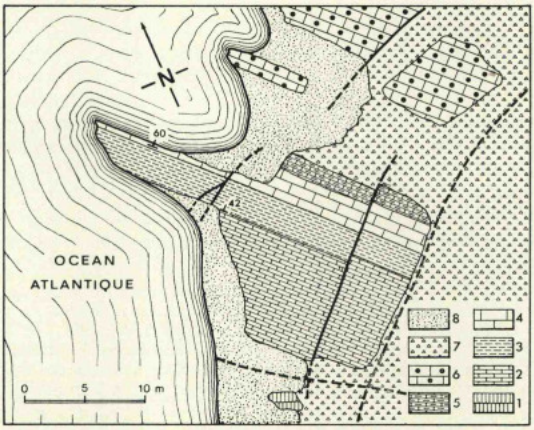


FIGURE 9. — *Le Berriasien au N de Praia da Adraga. Croquis de situation.*
1: Portlandien; 2: calcaires et marnes à *Mantelliana purbeckensis;* 3: marnes à *Anchispirocyclina lusitanica*; 4: calcaires à Trocholines; 5: marnes et calcaires à Trocholines; 6: Valanginien; 7: éboulis; 8: sables de la plage.

2. Marnes à Anchispirocyclina lusitanica

Marnes calcareuses grises, à nodules calcaires, intercalées de minces bancs calcaires à gravelles cryptocristallines ou d'origine organique liées par un ciment microcristallin, grumeleux ou cryptocristallin. Aux abondantes Anchispirocyclines se joignent *Feurtillia frequens* MAYNC, *Miliolidae*, Ostracodes, Lamellibranches, *Aptyxiella infravalanginiensis* (CHOF.), Dasycladacées (6 m).

3 Calcaires et marnes à Trocholines

a) Calcaires noirs, compacts, devenant plus clairs et marneux au sommet où ils s'organisent en bancs plus minces. La roche, cryptocristalline, contient *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Feurtillia frequens* MAYNC, des *Miliolidae* et *Trocholina elongata* (LEUP.) (4,50 m).

b) Marnes calcareuses à nodules calcaires et bancs calcaires mal individualisés, à stratifications onduleuses, cryptocristallins ou grumeleux, avec *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Feurtillia frequens* MAYNC, *Haplophragmoides*? sp., *Miliolidae, Ostreidae.* Ce niveau, visible sur 3 m d'épaisseur, est séparé du Valanginien par une lacune d'observation de 10 m.

Nous voyons que le Berriasien offre les mêmes faciès au N et au S du Massif de Sintra. Les trois niveaux définis sur le versant méridional se retrouvent sur le flanc septentrional. Le niveau inférieur est le seul qui renferme des organismes d'eau douce. Tout au plus peut-on noter une réduction d'épaisseur dans le versant N, mais des facteurs tectoniques en sont peut-être la cause.

*
* *

A l'E de Praia da Adraga, les calcaires berriasiens sont masqués sur une longueur de 7 km par des sédiments tertiaires. Les couches de passage du Jurassique au Crétacé réapparaissent au N de la ville de Sintra (*fig.* 3): ou peut reconnaître, 500 m au NW du palais royal, dans une boucle de la route E. N. 247 reliant Sintra à Colares, au km 74,200, des marnes et calcaires à Anchispirocyclines du Berriasien, plongeant à 70° vers le S, faisant suite à un banc de calcaire jaune et chevauchant les calcaires hauteriviens et barrémiens. La série est cependant très incomplète.

C'est 2 km plus à l'W, au S de la ferme de São Romão, que se situent les affleurements les plus favorables pour décrire le Berriasien du NW du Massif de Sintra.

COUPE DE SÃO ROMÃO — Le Berriasien s'observe bien sur le versant oriental du thalweg descendant vers la ferme de São Romão, 250 m au NW de la maison de Vale de Milho (*fig.* 3). Les bancs, déversés vers le N, plongent à 30° vers le S. La série est complète. Quelques observations complémentaires ont été faites 1250 m plus à l'E, 1 km au NW du centre d'Algueirão, sur un petit plateau herbeux.

La série de São Romão est, au-dessus du Portlandien, la suivante:

1. Calcaires et marnes à Mantelliana purbeckensis

a) Calcaires jaunes, cryptocristallins à grumeleux, stériles (0,20 m).

b) Calcaires gris, en bancs bien individualisés de 0,50 à 1 m, à stratifications onduleuses, alternant avec des passées calcaréo-marneuses et avec des interbancs argileux ou marneux mal visibles. Les calcaires présentent un ciment cryptocristallin à grumeleux, des débris coquilliers, et des gravelles ou gros éléments bréchiques cryptocristallins. Les fructifications de Charophytes abondent dans plusieurs bancs. Elles sont accompagnées d'*Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Feurtillia frequens* MAYNC, *Haplophragmoides* sp., Ostracodes, Gastéropodes, Lamellibranches (11 m).

c) Marnes bleutées à petits nodules calcaires, séparées par des surfaces de stratification des calcaires du mur et du toit, et renfermant *Mantelliana* gr. *purbeckensis* (FORBES), *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), petits Gastéropodes (0,15 m).

d) Calcaire jaune, grumeleux, à fructifications de Charophytes (0,40 m).

e) Calcaires gris clair, en bancs onduleux de 0,10 à 0,20 m, intercalés d'un banc médian épais de 1 m, alternant avec des interbancs plus tendres non visibles. Les calcaires cryptocristallins contiennent de nombreux débris de Lamellibranches, *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), rares *Actinoporella* sp., *Permocalculus* sp. (3 m).

2. Marnes à Anchispirocyclina lusitanica

Marnes à nodules calcaires et minces bancs de calcaires à stratifications onduleuses, composés d'un ciment cristallin ou cryptocristallin et d'éléments bioclastiques anguleux ou arrondis. Les Anchispirocyclines, qui forment l'essentiel de la

roche, sont associées à *Feurtillia frequens* MAYNC, *Miliolidae*, Lamellibranches. Quelques grains de glauconie sont dispersés (6 m).

3. Calcaires et marnes à Trocholines

a) Calcaires gris clair, en bancs bien différenciés, alternant avec des calcaires marneux à stratifications onduleuses. Le fond cryptocristallin lie des éléments bioclastiques anguleux ou émoussés et quelques gravelles cryptocristallines arrondies. La roche est traversée de joints stylolithiques. De très nombreuses *Trocholina elongata* (LEUP.) sont accompagnées d'*Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Miliolidae, Salpingoporella* sp. L'affleurement d'Algueirão m'a fourni, en outre, *Trocholina alpina* (LEUP.), *Trocholina molesta* GORB., *Verneuilinidae, Salpingoporella annulata* CAROZZI et *Permocalculus* sp. (6 m).

b) Marnes calcareuses, très riches en Anchispirocyclines et moules internes de Lamellibranches, interstratifiées avec quelques dalles de 0,10 à 0,20 m de calcaires microcristallins ou microclastiques à *Feurtillia frequens* MAYNC, *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Miliolidae, Favreina* sp., nombreuses Codiacées (7 m), auxquelles succèdent les calcaires valanginiens.

Cette coupe montre que le Berriasien calcaire n'offre aucune modification notable, tant à l'échelle de l'affleurement qu'à celle des observations microscopiques au NE du Massif de Sintra. On remarque seulement une teinte d'ensemble plus claire qu'à Praia da Adraga et une légère réduction de puissance par rapport aux valeurs relevées sur le versant S du Massif.

3° TERMINAISON ORIENTALE DU MASSIF DE SINTRA

Les couches du passage du Jurassique au Crétacé affleurent mal à la terminaison périanticlinale du Massif de Sintra. Seuls pointent, au milieu de la lande, les bancs calcaires plongeant à 45° vers l'E (*fig.* 3). Ils apparaissent, notamment, à Presa (1500 m au NNW du signal géodésique de Rio de Mouro) et à Casa da Saude (au bord de la E. N. 249, allant de Lisbonne à Sintra). La succession et les faciès sont ceux qui ont été précédemment définis. On y trouve, au-dessus de deux bancs de calcaire jaune, le niveau des «calcaires et marnes à *Mantelliana purbeckensis*», intercalé, à 10 m du toit, d'un lit de calcaire bréchique à ciment calcareux jaune et oogones de Charas. Viennent au-dessus les «marnes à *Anchispirocyclina lusitanica*», puis les «calcaires et marnes à Trocholines».

4° DOME DE MATA

Le dôme de Mata s'élève à 3 km à l'ENE de la terminaison périanticlinale du pli de Sintra (*fig.* 11). Les calcaires berriasiens du versant E se prêtent à une bonne analyse stratigraphique.

COUPE DE MATA — Le dôme de Mata est accidenté par la faille d'Olela, orientée N-S, qui sépare un flanc occidental effondré — occupant un bas-fond — d'un flanc oriental surélevé qui constitue l'armature du relief couronné par le moulin de Mata (*fig.* 12). Les calcaires jurassiques du coeur du pli arrivent très localement à la surface dans le compartiment E, à l'extrémité septentrionale de la crête de Mata; ils sont surmontés, sur le flanc de la colline, par la série suivante:

1. Calcaires et marnes à Mantelliana purbeckensis

Calcaires gris clair, jaune pâle sur la tranche, en bancs de 0,50 à 1 m, à stratifications onduleuses, séparés par des interbancs ou joints de stratification de marnes

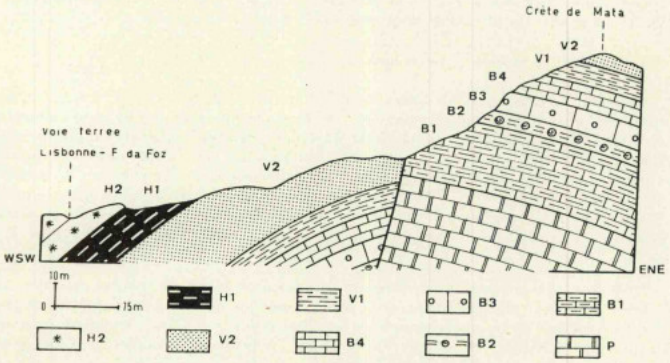


FIGURE 10. — *Coupe du dôme de Mata*

P: Portlandien; B1: calcaires et marnes à *Mantelliana purbeckensis;* B2: marnes à *Anchispirocyclina lusitanica;* B3: calcaires à Trocholines; B4: calcaires et marnes à Trocholines; V1: marnes, calcaires et grès à *Feurtillia frequens*; V2: grès de Vale de Lobos; grès et calcaires roux; H1: marnes et calcaires marneux à *Toxaster;* H2: calcaires récifaux inférieurs.

argileuses vertes ou grises. Un banc de calcaire jaune limite le niveau à sa base. Les calcaires, cryptocristallins, grumeleux ou microclastiques, contiennent *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudocyclammina* gr. *lituus* (YOK.), *Haplophragmoides* sp., *Miliolidae, Lenticulina* sp., Gastéropodes, Lamellibranches. On trouve dans les marnes *Schuleridea* aff. *rhomboidalis* NEALE, *Cytherella turgida* DONZE, *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Eocytheropteron*? sp. 2, *Fabanella*? n. sp., dents de Poissons (20 m environ).

2. Marnes à Anchispirocyclina lusitanica

Marnes calcareuses pétries d'Anchispirocyclines, accompagnées de *Aptyxiella infravulanginiensis* (CHOF.) (7 m).

3 Calcaires et marnes à Trocholines

a) Calcaires gris clair, en bancs épais à la base, plus minces au sommet, à ciment cryptocristallin et éléments bioclastiques anguleux ou arrondis, avec *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.) et *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Feurtillia frequens* MAYNC, *Miliolidae, Actinoporella* sp., *Munieria* sp., *Pycnoporidium lobatum* YABE et TOYAMA (6 m).

b) Marnes à nombreuses Anchispirocyclines, intercalées de bancs calcaires mal individualisés (7 m). Ce niveau affleure mal. Il est surmonté des calcaires valanginiens.

La série de Mata ne se différencie donc en rien de celle connue dans la partie orientale du Massif de Sintra. Il faut, cependant, remarquer qu'elle est plus complète que ne l'indiquait CHOFFAT [1885], p. 4, puisque cet auteur estimait que le niveau le plus ancien était celui des «marnes à Anchispirocyclines».

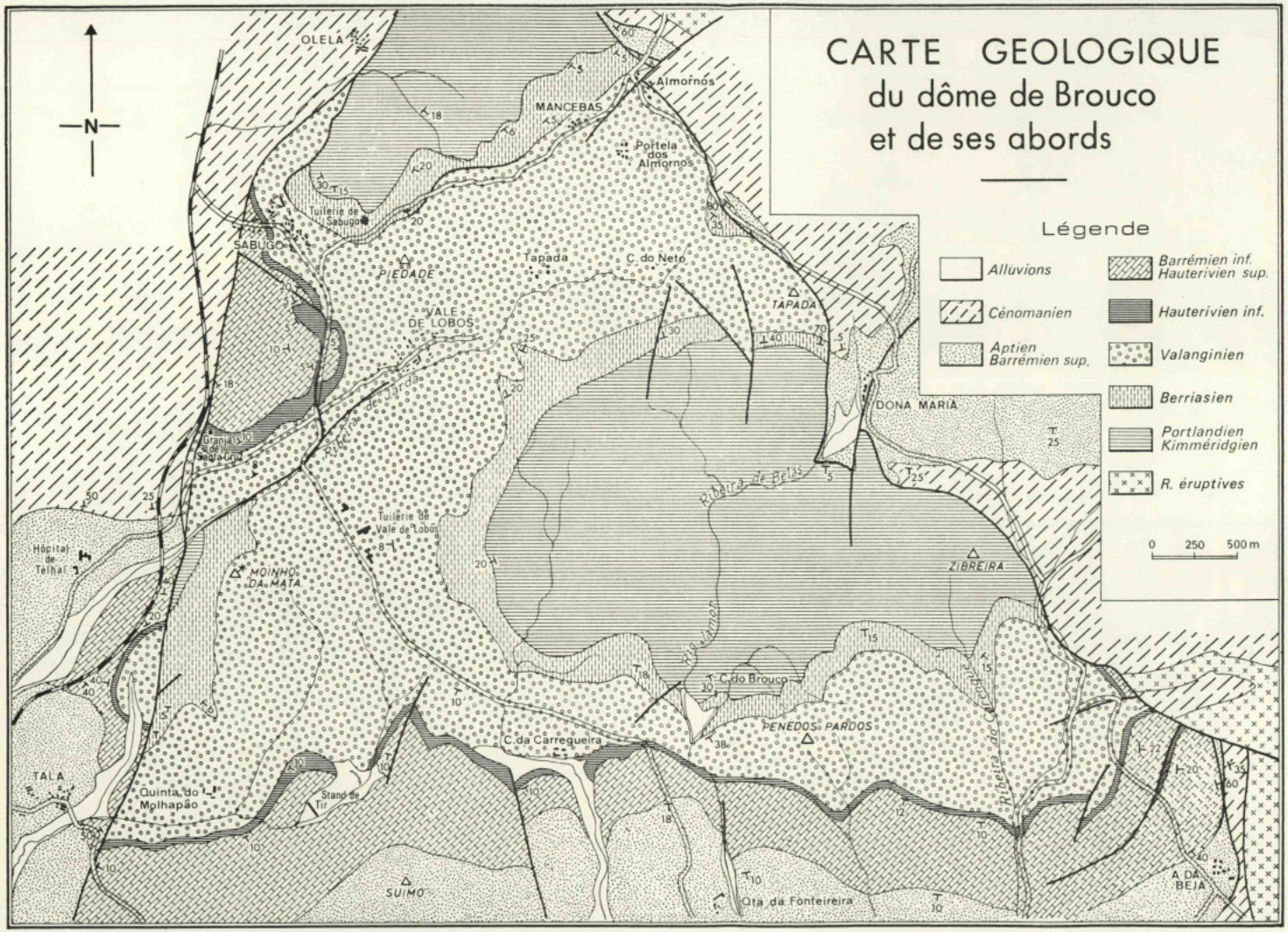


FIGURE 11 — *Carte géologique du dôme de Brouco et de ses abords*

5° DOME D'OLELA

Le dôme d'Olela, 3,5 km au NE du dôme de Mata, montre en son coeur des calcaires portlandiens. La base du Crétacé affleure sur le flanc S, entre les villages de Sabugo et de Mancebas (*fig.* 11). C'est là que l'on rencontre les formations les plus septentrionales du Berriasien calcaire:

COUPE DE SABUGO-MANCEBAS — Les faciès ne changent guère de Sabugo à Mancebas, localités distantes l'une de l'autre de 2 km. Je décrirai donc la série en une coupe synthétique. Les meilleurs points d'observation se situent immédiatement à l'W de la tuilerie de Sabugo, sur une butte portant un moulin, et à l'W du chemin reliant Mancebas à Olela. Les couches possèdent un pendage compris entre 5° et 20°, orienté vers la périphérie du dôme. On peut relever la série suivante, au-dessus de calcaires portlandiens:

1. Calcaires et marnes à Mantelliana purbeckensis

Calcaires très clairs, cryptocristallins, à rares Anchisciporcyclines et *Miliolidae*, intercalés de marnes grises à *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Ammobaculites* sp., *Verneulinoides* sp., *Lenticulina* sp., *Miliolidae*, *Mantelliana* gr. *purbeckensis* (FORBES), *Cypridea* gr. *dunkeri* JONES, *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN). *Cytherella turgida* (DONZE). *Porochara* cf. *maxima* (DONZE), *petits Porochara*, *Globator maillardi* (SAP.), *Clavator* cf. *reidi* GROVES, *Nodosoclavator bradleyi* (HARRIS). Deux bancs de calcaire jaune apparaissent à ce niveau: l'un se situe à la base, l'autre à 10 m du toit (20 m environ).

2. Marnes à Anchispirocyclina lusitanica

Marnes calcareuses grises ou verdâtres, à Anchispirocyclines, intercalées de minces bancs de calcaires finement gréseux et glauconieux, à ciment cryptocristallin, gravelles et éléments bioclastiques anguleux. Au sommet du niveau prend place un banc de 1 m de grès fin ocre à ciment calcareux (5 m).

3. Calcaires et marnes à Trocholines

a) Calcaires jaune pâle, en deux bancs massifs à la base et un banc au sommet, intercalés de marnes calcareuses jaunâtres riches en Anchispirocyclines. Le calcaire, cryptocristallin, à éléments bioclastiques dispersés, a fourni *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Miliolidae*, *Trocholina elongata* (LEUP.), *Actinoporella* sp. (6 m.).

b) Marnes grises, dalles de calcaires gris brun et, au NE de Mancebas, mince passée de grès fin jaune situé à 2 m du toit. Les calcaires ont un ciment cryptocristallin à grumeleux et des éléments bioclastiques anguleux ou émoussés très abondants. J'y ai relevé la présence d'*Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Feurtillia frequens* MAYNC, *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.), *Miliolidae*, Gastéropodes, Lamellibranches, *Actinoporella* sp. (7 m).

Au-dessus, viennent les calcaires et marnes du Valanginien.

Dans le dôle d'Olela apparaissent donc quelques minces passées de grès fin ocre qui s'intercalent dans les niveaux médian et supérieur du Berriasien. Les calcaires et les marnes prennent une teinte très claire. Enfin, le niveau inférieur renferme quelques bons fossiles stratigraphiques, tel *Mantelliana* gr. *purbeckensis* et *Cypridea* gr. *dunkeri*, connus dans le «Purbeckien» inférieur anglais.

6° DOME DE BROUCO

Le dôme de Brouco se situe 1500 m à l'E du dôme de Mata (*fig.* 11). Il est formé en son centre de calcaires jurassiques. Le Berriasien affleure sur la périphérie, en une auréole tronquée à l'E par la faille de Dona Maria. Sur un plateau couvert de landes ressortent essentiellement les bancs calcaires. Les niveaux tendres ne sont connus que par quelques entailles de sentiers. La coupe la plus représentative de cette contrée a été relevée sur le versant occidental de la vallée du Rio Jamor, face à la ferme de Brouco. Je l'ai décrite, au début du chapitre, sous le nom de «coupe de Brouco». Rappelons brièvement la succession:

1. Calcaires et marnes à Mantelliana purbeckensis

Alternance de calcaires et de marnes, associés à deux bancs de calcaire jaune, l'un à la base du niveau, l'autre à 8 m du toit. Cette formation a notamment fourni *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Ammobaculites* sp., *Cypridea* gr. *praecursor* OERTLI, *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Eocytheropteron* sp. 1, *Mantelliana* gr. *purbeckensis* (FORBES), *Paracypris* aff. *arcuatilis* DONZE, *Schuleridea* aff. *rhomboidalis* NEALE, *Cytherella turgida* DONZE, *Asciocythere circumdata* (DONZE), *Globator maillardi* (SAP.), *Nodosoclavator bradleyi* (HARRIS), *Flabellochara grovesi* (HARRIS) (20 m).

2. Marnes à Anchispirocyclina lusitanica

Marnes calcareuses, grises ou vertes, glauconieuses, riches en Anchispirocyclines (7 m).

3. Calcaires et marnes à Trocholines

a) Calcaires clairs, en bancs bien individualisés, à *Feurtillia frequens* MAYNC, *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Trocholina alpina* (LEUP.), *Tr. elongata* (LEUP.), *Tr. molesta* GORB., *Permocalculus* sp., *Actinoporella podolica* ALTH. (4 m).

b) Marnes calcareuses grises et minces bancs calcaires avec *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Feurtillia frequens* MAYNC, Codiacées (6 m).

C'est une série tout à fait identique que l'on observe à la bordure occidentale du dôme de Brouco, 1700 m au NW de cette coupe, au-dessus de la tuilerie de Vale de Lobos. La succession est la même que dans le dôme de Mata.

A l'E de Brouco, le Berriasien n'évolue guère. Les observations faites dans la vallée du Ribeira do Carenque, 1000 m à l'ENE du signal géodésique de Penedos Pardos, révèlent les mêmes assises, définies par des caractères lithologiques et paléontologiques comparables. La teneur en argile est cependant un peu plus élevée à tous les niveaux. C'est ainsi que les calcaires de la base du niveau 3 («calcaire à Trocholines») sont un peu marneux et intercalés d'argiles vertes à *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Lycopterocypris? sabaudiae* DONZE, *Scabriculocypris* sp. et *Orthonotacythere* cf. *speetonensis* NEALE.

C'est sur le versant N du dôme de Brouco que l'on remarque les changements les plus importants. Ils intéressent uniquement les deux niveaux les plus élevés du Berriasien: 500 m au SE de Vale de Lobos, le niveau des «marnes à Anchispirocyclines» s'appauvrit en Foraminifères et s'enrichit en glauconie. 1500 m plus à l'E, 750 m au S des maisons de Neto, un banc de grès ocre, fin, tendre, épais de 0,60 m, s'intercale avec des lits de calcaires jaunes et d'argiles vertes dans les marnes glauconieuses. Les «calcaires et marnes à Trocholines» ne sont pas épargnés par ces apports détritiques; une passée de 0,80 m de grès fin ocre prend place à 2 m du toit, 500 m au SE de Vale de

Lobos. Elle est connue jusqu'à la limite orientale des affleurements de Berriasien. Les calcaires encaissants se chargent en grains de glauconie. Ainsi, la série du flanc septentrional du dôme de Brouco est identique à celle du dôme d'Olelas; les intercalations gréseuses occupent la même position stratigraphique.

7° RÉCAPITULATION — MILIEU DE DÉPOT

Certains caractères restent constants au cours du Berriasien; l'ensemble de la formation se compose d'une alternance de calcaires et de marnes en séquences symétriques, sans polarités nettement marquées. La structure est noduleuse. La texture des calcaires ne montre aucune variation importante sur tout le territoire considéré: le ciment cryptocristallin soude des éléments clastiques anguleux ou émoussés, relativement abondants dans certains lits. On peut donc penser que *la surface de sédimentation était plane, dépourvue de tout accident topographique majeur et relativement stable. Le milieu de dépôt peu profond, habituellement calme, était épisodiquement agité par les vagues ou les courants.*

> Une explication du mode de formation des nodules en milieu marno-calcaire fut proposée par A. LOMBARD [1956, p. 345; 1958, p. 75 et 111]: cette structure serait due à la concentration en boule des solutions minérales carbonatées au milieu d'une vase argilo-calcaire gorgée d'eau. La diminution progressive de l'apport d'argile détermine un développement des nodules qui tendent à confluer pour former des bancs calcaires onduleux. Le processus inverse se produit lorsque la teneur en argile augmente: les bancs calcaires se disjoignent alors en nodules. Un autre agent de formation des structures noduleuses pourrait cependant intervenir, l'*agent biologique*. En effet, les bancs noduleux offrent généralement sur leurs surfaces de larges et abondantes pistes entrecroisées. S'il existe un lien réel entre ces deux faits, nous serions conduits à imaginer que les organismes, sillonnant et fouissant dans la vase, seraient capables de perturber la structure originelle du sédiment et de créer l'aspect noduleux. Les structures noduleuses représenteraient alors un type particulier de bioturbations.

D'autres caractères évoluent dans l'espace et dans le temps:

— Le niveau inférieur («calcaires et marnes à *Mantelliana purbeckensis*») est constitué de calcaires à Dasycladacées, Trocholines et Miliolidés, alternant avec des calcaires jaunes à Chyrophytes et avec des marnes à Ostracodes lacustres ou saumâtres et Charophytes. L'épaisseur des passées marneuses s'accroît du SW vers le NE et les niveaux à microorganismes d'eaux douces sont plus nombreux au NE qu' au SW. On peut donc évoquer *un milieu de sédimentation lagunaire très restreint, alimenté en eaux douces et en produits terrigènes par des fleuves venant du NE.* Conformément à la théorie de M. L. IRWIN [1965], un apport d'eaux douces peu important compenserait la sursalinité du milieu lagunaire et favoriserait la vie des Trocholines et des Dasycladacées. L'arrivée de quantités d'eaux plus élevées abaisserait la teneur en sel, créerait un milieu saumâtre et permettrait le développement d'une flore et d'une faune laguno-lacustres. Le paysage répondait à la description que P. RAT fit du «Purbeckien» [1963, p. 356]: «entre les continents émergés et la mer normale devait s'étendre une frange indécise, plus ou moins large, d'eau saumâtre». Ce niveau est *régressif* par rapport au Jurassique supérieur marin.

— Les niveaux médian («marnes à Anchispirocyclines») et supérieur («calcaires et marnes à Trocholines») sont caractérisés par la disparition des organismes saumâtres

et lacustres. *Les venues d'eaux douces s'attenuent ou ne s'étalent plus dans un bassin de sédimentation qui pourrait s'approfondir quelque peu.* Le milieu de depôt, toujours confiné et sans échanges importants avec la mer ouverte, situé dans la zone subtidale, peut être qualifié de *laguno-marin.* La substitution partielle vers le NE des Dasycladacées par les Codiacées, l'apparition de glauconie dans les affleurements les plus orientaux (dômes d'Olela et de Brouco) témoignent d'une *approche vers le NE de la zone littorale.* Les quelques passées gréseuses observées dans le dôme d'Olela et sur le versant N du dôme de Brouco pourraient indiquer, en outre, une activation de l'érosion sur les terres émergées voisines.

8.° COMPARAISONS AVEC LES COUCHES DE PASSAGE DU JURASSIQUE AU CRÉTACÉ DE DIVERS PAYS D'EUROPE

L'évocation du passage du Jurassique au Crétacé en Europe est nécessaire pour replacer la formation portugaise dans son contexte géographique et historique (tabl. 1):

Dans le S de l'Angleterre, c'est la formation de Purbeck ou «Purbeckien», qui, comprise entre les calcaires portlandiens et les grès et argiles wealdiens, forme le passage du Jurassique au Crétacé. On peut y reconnaître la succession suivante [R. CASEY, 1963; P. ALLEN, 1963; W. A. MACFADYEN, 1970, p. 136]:

> — *Lulworth beds* (= «Purbeckien» inférieur et partie inférieure du «Purbeckien» moyen); calcaires, schistes, marnes et gypse, formés par alternances de sédimentations lacustre, saumâtre et lagunaire. Les principaux marqueurs stratigraphiques sont des Ostracodes, *Mantelliana purbeckensis* pour le «Purbeckien» inférieur, *Cypridea granulosa* pour la partie inférieure du «Purbeckien» moyen. Le «Purbeckien» inférieur n'a jamais fourni de Charophytes, mais les premières assises du «Purbeckien» moyen contiennent *Clavator* cf. *reidi, Flabellochara grovesi, Nodosoclavator bradleyi* (62 m);
>
> — assise des *Cinder beds,* surmontée des *Durlston beds* (= partie supérieure du «Purbeckien» moyen): calcaires, schistes et grès schisteux, saumâtres et marins, à Echinides, Ostréidés, Pectinidés et *Cypridea granulosa* (38 m);
>
> — *Hasting beds* (= «Purbeckien» supérieur et «Wealdien» *p. p.*). La partie inférieure de cette formation se compose de calcaires, schistes et argiles greseuses, lacustres ou saumâtres, à *Cypridea setina, Unio, Viviparus* (22 m).

Ainsi, le «Purbeckien» présente une tendance régressive à la base (Lulworth beds) et transgressive au sommet (Cinder beds et Duriston beds). Selon R. CASEY [1963] et P. ALLEN [1963], la base des Cinder beds coïnciderait avec la limite entre le Volgien et le Ryazanien de la province boréale. Les Lulworth beds dateraient du Volgien supérieure, les Cinder beds et Durlston beds du Ryazanien. Or, dans le Caucase, le mélange d'Ammonites boréales et mésogéennes permet de penser que le Volgien supérieur est l'équivalent du Berriasien inférieur (zone à *Berriasella grands)* et le Ryazanien l'équivalent du Berriasien supérieur (zone à *Subthurmaniceras boissieri*). Ces conclusions furent reprises par R. BARBIER et J. P. THIEULOY [1963]. Il en résulte que *les Lulworth beds appartiendraient au Berriasien inférieur, les Cinder beds et Durlston beds au Berriasien supérieur.*

Dans le NE du Bassin de Paris [H. J. OERTLI, 1963] des sondages ont rencontré, au-dessus d'un Portlandien saumâtre, 40 m de calcaires marneux, oolithiques et gréseux associés à des dolomies, déposés en milieu lacustre. Les Ostracodes recueillis (*Mantelliana purbeckensis* dans la partie inférieure, *Cypridea* cf. *granulosa* au-dessus) prou-

PROVINCE BOREALE	SUD ANGLETERRE		JURA SUISSE	JURA FRANÇAIS	SUD-EST FRANCE		PORTUGAL
	CASEY 1963	FORBES 1851					
Valanginien inférieur	HASTING BEDS	WEALDIEN *pro-parte*	lacune sédimentaire		Valanginien inférieur (Zone à *Kilianella roubaudiana*)		MARNO-CALCAIRES à *Leviathania leviathan*
Ryazanien	DURLSTON BEDS / CINDER BEDS	PURBECKIEN SUPERIEUR (Zone à *Cypridea setina*) / PURBECKIEN MOYEN (Zone à *Cypridea granulosa*)	MARBRE BÂTARD / MERGEL-UND KALK-ZONE	MARBRE BÂTARD / CALCAIRES PSEUDO-OOLITHIQUES	B. supérieur (Zone à *Subthurmaniceras boissieri*)	Berriasien	CALCAIRES ET MARNES à Tocholines / MARNES à *Anchispirocyclina lusitanica*
Volgien supérieur	LULWORTH BEDS	PURBECKIEN INFERIEUR (Zone à *Mantelliana purbeckensis*)	PURBECKIEN "GOLDBERGFORMATION"	ENSEMBLE LAGUNO-LACUSTRE SUPERIEUR / COMPLEXE DOLOMITIQUE	B. inférieur (Zone à *Berriasella grandis*)		CALCAIRES ET MARNES à *Mantelliana purbeckensis*
Volgien inférieur	PORTLAND BEDS		PORTLANDIEN "TWANNBACHFORMATION"	1er NIVEAU D'EAU DOUCE / PORTLANDIEN	Tithonique supérieur (Zone à *Berriasella chaperi*)		PORTLANDIEN

TABLEAU 1. — *Corrélations stratigraphiques dans les couches de passage du Jurassique au Crétacé en Europe.*

(Tableau réalisé à l'aide des publications de R. CASEY - 1963, P. ALLEN - 1963, P. DONZE - 1958, H. J. OERTLI - 1966, C. HAFELI - 1966, W. A. MACFADYEN - 1970, N. STEINHAUSER et J. CHAROLLAIS - 1971.)

vent que cette formation est contemporaine des Lulworth beds. Ensuite viennent des grès stériles qui pourraient représenter le Valanginien.

Dans le Jura suisse, on parle de «Purbeckien» [A CAROZZI, 1948; H. J. OERTLI, 1966; C. HÄFELI, 1966] pour désigner un ensemble saumâtre ou lacustre reposant sur un Portlandien marin.

> Il correspond, dans la région de Bienne, à la «Goldberformation» décrite par C. HÄFELI: des calcaires et marnes laguno-lacustres contiennent *Fabanella polita, Cypridea dunkeri, Feurtillia frequens, Clavator thorali* (*), *Dictyoclavator fieri, Porochara maxima* et *Flabellochara grovesi; Mantelliana purbeckensis* est confiné à la partie inférieure de la formation; *Cypridea granulosa* apparait à la partie supérieure. Cette unité peut être corrélée avec les Lulworth beds d'Angleterre.
>
> La «Goldbergformation» est surmontée de la «Mergel-und kalk-zone» à marne et calcaires saumâtres renfermant *Fabanella polita, Feurtillia frequens,* Dasycladacées, Charophytes, et par le «marbre bâtard», calcaire riche en Trocholines et Dasycladacées. Cet ensemble transgressif pourrait être l'équivalent des Cinder beds, Durlston beds et de la base des Hasting beds. Il daterait du Berriasien supérieur [N. STEINHAUSER et J. CHARROLLAIS, 1971].

On identifie donc en Suisse, succédant à la sédimentation marine portlandienne, un mouvement de régression suivi d'un épisode de transgression.

Le Jura français montre un «Purbeckien» très comparable [P. DONZE, 1958], formé de calcaires, marnes et argiles, lagunaires, saumâtres et lacustres, à Ostracodes (*Mantelliana purbeckensis, Cypridea dunkeri, Darwinula leguminella, Dictyocythere retirugata*) et Charophytes (*Clavator thorali, Dictyoclavator fieri, Flabellochara grovesi, Porochara maxima, Clavator reidi*). Il est analogue à la «Goldbergformation» helvétique et aux «Lulworth beds» [P. DONZE, *op. cit.*, p. 132]. On aurait donc ici confirmation de l'appartenance au Berriasien du faciès purbeckien du Jura et des Lulworth beds britanniques. Les calcaires pseudo-oolithiques sus-jacents peuvent être parallélisés avec le «Mergel-und kalk-zone» de Suisse; ils correspondraient, avec le «marbre bâtard» sus-jacent, à la partie supérieure du Berriasien.

Au S du Jura, **dans les Massifs des Bauges et de la Chartreuse,** en bordure de la fosse vocontienne, le Berriasien est essentiellement marin. Quelques apports d'eaux douces à *Cypridea granulosa* et *C. praecursor* appuient l'attribution au Berriasien du «Purbeckien» du Jura et des Lulworth beds [P. DONZE, 1964, p. 153]. Il s'y développe en outre une riche faune d'Ostracodes lagunaires et marins. On peut citer, parmi les formes caractéristiques, *Paracypris* aff. *arcuatilis, Lycopterocypris? sabaudiae, Asciocythere circumdata.* Les mêmes fossiles ont été trouvés en Diois [P. DONZE et G. LE HEGARAT, 1966], dans des marnes comprises entre le Tithonique supérieur à Ammonites et le Berriasien inférieur à *Berriasella grandis.*

En résumé, le «Purbeckien» anglais correspondrait à l'ensemble du Berriasien, tandis que le «Purbeckien» du Jura représenterait seulement le Berriasien inférieur. La plate-forme qui séparait les mers mésogéenne et boréale a été soumise au début du Berriasien à une régression au cours de laquelle se sont déposés les «Lulworth beds»

(*) *Clavator thorali* DONZE serait synonyme de *Globator maillardi* (SAP.) (communication orale de L. GRAMBAST).

et le «Purbeckien» du Jura. Une transgression s'est produite au Berriasien supérieur. Elle est matérialisée par les «Cinder beds» et «Durlston beds» d'Angleterre, par le «Mergel-und kalk-zone» et le «marbre bâtard» de Suisse, par les «calcaires pseudo-oolithiques» et le «marbre bâtard» du Jura français. Ces deux mouvements ont affecté de très vastes régions: on les observe aussi dans le NW de l'Allemagne et en Russie [R. CASEY, 1963].

*
* *

Il est tentant de rapprocher les phases de régression et de transgression décrites au Portugal de celles évoquées au N de la Mésogée. L'examen des microfossiles semble d'ailleurs indiquer qu'ils sont approximativement synchrones dans les deux domaines:

— le niveau inférieur («calcaires et marnes à *Mantelliana purbeckensis*»), laguno-lacustre, renferme à la fois des espèces du «Purbeckien» inférieur anglais (*Mantelliana* gr. *purbeckensis, Cypridea* gr. *dunkeri*), du «Purbeckien» du Bassin de Paris (*Mantelliana* gr. *purbeckensis, Cypridea* gr. *praecursor*), du «Purbeckien» du Jura (*Mantelliana* gr. *purbeckensis, Cypridea* gr. *dunkeri, Globator maillardi, Dictyoclavator* cf. *fieri, Flabellochara grovesi, Porochara* cf. *maxima, Clavator* cf. *reidi*) et du Berriasien des Massifs subalpins (*Lycopterocypris? sabaudiae, Paracypris* aff. *arcuatilis, Asciocythere circumdata*). Il est donc très probablement berriasien. Comme *Mantelliana purbeckensis* persiste jusqu'au sommet du niveau et que *Cypridea granulosa* y est inconnu, on peut supposer qu'il est l'équivalent latéral de la partie inférieure des «Lulworth beds» d'Angleterre, c'est-à-dire de la zone à *Mantelliana purbeckensis* ou «Purbeckien» inférieur.

— Le niveau médian («marnes à *Anchispirocyclina lusitanica*»), dépourvu d'apports d'eaux douces, n'a pas fourni d'organismes permettant de préciser son âge.

— Le niveau supérieur («calcaires et marnes à Trocholines»), laguno-marin, à *Lycopterocypris*? *sabaudiae*, serait encore berriasien. Il formerait, avec le niveau sous-jacent, un ensemble transgressif identique aux «Cinder beds» et «Durlston beds», aux «calcaires pseudo-oolithiques» et au «marbre bâtard» du Jura.

En conclusion, *la majeure partie de l'«Infravalanginien» du Portugal est certainement d'âge berriasien. Cet étage, laguno-lacustre à la base, laguno-marin au sommet, présente les mêmes fluctuations de la nappe d'eau qu'au Nord de la Mésogée. Il possède des faciès très comparables à ceux du Jura.*

III. — LE BERRIASIEN CALCARÉO-DÉTRITIQUE

Le Berriasien à dépôts détritiques et carbonatés alternés est connu au N et au S de l'aire à sédimentation exclusivement calcaire. Voyons sucessivement les principaux affleurements.

1° LES AFFLEUREMENTS SEPTENTRIONAUX (RÉGIONS D'ERICEIRA ET DE MALVEIRA)

Les falaises qui surplombent l'Océan de part et d'autre de la crique de Porto da Calada, 7 km au N d'Ericeira, 600 m à l'W du signal géodésique d'Atalaia, offrent une série entièrement découverte qui peut être analysée dans ses moindres détails. Le Berriasien calcaire le plus proche se situe à Praia da Adraga, 23 km au SSW.

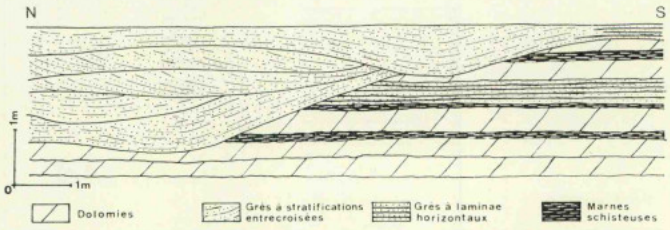
COUPE DE PORTO DA CALADA (fig. 13) — Les couches de passage du Jurassique au Crétacé plongent très faiblement, de 1 à 5°, vers le S, de sorte que l'on voit lentement se découvrir vers le N les termes les plus anciens: la partie inférieure de la série (Portlandien et base du Berriasion) arrive au niveau de la plage au N de Porto da Calada; la partie supérieure est baignée par l'Océan au S de la crique et jusqu'au petit village de São Lourenço. Les affleurements se développent donc sur une longueur de 2,5 km, dans les falaises d'une hauteur moyenne de 50 m. Une faille d'un rejet de 10 m environ, orientée N-S, passe au fond de la crique de Porto da Calada.

Au *Kimméridgien supérieur* et au *Portlandien* doivent être rapportées des argiles gréseuses et micacées, rouges, vertes ou bleues, intercalées de lentilles de grès fins blancs à stratifications obliques entrecroisées et de quelques dalles de grès psammitiques bruns. A 18 m du toit s'interstratifient 2,20 m de marnes verdâtres à nodules de calcaires microclastiques ou grumeleux, à débris bioclastiques abondants; cette passée contient *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudospirocyclina maynci* HOTT., *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN), *Pseudocyclammina* gr. *parvula* HOTT., Entroques, radioles d'Oursins, Ostréidés, Annélides, *Protocythere* gr. *helvetica* OERTLI, *Cytherella turgida* DONZE, *Schuleridea* aff. *rhomboidalis* NEALE, *Asciocythere* sp., *Parexophtalmocythere* sp., *Eocytheropteron* sp., *Cytherelloidea* aff. *paraweberi* OERTLI, *Macroporella embergeri* BOUROULLEC et DELOFFRE.

Sur ces assises vient, de bas en haut, la sucession suivante:

1. Grès fins, argiles ligniteuses et calcaires dolomitiques en laminae parallèles, millimétriques ou centimétriques, que séparent des plans très riches en débris ligniteux. Les calcaires dolomitiques sont gris jaunâtre en surface, gris foncé sur la tranche, et s'organisent en bancs épais de 0,10 à 0,40 m; ils contiennent de nombreuses Trigonies et *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER). Les argiles ligniteuses noires forment les interbancs entre les grès et entre les calcaires dolomitiques. On peut enfin remarquer que, localement, les bancs de calcaires dolomitiques et de grès en laminae sont ravinés par des lentilles de grès fins blancs, en stratifications entrecroisées, pouvant atteindre 1 m d'épaisseur, passant latéralement à des grès en laminae horizontaux (*fig.* 12). Aucune polarité n'a pu être repérée entre ces diverses unités lithologiques. Des bioturbations et «convolute-laminations» s'observent dans les grès en laminae (5,50 m).

2. *a*) Lentilles de silts et grès à stratifications entrecroisées. Ce niveau ravine localement l'assise sous-jacente. Les silts, violacés à verdâtres, forment deux lentilles épaisses de 1,50 à 1 m. Les grès intercalés, d'une puissance maximum de 3 m, sont blancs ou gris clair, à grain fin; une matrice argileuse lie des éléments de quartz prédominant et de feldspath. La lentille de la base renferme en outre des galets anguleux de calcaire noir, cryptocristallin (*) (7 m).



FIGUE 12. — *Le Berriasien de Porto da Calada. Exemple de ravinement.*

(*) De tels calcaires n'ont jamais été rencontrés dans le Jurassique ou dans le Berriasien du Portugal. Il s'agit, soit de calcaires sapropéliens démantelés peu après leur dépôt et repris sur place, soit de concrétions. Ils semblent présenter une certaine analogie avec les «cailloux noirs» du Purbeckien suisse.

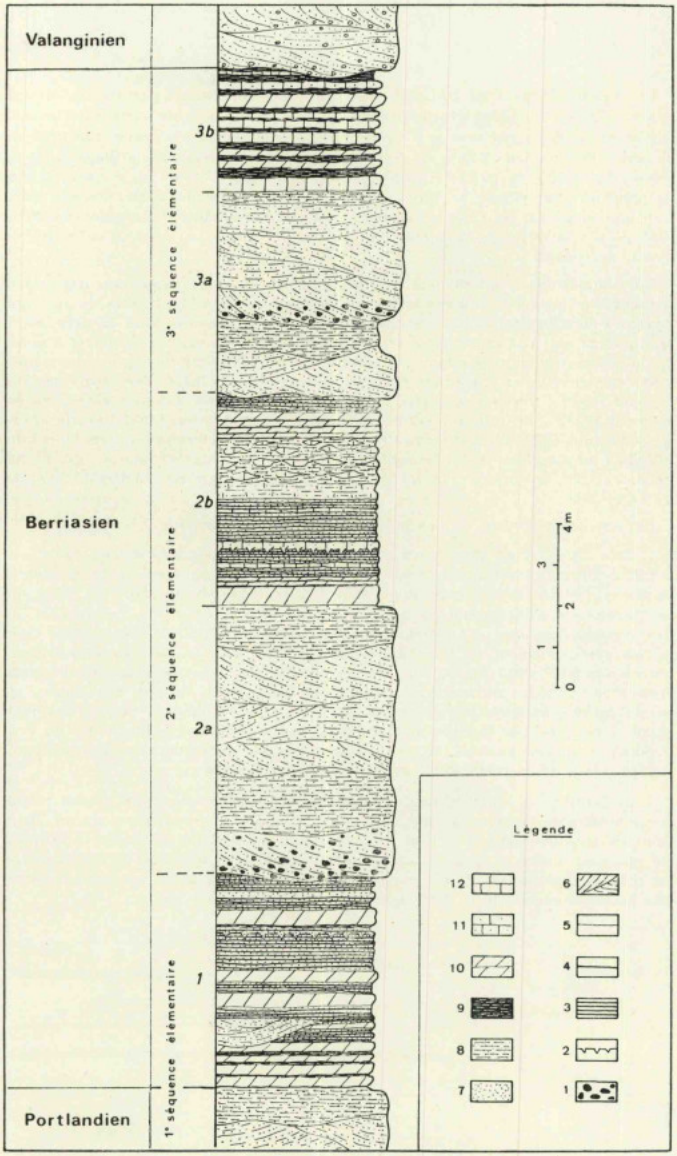


FIGURE 13. — *Coupe du Berriasien de Porto da Calada*

1: galets de calcaire noir; 2: bioturbations; 3: laminae parallèles; 4: joint de stratification; 5: limite horizontale de banc; 6: stratification obliques entrecroisées; 7: grès; 8: silts; 9: argiles; 10: dolomies; 11: calcaires gréseux; 12: calcaires.

b) Dolomies, grès fins, silts argileux et calcareux en stratifications horizontales. Ce niveau débute par un banc de dolomie jaune en surface, gris foncé sur la tranche, à nombreux débris ligniteux et Trigonies; d'autres bancs dolomitiques plus minces, épais de 0,10 à 0,20 m, séparés par des joints argileux noirs, à surface de stratifications onduleuses, apparaissent sur toute l'épaisseur du niveau. Ils alternent avec des lits de grès fin, à quartz, feldspath, muscovite et débris ligniteux, disposés en laminae parallèles. Les stratifications internes de chaque feuillet sont horizontales ou obliques. Les silts, rouges, verts ou blancs, sont chargés de nodules calcareux qui tendent à s'organiser en bancs onduleux discontinus. Bioturbations, «convolute-laminations» et «ripple-marks» (orientés N 312°) caractérisent les grès en laminae. Une seule séquence mineure, négative, a pu être repérée (5 m).

3. *a*) Lentilles de silts et grès en stratifications entrecrosées. Ce niveau d'épaisseur variable, ravine nettement le banc sous-jacent. Le grès est fin, gris clair, formé de quartz, muscovite et biotite liés par une matrice argileuse, riche en débris ligniteux; il s'organise en deux lentilles; l'unité supérieure porte, dans les 0,50 m de la base, des galets anguleux de calcaire noir cryptocristallin, azoïque, pouvant atteindre 17 cm de long. Les plans des stratifications entrecroisées ont un plongement de 14° à 25° et un azimut moyen de 210°. Les silts intercalés sont massifs et violacés, rouges, verts ou blancs (5 m en moyenne).

b) Calcaires et marnes en bancs horizontaux. Le calcaire, jaune verdâtre ou gris bleuté, est graveleux, dolomitique ou gréseux. Il est souvent riche en *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) et se dispose en bancs onduleux épais de 0,05 à 0,20 m, séparés par des interbancs marneux ou silteux gris foncé à nodules calcaires (3 m).

Au-dessus, viennent les grès blancs du Valanginien.

Le principal repère stratigraphique est constitué par les marnes à nodules calcaires intercalées dans les argiles et grès versicolores de la base de la coupe. On y rencontre l'association de faune citée dans le Kimméridgien supérieur ou le Portlandien inférieur d'Aldeia de Juzo et de Brouco (*Anchispirocyclina lusitanica, Everticyclammina virguliana, Protocythere* gr. *helvetica, Cytherelloidea* aff. *paraweberi*). Les argiles et grès immédiatement sus-jacents sont identiques à ceux que l'on rencontre sous le niveau marno-calcaire. Ils sont stériles, mais il est logique de penser qu'ils sont encore jurassiques, représentant peut-être la partie supérieure du Portlandien. Je situerais donc la limite inférieure du Berriasien aux premiers bancs dolomitiques et gréseux en stratifications horizontales. Ce Berriasien est daté, non pas tellement par la faune qu'il renferme — *Anchispirocyclina lusitanica* étant le seul organisme déterminable — mais par sa position stratigraphique, entre les argiles et grès attribués au Portlandien et les grès caractéristiques du Valanginien.

Le Portlandien terminal et le Berriasien s'organisent en 3 *séquences élémentaires positives successives*. Chaque séquence possède un membre inférieur gréseux ou silteux, lenticulaire, à stratifications entrecroisées, et un membre supérieur de grès fins, dolomies, calcaires et silts à stratifications horizontales, à débris ligniteux, laminae parallèles, bioturbations, «convolute-laminations», «ripple-marks» et structures noduleuses. Ce sont là des *séquences d'inondation*, dues aux fluctuations d'une nappe d'eau. Elles paraissent correspondre aux séquences de *marais littoraux*, telles qu'elles ont été récemment décrites dans l'archipel de Bahamas [E. A. SHINN, R. M. LLOYD et R. N. GINSBURG, 1969] ou, en termes généraux, par Ph. KUENEN [1950], A. GUILCHER [1954], F. OTTMANN [1965] et L. YAPAUDJIAN [1970]. Les grès du membre inférieur de la séquence se sont accumulés dans les *chenaux de marée* qui drainent les zones subtidales ou intertidales. L'atrophie de ce réseau est suivie de la mise en place, en zone supratidale, de *vasières*, telles les «slikkes» à Salicornes de Hollande ou les marais à Mangroves des pays intertropicaux; c'est alors que se déposent les grès en laminae

parallèles, dolomies et calcaires du terme supérieur. Chaque séquence positive traduit donc, en un point donné, le remblayage de l'aire de dépôt et le recul du domaine lagunaire ou marin. La succession dans le temps de 3 cycles fondamentaux démontre qu'il y a eu au cours du Berriasien, dans la frange côtière, des abaissements successifs de la surface de sédimentation ou des exhaussements du niveau des eaux accompagnant des mouvements de transgression. Ces déplacements verticaux ont été de faible envergure, de l'ordre de quelques mètres.

Il ressort de cette analyse que *les abords de Porto da Calada correspondaient au Berriasien à un marais littoral*, c'es-à-dire à une zone basse, sans accident notable, située au voisinage du niveau de la nappe d'eau; la répartition des sédiments est essentiellement influencée par les marées.

*
* *

Des données complémentaires sur le Berriasien des environs d'Ericeira peuvent être recueillies dans les affleurements qui longent la route E. N. 247 au N de Ribamar. La succession que l'on y rencontre fut déjà décrite par CHOFFAT [1904] sous le nom de «coupe entre la chapelle de São Lourenço et Marvão». A. LOMBARD [1958] présenta une analyse très détaillée, banc par banc, de la série, mais les conclusions qu'il en dégagea furent très limitées.

COUPE DE RIBAMAR — Les couches de passage du Jurassique au Crétacé sont recoupées par la route E. N. 247 entre São Lourenço et Ribamar, immédiatement au S du pont qui franchit le Rio Safarujo. Les assises plongent à 5° vers le S. J'ai relevé, de bas en haut:

1. Calcaires, calcaires gréseux, dolomies, silts, grès fins et marnes schisteuses noires, en stratifications horizontales. Les calcaires blanchâtres s'organisent en bancs épais de 0,50 m, à surfaces de stratification onduleuses, ou bien en nodules et minces lits mal différenciés; d'un fond cryptocristallin ou microcristallin se détachent de nombreux éléments bioclastiques anguleux ou émoussés, parmi lesquels on reconnaît *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Feurtillia frequens* MAYNC, *Miliolidae*, *Nautiloculina* sp., *Macroporella embergeri* BOUROULLEC et DELOFFRE, *Actinoporella podolica* ALTH., accompagnés de sections d'Ostracodes, dents de Raies, Ostréidés, *Pterotrigonia caudata* (AG.), Gastéropodes. Les calcaires gréseux ou dolomitiques, jaunes ou gris verdâtre, forment des bancs de 0,50 à 0,80 m, séparés par des joints de stratification à marnes schisteuses noires. Les grès fins blancs, riches en micas et débris ligniteux, alternent avec des silts micacés, rouges ou verts, qui prédominent à la base de la formation. On n'observe aucune polarité. Les assises sous-jacentes ne sont pas connues. Au N du Rio Safarujo affleurent des argiles rouges et vertes plus anciennes du Portlandien. Le niveau 1 est visible sur 7 m.

2. *a*) Grès et silts à stratifications entrecroisées. Le grès est blanc, tendre, micacé, riche en feldspath altéré, à grains fins. Il forme une lentille à stratifications entrecroisées que surmontent des silts argileux gris, verts ou rouges (3 m).

— Lacune d'observation (1 m).

b) Calcaires, calcaires gréseux, marnes schisteuses et grès fins en bancs horizontaux. Les lits de calcaires gréseux, épais de 0,50 à 0,80 m, sont riches en Trigonies. Les calcaires blancs, cryptocristallins, forment des bancs onduleux mal individualisés alternant avec des marnes schisteuses noires à *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Asciocythere* sp., Gastéropodes. Quelques dalles ou bancs de grès fins, blancs ou rouges, à muscovite et lignite, à laminae parallèles, s'intercalent dans ce niveau (9 m).

— Lacune d'observation (2 m).

3. *a*) Grès à stratifications entrecroisées, blancs, lenticulaires, fins, à quartz et feldspath, intercalés dans la partie médiane de bancs horizontaux de 0,10 à 0,20 m de grès jaunes et durs (3,20 m).

b) Calcaires, calcaires dolomitiques et gréseux, marnes schisteuses en stratifications horizontales. Ce niveau affleure de part et d'autre d'un grand lacet de la route. Les calcaires sont gris clair à jaunâtres, cryptocristallins, disposés en bancs de 0,50 à 0,60 m, à surfaces de stratification onduleuses ou en lits mal individualisés et nodules. Les bancs de calcaires dolomitiques et gréseux, jaunes ou verdâtres, microcristallins, sont bien différenciés. Les joints de stratification sont emplis de marnes schisteuses noires. On y trouve *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), Lituolidés, Gastéropodes, Lamellibranches, *Fabanella* sp., *Asciocythere* sp., *Schuleridea* sp. Les organismes sont souvent pyritisés. Ce niveau, épais de 3,20 m, est surmonté des grès blancs à galets du Valanginien.

Les 3 séquences positives définies à Porto da Calada, 2,5 km au NNE, se retrouvent à Ribamar. On doit, cependant, remarquer que le terme supérieur de chaque séquence (calcaires, grès et dolomies en stratifications horizontales) est plus puissant, plus riche en bancs calcaires: *les influences marines ont été plus prononcées* dans un secteur plus méridional que Porto da Calada.

Les organismes recueillis permettent de préciser les attributions stratigraphiques: l'existence, dans le niveau 1, de *Pterotrigonia caudata* incite à penser que les premières assises de la coupe se situent déjà dans le Berriasien. La persistance jusqu'au sommet (niveau 3 b) d'*Anchispirocyclina lusitanica* démontre que les termes les plus élevés sont encore berriasiens. Tout cet ensemble calcaréo-détritique sous-jacent aux grès valanginiens appartient donc au Berriasien. Cela confirme les datations proposées à Porto da Calada.

*
* *

Les affleurements de Berriasien sont rares à l'E du Ribamar et de São Lourenço: les couches de passage du Jurassique au Crétacé occupent le bas de la cuesta qui surplombe la rive S du Rio Safarujo, de sorte qu'elles sont généralement recouvertes d'un manteau d'éboulis. Il semble cependant que l'on doive rapporter au Berriasien les grès fins, lenticulaires, blancs, rouges ou lie-de-vin, intercalés de bancs horizontaux de grès calcareux jaunes qui se développent à la ferme de Penegache, 4 km à l'E de Ribamar.

Toute intercalation calcaire paraît avoir disparu à Picanceira, 1,5 km plus à l'E. De même, le Berriasien est exclusivement détritique dans la région de Gradil, Codeçal et Vilafranca do Rosário, 14 km au SE de Ribamar.

*
* *

C'est au village de Juremelo, 19 km au SE de Ribamar, 3 km au NE du bourg de Malveira, que l'on rencontre à nouveau des passées calcaires dans le Berriasien.

COUPE DE JUREMELO — Le *Kimméridgien supérieur* et le *Portlandien* se composent de calcaires à *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) et très abondantes Codiacées et Dasycladacées, surmontés de 40 m d'argiles et silts violacés, bleus, jaunes ou blancs, intercalés de bancs de grès ocre à stratifications horizontales.

Le *Berriasien* est essentiellement connu dans la tranchée de la voie ferrée Malveira-Tôrres Vedras. La série, discontinue, hachée de failles, plongeant à 8° vers le SW est, de bas en haut, la suivante:

1. Grès grossiers, lenticulaires, bleutés à violacés, riches en feldspath non altéré (10 m).

2. Grès, argiles et calcaires en stratifications horizontales. Ce niveau s'observe entre les km 41,200 et 41,300 de la voie ferrée. Les divers termes lithologiques s'organisent en petites séquences positives. La base de chaque séquence se compose d'un banc de 0,15 à 0,25 m de grès fin, ocre ou brun, passant vers le haut à un grès argileux, micacé et ligniteux, en laminae parallèles, puis à des argiles feuilletées blanches. La plupart des séquences se terminent par un lit de 0,05 à 0,20 m de calcaire gris clair à gris jaunâtre, à surfaces de stratification onduleuses, cryptocristallin, grumeleux ou microcristallin, très finement gréseux, parfois glauconieux, parsemé de taches et granules de limonite. Les séquences ont une épaisseur comprise entre 0,50 à 1,50 m. Elles sont de plus en plus puissantes de la base au sommet du niveau. Les argiles et calcaires ont livré *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Feurtillia frequens* MAYNC., *Ammobaculites* sp., *Textulariidae*, *Trochamminidae*, *Miliolidae*, *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), Lamellibranches, Gastéropodes, *Permocalculus* sp. CHOFFAT [1904, p. 32] cita, en outre, *Pterotrigonia caudata* (AG.) (5,70 m).

3. Grès jaunes, gris ou violacés, en lentilles à stratifications entrecroisées, intercalés de silts et argiles gréseuses gris bleuté ou lie-de-vin, lenticulaires. Le grès est riche en feldspath faiblement altéré et chargé de galets de quartz versicolores. La puissance du niveau peut être évaluée à 50 m. Au-dessus viennent les grès blancs à galets, du Valanginien, qui couronnent les buttes de Juremelo et Cariços.

A la suite des dépôts marins littoraux du Jurassique supérieur, le Barriasien a vu s'instaurer, semble-t-il, un régime fluviatile se traduisant par l'accumulation de grès et silts lenticulaires qui seront ultérieurement étudiés. Le Berriasien correspond donc, ici aussi, à une formation régressive. On y rencontre cependant un niveau carbonaté à séquences élémentaires positives: cette intercalation est la marque d'une transgression, d'une incursion temporaire de la mer, créant un milieu de sédimentation du type «marais littoral». Il serait illusoire de vouloir pousser plus avant les corrélations et de proposer, notamment, des correspondances précises entre les séquences de Praia da Adraga et les niveaux de Juremelo.

La passée calcaréo-marneuse du Berriasien affleure aussi dans de bonnes conditions le long du chemin allant d'Asseiceira Grande à Venda do Pinheiro, 400 m au S d'Asseiceira Grande, 1 750 m au SSE de la coupe de Juremelo. On voit, intercalés dans les grès et silts versicolores et lenticulaires, 10,50 m de grès ocre, argiles schisteuses feuilletées, grès en laminae parallèles à débris ligniteux et calcaires noduleux, cryptocristallins à microcristallins, graveleux et gréseux, renfermant *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER) et *Feurtillia frequens* MAYNC. Ces divers termes s'agencent en petites séquences positives.

On trouve encore la trace de calcaires berriasiens sur les flancs de la butte portant le signal géodésique de Galega, 2 km au NE de Venda do Pinheiro, 2 km au SW d'Asseiceira Grande. Vers le SE, au N du village de Montachique et près du hameau de São Gião, le Berriasien serait uniquement argilo-gréseux. Il en est de même plus à l'E et jusqu'à Alverca, au bord du Tage.

2° LES AFFLEUREMENTS MÉRIDIONAUX (ENVIRONS DU CAP ESPICHEL)

Un seul point est favorable à une étude détaillée: la crique de Praia dos Lagosteiros, à l'extrémité occidentale de la Serra da Arrábida, 1 250 m au NE du Cap Espichel, 250 m au N de l'église de Nossa Senhora do Cabo, sur le revers N de l'anticlinal du Cap Espichel (*fig.* 14). Les couches de passage du Jurassique au Crétacé plongent à 35° vers le NNE.

COUPE DE PRAIA DOS LAGOSTEIROS — Sur le côté S de la plage et, plus au S, dans une partie de l'anse de Praia do Cavalo, se développent 190 m de calcaires gris clair, cryptocristallins ou grumeleux, à éléments bioclastiques anguleux et, dans certains bancs, gravelles cryptocristallines, intercalés de marnes grises à nodules calcaires. Ce niveau contient à la partie inférieure *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), *Pseudocyclammina* gr. *lituus* (YOK.), *Pseudocyclammina* gr. *parvula-muluchensis* HOTT., *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN), *Freixialina planispiralis* RAMALHO, *Rectocyclammina chouberti* HOTT., *Haplophragmoides* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.), *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Miliolidae, Lagenidae, Verneuilinidae, Lenticulina*, sp., Gastéropodes, Lamellibranches, Serpules, Coelentérés, Entroques, osselets d'Ophiures, dents de Poissons, radioles et fragments de plaques d'Echinides, *Schuleridea* sp., *S.* aff. *rhomboidalis* NEALE, *Cytherella turgida* DONZE, *Cytherelloidea* aff. *paraweberi* OERTLI, *Asciocythere* sp., *Eocytheropteron* sp., *Protocythere* gr. *helvetica* OERTLI, *Kentrodictyocythere* sp., *Parexophtalmocythere* sp., *Dolocytheridea?* sp., *Fabanella* sp., *F.* gr. *polita* (MARTIN), *Paracypris* sp., *Lithoporella* sp., *Munieria* sp., *Salpingoporella annulata* CAROZZI, *Clypeina* cf. *jurassica* FAVRE, *Macroporella embergeri* BOURCULLEC et DELOFFRE, *Actinoporella* sp., *Bankia striata* (CARROZZI), *Cayeuxia piae* FROLLO, *Permocalculus* sp. Dans les 50 derniers mètres disparaissent *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN), *Pseudocyclammina* gr. *parvula-muluchensis* HOTT. et *Bankia striata* (CAROZZI), tandis qu'apparaissent *Feurtillia frequens* MAYNC, *Pseudospirocyclina maynci* HOTT., *Torinosuella peneropliformis* (YABE et HANZAWA), *Everticyclammina kelleri* (HENSON) et *Trocholina molesta* GORB. De rares fructifications de Charophytes sont dispersées dans les derniers bancs. Les autres microorganismes ne changent pas.

Il est difficile de suivre l'interprétation de W. MAYNC [1959] qui rapportait ce niveau au Kimméridgien inférieur, pas plus que celle de la Companhia dos Petróleos de Portugal [*in* notice explicative de la carte geólogique de Setúbal au 1/50 000, 1965] qui lui attribuait un âge berriasien (= Valanginien inférieur *s. l.*). En effet, les mêmes associations faunistiques et floristiques ont été décrites, sous les calcaires berriasiens, dans le Kimméridgien supérieur — Portlandien d'Aldeia de Juzo et de Brouco. On peut donc penser que le niveau de Praia dos Lagosteiros est synchrone. L'appartenance au Jurassique supérieur est confirmée par la présence de *Psedocyclammina* gr. *parvula-muluchensis*, *Everticyclammina virguliana*, *Freixialina planispiralis*, *Pseudospirocyclina maynci*, *Bankia striata* et *Clypeina* cf. *jurassica*. L'existence, au mur du niveau, d'un Kimméridgien à Ammonites (*) prouve que la partie inférieure correspond au Kimméridgien supérieur ou au Portlandien inférieur. Les 50 derniers mètres, dépourvus d'*Everticyclammina virguliana* seraient portlandiens. Remarquons enfin, que ce niveau est, comme dans la région de Cascais et de Brouco, essentiellement marin; seuls, les ultimes lits témoignent d'une amorce de régression.

On voit, dans le fond de la crique de Praia dos Lagosteiros, au-dessus des calcaires et en concordance, la succession suivante (*fig.* 15):

1. Conglomérat à ciment marneux vert liant des galets et blocs anguleux atteignant 0,30 m de long, juxtaposés, de calcaire jaune ou gris, cryptocristallin ou graveleux à matrice cristalline, à rhomboèdres de dolomite plus ou moins abondants et éléments bioclastiques parmi lesquels on reconnait *Feurtillia frequens* MAYNC, *Nautiloculina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.), *Lenticulina* sp., *Miliolidae, Verneuilinidae, Schuleridea* aff. *rhomboidalis* NEALE, *Asciocythere* sp., *Actinoporella* sp. et *Permocalculus* sp. (1,40 m).

(*) Communication orale de M. RAMALHO. Ces résultats feront l'objet d'une prochaine publication de H. TINTANT et M. RAMALHO.

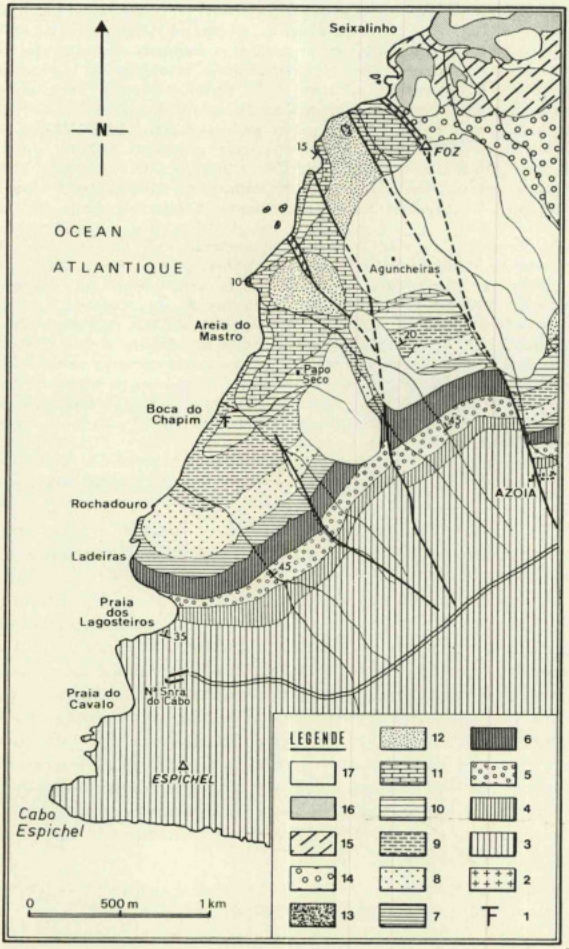


FIGURE 14. — *Le Crétacé inférieur au N du Cap Espichel. Carte géologique.*

1: gisement de Vertébrés fossiles; 2: roches volcaniques; 3: Jurassique; 4: Berriasien; 5: Valanginien; 6-7: Hauterivien (6: «marnes à *Toxaster*» et «calcaires à Polypiers de Lagosteiros»; 7: «calcaires et silts de Ladeiras»); 8-11: Barrémien inférieur (8: «grès de Rochadouro»; 9: «calcaires et marnes à Choffatelles»; 10: «grès à Dinosauriens»; 11: «calcaires à Rudistes de Boca do Chapim»; 12: Barrémien supérieur («grès de Regatão»); 13: Bédoulien; 14: Gargasien («grès supérieurs d'Almargem»); 15: Cénomanien; 16: Miocène; 17: Quaternaire.

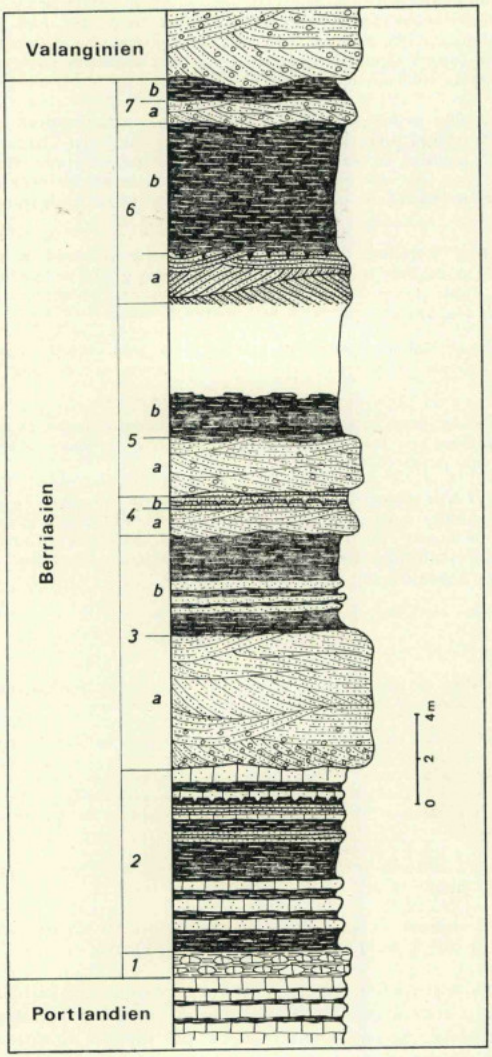


FIGURE 15. — *Coupe du Berriasien de Praia dos Lagosteiros.*
Les figurés employés sont identifiques à ceux de la fig. 13.

2. Argiles vertes à nodules de grès calcareux et bancs horizontaux de 0,20 à 0,60 m, à stratifications onduleuses, de grès calcareux jaune verdâtre à éléments de quartz émoussé, feldspath très altéré et débris ligniteux, à moules de Gastéropodes et Lamellibranches, alternant avec des grès fins blancs, riches en dignite, en laminae parallèles, à «convolute-laminations», et bioturbations. Ces divers termes s'organisent en petites séquences positives à la base et négatives au sommet (8,10 m).

3. *a*) Lentilles de 0,50 à 1 m de grès gris clair, à stratifications entrecroisées, ravinant le niveau sous-jacent. Le grès est grossier, mal classé, à la base; un ciment argileux lie des grains de quartz, feldspath, muscovite et chloritoschistes, ainsi que des granules de quartz émoussé atteignant 2 cm de long. Le classement s'améliore et le grès s'affine à la partie supérieure du niveau (6 m).

b) Argiles violacées ou bleues, intercalées de 3 bancs horizontaux de 0,10 à 0,20 m de grès fin jaune en surface, verdâtre sur la tranche, à quartz, feldspath, muscovite et biotite. Quelques bioturbations s'observent au sommet. Le passage avec l'assise sous-jacent est progressif (4,50 m).

4. *a*) Grès en lentilles épaisses de 0,20 à 0,50 m, bien classés, jaunes à blancs, à quartz grossier et feldspath très altéré. Le grain devient plus fin vers le haut (1 m).

b) Grès fin, silteux, à débris ligniteux, en laminae horizontaux, à «convolute-laminations» et bioturbations, provenant d'un passage progressif avec le niveau sous-jacent (0,50 m).

5. *a*) Grès gris clair, en lentilles de 0,10 à 0,50 m, grossiers et mal classés: dans une matrice argileuse réduite sont dispersés des petits grains, granules et galets de quartz. Les éléments fins sont anguleux, les grossiers arrondis. Le feldspath altéré est rare. Ce niveau ravine le terme sur lequel il repose et contient des galets d'argile (2,40 m).

b) Argiles violacées ou vertes (2 m).

— Lacune d'observation (4,50 m).

6. *a*) Lentilles de grès fin, jaunes ou gris, bien classé, à muscovite et débris ligniteux, disposés en laminae à stratifications entrecroisées (1,50 m).

b) Argiles lie-de-vin, présentant des bioturbations à la base (6 m).

7. *a*) Grès clairs, rosés à vert pâle, lenticulaires, mal classés, ravinant le niveau sous-jacent. Des galets peu émoussés de quartz atteignant 4 cm de long sont dispersés dans un grès fin ou grossier à éléments de quartz et feldspath altéré (1,80).

b) Argiles silteuses noires, micacées, provenant d'un passage progressif de l'assise sous-jacente (2 m).

Au-dessus, viennent les grès blancs du Valanginien. Ils arrivent au bas de la falaise sur le côté N de la crique de Praia dos Lagosteiros.

Cet ensemble essentiellement détritique est presque entièrement stérile. On peut le dater grâce à deux considérations: il est compris entre les calcaires portlandiens et les grès valanginiens; il est nettement régressif par rapport au Portlandien sous-jacent. Il représente donc probablement le Berriasien.

Les composants s'organisent en plusieurs séquences positives d'inondation. La séquence de base débute par un terme de remaniement et se poursuit par des calcaires gréseux, argiles et grès, sédimentés en milieu supratidal; elle offre de grandes ana-

logies avec le niveau de base du Berriasien de Porto da Calada, terme supérieur d'une séquence régressive. Les cinq autres séquences possèdent une partie inférieure de grès lenticulaires et une partie supérieure argileuse, silteuse et gréseuse, à stratifications horizontales, laminae parallèles, bioturbations et «convolute-laminations». Elles pourraient s'être accumulées dans un marais littoral.

*
* *

Les affleurements de Berriasien sont rares et fragmentaires à l'E de la crique de Praia dos Lagosteiros. Je n'ai vu, en aucun autre point de la Serra da Arrábida, des intercalations carbonatées et des stratifications horizontales dans la masse des argiles et grès lenticulaires à stratifications entrecroisées.

3° RÉCAPITULATION — MILIEU DE DÉPOT

De cette analyse du Berriasien calcaréo-détritique ressortent les faits suivants:

— les calcaires et grès alternés constituent une formation régressive par rapport au Jurassique supérieur.

— Ils se sont accumulés dans des zones côtières basses, comparables aux marais littoraux actuellement connus.

— Leur organisation en plusieurs séquences sucessives permet de penser que des mouvements verticaux de faible amplitude se sont produits au cours du Berriasien. A la suite de la nette régression initiale, un ou plusieurs abaissements relatifs du sol, créant des conditions transgressives, affectent le rivage septentrional et, peut-être, la côte méridionale. Ils confirmeraient l'hypothèse d'un léger enfoncement du bassin de sédimentation carbonatée précédant le dépôt des «calcaires et marnes à Trocholines».

La répartition des affleurements permet d'esquisser les contours de la zone de rivage (*fig.* 23); au N du bassin de sédimentation calcaire, la côte se situerait 7 km environ au N d'Ericeira. Elle s'infléchirait rapidement vers le SE, passant 3 km au N de Malveira et 2 km au NE de Venda do Pinheiro. La zone littorale prendrait alors une direction N-S. A l'E du Berriasien calcaire, les dépôts côtiers n'affleurent nulle part. Cependant, la présence d'épandages gréseux dans le dôme d'Olela et au NE du dôme de Brouco incite à penser que le rivage devait se situer à faible distance vers l'E. La limite SE du domaine lagunaire, enfin, est précisée par l'existence de formations littorales à la pointe occidentale de la Serra da Arrábida, immédiatement au NE du Cap Espichel.

IV. — LE BERRIASIEN DÉTRITIQUE

1° ANALYSE STRATIGRAPHIQUE

Les couches argileuses et gréseuses du passage du Jurassique au Crétacé n'ont fourni aucun reste organique. Elles n'ont pu être datées que par analogies des faciès et par comparaison, de proche en proche, des différents affleurements. Les attributions stratigraphiques sont donc aléatoires et imprécises. Passons en revue les principaux gisements.

A) *SERRA DA ARRÁBIDA*

Je rappellerai qu'à l'extrémité W de la Serra, dans la crique de Praia dos Lagosteiros, le Portlandien calcaire est surmonté d'un Berriasien à grès et argiles intercalés de quelques bancs calcareux. Au toit de la formation se développent les grès blancs valanginiens.

Vers l'E, le couvert végétal, le sol et les dépôts sableux du Tertiaire et du Quaternaire masquent en général de Berriasien. Trois affleurements, seulement, méritent d'être mentionnés:

a) **Moulin de Frade.** Sur le versant S de la butte portant le moulin, 9 km au NE de Lagosteiros, des carrières ont entaillé 8 m environ de grès et argiles en dispositions lenticulaires et séquences élémentaires positives. Les grès sont grossiers, mal classés, de teinte jaune, rouge ou gris bleuté; une importante matrice argileuse lie des grains et granules de quartz et de feldspath très altéré, associés à des galets dispersés de quartz gris, rosé, jaune ou blanc, et, exceptionnellement, de quartzite schisteux, de grès siliceux et de chloritoschistes. Les argiles et silts, bleutés à violacés, micacés, emballent des grains de quartz. Les stratifications sont entrecroisées. Immédiatement au-dessus viennent les grès blancs valanginiens. 30 m au-dessous affleure le Portlandien, formé de calcaires à Anchispirocyclines alternant avec des marnes et argiles rouges et vertes et avec des grès fins.

b) **Sesimbra.** Au N des dernières maisons du village, à l'E et au-dessus du stade, le Berriasien, plongeant à 80° vers l'E, est constitué d'une cinquantaine de mètres de grès et argiles lenticulaires, à stratifications entrecroisées, violacés ou bleutés. Les galets de quartz abondent dans les grès. Au toit de la formation affleurent les grès valanginiens. Au mur apparaissent les argiles vertes, jaunes ou violacées, intercalées de quelques bancs calcaires, du Portlandien.

c) **São Caetano.** Le Berriasien est connu 300 m au N de la ferme de São Caetano, 2 km au SSE de Vila Nogueira de Azeitão, 20 km à l'ENE de Praia dos Lagosteiros. Il se compose de 40 m de grès jaunes ou gris et d'argiles rouges ou violacées, en dispositions lenticulaires. Le grès est riche en grains de feldspath peu altéré et en petits galets de quartz et de lydienne ne dépassant pas 3 cm de long. Les stratifications sont entrecroisées. Les argiles rouges sous-jacentes, intercalées de quelques bancs de grès fin rose, sont rapportées au Portlandien. Le Valanginien est représenté sous son faciès caractéristique de grès blancs à galets. A l'E de São Caetano, tout le Crétacé inférieur est recouvert en discordance par des dépôts tertiaires.

En résumé, j'attribue au Berriasien, dans la Serra da Arrábida, 40 à 50 m d'argiles et grès diversement colorés, lenticulaires, riches en éléments de feldspath et en galets de quartz, reposant sur un Portlandien qui, de l'W vers l'E, devient de plus en plus détritique.

B) *FLANC NORD DU SYNCLINAL DE PERO PINHEIRO*

La composition du Portlandien ne varie pas d'une extrémité à l'autre du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro, depuis l'Océan Atlantique jusqu'aux rives du Tage: des argiles rouges, vertes ou violacées alternent avec des grès fins blancs, en bancs hori-

zontaux ou en lentilles et avec des calcaires noduleux à Anchispirocyclines. Ce sont les «couches de Freixial» de CHOFFAT [1901]. Le Valanginien, lorsqu'il existe, est toujours constitué de grès blancs à galets qui se repèrent très bien dans le paysage. De ce fait, le Berriasien est défini par sa position stratigraphique. Le passage latéral aux dépôts littoraux de Porto da Calada, Ribamar et Juremelo confirme les datations. Jetons un rapide coup d'oeil sur les formations les plus représentatives.

a) **Est de Penegache.** Le Berriasien affleure dans les différentes buttes-témoins qui, entre Cova da Moura et Gradil, sur une dizaine de kilomètres, dominent la plaine jurassique. Il présente partout les mêmes caractères pétrographiques. Ainsi, la butte qui s'élève 200 m à l'W du hameau de Serreira et les sommets couronnés par les signaux géodésiques de Romeirão, Roma, Tarejo et Chipre montrent des lentilles de grès jaunes, violacés, rouges ou gris, à matrice argileuse et éléments de quartz et de feldspath. Des galets de quartz jaune, rosé, gris foncé ou blanc sont dispersés dans le grès ou jalonnent la base des lentilles. Ces passées grossières sont interstratifiées avec des lentilles ou bancs subhorizontaux de grès fins blancs micacés et d'argiles et silts violacés, rouges ou bleus. La limite inférieure du Berriasien ne peut être tracée avec exactitude: je rapporte au Portlandien les argiles rouges sous-jacentes aux grès, car elles sont intercalées de bancs dolomitiques jaunes ou emballent des nodules calcareux et dolomitiques. Le Berriasien ainsi défini est épais de 20 à 25 m.

b) **Sud de Vilafranca do Rosário.** 200 m au S du village, 2 km au SE de Gradil, le Berriasien serait représenté par 50 m de silts et d'argiles violacées, alternant avec des lentilles de grès jaunes ou lie-de-vin, à galets de quartz, à grains de feldspath nombreux et peu altérés, ainsi qu'avec divers bancs de grès fins jaunes en stratifications horizontales intercalés de quelques silts ligniteux.

C'est une formation de puissance comparable qui, de Juremelo au signal géodésique de Galega, est interrompue par un épisode calcaire et marneux.

c) **Est du signal de Galega.** Les dépôts argileux et gréseux du Berriasien sont entaillés dans plusieurs carrières, telles celles de Freixeira et de Vale de São Gião, 2 km au SSE et 3,5 km à l'ESE de Venda do Pinheiro: on y observe des grès jaunes, violacés ou gris, à importante matrice argileuse, à éléments de quartz et de feldspath peu altéré, formant des lentilles à stratifications entrecroisées; ils s'associent à des silts ligniteux et sulfureux et à des argiles violacées et bleues pour composer des séquences élémentaires positives. Les éléments les plus grossiers ne dépassent pas 2 cm de long. Le Berriasien est épais de 60 m au N de Venda do Pinheiro, de 40 m à Vale de São Gião. Il repose sur les argiles rouges, grès ocre et calcaires noduleux à Anchispirocyclines du Portlandien.

d) **Freixial.** Aux environs de Freixial, 2,5 km à l'E de Vale de São Gião, la puissance du Berriasien n'excède pas 25 m. Des grès fins à moyens, rouges, ocre ou violacés, sont intercalés d'argiles lie-de-vin.

e) **Bucelas.** 1,5 km à l'W du village, au bord de la route E. N. 116, immédiatement au S de la maison de Paço do Caçador, le Berriasien montre des argiles et silts gris verdâtre ou violacés, associés, en séquences positives, à des grès de teinte grise, à éléments fins ou grossiers de quartz et de feldspath. Ce dernier minéral est abondant et faiblement altéré. La puissance de la formation peut être estimée à 25 ou 30 m.

Le Berriasien a la même composition à la Quinta de Romeirão de Cima, 3 km à l'E de Bucelas.

f) **Alverca.** C'est au bord de la route reliant Arsena à Alverca, à l'E et en contre-bas de l'autoroute E 3, que l'on rencontre les affleurements les plus orientaux de Berriasien. On voit, au-dessus des argiles, grès et calcaires du Kimméridgien supérieur — Portlandien à *Pseudocyclammina* gr. *parvula-muluchensis* HOTT., *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN) et *Pseudospirocyclina maynci* HOTT., 12 m de silts gris verdâtre, bleutés ou lie-de-vin, intercalés de lentilles de grès fins ou grossiers, arkosiens, à stratifications entrecroisées, à important ciment argileux liant des éléments de quartz jaune ou rosé et de feldspath peu altéré. Il n'y a pas de galets. Grès et argiles s'ordonnent en séquences positives. Au-dessus viennent les argiles de l'Hauterivien.

*
* *

Retenons de cette rapide description que le Berriasien est formé, sur le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro, de grès lenticulaires, riches en feldspaths, à ciment argileux, alternant avec des argiles et silts de teinte vive. Les séquences élémentaires sont positives. Cette formation atteint sa plus grande épaisseur entre Vilafranca do Rosário et Vale de São Gião. Elle s'amincit vers l'E et vers l'W.

C) *BASSIN DE RUNA*

Le Berriasien n'est connu qu'a la pointe méridionale du bassin effondré de Runa, près du village de São Sebastião. 300 m à l'E de l'église, sur le flanc S du sommet de Nossa Senhora do Secorro, immédiatement à l'E de la maison de Canto do Vinho, affleurent des grès grossiers, jaunes, gris foncé, violets ou bruns, à ciment argileux, à grains de quartz et de feldspath abondant, peu altéré, et à galets de quartz blanc, rosé ou jaune, alternant avec des grès fins, gris clair ou violacés, et avec des silts et argiles lie-de-vin, rouges, blancs et verdâtres. Les structures sont lenticulaires et les stratifications entrecroisées. Quelques surfaces durcies soulignent la base des lentilles. La polarité des séquences ne peut pas être définie. Cet ensemble, épais d'une quarantaine de mètres, repose sur des argiles violacées ou vertes, à nodules calcareux et lentilles de grès fins blancs, attribuées au Portlandien. Au toit du Berriasien, le passage avec les grès valanginiens est progressif. Il se fait par l'intermédiaire de grès et silts de teinte claire riches en feldspaths.

C'est dans le village de São Sebastião, près du lavoir, que se situe le gisement de végétaux fossiles décrit par CHOFFAT [1892] et C. TEIXEIRA [1948]. Une lentille de silt gréseux blanchâtre renferme de très abondants débris de plantes parmi lesquelles *Pecopteris dunkeri* SCHIMPER et *Palaeocypris flexuosa* SAP. Elle se place au milieu de silts rosés et de grès blancs à nombreux éléments de feldspath. 2 m au-dessus viennent les grès caractéristiques du Valanginien. On peut donc considérer — en tenant compte des caractères pétrographiques de la roche encaissante — que ce niveau fossilifère se situe au voisinage de la limite entre Berriasien et Valanginien.

D) *BASSIN DE TORRES VEDRAS*

C'est un Berriasien très comparable à celui de São Sebastião qui occupe le bassin de Tôrres Vedras, entre les argiles rouges à nodules calcareux et lentilles de grès du Portlandien et les grès blancs du Valanginien. Je lui rapporte 30 m de grès, silts et argiles en lentilles à stratifications entrecroisées, généralement disposés en séquences élémentaires positives. Le grès est gris, à nuances jaunes, vertes ou roses. Il est fin

ou grossier, mal classé et possède dans une importante matrice argileuse des éléments de quartz, de muscovite et de feldspath. Des galets de quartz, de feldspath et de pegmatite sont dispersés dans le grès ou ordonnés en cordons à la base des lentilles. Les argiles sont grises, lie-de-vin, vertes ou jaunes; elles contiennent des paillettes de micas et des granules de quartz dispersés. A la partie supérieure de la formation apparaissent des grès fins, silteux, blancs et micacés.

De tels dépôts sont connus sur toute la périphérie du bassin de Tôrres Vedras. Je mentionnerai, notamment (*fig.* 48):

— au SW, les affleurements qui bordent la route menant à Fonte-Grada, 100 m au S du village;

— au S, les grès et argiles des carrières implantées 300 m au N de Casal do Gago, à l'E de la route E. N. 8;

— au SE, les formations des carrières situées de part et d'autre de la route E. N. 115, 1 km au NE de Sages;

— à l'E, le Berriasien qui, 100 m à l'E de Lobagueira, entre contact par faille avec le Portlandien;

— au NW, les grès et argiles des carrières de Pai Correia;

— au NE, les affleurements dégagés par les nombreuses carrières ouvertes à l'E et au SE d'Outeiro da Cabeça.

En deux points, cependant, le Berriasien disparaît entre le Portlandien et le Valanginien:

— au SE du bassin, de part et d'autre de la vallée de Lapas, au S du village de Monte Redondo, sur une largeur de 1 km, le Valanginien, discordant sur les assises sous-jacentes, prend en biseau le Berriasien et vient reposer directement sur le Portlandien. La discordance angulaire est d'environ 10°;

— au NE, on voit, dans une carrière implantée 500 m à l'W des maison de Rodeio, à l'W de la route E. N. 115, les grès blancs du Valanginien reposer par contact stratigraphique sur les argiles rouges à nodules calcaires du Portlandien. Les deux formations possèdent le même pendage de 4° vers l'WNW. Il convient d'ajouter qu'une carrière située 1500 m plus à l'W, au lieu-dit Malhada, montre la partie inférieure des grès berriasiens, épaisse de 10 m, directement surmontée par le Valanginien.

Dans les deux cas, le Berriasien proche des zones de lacune ne présente aucune modification notable. On peut donc penser que les formations qui le composent ont été ravinées avant le dépôt du Valanginien. Des arguments supplémentaires nous seront apportés par l'étude de ce dernier étage.

Ces deux lacunes se situent dans le prolongement du diapir de Matacães et sur la bordure W de l'aire anticlinale très accidentée du Montejunto.

E) *LAMBEAU D'ABRIGADA*

On pourrait, semble-t-il, rapporter au Berriasien 10 m de grès grossiers gris verdâtre ou rosés, à galets de quartz diversement colorés, de chloritoschistes et séricitoschistes, à grains de feldspath peu altéré, alternant avec argiles rouges et avec des grès silteux micacés blanchâtres. Au mur, le Portlandien est formé d'argiles rouges à nodules calcareux, intercalées de grès rouges ou gris, lenticulaires ou en bancs horizontaux. Au toit viennent les argiles de l'Hauterivien. Les meilleurs affleurements de Berriasien se situent au NE du village de Cabanas do Chão et le long de la route qui relie Cabanas do Chão à Abrigada.

C'est la même succession que l'on rencontre dans le lambeau plus méridional d'Olhalvo.

F) *LAMBEAU DE CERCAL*

Le Berriasien est absent dans le lambeau de Cercal, sur la retombée N de l'anticlinal du Montejunto. Dans la partie occidentale du bassin, le Crétacé débute par les grès blancs du Valanginien qui reposent en discordance, soit sur les calcaires de l'Oxfordien, soit sur les grès et argiles rouges du Kimméridgien. Dans la partie orientale, ce sont les grès à végétaux fossiles de l'Aptien qui représentent le premier terme du Crétacé au-dessus des argiles et grès kimméridgiens ou des calcaires oxfordiens.

G) *CUVETTE DE GALIOTA*

Il n'y a pas de Berriasien dans la cuvette de Galiota. Les grès valanginiens, datés par leur flore, reposent sur des argiles rouges à nodules calcareux, et rares intercalations de grès fins blancs ou grès grossiers, du Kimméridgien, et, peut-être, du Portlandien. Cette attribution au Jurassique supérieur que laissent déjà présager les caractères pétrographiques de la formation est confirmée par l'existence, 1 500 m au N et au S des affleurements crétacés, de gisements de Dinosauriens [A. F. DE LAPPARENT et G. ZBYSZEWSKI, 1957].

H) *BASSIN D'ALCANEDE*

Les formations du bassin d'Alcanede, entre Rio Maior et Monsanto, offrent une grande similitude avec celles de Cercal et de Galiota, mais sont dépourvues de restes organiques. Sur les calcaires oxfordiens ou sur les argiles rouges et grès du Kimméridgien supérieur et, peut-être, du Portlandien, viennent directement les grès blancs du Valanginien. Une lacune du Berriasien est très probable.

I) *CONCLUSIONS*

Le Berriasien détritique est connu au SE, au NE et au N du bassin lagunaire et de sa bordure littorale. C'est entre Gradil, Runa et Vale de São Gião qu'il possède sa plus grande épaisseur. Il disparaît localement sur la bordure orientale de l'aire de Torres Vedras. Il n'y a pas de Berriasien dans les affleurements crétacés plus septentrionaux de Cercal, de Galiota et d'Alcanede.

Partout où il existe, le Berriasien détritique offre des caractères très constants:

— il est formé, en alternance, d'argiles à teintes rouge et lie-de-vin prédominantes, de grès fins silteux blancs et de grès grisâtres, mal classés, à important ciment argileux, à grains de quartz et de feldspath peu altéré, à galets de quartz diversement colorés;

— les dépôts sont lenticulaires et les stratifications entrecroisées.

Le Berriasien apparaît, d'une manière générale, comme une formation détritique plus grossière que le Portlandien, mais la teinte et la nature des composants des argiles et des grès ne subissent, semble-t-il, aucun changement fondamental.

2° REMARQUES SÉDIMENTOLOGIQUES

A) *L'ARCHITECTURE DES DÉPÔTS*

La coupe de Serreira illustre bien les caractères généraux de la sédimentation détritique berriasienne.

COUPE DE SERREIRA — Le versant occidental raviné de la butte qui s'élève 200 m à l'W de Serreira permet une analyse détaillée. Les couches plongent à 5° vers le N. On voit, au-dessus du Portlandien formé d'argiles rouges et violacées intercalées de bancs dolomitiques et gréseux, la succession suivante (*fig.* 16):

1. *a*) Grès jaunes à rougeâtres, reposant brusquement sur le banc sous-jacent, à éléments moyens ou grossiers de quartz et de feldspath associés à des galets de quartz dispersés. Les stratifications sont entrecroisées (1 m).

b) Alternance de bancs horizontaux de grès fins, de silts, blancs à vert pâle, riches en feldspath. Les stratifications mineures ne sont pas visibles (1 m).

c) Argiles et silts bruns, rouges ou violacés, à passées blanches ou verdâtres au sommet, provenant d'un passage progressif du banc sous-jacent. Les stratifications n'apparaissent pas. Le niveau est chargé par places de galets de quartz qui semblent se grouper en lentilles (4 m).

2. *a*) Grès rougeâtres, en contact brusque avec l'assise du mur, s'ordonnant en petites lentilles. Les stratifications sont entrecroisées. La matrice argileuse, rouge à la base, blanche au sommet, lie des éléments grossiers, moyensà fins, de quartz et de feldspath. Des galets de quartz sont dispersés. Les grès grossiers prédominent dans les lentilles inférieures, les grès fins dans les lentilles supérieures (2 m).

b) Silts gréseux blancs à violacés, sans stratifications apparentes (0,50 m).

3. *a*) Grès roses ou blancs, à stratifications entrecroisées. Les lentilles élémentaires, épaisses de 0,20 à 0,50 m, présentent un grano-classement net: les galets abondent à la partie inférieure du banc; au-dessus se développent des grès grossiers et des grès fins, à ciment argileux blanc et éléments de quartz et feldspath (1,80 m).

b) Argiles violacées renfermant quelques galets de quartz, intercalées au sommet d'un banc horizontal de grès blanc, très fin, sans stratifications internes apparentes et de petits lits de grès silteux ocre (2,30 m).

4. *a*) Grès gris clair, reposant brusquement sur le banc sous-jacent, en lentilles à stratifications entrecroisées, sans séquences apparentes. Les éléments moyens ou grossiers de quartz et feldspath accompagnent des galets de quartz dispersés (1,90 m).

b) Argiles silteuses violacées à galets de quartz (0,40 m).

5. *a*) Conglomérats et grès grossiers, moyens et fins, de teinte grise, en stratifications entrecroisées, ravinant les argiles du mur. Les lentilles sont épaisses de 0,20 à 1 m. Dans les conglomérats, une matrice détritique grossière lie les galets de quartz. Les grès se composent d'un ciment argileux et d'éléments de quartz et feldspath. Les galets d'argile sont nombreux dans les lentilles de la base. Par ailleurs, des lits lenticulaires, discontinus, d'argiles violacées se rencontrent sur toute l'épaisseur du niveau (3 m).

b) Grès fins blancs, en bancs subhorizontaux épais de 0,05 à 0,30 m intercalés de silts violacés. Les polarités sont positives (0,60 m).

c) Argiles silteuses violacées (3 m).

Au-dessus, viennent les grès valanginiens.

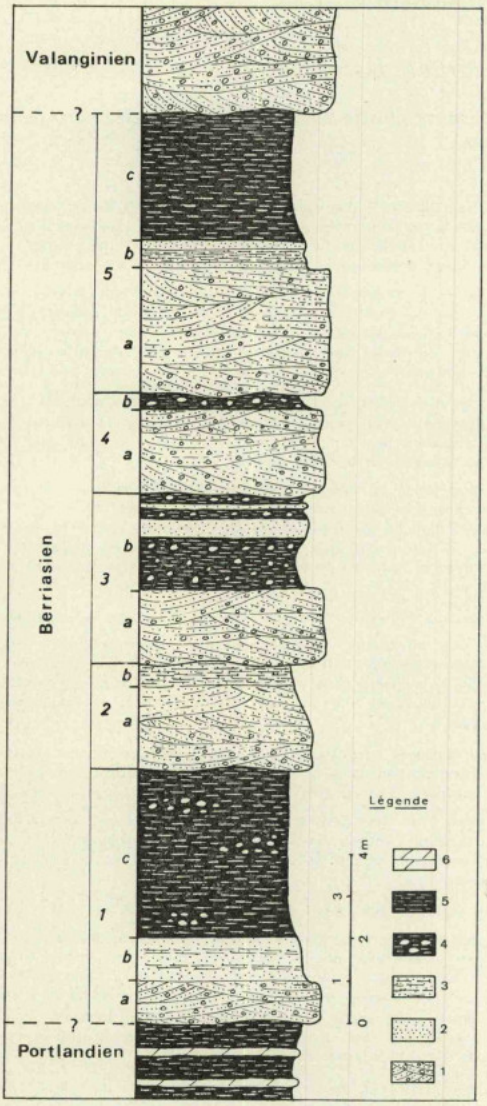


FIGURE 16 — *Coupe du Berriasien de Serreir*
1 : grès et conglomérats à stratifications entrecroisées; 2 : grès fins en bancs horizontaux; 3 : silts; 4 : argiles à galets; 5 : argiles; 6 : dolomies.

Ainsi, le Berriasien détritique se compose de plusieurs *séquences élémentaires positives;* on en dénombre 5 à Serreira. Chacune début par un terme inférieur grossier, à structures lenticulaires et stratifications entrecroisées, ravinant le sommet de l'unité sous-jacente. Elle se poursuit souvent par un terme médian fait de grès très fins et silts en bancs horizontaux, à stratifications mineures indéterminables. Elle s'achève par un terme supérieur argileux. De telles successions évoquent les séquences des *dépôts fluviatiles* décrites dans des formations actuelles [N. M. STRAKHOV, 1958, pp. 339-354; G. S.. VISHER, 1965; P. F. WILLIAMS et B. R. RUST, 1969] ou fossiles [P. Mcl. DUFF, A. HALLAM et E. K. WALTON, 1967]. Les dépôts grossiers de la base des séquences correspondraient aux accumulations dans le lit mineur. Les bancs médians fins matérialiseraient les levées naturelles. Les argiles de la partie supérieure se seraient sédimentées sur la plaine d'inondation. La superposition de plusieurs séquences semblables résulterait *de la simple divagation des chenaux, accompagnée de légers enfoncements relatifs du bassin de sédimentation ou de surélévations des reliefs érodés.*

B) *LES STRATIFICATIONS*

Les grès des chenaux s'agencent en bancs à stratifications entrecroisées (*). Deux valeurs sont à considérer:

1. **La valeur angulaire de la pente** des plans de stratification. Elle est généralement élevée, comprise entre 14° et 22°. Cela pourrait être une preuve de *courants rapides.*

2. **La direction** vers laquelle s'incline la ligne de plus grande pente des plans de stratification. Elle correspond à l'azimut du sens d'écoulement des eaux. Les mesures indiquent que dans la partie W de la Serra da Arrábida les courants se dirigeaient du SE vers le NW. Dans les affleurements détritiques septentrionaux, deux directions générales d'écoulement peuvent être définies (*fig.* 17): dans le bassin de Torres Vedras et sur le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro, les courants allaient du NE et de l'ENE vers le SW et l'WSW; à Serreira et dans le bassin de Runa, on observe une direction prédominante ESE-WNW. On voit donc que les *matériaux accumulés dans le bassin de sédimentation paraissent provenir de terres érodées situées plus à l'E.*

C) *LES GALETS*

1. **Nature.** Le quartz constitue partout plus de 90 % des galets dispersés dans les sédiments détritiques. 30 à 70 % de ces éléments sont colorés en rose, en jaune ou en brun par des oxydes de fer qui pénètrent profondément dans le minéral. Ces imprégnations pourraient être l'indice d'un *climat chaud et humide.* Au quartz s'associent quelques rares galets de quartzite (Serra da Arrábida), de schistes chloriteux et sériciteux (Serra da Arrábida, Abrigada), de felds path et de pegmatite (bassin de Tôrres Vedras), de lydienne (Serra da Arrábida). On peut en conclure que le matérial détritique est, en partie, issu du *démantèlement de roches métamorphiques et paléozoïques, de filons quartzeux ou pegmatitiques.*

(*) Voir tableau 5, en annexe.

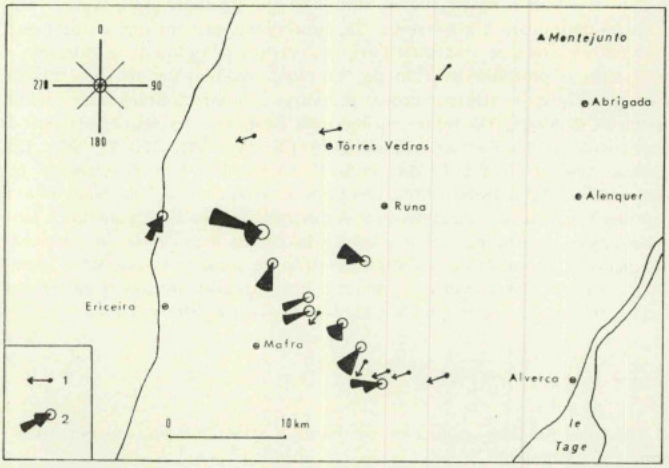


FIGURE 17. — *Carte des directions des stratifications entrecroisées dans les grès berriasiens.*
1: mesure unique; 2: mesure multiples.

2. **Centile** (*). Les valeurs les plus élevées s'observent sur un axe NE-SW passant approximativement par le Montejunto, Runa et Mafra (*fig.* 18). C'est donc sur cette ligne que se plaçaient les courants les plus puissants, à compétence élevée. Les galets s'amenuisent vers l'W en raison de l'usure, de la fragmentation et de l'abandon du matériel, mais aussi au SE, entre Malveira et Alverca. Cette dernière bande d'affleurement aurait été alimentée par des courants secondaires ayant perdu une partie de leur énergie.

Au S, dans la Serra da Arrábida, le centile élevé est l'indication d'une forte compétence et de cours d'eau puissants.

3. **Morphométrie** (**). Les analyses ont été réalisées sur des galets de quartz.

Les éléments sont peu usés: dans le affleurements septentrionaux (*fig.* 19), les médianes des *indices d'émoussé* varient de 125 à 170. Ce sont des valeurs que l'on rencontre généralement dans des dépôts voisin des zones d'alimentation. [A. CAILLEUX et J. TRICART, 1963]. On peut en conclure que *la source du matériel est proche*, probablement inférieure à 50 km. L'indice croît du NE vers le SW. C'est donc vers le NE ou l'E qu'il faut situer les aires soumies à l'erosion. L'analyse des stratifications nous avait conduit à la même conclusion.

(*) Voir tableau 10, en annexe.
(**) Voir tableau 15, en annexe.

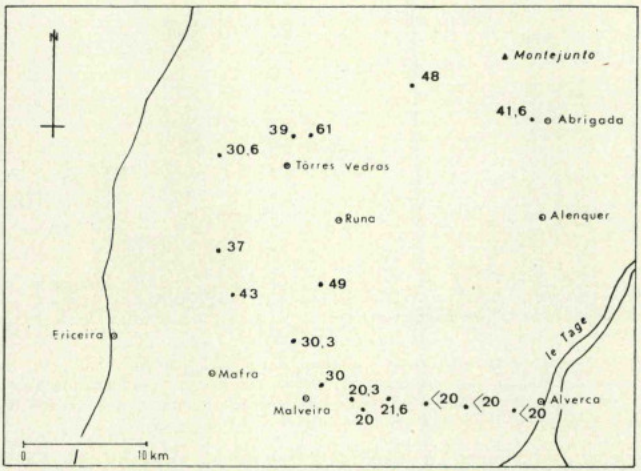


FIGURE 18. — *Carte de répartition du centile des galets dans les grès berriasiens.*

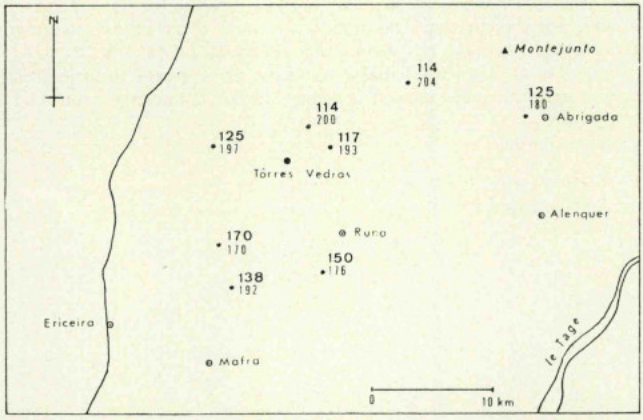


FIGURE 19. — *Carte de répartition des médianes des indices d'émoussé* (chiffres gras) *et d'aplatissement* (chiffres maigres) *des galets dans les grès berriasiens.*

Les histogrammes de répartition des indices d'émoussé (*fig.* 20) montrent que les galets sont homogènes dans les bassins d'Abrigada, Tôrres Vedras et Runa. Par contre, le matériel est hétérogène plus au S, à Serreira et Tarejo: il aurait deux origines différentes. On peut rapprocher ce fait du double sens d'écoulement observé: *deux cou-*

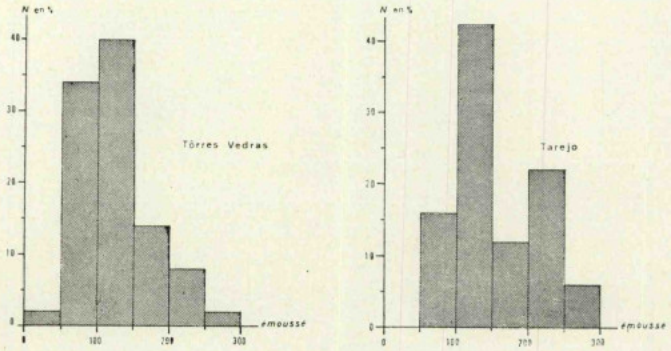


FIGURE 20. — *Histogrammes de répartition des indices d'émoussé des galets berriasiens à Casal do Gago (contrée de Torres Vedras) et à la butte de Tarejo.* Abcisses: valeurs croissantes de l'indice d'émoussé; ordonnées; nombres d'échantillons (exprimés en pourcentage).

rants principaux confluераient en amont de Tarejo. L'un viendrait du NE, l'autre de l'ESE.

Dans la Serra da Arrábida les galets plus usés (médiane: 180) auraient une origine plus lointaine.

L'indice d'aplatissement est assez élevé. Les valeurs de la médiane, comprises entre 160 et 240, s'observent dans des *dépôts de cours d'eau «matelassés» coulant, non sur la roche en place, mais sur des épandages préexistants* [J. PERRIAUX, 1961]. La dispersion des galets au sein de la masse sableuse en apporte la confirmation.

L'indice d'aplatissement décroît lorsque l'indice d'émoussé croît (*fig.* 21). Cette

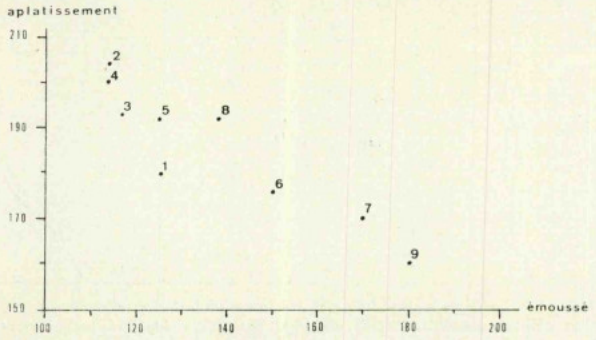


FIGURE 21. — *Représentation conjuguée des médianes des indices d'émoussé et d'aplatissement des galets berriasiens.*
Abcisse: valeur croissante des indices d'émoussé; ordonnée: valeur croissante des indices d'aplatissement. Chaque numéro désigne un point de prélèvement; 1: Abrigada; 2: Quinta do Malpique; 3: Quinta de Val d'Amor; 4: Casal do Gago; 5: Fonte Grada (ces 4 derniers points se situent dans le bassin de Torres Vedras); 6: São Sebastião (Runa); 7: Serreira; 8: Tarejo; 9: moulin de Frade (Arrábida).

relation serait due au fait que les galets de quartz tendent à acquérir une forme sphérique. Ils se fragmentent lorsqu'ils sont trop minces

D) *LES GRÈS*

1. **Nature des éléments.** Les éléments prédominants sont le quartz, les feldspaths et la muscovite. Ils se groupent pour former localement de véritables arkoses, telles celle d'Alverca.

Le quartz est essentiellement formé de grains non usés (75 à 95 %), preuve d'un **transport fluviatile.** 50 % de ceux-ci, en moyenne, sont brillants; 50 % sont ternes. Cet aspect mat est dû à une surface picotée. C'est un caractère que l'on rencontre dans les sédiments détritiques formés sous *climat chaud et humide.* 5 % des grains, en moyenne, sont cariés.

Les feldspaths provenant d'échantillonages à Alverca, São Sebastião (Runa) et Bucelas, ont été étudiés en sections minces et soumis à des analyses chimiques et aux rayons X. Presque tous correspondent à du microline, fréquemment séricitisé. Ce minéral est associé à Alverca à une très faible quantité d'albite. Or, il semble que les feldspaths alcalins résistent mieux à l'altération que les plagioclases dans les régions humides. [G. MILLOT, 1964, p. 112]. La détermination des feldspaths apporterait donc un argument supplémentaire en faveur d'un *climat humide.*

L'association du quartz, du microcline et de la muscovite indique que les grès berriasiens proviennent essentiellement du *démantèlement de roches éruptives acides, de gneiss ou de pegmatites.*

2. **Granulométrie.** Les grès sont très tendres, presque meubles, répondant souvent à la définition des sables. Ils se prêtent donc bien aux analyses granulométriques (*) (*fig.* 22).

Les grès accumulés dans les chenaux (courbes 4, 5 et 6) sont médiocrement classés: le coefficient de classement est compris entre 2,41 et 2,65. Ils montrent tous un mauvais tri des fractions fines: le coefficient d'asymétrie est nettement inférieur à 1. On peut estimer que le *sédiment provient de l'épandage assez brusque, après un court trajet, de produits pédogénétiques.* On remarque, en outre, que le sable est homogène à Bucelas, mais hétérogène à Serreira et São Sebastião: les courbes granulométriques apportent donc une confirmation de *la confluence de plusieurs cours d'eau.*

Les grès fins de la plaine d'inondation (courbes 1 et 2) ou de marais littoraux (courbe 3) sont mieux classés (coefficients de classement de 1,83 et 2,11), mais encore mal lavés (coefficient d'asymétrie de 0,72 et 0,64).

E) *LES ARGILES*

Deux analyses d'argile ont été réalisées dans le Berriasien, à Alverca et à São Sebastião. Elles ont apporté des résultants identiques: la fraction argileuse est essentiellement représentée par la kaolinite. L'illite et la montmorillonite n'apparaissent que très discrètement.

On peut supposer:

— que *les roches mères étaient éruptives ou cristallophylliennes;*

(*) Voir tableau 19, en annexe.

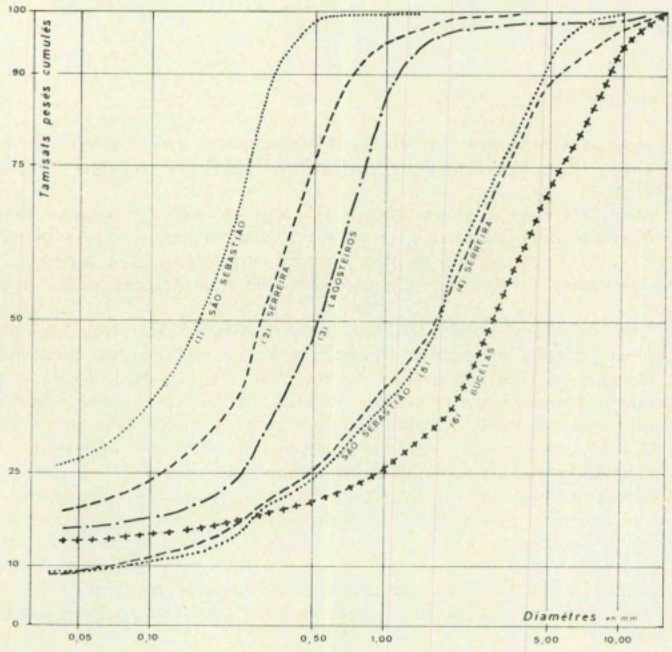


FIGURE 22. — *Courbes cumulatives dans les grès berriasiens.*

— que *le climat était chaud et humide*, ce qui explique la prédominance de la kaolinite sur l'illite;

— que *les zones d'altération étaient bien drainées*, comme le prouverait la faible teneur en montmorillonite et l'abondance de la kaolinite [G. MILLOT, 1964].

*
* *

Le Berriasien du Portugal se serait donc formé en pays tropical humide ou équatorial. L'analyse des sables et des galets laissait déjà présager une telle conclusion. Sous ce climat, l'altération est particulièrement intense. Or, le microcline est toujours abondant dans les grès — et même présent dans les galets. Il faut en déduire, d'une part que *l'aire d'alimentation était proche*, d'autre part que *l'évolution pédogénétique a été partielle*, c'est-à-dire que le matériel sédimenté correspond aux seuls horizons de base du profil latéritique. Une abrasion des sols régulièrement entretenue interdirait une transformation complète sur place des roches du substratum. Les constituants du socle seraient donc soumis à un *régime d'erosion permanente*. Des variations climatiques négligeables et une progressive surrection des domaines soumis au démantèlement (ou un lent abaissement du niveau de base des fleuves) pourraient favoriser le maintien de ce déséquilibre.

Notons, enfin, que les argiles rouges sont très abondantes dans les séries détritiques. Les teintes rouges — qui sont partout représentées et ne correspondent pas à une coloration superficielle — proviennent très certainement des zones d'altération. Le fer, libéré, a été évacué avec les autres produits de l'attaque des sols. Une cuirasse latéritique n'a pas pu se former, ce qui s'expliquerait à la fois par des saisons sèches brèves ou nulles — ne permettant pas des oscillations des nappes aquifères — et par des pentes suffisantes pour favoriser le drainage.

3° RÉCAPITULATION — MILIEU DE DÉPOT

Le Berriasien apparaît comme une période de réactivation de l'érosion par rapport au Portlandien. Les diverses données stratigraphiques et sédimentologiques montrent que les dépôts exclusivement détritiques accumulés au N et à l'E des zones côtières correspondent à des matériaux fluviatiles déchargés dans une plaine de piémont par des cours d'eau à chenaux divagants. Deux directions de courants, l'une NE-SW, l'autre ESE-WNW, on pu être éfinies. Les sédimentations les plus importantes se sont produites entre Vilafranca do Rosário, Runa et Vale de São Gião. Les produits transportés venaient du démantèlement d'une zone haute composée de roches éruptives acides, métamorphiques et primaires, située à faible distance vers l'E. Sur ces contrées régnait un climat chaud de type équatorial ou tropical humide.

RÉSUMÉ STRATIGRAPHIQUE

Je rapporte au Berriasien, dans la région de Cascais, Sintra et Brouco (*fig.* 23), un ensemble calcaire et marneux, épais de 35 à 50 m, qui peut se décomposer en trois unités superposées:

— les «calcaires et marnes à *Mantelliana purbeckensis*», à la base. Des calcaires à Dasycladacées, Trocholines et Anchispirocyclines alternent avec des calcaires jaunes à Charophytes et avec des marnes à Ostracodes lacustres ou saumâtres et Charophytes. Divers microfossiles *(Mantelliana* gr. *purbeckensis, Cypridea* gr. *dunkeri, C.* gr. *praecursor, Globator maillardi, Dictyoclavator* cf. *fieri, Flabellochara grovesi, Clavator* cf. *reidi, Porochara maxima)* prouvent que ce niveau est synchrone du «Purbeckien» inférieur anglais, du «Purbeckien» du Jura et du Berriasien des Massifs subalpins. Le milieu de dépôt correspond à une lagune très confinée, baignée d'eaux saumâtres;

— les «marnes à Anchispirocyclines», niveau plus argileux, extrêmement riche en Anchispirocyclines, dépourvu d'organismes d'eau douce;

— les «calcaires et marnes à Trocholines», caractérisés par l'abondance des Dasycladacées, Codiacées, Trocholines et par l'absence de flores et de faunes lacustres au saumâtres. *Anchispirocyclina lusitanica* persiste à ce niveau. La présence de *Lycopterocypris? sabaudiae* serait la preuve d'un âge berriasien. Le milieu de dépôt, confiné, sans échanges notables avec la mer ouverte, peut tre qualifié de laguno-marin.

A la périphérie de ce domaine à formations carbonatées, dans les régions d'Ericeira (crique de Porto da Calada et abords de Ribamar), de Malveira (affleurements de Juremelo) et du Cap Espichel (anse de Praia dos Lagosteiros), le Berriasien est représenté par une alternance d'argiles versicolores, grès, dolomies et calcaires gréseux, reposant sur un Kimméridgien supérieur-Portlandien plus calcaire, bien daté. L'agence-

ment des diverses assises, leurs caractères lithologiques et architecturaux, indiqueraient une sédimentation en zone de rivage, dans des marais littoraux.

Dans la partie orientale de la Serra da Arrábida, au N et au NE d'Ericeira et de Malveira (régions de Gradil, Vale de São Gião, bassins de Runa et de Torres Vedras, lambeaux d'Abrigada et d'Olhalvo), j'attribue au Berriasien 10 à 40 m d'argiles rouges, grès fins, silteux, blancs, de grès gris mal classés, a feldspaths peu altérés, contenant des galets de quartz diversement colorés. Ils sont essentiellement datés par leur position stratigraphique, étant compris entre un Ju-rassique supérieur argileux et calcareux convenablement identifié, et des grès blancs valanginiens qui ont fourni divers gisements microfloristiques. Is traduisent une sédimentation fluviatile.

Le Berriasien serait absent dans les affleurements crétacés de Cercal, Galiota et Alcanede, ainsi qu'en quelques points de la bordure orientale du bassin de Torres Vedras.

SYNTHÈSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE

Esquissons maintenant, à partir des faits et des hypothèses avancés au fil des paragraphes, le paysage de l'Estremadura au Berriasien (*fig.* 23):

— A l'E, sur la bordure occidentale de la Meseta, peut-être à l'emplacement de l'actuel fossé du Tage, s'élevaient des reliefs paléozoïques, métamorphiques et éruptifs, soumis aux conditions météorologiques des régions intertropicales humides. Les sols partiellement altérés étaient régulièrement emportés par des cours d'eau rapides et puissants qui descendaient vers l'W.

— Les rivières atteignaient une zone de piémont correspondant, pour les parties que l'on voit encore, aux régions de Tôrres Vedras, Runa, Vilafranca do Rosário, Alverca et, plus au S, à la Serra da Arrábida. La compétence diminuait fortement et le matériel détritique était dNchargé «en vrac» dans cette basse plaine à chenaux anastomosés.

— A l'W et au S du pays continental, s'étendait une frange côtière presque plane, à marais littoraux drainés par des chenaux de marées. Elle passait au N d'Ericeira, à Juremelo, à l'E de Brouco et au Cap Espichel.

— Ce rivage bordait une plaine maritime à mince trânche d'au, lagunaire. Il s'y formait des calcaires que l'on peut observer de nos jours autour du Massif de Sintra et dans les dômes de Mata, Olela et Brouco.

*
* *

La comparaison avec le Portlandien montre que le Berriasien a débuté par un abaissement du niveau de la mer ou une surélévation du sol décelable à ses diverses conséquences:

— la hauteur d'eau du bassin carbonaté a diminué, de sorte que la surface de sédimentation a été plus fréquemment soumise à l'agitation des vagues. Aux eaux salées se mélaient des eaux douces créant un milieu saumâtre;

— les lignes de rivage ont probablement régressé;

— les reliefs ont été soumis à une érosion plus forte; dans la plaine de piémont se sont accumulées des formations détritiques plus grossières.

Au cours du Berriasien se sont produits quelques faibles mouvements relatifs d'affaissement de l'aire de sédimentation, tant fluviatile que lagunaire, donnant naissance à plusieurs séquences positives superposées dans les séries sédimentaires continentales et littorales. Les influences lacustres disparaissent alors dans la lagune, toujours peu profond. De légers ravivements du relief ont pu se produire simultanément dans les terres soumises à l'érosion.

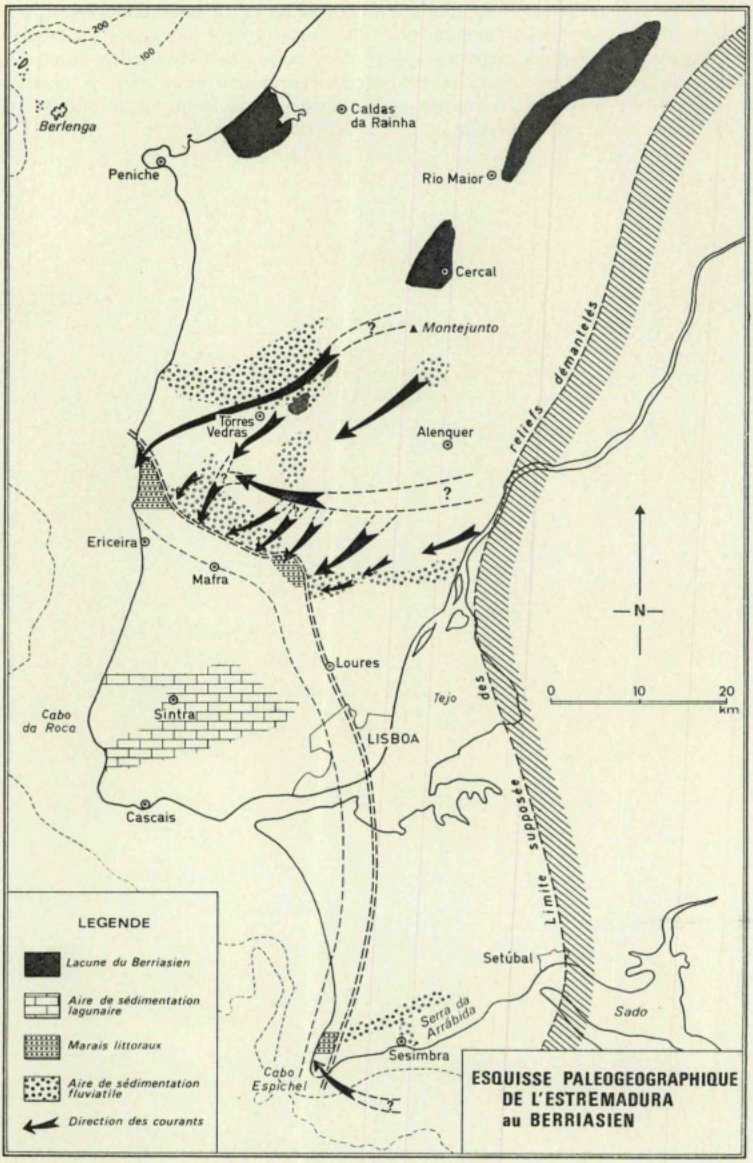


FIGURE 23. — *Esquisse paléogéographique de l'Estremadura au Berriasien*

CHAPITRE DEUXIÈME

LE VALANGINIEN

SOMMAIRE

HISTORIQUE 85
DESCRIPTION DE DÉTAIL 86

I. — *Le Valanginien a prédominance calcaire.*

Les limites du Valanginien 86
La série valanginienne — description d'une coupe de référence ... 92
Les principaux affleurements et les variations de faciès

Versant sud du massif de Sintra 94
Versant norde du massif de Sintra 97

Récapitulation — milieu de dépôt 101

II — *Le Valanginien a prédominance détritique.*

Analyse stratigraphique

Région de Vale de Lobos 102
Serra da Arrábida 106
Flanc nord du synclinal de Pero Pinheiro 108
Bassin de Runa 110
Bassin de Torres Vedras 110
Lambeaux d'Olhalvo et Abrigada 111
Lambeau de Cercal 112
Cuvette de Galiota 113
Bassin d'Alcanede 114
Conclusions 114

Remarques sédimentologiques

L'architecture des dépots 115
Les stratifications 117
Les galets 117
Les grès 122
Les argiles 124
Conclusions 124

RÉSUMÉ STRATIGRAPHIQUE 125
SYNTHÈSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE 127

HISTORIQUE

Faire un historique des travaux sur le Valanginien du Portugal revient essentiellement à résumer l'oeuvre de CHOFFAT. Cet auteur proposa les attributions suivantes:

— Sur le pourtour de la Serra de Sintra [1885], le Valanginien est calcaiire et marneux, intercalé de rares passées gréseuses. *Leviathania leviathan* en est le fossile le plus représentatif. L'étage débute avec la disparition de deux Lamellibranches connus dans l'«Infravalanginien», *Cyprina infravalanginiensis* et *Cardium* sp. nov. 1. Au toit viennent les «calcaires à *Ostrea rectangularis*» et les «marno-calcaires à *Ostrea couloni*» de l'Hauterivien inférieur.

— Plus à l'E, dans la région de Vale de Lobos [1885], le Valanginien devient entièrement gréseux. Il est compris entre les calcaires à *Cyprina infravalanginiensis* et des calcaires roux hauteriviens.

Au S, dans la Serra da Arrábida [1904, 1908], le Valanginien est formé de grès surmontés par les calcaires ferrugineux de l'Huterivien.

— Vers le N, enfin, entre Ericeira et Asseiceira Pequena [1904], le Valanginien doit être présent dans la masse des grès supportant les calcaires barrémiens.

CHOFFAT [1891] ne fournit aucune précision sur l'âge exact des grès crétacés plus septentrionaux.

Il faut attendre l'époque contemporaine pour voir apparaître quelques études nouvelles traitant du Valanginien:

G. C. FERREIRA [1958] découvrit dans les grès crétacés de Tôrres Vedras une microfaune auparavant décrite dans le Valanginien d'Allemagne. Il data du Valanginien l'ensemble des grès compris entre le Portlandien et le Cénomanien.

H. SEIFERT [1963] présenta une brève analyse des grès valanginiens de la Serra da Arrábida. Il fit siennes les attributions stratigraphiques de CHOFFAT.

J. WIEDMANN [1963] rapporta les «calcaires à *Leviathania leviathan*» au Berriasien, les «calcaires à *Alectryonia rectangularis*» et les «marno-calcaires à *Exogyra couloni*» au Valanginien.

*
* *

Telles étaient nos connaissances sur le Valanginien en 1964, lorsque j'entrepris mes recherches. L'étude de G. C. FERREIRA et la remise en cause des datations par J. WIEDMANN prouvaient qu'une analyse stratigraphique détaillée restait à faire, tant dans les séries carbonatées que dans les formations détritiques. Elle devait servir de base à une reconstitution des milieux de dépôt qui n'avait jamais été réalisée.

Quelques publications préliminaires [J. REY, 1967, 1969 a, 1970; J. REY et R. BUSNARDO, 1969; J. REY, L. GRAMBAST, H. J. OERTLI et M. RAMALHO, 1968] ont permis d'aborder ces problèmes et de préciser les limites et la composition du Valanginien. Je reprendrai le long des paragraphes les résultats présentés dans ces notes.

DESCRIPTION DE DÉTAIL

Cette description comprendra deux parties:

— J'étudierai en premier lieu le Valanginien à prédominance calcaire qui ceinture la Serra de Sintra. La succession stratigraphique sera mise en place à l'aide de plusieurs coupes de référence. Je décrirai ensuite les principaux affleurements pour dégager les variations de faciès et définir les caractères du milieu de sédimentation.

— Le second volet du chapitre sera consacré à l'étude du Valanginien à prédominance détritique. Une analyse stratigraphique permetra de préciser sa composition et ses limites toute l'Estremadura. Les données sédimentologiques recueillies contribueront à la localisation des zones d'apport et à l'interprétation des conditions de dépôt.

I. — LE VALANGINIEN A PRÉDOMINANCE CALCAIRE

1° LES LIMITES DU VALANGINIEN

A) *LIMITE INFÉRIEURE*

La série de Zambujeiro va me permettre de définir le terme de base du Valanginien Cette coupe a été relevée sur le versant méridional de la Serra de Sintra, 2 km au S du hameau de Zambujeiro, 1 500 m à l'ENE du village d'Aldeia de Juzo (*fig.* 3). Au milieu d'une lande ressortent principalement les bancs calcaires.

> COUPE DE ZAMBUJEIRO — Les couches plongent à 50° vers le S. On voit, au-dessus des marnes et des calcaires à *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), 16,50 m de calcaires gris clair, en bancs minces et denses à la base du niveau, intercalés de marnes brunes à nodules calcaires et de bancs calcaréo-marneux mal individualisés. Le calcaire, à fond cryptocristallin, est très riche en gravelles et éléments bioclastiques. Je citerai parmi les organismes recueillis *Feurtillia frequens* MAYNC, *Trocholina alpina* (LEUP.), *Tr. elongata* (LEUP.), *Neotrocholina burlini* (GORB), *Eggerella* sp., *Lenticulina* sp., *Miliolidae*, *Cardium* sp., *Cyprina infravalanginiensis* CHOF., Naticidés, Térébratules, *Cytherelloidea rehburgensis* BART. et BRAND, *Paracypris* sp., *Schuleridea* n. sp., *S.* aff. *juddi* NEALE, *Eocytheropteron* sp. 2, dents de Poissons, *Actino porella podolica* (ALTH.) et *Salpingoporella* sp.

Par rapport aux formations berriasiennes sous-jacents, ce niveau montre un certain renouvellement de la faune: les Anchispirocyclines et les Ostracodes lagunaires disparaissent; les Térébratules et les Ostracodes franchement marins apparaissent. Le milieu de dépôt épicontinental, probablement subtidal, infralittoral, offre un caractère marin plus affirmé. On peut considérer que ce changement s'est produit aux approches de la limite entre les temps berriasiens et valanginiens: le premier niveau marin contient en effet *Cytherelloidea rehburgensis*, fossile connu dès le Berriasien [P. DONZE, 1964] mais principalement cité au Valanginien. C'est pourquoi, je prendrai la base de ce niveau — aisément repérable grâce à la disparition des Anchispirocyclines — comme limite inférieure du Valanginien, tout en précisant que je n'accorde pas à cette coupure

une signification chronostratigraphique très rigoureuse. Rappelons que ce premier terme du Valanginien correspond à la partie supérieure de l'«Infravalanginien» de CHOFFAT [1885].

Les affleurements de la Quinta do Pisão, 750 m plus à l'ENE, au bord de la route E. N. 247,5, montrent une architecture des dépôts identique dans les formations berriasiennes et valanginiennes: structures noduleuses, surfaces de stratification onduleuses, séquences binaires de calcaires et de marnes sans polarités, à variations verticales croissantes et décroissantes. La limite entre le dernier banc berriasien à Anchispirocyclines et le premier banc marneux valanginien est franche; mais elle n'est soulignée par aucun «hard-ground»: le passage du Berriasien au Valanginien s'est effectué, non par un changement brutal des conditions de sédimentation, mais par l'évolution d'une plate-forme demeurée stable.

*
* *

En résumé, j'ai pris pour *limite inférieure du Valanginien l'horizon d'extinction d'Anchispirocyclina lusitanica.* Il coïncide avec une modification du milieu de dépôt, lagunaire au Berriasien, plus franchement marin au Valanginien.

B) *LIMITE SUPÉRIEURE*

C'est à partir de la coupe de Mexilhoeira, célèbre par sa faune d'Ammonites, que je vais préciser la limite supérieure du Valanginien. Les assises fossilifères qu'elle contient étaient connues depuis DELGADO et RIBEIRO, mais c'est à CHOFFAT [1885, p. 31] que l'on doit la première analyse stratigraphique de la série.

COUPE DE MEXILHOEIRA — Aucune carte toponymique actuelle ne fait mention du nom de Mexilhoeira qui, du reste, semble ignoré de la population locale. Je le conserverai cependant en raison de sa renommée. D'après les indications de CHOFFAT, il paraît correspondre à l'anse de Maceira, notée sur la carte de Cascais, au 1/25 000 (*fig.* 38). Une falaise haute d'une trentaine de mètres surplombe l'Océan de parte et d'autre de cette crique, entre les pointes de Pombeira, près de Boca do Inferno, à l'E, et d'Alpendurada, au pied du phare du Guia, à l'W, distantes de 1 250 m (*fig.* 24). Elle découvre des conches du Valanginien supérieur et de l'Hauterivien inférieur qui plongent en moyenne de 5° vers l'E, de sorte que les niveaux les plus anciens apparaissent à l'W. Plusieurs failles et décrochements orientés N-S découpent la falaise en un certain nombre de compartiments. Quelques accidents sont injectés de roches éruptives. D'importants éboulis formés de blocs de grande taille sont accumulés au pied de la paroi

De bas en haut, à partir du niveau de la mer, se succèdent les termes suivants (*fig.* 25):

1. Calcaires gréseux gris bleuté, en bancs de 0,40 à 0,80 m, à très fins éléments de quart anguleux et ciment microcristallin à grumeleux. Le banc le plus élevé devient légèrement marneux à sa partie supérieure. Des Gastéropodes accompagnent *Choffatella* sp. (niveau visible sur 1,50 m).

2. *a*) Grès jaunes, compacts, homogènes, à fins grains de quartz anguleux, formant 2 bancs bien individualisés à stratifications horizontales (1,20 m).

b) Grès à ciment marneux, grains, granules et galets très émoussées de quartz, nodules calcaires et amas pyriteux. Le fond marneux devient prédominant à la partie supérieure du niveau. Les débris ligniteux sont très abondants (0,60 m).

3. *a*) Banc de calcaire marneux et gréseux, gris clair à jaune, à nodules calcaires. Les éléments de quartz anguleux sont très denses à la base où le passage avec le niveau 2 est progressif; ils se raréfiet au sommet. Du ciment

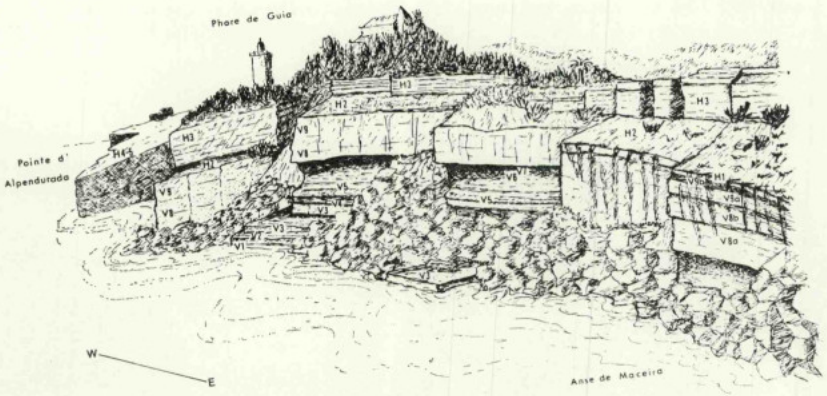


FIGURE 24. — *La partie occidentale des falaises de Mexilhoeira, près de Cascais.*

Les niveaux portent sur ce dessin la même numérotation que dans les coupes (V: Valanginien; H: Hauterivien).

microcristallin se détachent de fines gravelles. Cette assise ne contient que des Ostréidés et des fragments de lignite (0,50 m).

b) Calcaire marneux gris cendré en lits de 0,20 à 0,50 m séparés par des interbancs de marnes schisteuses et gréseuses noires, intercalés d'un lit de grès grossier à ciment marneux. Les stratifications sont onduleuses. La surface de l'un des bancs est rubéfiée. Le calcaire marneux, cryptocristallin à grumeleux, renferme de nombreux éléments bioclastiques associés à des grains de quartz anguleux de grande taille. On y trouve *Nerinea guinchoensis* CHOF., *Leviathania leviathan* PICT. et CAMP., *Natica mexilhoeirensis* CHOF., *Fimbria corrugata* SOW., *Pterotrigonia caudata* (AG.), Ostréidés, Térébratules, *Haplophragmoides* sp., *Macroporella embergeri* BOUROULLEC et DELOFFRE, ainsi que de nombreux débris ligniteux (1,50 m).

c) Calcaires rubanés, marneux, gris cendré, en bancs de 5 à 10 m séparés par des interbancs de marnes schisteuses vertes et grises. Il s'intercale, en outre, un banc plus calcareux, noduleux, microcristallin, à gravelles. Des «ripple-marks» orientés E-W sont bien visibles sur les surfaces de stratification. J'ai reconnu *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Ammobaculites* sp., *Eggerella* sp., *Lenticulina* sp., *Trocholina infragranulata* (NOTH.), *Miliolidae*, *Fabanella* cf. *polita* (MARTIN), *Eocytheropteron* sp. 2, *Dictyocythere* gr. *retirugata* (JONES), *Schuleridea* sp., *Asciocythere* sp., Ostréidés, Térébratules, radioles d'Echinides, spicules de Spongiaires, dents de Poissons, débris ligniteux (0,60 m).

d) Grès tendre, à ciment marneux, jaune à la base, plus rouge et moins argileux vers le haut, très fin et verdâtre au sommet. Le passage avec le bancs du mur est progressif. Des débris ligniteux sont associés à des Ostréidés (0,30 m).

e) Marnes gris clair, légèrement calcareuses (0,50 m).

f) Marnes calcareuses à nodules calcaires et *Nerinea guinchoensis* CHOF., Naticidés, Ostréidés, moules de Lamellibranches (0,50 m).

g) Calcaires marneux provenant d'un passage progressif de l'assise sous-jacente, cryptocristallin à grumeleux, en bancs de 0,20 à 0,30 m, onduleux, à débris d'Ostréidés (0,50 m).

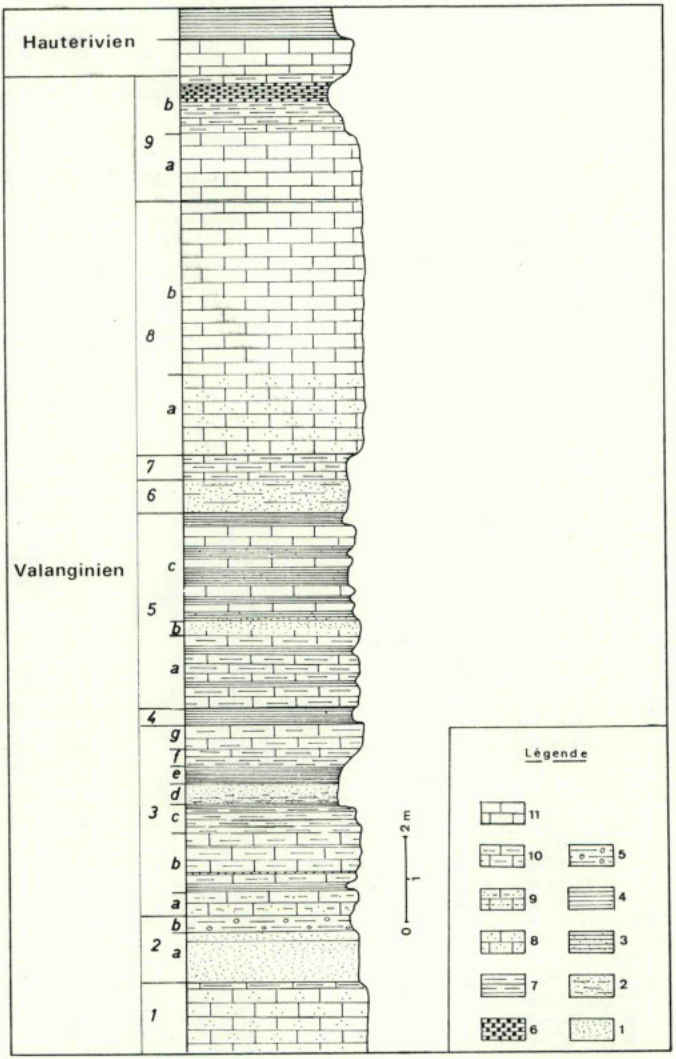


FIGURE 25. — *Coupe du Valanginien de Mexilhoeira.*

1: grès; 2: grès marneux; 3: argiles gréseuses; 4: argiles; 5: marnes à galets; 6: marnes à oolithes ferrugineuses; 7: marnes; 8: calcaires gréseux; 9: calcaires marno-gréseux; 10: calcaires marneux; 11: calcaires.

4. Marnes argileuses et gréseuses, compactes, jaunes et violacées, stériles, en contact brusque avec les niveaux encaissants (0,30 m).

5. *a*) Calcaires marneux gris, en bancs onduleux de 0,50 m séparés par des interbancs marno-schisteux. Niveau riche en Gastéropodes (Cérithes, *Leviathania leviathan* (PICT. et CAMP.) *Natica mexilhoeirensis* CHOF.) Lamellibranches (Corbules, Cyrènes, *Cardium* sp., Astartes, *Pterotrigonia caudata* (AG.), *Janira* sp., Ostréidés) et Térébratules (1,50 m).

b) Le calcaire sous-jacent se charge en quartz et passe vers le haut à un grès rougeâtre à Ostréidés (0,40 m).

c) Marnes schisteuses gris cendré et minces bancs de calcaire cristallin et graveleux. Les surfaces de stratification sont onduleuses. Le quartz détritique, dispersé dans tous les bancs, abonde à la base. La faune de Gastéropodes et Lamellibranches est identique à celle du niveau 5a. Il s'y ajoute des débris ligniteux (2,40 m).

6. Grès à ciment marneux, gris bleuté, à débris ligniteux, disposé en un banc horizontal reposant brusquement sur l'assise du mur (1 m).

7. Calcaires marneux, en bancs onduleux de 0,15 à 0,20 m, séparés par des interbancs marno-schisteux (0,50 m).

8. *a*) Calcaires gréseux gris, durs et compacts, à petits éléments de quartz émoussés et lentilles de lignite. Les bancs, mal différenciés, ont fourni des Térébratules, Rhynchonelles, *Cidaris maresi* COTTEAU et *Pyrina* sp. (1,50 m).

b) Calcaires jaunes ou violacés, légèrement marneux, à stratifications onduleuses, structures noduleuses et minces interbancs marneux. Le ciment, cristallin ou microcristallin, lie de nombreuses gravelles et quelques oolithes. Nombre de ces éléments sont ferrugineux. Des grains de quartz et des poches de limonite parsèment la roche. J'ai reconnu dans ce niveau *Cidaris maresi* COTTEAU, *Phyllacantus cf. salviensis* (COTTEAU), *Salenia depressa* GRAS, *Goniopygus* sp., *Pygurus rostratus* AG., *Apiocrinus* sp., *Terebratula acuta* QUENST., Polypiers, Serpules, *Leviathania leviathan* (PICT. et CAMP.), *Natica mexilhoeirensis* CHOF., *Nerinea guinchoensis* CHOF., *Cardium* sp., *Lopha rectangularis* (ROEMER), *Neithea atava* (ROEMER), *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.) *Textulariidae, Miliolidae, Lenticulina* sp. (4 m).

9. *a*) Ce niveau se détache fort mal du niveau sous-jacent. Il est formé de calcaires légèrement plus marneux, gris, jaunes ou violacés, à quartz détritique dispersé, poches de limonite et surfaces de stratification onduleuses. Aus nombreuses *Lopha rectangularis* (ROEMER) et Térébratules se joignent *Rhabdocidaris delgadoi* DE LOR., *Salenia depressa* GRAS, *Heterodiadema arrabidense* n. sp., *Holectypus* sp., *Phyllobrissus gresslyi* (AG.), *Pygurus rostratus* AG., *P. montmollini* AG., *Collyropsis ovulum* DESOR, *Holaster valanginiensis* DESOR, *Toxaster casterasi* n. sp., *T.* aff. *subcavatus* GAUTHIER, *Rhynchonella cascaesensis* CHOF., *Montlivaultia* sp., Nérinées, Naticidés, *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Neithea atava* (ROEMER) (2 m).

b) Marnes calcareuses violacées ou jaunes, à structure noduleuse, intercalées d'un lit à fossiles très concentrés, à oolithes ferrugineuses, épais de 0,30 m. On peut citer, parmi une très riche faune, *Phylloceras* sp. ind., *Ph.* gr. *serum* OPPEL, *?Bochianites* sp., *Neolissoceras grasi* (D'ORB.), *Neocomites* cf. *neocomiensis* (D'ORB.), *Olcostephanus* (*Valanginites*) sp. ind., *O.* gr. *astieri* (D'ORB.), Nautilus sp., Belemnites, *Rhabdocidaris tuberosa* DESOR, *Rh. cascaesensis* DE LOR., *?Heterodiadema arrabidense* n. sp., *Holectypus almeidae* REY, cf. *Holectypus minutus* GAUTHIER, *Collyropsis ovulum* DESOR, Térébratules, Rhynchonelles, *Montlivaultia* sp., Cérithes, *Nerinea guinchoensis* CHOF., *Naticidés, Turbo* sp., *Pleurotomaria* sp., *Nerita* sp., Turritelles, Trigonies, *Arca* sp., *Neithea atava* (ROEMER), *Spondylus* sp., *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Lopha rectangularis* (ROMER) (0,80 m).

Au-dessus vient une assise de calcaires jaunes qui renferme notamment *Phylloceras* sp. ind., *Lytoceras* aff. *juilleti* (D'ORB.), *Neolissoceras grasi* D'ORB., *Olcostephanus* sp., *Spitidiscus* cf. *rotula* (SOW.) *Crioceratites* gr. *duvali* LEVEILLÉ et «*Neocomites*» gr. *nodosoplicatus* KIL. et REB., *Nautilus* sp.; elle est surmontée par l'excellent niveau-repère des «marnes à *Toxaster*».

Dans la partie orientale des falaises de Mexilhoeira, 500 m au NW de Boca do Inferno, ce niveau de calcaires jaunes est épais de 1 m (*fig.* 26). Il est séparé par une surface durcie des «marnes à *Toxaster*» sus-jacentes. 250 m plus a l'W. dans l'anse de Maceira, le même niveau est réduit à 0,60 m de marnes calcareuses intercalées d'un banc calcaire. A l'extrémité occidentale de la falaise, 500 m plus à l'W, près du phare de Guia, les «marnes à *Toxaster*» reposent directement, par l'intermédiaire d'une surface durcie et rubéfiée, sur le niveau 9b. Il en est de même 500 m à l'W de Guia, dans les falaises de Torre da Marinha, où le Valanginien réapparaît à la faveur d'un petit bombement anticlinal: les marnes calcareuses à oolithes ferrugineuses du niveau 9b sont immédiatement surmontées par les «marnes à *Toxaster*».

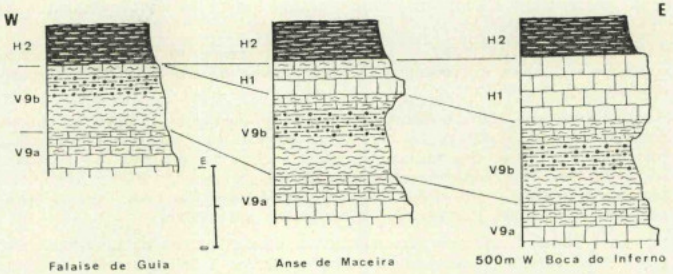


FIGURE 26. — *Schéma montrant l'évolution vers l'W du Valanginien terminal et de l'Hauterivien basal dans les falaises de Mexilhoeira.*

CHOFFAT [1885, p. 31] rapportait les niveaux 1 à 8 au Valanginien, les niveaux 9 a («calcaires à *Ostrea rectangularis*»), 9 b et l'assise de calcaires jaunes sus-jacents («marno-calcaires à *Ostrea couloni*») à l'Hauterivien inférieur, les «marnes à *Toxaster*» à l'Hauterivien supérieur.

Comme nous l'avons récemment démontré [J. REY et R. BUSNARDO, 1969], ces attributions stratigraphiques doivent être partiellement modifiées:

— il est exact que les niveaux 1 à 8 sont valanginiens. La coupe n'atteint pas à la base les couches à Anchispirocyclines du Berriasien;

— l'assise 9 a («calcaires à *Ostrea rectangularis*») est encore valanginienne. Son association d'Echinides (*Salenia depressa, Pygurus rostratus, Holaster valanginiensis*) l'atteste. Il n'y a aucun changement faunistique notable par rapport au niveau 8;

— l'assise 9 b (partie inférieure des «marno-calcaires à *Ostrea couloni*») est, el le aussi, valanginienne. On peut retenir pour preuve de cette datation la présence de *Neocomites* cf. *neocomiensis* et *Olcostephanus* gr. *astieri*;

— l'Hauterivien débute avec le niveau de calcaire jaune discontinu sus-jacent (partie supérieure des «marno-calcaire à *Ostrea couloni*»). L'association de *Spitidiscus* gr. *rotula, Crioceratites* gr. *duvali* et «*Neocomites*» gr. *nodosoplicatus* est caractéristique de l'Hauterivien inférieur.

Ainsi, la limite entre Valanginien et Hauterivien se situe 1 m sous la base des «marnes à *Toxaster*» à l'E des falaises de Mexilhoeira. A l'W, au pied du phare de Guia, ce sont ces marnes qui représentent le premier terme hauterivien.

L'analyse d'autres séries, telle celle de Praia dos Lagosteiros (Cap Espichel), nous confirmera que *l'on peut, d'une manière générale, placer la limite supérieure du Valanginien immédiatement sous les «marnes à Toxaster».*

Notons, dès maintenant, que ce Valanginien de Mexilhoeira est formé d'une alternance de calcaires, marnes et grès. Les divers termes lithologiques s'ordonnent, soit en séquences symétriques, sans polarité, soit en séquences positives. Au sommet se développe une faune très variée où l'on remarque la présence, notamment, d'Ammonites.

2° LA SÉRIE VALANGINIENNE — DESCRIPTION D'UNE COUPE DE RÉFÉRENCE

L'affleurement le plus favorable pour décrire la série valanginienne se trouve 500 m au N d'Aldeia de Juzo, immédiatement à l'E de la route E. N. 9.1 [*fig.* 5]. Au milieu d'une lande pointent les bancs calcaires, plongeant à 60° vers le S. Quelques arrachements permettent d'avoir une connaissance partielle des formations tendres.

COUPE D'ALDEIA DE JUZO — —De la base au sommet ou voit, au-dessus des «calcaires et marnes à Trocholines», dernier niveau du Berriasien à Anchispirocyclines (*fig.* 28):

1. Calcaires gris clair, à débris bioclastiques anguleux, gravelles et ciment cryptocristallin à grumeleux. Les interbancs marneux sont peu visibles. *Feurtillia frequens* MAYNC est très abondante, jointe à *Haplophragmoides* sp., *Eggerella* sp., *Lenticulina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.), *Neotrocholina burlini* (GORB.), *Miliolidae*, Térébratules, Nérinées, Naticidés, *Cyprina infravalanginiensis* CHOF., *Cardium* sp., *Actinoporella* sp. (16,50 m).

2. Trois bancs de calcaire gris jaunâtre, à pâte cristalline ou microclastique, gravelles et oolithes de taille moyenne, bien calibrées, à *Salpingoporella annulata* CAROZZI, *Feurtilia frequens* MAYNC et *Nautiloculina oolithica* MOHLER (0,80 m).

3. *a)* Marnes gris clair, à nodules calcaires, intercalées de calcaires jaunes, microclastiques, très riches en débris de Dasycladacées (*Actinoporella* sp., *Terquemella* sp., *Acicularia* sp., *Clypeina lucasi* EMBERGER), accompagnées de *Feurtillia frequens* MAYNC, Gastéropodes, Lamellibranches, Ostracodes (10,50 m).

b) Calcaires jaunes et passées plus marneuses mal visibles. Dans un fond microcristallin, abondent des gravelles mal calibrées et de grands débris bioclastiques. J'ai reconnu des Dasycladacées, *Feurtillia frequens* MAYNC, *Haplophragmoides* sp., «*Mayncina*» sp. (*), *Nautiloculina oolithica* MOHLER et *Permocalculus* sp. (2,50 m).

c) Marnes blanchâtres et minces bancs de calcaires marneux, noduleux, microclastiques, à plages cristallines, très riches en débris organiques, avec *Nerinea guinchoensis* CHOF., *Leviathania leviathan* (PICT. et CAMP.), Lamellibranches, radioles d'Oursins, *Feurtillia frequens* MAYNC, *Trocholina elongata* (LEUP.), *Neotrocholina burlini* (GORB.), *Actinoporella sp.*, *Globator* cf. *maillardi* (SAP.), *Nodosoclavator* sp. (12 m).

4. Calcaires compacts, microclastiques et graveleux, et marnes blanchâtres. Ce niveau contient *Macroporella embergeri* BOUROULLEC et DELOFFRE, *Acroporella radoicici* PRATURLON et *Feurtillia frequens* MAYNC, *Ammobaculites* sp., *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), «*Mayncina*» *sp.*, *Nautiloculina* sp., *Miliolidae*, *Textulariidae*, *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.), *Neotrocholina valdensis* REICHEL, radioles d'Oursins, Nérinées, Ostréidés (15,50 m).

5. Marnes blanches ou grises, à nodules et bancs calcaires discontinus présentant dans un fond cryptocristallin ou grumeleux de nombreux débris bioclastiques anguleux. Aux fréquents Ostréidés se joignent *Leviathania leviathan* (PICT. et CAMP.), Térébratules, Lamellibranches, radioles et plaques d'Oursins, dents de Poissons, *Feurtillia frequens* MAYNC, «*Mayncina*» sp., *Eggerella* sp. et d'abondantes Dasycladacées dont *Acicularia* sp. (12 m).

(*) Je désigne ainsi un Foraminifère qui, par sa structure, sa forme et son enroulement, est semblable au genre *Mayncina* NEUMANN 1965. Il en diffère cependant par son ouverture buccale en fente. Il s'écarte de *Freixialina* RAMALHO 1969 par sa spire involute.

6. *a)* Marnes schisteuses blanches, brunes, vertes ou violacées, à rares Gastéropodes (3,50 m).

b) Marnes gréseuses brunes à nodules de grès brun; dans ces derniers, un ciment argilo-ferrugineux lie des éléments de quartz et quartzite anguleux, fissurés et cariés. Le niveau est stérile (1 m).

7. *a)* Calcaires gris jaunâtre, marneux et microclastiques, à gravelles et gros débris anguleux, en bancs onduleux et nodules séparés par des marnes calcareuses grises. Le niveau est parsemé de quartz dans les 50 premiers cm. On y voit des Térébratules, Lamellibranches, *Haplophragmoides* sp., *«Mayncina»* sp., *Trocholina alpina* (LEUP.), Dasycladacées dont *Macroporella embergeri* BOUROULLEC et DELOFFRE (2 m)..

b) Marnes blanchâtres à nodules calcaires passant au sommet du niveau à de véritables bancs de calcaire brun, légèrement marneux, à pâte microclastique soudant des gravelles, éléments bioclastiques anguleux et fins et rares grains de quartz. Ce niveau a fourni *Leviathania leviathan* (PICT. et CAMP.), *Nerinea guinchoensis* CHOF., Cyprines, Ostréidés, Térébratules, *Choffatella* sp., *Haplophragmoides* sp. (11,20 m).

8. *a)* Calcaires jaunes, durs, en bancs bien individualisés séparés par des marnes gréseuses. Un fond cristallin ou microcristallin lie de très nombreux éléments clastiques anguleux ou émoussés, non calibrés, et des grains de quartz anguleux. J'ai reconnu *Haplophragmoides* sp., *Cuneolina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.). *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *?Choffatella* sp., *Textulariidae*, Dasycladacées (3,80 m).

b) Marnes gréseuses gris jaunâtre, à rares intercalations de calcaires noduleux, marneux et gréseux. On trouve *Nerinea guinchoensis* CHOF., *Ammobaculites* sp., *Haplophragmoides* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.), *Lenticulina* sp., radioles d'Oursins (6 m).

c) Calcaires jaunes, compacts, finement gréseux et marnes gréseuses, intercalés d'un lit de grès ocre. *Nerinea guinchoensis* CHOF., très abondante, est associée à *Leviathania leviathan* (PICT. et CAMP.), Ostréidés, divers Lamellibranches, *Pycnodus* sp. (4 m).

9. Grès fins ocre, tendres, bien classés, intercalés de trois bancs de calcaires gréseux jaunes, à ciment cristallin, fins éléments de quartz et gravelles. Ce niveau renferme des *Textulariidae*, Gastéropodes, Lamellibranches (4,50 m).

10. Calcaires roux à gris jaunâtre, en bancs durs, et minces interbancs de marnes calcareuses. Le quartz, abondant dans les 10 premiers cm, disparaît vers le haut. Des poches de limonite se rencontrent dans tout le niveau. Le calcaire possède une pâte cristalline, de nombreuses gravelles et de rares oolithes. Ces éléments sont imprégnés de fer et bien calibrés. Quelques passées sont microclastiques. Le niveau a fourni de fréquentes *Lenticulina* sp., accompagnées d'Entroques, *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.), *?Cuneolina* sp., *Haplophragmoides* sp., *Textulariidae*. Citons, parmi les macrofossiles les plus représentatifs, *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Lopha rectangularis* (ROEMER), Nérinées, Térébratules, Lamellibranches, Bélemnites, radioles d'Echinides et *Montlivaultia* sp. (5 m).

Au-dessus, viennent les «marnes à *Toxaster*» de l'Hauterivien.

Il ressort de cette coupe que le Valanginien est composé de 2 ensembles :

— L'ensemble inférieur (niveaux 1 à 7), que je nommerai ensemble des *«marno-calcaires à Leviathania leviathan»*, essentiellement calcaire et marneux, gris clair, est épais de 77,50 m. Les principaux marqueurs stratigraphiques sont *Feurtillia frequens* (connu jusqu'au niveau 5) et *Choffatella* sp. (qui apparaît au niveau 7). La prolifération d'une faune relativement variés, à Brachiopodes, Naticidés, Nérinées, Trocholines, prouve que *le domaine marin, moins confinné qu'au Berriasien, ets baigné par des eaux à salinité normale.* La très grande richesse en Dasycladacées est l'indication de *faibles profondeurs*, n'excédant pas 40 m. Les calcaires les plus représentatifs possèdent un fond cryptocristallin ou grumeleux et des gravelles et éléments bioclastiques abon-

dants ; de telles textures pourraient s'expliquer par une *agitation intermittente des eaux* [W. J. PLUMLEY, G. A. RISLEY, R. W. GRAVES et N. E. KALEY, 1962]. Il est probable que la sédimentation s'est faite en *zone subtidale*, dans l'étage *infralittoral*. Notons enfin qu'un seul et mince épandage détrique est inséré dans cet ensemble (niveau 6), tandis que le niveaux 3 contient quelques oogones de Charas, manifestations d'un apport d'origine fluviatile.

— L'ensemble supérieur (niveaux 8, 9 et 10), ou ensemble des *«calcaires roux»*, est calcaire, marneux et gréseux, coloré en jaune, ocre ou roux et très riche en limonite. Sa puissance est légèrement supérieure à 23 m. Il correspond aux différents termes du Valanginien décrits à Mexilhoeira. Il ne contient aucun microfossile caractéristique et exclusif, mais *Choffatella* sp. semble persister dans le niveau 8, tandis que le niveau 10 est particulièrement riche en Lenticulines. *La mer était largement ouverte*, comme le montre la faune abondante et variée (plus particulièrement dans le proche gisement à Ammonites de Mexilhoeira). Les Algues disparaissent, ce qui pourrait s'expliquer, soit par l'approfondissement du fond sous-marin, soit par un régime hydrodynamique défavorable. En *milieu néritique, infralittoral à circalittoral*, proliféraient des Polypiers Polypiers, Echinides, Entroques, Nérinées, Ostréidés. Les calcaires sont oolithiques ou graveleux et présentent un ciment cristallin : les eaux étaient probablement plus agitées que durant la sédimentation de l'ensemble inférieur. Remarquons, sans pour l'instant en rechercher la cause, la teneur élevée des sédiments en quartz détritique et en fer.

Cette analyse de la coupe d'Aldeia de Juzo montre que le Valanginien est marqué par une ouverture du bassin marin liée à un enfoncement relatif du plan de sédimentation ou à une élévation du niveau des eaux. Ses termes successifs s'agencent en une *série épicontinentale transgressive.*

3° LES PRINCIPAUX AFFLEUREMENTS ET LES VARIATIONS DE FACIÈS

A) *VERSANT SUD DU MASSIF DE SINTRA*

Le Valanginien est suffisamment dégagé au S de la Serra de Sintra pour que l'on puisse analyser en détail ses variations de faciès (*fig.* 28).

a) Ouest d'Aldeia de Juzo

Le Valanginien ne change guère jusqu'à l'Océan Atlantique. Signalons toutefois que le niveau 6a est formé, au bord de la route E.N. 247, entre Malveira da Serra et Praia do Guincho, des marnes schisteuses brunes à nombreux débris végétaux et empreintes de Lamellibranches. Le niveau 10 contient au signal géodésique de Barril, comme l'avait noté CHOFFAT [1885, p. 12], un banc de 0,20 m de calcaire à oolithes ferrugineuses riche en Gastéropodes mais dépourvu d'Ammonites. Cette assise est probablement l'équivalent latéral de l'oolithe ferrugineuse du Valanginien terminal de Mexilhoeira.

b) Sud d'Aldeia de Juzo

Le Valanginien arrive à la surface entre Birre et Tôrre, de part et d'autre de la route reliant les deux villages (*fig.* 38). Les affeurements dispersés das la lande appartiennent à l'ensemble supérieur (niveaux 8, 9 et 10). Ils ne se prêtent pas à une description détaillée.

c) **Est d'Aldeia de Juzo**

Le Valanginien se transforme progressivement vers l'E, comme le montre l'examen de quelques coupes représentatives.

ZAMBUJEIRO : 2 km au S du village de Zambujeiro, 1 500 m à l'ENE d'Aldeia de Juzo (*fig.* 3), les changements n'affectent que le Valanginien terminal. On voit, au-dessus des marnes et calcaires gréseux à *Nerina guinchoensis* du niveau 8 :

9. *a)* Grès fins, ocre, micacés, en lits horizontaux, intercalés de bancs de calcaire gris bleuté, à grains de quartz anguleux fins ou grossiers et à galets arrondis de quartz laiteux atteignant 4 cm de long, avec des sections de Lamellibranches, Nérinées, Polypiers (3 m).

b) Grès fins, ocre, micacés (1,50 m).

10. *a)* Grès fins, jaune à ocre, à ciment calcareux et éléments détritiques fins. Les stratifications sont entrecroisées (3 m).

b) Calcaires jaunes, durs, compacts, disposés en deux bancs de 0,80 m séparés par un interbanc de calcaire marneux violacé. Les calcaires se composent d'un ciment cristallin, de gravelles imprégnées de limonite et de gros éléments de quartz émoussé. J'ai trouvé *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Montlivaultia* sp., *Pygopyrina incisa* (AG.), *Toxaster* affi. *subcavatus* GAUTHIER, *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.), *Lenticulina* sp. (2,50 m)

Ainsi, des éléments détritiques de grande taille et des stratifications entrecroisées apparaissent dans le niveau 9, tandis que le niveau 10 s'ensable.

LINHÓ : les formations détritiques deviennent plus nombreuses et plus grossières vers l'ENE. 6,5 km à l'ENE d'Aldeia de Juzo, 700 m au SE de la prison de Linhó, le niveau 3 offre la succession suivante :

3. *a)* calcaires marneux gris jaunâtre et marnes calcareuses à Ostréidés et Lamellibranches (6 m) ;

b) grès grossiers, rouille, tendre, à quartz et feldspath très altéré, san grano-classement net, en lits horizontaux de 5 à 10 cm d'épaisseur (1,60 m) ;

c) marnes gréseuses et grès grossiers rouille (3,50 m) ;

d) calcaires jaunes, gréseux, à pâte microclastique et gravelles, formant quatre bancs épais de 5 à 15 cm, avec *Miliolidae*, *Nautiloculina oolithica* MOHLER, Nérinées et Dasycladacées (0,60 m) ;

e) marnes calcareuses à nodules et rares bancs calcaires (12 m) ;

On voit qu'une nouvelle passée détritique prend place dans la partie inférieure du Valanginien.

Les niveaux 9 et 10 présentent, eux aussi, quelques modifications :

Le niveau 9 se compose, à la base, de 1,20 m de grès massif, très grossier, à éléments de quartz anguleux et de feldspath très altéré, sans grano-classement ni stratifications apparentes. Au-dessus se développent 10 m de grès fins, tendres, massifs, jaunes, à ciment argileux, sans intercalation calcaire.

L'assise 10b, calcaréo-gréseuse et graveleuse, épaisse de 2,50 m, a fourni *Pygopyrina incisa* (AG.), *Lopha rectangularis* (ROEMER), *Exogyra couloni* (D'ORB), *Montlivaultia* sp.

Par conséquent, les termes de base de base de cet ensemble détritique supérieur s'enrichissent en matériel grossier, tandis que les intercalations calcaires disparaissent. Les autres niveaux ne subissent aucun changement.

BOA VISTA : 2 km au NE de la coupe de Linhó, 300 m au N du village de Boa Vista (*fig.* 3), les grès envahissent l'assise 10 b qui se décompose, de bas en haut, en :

— calcaires gris sombre, à passées de limonite soulignant la stratification et très abondants éléments de quartz anguleux (1 m) ;
— grés ocre, fins, tendres, inntercalés de bancs de grès à ciment calcaire et à stratifications onduleuses, renfermant des Nérinées et Ostréidés (2 m).

QUINTA DO PISÕES : près de la Quinta do Pisões, 1 500 m au NE de Boa Vista, le niveau 1, qui possède le même lithofaciès qu'à Aldeia de Juzo, est surmonté par les termes suivants :

2. grès silteux, jaunes, micacés, en dalles horizontales épaisses de 1 à 8 cm, intercalés d'argiles gréseuses (2,50 m) ;

3. *a)* grès fins jaunes, comacts, homogènes, en bancs horizontaux de 10 à 15 cm d'épaisseur, sans grano-classement visible (1 m) ;
b) marnes blanchâtres et silts violacés ou jaunes (3 m) ;
c) calcaires marneux gris clairs, cryptocristallins, à croûtes ferrugineuses et sections d'Ostracodes (0,60 m) ;
d) grès rouille, grossiers à la base, fins au sommet (0,60 m) ;
e) zone sans affleurements (2 m) ;
f) marnes et calcaires graveleux (10 m) ;

L'ensablement, plus précoce que dans les contrées plus occidentales, affecte donc ici la partie inférieure du niveau 3 et le niveau 2 sous-jacent. Les grès sont disposés en bancs horizontaux et alternent avec des couches calcaires ou marneuses.

PRESA : on dénombre trois intercalations détritiques dans le Valanginien qui affeure à la terminaison orientale du massif de Sintra, 200 m au S de la ferme de Presa (*fig.* 58) :

— les grès inférieurs, épais de 12 m, de teinte rouille, à éléments plus ou moins grossiers de quartz et de feldspath très altéré, s'organisent en bancs horizontaux bien individualisés. Ils sont encore intercalés, 500 m au NE de la route E.N. 249 allant de Lisbonne à Sintra, de lits argileux à *Feurtillia frequens* MAYNC, *Ammobaculites* sp., *Haplophragmoides* sp., *Lenticulina* sp., *Miliolidae*, *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Schuleridea* sp., *Eocytheropteron* sp., radioles et plaques d'Echinides, dents de Poissons. Toute passée argileuse s'efface 200 m puls au NE. Ces grès se sont formés aux dépens des couches carbonatées du niveau 2 et de la partie inférieure du niveau 3.
— L'intercalation médiane (niveau 6) se compose de 5 m de grès grossiers, blanchâtres ou rouille, à éléments de quartz anguleux, limités au mur par 1 m de dolomie ocre à quartz fissurés.
— Les grès supérieurs offrent la succession suivant :
9. *a)* grès fins jaunes à granules de quartz émoussés (1 m) ;
9. *b)* et 10. *a)* grès silteux jaunes, intercalés de 1 m de marnes calcareuses à Ostréidés (5 m) ;
10. *b)* calcaires durs, gris foncé, graveleux et gréseux, à fond cristallin, intercalés de marnes gréseuses jaunes et de grès fins. Ce niveau a fourni *Trocholina elongata* (LEUP.), *Tr. alpina* (LEUP.), *Textularidae*, *Lenticulina* sp., *Permocalculus* sp. (3 m).

On remarquera que ces passées détritiques sont bien moins importantes que ne l'indiquait CHOFFAT [1885]. Les autres niveaux n'offrent à Presa aucun changement quant à leurs puissances, leurs caractères lithologiques et leurs contenus paléontologiques par rapport à la série d'Aldeia de Juzo.

*
* *

En conclusion, *le Valanginien présente, au S et à l'E de la Serra de Sintra, un ensablement qui croît de l'WNW vers l'ENE. Cet apport détritique se répartit dans trois niveaux différents. Les assises carbonatées encaissantes ne subissent, quant à elles, aucune modification.*

B) *VERSANT NORD DU MASSIF DE SINTRA*

Les falaises baignées par l'Océan à l'extrémté NW de la Serra de Sintra, au N de Praia da Adraga (*fig.* 3), montrent une série presque complète, dont tous les composants lithologiques sont dégagés. Elles permettent de parfaire nos connaissances sur l'architecture des dépôts.

COUPE DE PRAIA DA ADRAGA — Le Valanginien affeure 500 m environ au NNE de Praia da Adraga. Il fait suite vers le N au Berriasien. Les couches plongent à 65-80° vers le NNE. Quelques accidents orientés NE-SW hachent la série. On voit de bas en haut, au-dessus de calcaires à Anchispirocyclines, la succession suivante (*fig.* 27) :

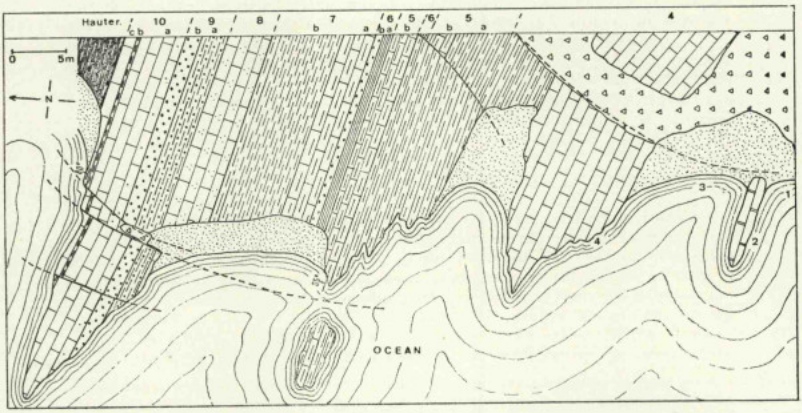


FIGURE 27. — *Le Valanginien au N de Praia da Adraga. Croquis de situation.* Les différents niveaux portent la même numérotation que dans le texte.

Marno-calcaires à Leviathania leviathan

1. Lacune d'observation (10 m).

2. Calcaires gris clair, en bancs à stratifications onduleuses, séparés par des interbancs plus marneux, à fond cryptocristallin à grumeleux et gravelles cryptocristallines, contenant *Feurtillia frequens* MAYNC, *Haplophragmoides* sp., *Miliolidae*, Lamellibranches (3 m). Ces quelques lits sont un témoin soit du niveau 1 défini à Aldeia de Juzo, soit du niveau 3.

3. Lacune d'observation (10 m).

4. Calcaires gris jaunâtre, en bancs onduleux de 0,10 à 0,30 m, à structure noduleuse, alternant avec de fines marnes schisteuses gris cendré. Les passages des

marnes aux calcaires et des calcaires aux marnes sont progressifs et les alternances régulières. Le calcaire, grumeleux, est dépourvu d'éléments clastiques. Ce niveau a fourni des Térébratules et quelques Lamellibranches (11 m).

5. *a)* Marnes gris foncé, à nodules calcaires alignés en passées horizontales mais ne formant jamais de véritables bancs. Ce niveau résulte d'une évolution de l'assise sous-jacente. Les nodules calcaires ont une pâte cryptocristalline à grumeleuse, légèrement marneuse, liant de très nombreux éléments clastiques anguleux ou émoussés. J'ai trouvé des Nérinées, Naticidés, Ostréidés, Astartes, Cyprines, *Pterotrigonia caudata* (AG.), *Feurtillia frequens* MAYNC, *Haplophragmoides* sp., *Nautiloculina oolithica* MOHLER, Dasycladacées (10,80).

b) Calcaires marneux gris foncé, à structures noduleuses, en bancs de 0,20 m à 0,50 m et marnes schisteuses sombres en interbancs de 0,05 à 0,20 m. Une passée marno-gréseuse offrant un passage progressif avec les lits supérieur et inférieur se place au milieu du niveau. Le calcaire possède une pâte microcristalline et marneuse, avec de très nombreux éléments clastiques. Les Ostréidés abondent dans les bancs marneux et les Nérinées dans les bancs calcaires (4 m).

6. *a)* Schistes bruns, stériles, en repos brusque sur les calcaires marneux du mur. Le niveau devient plus gréseux à sa partie supérieure et acquiert une teinte bleutée (3 m).

6) Grès ocre à ciment argileux, provenant de l'ensablement des schistes sous-jacents. Des éléments mal calibrés de quartz anguleux, souvent fissurés, sont associés à quelques grains de quartzite (0,40 m).

7. *a)* Calcaires gris jaunâtre, en bancs onduleux de 0,10 à 0,60 m, intercalés de passées marno-schisteuses, brunes. Le calcaire, microclastique, contient de fins éléments de quartz. J'ai trouvé des Ostréidés, Naticidés et Térébratules (3 m).

b) Marnes calcareuses à nodules jaunes de calcaires grumeleux, à débris bioclastiques dispersés. Ces nodules s'agencent par place en bancs discontinus et mal différenciés. Le passage avec l'assise sous-jacente est progressif. On reconnaît des Ostréidés, Naticidés, Ostracodes, *?Choffatella* sp., *Haplophragmoides* sp., *Actinoporella* sp. (6 m).

Calcaires roux

8. Calcaires gris clair, en bancs onduleux de 0,20 m alternant avec des calcaires marno-gréseux et avec des marnes calcareuses bleutées ou jaunes renfermant de rares nodules calcaires. Le repos sur le niveau 7 est brusque. Il n'y a aucune rupture de sédimentation au-deussus. Le calcaire est grumeleux, riche en éléments bioclastiques et, dans certains lits, en grains de quartz anguleux. Citons, parmi les organismes rencontrés, des Ostréidés, *Lucina* sp., Naticidés, *Nerinea guinchoensis* CHOF., dents de Poissons, radioles d'Oursins, *Choffatella* sp., *Haplophragmoides* sp., *Asciocythere* sp., *Fabanella* cf. *polita* (MARTIN) (4 m).

9. *a)* Marnes calcaréo-gréseuses gris foncé. Les bancs sont plus ou moins calcaires. Les passages sont progressifs. Le quartz, dispersé, est mal classé. Les textures sont noduleuses. La matrice calcaire, microclastique, contient des *Textulariidae* *?Choffatella* sp., *Haplophragmoides* sp. et *Cylindroporella* sp. (3,50 m).

b) Grès fins, jaunes en surface, bleutés sur la tranche, emballant des granules et galets très émoussés de quartz laiteux. Le ciment de calcaire cristallin lie des éléments anguleux de quartz et des débris calcaires plus ou moins usés, alignés suivant la stratification. La teneur en calcaire est plus élevée à la base où le passage avec le mur est progressif. Les lits sont horizontaux. Il n'y a pas de joints de stratification. Ce niveau contient des Ostréidés, *Cardium* sp., Gastéropodes empâtés, Textulariidés, Dasycladacées (2 m).

10. *a)* Calcaires marneux et marnes calcareuses, de teinte grise ou bleutée, à quartz détritique fin et anguleux dispersé à la base. Le contact est brusque avec le niveau sous-jacent. Les passages entre les différents composants lithologiques sont progressifs. Les calcaires microclastiques renferment des éléments anguleux non calibrés. Ce niveau, très fossilifère, a fourni des Ostréidés dont *Lopha rectangularis* (ROEMER), Nérinées, Polypiers dont *Montlivaultia* sp., Térébratules, Ryn-

chonelles, *Rhabdocidaris delgadoi* DE LOR., *Toxasteridae*, Entroques, *Textulariidae* (4 m).

b) Marnes jaunâtres, finement gréseuses, à nodules calcaires, évoluant progressivement vers les assises du toit et du mur, riches en *Lopha rectangularis* (ROEMER), Polypiers, Rhynchonelles (0,50 m).

c) Calcaires jaunes et rosés, cryptocristallins ou microcristallins, altenant avec des calcaires marneux et des marnes calcareuses à nodules calcaires. Toutes les variations verticales sont progressives. On y voit des spicules d'Eponges, Polypiers étalés et *Montlivaultia* sp., Entroques, *Phyllacanthus salviensis* (COTTEAU), *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Textulariidae* (2,50 m).

Sur la surface supérieure durci et rubéfiée de ce dernier niveau viennent les «marnes à *Toxaster*» de l'Hauterivien.

Ainsi, les sédiments calcaires et marneux prédominent dans cette succession. L'ensemble des «marno-calcaires à *Leviathania leviathan*» fluctue entre un pôle carbonaté à Nérinées et un pôle plus terrigène à Ostréidés. Les passages de l'un à l'autre de ces deux termes se font par variations verticales croissantes et décroissantes. Les stratifications sont onduleuses et les structures noduleuses. Les facteurs réglant l'équilibre entre colloïdes et carbonates se modifient lentement. On peut en déduire que *le bassin sédimentaire est stable.* Les dépôts se font en zone subtidale, dans l'étage infralittoral. Il n'y a pas de différences fondamentales entre cet ensemble inférieur et l'ensemble supérieur des «calcaires roux». Ce dernier contient cependant, comme dans la région de Cascais, une faune plus variée ; il s'appauvit en Algues, devient plus détritique et plus riche en fer. La mer, plus largement ouverte, un peu plus profonde, infralittorale à circalittorale, etait alimentée en produits d'érosion et d'altération.

Tous les niveaux d'Aldeia de Juzo ont donc été retrouvés dans cette coupe, avec la même composition. *Les faciès sont semblables au N et au S du Massif de Sintra.*

*
* *

Praia da Adraga et Sintra, le Crétacé inférieur est longuement masqué par des placages tertiaires. Le Valanginien apparaît à nouveau à São Romão et Algueirão. La Série qui s'observe 1 km à l'W de cette dernière localité, 3 k au NW de Presa, est très comparable à celle décrite à Aldeia de Juzo.

SERIE D'ALGUEIRÃO — Elle est essentillemente marneuse et calcaire. Trois minces niveaux détritiques ont été repérés : le plus ancien, formé de 1 m de grès rouille, mal classé, à quartz anguleux corrodés et cariés, remplace les calcaires graveleux du niveau 2. Le second, épais de 2,50 m, correspond au niveau 6 ; il montre des grès grossiers, rouille ou violacés, disposés en bancs subhorizontaux et reposant sur un lit de calcaire dolomitique. Le troisième se situe à la partie supérieure du Valanginien, dans les niveaux 8 et 9 ; des grès ocre à ciment calcaire s'intercalent dans des calcaires et calcaires gréseux. Les stratifications sont horizontales et les passages progressifs. Le niveau 10, à gravelles ferrugineuses, contient quelque éléments détritiques à la base.

Ainsi, le Valanginien est bien moins détritique que dans les affeurements situés plus au S et sur le même méridien (Quinta do Pisões, Boa Vista). *La teneur en sable paraît croître perpendiculairement à des lignes orientées NE-SW.*

La série d'Algueirão présente un autre intérêt : elle est très riche en microfossiles et permet d'avoir une idée sur la répartition stratigraphique des différents organismes dans le Valanginien.

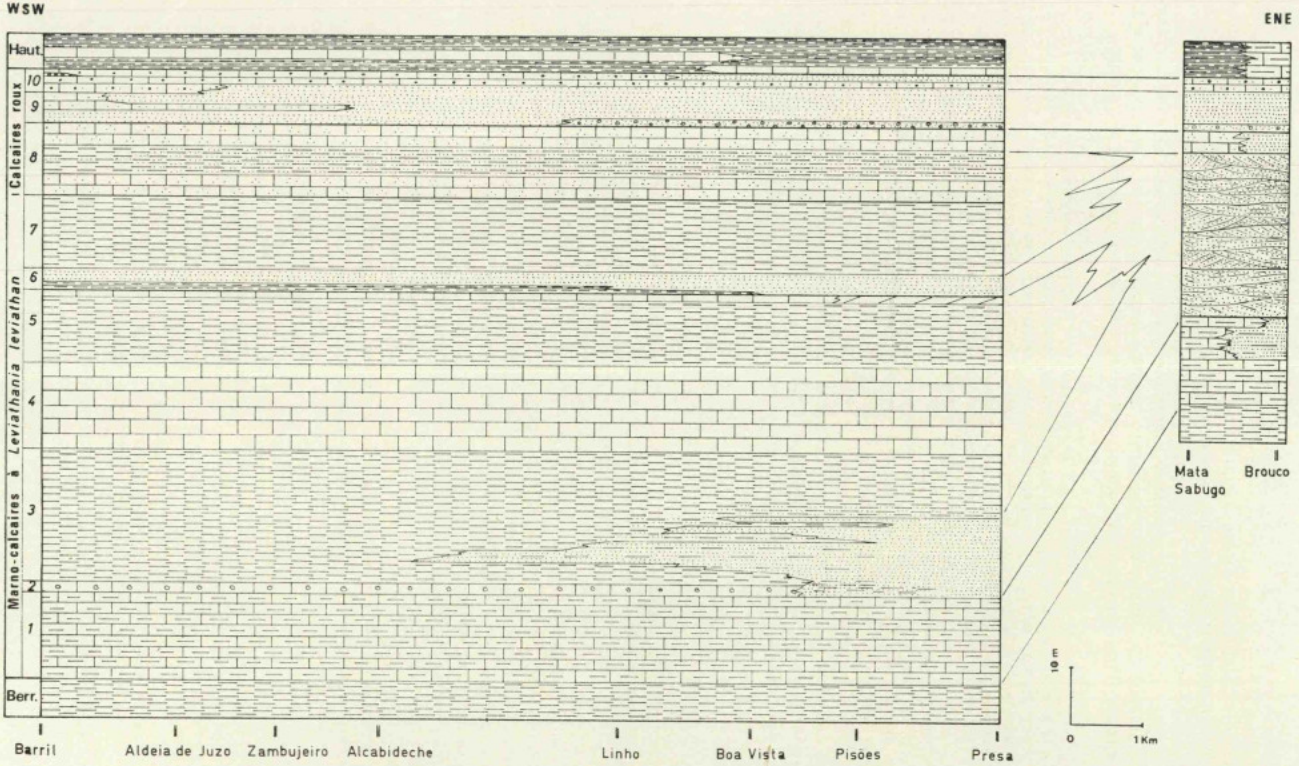


FIGURE 28. — *Les variations de faciès dans le Valanginien au S à l'E du massif de Sintra*
Les différents niveaux portent la même numérotation que dans le texte.

J'ai observé, de bas en haut, les associations suivantes :

Marno-calcaires à Leviathania leviathan

niveau 1 : *Feurtillia frequens* MAYNC, *Miliolidae, Favreina sp., Terquemella* sp., *Acicularia* sp. ;
niveau 3 : *Feurtillia frequens* MAYNC, *Everticyclammina* gr. *kelleri* HENSON, *Ammomarginulina* sp., *Haplophragmoides* sp., *Miliolidae, Eocythcropteron* sp., *Asciocythere* sp., *Schuleridea* sp., *Permocalculus* sp. ;
niveau 4 : *Feurtillia frequens* MAYNC, *«Mayncina»* sp., *Haplophragmoides* sp., *Macroporella embergeri* BOUROULLEC et DELOFFRE, *Acroporella radoicici* PRATURLON ;
niveau 5 : *Feurtillia frequens* MAYNC, *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *«Mayncina»* sp., *Haplophragmoides* sp., *Eggerella* sp., *Lenticulina* sp., *Miliolidae, Eocytheropteron* sp., *Asciocythere* sp., *Schuleridea* sp., *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Macroporella embergeri* BOUROULLEC et DELOFFRE ;
oniveau 7 : *?Feurtillia frequens* MAYNC, *Acicularia* sp. ;

Calcaires roux

niveau 8 : *?Choffatella* sp., *Pseudocyclammina lituus* (YOK.), *Haplophragmoides* sp., *«Mayncina»* sp., *Ammobaculites* sp., *Macroporella embergeri* BOUROULLEC et DELOFFRE ;
niveau 9 : *Choffatella* sp., *«Mayncina»* sp., *Haplophragmoides* sp., *Miliolidae ;*
niveau 10 : *Textulariidae, Haplophragmoides* sp., *Eggerella* sp., *Lenticulina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.).

On voit que *Pseudocyclammina lituus, Trocholina elongata* et *Macroporella embergeri* persistent durant tout le Valanginien. *«Mayncina»* sp. fait son apparition. *Feurtillia frequens* est relayé, à la partie supérieure du Valanginien, par le genre *Choffatella.*

4° RÉCAPITULATION — MILIEU DE DÉPOT

Le Valanginien à prédominance calcaire n'est connu que sur le pourtour du Massif de Sintra.

La partie inférieure du Valanginien («marno-calcaires à *Leviathania leviathan»)* est essentiellement formée d'une alternance, sans polarités marquées, de calcaires à Dasycladacées et Nérinées et de marnes noduleuses à Ostréidés et Térébratules. Le passage vertical d'un terme à l'autre est progressif et les surfaces de stratification sont onduleuses. On peut imaginer que les sédiments se sont déposés sur une plate-forme marine de faible profondeur, stable, aux eaux épisodiquement agitées, alternativement nourrie en produits terrigènes et organogènes, dans la zone subtidale et l'étage infralittoral. Aucun relief n'accidentait, semble-t-il, le fond sous-marin dans l'étroite superficie observable. On voit donc que les caractères géométriques de la surface de dépôt et les facteurs réglant la sédimentation ne changent pas du Berriasien au Valanginien. Ce dernier étage se caractérise cependant par une modification écologique : faune et flore indiquent une accentuation des tendances marines. L'évolution amorcées au Berriasien se poursuit donc au Valanginien : un Berriasien supérieur laguno-marin avait succédé au Berriasien inférieur laguno-lacustre. La partie inférieure du Valanginien, elle, est franchement marine, en raison probablement, non de modifications bathymétriques, mais d'un moindre étalement des venues d'eaux douces.

La partie supérieure du Valanginien («calcaires roux») se compose de calcaires jaunes ou roux, à graveles et oolithes ferrugineuses, à Ammonites, Echinides, Brachio-

podes, Nérinées, Polypiers, Spongiaires. Le milieu de dépôt, infralittoral à circalittoral, est peut-être légèrement plus profond que durant la période précédente et, surtout, plus largement ouvert. On peut donc estimer que les termes supérieurs du Valanginien sont transgressifs par rapport aux termes inférieurs. Les eaux sont plus agitées. Plusieurs arrêts de sédimentation pourrait traduire un fond moins stable.

Trois apports détritiques s'inscrivent dans la série valanginienne, deux à la partie inférieure, un à la partie supérieure. Les grès s'ordonnent en bancs à stratifications horizontales et ménagent le plus souvent un passage progressif avec les sédiments carbonatés du mur et du toit. On peut imaginer qu'ils correspondent à des sables arrachés au socle en période d'activité érosive, reprris par des courants marins, s'étalant dans le bassin sédimentaire et troublant momentanément l'accumulation calcaire ou marneuse. La mise en place du niveau détritique médian (niveau 6) paraît avoir été précédée d'un rechaussement du fond sous-marin. *Les sédiments détritiques proviennent de régions situées à l'E du bassin marin,* comme le prouve l'augmentation en nombre et en puisance des niveaux gréseux lorsque l'on se déplace de l'W vers l'E.

Les accumulations détritiques les plus grossières, les plus importantes et les plus étendues sont celes du Valanginien supérieur. Corrélativement, le bassin sédimentaire s'enrichit très nettement en fer, peut-être par délavage sur des aires soumises à l'altération [A. LOMBARD, 1959, p. 242]. C'est durant la même période que cette plate-forme continentale est la plus ouverte vers le large, la plus profonde et, donc, que la mer valanginienne est la plus transgressive.

*
* *

Il faut souligner enfin les analogies que cette étude laisse apparaître entre le Valanginien portugais et le Valanginien du Jura, en particulier du Jura méridional : les «marno-calcaires à *Leviathania leviathan*» pourraient être corrélés avec les «formations de la Chambotte» et le «calcaire du Fontanil», ensembles qui, dans le S du Jura et la région grenobloise, caractérisent un milieu franchement marin, épicontinental, ouvert aux influences du large, et sont transgressifs sur les dépôts confinés du Berriasien terminal [N. STEINHAUSER et J. CHAROLLAIS, 1971]. Les «calcaires roux» sont comparables aux «marnes d'Arzier», aux «calcaires roux» et aux «couches de Villers», niveaux riches en limonite, à faune variée (Ammonites), déposés par une mer largement ouvert et transgressive par rapport à la mer du Valanginien inférieur [S. GUILLAUMEN, 1966, p. 169].

II. — LE VALANGINIEN A PRÉDOMINANCE DÉTRITIQUE

1° ANALYSE STRATIGRAPHIQUE

A) *RÉGION DE VALE DE LOBOS*

Les sédiments détritiques prennent un grand développement dans la région de Vale de Lobos, 1 500 m à l'ENE de Presa, à la périphérie des dômes de Mata, Olela et Brouco (*fig.* 11). Le Valanginien se compose de trois termes (*fig.* 28) :

— «marnes, calcaires et grès à *Feurtillia frequens*», à la base ;
— «grès de Vale de Lobos» ;
— «grès et calcaires roux», au sommet.

a) **«Marnes, calcaires et grès à Feurtillia frequens».** Cette formation correspondant au niveau de base du Valanginien (niveau 1) défini plus à l'W n'évolue guère de Presa aux dômes de Mata et d'Olela.

Ainsi, sur le versant S du dôme d'Olela, 100 m au NE du lavoir de Sabugo, les calcaires et marnes à Anchispirocyclines du Berriasien sont surmontés par une quinzaine de mètres de calcaires gris clair, cryptocristallins ou grumeleux, en nodules ou bancs onduleux mal différenciés séparés par des marnes calcareuses grises et intercalés, à 3 m de la base, d'un lit de grès fin jaune et de quelques passées argilo-gréseuses. Ce niveau a fourni *Cyprina infravalanginiensis* CHOF., *Feurtillia frequens* MAYNC, *Haplophragmoides* sp., *Trochamminidae, Miliolidae, Schuleridea* aff. *juddi* NEALE, *Cytherella* sp., *Asciocythere* sp., *Cytherelloidea rehburgensis* BART. et BRAND, débris d'Echinides, *Permocalcus* sp.

Plus à l'E, dans le dôme de Brouco, ce niveau s'ensable rapidement (*fig.* 29).

A la terminaison occidentale du pli, 500 m au SE de la briqueterie («cerâmica») de Vale de Lobos, 6 m de grès fins ou grossiers, jaunes et rouille, en bancs horizontaux séparés par des argiles gréseuses bleutées à *Trochamminidae* et Ostracodes, prennent place au milieu des calcaires et marnes à *Feurtillia frequens* MAYNC et Dasycladacées.

1 250 m plus à l'ESE, 250 m à l'W de la ferme de Brouco, il ne persiste plus que 9,50 m de calcaires jaunes, en bancs onduleux, à surfaces de stratification rubéfiées, intercalés de marnes jaunes ou grises à nodules calcaires, avec *Feurtillia frequens* MAYNC, *Haplophragmoides* sp., *Miliolidae, Trochamminidae, Schuleridea* aff. *juddi* NEALE, *Cytherella* sp., *Eocytheropteron* sp. 2, *Asciocythere* sp., *Paracupris* sp., *Permocalculus* sp., et *Actinoporella podolica* (ALTH.). Les grès qui surmontent cette assise affleurent mal.

Sur les deux versants de la vallée de Ribeira do Carenque, 1 750 m à l'E de Brouco, de Valanginien débute par 3 m de grès ocre et tendres, intercalés de bancs horizontaux de calcaires et marnes à Dasycladacées et *Eggerella* ps., suivis de grès masifs peu apparents.

La même évolution du faciès de l'W vers l'E s'observe sur le flanc N du dôme de Brouco.

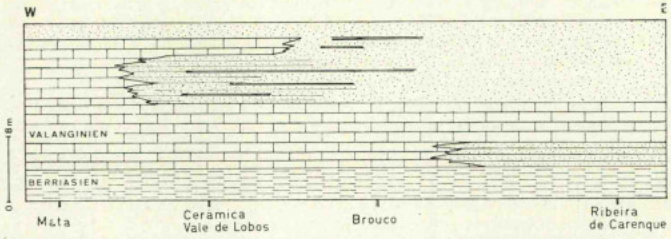


FIGURE 29. — *Schéma montrant l'ensablement vers l'E des termes de base du Valanginien dans le dôme de Brouco.*

Nous voyons donc que la base du Valanginien devient progressivement détritique vers l'E. Les microfossiles recueilis indiquent un *milieu de dépôt marin, peu profond, proche du rivage.*

b) **«Grès de Vale de Lobos».** Ces grès affleurent largement autour des différents dômes. Leurs plongements sont très faibles. Ils sont exploités dans de nombreuses carrières, principalement au S du village de Vale de Lobos, de part et d'autre de la route E.N. 117. On observe dans les diverses tranchées des grès blancs ou jaune pâle, fins et grossiers, à matrice argileuse et éléments de quartz. Les feldspaths, très altérés, ont perdu le plus souvent toute individualité. Il n'y a pas de niveau à galets. Les grès forment des unités lenticulaires de 1 à 5 m d'épaisseur, à stratifications entrecroisées ; chacune passe vers le haut à des argiles ou silts blancs, rosés, gris clair ou vert pâle. Il s'intercale quelques lits horizontaux d'argiles et grès fins à structure noduleuse. J'estime que l'épaisseur des grès de Vale de Lobos n'excède pas 30 m.

Les lits argileux ont fourni divers Foraminifères : *Trochammina* sp., *Ammomarginulina* sp., *Ammobaculites* sp., *Haplophragmium* sp., *Ammotium* sp.

Les grès et silts continnent des végétaux fossiles, parmi lesquels [C. TEIXEIRA, 1948, p. 114] *Sphenopteris mantelli* BRONG., *Pecopteris* aff. *dunkeri* SHIMP., *Sphenolepis sternbergiana* (DUNK.), *S. kurriana* (DUNK.) et *Brachyphyllum corralinum* HEER. J'y ai recueilli en outre les Pollens et Spores suivants : *Cerebrosporites mesozoïcus* (COUPER), *Staplinisporites caminus* (BALME), *Trilobosporites lantzae* DEAK et COMB., *Kluckisporites pseudoreticulatus* COUPER, *Densoïsporites perinatus* COUPER, *Perinopollenites elatoïde* COUPER, *Applanopsis trilobatus* (BALME), *Ap. segmentatus* (BALME), *Excesipollenites tumulus* BALME et *Cicatricosisporites australiensis* POTONIE. Ils sont accompagnés de représentants de Phytoplancton : *Tenua hystrix* EISENACK, *Scrinodinium* sp., *Nannoceratopis* sp., et *Hystrichosphaeridium* sp.

La présence de Phytoplancton et de Foraminifères démontre que le *milieu de dépôt des grès de Vale de Lobos est estuarien.* La prédominance des Spores sur les Pollens — quant au nombre d'échantillons recueillis — incite à penser que le *climat était chaud et humide.*

c) **Grès et calcaires roux.** Les assises terminales du Valanginien peuvent être analysées en détail sur le bord S de la cuvette de Sabugo, immédiatement à l'E de la ferme de Santa Cruz, de part et d'autre de la route allant de Tala à Vale de Lobos.

COUPE DE SABUGO — Les couches plongent en moyenne de 10° vers le N. On voit, au-dessus des «grès de Vale de Lobos» :

1. Calcaires gris jaunâtre, en bancs à stratifications onduleuses, séparés par des interbancs marneux à Ostréidés et Naticidés. Des grains de quartz parsèment le lit le plus élevé. Le calcaire, microclastique, à ciment interstitiel microcristallin ou grumeleux et débris organiques de grande dimension, a fourni *Choffatella* sp., *Ammobaculites* sp., Codiacées. Lamellbranches (4 m).

2. *a)* Grès grossiers, massifs, peu visibles (1 m).

b) Grès fins ocre intercalés de bancs horizontaux de calcaires gréseux à quartz anguleux, gravelles limoniteuses, débris d'Ostréidés et ciment cristallin (4 m).

3. *a)* Grès ocre, grossiers à la base, fins au sommet, à quartz mal calibré et débris coquilliers, formant des bancs horizontaux alternant avec des calcaires marneuz gris bleuté, à gravelles et fond grumeleux, à sections d'Ostracodes. Des joints de stratification argileux séparent ces bancs (4 m).

b) Calcaires jaunes et roux, en bancs de 0,40 m intercalés de grès fins ocre. Les calcaires possèdent une matrice cristalline, des éléments émoussés de quartz diminuant en taille et en nombre vers le haut, des gravelles mal calibrées imprégnées de limonite et de gros débris de calcaire cryptocristallin. *Montlivaultia* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.) et *Pseudocyclammina* cf. *lituus* (YOK.) (3 m).

Au-dessus, affleurent des «marnes à *Toxaster*», terme de base de l'Hauterivien.

L'ensemble des «grès et calcaires roux» décrit ici appartient à la partie supérieure du Valanginien, telle qu'elle a été définie sur le pourtour de la Serra de Sintra : on peut aisément corréler les trois assises de Sabugo avec les niveaux 8, 9 et 10 d'Aldeia de Juzo et de Presa (*fig.* 28). On constate alors que, seule, la base du niveau 8 ne peut être reconnue, soit parce qu'elle est entièrement détritique et confondue dans les «grès de Vale de Lobos», soit parce qu'elle ne s'est pas déposée. Les couches plus élevées ne se modifient pas entre Presa et Sabugo.

Les caractères lithologiques et paléontologiques des «grès et calcaires roux» indiquent une sédimentation dans un *milieu franchement marin, peu profond.*

Les affleurements sont rares sur le flanc S du dôme de Brouco.

On peut cependant remarquer que, 1 km au NE du signal géodésique de Suimo (1 000 m au N du stand de tir de Carregueira), d'une part, et 250 m à l'WSW de la ferme de Brouco, d'autre part, les calcaires à *Choffatella* sp., premier niveau rencontré à Sabugo, sont entièrement remplacés par des grès ocre et des argiles gréseuses.

A l'extrémité SE du dôme de Brouco, enfin, dans le domaine de Fonte Santa, immédiatement à l'E de la route E.N. 250 allant de Belas à Caneças, les «grès de Vale de Lobos», blancs, à stratifications entrecroisées, sont surmontés par :

1. Grès ocre et argiles gréseuses, en lits horizontaux (2 m).
2. Grès ocre et fins, à Ostréidés, en bancs horizontaux de 0,10 à 0,40 m à *Trochamminidae* et *Ammomarginulina* sp. (7 m).
3. Calcaires gréseux jaunes ou roux, à gros éléments de quartz émoussé et gravelles imprégnées de limonite, à Trocholines et Lenticulines associées à *Montlivaultia* sp., *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Lopha rectangularis* (ROEMER), Gastéropodes (0,80 m).

L'Hauterivien débute avec les «marnes à *Toxaster*», riches en nodules calcaires.

On voit que l'ensemble des «grès et calcaires roux» devient de plus en plus gréseux vers l'E, tout en conservant les caractères d'un dépôt marin.

*
* *

Cette étude sur la région de Vale de Lobos conduit aux conclusions suivantes :

— les premières passées gréseuses apparaissent dès la base du Valanginien, au milieu de marnes et de calcaires marins littoraux.

— les «grès de Vale de Lobos» *sensu-stricto* se sont accumulés au cours du Valanginien inférieur, comme le démontre leur position stratigraphique. Leur épaisseur, peu importante, n'excède guère la somme des puissances des divers niveaux détritiques qui s'insèrent entre les assises calcaires et marneuses du Valanginien inférieur de Presa (fig. 28). On peut donc penser que *ces grès se sont déposés en épandages épisodiques, durant des phases de déséquilibre pédologique* séparées par de longues périodes de répit que ne matérialise, à Vale de Lobos, aucun dépôt. Les «grès de Vale de Lobos» constituent une *formation estuarienne* qui, comparée au Berriasien lagunaire, n'implique pas un recul notable de la ligne de rivage vers l'W, une régression.

— la partie supérieure du Valanginien, reposant sur les «grès de Vale de Lobos», est calcaires, marneuse et gréseuse, riche en fer. Sa faune est franchement marine. Cet ensemble est donc *transgressif*, comme à la périphérie du Massif de Sintra. La forte

teneur en éléments de quartz émoussés pourrait s'expliquer par un *remaniement du matériel détritique sous-jacent.*

B) *SERRA DA ARRÁBIDA*

Le Valanginien affleure dans la crique de Lagosteiros, à l'extrémité occidentale du chaînon mésozoïque de l'Arrábida, au N du Cap Espichel (*fig.* 14).

COUPE DE LAGOSTEIROS — Le Valanginien occupe le bas de la falaise, sur le côté N de la crique. Les couches plongent à 40° vers le N. Au-dessus des argiles et grès attribués au Berriasien viennent les termes suivants :

1. Grès blanchâtres, fins ou grossiers, à gros galets de quartz et de lydienne dispersés, à grains de quartz et de feldspath très altéré, à matrice argileuse ; ils alternent avec des silts roses à lie-de-vin et avec des argiles vertes ou noires. Ces divers sédiments s'agencent en lentilles à stratifications entrecroisées. Ils ont fourni *Leptolepidites verrucatus* COUPER, *Trilobosporites verrucatus* COUPER, *Concavissimisporites variverrucatus* COUPER, *Osmundacites* sp., *Applanopsis dampierri* (BALME), *Foveotrilete subtriangularis* BRENNER, *Cicatricosisporites hughesii* DETTMAN, *C. australiensis* POTONIE, *Pilosisporites verus* DEL. et SPRUM., *Cyathidites punctatus* DEL. et SPRUM., *Staplinisporites caminus* (BALME), *Cerebrosporites mesozoïcus* (COUPER), *Leiotrilete equiexinus* DÖRING, *Contignisporites cooksonii* DETTMAN, *Spheripollenites scabratus* COUPER (15 m).

2. Argiles silteuses rouges, violacées ou vertes, à muscovite, et grès gris, bruns à verdâtres, mal classés, à matrice argileuse, grains de quartz, galets de quartz et de lydienne, formant des lentilles à stratifications entrecroisées (14,80 m).

3. Grès blancs, grossiers, mal classés, à galets de quartz et de lydienne, en lentiles alternant avec des lentilles de grès fins à laminae ligniteux et avec des silts argileux gris à «convolute-laminations». Les sédiments s'affinent de la base au sommet du niveau (11,50 m).

4. Grès blancs, fins à grossiers, bien lavés, à granules de quartz, lydienne et jaspe, à galets de silt, formant des lentilles intercalées de grès silteux à laminae ligniteux et «convolute-laminations», qui occupent le haut du niveau et renferment *Gleicheniidites circinidites* BRENNER, *Concavisporites juriensis* BALME, *Plicatella tricornitata* WEYL. et GRIEF., *Foveotrilete subtriangularis* BRENNER, *Staplinisporites caminus* (BALME), *Densoïsporites perinatus* COUPER, *Concavissimisporites punctatus* (DEL. et SPRUM.), *Perinapollenites elatoïde* COUPER, *Spheripollenites scabratus* COUPER, *Cerebropollenites mesozoïcus* (COUPER) (6 m).

5. Grès ocre, à ciment calcareux et galets et graviers de quartz laiteux en stratifications entrecroisées (6 m).

6. *a)* Grès calcareux jaunes en bancs horizontaux de 0,50 m à 1 m séparés par des interbancs de grès fins. Les calcareux possèdent un ciment cristallin et des éléments de quartz émoussées, fissurés et cariés, recouverts d'une croûte ferrugineuse. Il s'y ajoute des gavelles de limonite et quelques grains de feldspath très altéré (2 m).

b) Calcaires gréseux roux, à granules de quartz fissurés et cariés, enduits de limonite, à gravelles et oolithes ferrugineuses, à ciment grumeleux. Les élements s'affinent vers le haut. Les interbancs sont plus marneux. On reconnaît *Neocomites* aff. *neocomiensis* (D'ORB.), Bélemnites, divers Gastéropodes et Lamellibranches dont *Exogyra couloni* (O'ORB.), *Lopha rectangularis* (ROEMER) et *Neithea atava* (ROEMER), *Montlivaultia* sp., *Terebratula acuta* QUENST., *Zeilleria* sp., *Apiocrinus* sp., *Phymosoma debile* DE LOR., *Heterodiadema arrabidense* n. sp., *Plegiocidaris muricata* (ROEMER), *Rhabdocidaris tuberosa* DESOR, *Rh. delgadoi* DE LOR., *Pygurus rostratus* AG., *Pygorhynchus* sp., *Holectypus almeidae* REY, *Holaster* sp., *Toxaster casterasi* n. sp., *Toxaster* aff. *subcavatus* GAUTHIER, *Lenticulina* sp., *Trocholina elongata* (LEUP.) (3 m).

Les «marnes à *Toxaster*» de l'Hauterivien recouvrent ce niveau.

La succession est comparable à celle précédemment décrite dans la région de Vale de Lobos, puisque le Valanginien de Lagosteiros comprend :

— un ensemble inférieur de grès et argile à stratifications entrecroisées, épais de plus de 45 m. En l'absence d'arguments faunistiques, on ne peut se prononcer sur le milieu de sédimentation, fluviatile ou estuarien ;

— un ensemble supérieur de calcaires et grès ocre et roux, à stratifications horizontales prédominantes, nettement transgressif : c'est un dépôt de mer ouverte, à Ammonites et Bélemnites, subtidal, remaniant un important matériel détritique et riche en fer. Il date du Valanginien supérieur.

*
* *

Quelques affleurements permettent de préciser les variations latérales du Valanginien dans la Sera de Arrábida.

Au moulin de Frade, 1 500 m au NE de Casa das Maravilhas, 9 km au NE de Lagosteiros, les argiles du Berriasien sont surmontées par :

1. Grès grossiers et conglomérats à matrice argileuse blanche, gros galets de quartz, schistes sériciteux et chloriteux, intercalés de silts, en lentilles à stratifications entrecroisées. Le banc de la base est durci et rubéfié (18,50 m).
2. Grès fins, jaune pâle, bien classés, à stratifications entrecroisées (5 m).
3. Grès ocre jaune, à ciment de calcaire cristallin et éléments de quartz fissurés et cariés, recouverts d'une pellicule de limonite, formant un banc horizontal (1 m).
4. Calcaires roux, à ciment marneux ou cristallin, à oolithes ferrugineuses, grais de quartz et dequartzite émoussés, cariés, fissurés, patinés de limonite. Les bancs sont horizontaux, épais de 0,50 m et séparés par des passés plus marneuses. Le niveau est stérile (3 m).

Au-dessus, viennent des argiles à plaquettes de l'Hauterivien.

C'est une série analogue que l'on voit à **Sesimbra**, au-dessus du stade, 150 m au N du moulin d'Amora. Les grès inférieurs ont cependant une puissance plus élevée, de 40 m.

1 km au SW du **signal de Vinhas**, apparaissent, au-dessus des grès et argiles lie-de-vin du Berriasien :

1. Grès grossiers et conglomérats à galets de quartz et rares lydiennes, à éléments siliceux et matrice argileuse blanche, en lentilles à stratifications entrecroisées (30 m).
2. Grès ocre, homogènes, en bancs horizontaux, à granules de quartz anguleux et feldspaths rares. Tout calcaire a disparu (3 m).

Les argiles sus-jacentes sont rapportées à l'Hauterivien.

Les affleurements les plus orientaux se trouvent 500 m au N de **São Caetano**, 2 200 m au S de Vila Nogueira de Azeitão. Je rapporte au Valanginien :

1. Grès blancs, fins ou grossiers, à éléments de quartz et muscovite, galets de quartz dispersés et matrice argileuse, organisés en lentilles à stratifications entrecroisées (4 m).
2. Grès fins jaunes, sans stratifications apparentes (1 m), surmontés par les argiles gréseuses de l'Hauterivien.

250 m plus à l'E, les valanginiens sont recoupés en discordance par un ensemble gréseux plus élevé qui, à São Caetano, succède aux argiles gréseuses hauteriviennes. On ne peut donc pas suivre CHOFFAT (1908) et rapporter cet ensemble discordant au Valanginien. Cette formation — que je date du Paléogène (1969) — persiste seule vers l'E, dans les flancs des anticlinaux de São Luis et de Viso, entre le Jurassique et le Tertiaire.

*
* *

En résumé, le Valanginien de la Serra da Arrábida se décompose en deux termes, connus de Praia dos Lagosteiros à São Caetano :

— un terme inférieur de grés blancs lenticulaires, à stratifications entrecroisées. Ce niveau s'amincit fortement vers l'E ;

— un terme supérieur transgressif de calcaires gréseux et de grès jaunes ou roux, horizontaux. Les calcaires disparaissent vers l'E, tandis que la puissance de cette unité décroît.

C) *FLANC NORD DU SYNCLINAL DE PERO PINHEIRO*

Prenons pour référence la série qui affleure de part et d'autre de l'embouchure du rio Safarujo, dans les falaises du village de São Lourenço, au N, et du fort Santa Susana, au S.

COUPE DE L'EMBOUCHURE DU SAFARUJO — Une faille accidente la série au niveau de la vallée. Les couches plongent de 2 à 5° vers le S. On voit, au-dessus des calcaires dolomitiques à Anchispirocyclines du sommet du Berriasien :

1. Lentilles de grès gris clair à blancs, fins ou grossiers, mal classés, à grains ett granules de quartz, intercalés de silts violacés, de silts gris à feuillets lingniteux et «convolute-laminations», ainsi que d'argiles ligniteuses (8,30 m).

2. *a)* Silts argileux noirs à granules de quartz émoussés, *Miliolidae, Trochammina* sp. et *Ammomarginulina* sp. (0,20 m).

b) Dolomies gris foncé, en bancs onduleux de 1 m séparés par des interbancs marno-schisteux gris foncé à débris coquilliers indéterminables. Dolomies et marnes s'ordonnent en séquences positives (3,80 m).

c) Silts argileux noirs (0,10 m).

3. *a)* Grès blancs, fins, micacés, à feuillets ligniteux, à éléments de muscovite, quartz et feldspath, disposés en bancs horizontaux à stratifications internes obliques (1,80 m).

b) Grès ocre ou blancs, fins ou grossiers, à quartz anguleux et cariés, à ciment limoniteux, en bancs horizontaux à stratifications internes obliques (1,60 m).

Ce dernier niveau est surmonté par les argiles de la base de l'Hauterivien.

Ainsi, deux termes peuvent être identifiés dans le Valanginien qui se développe au N du basin carbonaté :

— le terme inférieur (niveau 1), argilo-gréseux, blanc, à stratifications entrecroisées, est peu épais. Il pourrait s'être déposé en milieu estuarien.

— le terme supérieur (niveaux 2 et 3), dolomitique et gréseux, en bancs horizontaux, transgressif, offre les caractéristiques d'une formation littorale, intertidale à supratidale.

*
* *

C'est une série très comparable qui apparaît sur la rive gauche du rio Safarujo, entre São Lourenço et **Picanceira**, 5,5 km plus à l'E.

250 m au S de Picanceira, de long de la route E.N. 9, les grès blancs du terme inférieur passent sur les 25 cm terminaux à une couche à galets condensés parallèle aux bancs horizontaux sus-jacents ; les stratifications entrecroisées s'effacent. Au-dessus de ce niveau de remaniement vient une croûte ferrugineuse discontinue. Il s'agit, problement, d'un *sol fossile*. Le terme supérieur du Valanginien, au-dessus, est formé de grès ocre et d'argiles gréseuses, en bancs horizontaux onduleux.

A l'E de Picanceira, dans buttes de **Moucharia**, **Cendieira**, **Serreira**, **Romeirão**, **Roma**, **Tarejo** et **Chipre**, aux environs de **Sobral da Albelheira** et de **Vilafranca do Rosario**, les blancs, fins ou grossiers, à galets de quartz, en lentilles à stratifications entrecroisées, du Valanginien inférieur sont rubéfiés à leur surface supérieur. Au-dessus viennent 2,50 m de grès fins ou grossiers, ocre ou jaunes, à rares feldspaths altérés, en bancs horizontaux intercalés d'argiles silteuses bleu pâle ou brunes. Il leur succède les argiles hauteriviennes.

Aux environs de **Malveira** (16 km au SE de São Lourenço), de **Venda do Pinheiro** et de **Vale de São Gião**, le Valanginien est représenté par une vingtaine de mètres de grès blancs, grossiers ou fins à matrice argileuse, rares galets de quartz de petite taille, grains de quartz et de feldspath altéré, associés à des silts gris clair. On observe plusieurs séquences positives. Les structures sont lenticulaires et les stratifications entrecroisées. De nombreux débris de bois dépassant 50 cm de long jonchent les grès 1 km au S de Venda de Pinheiro, 500 m au S du croisement des routes E.N. 8 et E.N. 116. Ils sont accompagnés d'abondants nodules de pyrite. Ces grès sont recouverts, au-dessus d'une croûte ferrugineuse, par les argiles hauteriviennes. *Le terme inférieur du Valanginien est donc seul connu ici.*

1 500 m à **l'W de Bucelas** les grès blancs se caractérisent par une épaisseur moindre (13 m) et par une teneur en argile plus élevée (la matrice argileuse peut atteindre 50 % du volume de la roche). Ce terme inférieur est directement surmonté par les argiles de base de l'Hauterivien.

4,5 km plus à l'E, à la **Quinta de Romeirão de Cima**, il n'y a plus, entre les grès berriasiens et les argiles hauteriviennes, que 4,50 m de grès blancs, grossiers, dépourvus de galets, à matrice argileuse très importante, en lentilles à stratifications entrecroisées alternant avec des lentilles argilo-silteuses.

A **Alverca**, enfin, le Valanginien ess absent : on voit, en contrebas de l'autoroute E 3, le long de la route d'Arsena à Alverca, les argiles hauteriviennes reposer par contact stratigraphique sur les grès lien-de-vin et bleus du Berriasien.

*
* *

En résumé, le Valanginien du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro est formé de deux ensembles :

— un ensemble inférieur de grès blancs et silts en lentilles à stratifications entrecroisées. Le milieu de dépôt serait estuarien entre São Lourenço et Picanceira — ou l'épaisseur est faible (8 m) —, fluviatile plus à l'E. L'épaisseur maximum (15-20 m) est atteinte entre Serreira, Malveira et Vale de São Gião. La puissance diminue vers l'E, de Bucelas à Romeirão de Cima, tandis que les galets disparaissent et que la proportion d'argile croît: on se trouve alors en présence de décharges latérales par rapport aux axes des courants principaux. Toute assise valanginienne disparaît à l'E de Quinta de Romeirão de Cima.

— un ensemble supérieur de grès ocre et argiles bleutées, en bancs horizontaux, intercalés à São Lourenço de lits dolomitiques. Ces sédiments, probablement accumulés en milieu littoral, dénotent une transgression de la mer. Ils sont connus seulement à l'W de Malveira.

D) *BASSIN DE RUNA*

Les meilleurs affleurements se situent à l'extrémité S du bassin, immédiatement au N et au NW du village de São Sebastião, sur le versant S de la colline de Nossa Senhora do Secorro.

COUPE DE SAO SEBASTIAO — Aux grès berriasiens succèdent, avec un plongement de 15° NNW :

— grès blancs à galets de quartz versicolores, riches en feldspaths peu altérés, à matrice argileuse importante, en lentilles inntercalées de silts rosés (5 m) ;

— grès blancs, grossiers, à galets de quartz laiteux, sans feldspaths, et silts blancs, jaunes, rosés ou gris clair, en lentilles de 1 à 5 m d'épaisseur (8 m) ;

— grès biancs très grossiers, à matrice argileuse blanche, éléments de quartz et de feldspath très altéré et gros galets de quartz, quartzite, pegmatite et feldspath altéré, dispersés ou tapissant la base des lentilles. La surface supérieure de ce niveau est rubéfiée (4 m) ;

— argiles à empreintes de Lamèllibranches, formant le premier niveau hauterivien.

On peut donc noter que le terme inférieur du Valanginien est seul représenté ici. Les grès de la base renferment un matériel identique à celui du Berriasien, peut-être par remaniement des formations détritiques berriasiennes.

Le Valanginien apparaît aussi 200 m au S de Felgueira et 300 m au S de Caixaria. En ce dernier lieu, une carrière ouverte 50 m à l'W de la route E.N. 248 entaille des grès blancs riches en galets de quartzite de grande taille.

E) *BASSIN DE TORRES VEDRAS*

L'éperon rocheux du Fort de Forca, 500 m au NE de Tôrres Vedras, sur la rive droite du Rio Sizandro (*fig.* 48), montre un Valanginien composé de grès grossiers à fins, jaune clair ou blancs, à matrice argileuse blanche, éléments de quartz et de quartzite, en lentilles à strafications entrecroisées, alternant avec des silts argileux gris cendré, bleutés ou roses. La surface supérieure des grès, durcie en une croûte ferrugineuse, est recouverte par les argiles hauteriviennes (*). La puissance de la

(*) Ce sont ces argiles qui renferment une microfaune rapportée par G. C. FERREIRA (1958) au Valanginien. Ainsi que je l'ai déjà écrit (1970)et comme je le démontrerai au chapitre suivant, elles datent non pas du Valanginien mais de l'Hauterivien.

série ne peut pas être évaluée ici car le Berriasien n'apparaît pas à la base. Par contre, 4 km au NE de Tôrres Vedras, le Valanginien est mis à jour dans diverses carrières de part et d'autre de la route E.N. 115, autour de la maison de Quinta de Val d'Amor. On y observe 35 m de grés blancs et silts identiques à ceux du fort de Forca, compris entre les grès et argiles violacées du Berriasien et les argiles et silts de l'Hauterivien. Comme dans le bassin de Runa, les lentilles de la base sont riches en galets de quartz colorés qui pourraient provenir d'un remaniement des grès berriasiens.

Ainsi, *le Valanginien est uniquement représenté, au N et à l'E de Torres Vedras, par son ensemble inférieur de grès blancs, probablement fluviatiles.*

C'est une formation semblable que l'on voit, de part et d'autre de la Vallée de Lapas, au SE du bassin de Tôrres Vedras, recouper le Berriasien et entrer en contact avec les argiles rouges à nodules calcareux du Portlandien. La discordance angulaire est nette: sur le versant W de la vallée, le Berriasien plonge de 12° à 15° vers le N. Le Valanginien possède un pendage de 4° à 5° N. Il en est de même à l'extrémité NE du bassin, 2 km au S de Vilar, où des grès blancs valanginiens à matrice argileuse et nombreux galets de quartz versicolores reposent directement sur les argiles rouges du Portlandien.

De telles discordances montrent que de *légers mouvements se sont produits entre les dépôts des grès berriasiens et valanginiens sur la bordure orientale du bassin de Tôrres Vedras.*

La succession valanginienne diffère quelque peu dans la partie occidentale du bassin. C'est ainsi que 4 km à l'WNW de Tôrres Vedras, au-dessus des dernières maisons de Lugar d'Alem (*fig.* 48), sur le flanc S de la butte portant le moulin de Baptista, se présentent, de bas en haut et plongeant à 12° vers le NNW, les termes suivants:

COUPE DE LUGAR D'ALEM

1. Grès jaune pâle, fins à grossiers, à ciment argileux blanc et éléments de quartz, en lentilles à stratifications entrecroisées séparées par des passées discontinues de silt. Ce niveaux prend localement une teinte rouge dans les 5 derniers mètres (visible sur 25 m).

2. *a)* Argiles brunes isolées par un «diastem» du banc sous-jacent et passant vers le haut à une silteuse blanc bleutée. Des empreintes de végétaux sont associées à *Ammomarginulina* sp., *Trochammina* sp. et *Haplophragmium* sp. (1,70 m).

b) Grès moyens à grossiers, jaunes, imprégnés de limonite qui se condense en concrétions subhorizontales onduleuses. Le grès, mal classé, est pauvre en matériel argileux; il renferme des éléments de quartz émoussés. Le contact est brusque avec l'assise sous-jacente et le niveau se termine par une croûte ferrugineuse. Une faille traverse les grès qui sont visibles sur 2,50 m.

Par conséquent, *le terme supérieur du Valanginien apparaît dans la partie occidentale du bassin de Torres Vedras.* Les sédiments littoraux, supratidaux, qui le composent témoignent du caractère nettement transgressif de la mer à la fin du Valanginien.

F) *LAMBEAUX D'OLHALVO ET ABRIGADA*

Le Valanginien n'est pas connu dans ces deux lambeaux. Les argiles attribuées à l'Hauterivien reposent directement sur les grès et argiles du Berriasien. La succession stratigraphique du Néocomien est donc identique à celle notée à Alverca, 25 km plus au S, sur le même méridien.

G) *LAMBEAU DE CERCAL*

Les grès valanginiens constituent le premier terme du Crétacé à l'W d'une ligne passant par la ferme de Melo, le sommet de Cabeço do Mosqueiro, la localité de Cercal et le signal géodésique de Rocha Forte (*fig.* 67).

A l'E de l'école de Rocha Forte, par exemple, on voit, plongeant à 10° vers le NW, 7 m de grès blancs ou jaunâtres, fins ou grossiers, en lentilles à stratifications entrecroisées. Une importante matrice argileuse lie des grains de quartz anguleux et de muscovite, ainsi que des galets de quartz et de quartzite. Le grès est recouvert d'une croûte ferrugineuse. Cette formation n'a fourni aucun fossile. On peut cependant noter qu'elle possède les mêmes caractères lithologiques que les grès valanginiens de Tôrres Vedras. Par ailleurs, elle est surmontée d'argiles qui, par leur lithofaciès et leurs caractères architecturaux, semblent devoir être rapportées à l'Hauterivien. L'attribution des grès sous-jacents au Valanginien paraît donc probable. En s'appuyant sur les analogies de faciès, on peut même estimer que le *terme inférieur du Valanginien, fluviatile, composé de grès blancs à galets, serait seul représenté.*

La base de la série n'affleure pas à Rocha Forte, mais elle est observable en d'autres points: le Valanginien repose, soit sur les argiles rouges du Kimméridgien (région d'Alguber et ferme de Santo António, au bord de la route E. N. 366), soit sur des calcaires oxfordiens dont les grès valanginiens comblent les karsts.

Un tel karst est bien dégagé à Portela de São Martinho, 2,5 km à l'W de Cercal, au bord de la route E. N. 115.1. On remarque (*fig.* 30) que les calcaires oxfordiens massifs, sans stratifications apparentes et sans plongement déterminable, dessinent des poches larges de 1 à 5 m et profondes de 1,50 à plus de 5 m. Les 10 cm les plus superficiels du calcaire sont poreux, blanchâtres et enduits d'une croûte de grès bitumineux. Le grès qui comble ce relief karstique forme une masse sableuse aux strates non visibles. Le ciment est argileux. Des grains et granules de quartz anguleux sont associés à des galets de quartz blanc répartis dans le grès.

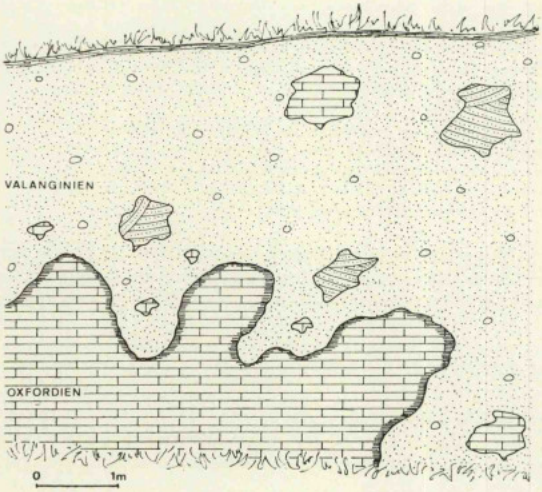


FIGURE 30. — *Le contact des calcaires oxfordiens et des grès valanginiens à Portela de São Martinho (lambeau de Cercal).*

Il s'y ajoute quelques blocs de plus de 1 m de diamètre de calcaires oxfordiens altérés et de grès consolidés jaunâtres, siliceux, à stratifications entrecroisées.

On rencontre un remplissage de karst analogue 1250 m au NW de Cercal, 200 m au S de la route E. N. 366. Les grès valanginiens sont ici surmontés par des argiles hauteriviennes. L'âge valanginien du comblement détritique est donc prouvé.

Une discordance des grès valanginiens sur les calcaires oxfordiens peut être localement relevée: c'est ainsi que 300 m à l'ESE du signal de Rocha Forte, le long de la route E. N. 115.1, les calcaires oxfordiens plongent à 22° vers le NW et les grès valanginiens à 8° vers le NW. Le lambeau de Cercal fournit comme le bassin de Torres Vedras, *des indices de mouvements antérieurs au dépôt des grès valanginiens.*

Les affleurements moins accidentés de la région d'Alguber permettent d'évaluer à 15 ou 20 m l'épaisseur du Valanginien.

A l'E de la ligne passant par Melo — Cabeço do Mosqueiro — Cercal — signal de Rocha Forte, ce sont les grès aptiens qui reposent sur le Jurassique supérieur. On peut supposer que *l'absence des grès valanginiens est due à une érosion postérieure à leur sédimentation* car les directions de stratification mesurées dans le Valanginien de la région de Rocha Forte paraissent indiquer un sens des courants NE-SW, très oblique par rapport à la limite actuelle des affleurements de grès valanginiens.

H) *CUVETTE DE GALIOTA*

C'est sur la côte, entre les rochers de Pedras Ruivas, au SW, et l'embouchure de la lagune d'Obidos, au NE, que se trouvent les meilleurs affleurements de Crétacé inférieur. Examinons-en la composition.

COUPE D'OLHOS DE AGUA — Au SW du débouché de la lagune, 2,5 km au SSW de Foz do Arelho, près de la source d'Olhos de Agua, on voit de bas en haut, plongeant à 5°-15° vers le SW et surgissant des sables littoraux actuels:

1. Grès grossiers, clairs, mal classés, à lits conglomératiques, et silts argileux noirs, formant des lentilles à stratifications entrecroisées. Des galets de quartz et de lydienne atteignant 20 cm de long jalonnent la base des lentilles de grès et composent les conglomérats. Les silts ont fourni *Trilobosporites bernissartensis* (DELC. et SPRUM.), *Tr. apiverrucatus* COUPER, *Tr. domitus* COUPER, *Contignisporites cooksonii* DETTMAN, *Lycopodium austroclavatidites* POTONIE, *Ischyosporites crateris* BALME, *Eucommiidites troedssonii* ERDTMAN, *Excesipollenites* sp., *Tuberosisporites major* DÖRING, *Ephedripites* sp. Ce niveau est visible sur 16 m à Olhos de Agua. 5 km au SE de ce point, au signal géodésique de Coelheira, il repose sur les argiles rouges à nodules calcareux du Jurassique.

2. *a*) Grès gris clair, grossiers à moyens, mal classés, lenticulaires, à matrice argileuse, grains de quartz et galets de quartz et lydienne de 3 à 4 cm de long. intercalés de quelques silts argileux gris (14 m).

b) Grés gris clair et blancs, à grain fin ou moyen, bien classés, en lentilles à stratifications entrecroisées, et silts argileux. Les galets sont moins nombreux que dans les assises sous-jacentes (11 m).

c) Grès blancs, fins à moyens, passant au sommet à un silt argileux à débris ligniteux (4,50 m).

d) Grès blancs, moyens, à rares galets dispersés et lentilles discontinues de silts ligniteux (16 m).

Au-dessus viennent des silts et grès fins en plaquettes que je rattacherais, par leur aspect lithologique, à l'Hauterivien.

Cette coupe montre, sous des assises rapportées à l'Hauterivien, plus de 61 m de sédiments détritiques. Leurs caractères pétrographiques (matrice argileuse blanche, absence de feldspaths bien conserves) sont ceux du Valanginien. La microflore recueillie

dans le niveau 1 présente une affinité néocomienne marquée. Il semble donc que l'on doive dater ces grès du Valanginien.

La succession est quelque peu différente au S du bassin.

4 km au NNE de Ferrel, dans les falaises de Penedo da Gaivota, les grès du niveau 2, plongeant à 5° vers le NE, reposent directament sur les argiles jurassiques, par contact stratigraphique. Ils ont fourni dans une lentille ligniteuse *Trilobosporites lantzae* DEAK et COMBAZ, *Tr. apiverrucatus* COUPER, *Osmundacites* sp., *Concavissimisporites verrucosus* DEL. et SPRUM., *C. variverrucatus* COUPER, *Pilosisporites trichopapillosus* DEL. et SPRUM. *Foveotrilete subtriangularis* BRENNER, *Aequitriradites spinulosus* COOK. et DETT., *Ischyosporites crateris* BALME, *Spheripollenites scabratus* COUPER, *Applanopsis dampierri* (BALME), *A. trilobatus* (BALME), *Cerebropollenites mesozoicus* (COUPER), *Appendiscisporites tricornitatus* WEI. et GREIF. Cette flore, tout à fait comparable à celle de Vale de Lobos et de Lagosteiros, prouve l'âge valanginien de ces grès. Au-dessus se développent les silts et grès attribués à l'Hauterivien.

En résumé, le Valanginien est présent dans la cuvette de Galiota. Il offre, d'un point à l'autre, des variations lithologiques notables, mais *toutes les formations observées semblent devoir être rattachées à l'ensemble inférieur gréseux* défini plus au S. Le terme supérieur transgressif n'apparaît pas.

I) *BASSIN D'ALCANEDE*

Les grès du bassin d'Alcanede n'ont fourni aucun fossile. C'est par comparaison avec les formations de Galiota que je me propose de les dater. J'attribue au Valanginien 10 à 15 m de grès blancs, lenticulaires, à stratifications entrecroisées, à matrice argileuse blanche, grains de quartz et de muscovite, galets de 3 à 5 cm de long de quartz, lydienne et quartzite. Quelques niveaux discontinus de silt gris clair sont intercalés. Cette formation est comprise entre des argiles rouges et grès arkosiens du Jurassique et des silts blancs à bleutés, à plaquettes limoniteuses, rapportés à l'Hauterivien. Les meilleurs affleurements de ces grès se situent 500 m à l'WSW du hameau de Mosteiros et 250 m à l'E de l'église d'Alcanede.

Au NE du bassin, autour du village d'Amiães de Baixo, les grès valanginiens comblent de nombreux karsts de calcaires oxfordiens. Le remplissage le plus apparent se situe 300 m au S du centre du bourg, le long du sentier montant aux réservoirs d'eau de la ville. Il offre les mêmes caractères que celui décrit à Cercal. Ces grès sont discordants sur les assises sous-jacentes: 750 m au N du hameau de Canal le Valanginien plonge à 16° vers le NW, tandis que l'Oxfordien a un pendage de 20° SE. De même, 300 m au SE du signal géodésique d'Estudante, à l'W du village d'Amiães de Cima, l'Oxfordien possède un plongement de 22° SE, le Valanginien de 10° SE.

Retenons que dans le bassin d'Alcanede *le terme inférieur, gréseux, au Valanginien est seul représenté. Des mouvements antérieurs à leur dépôt s'y sont manifestés*, comme dans les affleurements plus méridionaux de Cercal et de Torres Vedras.

J) *CONCLUSIONS*

On distingue deux termes superposés dans le Valanginien détritique:

— *Un ensemble inférieur* de grès blancs, lenticulaires, à galets, intercalés de rares passées argileuses et silteuses. Les feldspaths sont, soit très altérés, soit absents. Cette formation tranche nettement sur les argiles et grès violacés ou bleus, riches en feldspaths, du Berriasien. Des discordances locales (bord E du bassin de Tôrres Vedras,

Cercal, Alcanede) témoignent de mouvements antérieurs à son dépôt. Elle s'est accumulée en milieu estuarien dans la région de Vale de Lobos, ainsi qu'au N d'Ericeira (São Lourenço) et, peut-être, à l'extrémité W de la Serra da Arrábida (Praia dos Lagosteiros); elle est probablement fluviatile plus au N et à l'E. On voit que les lignes de rivage n'ont guère changé depuis le Berriasien. *L'agrandissement du domaine détritique au Valanginien n'est donc pas lié à une régression de la nappe d'eau, mais à une augmentation de la puissance ou du débit des fleuves.* Les décharges les plus importantes se sont produites dans les bassins de Galiota et de Tôrres Vedras, ainsi qu'à l'W de la Serra da Arrábida. D'une manière générale, l'épaisseur de grès diminue vers l'E. On observe même quelques lacunes dans les contrées les plus orientales (Alverca, Olvalho, Abrigada, partie E du lambeau de Cercal). Certaines d'entre elles pourraient s'expliquer par des abrasions précédant la sédimentation hauterivienne.

— *Un ensemble supérieur transgressif*, marin, subtidal à supratidal, de calcaires gréseux, grès et argiles, à teintes ocre prédominantes. Cette formation, peu épaisse, est connue à l'W d'une ligne passant par Portela (Serra da Arrábida), Malveira et Paul (bassin de Tôrres Vedras). *La limite de la mer s'est donc déplacée vers l'E lors du Valanginien supérieur.* Le matériel détritique qui compose cette formation pourrait partiellement provenir d'un remaniement des grès sous-jacents. La richesse en fer s'expliquerait par des lessivages sur les aires émergées.

En de nombreux affleurements du domaine de dépôts fluviatiles les deux ensembles sont séparés par une croûte ferrugineuse ou, même, par un sol fossile. On peut y voir l'indice d'une période d'arrêt de la sédimentation et d'exposition à l'air libre précédant la phase d'avancée de la mer.

2° REMARQUES SÉDIMENTOLOGIQUES

Je présenterai ici des observations sur les grès inférieurs.

A) *L'ARCHITECTURE DES DÉPOTS*

Prenons pour exemple la série valanginienne du fort de Forca, dans le bassin de Tôrres Vedras.

COUPE DU FORT DE FORCA — Elle a été relevée sur le rebord N de la plaine alluviale du Sizandro, 800 m au NE du centre de Tôrres Vedras, 300 m à l'E du fort de Forca. La base du Valanginien n'est pas connue. Les couches plongent à 22° vers le N. On voit, de bas en haut (*fig.* 31):

1. Grès blancs à galets, ordonnés en lentilles épaisses de 0,50 m à 2 m, à feuillets élémentaires très apparents. Des galets de silt jalonnent la base de plusieurs unités. Le granoclassement est très variable: certaines lentilles, à grès fins, sont bien classées. D'autres, mal classées, contiennent des galets de quartz dispersés dans la masse. Il en est, enfin, qui sont grossières à la base et s'affinent vers le haut par diminution de la taille des éléments, formant ainsi des séquences mineures positives. Le niveau est visible sur 8 m.

2. Silt gris cendré, en contact brusque avec le niveau sous-jacent et passant vers le haut à une argile bleutée ou mauve. Ce niveau nettement lenticulaire, disparaît vers l'E (1,50 m).

3. *a*) Grès jaunâtre, bien classé, ravinant les argiles du mur. Les lentilles élémentaires montrent une alternance de feuillets fins et grossiers. Les stratifications sont entrecroisées (1,50 m).

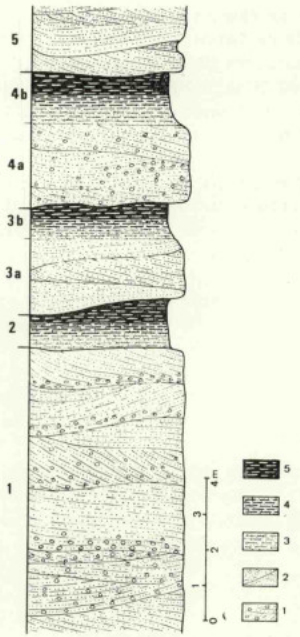


FIGURE 31. — *Coupe du Valanginien du fort de Forca, près de Tôrres Vedras.* 1: grès à galets en stratifications entrecroisées; 2: grès fins et moyens en stratifications entrecroisées; 3: silts; 4: silts argileux; 5: argiles.

b) Le grès sous-jacent passe à un silt gris cendré, ou mauve, puis à une argile blanche ou lie-de-vin. Aucune stratification interne n'apparaît (1 m).

4. *a*) Grès grossiers à galets, jaunâtres, mal classés, en lentilles élémentaires épaisses de 0,50 à 1 m, à stratifications entrecroisées, reposant brutalement sur l'assise 3b. Les galets sont dispersés dans la masse. Il n'y a aucune séquence mineure apparente (2,20 m).

b) Silt grisâtre, provenant d'un affinement progressif des grès sous-jacents, évoluant vers le haut à une argile grise à mauve (1,50 m).

5. Grès fins à moyens, jaunâtres, ravinant les argiles du mur et formant des lentilles de 0,50 à 1 m alternant avec des silts à graviers (niveau visible sur 2 m).

Cette analyse montre que les sédiments fluviatiles du Valanginien s'organisent en 3 unités de dépôt d'ordre différent:

— les unités métriques ou «cyclothèmes», donnant les séquences de 2e ordre de J. LE FOURNIER [1965];

— les unités décimétriques, en lentilles élémentaires;

— les feuillets, formant les séquences-unité de J. P. MANGIN [1964].

Chaque cyclothème présente 2 parties créées par migration latérale des niveaux d'énergie:

— un terme inférieur grossièrement détritique, accumulé dans des chenaux;

— un terme supérieur, argileux et silteux, matérialisant la sédimentation de la plaine d'inondation. Il est raviné par le terme inférieur de la séquence suivante.

Ces cyclothèmes forment donc des *séquences positives d'inondation.* Les variations latérales rapides du sédiment indiquent que le matériel a été déposé par des *cours d'eau à chenaux divagants.*

L'architecture décrite ici apparaît comme une exception par rapport aux organisations généralement rencontrées : dans la plupart des affeurements les ravinements sont intenses et chaque cyclothème tronque fortement le cyclothème précédent, de sorte que les termes inférieurs à matériel détritique grossier sont seuls conservés : des *actions érosives paraissent accompagner de brutales décharges sédimentaires dans des zones piémont.* C'est une différence fondamentale avec les séries berriasiennes ou les abrasions des parties supérieures des séquences sont moins importantes et, de ce fait, les intercalations argileuses plus développées.

Les séries déposées en milieu estuarien — telle celle de Vale de Lobos — montrent des successions très comparables. Elles diffèrent uniquement par la structure plus plane des unités métriques et par l'intercalation de microlits horizontaux d'argiles et de grès alternés à texture noduleuse.

B) *LES STRATIFICATIONS*

Les grès inférieurs ne présentent que des stratifications entrecroisées (*).

1. **La valeur angulaire** de la pente des plans de stratification est relativement élevée. Elle est nettement plus forte dans les dépôts fluviatiles que dans les dépôts estuariens : sa moyenne est de 21° dans le bassin de Galiota, de 22° au moulin de Frade (Serra da Arrábida). Elle tombe à 14° 5 dans la contrée de Vale de Lobos. On peut y voir la preuve de *courants assez rapides dans le domaine continental, plus lents dans le domaine estuarien.*

2. **Les directions** des lignes de plus grande pente des plans de stratification montrent un sens général d'écoulement des eaux de l'E vers l'W ; la plaine sédimentaire est, en effet, balayée par des courants venant de l'E, du NE ou du SE (*fig.* 32). *Il en résulte que les aires d'origine du matériel détritique se situent à l'E du bassin de sédimentation fluviatile et estuarienne.* Aucun changenment notable ne s'est donc produit, de ce point de vue, depuis le Berriasien.

> On remarquera que deux directions prédominantes ont été relevées dans la cuvette de Galiota (NE-SW et SE-NW), face aux deux ramifications du canyon sous-marin de Nazaré qui enserrent les îlots granitiques de Berlenga et d'Estelas, et l'archipel métamorphique des Farilhões [FREIRE DE ANDRADE, 1937]. L'existence d'un lien entre ces faits n'est pas impossible : si la topographie de la marge continentale n'a pas subi dans cette région de modifications profondes depuis le Crétacé, les deux branches du canyon ont pu favoriser au Valanginien l'écoulement du matériel détritique vers les fonds océaniques ; les cours d'eau ont ainsi emprunté deux directions privilégiées et atteint l'Océan, au gré des divagations, par deux embouchures.

C) *LES GALETS*

1. **Nature.** Les galets emballés dans les grès valanginiens sont de même nature que les galets du Berriasien : aux quartz laiteux prépondérants se joignent des lydien-

(*) Voir tableau 6, en annexe.

nes, jaspes, schistes chloriteux et sériciteux, quartzites, pegmatites et feldspaths très altérés. Ce matériel provient *du démantèlement de filons de quartz et de pegmatite, de formations paléozoïques et de roches métamorphiques.* Les patines ferrugineuses qui recouvrent certains galets de quartz et la forte altération des feldspaths s'expliqueraient par un *climat chaud et humide.*

La répartition géographique de ces galets montre qu'il y a 4 *zones de sédimentation caractérisées par des apports distincts :*

— La Serra da Arrábida fournit des galets de lydienne (5-10 %), jaspe (1 %), feldspath (4-5 %), chloritoschiste et sericitoschiste (moins de (1 %), associés au quartz.

— La région de Vale de Lobos et du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro se caractérise par la présence presque exlusive de quartz accompagné de rares feldspaths.

— Les grès de Runa, Torres Vedras et Cercal sont riches en quartzite (30-36 %), feldspath (16 %), pegmatite (moins de 1 %) et quartz (40-70 %).

— Les bassins d'Alcanede et de Galiota contiennent des galets de lydienne (5-10 %), quartzite (5-30 %), schiste (0,5 %), grès (0-10 %) qui se joignent au quartz.

2. **Centile** (*). La valeur du centile varie beaucoup d'un point à l'autre (*fig.* 33). Les valeurs les plus élevées, traduisant les décharges des cours d'eau les plus puissants, se situent dans les régions d'Alcanede, de Galiota et de Cercal. De même, la compétence des courants est forte dans la Serra da Arrábida.

Le centile diminue notablement dans la partie centrale de l'Estremadura : les valeurs sont moyennes dans les bassins de Runa et de Tôrres Vedras, ainsi qu'aux environs de Sobral da Abelheira. Elles deviennent très faibles entre Ericeira et Venda do Pinheiro, comme dans la région de Vale de Lobos. On peut conclure à une *diminution rapide de la vitese et de la compétence des cours d'eau au centre du bassin de sédimentation.* Les bases valeurs relevées dans certains affleurements orientaux (Bucelas, São Caetano) s'accompagnent d'épaisseurs réduites et d'un pourcentage élevé d'argile: ces dépôts alluviaux occuperaient une position latérale par rapport aux courants principaux et ne seraient alimentés que par des décharges secondaires.

Les centiles des galets valanginiens et berriasiens sont comparables et offrent la même évolution géographique: la force des cours d'eau n'a guère varié d'un étage à l'autre.

3. **Morphométrie** (**). Des galets de quartz ont été utilisés.

L'indice d'émoussé est faible: la valeur de la médiane est comprise entre 121 et 190 (*fig.* 34). Par conséquent, *la zone d'alimentation en galets est proche.* D'une manière générale, la médiane croît de l'E vers l'W; l'exemple de la Serra da Arrábida est très caractéristique: *c'est vers l'E que se situe la source du sédiment.* Remarquons enfin que les valeurs relevées dans les bassins d'Alcanede et de Galiota sont nettement plus fortes que celles que l'on rencontre plus au S: il se confirme que le fleuve qui alimente ces régions est indépendant des cours d'eau plus méridionaux et apporte un matériel d'origine plus lointaine.

Les histogrammes de répartition des indices d'émoussé (*fig.* 35) montrent que l'usure des galets est homogène dans la partie centrale de l'Estremadura (Torres Vedras,

(*) Voir tableau 11, en annexe.
(**) Voir tableau, 16, en annexe.

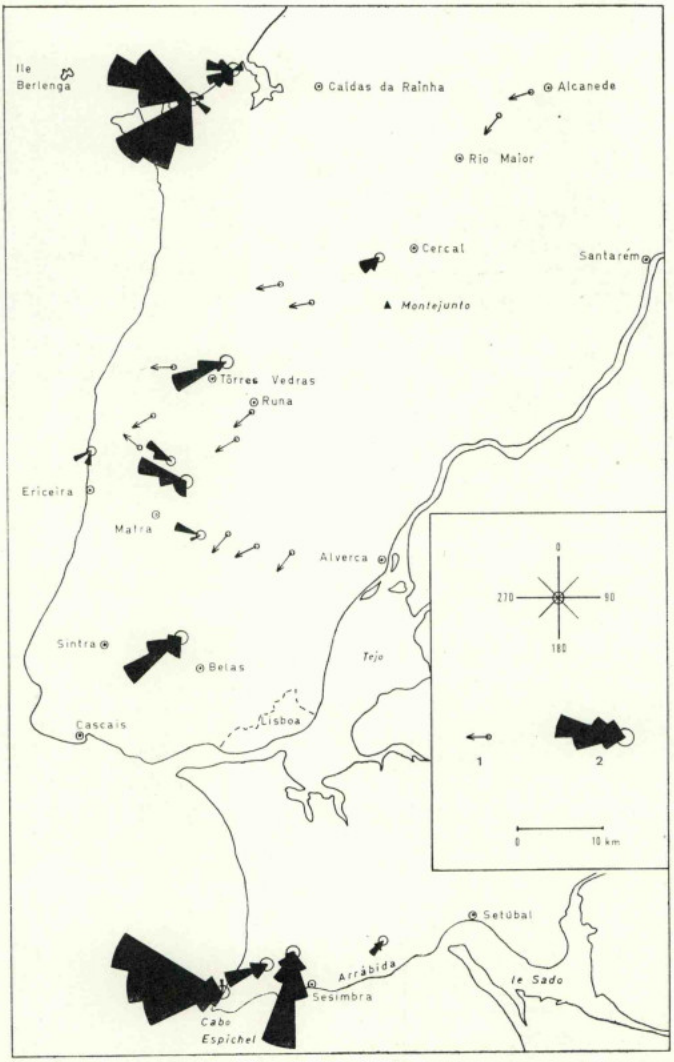


FIGURE 32. — *Carte des directions des stratifications entrecroisées dans les grés valanginiens.*
1 : mesure unique ; 2 : mesures multiples.

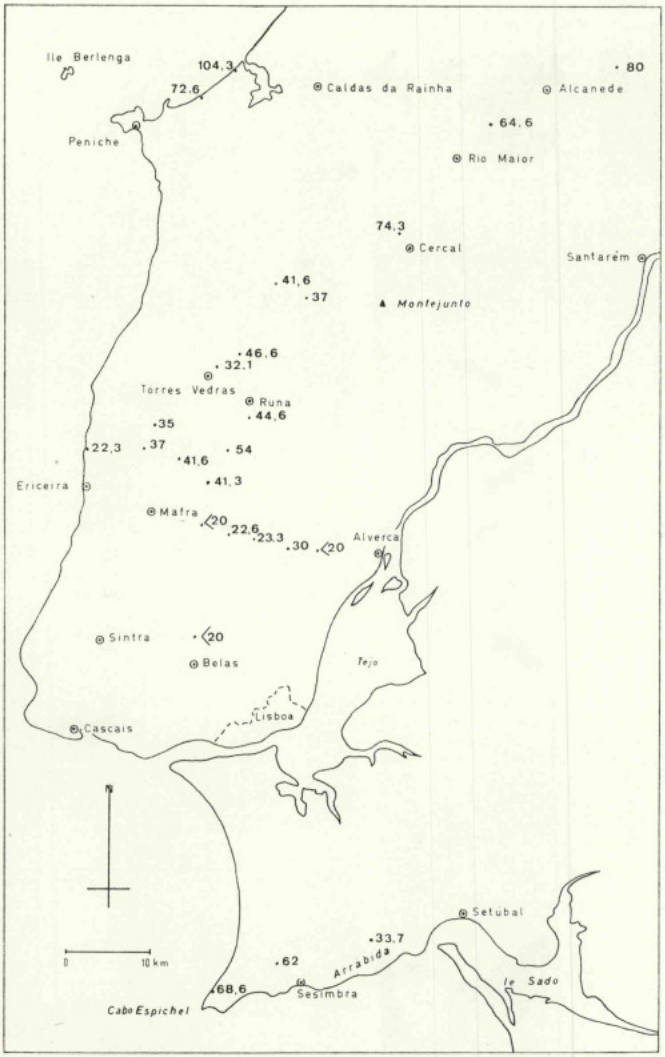


FIGURE 33. — *Carte de répartition du centile des galets dans les grès valanginiens.*

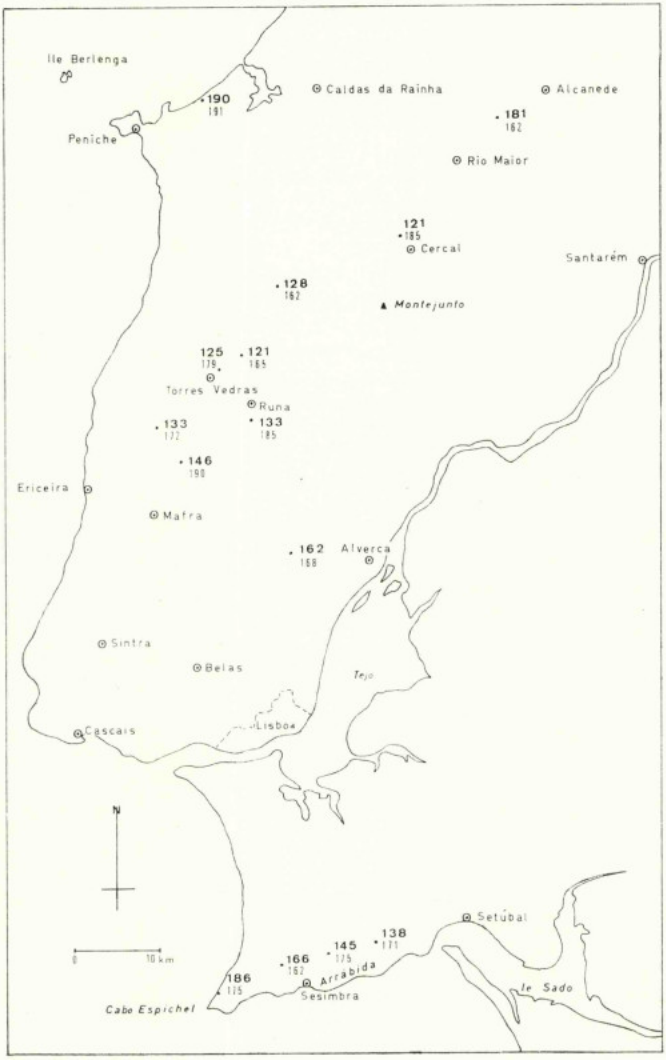


FIGURE 34. — *Carte de répartition des médianes des indices d'émoussé* (chiffres gras) *et d'aplatissment* (chiffres maigres) *des galets dans les grès valanginiens.*

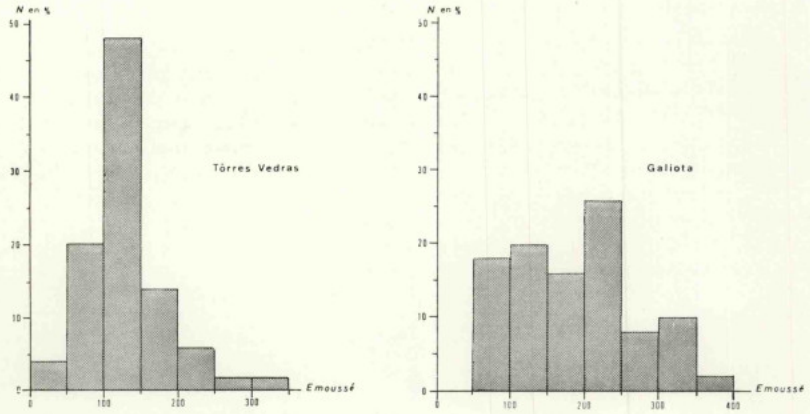


FIGURE 35. — *Histogrammes de répartition des indices d'émoussé des galets valanginiens à Quinta de Vale de Amor (contrée de Torres Vedras) et dans le bassin de Galiota.*
Abcisses : valeurs croissantes de l'indice d'émoussé ; ordonnées : nombres d'échantillons (exprimés en pourcentage).

Cercal, Runa et, plus au S, buttes de Serreira et de Tarejo). Le matériel est hétérogène et provient de plusieurs sources plus ou moins éloignées dans les régions septentrionales (bassins d'Alcanede et de Galiota) et méridionales (Serra da Arrábida): voici une preuve supplémentaire que la *plaine alluviale se décompose en plusieurs provinces distinctes nourries par des cours d'eau différents.*

L'indice d'aplatissement présente des valeurs moyennes (médiane variant entre 162 et 191), telles qu'on les trouve dans un sédiment fluviatile. Aucune variation géographique ordonnée de cet indice n'a pu être établie (*fig.* 34).

L'indice de dissymétrie, assez fort (médiane comprise entre 600 et 670, valeur moyenne de 640), marque un transport et un modelé fluviatile.

Les différents indices mesurés sont très voisins de ceux du Berriasien. Le façonnement des galets a été semblable.

D) *LES GRÈS*

1. **Nature des élements.** Le quartz, le feldspath et la muscovite sont les minéraux les plus fréquents : ils sont la résultante de *l'attaque de roches éruptives acides, de gneiss ou de pegmatites.*

Le quartz est l'élément prédominant. A 0,5-1 cm de diamètre, 80 à 90 % des grains sont non usées et ternes, 5 à 15 % non usés et brillants, 5 % émoussés et ternes. Par ailleurs, 5 % soit cariés, soit profondément fissurés et recouverts d'oxydes de fer. On peut conclure qu'ils ont été soumis à un *climat chaud et humide* et amenés par *transport fluviatile.*

L'altération des feldspaths a été plus poussée qu'au Berriasien. Ces minéraux ont même perdu toute individualité dans la majorité des grès. *L'action des facteurs de décomposition a été, soint plus intense, soit plus longue.*

2. **Granulométrie** (*). Les grès valanginiens, comme les grès berriasiens et à plus fort degré encore, sont caractérisés par le volume élevé des galets et graviers de quartz filonien par rapport aux fractions fines du sédiment issues de roches éruptives ou métamorphiques. Les proportions ne reflètent probablement pas le volume relatif des filons et des roches granitiques ou gneissiques dans le substratum. Par comparaison avec les données géographique actuelles [P. BIROT, 1970], ce fait m'amène à penser que *l'érosion a affecté, sous climat chaud et humide, des régions pénéplanées, dépourvues de reliefs énergiques.*

Les grès fins et moyens sont en général *bien classés:* la valeur moyenne du coefficient de classement est de 2,35. Les analyses effectuées dans la région de Vale de Lobos et sur le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro sont à cet égard très révélatrices (*fig.* 36) : les grès sont de mieux en mieux classés en allant de l'E vers l'W et vers le S; les grès fins ont dans la région de Bucelas une teneur en argile telle que le coefficient de classement, extrêmement élevé, ne peut être mesuré ; ce coefficient est de 2,80 à Venda do Pinheiro, de 2,12 à Vale de Lobos, de 1,36 à São Lourenço. Le coefficient d'asymétrie passe de 0,39 à 0,65, puis à 0,96. La même évolution s'observe dans les grès

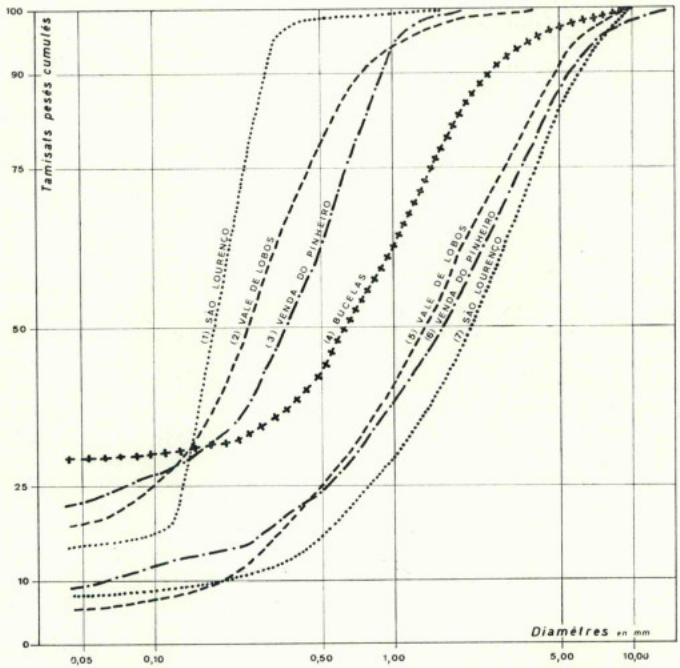


FIGURE 36. — *Courbes cumulatives dans les grès valanginiens.*

(*) Voir tableau 20, en annexe.

moyens (coefficient de classement de 2,59 à Venda do Pinheiro, de 2,44 à Vale de Lobos, de 2,24 à São Lourenço). Une variation ausi rapide s'expliquerait par des remises en mouvement successives du matériel fin et moyen, alors que les fractions grossières (plus lourdes) et argileuses (à propriétés adhésives et floculant à l'entrée des estuaires) sont progressivement abandonnées. Cette évolution de l'E vers l'W démontre, en outre, que le *matériel détritique vient de l'E.*

Notons enfin que le grès est à la fois bien classé (coefficient de classement: 2,28) et bien lavé (coefficient d'asymétrie: 1,11) dans le bassin de Galiota, au N, preuve supplémentaire que le transport précédant la sédimentation a été relativement long.

E) *LES ARGILES*

Les analyses d'argile, effectuées à Vale de Lobos et près de Bucelas, ont fourni les mêmes résultats: la kaolinite est très largement prédominante; l'illite est très rare ou absente; la montmorillonite est faiblement représentée. La composition n'a donc guère varié depuis le Berriasien. Tout au plus peut-on noter une teneur encore plus faible en illite, indice d'une altération plus poussée. On peut en déduire:

— que *les roches mères étaient éruptives ou cristallophylliennes;*
— que *le climat était chaud et humide;*
— que *le drainage des zones d'altération était convenablement assuré.*

F) *CONCLUSIONS*

Beaucoup de caractères rapprochent les sédimentations détritiques du Berriasien et du Valanginien inférieur: matériel constitutif issu de reliefs paléozoïques, métamorphiques et éruptifs s'élevant à faible distance vers l'E; altération sous climat chaud et humide; transport par des cours d'eau au tracé comparable, de même compétence, soumettant les galets à une usure analogue. Cependant, une observation rapide suffit pour distinguer les deux formations: les grès valanginiens s'écartent des grès berriasiens par une teinte plus claire, par une altération plus intense des feldspaths, par une teneur en galets plus élevée et par des cyclothèmes fréquemment tronqués, aux termes de base grossiers seuls conservés. Ces différences peuvent s'expliquer:

— par une *évolution pédogénétique plus poussée* sur le socle soumis à l'altération. Le matériel détritique accumulé dans la plaine alluviale fait songer aux argiles jaunes équatoriales qui se développent sur des roches mères acides [G. MILLOT, 1964, p. 151]. Des phases d'*équilibre biologique* et de stabilité pédologique ont probablement favorisé la constitution d'un épais manteau d'altération et la transformation profonde des silicates. Le fer est lessivé dans ces horizons gorgés d'eau, soumis à un climat constamment humide.

— Un tel équilibre biologique n'a pu être atteint que durant des *périodes de stabilité* des aires d'érosion et de sédimentation, dans des *régions aplanies*, aux pentes faibles. La teneur élevée en galets de quartz appuie l'hypothèse de reliefs atténués. Le niveau de base du profil d'équilibre des fleuves ne se modifiant guère, les cours d'eau perdent peu à peu de leur énergie et leur puissance d'érosion. Les sols ont été maintenus en place durant un temps suffisamment long pour que l'altération atteigne un stade avancé.

— Une ou plusieurs *phases de déséquilibre* ont probablement provoqué lors du Valanginien la destruction des sols. Le matériel pédogénétique — précédemment appauvri en fer — a été emporté par des cours d'eau à forts débits et brutalement déchargé dans la plaine alluviale, atteignant en plusieurs points le domaine marin. Il semble que

les facteurs créant ce déséquilibre soient d'ordre orogénique, plutôt que climatique; je n'ai découvert aucun indice de variation climatique dans les sédiments valanginiens. Par contre, l'existence de nouvements entre la période de sédimentation détritique du Berriasien et celle du Valanginien a été prouvée en divers points de la plaine alluviale (partie orientale du bassin de Tôrres Vedras et, peut-être, régions de Cercal et d'Alcanede); il est logique de penser que des épisodes orogéniques ont, au même moment, perturbé le substratum de roches anciennes.

*
* *

En résumé, j'estime que les séries détritiques du Berriasien et du Valanginien inférieur ont été formées sous un climat comparable. Mais, alors que les grès berriasiens proviennent d'une abrasion permanente des sols, *les grès valanginiens résulteraient de l'intervention d'une ou plusieurs phases d'érosion crées par des facteurs orogéniques, troublant une longue période calme favorable à l'instauration d'un équilibre, à l'élaboration et à la transformation complète des sols.*

RÉSUMÉ STRATIGRAPHIQUE

Le Valanginien se compose de deux ensembles superposés.

L'ensemble inférieur est calcaire et marneux, intercalé de deux passées gréseuses, à la périphérie du Massif de Sintra et dens la région de Cascais (*fig.* 37): il correspond à l'unité des «marno-calcaires à *Leviathania leviathan*», formation franchement marine, subtidale et infralittorale, épaisse de 70 à 80 m, se distinguant essentiellement du Berriasien sous-jacent par l'absence des Anchispirocyclines. Les données pour une exacte datation sont rares; citons la présence, à la base, de *Cytherelloidea rehburgensis.*

A l'E du méridien de Presa, sur le pourtour du dôme de Brouco, les «marno-calcaires à *Leviathania leviathan*» sont remplacés par 30 m de grès blancs à feldspaths très altérés, déposés en milieu estuarien, les «grès de Vale de Lobos». Des formations similaires sont connues au N du bassin de sédimentation carbonatée, dans la région d'Ericeira («grès blancs de São Lourenço») et au S, près du Cap Espichel («grès blancs à galets de Praia dos Lagosteiros»). Divers niveaux sont riches en Spores et Pollens néocomiens.

Dans les contrées plus septentrionales et orientales se développent des grès blancs, intercalés de rares passées argileuses, à feldspaths fortement altérés ou absents, d'épaisseur très variable (4 à 60 m). Ils reposent, soit sur le Berriasien (Serra da Arrábida, flanc N du synclinal de Pero Pinheiro, bassin de Runa, majeure partie du bassin de Tôrres Vedras), soit sur les argiles du Kimméridgien - Portlandien ou les calcaires oxfordiens (bordure E du bassin de Tôrres Vedras, lambeau de Cercal, cuvette de Galiota, bassin d'Alcanede). La sédimentation s'est faite dans le domaine fluviatile.

Les grès valanginiens sont absents à Alverca, dans les lambeaux d'Abrigada et d'Olhalvo, dans la partie orientale du lambeau de Cercal.

L'ensemble supérieur est matérialisé, à la périphérie du massif de Sintra et du dôme de Brouco, dans le synclinal d'Alcabideche et au N du Cap Espichel, par 5 à 23 m de calcaires gréseux roux, à oolithes ferrugineuses, renfermant diverses Ammonites *(Neocomites* cf. *neocomiensis)* et des Echinides du Valanginien supérieur. Cette unité illustre probablement des accumulations de mer ouverte, dans l'étage infralittoral à circalittoral.

Vers le N (falaises de São Lourenço, au N d'Ericeira), le NE (région de Picanceira et Vilafranca do Rosário) et le SE partie centrale de la Serra da Arrábida), l'en-

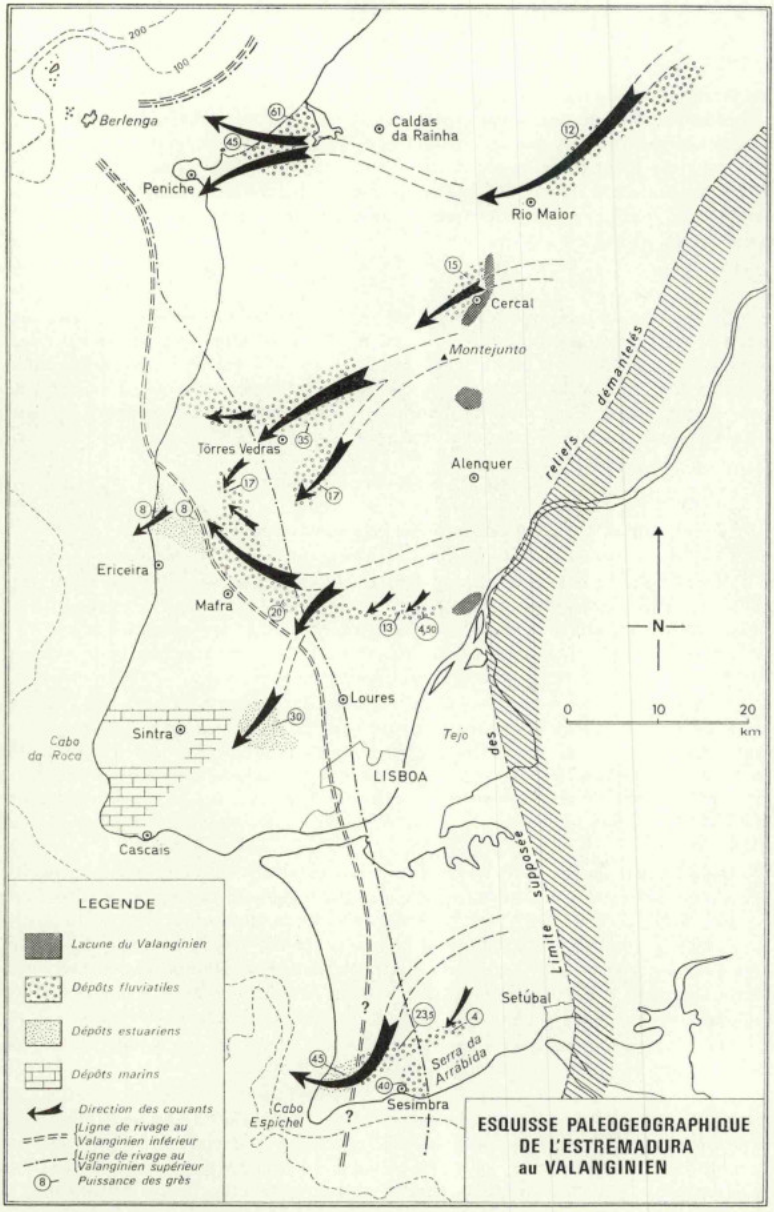


FIGURE 37. — *Esquisse paléogéographique de l'Estremadura au Valanginien.* Les figurés portés sur la carte désignent les milieux de dépôt du Valanginien inférieur.

semble supérieur est constitué de calcaires gréseux, grès, argiles et dolomies, à teinte ocre prédominante, déposés aux approches du rivage, en zone subtidale à supratidale.

La partie supérieure du Valanginien n'a pu être identifiée à l'E d'une ligne passant par Portela (Serra da Arrábida), Malveira (flanc N du synclinal de Pero Pinheiro) et Paul (bassin de Tôrres Vedras). L'Hauterivien surmonte directement l'ensemble inférieur du Valanginien.

SYNTHÈSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE

Les grandes unités géographiques de l'Estremadura au Valanginien sont (*fig.* 37):

— *Une zone haute*, à l'E, constituée de formations paléozoïques, métamorphiques ou éruptives, dont les contours n'ont probablement guère varié depuis le Berriasien. Le relief est peu vigoureux. Les pentes faibles favorisent l'élaboration, sous climat équatorial, d'un épais manteau kaolinique d'altération.

— *Une plaine de piémont*, qui s'étale plus à l'W. Elle est balayée par des rivières et des fleuves venant de l'E. Il semble que l'on puisse distinguer quatre provinces alimentées par des cours d'eau différents (région d'Alcanede et de Galiota; région de Cercal, Tôrres Vedras et Runa; affleurements du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro s'ouvrant sur la mer dans la région de Vale de Lobos; Serra da Arrábida).

— *Un bassin marin* peu profond, à l'W. La surface de sédimentation est dépourvue de tout accident topographique majeur. Aux décharges détritiques qui s'accumulent sur les bordures orientales font suite vers l'W, dans la région de Sintra et de Cascais, des sédiments carbonatés.

*
* *

Deux stades de sédimentation ont été distingués:

1^es^ stade (partie inférieure du Valanginien; épisode des «marno-calcaires à *Leviathania leviathan*»). Les dépôts de la plate-forme continentale sont marins, riches en Algues, de très faible profondeur; les tendances marines sont plus affirmées qu'au Barriasien supérieur en raison, non d'un enfoncement de la surface de sédimentation mais, plus probablement, d'un moindre étalement, d'une chenalisation plus marquée des eaux fluviales dans le bassin marin. Le régime d'équilibre des sols sur les socles est interrompu par un ou plusieurs mouvements orogéniques. En phase d'équilibre, le manteau d'altération se maintient sur le substratum; les boues carbonatées se déposent dans le domaine marin. Puis se produisent quelques mouvements affectant à la fois le socle et divers points de la plaine alluviale, rompant l'équilibre; les sols sont emportés puis déchargés dans la zone de piémont; ils envahissent une partie du domaine marin en créant un milieu estuarien. L'aire de sédimentation carbonatée se retrécit par rapport au Berriasien mais les lignes de rivage ne se modifient guère; la plate-forme marine reste stable.

2^e^ stade (partie supérieure du Valanginien; épisode des «calcaires roux»). La mer reprend son mouvement transgressif: la plate-forme épicontinentale s'approfondit quelque peu et s'ouvre vers le large; les eaux deviennent plus agitées; les lignes de rivage se déplacent vers l'E: des dépôts marins littoraux peuvent être reconnus dans la partie occidentale du bassin de Tôrres Vedras, dans la moitié W du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro et sur une large part de la Serra da Arrábida. Les sables précédemment apportés sont repris et dispersés en mer. Ainsi s'instaure sur le continent un nouvel équilibre. Le matériel pédogénétique est maintenu sur le socle aplani. Le pays alluvial n'est guère alimenté par des apports détritiques; des sols s'installent; d'intenses lessivages enrichissent en fer les eaux marines.

CHAPITRE TROISIÈME

SOMMAIRE

HISTORIQUE ... 131
DESCRIPTION DE DÉTAIL ... 132
I. — *L'Hauterivien et le Barrémien inférieur calcaires et marneux.*
La série stratigraphique à l'Ouest de Cascais ... 132
Les principaux affleurements et les variations de faciès.
Les marnes et calcaires marneux à *Toxaster* ... 140
Les calcaires récifaux inférieurs ... 144
Les calcaires a Choffatelles et Dasycladacées ... 153
Récapitulation ... 157
II. — *L'Hauterivien et le Barrémien inférieur calcaréo-détritiques.*
Brachyanticlinal de Caneças ... 158
Flanc nord du synclinal de Pero Pinheiro ... 159
Serra da Arrábida ... 169
Récapitulation ... 177
III. — *L'Hauterivien et le Barrémien inférieur détritiques.*
Analyse stratigraphique.
Bassin de Runa ... 177
Bassin de Torres Vedras ... 180
Lambeaux d'Olhalvo et Abrigada ... 182
Lambeau de Cercal ... 184
Cuvette de Galiota ... 185
Bassin d'Alcanede ... 186
Récapitulation ... 186
Remarques sédimentologiques sur les grès du Barrémien inférieur.
L'architecture des dépôts ... 187
Les stratifications ... 189
Les galets ... 190
Les grès ... 192
Les argiles ... 192
Conclusions ... 192
RÉSUMÉ STRATIGRAPHIQUE ... 194
SYNTHÈSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE ... 195

Je réunis dans un même chapitre l'Hauterivien et le Barrémien inférieur. En effet, la limite entre les deux étages — déjà difficile à préciser par l'examen des échantillons au Laboratoire — ne se manifeste guère sur le terrain. De plus, les formations qui les composent appartiennent à une seule séquence majeure. Certes, il conviendrait d'y joindre, dans une optique purement sédimentologique, le Barrémien supérieur, terme ultime de la séquence. Cependant, cette dernière unité représente aussi la partie inférieure des «couches d'Almargem», complexe classique de la géologie portugaise, très bien différencié dans le paysage; je n'ai donc pas voulu l'en dissocier au stade de la description.

HISTORIQUE

C'est CHOFFAT qui, le premier, reconnut la présence de l'Hauterivien et du Barrémien — ou «Urgonien» — au Portugal. Résumons ses travaux:

— *Dans la région de Cascais* [1885], il identifie un Hauterivien inférieur («calcaires à *Ostrea rectangularis*» et «marno-calcaires à *Ostrea couloni*») et un Hauterivien supérieur («marnes à *Toxaster*» et «calcaires à *Crioceras lusitanicum*»). A l'«Urgonien» sont rattachés des calcaires et dolomies à Rudistes et Madréporaires.

— *Dans la région de Brouco* [1885], il rapporte à l'Hauterivien une dizaine de mètres de calcaires roux et de marnes — très fossilifères près de la ferme de Carregueira et du hameau de Casais de Cambra — et à l'«Urgonien» une alternance de calcaires et de marnes, les bancs de la base contenant seuls des Rudistes et Polypiers.

— *Au N du Cap Espichel* [1904, 1908], il reconnait des marnes et calcaires roux hauteriviens, des calcaires à Rudistes et des grès barrémiens. Les calcaires et grès sus-jacents sont considérés comme albo-aptiens.

— *Dans la région d'Ericeira* [1904], il repère, au-dessus d'un Néocomien indifférencié, des calcaires à Polypiers et Rudistes attribués à Barrémien.

C'est dans les formations plus élevées, rapportées pour une grande part à l'Albien que CHOFFAT recueillit, dans l'anse de Porto do Cavalinho, un Foraminifère décrit par SCHLUMBERGER [1904] sous le nom de *Choffatella decipiens*.

L'Hauterivien et le Barrémien ne furent mentionnés par CHOFFAT en aucun autre point de l'Estremadura.

Ni les notices explicatives des différentes cartes géologiques du Portugal au 1/50 000e, ni — dans le domaine de la Serra da Arrábida — H. SEIFERT [1963], ne modifièrent les analyses et attributions de CHOFFAT.

J. WIEDMANN [1963], enfin, proposa dans un tableau synthétique de nouvelles datations: aux «calcaires à *Alectryonia rectangularis*» et «marno-calcaires à *Exogyra couloni*» d'âge valanginien feraient suite les «marnes à *Toxaster*» et les «calcaires à *Crioceras lusitanicum*» représentant l'Hauterivien, puis les «calcaires à Rudistes» appartenant au Barrémien et à l'Aptien inférieur.

Diverses notes [J. REY et R. BUSNARDO, 1969; J. REY, 1966a, 1967, 1969a] m'ont permis de présenter des successions et attrbutions nouvelles. Ces résultats seront repris au fil de l'analyse stratigraphique. Je rappellerai seulement que j'ai rapporté au Valanginien les «calcaires à *Lopha rectangularis*» et la majeure partie des «marno-calcaires à *Exogyra couloni*», considérés comme hauteriviens par CHOFFAT. Ils ont donc été décrits dans le chapitre précédent.

DESCRIPTION DE DÉTAIL

J'étudierai successivement les trois grands domaines lithologiques, correspondant à trois milieux de dépôt différents:

— l'Hauterivien et le Barrémien inférieur exclusivement calcaires et marneux, connus sur le pourtour de la Serra de Sintra et du dôme de Brouco;

— l'Hauterivien et le Barrémien inférieur aux calcaires, marnes et grès alternés, qui affleurent dans le dôme de Caneças, dans la région d'Ericeira et à l'W de la Serra da Arrábida;

— l'Hauterivien et le Barrémien inférieur exclusivement détritiques (argileux et gréseux) présents à l'E de la Serra da Arrábida et dans la partie septentrionale de l'Estremadura.

I. — L'HAUTERIVIEN ET LE BARRÉMIEN INFÉRIEUR CALCAIRES ET MARNEUX

Les formations qui se découvrent largement à l'W de Cascais serviront de point de départ à cette analyse. Elles permettront de mettre en place et de dater partiellement les diverses unités qui composent l'Hauterivien et le Barrémien inférieur. Les autres affleurements seront ultérieurement étudiés pour préciser les attributions stratigraphiques, établir les variations de faciès et définir les évolutions des milieux de dépôt.

1° LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE A L'OUEST DE CASCAIS

Les assises de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur forment l'ossature du plateau qui s'étend à l'W de Cascais, au S du synclinal d'Alcabideche (*fig.* 38). Les couches plongent faiblement vers le NW ou dessinent quelques plis à larges rayons de courbure, tel le dôme de Torre. Si le plateau lui-même, en partie couvert de dunes, n'est guère favorable à l'observation, les falaises qui le limitent au S — entre Cascais et Cabo Raso, et à l'W — de Cabo Raso au fort de Crismina, offrent une série entièrement dégagée. Les termes les plus anciens occupent la côte méridionale, les plus récents la côte occidentale. De très nombreux accidents d'orientation générale NW-SE rendent cependant délicates les corrélations et les estimations de puissance.

A) *LES ASSISES INFÉRIEURES*

L'Hauterivien succède au Valanginien dans le haut des falaises de Mexilhoeira. En raison de la faible inclinaison locale des bancs vers l'E et le SE, c'est dans la partie orientale des falaises, entre l'anse de Maceira et Boca do Inferno qu'apparaissent les assises les plus élevées (*fig.* 39).

COUPE DE MEXILHOEIRA — On voit, sur le dernier lit valanginien (*fig.* 40):
1. Calcaires jaunes, durs, en bancs bien individualisés, microclastiques. La surface supérieure du dernier banc a fourni des Térébratules, Rhynchonelles, *Leviathania leviathan* (PICT. et CAMP.), *Lopha rectangularis* (ROEMER), *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Montlivaultia* sp., *Duvalia* sp., Bélemnites, *Nautilus* sp., *Phylloceras* sp. ind., *Lytoceras* aff. *juilleti* D'ORB., *Neolissoceras grasi* D'ORB., *Olcostephanus* sp., *Spitidiscus* gr. *rotula* SOW., *Crioceratites* gr. *duvali* LEVEILLÉ, «*Neocomites*» gr. *nodosoplicatus* KIL., et REB. Une surface durcie limite au sommet ce niveau (1 m).

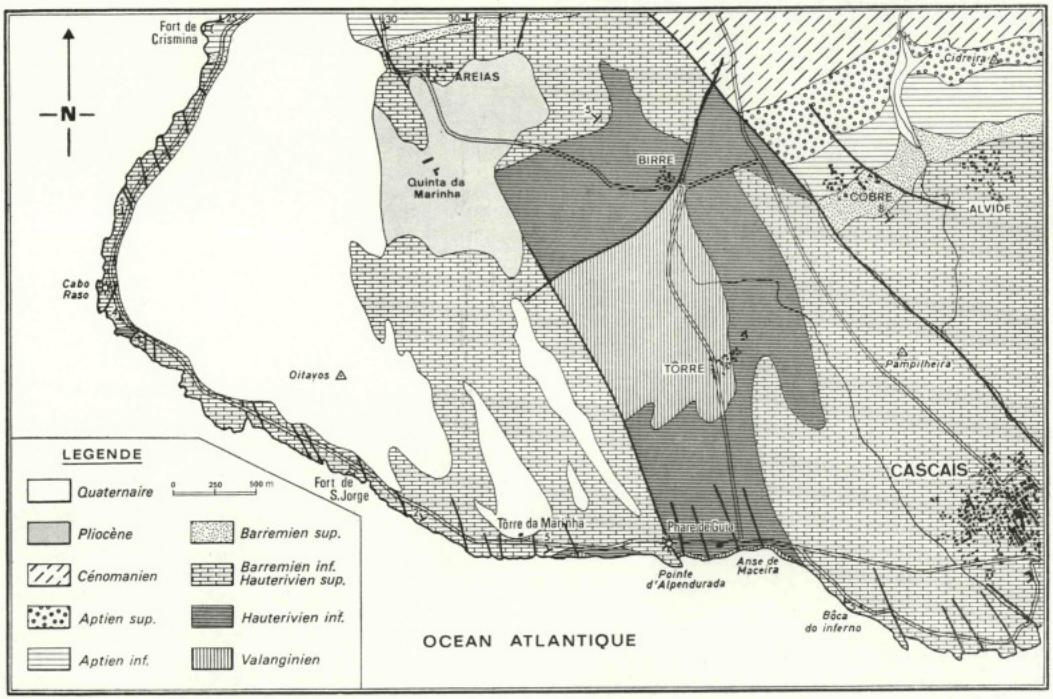


FIGURE 38. — *Carte géologique du flanc S du synclinal d'Alcabideche à l'W de Cascais.*

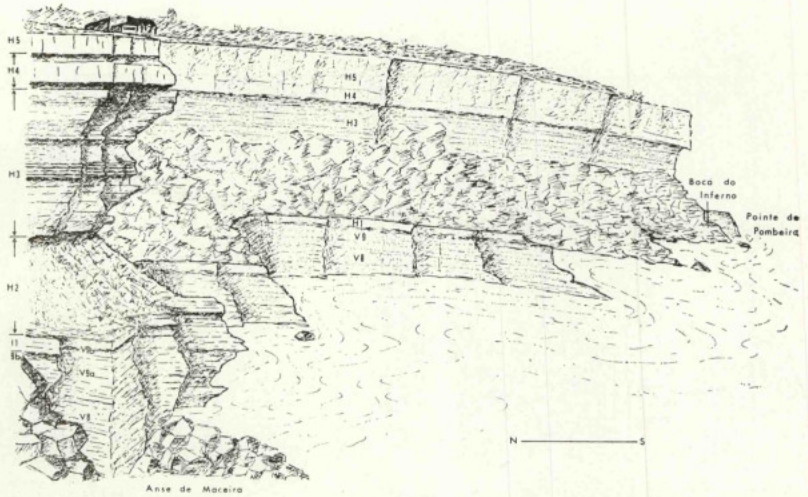


FIGURE 39. — *La partie orientale des falaises de Mexilhoeira, près de Cascais.* Les niveaux portent sur ce dessin la même numérotation que dans la coupe.

2. Marnes gris bleuté, localement jaunes à la base, compactes, à paillettes de muscovite. A de rares Ammonites et Echinides écrasés, Ostréidés, Térébratules et Serpules se joignent des dents de Poissons, *Trochamminidae, Marssonella* sp., *Ammomarginulina* sp., *Lenticulina* sp. Les 40 cm du sommet montrent des marnes plus calcareuses, jaunes, à concrétions de calcite, à nodules et et minces lits discontinus de calcaires marneux, avec *Holectypus almeidae* REY et *Collyropsis ovulum* (DESOR) (5 m). C'est ce niveau que CHOFFAT désignait sous le nom de «marnes à *Toxaster*».

3.. Calcaires et marnes calcareuses gris bleuté, jaunes ou lie-de-vin, à structures noduleuses et stratifications onduleuses, résultant d'un passage progressif des marnes sous-jacentes, en bancs épais de 0,50 à 1 m, sans polarités visibles. Le calcaire se compose de fines gravelles et éléments bioclastiques anguleux liés par un ciment cryptocristallin ou microcristallin. Ce niveau est très fossilifère. II contient divers Gastéropodes et Lamellibranches dont *Natica* sp., *Neithea atava* (ROEMER), *Alectryonia rectangularis* (ROEMER), *Exogyra couloni* (D'ORB.), Serpules, *Rhynchonella* sp., *Terebratula acuta* QUENST., *Nautilus* sp., *Phylloceras tethys* D'ORB., *Lytoceras* gr. *subfimbriatum* D'ORB., *Neolissoceras grasi* D'ORB., *Olcostephanus* sp., *Spitidiscus* gr. *rotula* SOW., «*Neocomites*» gr. *nodosoplicatus* KIL. et REB., *Crioceratites lusitanicum* (CHOF.), *Salenia folium-querci* (DESOR), *Goniopygus peltatus* AG., *Polydiadema* sp. nov. A, *Rhabdocidaris tuberosa* DESOR, *Pseudocidaris crispicans* DE LOR, *Ps. clunifera* (AG.), *Collyropsis ovulum* (DESOR), *Holectypus almeidae REY, Pyrina globosa* DE LOR., *Toxaster* aff. *subcavatus* GAUTHIER, *T. granosus* (D'ORB.), *T. retusus* LMK., *T. exilis* DE LOR. (10 m). Ce niveau corespond aux «calcaires à *Crioceras lusitanicum*» de CHOFFAT.

4. *a)* Marnes jaunes, pulvérulentes, à rhomboèdres de dolomite et nodules calcaires, passant progressivement aux assises supérieures et inférieures. De nombreux débris d'Ostréidés accompagnent *Holectypus almeidae* REY, cf. *Rhabdocidaris tuberosa* GRAS, *Collyropsis ovulum* (DESOR), *Bairdia* sp., *Cythereis bernardi* GROSDIDIER, *Protocythere* sp., *Eocytheropteron* sp., *Monoceratina* sp., Ophiures, *Neotrocholina burlini* (GORB.), dents de Poissons, *Lenticulina* sp., *Nodosaria* sp., *Marssonella* sp., *Ammomarginulina* sp. (0,35 m).

b) Calcaires jaunes, gris ou bleutés, dolomitiques, compacts, en deux bancs séparés par un interbanc légèrement plus marneux. La roche présente une pâte microclastique à grumeleuse, des débris bioclastiques anguleux et de nombreux rhomboèdres de dolomite. On y trouve des Ostréidés, Entroques, *Collyropsis ovulum* (DESOR), *Holectypus almeidae* REY, *Textularia* sp., *Lenticulina* sp. (1,50 m).

c) Marnes jaunes, à rhomboèdres de dolomite, évoluant progressivement vers les assises du mur et du toit, à Ostréidés, Serpules, Ammonite indéterminable, *Terebratula acuta* QUENST., *Salenia folium-querci* DESOR, *Goniopygus* aff. *peltatus* AG., cf. *Typocidaris malum* GRAS., cf. *T.* aff. *folcariensis* (GAUTHIER), *Phyllacanthus solviensis* (COTTEAU), cf. *Cidaris pretiosa* DESOR, *Rhabdocidaris tuberosa* DESOR, *Pseudocidaris clunifera* AG., *?Magnosia* sp., *Holectypus almeidae* REY, *Collyropsis ovulum* (DESOR), *Pyrina globosa* DE LOR., *Toxaster granosus* (D'ORB.) (1,50 m).

5. Calcaires dolomitiques massifs, compacts, sans stratifications apparentes, à gravelles et éléments bioclastiques liés par une pâte microclastiques, à débris d'Echinides (*Cidaris pretiosa* DESOR) et petites colonies de Polypiers dispersées, à accidents siliceaux. Ces calcaires sont profondément lapiazés sur le plateau. La puissance du niveau, supérieure à 8 m, ne peut être évaluée avec précision en raison des accidents qui affectent le Crétacé inférieur.

En résumé, la partie inférieure du complexe hauterivien-barrémien inférieur se compose, au-dessus d'un terme de base calcaire (niv. 1) limité au toit par une surface durcie, d'assises marneuses puis calcaires à Echinides et Céphalopodes (niv. 2 et 3), et enfin de calcaires et marnes dolomitiques á Madréporaires (niv. 4 et 5).

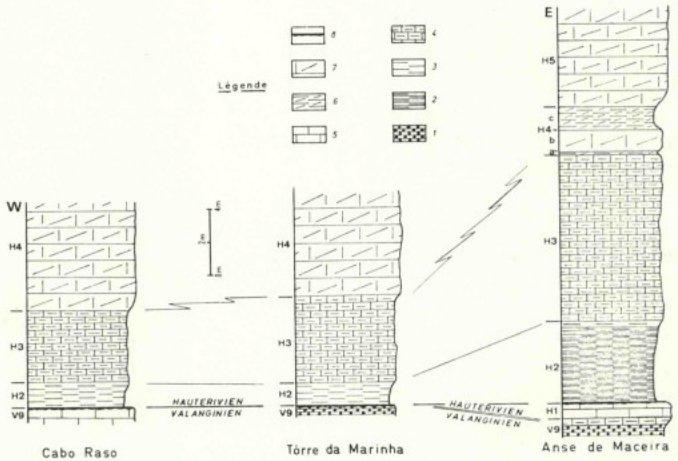


FIGURE 40. — *Schéma montrant l'évolution des termes inférieures de l'Hauterivien entre Cascais et Cabo Raso.*

1 : marnes à oolithes ferrugineuses; 2 : marnes; 3 : marnes calcareuses; 4 : calcaires marneux; 5 : calcaires; 6 : marnes dolomitiques; 7 : calcaires dolomitiques; 8 : surface durcie et d'érosion.

Ces assises inférieures offrent quelques modifications entre le phare de Guia et Cabo Raso, 4 km plus à l'WNW. Les principaux changements sont les suivants (*fig.* 40) :

a) Les calcaires à Ammonites du niveau 1 disparaissent dans la partie occidentale des falaises de Mexilhoeira. Les «marnes à *Toxaster*» du niveau 2 représentent alors le terme de base de l'Hauterivien; au coeur du petit anticlinal de Torre da Marinha, elles reposent sur les marnes à oolithes ferrugineuses du Valanginien terminal; 3 km plus loin, dans l'axe de l'anticlinal de Cabo Raso, elles surmontent des calcaires jaunes à stratifications onduleuses résultant certainement d'un passage latéral de l'ultime assise valanginienne. Une croûte ferrugineuse à perforations de Lithophages apparaît partout au contact des «marnes à *Toxaster*» et du niveau sous-jacent. Il est probable qu'il faille imputer à une érosion sous-marine l'absence locale du premier niveau hauterivien.

b) Les marnes très argileuses et micacées du niveau 2 de Mexilhoeira se transforment vers l'W, à Torre da Marinha et Cabo Raso, en des marnes calcareuses et noduleuses ocre. L'épaisseur du niveau diminue fortement, passant de 5 m à 1,50 m.

c) Les caractères lithologiques et paléontologiques du niveau 3 ne varient pas.

> Il s'agit toujours de calcaires marneux gris bleuté, à stratifications onduleuses, renfermant à Torre da Marinha des Térébratules, Rhynchonelles, Lamellibranches, Bélemnites, *Nautilus* sp., *Lytoceras subfimbriatum* D'ORB.,? *Leopoldia* sp., *Trochotiara* sp., *Cidaris maresi* COTTEAU, *Holectypus almeidae* REY, *Pyrina globosa* DE LOR., *Collyropsis ovulum* (DESOR). J'ai recueilli la même faune d'Echinides à Cabo Raso.

Le niveau s'amincit très nettement: il est épais de 10 m à Mexilhoeira, de 5 m à Torre da Marinha et de 4,50 m à Cabo Raso. Cette diminution semble provenir d'une mise en place plus précoce des calcaires dolomitiques des niveaux 4 et 5.

> Ces calcaires dolomitiques, blancs ou jaunes, massifs, très lapiazés, ne renferment guère que quelques débris d'Echinides et colonies de Polypiers dispersées. Aucune intercalation marneuse n'a été repérée. Leur épaisseur, difficile à évaluer en raison des nombreux accidents qui hachent une série subhorizontale, serait de l'ordre d'une dizaine de mètres.

Retenons que le terme de base de l'Hauterivien est érodé vers l'W, que la teneur en argiles et en carbonates du niveau 2 est variable, que la mise en place des calcaires dolomitiques n'est pas synchrone dans tous les points.

*
* *

Dans la région de Birre, 3 km au NW de Cascais, le niveau des calcaires dolomitiques présente de notables différenciations lithologiques et renferme quelques fossiles. Il se décompose de bas en haut en:

> 5. *a*) Calcaires dolomitiques jaunes à *Plegiocidaris muricata* (ROEMER), *Salenia folium-querci* DESOR, *Goniopygus peltatus* AG. et *Rhabdocidaris tuberosa* GRAS (5 m).
>
> *b*) Marnes jaunes, grumeleuses, à nodules de Polypiers, intercalées de bancs calcaires à accidents siliceux. Ce niveau a fourni des Gastéropodes, *Codiopsis lorini* COTTEAU, *Goniopygus peltatus* AG., *Typocidaris* aff. *folcariensis* (GAUTHIER), *Magnosia* sp., *Plegiocidaris muricata* (ROEMER) (5 m).

B) *LES ASSISES MÉDIANES*

Les assises médianes du complexe hauterivien - barrémien inférieur affleurent à l'W de Torre da Marinha, aux environs du fort de São José et de part et d'autre du phare de Cabo Raso. Aux calcaires dolomitiques du niveau 5 succèdent:

6. Dolomies saccharoïdes, sombres en surface, blanches sur la tranche, dépourvues de toutes traces de stratifications. Si la majeure partie de la roche est épigénisée, certaines zones, en poches très irrégulières, sont composées soit d'un calcaire bréchique hétérométrique, soit d'un calcaire microbréchique et graveleux bien classé à ciment cristallin. De nombreuses et larges plages de Madréporaires coloniaux et Stromatoporoïdés sont encore visibles. Aucun autre macro-organisme ou microfossile ne paraît les accompagner. Ce niveau est épais de 70 m environ aux abords de Cabo Raso. De tels caractères évoquent immédiatement un édifice corallien, plus précisément un «noyau construit» (P. RAT, 1957, p. 118) ou bioherme à Madréporaires et Stromatoporoïdés.

Ce sont des dolomies et calcaires semblables qui apparaissent localement au milieu des dunes, sur le plateau d'Oitavos et de Quinta da Marinha et, plus à l'E, dans la région de Birre.

En résumé, *la partie médiane de l'ensemble hauterivien - barrémien inférieur correspond, dans la région de Cascais, à une formation récifale.*

C) *LES ASSISES SUPÉRIEURES*

Entre Cabo Raso et le fort de Crismina, 1500 m plus au NE, les couches plongent régulièrement vers le N, vers le coeur du synclinal d'Alcabideche. Ainsi se découvrent, hachés de nombreuses failles, les termes les plus élevés de l'ensemble hauterivien - barrémien inférieur. Les premières assises affleurent 800 m au NNE de Cabo Raso.

COUPE DE CRISMINA A CABO RASO — Le niveau 6 récifal est surmonté de bas en haut par:

7. Calcaires bréchiques blancs à fragments de Polypiers (2 m).

8. Dolomie cristalline brune (0,50 m).

9. Calcaires bruns, compacts, en bancs puissants séparés par des interbancs marneux blanchâtres. Des gravelles brunes, non calibrées, sont liées par un ciment cristallin et associées à quelques fragments cryptocristallins anguleux. Les fossiles siliceux y sont nombreux: Polypiers, *Requienia* sp., très grandes Nérinées. On reconnaît parmi les micro-organismes *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Orbitolinopsis* gr. *flandrini* MOULLADE, *Miliolidae*, *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Nezzazata* sp., *Textularia* sp., *Nautiloculina* sp., *Neotrocholina friburgensis* GUIL. et REICH., *Actinoporella* sp. (7 m).

10. Marnes jaunâtres intercalées de 3 bancs calcaires à Ostréidés. Les marnes ont fourni des Gastéropodes, radioles d'Oursins, *Cythereis* sp., *Bairdia* sp., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Trocholina* sp. (1 m).

11. Calcaires compacts, en bancs épais à stratifications peu apparentes, à fond cryptocristallin ou grumeleux, gravelles hétérométriques et débris bioclastiques anguleux hétérométriques. *Choffatella decipiens* SCHLUMB. est associée à *Ammobaculites* sp., «*Mayncina*» sp., *Miliolidae*, *Trocholina* sp., Dasycladacées dont *Acicularia endoi* PRATURLON (15 m environ).

12. Calcaires en bancs bien différenciés séparés par de minces lits d'argiles vertes ou jaunes. Les stratifications sont onduleuses. Au banc de la base graveleux, à fond cristallin, font suite des calcaires microclastiques. Des Entroques, Gastéropodes, Ostréidés accompagnent *Trochotiara sculptilis* (DE LOR.) et *Choffatella decipiens* SCHLUMB. (12 m).

13. Calcaires en bancs de 0,50 m intercalés de minces passées marneuses grises. Le calcaire est cryptocristallin ou microclastique. Quelques bancs possèdent un fond cristallin liant de petites et grosses gravelles mal différenciées. On y trouve de grandes Nérinées, de nombreuses sections de Lamellibranches et *Orbitolinopsis* gr. *flandrini* MOULLADE, *Melathrokerion praesigali* (BANNER), *Ammobaculites* sp., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), «*Mayncina*» sp., *Nezzazata* sp., *Miliolidae*, *Neotrocholina friburgensis* GUIL. et REICH., *Pianella muehlbergii* (LORENZ),*Lithocodium aggregatum* ELLIOTT, *Bacinella irregularis* RADOICIC, *Marinella lugeoni* PFENDER (8 m).

14. Accident injecté de basalte. Les données recueillies dans les autres coupes permettent de penser que cette faille fait disparaître 20 m de calcaires.

15. Calcaires gris clair, en bancs puissants à stratifications onduleuses et minces interbancs argileux et marneux. Le fond grumeleux, microclastique ou microcristallin lie d'abondantes gravelles hétérométriques. Du quartz anguleux et des rhomboèdres de dolomite envahissent certains bancs. Aux grandes Nérinées, Naticidés, Réquiénies et divers Lamellibranches se joignent des radioles et plaques d'Oursins, dents de Poissons, Serpules, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Textularia* sp., *Nezzazata* sp., *Trocholina* sp., *Actinoporella* sp., *Pianella* sp. (12 m).

Au-dessus viennent les argiles et grès de la base des «couches d'Almargem» qui, nous le verrons ultérieurement, sont rapportées au Barrémien supérieur.

En résumé, *la partie supérieure de l'ensemble Hauterivien - Barrémien inférieur se compose de 70 à 80 m de calcaires à Nérinées, Rudistes, Foraminifères arénacés et Dasycladacées.*

D) DONNÉES CHRONOSTRATIGRAPHIQUES

Le complexe de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur peut être découpé en trois grandes formations superposées:

a) *Une formation calcaréo-marneuse, à la base* (niveaux 1, 2 et 3 de Mexilhoeira). Sa composition lithologique varie beaucoup d'un point à l'autre, de sorte que la distinction établie par CHOFFAT [1885] entre un niveau inférieur de «marnes à *Toxaster*» et un niveau supérieur de «calcaires à *Crioceras lusitanicum*» ne se justifie qu'à Mexilhoeira. Elle n'est pas valable ailleurs. Je grouperai donc toutes ces assises sous le nom de «*marnes et calcaires marneux à Toxaster*».

Le niveau 1, qui apparaît très localement et repose sur des couches à Céphalopodes valanginiens, renferme une faune d'Ammonites caractéristique de l'Hauterivien inférieur avec, notamment, *Spitidiscus* gr. *rotula*, *Crioceratites* gr. *duvali* et «*Neocomites*» gr. *nodosoplicatus*.

Le niveau 3 a fourni *Spitidiscus* gr. *rotula* et «*Neocomites*» gr. *nodosoplicatus;* on retiendra la présence, parmi de nombreux Echinides, de *Toxaster granosus* et *Rhabdocidaris tuberosa;* ces divers organismes indiquent encore un âge hauterivien inférieur.

Ainsi, *l'ensemble des «marnes et calcaires marneux à Toxaster» date de l'Hauterivien inférieur.*

b) *Une formation médiane récifale* (niveaux 4, 5 et 6). Des calcaires et marnes dolomitiques (niveaux 4 et 5) précèdent la mise en place d'un important bioherme (niveau 6). J'utiliserai la locution de «*calcaires récifaux inférieurs*» pour désigner cette formation, la distinguant ainsi des ensembles coralliens plus récents (aptiens) connus dans cette même région.

Le niveau 4 contient à Mexilhoeira une riche association d'Echinides avec, notamment, *Phyllacanthus salviensis*, *Rhabdocidaris tuberosa* et *Toxaster granosus*. Cette association dénote un âge hauterivien, probablement hauterivien inférieur.

Le niveau 5 est fossilifère à Birre. Ses Echinides (*Rhabdocidaris tuberosa, Codiopsis lorini, Salenia folium-querci* et *Plegiocidaris muricata*) sont caractéristiques de l'Hauterivien.

Le noyau construit (niveau 6) n'a fourni dans la région de Cascais aucun organisme qui permette de le dater.

En résumé, *la formation des «calcaires récifaux inférieurs» débute à l'Hauterivien inférieur. Rien n'indique ici l'âge de sa partie supérieure.*

c) *Une formation supérieure à prédominance calcaire* (niveaux 7 à 15, entre Cabo Raso et Crismina). *Choffatella decipiens* et les Dasycladacées sont, par leur abondance, les organismes les plus caractéristiques de cette formation. C'est pourquoi je proposerai l'appellation de «*Calcaires à Choffatelles et Dasycladacées*» (*).

Les différentes assises renferment un certain nombre de fossiles généralement cités à partir du Barrémien, tels *Orbitolinopsis* gr. *flandrini, Pseudotextulariella scarsellai, Pianella muehlbergii* et *Acicularia endoi*. On peut donc considérer que les «*calcaires à Choffatelles et Dasycladacées*» *datent du Barrémien.*

Remarquons en outre la présence de *Trochotiara sculptilis*, Echinide trés caractéristique de cette formation, ainsi que l'installation dans la région de Cascais de *Choffatella decipiens.*

E) *DONNÉES SÉDIMENTOLOGIQUES*

Le niveau de base de l'Hauterivien (niveau 1) termine la séquence majeure transgressive amorcée lors du Berriasien et poursuivie au Valanginien.

Au-dessus d'une surface durcie traduisant une brusque perturbation du milieu probablement liée à l'action de courants sous-marins débute une nouvelle séquence majeure.

L'ensemble des «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» comprend un membre inférieur (niveau 2) de marnes à biophase peu développée (Echinides, Ammonites, rares Foraminifères: Lagénidés, Trochamminidés, Ataxophragmiidés, petits Lituolidés) et un membre supérieur (niveau 3) plus calcaire, finement graveleux, à ciment cryptocristallin ou microcristallin, très riche en organismes (Ostréidés, Brachiopodes, Ammonites, Echinides). On peut considérer cette formation comme témoin d'un milieu marin ouvert, calme, appartenant à l'étage circalittoral. La superposition des deux niveaux exprimerait une diminution progressive de la profondeur.

La formation des «calcaires récifaux inférieurs» voit l'installation progressive d'un régime pararécifal (niveaux 4 et 5), puis récifal (niveau 6). On peut donc estimer que l'exhaussement graduel de la surface de la surface de sédimentation se poursuit.

Les «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» se composent de sédiments graveleux, à fond cristallin, microclastique ou cryptocristallin. La biophase est très impor-

(*) C'est d'ailleurs dans une formation du même âge (et non albienne, comme le pensait CHOFFAT) que se place, à Ericeira, le gisement du gisement du type de *Choffatella decipiens*. Précisons cependant que l'espèce n'est pas confinée à ces niveaux. Elle est connue au Portugal dans des assises plus anciennes et plus récentes.

tante: les Dasycladacées, Orbitolinidés, Miliolidés, Textulariidés et Lituolidés prolifèrent. De tels caractères évoquent des dépôts de l'étage biologique infralittoral. Les boues calcaires se sont accumulées dans un bassin interne, de faible profondeur, aux eaux plus ou moins agitées. L'abondance des Nérinées, Rudistes et Algues encroûtantes indique des conditions de vie et une situation géographique encore voisines d'édifices coralliens.

Ainsi, les différents termes de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur montrent la superposition de faciès marins progressivement plus proches du continent. *La séquence majeure de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur traduit une évolution régressive du milieu de dépôt.*

2° LES PRINCIPAUX AFFLEUREMENTS ET LES VARIATIONS DE FACIÈS

J'étudierai successivement les trois formations qui composent l'Hauterivien et le Barrémien inférieur.

A) *LES MARNES ET CALCAIRES MARNEUX A TOXASTER.*

a) Description

Examinons d'abord les affleurements les plus représentatifs du flanc S du Massif de Sintra et du dôme de Brouco (*fig.* 42).

ALDEIA DE JUZO: 4 km au N de Mexilhoeira, entre les villages d'Aldeia de Juzo et de Charneca, de part et d'autre de la route E. N. 9. 1, on voit sur le Valanginien, plongeant à 60° vers le S:

> Marnes blanches, brunes ou grises, chargées au sommet de nodules calcaires et intercalées de 2 bancs de calcaires marneux. On y reconnaît des Gastéropodes, Lamellibranches dont *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Lenticulina* sp., de très nombreux *Toxaster granosus* (D'ORB.), *T. retusus* LMK., *Collyropsis ovulum* (DESOR) et *Holectypus almeidae* REY. Ce niveau, épais de 14,80 m, est immédiatement surmonté par des formations pararécifales.

On ne distingue plus ici un niveau inférieur marneux et un niveau supérieur calcaire. L'ensemble, relativement homogène, est essentiellement marneux.

ALCABIDECHE: les premiers termes hauteriviens apparaissent convenablement à l'W de la ferme de Quinta do Marques, 3 km à l'ENE d'Aldeia de Juzo. Les couches ont un pendage de 45° SSE. Aux calcaires valanginiens succèdent:

> 1. zone sans affleurements, probablement marneuse (1 m);
> 2. calcaires gris clair et passées plus marneuses (0,80 m);
> 3. zone couverte (1 m);
> 4. calcaires gris jaunâtre, légèrement marneux, à stratifications onduleuses, avec *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Terebratula acuta* QUENST., Nautiles, *Montlivaultia* sp., *Rhabdocidaris tuberosa* (GRAS), *Trochotiara bourgueti* (DESOR), *Collyropsis ovulum* (DESOR), *Pygopyrina incisa* (AG.), *Toxaster granosus* (D'ORB.) (4,60 m).
>
> Les niveaux sus-jacents montrent déjà un caractère pararécifal.

En résumé, les calcaires prédominent dans une formation de faible puissance.

MANIQUE DE CIMA: 6 km à l'ENE d'Alcabideche, 750 m à l'W du village de Boa Vista (*fig.* 3), 125 m au N de la chapelle de Manique de Cima et immédiatement au NE de la route reliant Penha Longa à Albarraque, apparaissent sur les calcaires valanginiens, avec un pendage de 30° SE:

1. Zone couverte, probablement marneuse (0,80 m).

2. Calcaires jaunes, légèrement marneux, riches en Nérinées, *Terebratula acuta* QUENST., *Lopha rectangularis* (ROEMER), *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Montlivaultia* sp., *Toxaster granosus* (D'ORB.), avec *Leopoldia* sp. (2,50 m).

3. Marnes gris cendré ou jaunes à nodules et bancs onduleux, mal individualisés, de calcaires marneux, à Pectinidés, *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Terebratula acuta* QUENST., *Montlivaultia* sp., *Rhabdocidaris tuberosa* (GRAS), *Toxaster granosus* (D'ORB.), *Collyropsis ovulum* (DESOR), dents de Poissons, Ophiures, *Buccicrenata* n. sp., *Marssonella* sp., *Eggerella* sp., *Lenticulina* sp. (12,50 m).

4. Calcaires marneux, blancs ou jaunâtres, en bancs onduleux séparés par des marnes grises, avec *Terebratula acuta* QUENST., Naticidés, *Montlivaultia* sp., *Rhabdocidaris tuberosa* (GRAS), *Toxaster granosus* (D'ORB.) (2,20 m).

5. Marnes schisteuses brunes à Térébratules (4 m).

6. Calcaires gris clair, en un banc passant progressivement aux assises du mur et du toit (1 m).

7. Calcaires marneux blancs à nodules calcaires, à Térébratules et Polypiers, ménageant une évolution vers les calcaires récifaux sus-jacents (1,80 m).

On voit que la série de Manique de Cima relativement épaisse (24 m), est formée d'une alternance de calcaires et de marnes. La présence à la base de *Leopoldia* sp. confirmerait son âge hauterivien. Il convient de noter aussi l'apparition dans ce gisement d'un Lituolidé inédit, *Buccicrenata* n. sp., qui paraît être un excellent marqueur de l'Hauterivien d'Europe (*).

PRESA: 3 km plus au NE, les «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» affleurent 200 m au N de la route E.N. 117, 400 m à l'E de la maison de Saude. On voit, à la suite des calcaires gréseux valanginiens et plongeant à 70° vers le SSE:

1. calcaires gris jaunâtre, durs, compacts, cristallins ou microbréchiques, riches en éléments bioclastiques anguleux et rhomboèdres de dolomite. Les Madréporaires sont les seuls organismes observés (1 m);

2. marnes grises à *Terebratula acuta* QUENTS., *Goniopygus peltatus* AG., Ophiures, spicules d'Eponges, *Buccicrenata* n. sp., *Haplophragmium* sp., *Haplophragmoïdes* sp., *Eggerella* sp., *Spirillina* sp., Cunéolines?, *Marginulinopsis* sp., *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Asciocythere* cf. *brevis* (CORNUEL), *Cythereis bernardi* GROSDIDIER, *Schuleridea* aff. *thoerenensis* (TRIEBEL), *Cytherella* sp. (8,50 m).

L'intérêt de cette coupe est de montrer qu'un banc à Polypiers apparaît à la base des «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*». L'épaisseur de la formation est nettement moindre qu'à Boa Vista.

SABUGO: le centre de la cuvette de Sabugo est occupé par les «calcaires récifaux inférieurs». A la périphérie affleurent les termes de base de l'Hauterivien, plongeant à

(*) Communication orale de J. CHEVALIER qui se propose de décrire prochainement cette nouvelle espèce.

10° vers le coeur du pli. Ces assises sont particulièrement apparentes à l'E de la Granja de Santa Cruz, immédiatement au N de la route allant de Tala à Vale de Lobos (*fig.* 11). Aux calcaires gréseux valanginiens succèdent:

1. marnes gris cendré à *Terebratula acuta* QUENST., *Rhabdocidaris tuberosa* (GRAS), *Pseudocidaris clunifera* (AG.), *Pygopyrina incisa* (AG.) et *Toxaster granosus* (D'ORB.) (7 m);

2. marnes grises à nodules et bancs mal individualisés de calcaire à Polypiers, avec *Phyllacanthus salviensis* (COTTEAU), *Toxaster granosus* (D'ORB.), *Terebratula acuta* QUENST. (2 m), surmontés par les «calcaires récifaux inférieurs».

Cette série montre donc l'instauration progressive d'un régime récifal.

RÉGION DE CARREGUEIRA: les célèbres assises de Carregueira, au S du dôme de Brouco (*fig.* 11), décrites par CHOFFAT [1885, p. 17] ne peuvent plus être analysées aujourd'hui; le vallon de la ferme de Carregueira qui recoupait les premiers niveaux hauteriviens a été aménagé en terrain de golf; toutes les formations géologiques sont recouvertes par des terres rapportées. Il faut donc aller à l'W ou à l'E de ce thalweg pour avoir quelques données sur la succession stratigraphique.

On voit l'Hauterivien 250 m au N du stand de tir de Carregueira, 500 m à l'E de la ferme de Quinta do Malhapão (*fig.* 11); il plonge à 10° vers le SE et présente de bas en haut, sur les calcaires gréseux valanginiens, la succession suivante:

1. calcaires graveleux gris jaunâtre intercalés de marnes à nodules calcaires et renfermant *Rhabdocidaris tuberosa* GRAS, *Pseudocidaris clunifera* (AG.), cf. *Phyllancanthus salviensis* (COTTEAU), *Codiopsis lorini* COTTEAU, *Pygopyrina incisa* AG., *Cythereis bernardi* GROSDIDIER, *Schuleridea* aff. *thoerenensis* (TRIEBEL), *Cytherella* sp., *Lenticulina* sp., *Neotrocholina burlini* (GORB.), *Buccicrenata* n. sp., *Haplophragmoïdes* sp., *Ammobaculites* sp. (4 m);

2. nodules calcaires à Polypiers liés par un ciment marneux, jaune, réduit (5 m). Cette assise est surmontée par les «calcaires récifaux inférieurs».

Ainsi, la formation de base de l'Hauterivien est dans cette coupe nettement calcaire; elle évolu rapidement vers des termes récifaux.

200 m à l'E de la ferme de Carregueira on voit, plongeant à 18° vers le S, au-dessus des calcaires gréseux et grès ocre du Valanginien:

1. marnes jaunes, à nodules calcaires très denses, avec *Goniopygus peltatus* AG., *Echinotiara neocomiensis* (DE LOR.), *Codiopsis lorini* COTTEAU, *Plegiocidaris muricata* (ROEMER), *Typocidaris* aff. *folcariensis* GAUTHIER, *Toxaster* sp., Rhynchonelles, Térébratules, *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Lopha rectangularis* (ROEMER), *Purpuroidea* sp., *Pterocera* sp., Ammonite proche du genre *Neocomites* (3,50 m);

2. marnes jaunes intercalées de bancs calcareux gris bleuté, à Ostréidés et *Cythereis bernardi* GROSDIDIER, *Schuleridea* aff. *thoerenensis* (TRIEBEL), *Asciocythere* gr. *brevis* CORNUEL, *Cytherella sp.*, *Eocytheropteron* sp., *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Buccicrenata* n. sp., *Ammobaculites* sp., *Haplophragmoides* sp., *Lenticulina* sp., *Marssonella* sp., *Frondicularia* sp. (3 m).

Cette succession est, elle aussi, remarquable par l'importance des calcaires.

CASAIS DA CAMBRA: 3 km à l'E de Carregueira, dans le domaine de Fonte Santa à l'E de la route E.N. 250 allant de Belas vers Caneças (*fig.* 11), apparaissent au-dessus des calcaires gréseux valanginiens, avec un pendage de 10 à 20° S:

1. lit de marne brune ou bleutée à *Buccicrenata* n. sp. (0,20 m);

2. nodules calcaires essentiellement composés de Polypiers et Bryozoaires, liés par un ciment marneux très réduit et intercalés de minces bancs de calcaire jaune ou gris, microbréchique, à débris bioclastiques anguleux et fond cristallin, à Ostréidés, Térébratules, cf. *Phyllacanthus salviensis* (COTTEAU), *?Magnosia* sp., *Plegiocidaris muricata* (ROEMER), *Pseudocidaris clunifera* (AG.), *Miliolidae, Textulariidae* (10 m).

Vers l'E la majeure partie de cette série passe à des calcaires massifs, dolomitiques, largement cristallisés, récifaux.

Au hameau de Casais da Cambra, 1 km au NE de la coupe précédente, 6 m de calcaires massifs, blancs, à plages recristallisées et dolomitisées, à Polypiers coloniaux, s'intercalent au milieu de marnes à nodules calcaires, riches en Gastéropodes *(Pterocera, Purpuroidea)* et radioles d'Oursins *(Plegiocidaris muricata* et *Pseudocidaris clunifera).*

En résumé, de petits appareils coralliens prennent place au milieu des «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» dans la région de Casais da Cambra. Ce sont là les affleurements les plus orientaux connus.

*

* *

Portons-nous maintenant sur le versant N de la Serra de Sintra (*fig.* 41).

CALHAU DO CORVO: les assises de base de l'Hauterivien affeurent au NW du Massif de Sintra, entre Praia da Adraga et Praia Grande do Rodisio (*fig.* 3). Elles succèdent au Valanginien 100 m environ au S du signal géodésique de Calhau do Corvo. Les couches plongent à 80° vers le N.

On voit, au-dessus d'une surface durcie et rubéfiée séparant le Valangien de l'Hauterivien:

1. Marnes schisteuses gris cendré renfermant des nodules calcaires à la base, très riches en *Terebratula acuta* QUENST. accompagnées de *Rhynchonella* sp., *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Lopha rectangularis* (ROEMER), *Lima* sp., Madréporaires dont *Montlivaultia* sp., *Orthopsis repellini* (GRAS), Spatangidés déformés parmi lesquels *Toxaster retusus* LMK., dents de Poissons, *Buccicrenata* n. sp., *Lenticulina* sp., *Marssonella* sp., *Bairdia* sp., *Cythereis bernardi* GROSDIDIER, *Schuleridea* aff. *thoerenensis* (TRIEBEL), *Asciocythere* cf. *brevis* CORNUEL, *Cytherella sp., Schuleridea* sp. (4 m).

2. Marnes calcareuses brunes ou bleues à nodules de calcaire microcristallin, graveleux, riche en spicules d'Eponges. Les marnes ont fourni *Lopha rectangularis*

(ROEMER), *Avicula carteroni* D'ORB., *Terebratula acuta* QUENST., Polypiers, *Magnosia camarensis* DE LOR., *Textulariidae* (2 m).

3. Calcaires marneux gris foncé, microclastiques à grumeleux, à surfaces de stratification onduleuses, en bancs alternant avec des marnes à nodules calcaires. J'ai recueilli des Polypiers, Ostréidés, Rhynchonelles, Térébratules (4 m).

Cette série montre le passage de termes marneux à des termes calcaires, précédant l'instauration de conditions récifales.

b) Conclusions chronostratigraphiques

Les «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» renferment dans tous leurs affleurements une association faunistique de l'Hauterivien inférieur. Aus Ammonoidés déjà relevés dans la coupe de Mexilhoeira se joignent divers Echinides *(Rhabdocidaris tuberosa, Phyllacanthus salviensis, Pseudocidaris clunifera, Plegiocidaris muricata, Typocidaris* aff. *folcariensis, Echinotiara neocomiensis, Codiopsis lorini, Goniopygus peltatus, Pygopyrina incisa, Holectypus almeidae, Collyropsis ovulum, Toxaster granosus, T. retusus)* et plusieurs microorganismes, tels *Buccicrenata* n. sp., *Cythereis bernardi, Schuleridea* aff. *thoerenensis, Asciocythere brevis.*

c) Conclusions sédimentologiques

Cette formation est soumise d'une manière générale, aux variations de faciès suivantes: des marnes à Ammonites et Echinides occupent les régions occidentales; elles s'enrichissent en gros Lituolidés vers l'E, passent ensuite à des marnes à nodules calcaires, à des calcaires noduleux et enfin, dans les affleurements les plus orientaux, à des calcaires recristallisés à Polypiers. *L'aire de sédimentation évolue de l'W vers l'E, d'un milieu marin ouvert, circalittoral, à un milieu récifal, infralittoral.* On peut donc supposer que la profondeur du fond sous-marin diminue de l'W vers l'E; c'est au-delà de Casais da Cambra, vers l'E, qui se situe la ligne de rivage.

Par ailleurs, les «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» passent verticalement et progressivement vers le haut aux calcaires récifaux ou pararécifaux qui constituent leur toit: les distributions horizontale et verticale des faciès sont identiques. Cette formation illustre bien la «loi de corrélation des faciès» de WALTHER et GOLOVKINSKY.

La limite supérieure des «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» est une limite faciologique. Elle n'est pas exactement isochrone en ses divers points. C'est l'une des raisons pour lesquelles la puissance des «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» varie fortement d'une coupe à l'autre. Il se peut que ces variations d'épaisseur soint dues aussi à des inégalités topographiques de la surface de sédimentation.

B) *LES CALCAIRES RÉCIFAUX INFÉRIEURS*

Les changements de faciès sont rapides et nombreux. Il serait très fastidieux d'énumérer les différentes successions verticales rencontrées. Je vais donc me borner à présenter un bref aperçu de quelques coupes caractéristiques, reportant le lecteur aux fig. 41 et 42 pour le détail des autres séries.

a) **Les calcaires récifaux inférieurs au Nord de Cabo Raso**

GUINCHO: la falaise du fort de Guincho, 750 m au NW du signal géodésique de Barril, 3,5 km au N de Cabo Raso (*fig.* 3), découvre la série suivante, appartenant au flanc N du synclinal d'Alcabideche et plongeant à 45° vers le S:

1. calcaires dolomitiques, massifs, récifaux, semblables à ceux de Cabo Raso (30 m);
2. calcaires gris clair, en bancs onduleux séparés par des passées plus marneuses. Un fond cristallin ou grumeleux soude des gravelles et des éléments bioclastiques. Quelques colonies dispersées de Madréporaires accompagnent de grandes Nérinées, Naticidés, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Textularia* sp., *Miliolidae, Neotrocholina friburgensis* GUIL. et REICH., *Acicularia* sp., *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT, *Bacinella irregulairs* RADOICIC, *Marinella lugeoni* PFENDER (35 m).

Ainsi, l'édifice récifal occupe uniquement la partie inférieure de l'ensemble. Au-dessus apparaissent, en équivalent latéral de la moitié supérieure du noyau construit de Cabo Raso, des calcaires périrécifaux à Algues et Lituolidés.

CALHAU DO CORVO: on voit au S du signal de Calhau do Corvo, dans les falaises surplombant l'Océan:

1. Calcaires gris, massifs, compacts, à accidents siliceux, plages recristallisées et Polypiers coloniaux. Les zones interstitielles se composent de calcaires graveleux et microbréchiques à fond cristallin, avec *Acicularia* sp. (5 m).
2. Marnes bleues reposant brusquement sur le niveau sous-jacent et contenant à la partie supérieure des nodules calcaires. J'ai recueilli *Goniopygus peltatus* AG., *G.* cf. *hispaniae* COTTEAU, *Pseudocidaris clunifera* (AG.), *Rhynchonella* sp., *Ostréidés* et quelques Madréporaires (10 m).
3. Calcaires gris clair, à accidents siliceux, devenant marneux à la base et au sommet. De nombreux débris bioclastiques anguleux ou arrondis sont liés par un ciment cristallin; quelques plages sont microclastiques. Les Polypiers, abondants, accompagnent des débris d'Echinides (4 m).
4. Marnes gris clair à nodules calcaires, Rhynchonelles et Térébratules (1 m).
5. Calcaires gris clair en bancs épais, compacts, à accidents siliceux, à ciment cristallin ou microcristallin et éléments figurés graveleux, hétérométriques. De nombreuses sections de Rudistes sont associées à des *Textulariidae, Nautiloculina* sp., *Cylindroporella* sp. (10 m).
6. Marnes gris foncé à nodules calcaires alternant avec des bancs onduleux de calcaires gris — prédominant à la base du niveau — à éléments bioclastiques anguleux ou émoussés liés par un fond grumeleux, microclastique et parfois cristallin. On y reconnait des Naticidés, *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), Serpules, Gastéropodes, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Haplophragmium* sp., *Textulariidae, Miliolidae, Lenticulina* sp., Dasycladacées, *Boueina* sp.; j'ai trouvé dans les bancs terminaux, au tiers supérieur de la falaise, un gisement d'Echinides avec *Phyllobrissus gresslyi* (AG.). *Ph* aff. *nicoleti* (AG.), *Nucleolites teixeirae* sp. nov., cf. *Plagiochasma excentricum* PICT. et REN., *Toxaster retusus* LMK., *Heteraster sabugensis* (DE LOR.). On peut supposer que l'*Heteraster corvensis* décrit par DE LORIOL (1887-1888 p. 95) provient de ce gîte (25 m).

Il n'y a plus ici qu'un mince niveau récifal, à la base (niveau 1). Au dessus se superposent des marnes (niveaux 2 et 4), calcaires à chailles et Rudistes (niveaux 3 et 5) puis des calcaires et marnes à Lituolidés et Dasycladacées de milieu marin restreint (niveau 6). Retenons que les assises les plus élevées contiennent *Phyllobrissus gresslyi, Ph.* aff. *nicoleti* et *Toxaster retusus*, Echinides hauteriviens.

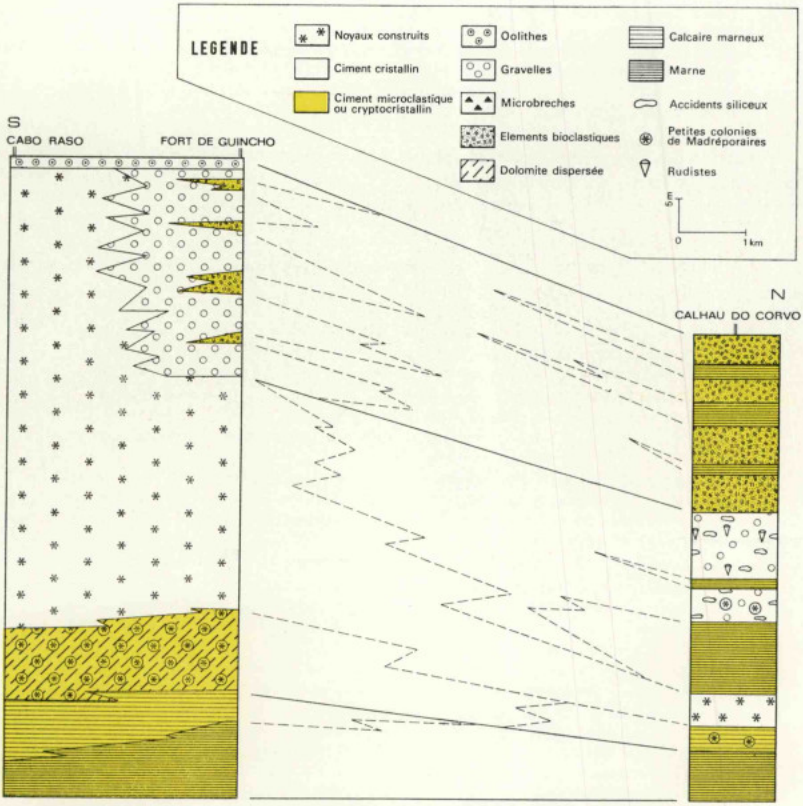


FIGURE 41. — *Les «marnes à Toxaster» et les «calcaires récifaux inférieurs». Schéma montrant les variations de faciès de l'W vers l'E, entre Cabo Raso et Calhau do Corvo.*

C'est dans ce même niveau terminal que j'ai recueilli 1 km au NW d'Algueirão, 500 m à l'ESE de Moinho da Cavaleira, *Heteraster corvensis* (DE LOR.) et *H. algueirensis* sp. nov.; et, au coeur de la cuvette de Sabugo, *Heteraster sabugensis* (DE LOR.).

b) **Les calcaires récifaux inférieurs à l'Est de Cabo Raso**

ALCABIDECHE: 7 km au NE de Cabo Raso, 110 m au NNW d'Alcabideche, immédiatement au S de la route E.N. 247.5 (*fig.* 3), la formation des «calcaires récifaux inférieures», plongeant à 45° vers le SSE, offre, de bas en haut, la composition suivante:

1. Calcaires gris, légèrement marneux, en bancs très apparents, à fond grumeleux, débris bioclastiques et gravelles, à *Textulariidae* (14,50 m).

2. Calcaires gris, compacts, à accidents siliceux, ciment cristallin ou microcristallin, éléments microbréchiques et graveleux, sans traces de dolomitisation. Parmi les fossiles — fréquemment silicifiés — apparaissent des Polypiers, Lamellibranches, *Trochotiara bourgueti* (DESOR), *Holectypus almeidae* REY, *Collyropsis ovulum* (DESOR), *Pygopyrina incisa* (AG.), *Toxaster granosus* (D'ORB.) (14 m).

3. Marnes beiges à nodules calcaires, Polypiers et radioles d'Oursins (5 m).

4. Calcaires compacts, stratifiés, à ciment cryptocristallin et nombreux éléments bioclastiques, à Madrépores dispersés (5 m).

5. Calcaires sombres, massifs, compacts, à poches de dolomite et accidents siliceux. Certaines portions de la roche, entièrement recristallisées, contiennent des Madréporaires coloniaux. D'autres zones sont cristallines et graveleuses ou cryptocristallines et chargées d'éléments bioclastiques; elles renferment de rares *Textulariidae* associés à des Térébratules, Rhynchonelles, sections de Gastéropodes et de Rudistes, radioles d'Oursins (16 m).

6. Calcaires en bancs puissants et minces passées de marnes fines, gris foncé, ou de marnes calcareuses blanches à nodules calcaires. D'un fond cristallin ou microclastique se détachent de nombreuses gravelles et débris coquilliers. Aux Naticidés se joignent des Nérinées, Lamellibranches, Térébratules, *Toxaster retusus* LMK., *Haplophragmium* sp., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Nautiloculina* sp., *Textulariidae, Cuneolina cf. camposaurii* SART et CRESC., *Cylindroporella* sp., *Acicularia* sp., *Lithocodium agregatum* ELLIOTT (30 m).

Il faut remarquer qu'un seul épisode récifal, d'importance réduite, se situe au milieu de la formation. Au-dessus et au-dessous se développent des sédiments périrécifaux.

Le niveau le plus élevé a fourni, comme à Calhau do Corvo, *Toxaster retusus*, Echinide de l'Hauterivien.

BOA VISTA: 500 m au SW de Boa Vista (fig.3), sur le côté NW de la route reliant Penha Longa et Albarraque, les «calcaires récifaux inférieurs» dessinent un relief très apparent. On voit, plongeant à 30° vers le SE:

1. Calcaires blancs, compacts, à stratifications peu apparentes, formés de plages de dolomie cristalline à Polypiers et de zones microbréchiques et graveleuses à fond cristallin; ces dernières ont fourni quelques fossiles silicifés, tels *Rhabdocidaris tuberosa* (GRAS) et *Goniopygus peltatus* (10 m).

2. Marnes calcareuses blanches à ilots de dolomie (6,50).

3. Calcaires blancs, compacts, en bancs épais, à zones recristallisées et dolomitiques séparées par un calcaire graveleux à ciment cristallin. Aux abondants Madréporaires sont associés quelques radioles d'Oursins (7 m).

4. Calcaires gris clair, en bancs horizontaux, graveleux ou microbréchiques, à ciment cristallin, avec Réquienies, Nérinées et rares Polypiers (8 m).

5. Calcaires ocre jaune, cryptocristallins ou microcristallins (4,50 m). C'est dans ce niveau qu'apparaissent 1500 m plus au NE, le long de la route Albarraque-Abrunheira, 3 passées marneuses épaisses de 1 m à Térébratules, Mollusques et *Cythereis* gr. *bernardi* GROSDIDIER, *Schuleridea* aff. *thoerenensis* (TRIEBEL), *Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp., *Buccicrenata* n. sp., *Eggerella* sp., *Choffatella decipiens* SCHLUMB.

6. Calcaires gris ou jaunes, grumeleux, à éléments bioclastiques, et marnes à nodules calcaires avec des Nérinées, Lamellibranches, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Miliolidae* et *Cylindroporella* sp. (25 m).

Dans cette coupe se succèdent deux unités récifales (niveaux 1 et 3); essentiellenment composées de Madréporaires, elles sont peu épaisses, stratifiées; elles ne sont pas renflées; elles répondent à la définition des «biostromes» [P. RAT, 1957, p. 118].

Notons par ailleurs la présence, dans une position relativement élevée (niveau 4), d'une microfaune à caractère hauterivien très marqué.

PRESA: 500 m au SW de Presa, à la terminaison périanticlinale du Massif de Sintra, sur le versant W de la vallée de Ribeira da Lage (*fig.* 58), il ne persiste aucune construction récifale. Tout au plus peut-on remarquer l'existence à la base de la formation d'une dizaine de mètres de calcaires blancs en bancs épais, grumeleux, à éléments bioclastiques, très riches en Réquiénies associées à quelques Nérinées, Naticidés, Térébratules.

BROUCO: le point le plus favorable pour l'analyse des «calcaires récifaux inférieurs» se situe 500 m au S de la ferme de Brouco, sur la rive gauche du Rio Jamor. Les couches plongent à 20° vers le S. On voit, de bas en haut:

1. Calcaires dolomitiques jaunes, massifs, à nombreux Madréporaires (6 m).

2. *a)* Calcaires blancs, compacts en bancs épais, à accidents siliceux, gravelles mal calibrées et fond cristallin ou microclastique. Aux sections de Rudistes se joignent des *Miliolidae* et *Pseudotextulariella* cf. *salevensis* CHAR., BRÖN. et ZAN. (3 m).

b) Calcaires gris foncé, en bancs onduleux de 0,2 à 0,40 m, à ciment cristallin ou microclastique, débris bioclastiques anguleux, gravelles et rhomboèdres de dolomite, renfermant des Réquiénies, Gastéropodes, Lamellibranches, *Miliolidae*, *Textulariidae* et *Lenticulina* sp. (2,50 m).

3. Calcaires clairs, à fond cryptocristallin et nombreux débris bioclastiques anguleux ou émoussés. On y reconnait des Lamellibranches, Térébratules, Serpules, Ostracodes, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Everticyclammina greigi* (HENSON), *Textulariidae* (14 m).

4. Calcaires ocre jaune, cryptocristallins, azoïques (2 m).

5. Calcaires gris foncé, cryptocristallins ou grumeleux, à éléments bioclastiques, en bancs onduleux intercalés de marnes blanches. Le quartz détritique abonde dans certains lits. Le niveau a fourni *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), Térébratules, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Lenticulina* sp., *Haplophragmoides* sp. (15 m).

Ainsi, dans une série d'épaisseur réduite se développe, à la base, une assise à Polypiers (niveau 1) offrant, par sa structure massive et par sa forte recristallisation, les caractéristiques d'un petit édifice corallien. Lui font suite des calcaires périrécifaux (niveau 2) puis des marnes et calcaires alternés, riches en Lituolidés (niveaux 3 à 5), probablement accumulés en milieu marin restreint.

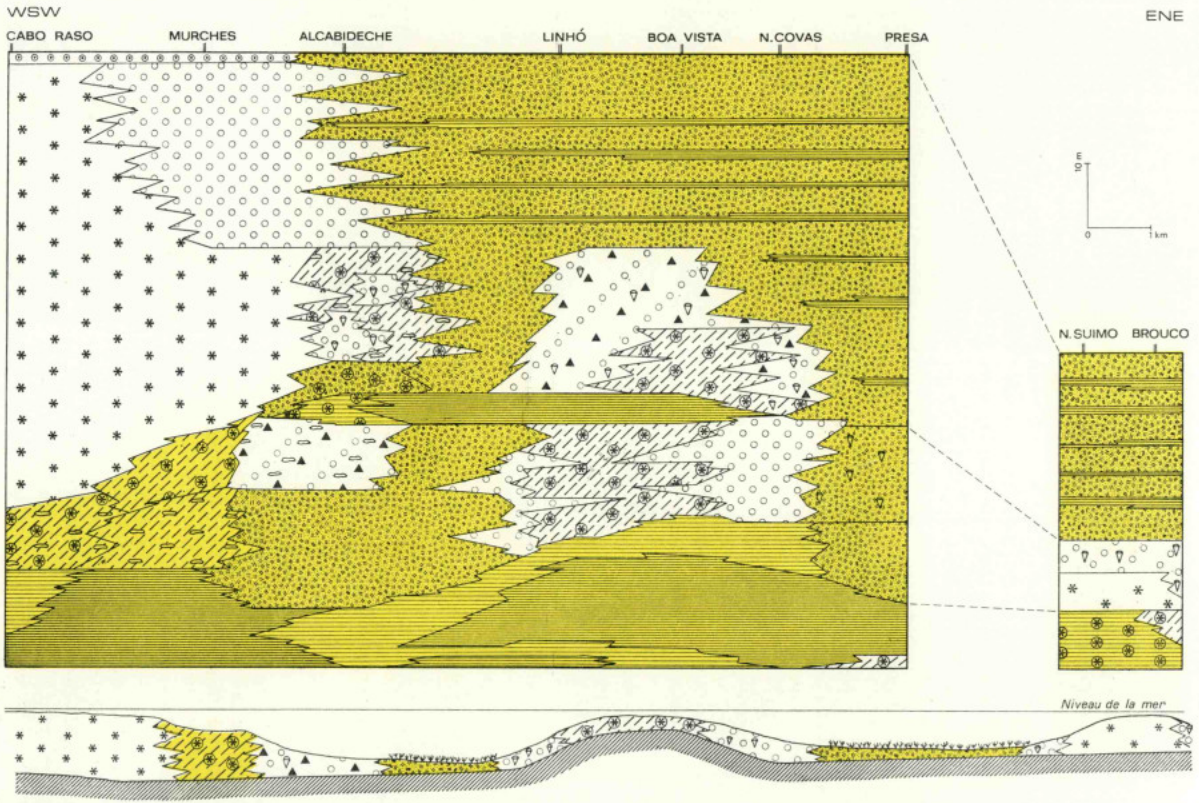


FIGURE 42. — *Les «marnes à Toxaster» et les «calcaires récifaux inférieurs». Schéma montrant les variations de faciès de l'W vers l'E, entre Cabo Raso et Brouco.*
Les figurés employés sont les mêmes que pour la fig. 41.

c) **Précisions chronostratigraphiques**

Les principaux indicateurs d'âge de cette formation sont des Echinides. Citons:

— à la partie inférieure, *Goniopygus peltatus, Rhabdocidaris tuberosa, Pseudocidaris clunifera, Trochotiara bourgueti, Collyropsis ovulum, Pygopyrina incisa, Toxaster granosus.* Cette association daterait plutôt de l'Hauterivien inférieur;

— à la partie supérieure, *Phyllobrissus gresslyi, Ph.* aff. *nicoleti, Toxaster retusus.* Ces Echinides sont communément cités à l'Hauterivien.

L'âge hauterivien est confirmé par la présence, dans des assises médianes, de microfossiles hauteriviens, tels *Buccicrenata* n. sp., *Cythereis* gr. *bernardi* et *Schuleridea* aff. *thoerenensis.*

Ainsi, on peut considérer que *l'ensemble des «calcaires récifaux inférieurs» date de l'Hauterivien.* C'est l'une des raisons qui incitent à abandonner la dénomination d' «urgonien» utilisée jusqu'à ce jour, ce terme devant désigner des calcaires à Rudistes du Barrémien et de l'Aptien [P. RAT, 1963].

Rappelons enfin que c'est dans cette formation qu'apparaissent *Choffatella decipiens* et les premiers représentants du genre *Heteraster.*

d) **Les milieux de dépôt**

La stratigraphie ainsi présentée à l'aide de quelques coupes ne nous apporte qu'une connaissance très fragmentaire des milieux de dépôt. Un fait essentiel ressort cependant: l'ensemble des «calcaires récifaux inférieurs» ne se compose que de deux grands types de sédiments: *les masses coralliennes* et *les accumulations de bassin interne.*

Affinons maintenant cette donnée en analysant, à partir de toutes les observations de terrain, l'enchaînement dans l'espace des divers faciès. Un certain nombre de lithotopes et biotopes seront ainsi reconnus et décrits; leur distribution géographique sera précisée, permettant une reconstitution des paysages. Par ailleurs, l'étude de la succession chronologique des faciès nous apportera des précisions sur la dynamique du bassin sédimentaire.

*
* *

LA RÉPARTITION DES FACIÈS DANS L'ESPACE (*fig.* 41 et 42)

On distingue, en allant de Cabo Raso vers l'E et vers le N:

1) *Le noyau construit de Cabo Raso.*

Nous en avons évoqué les caractères lors de l'étude des affleurements de la région de Cascais: dolomies cristallines à Madréporaires séparant des îlots de calcaires microbréchiques ou graveleux, sans stratifications visibles. Aucune intercalation calcaire de composition différente n'apparaît. Cette formation a été démantelée par des abrasions pleistocènes et quaternaires et hachée par de multiples failles, de sorte que ses caractères géométriques sont mal connus. Elle se situe au bord de l'Atlantique, à l'extrémité occidentale de l'Estremadura et s'étend — dans sa phase de plus grand développement — de Cabo Raso, au SW, à Murches, au NE et de Cascais, au SE, à Guincho, au NW, sur une superficie d'environ 20 km^2. Néanmoins, il y a tout lieu de penser que sa partie orientale nous est seule conservée, le reste étant immergé. Son épaisseur maximum peut être évaluée à 70 m. On ne peut dire si le petit niveau récifal de Calhau do Corvo, 7,5 m au N de Guincho, appartient à la même unité ou représent une construction indépendante.

Ces donnés nous amènent à imaginer un noyau construit, complexe organogène caverneux à charpente formée de Madrépores. Les vides sont colmatés par des matériaux de démantèlement du récif. L'absence de toutes traces de stratification ne permet pas de définir la position de vie des Polypiers. Ces organismes participent seuls à l'élaboration de l'édifice. Ils ne paraissent accompagnés d'aucun autre Métazoaire. Je n'y ai pas observé de Foraminifères, ni d'Algues: le récif est donc «*monostoéique*» au niveau de l'Embranchement, suivant la terminologie proposée par G. LUCAS [1970].

> Un tel biotope apporte de précieuses indications sur le milieu ambiant; en effet, le développement des constructions à Polypiers présuppose de nos jours un certains nombre de conditions physico-chimiques [Ph. KUENEN, 1950, p. 416; A. GUILCHER, 1954, p. 92]: température de 25 à 30°; profondeur inférrieure à 50 ou 60 m; salinité normale; eaux pures, dépourvues de boues.

La dolomitisation est un phénomène couramment décrit dans les constructions coralliennes. Elle pourrait être due à une teneur élevée en anhydride carbonique, par décomposition de la matière organique, et aux évaporations intenses, propres aux mers tropicales, déterminant une élévation de la salinité des eaux [G. M. FRIEDMAN et J. E. SANDERS 1967, p. 296]. Elle se produit, semble-t-il, dans les zones récifales proches de la surface et protégées des influences du large [A. VATAN, 1967, p. 250).

L'édifice est beaucoup plus étendu qu'épais mais il s'élevait probablement au-dessus du milieu environnant, comme le prouvent l'accumulation sur ses bordures de produits de sa destruction et l'existence de domaines abrités vers l'E. C'est en ce sens qu'il est permis de dire qu'il constitue un «bioherme» [P. RAT, 1957, p. 118]. Le fait qu'il ne soit pas visible dans son ensemble rend plus délicate son idenfication morphologique: était-ce un récif-barrière — situé à une certaine distance du continent dont il est séparé par un bassin marin interne; ou bien un récif de plate-forme — isolé sur le plateau continental, étroit et dépourvu de lagon? Tous les sédiments connus à l'E de l'édifice récifal, entre celui-ci et le rivage, offrent les caractères de dépôts marins restreints, lagonaires. Il semble donc qu'une construction organogène relativement continue, dont le noyau de Cabo Raso reste le seul témoin, ait séparé le milieu de sédimentation interne du domaine marin ouvert (situé à l'emplacement actuel de l'Océan Atlantique). *La formation de Cabo Raso répondrait donc à la définition d'un récif-barrière.*

2) *Les dépôts de la pente interne.*

Dans la région de Murches et d'Alcabideche, à l'E de Cabo Raso, comme à Guincho et Calhau do Corvo, au N, affleurent des calcaires microbréchiques et graveleux ainsi que, localement, des calcaires grumeleux ou microclastiques riches en éléments bioclastiques. Ces types de sédiments sont associés à des *eaux relativement agitées*, d' «énergie élevée» [W. J. PLUMLEY, G. A. RISLEY, R. W. GRAVES et M. E. KALEY, 1967]. La surface de dépôt est essentielement alimentée par des épandages d'éléments clastiques, petits débris de roches et d'organismes issus pour une part du noyau construit.

Du point de vue minéralogique, deux caractères importants doivent être notés: d'une part, les sédiments sont partiellement *dolomitisés*, en raison de la proximité de l'édifice récifal; d'autre part, ils sont riches en *silice* qui se concentre sous la forme d'accidents siliceux ou de fossiles silicifiés.

La richesse en silice s'expliquerait par le fait que ce minéral constitue un produit «terrigène attardé» (A. LOMBARD, 1956, p. 228). Sa teneur croît lorsque cesse la formation des colloïdes argileux. Sa fixation pourrait être réalisée à l'aide des Spongiaires, animaux qui peuplent fréquemment la bordure des constructions coralliennes. Leurs spicules serviraient de germe pour constituer les accidents siliceux. Des transformations épigénétiques permettraint la silicification d'autres restes organiques.

La pente interne forme un *biotope* très caractéristique: on y trouve encore quelques petites colonies de Madréporaires dispersées. Ces groupements sont en place; ils ne peuvent pas être considérés comme des fragments détachés du noyau construit; ils sont accompagnés de Rudistes, grandes Nérinées, Brachiopodes, Echinides réguliers, Algues encroûtantes, mais aussi de quelques Dasycladacées (*Cylindroporella*) et de Foraminifères (Textulariidés, Trocholines, Lenticulines).

On peut supposer qu'aucun accore ne séparait la pente interne du récif et du lagon: je n'ai reconnu nulle part de blocs rocheux pouvant résulter de la destruction d'abrupts ou ayant roulé sur de fortes pentes; les passages de faciès d'une zone à l'autre sont progressifs. Il est donc probable que *la pente interne s'abaissait lentement et plus ou moins régulièrement vers le lagon.*

3) *Les dépôts du lagon.*

Ils apparaissent, d'une manière générale, à l'E du méridien d'Alcabideche. Ils correspondent principalement à des calcaires bioclastiques à ciment cryptocristallin ou grumeleux formant des bancs peu épais qui alternent avec des interbancs marneux. Ce *milieu abrité,* de «faible énergie», est soumis à des influences continentales, sous la forme d'*épandages terrigènes* dont l'importance croît de l'W vers l'E. Le fond plus ou moins vaseux, est riche en Lituolidés, Brachiopodes, Gastéropodes, Lamellibranches (Ostréidés) et Spatangidés. Les Dasycladacées sont relativement rares.

Le lagon n'est pas homogène et plusieurs structures particulières se différencient localement:

— Dans la région de Boa Vista, deux ensembles pararécifaux superposés s'insèrent dans la série. Ce sont des calcaires stratifiés, cristallins, partiellement dolomitisés, à petites colonies de Madréporaires. Les stratifications sont horizontales et ces structures ne paraissent pas s'être surélevées sous l'action des organismes. Elles constituent donc des «biostromes». Cependant, l'existence à la périphérie de sédiments graveleux et microbréchiques provenant de leur démantèlement montre que les *biostromes ont occupé une zone haute* par rapport aux fonds environnants. On peut donc imaginer qu'une ride accidentait à cette époque la région de Boa Vista; les tranches d'eaux plus minces qu'aux alentours favorisaient la vie de Polypiers et la dolomitisation partielle du sédiment. Il faut remarquer qu'ici aussi *les Rudistes ont proliféré en bordure des biotopes à Madrépores.* Une biozonation identique a été décrite par J. P. MASSE dans les récifs d'Orgon [1966].

— Dans la région de Brouco s'élève un petit édifice corallien, entièrement recristallisé, sans stratifications apparentes. Il semble répondre à la définition du *pinacle corallien* «petit sommet coralligène immergé, croissant dans les lagons» [A. LOMBARD, 1956, p. 59].

*
* *

LA SUCCESSION DES FACIÈS DANS LE TEMPS (*fig.* 41 et 42)

En l'absence d'indicateurs paléontogiques très précis, abondants et répartis dans les divers milieux, il est délicat de proposer une succession chronologique détaillée des événements survenus dans le bassin sédimentaire.

Notons néanmoins que les constructions récifales apparaissent, d'une manière générale, au cours de l'Hauterivien, à la suite des dépôts de mer ouverte de l'Hauterivien inférieur. Leur mise en place est précédée d'une diminution des apports terrigènes et d'accumulations de boues calcaires rapidement indurées, bases solides favorisant l'installation et la croissance des édifices coralliens.

En un premier temps les formations récifales sont très étendues: le récif-barrière de Cabo Raso dépasse Guincho et le méridien de Murches; le noyau construit de Calhau do Corvo apparaît plus au N; les biostromes de Boa Vista et le pinacle de Brouco surgissent dans les eaux du lagon.

En un second temps l'édifice de Cabo Raso se retire vers l'W, n'affleurant plus que sur une superficie très limitée, entre le phare de Guia et le fort de Crismina. Toute construction corallienne disparaît plus à l'E, dans le bassin marin interne qui s'étend; ce dernier domaine est le théâtre de sédimentations calcaires et argileuses, sur des fonds peuplés de Lituolidés, Mollusques et Spatangidés.

La formation des «calcaires récifaux inférieurs» présente donc, de bas en haut, une évolution régressive.

P. RAT [1957, p. 496] pensait que c'est la recrudescence des apports terrigènes qui détermine un recul des édifications coralliennes. Mais on peut estimer aussi que ces deux faits ne sont que la résultante d'un même phénomène, plus précisément d'une régression de la mer qui provoque une migration des récifs vers le large et, par abaissement du niveau de base, une reprise de l'érosion sur les aires émergées et une augmentation des décharges de sédiments détritiques continentaux.

C) *LES CALCAIRES A CHOFFATELLES ET DASYCLADACÉES*

a) **Description**

Analysons les successions les plus représentatives.

GUINCHO: la série de Cabo Raso à Crismina, hachée de failles, ne nous avait fourni qu'un aperçu incomplet de la composition des «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées». Examinons donc la coupe de Guincho, 2,5 km plus au N (*fig.* 3).

Entre la plage et le fort de Guincho affleure la partie supérieure de l'ensemble hauterivien — barrémien inférieur. On voit de bas en haut, plongeant à 45° vers le S:

1. Calcaires microbréchiques et graveleux; les éléments de grande dimension sont liés par un ciment cristallin. Aux sections de Nérinées et Lamellibranches se joignent *Haplophragmium* sp., *Triploporella* sp., *Bacinella irregularis* RADOICIC (2 m).

2. Calcaires gris clair, compacts, en bancs bien différenciés, séparés par de minces et rares lits plus marneux. Les stratifications sont onduleuses. D'un fond cristallin à grumeleux ressortent des gravelles et de fins éléments micro-

bréchiques. On y reconnait des sections de grandes Nérinées, Entroques, radioles d'Oursins, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Nezzazata* sp., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Miliolidae*, *Acicularia* sp., *Actinoporella* sp., *Boueina* sp., *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT (12 m).

3. Marnes blanches à nodules calcaires, avec *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), Naticidés, *Asciocythere* sp., *Cytherella* sp., *Schuleridea* sp., *Macrodentina* (*Dictyocythere*) n. sp., *Choffatella decipiens* (SCHLUMB.), radioles d'Oursins (0,80 m).

4. *a*) Calcaires gris clair, en bancs puissants, à passées onduleuses légèrement plus marneuses. Un ciment grumeleux soude de petites gravelles et de nombreux éléments bioclastiques. Le banc de la base est cristallin et graveleux. J'ai recueilli des Naticidés, Ostréidés, quelques Polypiers, *Toxaster* aff. *ricordeaui* COTTEAU, *Heteraster couloni* (AG.), *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., Miliolidés, *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Boueina* sp., *Acicularia endoi* PRATURLON, *Pianella muehlbergii* (LORENZ), *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT (18 m).

b) Calcaires gris clair, à stratifications onduleuses, à fond cristallin, microcristallin ou grumeleux, à éléments clastiques anguleux ou arrondis, alternant avec des marnes à nodules calcaires. On trouve des Ostréidés, Gastéropodes, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Ammobaculites* sp., *«Mayncina»* sp., Textulariidés, Miliolidés, *Nautiloculina* sp., *Nezzazata* sp., *Lenticulina* sp., *Cylindroporella* sp. (14 m).

5. Marnes blanches à dents de Poissons, Choffatelles, Trocholines (4 m).

6. Calcaires gris clair, en bancs onduleux épais et compacts, à ciment grumeleux et nombreux et fins débris bioclastiques, avec *Orbitolinopsis* gr. *flandrini* MOULLADE, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), Miliolidés, *Trocholina* sp., *Nezzazata* sp., *Pianella muehlbergii* (LORENZ), *P. melitae* (RADOICIC) (4 m).

7. Marnes calcareuses blanches ou grises à nodules calcaires, passant progressivement aux assises supérieures et inférieures, à Ostréidés, Gastéropodes, radioles d'Oursins, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Trocholina* sp., *Macrodentina* (*Dictyocythere*) n. sp., *Cytherella* sp., *Eocytheropteron* sp., *Schuleridea* sp., Dasycladacées (1,20 m).

8. Calcaires gris clair, en bancs onduleux, et marnes schisteuses gris foncé. Les calcaires contiennent des gravelles hétérométriques liées par un fond cristallin, grumeleux ou cryptocristallin. J'ai recueilli de grandes Nérinées, *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *Trochotiara* cf. *sculptilis* (DE LOR.), *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Ammobaculites* sp., *«Mayncina»* sp., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Miliolidae*, *Lenticulina* sp., *Cayeuxia* sp., *Cylindroporella sudgeni* ELLIOTT, *Acicularia comanchense* JOHNSON, *Actinoporella podolica* ALTH. (25 m).

Au-dessus viennent les argiles et les grès de la base des «couches d'Almargem».

En résumé la formation des «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» est épaisse de plus de 80 m. L'association d'*Orbitolinopsis* gr. *flandrini*, *Pseudotextulariella scarsellai*, *Pianella muehlbergii*, *P. melitae*, *Cylindroporella sudgeni*, *Acicularia endoi* et *Heteraster couloni* témoigne d'un âge barrémien. *Trochotiara sculptilis* compte parmi les organismes caractéristiques du Barrémien portugais.

Les calcaires ont un ciment cryptocristallin prédominant et sont riches en Dasycladacées et Lituolidés: ils se sont probablement accumulés dans un milieu marin restreint, aux eaux calmes. La pauvreté en argiles, la présence à différents niveaux d'assises microbréchiques ou graveleuses à fond cristallin, la présence de grandes Nérinées et d'Algues encroûtantes pourraient cependant être les indices d'une proximité du domaine récifal.

CALHAU DO CORVO: 7,5 km au N de Guincho, les affleurements de Calhau do Corvo se différencient par des intercalations argileuses plus abondantes.

On observe, de part et d'autre du signal géodésique, 79 m de marnes sombres à nodules calcaires, alternant avec des calcaires à fond généralement cryptocristallin, grumeleux ou microclastique, riches en débris bioclastiques et fines gravelles. Quelques passées sont plus grossièrement graveleuses. J'y ai reconnu, entre autres fossiles, *Trochotiara sculptilis* (DE LOR.), *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Everticyclammina greigi* (HENSON), *«Mayncina»* sp., *Haplophragmoides* sp., *Ammobaculites* sp., *Orbitolinopsis* gr. *flandrini* MOULLADE, *Nezzazata* sp., *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Cuneolina camposaurii* SART. et CRESC., *Neotrocholina friburgensis* GUIL. et REICH., *Actinoporella* sp., *Cylindroporella sudgeni* ELLIOTT, *Acicularia endoi* PRATURLON, *A. comanchense* JOHNSON, *Pianella muehlbergii* (LORENZ), *P. genevensis* CONRAD, *Bacinella irregularis* RADOICIC, *Boueina* sp.

ALCABIDECHE: l'évolution lithologique est semblable à l'E et au N de Guincho. Ainsi, à Alcabideche, 5 km à l'E de Guincho (*fig.* 3), les intercalations marneuses deviennent plus nombreuses et plus épaisses. En outre, quelques bancs de calcaires gréseux apparaissent au tiers inférieur de la série. La formation débute par un banc aisément repérable de calcaire jaune, cryptocristallin, à débris bioclastiques.

Les calcaires microclastiques, grumeleux ou cryptocristallins, riches en éléments bioclastiques, alternent avec des calcaires graveleux à ciment cristallin. J'ai reconnu, notamment, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Nezzazata* sp., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Neotrocholina friburgensis* GUIL. et REICH., *Pianella melitae* (RADOICIC), *P. muehlgergii* (LORENZ), *Cylindroporella sudgeni* ELLIOTT, *Acicularia endoi* PRATURLON, *Munieria baconica* HANTKEN, *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) n. sp. On peut remarquer, en outre, la présence d'*Archaelithothamnium* sp. La formation est épaisse de 86 m.

BOA VISTA: les «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» de Boa Vista ont pour trait majeur de renfermer à 8 m du toit un banc de calcaire graveleux et glauconieux à ciment grumeleux, riche en fructifications de Charophytes associées à *Choffatella decipiens* SCHLUMB.

RIO DE MOURO: les «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» affleurent largement à l'E de Presa, sur le versant E de la vallée de Ribeira da Lage. Ils forment l'armature du plateau qui porte le quartier moderne de Rio de Mouro, au S de la gare (*fig.* 58).

On observe des bancs onduleux de calcaires à ciment cristallin, grumeleux ou cryptocristallin, à éléments graveleux et bioclastiques, alternant avec des marnes à nodules calcaires. Les *Natica pseudo-leviathan* CHOF. sont très nombreuses, associées à *Trochotiara sculptilis* (DE LOR.), *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Neotrocholina frigurgensis* GUIL. et REICH., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Acicularia comanchense* JOHNSON, *Boueina* sp., *Pianella* sp., *Actinoporella* sp., *Cayeuxia* sp.

BROUCO: la série de Brouco retiendra plus longuement notre attention car elle offre des faciès quelque peu différents.

Les «calcaires récifaux inférieurs» sont surmontés sur la rive droite du Rio Jamor (*fig.* 11) par les assises suivantes, plongeant à 20° vers le S:

1. Dolomies microcristallines ocre jaune (2,50 m).
2. Calcaires gris, à fond microclastique et éléments bioclastiques anguleux ou émoussés, en bancs onduleux alternant avec des passées marneuses peu appa-

rentes. On y voit des Lamellibranches dont *Exogyra tuberculifera* (K. et D.) et *Trochotiara sculptilis* (DE LOR.), Serpules, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Textulariidae* (8,50 m).

3. Dolomies ocre jaune à quartz anguleux dispersés (1,75 m).

4. Calcaires gris clair, en bancs onduleux mal différenciés séparés par des interbancs plus marneux. Le ciment est microclastique ou grumeleux; du quartz anguleux accompagne de très abondants éléments bioclastiques anguleux ou émoussés. J'ai recueilli des Serpules, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Ammobaculites* sp., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Acicularia comanchense* JOHNSON, *Boueina* sp. (1,75 m).

5. Dolomies ocre, gréseuses, finement cristallines (0,50 m).

6. Calcaires gris, microclastiques, à nombreux éléments bioclastiques, formant des bancs mal individualisés ou des nodules emballés dans des marnes blanches ou grises. Certains bancs sont riches en quartz détritique anguleux. Le niveau contient *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), Gastéropodes, Serpules, *Trochotiara sculptilis* (DE LOR.), *Heteraster lepidus* DE LOR., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Everticyclammina greigi* (HENSON), *Haplophragmoides* sp., *Textulariidae*, *Boueina* sp. (19 m).

7. Dolomies jaunes à débris d'Ostréidés (0,75 m).

8. Marnes calcareuses blanches intercalées de 4 bancs de calcaires dolomitiques jaunes, microcristallins, et de nodules ou lits mal différenciés de calcaire gris, légèrement marneux, grumeleux, à nombreux débris bioclastiques et Ostréidés, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Haplophragmoides* sp., *Cylindroporella sudgeni* ELLIOTT, Serpules (9,50 m).

9. Calcaires gréseux gris à jaunâtres, en bancs bien individualisés, grumeleux ou microcristallins, à gravelles hétérométriques et éléments bioclastiques glauconieux au sommet, avec *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Nezzazata* sp., *Lenticulina* sp., *Actinoporella* sp. (0,90 m).

10. Calcaires gris clair, en bancs onduleux, à ciment cryptocristallin, grumeleux ou microcristallin, à gravelles d'origine organique et quartz anguleux dispersés, à Ostréidés, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Miliolidae* (3,20 m).

11. Dolomies gréseuses ocre (0,20 m).

12. Calcaires gris clair ou jaune pâle, en bancs bien différenciés, sans interbancs marneux, à oolithes et gravelles joints par un ciment microcristallin ou cryptocristallin, avec des Ostréidés, Serpules, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Miliolidae*, *Textulariidae*, *Lenticulina* sp., *Trocholina* sp. (7 m).

13. Calcaires jaunes ou gris, en dalles et minces bancs alternant avec des dolomies ocre et avec des calcaires légèrement marneux. Le ciment microclastique emballe de très nombreux éléments bioclastiques. *Choffatella decipiens* SCHLUMB. est associée à *Everticyclammina* cf. *greigi* (HENSON), *«Mayncina»* sp., *Nezzazata* sp., *Textulariidae*, Serpules (4 m).

14. Dolomies microcristallines ou cryptocristallines ocre (9 m).

Les termes sus-jacents représentent la base des «couches d'Almargem».

Il faut souligner que la formation est légèrement moins puissante (65 m environ) que dans les contrées plus occidentales. Les intercalations marneuses et dolomitiques sont nombreuses. Le quartz détritique est présent à tous les niveaux. Les Serpules et les Lituolidés (*Choffatella*, *Everticyclammina*, *«Mayncina»*, *Ammobaculites*, *Haplophragmoides*) abondent. Les Algues (plus précisément les Dasycladacées) se raréfient. Ces divers caractères pourraient être la marque d'une sédimentation *en milieu proche de la zone intertidale, de l'étage médiolittoral.*

b) Conclusions chronostratigraphiques

Les «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» reposent sur une formation d'âge hauterivien («calcaires récifaux inférieurs»). Leur limite inférieure — matérialisée par des calcaires bréchiques ou graveleux à l'W, par des calcaires jaunes cryptocristallins ou par des dolomies ocre jaune à l'E — coïncide avec un renouvellement des espèces qui est dû, non à des modifications du milieu (car des conditions de sédimentation identiques sont connues dans les deux formations), mais à l'apparition de nouvelles structures organiques. Cette limite serait donc isochrone sur toute la superficie du bassin marin de l'Estremadura. Elle correspondrait à un plan chronostratigraphique.

Les «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» ont fourni des organismes communément cités à partir du Barrémien (*Pseudotextulariella scarsellai, Pianella muehlbergii, P. melitae, Cylindroporella sudgeni, Acicularia endoi*) ou propres au Barrémien (*Orbitolinopsis* gr. *flandrini, Heteraster couloni*). Comme ils sont surmontés par des assises rapportées, elles aussi, au Barrémien [J. REY, 1966], on peut considérer qu'*ils représentent uniquement la partie inférieure du Barrémien* ou *«Barrémien inférieur»*, aucune valeur biozonale rigoureuse n'étant accordée à cette locution.

c) Conclusions sédimentologiques

Les «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» se sont déposés dans un *milieu marin restreint.* La surface de sédimentation, peu profonde, fréquemment alimentée en matériaux terrigènes, aux eaux calmes, était couverte d'herbiers à Dasycladacées et peuplée de Foraminifères à test agglutiné (Texulariidés, Lituolidés, Orbitolinidés) auxquels se joignaient des Serpules, Spatangidés, Naticidés, Ostréidés et divers autres Lamellibranches. Une évolution horizontale des faciès peut être relevée de l'E vers l'W: dans la région de Brouco, aux confins orientaux, affleurent des formations à affinités intertidales; à l'extrémité occidentale de l'Estremadura (sur les rivages actuels de l'Atlantique) apparaissent des accumulations périrécifales, de la pente interne. On peut donc imaginer qu'un récif-barrière, aujourd'hui immergé, limitait cette mer restreinte (ou lagon) vers l'W. Ainsi, *la formation des «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées», régressive par rapport aux «calcaires récifaux inférieurs» sous-jacents, pourrait correspondre, non à l'extinction, mais à un nouveau stade de retrait des édifices coralliens.*

3° RÉCAPITULATION

L'ensemble de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur s'organise sur le pourtour de la Serra de Sintra en *trois formations progressivement régressives* les unes par rapport aux autres:

— les «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» (Hauterivien inférieur), à la base, traduisent un milieu marin ouvert, circalittoral, à l'W (marnes et calcaires marneux à Ammonites et Echinides), et récifal à l'E (calcaires coralliens);

— les «calcaires récifaux inférieurs» (Hauterivien inférieur à supérieur) montrent un récif-barrière près de l'actuelle côte atlantique et, plus à l'E, un lagon à surface topographique irrégulière, accidentée de pinacles et de hauts-fonds que couronnent des biostromes;

— les «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» (Barrémien inférieur), au sommet, se sont accumulés dans un milieu marin restreint, proche du domaine récifal à l'W, voisin de l'étage médiolittoral à l'E.

*
* *

Deux conclusions s'imposent:

1) *le plan de sédimentation s'élève toujours de l'W vers l'E;*

2) l'histoire du bassin marin durant l'Hauterivien et le Barrémien inférieur se résume en un *retrait progressif de la mer dans un milieu favorable aux édifications coralliennes* (*).

Une évolution analogue a été décrite en Suisse [M. CONRAD, 1969], dans le Jura français [S. GUILLAUME, 1966] et en Provence [J. P. MASSE, 1966]. L'instauration du régime récifal est cependant plus tardive dans ces diverses régions qu'au Portugal: elle s'y produit, non pas à l'Hauterivien mais au Barrémien. Ce décalage pourrait s'expliquer par une profondeur plus grande du plateau continental.

II. — L'HAUTERIVIEN ET LE BARRÉMIEN INFÉRIEUR CALCARÉO-DÉTRITIQUES

Les calcaires et grès alternés sont connus à l'E (brachyanticlinal de Caneças), au N (flanc N du synclinal de Pero Pinheiro) et au S (Serra da Arrábida) du domaine de sédimentation calcaréo-marneuse. Examinons successivement ces divers affleurements.

1° BRACHYANTICLINAL DE CANEÇAS

Le brachyanticlinal de Caneças prolonge vers l'E, au-delà de la faille de Dona Maria, le dôme de Brouco. Les termes de l'ensemble hauterivien - barrémien inférieur apparaissent dans l'axe du pli, 1250 m au N de Caneças, entre la Quinta da Água Ferrea, à l'E, et le hameau de Camarões, à l'W (*fig.* 43). Ils ressurgissent sur le versant SW, en fond de thalweg, au N de la ferme de Bretão, 1200 m au NW de Caneças.

Ces affleurements se situent à 2,5 km au N de Casais da Cambra et 4 km au NE de Brouco.

J'ai relevé au coeur du pli, 200 m au SSE de la Quinta de Senhora dos Enfermos, la succession suivante:

1. Alternance, en bancs horizontaux, de grès fins ocre, de dolomies microcristallines, d'argiles gréseuses blanches et de grès grossiers à granules et galets de quartz émoussé (niveau visible sur 8 m).

2. Calcaires gris jaunâtre, en minces bancs onduleux, et marnes blanches ou grises. Les calcaires possèdent un ciment microclastique ou grumeleux, des oolithes, des gravelles et des grains de quartz dispersés. On y reconnaît des

(*) D'une manière générale, les époques de régression ne sont pas propices aux formations récifales [M. L. IRWIN, 1964], l'abaissement du niveauu de la mer s'opposant à l'élévation des structures coralliennes. Il faut donc admettre que le fond portant les récifs était subsident. De plus, dans l'exemple étudié ici, les Madrépores ont pu se maintenir à une profondeur d'eau constante par migration des noyaux construits vers le large.

Gastéropodes, Ostracodes, Lamellibranches, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Cylindroporella sudgeni* ELLIOTT (20 m). Ce même niveau a fourni 250 m au S de Camarões *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *Nucleolites* cf. *piveteaui* (LAMBERT) et *Trochotiara sculptilis* (DE LOR.).

3. Calcaires gréseux ocre et calcaires grumeleux, à plages riches en gravelles, oolithes et débris bioclastiques, avec *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Miliolidae* (3 m).

Les grès d'Almargem surmontent ce dernier niveau.

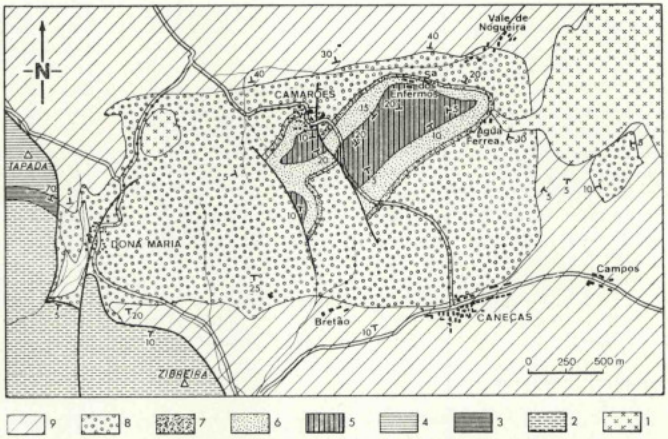


FIGURE 43. — *Carte géologique du brachyanticlinal de Caneças*
1: roches volcaniques; 2: Jurassique supérieur; 3: Berriasien; 4: Valanginien; 5; Barrémien inférieur; 6: grès d'Almargem inférieurs; 7: grès d'Almargem médians; 8: grès d'Almargem supérieurs; 9: Cénomanien.

L'association dans le niveau 2 de *Choffatella decipiens, « Mayncina»* sp., *Cylindroporella sudgeni* et *Trochotiara sculptilis* a déjà été citée dans le Barrémien inférieur. Les grès et dolomies du niveau 1 sous-jacent sont stériles; on peut supposer qu'ils représentent l'équivalent latéral d'une des assises dolomitiques, marneuses ou calcaréo-gréseuses relevées dans la formation des «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» de Brouco.

En résumé, l'ensemble des dolomies, grès et calcaires qui occupe le coeur du brachyanticlinal de Caneças daterait du Barrémien inférieur. Les données recueillies sont insuffisantes pour reconstituer les milieux de dépôt. On notera, tout au plus, que la profondeur de la surface de sédimentation est moindre qu'à Brouco; les terres émergées sont probablement plus proches.

2° FLANC NORD DU SYNCLINAL DE PERO PINHEIRO

A) *LA SÉRIE D'ERICEIRA*

La région d'Ericeira, à l'extrémité occidentale du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro, offre d'excellents affleurements de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur.

D'une manière générale, les couches plongent faiblement vers le S. Les différents niveaux sont découpés en falaises depuis l'embouchure du Rio Safarujo, au N, jusqu'à Ericeira, au S (*fig.* 44). Plusieurs accidents orientés NE-SW ou E-W ne s'opposent pas à une reconstitution complète de la succession verticale.

COUPE D'ERICEIRA — De la base au sommet s'enchaînent les niveaux suivants:

Marnes et grès de Santa Susana

Cette formation apparaît immédiatement au S de l'embouchure du Rio Safarujo, dans les falaises couronnées par le forte de Santa Susana. Aux grès valanginiens succèdent:

1. Marnes schisteuses noires, vertes ou brunes, sulfureuses, intercalées à 1 m de la base d'un banc horizontal de calcaire microcristallin et cryptocristallin, à quartz anguleux et débris coquilliers. Un banc dolomitique se place à 1 m du sommet. Ces deux lits plus durs contiennent de nombreux *Purpurina falloti* CHOF., associés à *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *Neithea* sp., *Cyprina* sp., Naticidés, *Montlivaultia* sp. Les marnes n'ont fourni que quelques Ostracodes et dents de Poissons (4,50 m).

2. *a*) Grès tendres, fins, en bancs horizontaux onduleux de 0,20 à 0,50 m, à stratifications internes obliques, intercalés de minces lits de grès à ciment de calcaire cristallin et de marnes à Gastéropodes, Lamellibranches, dents de Poissons (12 m).

b) Calcaires gréseux jaunes, en bancs horizontaux onduleux séparés par de minces interbancs de grès fin. Le ciment est cristallin et le quartz anguleux, homométrique. Je n'ai relevé la présence d'aucun fossile (6 m).

Calcaires à Rudistes de Praia dos Coxos

Au S du fort de Santa Susana, de part et d'autre de la crique de Praia dos Coxos, on voit, sur les calcaires gréseux du niveau 2:

3. *a*) Calcaires jaune pâle, durs, compacts, en deux bancs mal individualisés, graveleux et gréseux, à ciment cristallin ou microclastique. La teneur en quartz décroît de bas en haut. Quelques petites colonies de Madréporaires sont dispersées et associées à des Rudistes (*Requienia* sp.) grandes Nérinées, Naticidés, Ostréidés, radioles d'Oursins, *Ammobaculites* sp., *Marssonella* sp., Miliolidés, *Nautiloculina* sp., *Cuneolina* cf. *camposaurii* SART. et CRESC., *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT, *Bacinella irregularis* (RADOICIC), *Acicularia* sp. (2 m).

b) Calcaires gris bleuté, jaunes ou rosés, en bancs onduleux séparés par des passées légèrement plus marneuses. Le ciment microclastique lie de très nombreux débris bioclastiques. Aux abondantes Natices se joignent des Nérinées, Astartes, quelques colonies de Polypiers et *Nautiloculina* sp., Miliolidés, *Cuneolina* cf. *camposaurii* SART. et CRESC., *Actinoporella* sp., *Cylindroporella* sp., *Acicularia* cf. *elongata* CAROZZI. La surface supérieure du dernier banc est durcie, perforée et rubéfiée (2 m).

4. *a*) Grès fins blancs à quartz prédominant, muscovite et particules ligniteuses, en lentilles à stratifications entrecroisées. Les feuillets élémentaires, très apparents, plongent à 15-20° vers l'W (direction moyenne N 280). Le matériel est plus grossier à la base. Cette assise est connue au S de Praia dos Coxos où elle est épaisse de 1,20 m; elle passe vers le N à une argile rouge et verte, puis à une croûte ferrugineuse épaisse de 0,10 m.

b) Grès jaunes, fins, micacés, en minces bancs horizontaux onduleux alternant avec des argiles noires micacées (0,70 m).

5. Calcaires gris à jaunâtres, grumeleux ou microclastiques, à débris bioclastiques dispersés, en bancs onduleux ou nodules séparés par des marnes argileuses bleu foncé. L'importance des marnes croît vers le haut du niveau. La faune est relativement riche: on y voit, notamment, des Naticidés, *Glauconia* sp., *Venus* sp.,

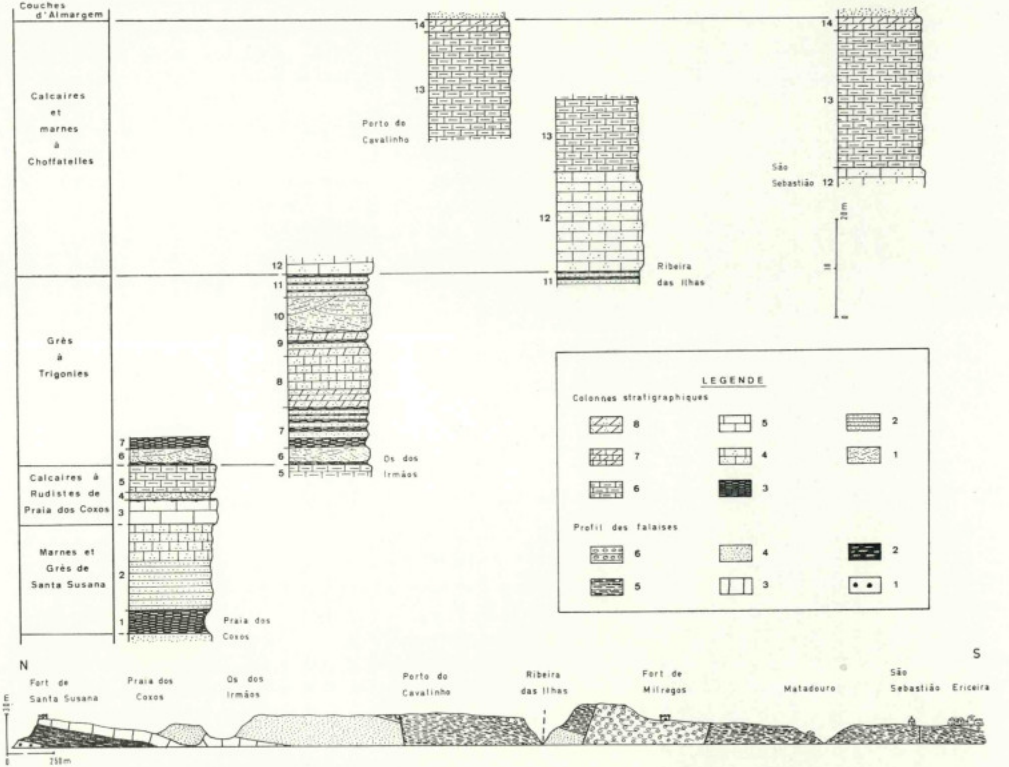


FIGURE 44. — *L'Hauterivien et le Barrémien inférieur au N d'Ericeira. Schéma indiquant la situation et la composition des différents niveaux.*
Légende des colonnes stratigraphiques: 1: grès à stratifications entrecroisées; 2: grès à stratifications horizontales; 3: marnes; 4: calcaires gréseux; 5: calcaires; 6: calcaires marneux; 7: calcaires dolomitiques; 8: dolomies gréseuses.
Légende du profil des falaises: 1: Valanginien; 2: marnes et grès de Santa Susana; 3: calcaires à Rudistes de Praia dos Coxos; 4: grès à Trigonies; 5: calcaires et marnes à Choffatelles; 6: couches d'Almargem.

Cyprina sp., *Astarte* sp., *Pterotrigonia caudata* (AG.), *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *Trochotiara bourgueti* (DESOR), *Toxaster exilis* DE LOR., *T. exilis* var. *ribamarensis* (DE LOR.), dents de Poissons, *Cythereis* gr. *bernardi* GROSDIDIER, *Schuleridea* aff. *thoerenensis* (TRIEBEL), *Cytherella* sp., *Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp., *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Asciocythere* sp., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Buccicrenata* n. sp., *Cuneolina* cf. *camposaurii* SART. et CRESC., *Lenticulina* sp. (5 m).

Grès à Trigonies

Ces assises constituent la falaise qui dominent à l'E la crique de Praia dos Coxos; mais les termes supérieurs manquent. C'est plus au S, entre cette crique et le lieu-dit «Porto do Cavalinho», que l'on peut voir l'ensemble de la formation, reposant sur les calcaires du niveau 5. Les assises terminales peuvent être aussi analysées 2 km au N d'Ericeira, à l'embouchure de Ribeira de Ilhas, sur le versant S de la vallée. Cette formation se compose des termes suivants:

6. *a*) Argiles noires (0,60 m).

b) Grès jaunes, fins, homométriques, à quartz, feldspath altéré, muscovite et débris ligniteux, en lentilles à stratifications entrecroisées (1,80 m).

7. *a*) Argiles noires à nodules et bancs horizontaux onduleux de calcaires gréseux, à Ostréidés (3 m).

b) Alternance d'argiles noires, sulfureuses et ligniteuses, et de grès fins, massifs, bien classés, à quartz et débris ligniteux. Les stratifications sont horizontales onduleuses et les séquences positives. Les bioturbations abondent. Les argiles ont fourni une riche microflore avec *Microreticulatisporites diatretus* COUPER, *Taurocusporites reduncus* COUPER, *Concavisporites minor* SINGH., *Trilobosporites apiverrucatus* COUPER, *Staplinisporites caminus* (BALME), *Densoïsporites perinatus* COUPER, *Cooksonites variabilis* POCOCK, *Concavissimisporites variverrucatus* COUPER, *Cyathidites punctatus* DEL. et SPRUM., *Cicatricosporites pseudotripartitus* DETTMAN, *Appendicisporites tricornitatus* WEYL. et GREIF., *Plicatella trichacanta* MALJ., *Aequitriradites baculatus* DÖRING., *Pilosisporites trichopapillosus* DEL. et SPRUM., *Cicatricosisporites hughesii* (COUPER), *Deflandria perlucida* ALBERTI, *Cleitosphaeridium* sp. (5,50 m).

8. *a*) Grès dolomitiques jaunes ou gris, en bancs durs, horizontaux, à stratifications onduleuses et bioturbations, intercalés de minces plaquettes de grès fins à débris ligniteux et d'argiles noires. Les séquences sont positives (4 m).

b) Calcaires gréseux gris à ciment cryptocristallin et quartz anguleux, à très abondantes bioturbations, en bancs horizontaux séparés par des passées plus marneuses. Le niveau est riche en débris ligniteux asociés à des Serpules, *Ostréidés*, *Pterotrigonia caudata* (AG.), *Trigonia hondaana* LEA, *Choffatella decipiens* SCHLUMB. (7 m).

9. *a*) Grès dolomitiques à stratifications horizontales onduleuses et débris de coquilles décalfifiées (1,40 m).

b) Grès fins, blancs ou gris clair, horizontaux, à débris ligniteux en contact brusque avec l'assise sous-jacente (0,80 m).

c) Silts noirs, massifs, plus argileux au sommet, résultant d'un passage progressif des grès du mur (0,80 m).

d) Grès dolomitiques, gris foncé à bruns, en 3 bancs horizontaux séparés par des silts gréseux à débris ligniteux, en laminae onduleux (1,80 m).

10. Grès gris, fins ou grossiers, à grains et granules de quartz et de feldspath abondant et altéré, en lentilles à stratifications entrecroisées intercalées de lertilles de silt argileux noir, sans séquence apparente. Ce niveau ravine l'assise, sous-jacente (8 m).

11. Alternance de silts gréseux et d'argiles noires, en bancs horizontaux onduleux, à structures noduleuses, offrant un passage progressif avec les grès du mur (4 m).

Calcaires et marnes à Choffatelles

Cette formation affleure dans les falaises de Porto do Cavalinho, mais les termes inférieurs sont masqués par une faille. Elle apparaît aussi sur le versant méridional de la vallée de Ribeira de Ilhas, 250 m au SW de l'embouchure de la rivière; on observe là le contact avec les «grès à Trigonies». Elle est connue enfin au S du compartiment effondré de Milregos et jusqu'au village d'Ericeira ou elle est surmontée par les couches d'Almargem (*fig.* 62). Elle offre, de bas en haut, la composition suivante:

12. Calcaires gréseux gris jaunâtre, en bancs onduleux intercalés de minces passées d'argiles vertes ou rouges. Un ciment grumeleux ou microcristallin lie des débris bioclastiques anguleux ou émoussés et du quartz non usé mal calibré. J'ai recueilli des Ostréidés, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Miliolidae, Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Lenticulina sp., Boueina hochstetteri* TOULA (19 m). Ce niveau est entièrement découvert dans la vallée de Ribeira de Ilhas.

13. Marnes calcareuses et calcaires marneux, gris bleutés ou jaunes, en nodules et bancs mal individualisés épais de 0,10 m à 0,50 m, à rares éléments de quartz anguleux dispersés à Tous niveaux, intercalés de quelques lits de grès fins à stratifications obliques (plongement: 12°; direction N 160°) et «ripplemarks» (orientation: NW-SE). Un banc dolomitique est interstratifié. Les bioturbations sont très nombreuses. Les calcaires possèdent un ciment cryptocristallin, grumeleux ou microclastique et d'abondants débris bioclastiques, fréquemment alignés suivant la stratification. Les rhomboèdres de dolomite parsèment certains lits marneux. La faune est riche, principalement aux abattoirs («matadouro») d'Ericeira et à Porto do Cavalinho où se trouve le gisement du type de *Choffatella decipiens* (SCHLUMBERGER, 1904). J'ai reconnu, avec ce Foraminifère, *Glauconia* sp., Actaeonelles, Naticidés, Cérithidés, Trigonies, *Liostrea praelonga* (SHARPE), *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *Neithea morrisi* (PICT. et CAMP.), *Pholodomya* sp., Serpules, dents de Poissons, *Trochotiara sculptilis* (DE LOR.),*Nucleolites piveteaui* (LAMBERT), *N. scheuchzeri* (DE SOR), *Heteraster lepidus* (DE LOR.), *Protocythere* sp., *Asciocythere* sp., *Schuleridea* sp., *Cytherella* sp., *Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp., *Cythereis* sp., *Neocythere* sp., *Bairdia* sp., *Ammobaculites* sp., *Haplophragmoides* sp., *Everticyclammina greigi* (HENSON), *«Mayncina»* sp., *Pseudotextullariella scarsellai* (DE CASTRO), *Nezzazata* sp., *Miliolidae, Lenticulina* sp., *Boueina* sp., *Pianella* sp., *Actinoporella sp., Cylindroparella sudgeni* ELLIOTT (31,50 m).

14. Calcaires cryptocristallins, calcaires dolomitiques et gréseux, dolomies jaunes à verdâtres, intercalés d'argiles micacées noires, vertes ou violacées. Les stratifications sont horizontales onduleuses. Ce niveau a fourni *Glauconia* sp. *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *Choffatella decipiens* SCHLUMB. Il est épais de 3,50 m à Porto do Cavalinho, de 2,50 m à Ericeira. Au-dessus viennent les grès de base des «couches d'Almargem».

Donnés chronostratigraphiques

Les «marnes et grès de Santa Susana» ne contiennent aucun marqueur stratigraphique. Cependant cette formation — marneuse à la base et comprise entre le Valanginien et des calcaires récifaux — semblent être synchrone de l' unité des «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» décrite dans la région de Cascais et attribués à l'Hauterivien inférieur (*fig.* 46).

Les «calcaires à Rudistes de Praia dos Coxos» possèdent (niveau 5) une association faunistique caractéristique de l'Hauterivien avec, notamment, *Trochotiara bourgueti, Cythereis* gr. *bernardi, Schuleridea* aff. *thoerenensis* et *Buccicrenata* n. sp. Ils constituent, dans la région d'Ericeira, l'équivalent des «calcaires récifaux inférieurs» définis plus au S.

Les «grés à Trigonies» ne peuvent être datés avec certitude, en l'absence de tout argument paléontologique. Nous pouvons cependant remarquer que les seules manifestations détritiques connues dans le domaine calcaire et marneux se localisent dans les «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées», formation rapportée au Barrémien inférieur; ce fait est bien apparent dans la coupe de Brouco. C'est là le seul argument, au demeurant très fragile, qui permette de supposer que les «grès à Trigonies» seraient d'âge barrémien inférieur.

Les «calcaires et marnes à Choffatelles» d'Ericeira ont fourni les organismes caractéristiques du Barrémien inférieur portugais, tels *Trochotiara sculptilis, Heteraster lepidus, Pseudotextulariella scarsellai* et *Cylindroporella sudgeni.* Si l'on admet que les «grès à Trigonies» sous-jacent datent déjà du Barrémien inférieur, la formation des «calcaires et marnes à Choffatelles» d'Ericeira représente uniquement la partie supérieure des «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» de la région de Cascais.

En résumé, je proposerais les attributions stratigraphiques suivantes:

— Hauterivien: marnes et grès de Santa Susana;
calcaires à Rudistes de Praia dos Coxos;

— Barrémien inférieur: grès à Trigonies;
calcaires et marnes à Choffatelles (*).

Données sédimentologiques

Dans l'Hauterivien apparaissent un certain nombre de niveaux qui évoquent la sucession décrite dans la région de Cascais, Sintra et Brouco, avec un terme inférieur marneux, formé peut-être en *milieu marin ouvert* (niveau 1), un terme médian calcaire, *pararécifal* (calcaire à Madrépores et Rudistes du niveau 3 a) et des termes supérieurs calcaréo-marneux, sédimentés en *milieu marin restreint* (niveau 3 b à Nérinées, Polypiers dispersés et Dasycladacées; niveau 5 à Glauconies, Trigonies, Spatangidés et Lituolidés). Ils montrent que *l'ensemble de l'Hauterivien est regressif,* comme dans les contrées plus méridionales. Mais, par ailleurs, des décharges détritiques se superposent (niveaux 2 et 3 a) ou se substituent (niveau 4) épisodiquement aux boues carbonatées; les lacunes et surfaces durcies (sommet du niveau 3; niveau 4) apparaissent localement. Ces caractères témoignent probablement de l'instabilité d'un plan de sédimentation peu profond, alimenté en produits terrigènes grossiers.

Au Barrémien inférieur ont été rattacées deux formations, les «grès à Trigonies» et les «calcaires et marnes Choffatelles».

Les «grès à Trigonies» illustrent une poursuite de l'évolution régressive. Les diverses assises de cette formation s'ordonnent en deux cyclothèmes superposés (cyclothème des niveaux 6, 7, 8 et 9; cyclothème des niveaux 10 et 11). Chacun possède un membre inférieur constitué de grès lenticulaires à stratifications entrecroisées (niveaux 6 et 10) et un membre supérieur de silts, argiles, dolomies et calcaires, en bancs horizontaux, à laminae parallèles, bioturbations et débris ligniteux (niveaux

(*) Ces attributions s'écartent notablement des datations proposées par CHOFFAT [1904] qui, rappelons-le, plaçait les «marnes et grès de Santa Susana» dans l'Hauterivien, les «calcaires à Rudistes de Praia dos Coxos» dans le Barrémien, les «grès à Trigonies» dans l'Aptien, les «calcaires et marnes à Choffatelles» dans l'Albien.

7, 8, 9; niveau 11). Ce sont là des séquences élémentaires de *marais maritime*, avec alternance de dépôts de chenaux de marées (à la base des cyclothèmes) et de vasières (au sommet), tout à fait comparables à celles que nous avions déjá relevées dans la Berriasien de cette même région. Ainsi, la contrée d'Ericeira se place, lors de la formation des «grès à Trigonies», dans la *zone intertidale*, les poles subtidal et supratidal étant épisodiquement atteints. Cette unité exprime par ailleurs une reprise de la sédimentation détrique dans les aires de dépôt et une réactivation de l'érosion sur les domaines émergés.

Les «calcaires et marnes à Choffatelles» offrent les caractères d'une *accumulation de milieu marin très confiné, sinon même lagunaire:* faune oligospécifique mais abondante de Lituolidés, Ostréides, Glauconies, Trigonits et Spatangidés; Ostracodes lagunaires prédominants, à test minces et déformés; Dasycladacées rares; dolomitisations fréquentes. Les Orbitolinidés reconnus dans la région de Cascais et de Sintra ont ici disparu. Les pâtes calcaires cryptocristallines ou grumeleuses, les structures noduleuses, l'absence de polarités seraient les marques d'un milieu calme, san agitation notable des eaux, stable. Les «calcaires et marnes à Choffatelles» se sont probablement formés au voisinage de la zone intertidale, dans un endroit très abrité, communiquant imparfaitement avec la mer, ne recevant guère d'apports d'eaux douces. Nous voyons donc que cette unité ne semble pas indiquer un avancée du domaine marin à la suite de l'accumulation des «gès à Trigonies»; elle témoigne d'un remplacement de la sédimentation détritique par la sédimentation carbonatée dans un milieu de dépôt comparable; les changements lithologiques seraient dus à une modification des conditions régnant sur les aires continentales: une phase à altération prédominante succèderait à une phase à érosion prédominante.

En conclusion, la série de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur, prise dans son ensemble, permet de définir, comme dans l'aire de sédimentation carbonatée plus méridionale, un *mouvement général de régression des eaux, dans un milieu de dépôt qui fut, en permanence, très peu profond, littoral* et, par là même, sensible aux moindres fluctuations de la nappe d'eau. L'alternance d'accumulations détritiques et carbonatées serait lieé à des variations épisodiques du régime d'érosion affectant les socles émergés plutôt qu'à des modifications de profondeur du milieu sédimentaire.

B) *LES VARIATIONS VERS L'EST*

Le plateau très vallonné qui s'étend à l'E d'Ericeira et jusqu'à la ville de Mafra, 9 km plus à l'ENE, montre des formations très comparables à celles décrites sur la côte. Je citerai, notamment, les calcaires à Rudistes hauteriviens qui affleurent autour du village de Santo Isidoro et les «calcaires et marnes à Choffatelles» qui sont bien découverts au N des hameaux d'Achada et de Sobreiro (dans la vallée de Ribeira de Cuco), ainsi que 500 m au NE du faubourg de Longo da Vila, 1500 m au SW de Mafra. J'ai recueilli en ces divers points la même faune que dans les falaises d'Ericeira. Le niveaux gréseux, généralement mal découverts, n'appportent aucune indication complémentaire.

* * *

Des changements très notables se manifestent sur le rebord septentrional et oriental du plateau, dans les buttes témoins de la la région de Sobral da Abelheira et Freira do Chapeu, puis, plus à l'E, dans les collines de Malveira et dans la cuesta qui s'étire de

Louza au Monte Serves, non loin de la ville d'Alverca. Rémumons les principales variations (*fig.* 45).

a) Les **«marnes et grès de Santa Susana»** sont composés sur la bordure du plateau de Mafra (en particulier dans la région de Picanceira) et dans les buttes de Cendieira, Moucharia, Romeirão, Roma, Sobral da Abelheira, Tarejo, Chipre et Tojeira de deux termes bien différenciés:

— un terme inférieur argileux et marneux, vera pâle ou blanc, micacé, qui a notamment fourni à Romeirão *Buccicrenata* n. sp., *Protocythere* sp., *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN) et *Schuleridea* aff. *thoerenensis* (TRIEBEL). Son épaisseur moyenne est de 3 m;

— un terme supérieur de grès et calcaires gréseux ocre à *Cuneolina* cf. *camposaurii* SART. et CRESC., en bancs horizontaux dessinant une petite falaise très apparente dans le paysage. La puissance du niveau décroît rapidement de l'E et du NE vers l'W et le SW: elle est de 16 m à Picanceira, de 14 m à Romeirão, de 8 m à Sobral da Abelheira, de 7 m à Tojeira et de 3,50 m dans la butte de Santa Maria, 1 km au N de Malveira.

A partir de Malveira la distinction entre un membre inférieur argileux et un membre supérieur gréseux n'est plus possible.

C'est ainsi que 250 m au SSE de la gare de Malveira, le long de la route d'Avessada, le Valanginien fluviatile et gréseux est surmonté par 10,50 m d'argiles jaunes et bleutées, à plaquettes indurées ocre, alternant régulièrement avec des grès ocre ou rouille, fins à grossiers, à quartz anguleux et feldspath. Les stratifications sont horizontales.

La puissance de la formation et la teneur en grès décroissent vers l'E.

11 km à l'E de Malveira, 750 m au SW de Bucelas, on voit sur les grès valanginiens 7 m d'argiles blanc bleuté, micacées, à plaquettes ocre, intercalées de minces lits de grès horizontaux.

La réduction d'épaisseur est extrême aux confins orientaux des affleurements crétacés.

Le long de la route allant d'Arsena à Alverca, immédiatement à l'W de l'autorrout E 3, les grès berriasiens sont directement recouverts par:

— argiles gréseuses bleu pâle, à plaquettes ocre, limitées à la base et au sommet par des croûtes ferrugineuses (0,50 m);

— grès silteux ocre ou bleutés, à fins éléments de quartz, en un banc horizontal (0,30 m).

Remarquons que c'est dans cete même contrée d'Alverca que la puissance des grès berriasiens est très faible et que le Valanginien est absent.

En résumé, la formation des «marnes et grès de Santa Susana» est caractérisée par un appauvrissement en grès et par une diminution progressive de l'épaisseur de l'W vers l'E. Toutes les stratifications sont horizontales et le terme argileux de base, nettement transgressif sur les grès fluviatiles du Valanginien et du Berriasien, atteint la région d'Alverca.

b) **Les «calcaires à Rudistes de Praia dos Coxos»** offrent sur une longue distance, entre Ericeira et Bucelas, une succession comparable.

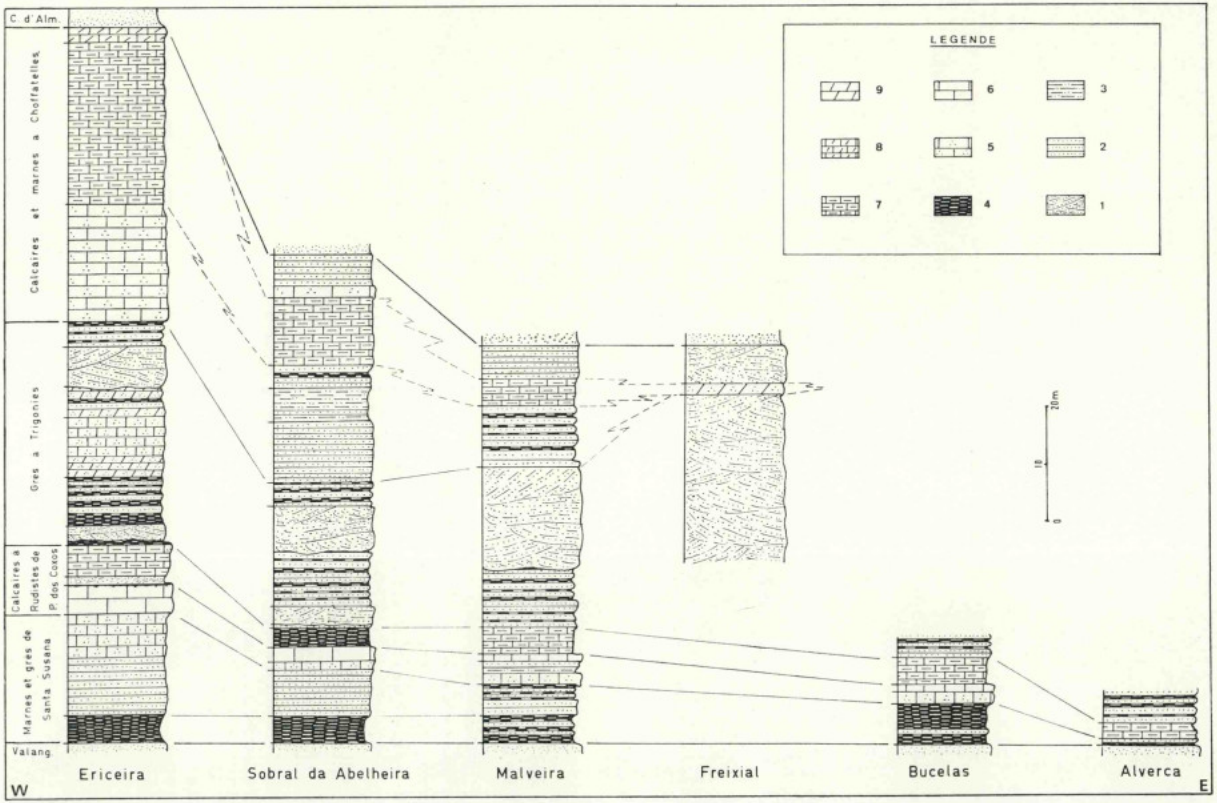


FIGURE 45. — *L'Hauterivien et le Barrémien inférieur dans le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro. Schéma montrant les variations de faciès de l'W vers l'E, entre Ericeira et Alverca.*

1: grès à stratifications entrecroisées; 2: grès à stratifications horizontales; 3: marnes gréseuses; 4: marnes; 5: calcaires gréseux; 6: calcaires; 7: calcaires marneux; 8: calcaires dolomitiques; 9: dolomies.

De Sobral da Abelheira à Malveira et Bucelas les calcaires de la base, massifs, riches en éléments bioclastiques, renferment des colonies de Polypiers, associées à quelques Dasycladacées, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., et *Cuneolina* cf. *camposaurii* SART. et CRESC. Par contre, au N de Sobral, les diverses buttes des environs de Freira et Cendieira montrent des alternances de calcaires cryptocristallins et de marnes à Ostréidés, dépourvus de tout organisme corallien.

Les argiles et grès relevés localement à Praia dos Coxos (niveau 4) n'apparaissent en aucun autre point.

Les calcaires marneux et marnes du sommet de la formation gardent vers l'E la même épaisseur et des caractères lithologiques et paléontologiques comparables. Notons cependant que la teneur en argiles est plus élevée dans la région de Sobral. Ce niveau m'a fourni 1300 m au N de Louza, 300 m à l'E de Barril, *Trochotiara bourgueti (DE LOR.)*, ce qui confirme son appartenance à l'Hauterivien.

A l'E de Bucelas toute passée récifale disparaît dans la formation. On ne distingue plus alors que des marnes à nodules et bancs onduleux de calcaire cryptocristallin dont la puissance décroît vers l'E, pour n'être plus que de 2,70 m à Alverca.

Ainsi, la formation des «calcaires à Rudistes de Praia dos Coxos» s'est mise en place durant une période de grande extension de la mer. Les conditions favorables à de petits groupements de Madrépores ont été réalisées sur de vastes surfaces. A l'E de ce domaine régnait un milieu restreint qui s'est ultérieurement déplacé vers l'W.

c) **Les «grès à Trigonies»** possèdent dans la région de Sobral da Abelheira les mêmes termes que dans la région d'Ericeira. Des grès à stratifications entrecroisées alternent avec des grès fins et des silts ligniteux en lits horizontaux. Ce sont, ici aussi, des dépôts de plaine côtière.

Les grès à stratifications entrecroisées affleurent largement dans le bourg de Sobral: on observe de puissantes lentilles de grès gris, blancs ou jaunâtres, fins ou grossiers, riches en faldspath altéré, à galets de quartz versicolore et de feldspath atteignant 3,5 cm de long dispersés dans la masse gréseuse ou jalonnant la base des lentilles. En alternance apparaissent des lentilles de silts rouges, blancs ou gris.

Les grès horizontaux laissent progressivement la place vers l'E à des grès à stratifications entrecroisées. Ces derniers persistent seuls dans la région de Freixial. Plus à l'E, sur les pentes du Monte Serves et aux environs d'Alverca, les «grès à Trigonies» sont mal visibles.

En conclusion, les «grès à Trigonies», littoraux à Ericeira et Sobral da Abelheira, semblent devenir fluviatiles à l'E de Malveira. L'évolution latérale est lente, peut-être parce que la ligne d'affeurements est, non pas perpendiculaire mais oblique, sinon même parallèle, à la ligne de rivage.

d) **Les «calcaires et marnes à Choffatelles»** se transforment rapidement. Les intercalations calcaires s'amenuisent; les passées de grès fins et de silts se développent (*).

Ainsi, on n'observe aux environs de Sobral, Rocheira et Murgueira qu'une douzaine de mètres de marnes et de calcaires marneux, compris entre des bancs horizontaux de silts, d'argiles, de grès ocre et fins et de calcaires gréseux.

(*) On peut supposer que cette évolution latérale joue un grand rôle géomorphologique. Les limites N et E du plateau de Mafra coïncident très exactement avec la réduction d'épaisseur des calcaires et avec le remplacement de ces derniers par des couches tendres (grès et silts).

C'est une série semblable qui affleure à Ponte dos Clerigos, 2 k à l'E de Mafra, le long de la route E.N. 8.

Au S de Malveira, au bord du chemin montant à Avessada, l'ensablement est encore plus marqué. Les «grès à Trigonies» sont surmontés par:

— grès fins jaunes marneux, à nodules calcareux, à moules de Lamellibranches et Ostréidés (1,50 m);

— grès ocre, à grains fins, micacés, en bancs horizontaux alternant avec de rares bancs de grès à ciment calcaire et avec des argiles bleutées ou jaunes (10 m);

— calcaires gréseux en nodules ou bancs onduleux mal individualisés, séparés par des marnes gréseuses grises à Ostréidés, Gastéropodes, Lamellibranches, *Trochotiara sculptilis* (de LOR.) et *Choffatella decipiens* SCHLUMB. (5 m);

— grès fins jaunes, micacés, en bancs horizontaux intercalés d'argiles vertes et de marnes gréseuses jaunes avec quelques Ostréidés (6 m).

A Freixial enfin, 8 km à l'ESE de Malveira, il n'apparaît plus au milieu de grès lenticulaires à stratifications entrecroisées que 2 m de dolomies jaunes, cryptocristallines, stériles.

En résumé, les «calcaires et marnes à Choffatelles» s'ensablent progressivement vers l'E. Ce sont des grès fluviatiles qui, à l'E de Freixial, représentent l'ensemble du Barrémien inférieur.

Conclusions

Cette rapide évocation des passages latéraux de faciès confirme et précise les données paléogéographiques dégagées par l'analyse de la série d'Ericeira:

— l'Hauterivien et le Barrémien inférieur du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro témoignent d'un milieu de dépôt soit littoral, soit fluviatile;

— la mer est très étendue à l'Hauterivien. Calcaires et marnes sont franchement transgressifs sur les grès fluviatiles valanginiens et berriasiens;

— les eaux salées subissent un important retrait au Barrémien inférieur. A une première phase caractérisée par d'importantes décharges détritiques fait suit un épisode de sédimentation soit carbonatée, soit finement détritique;

— l'ensemble hauterivien - barrémien inférieur montre une évolution générale régressive.

3° SERRA DA ARRÁBIDA

A) *LA SÉRIE AU NORD DU CAP ESPICHEL*

L'Hauterivien et le Barrémien inférieur sont bien décapés par l'érosion au bord de l'Océan, au N du Cap Espichel, sur une longueur de 3 km environ (*fig.* 14). Ils composent les falaises qui s'étendent de Praia dos Lagosteiros, au SSW, à la crique de Seixalinho (*), au NNE. Les couches appartiennent au flanc N de l'anticlinal du Cap Espichel; elles plongent faiblement vers le N. Quelques failles transverses, parfois injectées de roches éruptives ont été relevées.

Cette série fut décrite par CHOFFAT [1904], mais il convient d'en reprendre l'analyse détaillée car cerains niveaux furent omis, d'autres redoublés et les épaisseurs

(*) De nombreuses indications de lieu employées ici ne sont reportées sur aucune carte topo aymique mais ressortent uniquement d'un usage local.

mal estimées; les attributions stratigraphiques que je vais proposer diffèrent notablement.

COUPE DE PRAIA DOS LAGOSTEIROS A SEIXALINHO De la base au sommet, de Praia dos Lagosteiros à l'anse de Seixalinho, on voit, à la suite des calaires roux valanginiens (*fig.* 46):

Marnes à Toxaster (*)

1. *a)* Marnes gris intercalées de deux bancs plus calcareux. Les 50 premiers centimètres composent une couche rouge extrêment riche en Polypiers isolés, usés et roulés; s'y associent des Bélemnites, *Terebratula acuta* QUENST., *Zeilleria* sp., Polypiers globuleux, Serpules, *Spondylus* sp., *Lima* sp., *Neithea atava* (ROMER), *Lopha rectangularis* (ROEMER), *Exogyra couloni* (D'ORB.), *Ostrea minos* COQ. Les assises terminales ont fourni *Cidaris pretiosa* DESOR, Entroques, Annélides, Ophiures, *Buccicrenata* n. sp. (4,50 m).

b) Marnes schisteuses grises intercalées de quelques lits indurés ocre et d'un banc de grès fin jaune s'ordonnant avec les marnes en une séquence négative. J'ai recueilli des Serpules, Naticidés, *Lopha rectangularis* (ROEMER), *Exogyra couloni* (D'ORB.), Pectinidés dont *Neithea atava* (ROEMER) (20 m).

2. Marnes blanches à nodules de calcaires jointifs; nombre d'entre eux sont des Madrépores. On trouve aussi *Rhynchonella* sp., *Echinotiara neocomiensis* (DE LOR.), *Pygopyrina incisa* (AG.), *Cidaris* aff. *guiaensis* DE LOR. (10 m).

Calcaires à Polypiers de Lagosteiros

3. Calcaires gris clair, massifs, ompacts, partiellement recristallisés, à plages microbréchiques pourvues d'un ciment grumeleux à microclastique. Les Polypiers sont accompagnés de grandes Nérinées, *Textulariidae*, *Nautiloculina* sp., *Bacinella irregularis* RADOICIC (5,50 m).

4. *a)* Calcaires gris clair, microclastiques, alternant avec des calcaires gréseux jaunes à quartz anguleux, gravelles mal calibrées, et fond cristallin à microcristallin, avec des dolomies ocre, avec des grès fins jaunes, micacés et avec des marnes à nodules calcaires. Les stratifications sont onduleuses. Les divers termes lithologiques s'organisent en séquences positives. Quelques colonies de Polypiers sont encore dispersées, coexistant avec de grandes Nérinées, Naticidés, Ostréidés, Stromatoporoidés, *Rhynchonella* sp., *Goniopygus peltatus* AG., *Pseudocidaris clunifera* AG., *Cidaris pretiosa* COTTEAU, *Magnosia camarensis* DE LOR., *Acicularia* sp., (19 m). C'est ce niveau qui couronne la falaise bordant au N la crique de Lagosteiros.

b) Marnes argileuses ou gréseuses, vertes ou rouges, intercalées de bancs épais de calcaire jaune, graveleux, par place finement gréseux, à ciment cristallin ou grumeleux, et de minces lits de grès fin jaune, sans séquences nettes, avec de grandes Natices, Ostréidés, dents de Poissons, radioles d'Oursins, *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Asciocythere* sp., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Textulariidae*, *Miliolidae* (11 m).

Calcaires et silts de Ladeiras

5. Silts gris bleuté à verdâtres, sulfureux, à débris ligniteux, intercalés dans la moitié supérieure de quelques bancs de calcaire onduleux, microclastique, à débris

(*) Dans la mesure du possible je donnerai aux divers ensembles des dénominations proches de celles qu'utilisait CHOFFAT afin que le lecteur puisse faire aisément la correspondance entre cette coupe et le relevé de CHOFFAT.

bioclastiques anguleux. De nombreux Naticidés sont accompagnés de *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Haplophragmoides* sp., *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Boueina* sp., *Permocalculus* sp. (11 m).

6. Calcaires gris, à stratifications onduleuses, à ciment grumeleux, débris bioclastiques et éléments de quartz anguleux, alternant avec des passées plus marneuses à nodules calcaires et débris ligniteux. J'ai recueilli *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), Naticidés, Serpules, radioles d'Oursins, dents de Poissons, *Choffatella decipiens* SCHLUMB. (15 m).

Grès de Rochadouro

7. Grès fins, marneux gris cendré, à débris ligniteux, intercalés de grés fins ocre, de dolomies cristallines ocre jaune et de calcaires dolomitiques jaunes, grumeleux ou graveleux, à fond microcristallin ou microclastique. Les stratifications sont horizontales onduleuses. Aucune polarité n'apparaît. Le niveau contient les Trigonies, Ostréidés, Naticidés, *Choffatella decipiens* SCHLUMB. (24 m).
(3,50 m).

8. *a)* Grès fins à galets de quartz et de lydienne, à stratifications entrecroisées
b) Dolomies calcaires jaunes à débris de Lamellibranches (2 m).
c) Silts blancs ou verdâtres, à dents de Poissons (6 m).

Calcaires et marnes à Choffatelles

9. a) Calcaires gréseux jaunes, bleutés ou violacés, en bancs onduleux mal individualisés, à éléments bioclastiques anguleux ou arrondis et ciment grumeleux, alternant avec des marnes à nodules calcaires et avec des grès à ciment dolomitique, sans séquences nettes. On reconnaît *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *Ostrea pes-elephanti* COQ., *Pholadomya* sp., Naticidés, cf. *Trochotiara bourgueti* (DESOR), *Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp., *Cythereis* sp., *Cytherella* sp., *Schuleridea* sp. *Ammobaculites* sp., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Textulariidae*, *Trocholina* sp. (10 m).

b) Grès grossiers, tendres, jaunes, à quartz anguleux, surmontés d'un lit de silt gris cendré, sulfureux, à débris ligniteux (2 m).

c) Calcaires gris bleuté à roses, gravelux, à ciment cristallin, microcristallin ou grumeleux, à stratifications onduleuses, alternant avec des marnes calcareuses à nodules calcaires. Les séquences sont négatives. Ce niveau contient des Naticidés, Bélemnites, sections de Rudistes, *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *Trochotiara sculptilis* (DE LOR.), *Heteraster lepidus* DE LOR., *H. couloni* (AG.), *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Everticyclammina greigi* (HENSON), *Haplophragmoides* sp., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Miliolidae*, *Neotrocholina friburgensis* GUIL. et REICH., *Boueina* sp., *Acicularia endoi* PRATURLON (7 m).

Grès à Dinosauriens

10. *a)* Grès fins rouille, en deux bancs horizontaux, riches en Ostréidés, surmontés de marnes gréseuses vert pâle ou gris jaunâtre, gypseuses et ligniteuses, se chargeant au sommet en concrétions calcaires. Les marnes sont très riches en Lamellibranhes, Gastéropodes — dont *Glauconia strombiformis* (in de VERN. et de LOR.) —, *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp., *Asciocythere* sp., *Choffatella decipiens* SCHLUMB. (5 m).

b) Grès ocre, feldspathiques, à Ostréidés, en lentilles à stratificaations entrecroisées, passant au sommet à des silts vert pâle, gypseux et ligniteux. C'est cette assise qui contient au lieu-dit «Boca do Chapim» de nombreuv Dinosauriens [A. DE LAPPARENT et G. ZBYSZEWSKI, 1957]: *Megalosaurus superbus* SAUVAGE, *Iguanodon mantelli* MEYER, *Astrodon valdensis* LYD. (2,50 m).

c) Grès fins jaune pâle en lentilles à stratifications entrecroisées, suivis de marnes vert pâle ou blanches, à gypse et lignite, nodules calcaires et minces inter-

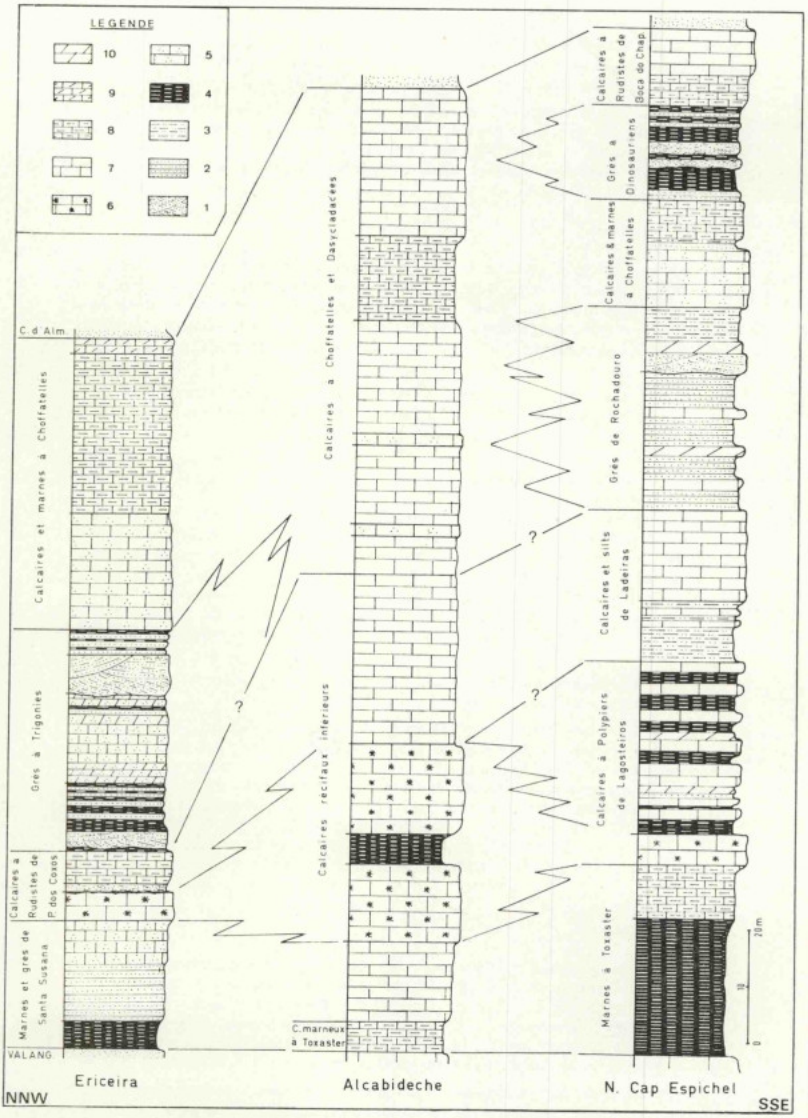


FIGURE 46. — *Corrélations stratigraphiques proposées dans l'Hauterivien et le Barrémien inférieur d'Ericeira, d'Alcabideche et du N du Cap Espichel.*
1: grès à stratifications entrecroisées; 2: grès à stratifications horizontales; 3: marnes gréseuses; 4: marnes; 5: calcaires gréseux; 6: calcaires récifaux; 7: calcaires; 8: calcaires marneux; 9: calcaires dolomitiques; 10: dolomies.

calations de grès fins ocre horizontaux. On y trouve des Naticidés, *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *E. boussingaulti* (D'ORB.), *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Cythereis* sp., *Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp., *Asciocythere* sp., *Schuleridea* sp., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Pianella* sp. (12 m).

Calcaires à Rudistes de Boca do Chapim

11. *a)* Calcaires marneux gris bleuté à violacés, gréseux dans le premier mètre, cryptocristallins, à très nombreux débris bioclastiques, intercalés de marnes à nodules calcaires. Le niveau renferme des Naticidés, Cérithidés, Serpules, Ostréidés, radioles et plaques d'Echinides, *Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp., *Eocytheropteron* sp., *Cythereis* sp., *Protocythere* sp., *Schuleridea* sp., *Cytherella* sp., *Choffatella decipiens* SCHUMB., *Orbitolinopsis* gr. *flandrini* MOULLADE, *«Mayncina»* sp., *Lenticulina* sp., *Trocholina* sp., *Pseudotextulariella scarsellai sugdeni* ELLIOTT, *Acicularia endoi* PRATURLON, *Actinoporella* sp.) J'ai trouvé aussi *Porochara* sp. (6 m).

b) Calcaire blanc, en un banc bien différencié, à pâte microclastique et quelques gravelles dispersées, riche en Nérinées, Natices, Ostréidés, accompagnés de *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Cyclogyra* sp., *Nezzazata* sp., *Miliodae, Cylindroporella sugdeni* ELLIOTT, *Codiacées* (1,50 m).

c) Calcaires blancs, jaune clair ou vert pâle, à fond grumeleux, microcristallin ou cristallin, à gravelles, éléments anguleux et quartz détritique, en bancs durs, onduleux, séparés par des interbancs marneux à nodules calcaires. J'ai recueilli des Natices, Nérinées, *Toucasia* sp., *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Miliolidae, Trocholina sp., Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp., *Cytherella* sp., *Cytherella* sp., *Eocytheropteron* sp., *Asciocythere* sp. (6 m).

Les grès sus-jacents correspondent à la partie inférieure des «couches d'Almargem».

Données chronostratigraphiques

Il ne fait aucun doute que les «marnes à *Toxaster*» (avec *Buccicrenata* n. sp. et *Pygopyrina incisa)* et les «calcaires à Polypiers de Lagosteiros» (avec *Trochotiara bourgueti* et *Codiopsis lorini)* sont hauteriviennes.

Les «calcaires et silts de Ladeiras» sont dépourvus de tout organisme permettant de préciser leur âge. Il en est de même des «grès de Rochadouro» sus-jacents. Cependant, ces derniers offrent de grandes analogies avec les «grès à Trigonies» de la région d'Ericeira et l'on peut penser qu'ils sont contemporains. C'est pourquoi je rapporte les «grès de Rochadouro» comme les «grès à Trigonies», pour les mêmes raisons et avec autant de doutes, au Barrémien inférieur.

Les «calcaires et marnes à Choffatelles» renferment l'association caractéristique du Barrémien inférieur portugais avec, notamment, *Trochotiara sculptilis, Heteraster lepidus, H. couloni, Pseudotextulariella scarsellai* et *Neotrocholina friburgensis.*

Reste le problème de l'attribution stratigraphique des «grès à Dinosauriens» et des «calcaires à Rudistes de Boca do Chapim». Ces desniers, dépourvus de tout fossile aptien, contiennent *Orbitolinopsis* gr. *flandrini,* ce qui milite en faveur d'un âge barrémien [M. MOULLADE, 1960; R. SCHROEDER, 1963]. Cette datation est confirmée par le fait que les calcaires à Rudistes sont surmontés par des grès (les «grès de Regatão»), puis par un petit lambeau de calcaires à Choffatelles et Orbitolines, qui représentent

manifestement les termes inférieur et moyen des «coucres d'Almargem», c'est-à-dire le Barrémien supérieur et l'Aptien. Il est donc probable que les «calcaires à Rudistes de Boca do Chapim» constituent les assises terminales du Barrémien inférieur. Les «grès à Dinasauriens» sous-jacents, rapportés à l'Albo-Aptien par CHOFFAT [1904] et à l'Aptien par A. F. DE LAPPARENT et G. ZBYSZEWSKI [1957, p. 19] dateraient donc, eux aussi, du Barrémien inférieur.

Données sédimentologiques

La partie inférieure de cette série montre une évolution progressivement régressive, depuis les termes de base de milieu marin ouvert («marnes à *Toxaster*») jusqu'aux «grès de Rochadouro» figurant une sédimentation de marais maritime, en passant par les formations pararécifales de la base des «calcaires à Polypiers de Lagosteïros», puis par les dépôts de mer restreinte, intertidaux, du sommet des «calcaires à Polypiers de Lagosteiros» et de l'ensemble des «calcaires et silts de Ladeiras». Le schéma ne diffère guère de celui reconnu dans la région d'Ericeira.

On peut estimer que les «calcaires et marnes à Choffatelles», déposés en milieu marin très confiné, indiquent une profondeur d'eau comparable à celle des «grès de Rochadouro».

Le mouvement régressif des eaux se poursuit avec la sédimentation dans une lagune sursalée, épisodiquement alimentée en produits détritiques grossiers, de «grés à Dinosauriens», ensemble riche en argiles gypseuses, en Ostréidés, Glauconies, Ostracodes lagunaires et Choffatelles.

Le sens d'évolution s'inverse momentanément lors la formation des «calcaires à Rudistes de Boca do Chapim». Cette unité offre les caractères d'une accumulation de bassin marin interne, subtidal, propice au développement des Rudistes, Dasycladacées et Orbitolinidés. La base des «couches d'Almargem» marque le retour à un régime lagunaire *Il s'est donc produit dans la Serra da Arrábida, à la fin du Barrémien inférieur, un petit épisode de transgression perturbant la longue évolution régressive amorcée au début de l'Hauterivien et se terminant au Barrémien supérieur.* Ce mouvement secondaire n'a été observé, ni au centre du bassin carbonaté (région de Cascais), ni dans la zone littorale d'Ericeira. Il est tout à fait local. On peut donc supposer qu'il serait dû, non à des phénomènes eustatiques, mais à un enfoncement de la surface de sédimentation dans la Serra da Arrábida, à la bordure méridionale du domaine marin.

B) *LES VARIATIONS VERS L'EST*

Aux méridiens du village **d'Azoia**, du signal géodésique de **Facho da Azoia**, du village de **Zambujal de Cima** et du **moulin de Frade**, apparaissent des formations comparables à celles reconnues sur la côte. Tout au plus peut-on noter que les niveaux calcaires tendent à devenir moins épais, plus gréseux et dolomitiques, plus riches en Codiacées (*Boueina* sp.) et alternent avec des formations détritiques plus abondantes, indices d'une sédimentation de plus en plus littorale. Le caractère pararécifal des «calcaires à Polypiers dee Lagosteiros» est cependant maintenu.

A l'E de Frade et jusqu'au méridien de Quintola da Maça, 5 km plus loin, les différents termes de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur sont masqués par des placages tertiaires et quaternaires.

Quelques formations attribuables à l'Hauterivien peuvent être reconnues à **Sesimbra,** 150 m au N du moulin d'Amora, à l'aplomb du stade.

Les grès valanginiens sont surmontés par la série suivante, plongeant à 80-85° vers lE:

Marnes à Toxaster

1. Marnes blanches ou bleutées, à plaquettes indurées ocre, stériles (12 m);

1. *a*) calcaires gréseux et grès calcareux fins, en bancs horizontaux (3,50 m);

b) grès fins blancs, micacés, à litage horizontal, sans grano-classement apparent (4 m);

c) calcaires ocre, graveleux et gréseux, à ciment cristallin, en minces dalles horizontales alternant avec des grès tendres (1,50 m);

3. grès jaunes, à ciment dolomitique, en bancs horizontaux intercalés de silts blancs, azoïques (4 m).

Calcaires à Polypiers de Lagosteiros

4. Marnes calcareuses blanches à nodules et bancs mal individualisés de calcaires grumeleux à débris bioclastiques et de calcaires graveleux à ciment cristallin ou microcristallin. On y rencontre *Ammobaculites* sp., *Haplophragmoides* sp., *Everticyclammina* sp., *Choffatella decipiens* SCLUMB., *Cuneolina* sp., *Miliolidae* (5,50 m).

Les termes plus élevés sont moins apparents. Il semble que l'on trouve au-dessus de ces marnes calcareuses, sur toute l'épaisseur de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur, des argiles versicolores et des grès plus ou moins grossiers, à stratifications horizontales ou entrecroisées. Il n'y aurait aucun banc calcaire.

Ainsi, comme au fort de Santa Susana (N d'Ericeira), des grès prennent place au-dessus des marnes de la base. Une seule intercalation calcaire apparaît. On peut estimer qu'elle est l'équivalent des «calcaires à Polypiers de Lagosteiros»; son milieu de dépôt n'est plus ici pararécifal mais marin confiné.

C'est une sucession analogue que l'on peut relever au S du signal géodésique de **Vinhas,** 15 m à l'ENE de Lagosteiros.

La partie inférieure de l'Hauterivien se compose de 20 m de silts et de grès fins, blancs ou bleutés, à plaquette indurées ocre. Au-dessus apparaissent 5 m de marnes calcareuses et de calcaires marneux à structures noduleuses, renfermant des Térébratules, Ostréidés, Naticidés et autres Gastéropodes et Lamellibranches. Les termes les plus élevés correspondent uniquement à des grès fins ou grossiers, à galets de quartz atteignant 7 cm de long, en lentilles à stratifications horizontales ou en minces bancs horizontaux.

L'ensemble de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur affleure convenablement 1 km au S du village de **Portela,** 2 km à l'E de Vinhas.

On voit sur les grès fluviatiles valanginiens plongeant à 20° vers le NNE:

Marnes à Toxaster

1. Silts bleutés et grès fins blancs, à plaquettes ocre ou violacées (6 m);
2. Grès calcareux ocre, en 2 bancs horizontaux intercalés de silts gris bleuté (2 m).

Calcaires à Polypiers de Lagosteiros

3. Marnes calcareuses jaunes à nodules calcaires, alternant avec des bancs mal individualisés de calcaires gréseux jaunes, à pâte cryptocristalline ou microclastique, à nombreux débris bioclastiques, à dents de Poissons, radioles d'Oursin, sections de Lamellibranches, *Cythereis* sp., *Fabanella* gr. *polita* (MARTIN), *Choffatella decipiens* SCHLUMB, *Acicularia* sp., *Cylindroporella* sp. (1,80 m);

4. Marnes gréseuses blanches ou ocre, intercalées de dolomies cryptocristallines jaunes et de calcaires grumeleux et gréseux à Ostréidés et *Choffatella decipiens* SCHLUMB. (5 m).

Grès du Barrémien inférieur

5. Argiles gréseuses blanches ou rosées et petites dalles de grès rouille (9,50 m);

6. silts micacés blancs ou rosés (4 m);

7. grès blancs ou rouille, fins, en bancs subhorizontaux intercalés de passées plus argileuses (20 m environ).

Au-dessus viennent les grès rapportés aux «couches d'Almargem».

On distingue donc, ici aussi, un terme de base silteux, un terme médian calcaire formé en milieu marin restreint, puis une formation entièrement détritique, fine, à stratifications subhorizontales, de faible épaisseur.

2,5 km à l'E de Portela, au méridien de **Quinta da Serra**, je n'ai retrouvé aucun banc calcaire dans un ensemble uniquement argileux et gréseux.

Plus à l'Est, le Crétacé inférieur est recoupé en discordance par les grès tertiaires de sorte qu'au N de **São Caetano**, 2 km au S de Vila Nogueira de Azeitão, l'on n'observe plus que 6 m d'argiles gréseuses et micacées, blanches, violacées ou bleutées à plaquettes ocre, représentant probablement la base de l'Hauterivien. Elles sont directement surmontées par le Tertiaire.

*
* *

Retenons de cette brève analyse:

1) que le terme argileux de la base de l'Hauterivien évolue peu sur toute la longueur de la Serra da Arrábida, acquérant seulement un caractère plus silteux vers l'E;

2) que les «calcaires à Polypiers de Lagosteiros» passent à l'E de Sesimbra à des calcaires marneux accumulés dans un bassin marin interne. Ce n'est qu'au méridien de Quinta da Serra, 19,5 km à l'ENE de Lagosteiros, que ce niveau perd toute individualité;

3) que les termes sus-jacents de l'Hauterivien terminal et du Barrémien inférieur, se transforment très rapidement vers l'E en une série entièrement détritique et problement fluviatile. La puissance des décroît fortement à l'E de Vinhas.

On peut conclure de ces observations que la ligne de rivage se retire progresivement de l'E vers l'W lors de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur. Cette série montre donc bien, ici aussi, une évolution générale régressive. La réduction d'épaisseur des grès vers l'E doit être rapprochée d'un amincissement semblable relevé dans les grès valanginiens; la permanence, depuis le Valanginien jusqu'au Barrémien, d'une zone haute située à l'E de la Serra da Arrábida pourrait en être la cause.

4° RÉCAPITULATION

L'Hauterivien et le Barrémien inférieur se composent de calcaires et grès alternés dans la région de Caneças, dans le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro et dans la Serra da Arrábida, soit à l'E, au N et au S du domaine de sédimentation carbonatée.

D'une manière générale, les dépôts se sont accumulés à faible profondeur, dans un environnement de plaine côtière; cependantt, les lignes isopiques se sont déplacées au cours des temps:

— le domaine marin est très étendu au début de l'Hauterivien puisque nous n'avons pas pu en saisir les limites das ces affleurements de calcaires et grès alternés; il s'étend vers le N, l'E et le S au-delà d'Ericeira, d'Alverca et de la Serra da Arrábida. Ce domaine se restreint progressivement de sorte que durant le Barrémien les lignes de rivage passent par Malveira, Sesimbra et non loin de Caneças. Ainsi, les eaux se retirent de l'W vers l'E. Les divers termes qui constituent l'ensemble de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur s'organisent en une séquence majeure régressive;

— quelques fluctuations secondaires de la nappe d'eau peuvent être reconnues dans le Barrémien inférieur du Cap Espichel. Eles sont probablement liées à une certaine instabilité du plan de sédimentation.

L'alternance de dépôts à prédominance détritique et carbonatée que l'on relève dans tout ce domaine semble due, non à des mouvements verticaux du fond sous-marin, mais à des modifications du régime d'érosion et d'altération sur les socles émergés nourriciers.

III. — L'HAUTERIVIEN ET LE BARRÉMIEN INFÉRIEUR DÉTRITIQUES

1° ANALYSE STRATIGRAPHIQUE

A) *BASSIN DE RUNA*

Le bassin de Runa, une dizaine de kilomètres au NE de Sobral da Abelheira et au N de Malveira présente un complexe hauterivien et barrémien inférieur à composition essentiellement détritique, trait d'union entre les grès et calcaires alternés du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro et les argiles et grès du bassin plus septentrional de Torres Vedras.

La série est bien découverte à l'extrémité méridionale du bassin, près du village de São Sebastião, 500 m au N et au NE de la chapelle, en particulier le long du sentier montant à l'ermitage de Senhora do Secorro, 100 m à l'ENE du moulin de Rafael, ainsi que 100 m au N de la maison de Canto da Vinha.

COUPE DE SÃO SEBASTIÃO. Les couches plongent à 10-15° vers le NW. On voit, sur les grès valanginiens rubéfiés à leur surface supérieure (*fig.* 47):

1. Argiles bleutées, à la base, devenant plus massives et silteuses vers le haut où elles se chargent, suivant de minces lentilles, en grains de quartz. Ce niveau contient de nombreuses empreintes de Lamellibranches (Corbules) et quelques Foraminifères (*Ammobaculites* sp., *Ammomarginulina* sp., *Trochammina* sp., *Ammoscalaria* sp.) (1,50 m).

2. Grès bruns, grossiers, à matrice argileuse et éléments de quartz, en lentilles à stratifications entrecroisées, résultant d'un passage progressif de l'assise sous-jacente (1 m).

3. Silts gris bleuté, à concrétions rouille, à muscovite, quartz émoussé et débris végétaux. Les stratifications sont horizontales et les structures noduleuses (1,60 m).

4. Argiles gris bleuté, micacées, à plaquettes et dalles horizontales de grès fins ocre, micacés (3 m).

5. Dolomies jaunes, cryptocristallines, en bancs horizontaux onduleux de 0,20 à 0,40 m d'épaisseur alternant avec des interbancs plus épais d'argile gris bleuté à *Trochammina* sp. et *Ammomarginulina* sp. (4 m).

6. Silts micacés blanchâtres, bleutés ou rosés, en bancs horizontaux intercalés de grès fins blancs à matrice argileuse et éléments de quartz et de muscovite, à stratifications internes obliques (4,50 m).

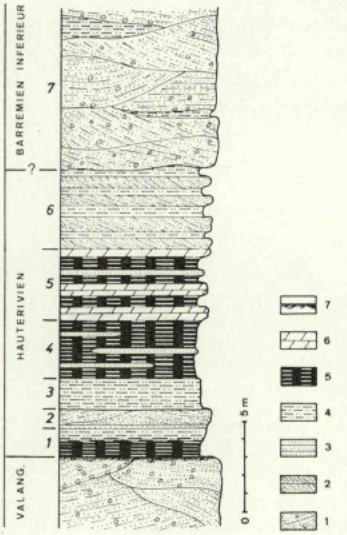


FIGURE 47. — *L'Hauterivien et le Barrémien inférieur de São Sebastião (Bassin de Runa).*

1: grès à stratifications entrecroisées; 2: grès à stratifications obliques; 3: grès à stratifications horizontales; 4: marnes gréseuses; 5: marnes; 6: dolomies; 7: croûtes ferrugineuses.

7. Grès grossiers, clairs, massifs, en lentilles à stratifications entrecroisées, à granules et petits galets de quartz, à grains de quartz, muscovite et feldspath peu altéré, à matrice argileuse, intercalés de lentilles de silts et d'argiles rouges. Ce niveau, épais de 7 m, est interrompu au sommet par un filon basaltique.

Par comparaison avec les formations de la région de Sobral da Abelheira, on peut supposer que les termes inférieus (niveaux 1 à 6), à argiles prédominantes, stratifications horizontales et Foraminifères, datent de l'Hauterivien; ils constitueraient l'équivalent latéral des «marnes et grès de Santa Susana» et des «calcaires à Rudistes de Praia dos Coxos». Le terme supérieur (niveau 7), essentiellement gréseux, à stratifications entrecroisées, appartiendrait au Barrémien inférieur; il représenterait, dans le bassin de Runa, les «grès à Trigonies» du flanc N du syncinal de Pero Pinheiro.

Les affleurements du hameau de Cadriceira, à l'W du bassin, appuient ces datations.

Le versant S de la vallée de Ribeira da Nora montre, 250 m au SE de Cadriceira, sur des argiles gris bleuté à plaquettes ocre (niveau 4 de São Sebastião) occupant le fond du thalweg:

5. dolomies gris verdâtre et grès jaunes, à *Pterotrigonia caudata* (AG.) et empreintes de végétaux, intercalés d'argiles vertes à *Buccicrenata* n. sp. (4m);

6. silts micacés bleu pâle et grès fins blancs, à fines plaquettes ocre, renfermant un très grand nombre de débris de bois silicifiés (5 m);

7. grès fins et moyens, blancs ou jaunâtres, à feldspath peu altéré, quart et muscovite, en lentilles à stratifications entrecroisées alternant avec des silts ligniteux gris foncé. Ce niveau est visible sur 4 m. C'est à sa base qu'a été découvert [E. BOUREAU, 1949; E. BOUREAU et F. MOITINHO de ALMEIDA, 1951; E. BOUREAU, 1957] un tronc de *Protopodocarpoxylon teixeirae* BOUREAU.

Le couvert végétal empêche une étude des termes plus élevés.

Il convient de remarquer la présence, dans le niveau 5, de *Buccicrenata* n. sp., Foraminifère qui n'a été recontré qu'à l'Hauterivien. Nous avons donc là une preuve de l'âge hauterivien des termes inférieurs de la série, à prédominance argileuse et stratifications horizontales. Le gisemente de *Protopodocarpoxylon teixeirae* se situerait donc près de la limite entre Hauterivien et Barrémien.

L'Hauterivien et le Barrémien inférieur affleurent longuement sur la bordure occidentale du bassin de Runa, depuis Cadriceira jusqu'à Catefica. La base des grès à stratifications entrecroisées est jalonnée de bois silicifiés.

Nous pouvons enfin compléter nos connaissances sur la partie supérieure de la série grâce à l'examen des couches du hameau de Felgueira, 1250 m à l'E du hameau de Cadriceira.

Au-dessus des grès, argiles et dolomies de l'Hauterivien apparaissent au N de l'agglomération :

7. grès blancs, rouges ou gris, fins ou moyens, à feldspath abondant altéré, à quartz et muscovite, en lentilles à stratifications entrecroisées (7 m);

8. grès jaunes, bruns ou mauves, grossiers mal classés, lenticulaires, à matrice argileuse, grains et granules de quartz et feldspath, galets de quartz versicolore jalonnant la base des lentilles ou dispersés dans la masse des grès. Il s'intercale quelque lentilles de silts violacés, rouges ou bleutés, à graviers (5 m).

Les formations détritiques sus-jacentes sont rattachées au complexe des «couches d'Almargem».

*
* *

En conclusion, la série de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur se compose dans le bassin de Runa de deux ensembles:

— un *ensemble inférieur* (15 m environ), reposant sur le Valanginien, formé d'argiles, grès fins et dolomies, à stratifications généralement horizontales, parfois obliques ou entrecroisées. Son attribution à l'*Hauterivien* s'appuie sur la présence de *Buccicrenata* n. sp. La présence de Trigonies, Corbules et petits Foraminifères est la preuve d'une certaine salinité des eaux. Les caractères pétrographiques, paléontologiques et architecturaux de cet ensemble permettent d'imaginer une sédimentation dans une *vasière côtière;*

— un *ensemble supérieur* (17 m) essentiellement gréseux, à dispositions lenticulaires. Par comparaison avec les formations rencontrées dans la région de Sobral da Abelheira, on peut estimer que cet ensemble date du *Barrémien inférieur*. Les structures sédimentaires observées plaident en faveur d'un milieu de dépôt *fluviatile*.

Ainsi, les différents niveaux de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur s'agencent en une *séquence majeure négative et régressive.*

B) *BASSIN DE TORRES VEDRAS*

L'un ds points les plus favorables à l'analyse de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur se situe au SW du bassin, immédiatement au N et au-dessus du hameau de Lugar d'Alem, sur le versant W de la crête de Moinho do Batista (*fig.* 48).

COUPE DE LUGAR D'ALEM Les argiles et grès valanginiens, indurés au sommet et plongeant à 12° vers le NNW, sont surmontés par (*fig.* 49):

1. Silts gréseux gris cendré, à concrétions de limonite, alternant avec des argiles grises et avec des grès grossiers à matériel siliceux et ciment argileux. Les stratifications sont horizontales. Aucune polarité n'est visible (2,20 m).

2. Argiles feuilletées, bleues, à plaquettes ferrugineuses, avec *Corbula* sp., *Cardium* sp., *Arca* sp., *Trochammina* sp., *Haplophragmium* sp., *Haplophragmoides* sp., *Ammobaculites* sp., *Ammomarginulina* sp. (1,80 m).

3. Alternance de grès fins jaunes, en bancs horizontaux onduleux, et d'argiles bleu pâle à empreintes de Lamellibranches (*Corbula* sp.), *à Trochammina* sp. et très nombreux Végétaux. Plusieurs croûtes durcies apparaissent (3 m).

4. Argiles micacées, feuilletées, à plaquettes ocre, et silts bleutés, rouges ou violacés, riches en muscovite. Les bancs sont horizontaux onduleux. Les divers termes lithologiques s'organisent en petites séquences négatives ,2,70 m).

5. Grès rouges et jaunes, en un banc horizontal à stratifications internes entrecroisées, à fins éléments de quartz et feldspath liés par une matrice argileuse. Le contact est brusque avec les assises supérieures et inférieures (0,80 m).

6. Silts gris bleuté, s'affinant vers le haut, à grains de quartz, feldspath et muscovite, intercalés de minces lits horizontaux de grès fins ocre (0,60 m).

7. Silts argileux, micacés, gris ou rosés, à plaquettes ou minces bancs de grès fin ocre. La partie supérieure du niveau est peu découverte (12 m).

8. Grès gris bleuté, violacés ou jaunes, moyens ou grossiers, à galets de quartz et pegmatite, à granules et grains de quartz, muscovite et feldspath abondant et peu altéré, à matrice argileuse. Ces grès s'organisent en lentilles à stratifications entrecroisées et sont associés à des silts ou argiles mauves, violacés, rouges et blancs. Les séquences élémentaires sont positives (5 m).

Au-dessus viennent les argiles et grés rapportés aux «couches d'Almargem».

Cette coupe montre une succession très comparable à celle du bassin de Runa, avec:

— un ensemble inférieur riche en assises argileuses, à stratifications horizontales prédominantes (niveaux 1 à 7). Quelques bancs fournissent des Lamellibranches et Foraminifères. Bien que je n'ai recueilli aucun marqueur chronostratigraphique, je suppose que cet ensemble date, comme à Runa, de l'Hauterivien et non, comme le pensait G. C. FERREIRA [1958], du Valanginien. La microfaune citée par cet auteur ne peut en effet être tenue pour caractéristique du Valanginien et la comparaison des lithofaciès s'oppose à une telle datation.

— un ensemble supérieur de grès à stratifications entrecroisées, stérile (niveau 8), rattaché au Barrémien inférieur.

Les variations de faciès

Les assises hauteriviennes, aux argiles marquées de nombreuses empreintes de

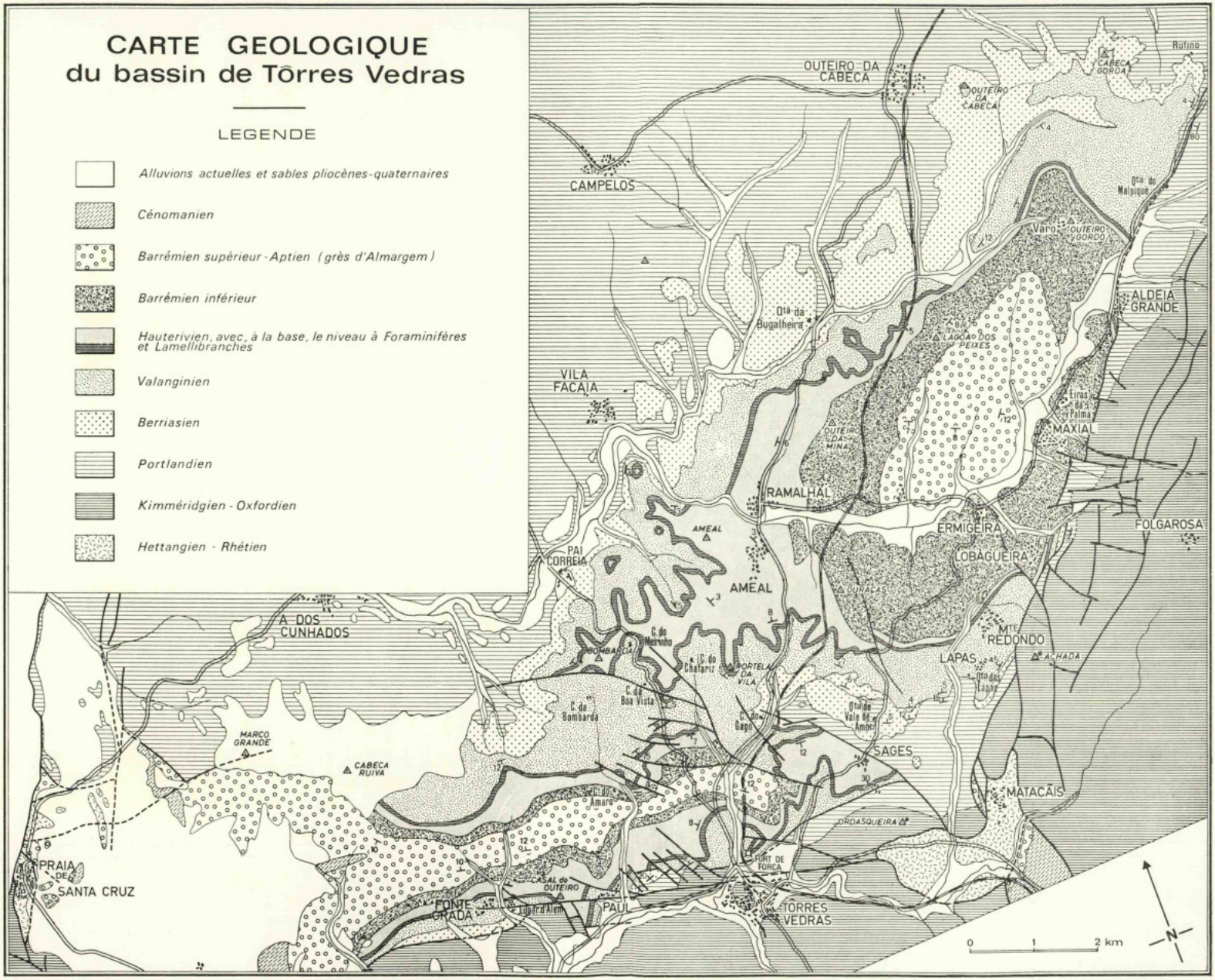


FIGURE 48. — *Carte géologique du bassin de Torres Vedras.*

Lamellibranches, se repèrent aisément dans toute la partie méridionale et occidentale du bassin de Torres Vedras. G. C. FERREIRA [1958] en a donné un relevé cartographique très minutieux. Je citerai, parmi les affleurements les plus représentatifs. (*fig.* 48):

1) *L'Hauterivien du Fort de Forca* (*fig.* 49), 1 km au NNE de la ville de Torres Vedras, 300 m à l'E du fort, sur la rive droite du Rio Sizandro. Il se distingue de l'Hauterivien de Lugar d'Alem par une pouissance moindre, un enrichissement en grès à stratifications internes entrecroisées et un appauvrissement en intercalations argileuses.

> Un lit d'argile situé à 0,90 m de la base a fourni une importante microflore avec *Trilobosporites domitus* COUPER, *T. bernissartensis* (DEL. et SPUM.), *Tuberosisporites major* DÖRING, *Concavissimisporites variverrucatus* COUPER, *C. apiverrucatus* (COUPER), *C. punctatus* (DEL. et SPRUM.), *Pilosisporites trichopapillosus* (DEL. et SPRUM.), *Ischyosporites crateris* BALME, *Staplinisporites caminus* (BALME), *Plicatella tricornitata* (WEYL. et GRIEF.), *Appendicisporites* sp., *Cyathidites punctatus* DEL. et SPRUM., *Concavisporites juriensis* BALME, *Cicatricosisporites australiensis* POTONIE, *Applanopsis dampierri* (BALME), *A. trilobatus* (BALME), *Aequitriradites spinulosus* COOK. et DETT. Il s'y ajoute des représentants du Phytoplancton (*Hystrichosphaeridium* sp.).

2) *L'Hauterivien de Casal do Gago*, 2 km au NE du fort de Forca, 300 m au SE de la ferme de casal do Gago, au km 67,100 de la voie ferrée Lisbonne-Figueira da Foz. La succession est semblable à celle du fort de Forca.

> Les argiles ont fourni ici un grand nombre de micro-organismes pyriteux, parmi lesquels *Orthonotacythere* sp., *Miliolidae*, *Tritaxia* sp., *Trochammina* sp., *Ammobaculites* sp., *Ammomarginulina* sp. et *Haplophragmium* sp.

3) *L'Hauterivien de Portela da Vila, Raposa, Casal do Meirinho et du signal géodésique de Bombarda*, 2,5 km à 5 km au N de Torres Vedras, de part et d'autre de la route E.N. 8.2 L'importance relative des grèset argies est la même qu'au fort de Forca.

> Les petits Lamellibranches sont accompagnés de *Trochammina* sp., *Reophax* sp., *Ammobaculites* sp., *Ammomarginulina* sp., *Haplophragmium* sp., *Haplophragmoides* sp. et *Textularia* sp.

4) *L'Hauterivien d'Ameal* (*fig.* 49), 1 km au S du village d'Ameal, 4,5 km au NE de Torres Vedras. Les intercalations argileuses sont minces et rares, mais elles contiennent toujours Lamellibranches et Foraminifères.

> Les assises les plus élévées,, composées de grès fins blancs, micacés, en bancs subhorizontaux à stratifications internes entrecroisées, et de silts micacés blancs, bleutés, violacés ou noirs, ont fourni *Gleicheniidites circinidites* BRENNER, *G. senonicus* ROSS, *Cyathidites australis* COUPER, *Leiotrilete equiexinus* DÖRING, *Staplinisporites caminus* (BALME), *Foveotrilete parviretus* BALME, *F. subtriangularis* BRENNER, *Trilobosporites weylandi* DÖRING, *T. phlebopteroïdes* (COUPER), *T. lantzae* DEAK. et COMB., *Ischyosporites crateris* BALME, *Tsugaepollenites* sp., *Tuberosisporites major* DÖRING, *Microreticulatisporites diatretus* COUPER, *Leptolepidites verrucatus* COUPER, *Cicatricosisporites australiensis* POTONIE, *C. hallei* DEL. et SPRUM., *Aequitriradites spinulosus* COOK. et DETT., *A. dubius* DEL. et SPRUM., *Densoïsporites perinatus* COUPER, *Kraeuselisporites majus* DETMAN etdu Phytoplancton (*Bromea gochti* ALBERTI, *Sonyaulacysta* sp.).

Une telle association microfloristique présente de nettes affinités néocomiennes et constitue un argument supplémentaire pour attribuer à l'Hauterivien cet ensemble in-

férieur argileux et gréseux. La présence de Phytoplancton est la preuve d'une sédimentation en milieu saumâtre ou marin.

En résumé, l'Hauterivien de la partie occidentale et méridionale du bassin de Tôrres Vedras renferme partout, de la base au sommet, des organismes vivant en eaux relativement salées. Les niveaux qui le composent sont de plus en plus minces, de plus en plus riches en grès et de plus en plus pauvres en argiles lorsque l'on se déplace vers l'E et le NE.

Dans la partie orientale et septentrionale (NE du village de Ramalhal; N du village d'Aldeia Grande; N du hameau d'Outeiro Gordo; 1 700 m au N de Sages, de part et d'autre de la route E.N. 115.2) l'Hauterivien est formé d'une douzaine de mètres de silts gris, bleutés, rouges ou jaunes, intercalés de grès siliceux jaune pâle, fins ou grossiers, en bancs horizontaux à stratifications internes obliques ou en lentilles à stratifications entrecoisées. Ces formations sont stériles. Il n'est guère possible de préciser leur milieu de dépôt.

Je rappellerai que l'Hauterivien repose à l'W du bassin de Torres Vedras sur la partie supérieure du Valanginien, à l'E sur la partie inférieure (*fig.* 49).

*
* *

Les grès du Barrémien inférieur affleurent largement dans le synclinal de Ramalhal: on observe des grès lenticulaires, à stratifications entrecroisées, gris, jaunes, mauves ou bleutés, fins ou grossiers, mal classés, pourvus d'une matrice argileuse blanche et de grains de quartz, muscovite et feldspath abondant, peu altéré; des galets de quartz et de pegmatite sont dispersés ou se concentrent à la base des lentilles. Les alternent avec des lentilles de silts argileux rosés, violacés ou bleus. La puissance de cette formation peut être estimée à une vingtaine de mètres. Les coupes les mieux découvertes se situent 1 700 m à l'E de Ramalhal, dans la tranchée de la voie ferrée, et le long de la route E.N. 115.2, entre Ermigeira et Maxial. Ils résultent probablement d'une sédimentation fluviatile.

Conclusions

Deux ensembles ont été reconnus dans l'Hauterivien et le Barrémien inférieur du bassin de Torres Vedras:

— *un ensemble inférieur*, transgressif sur le Valanginien, qui appartiendrait dans sa totalité à l'*Hauterivien*. Il est composé à l'W de Ramalhal d'argiles, grès et silts à stratifications horizontales prédominantes, avec, à la base, un ou plusieurs lits riches en Lamellibranches et Foraminifères; cet ensemble offre les caractères d'un dépôt saumâtre, de *vasière littorale*. Tout organisme disparaît à l'E de Ramalhal et les stratifications entrecroisées se développent; rien ne permet alors de définir le milieu de sèdimentation;

— *un ensemble supérieur* rapporté au *Barrémien inférieur*, essentiellement grèseux, à stratifications entrecroisées. Il pourrait correspondre à des *accumulations de plaine alluviale*. Il marque une régression de la mer par rapport à la formation sous-jacente.

C) *LAMBEAUX D'OLHALVO ET ABRIGADA*

Le lambeau crétacé d'Olhalvo montre, sur les grès berriasiens, 0,60 m de silts gris, bleutés ou rouges, à plaquettes durcies, auquels font suite un banc horizontal, épais de 1 m, de grès jaune, à matrice argileuse et éléments de quartz et de feldspath non altéré,

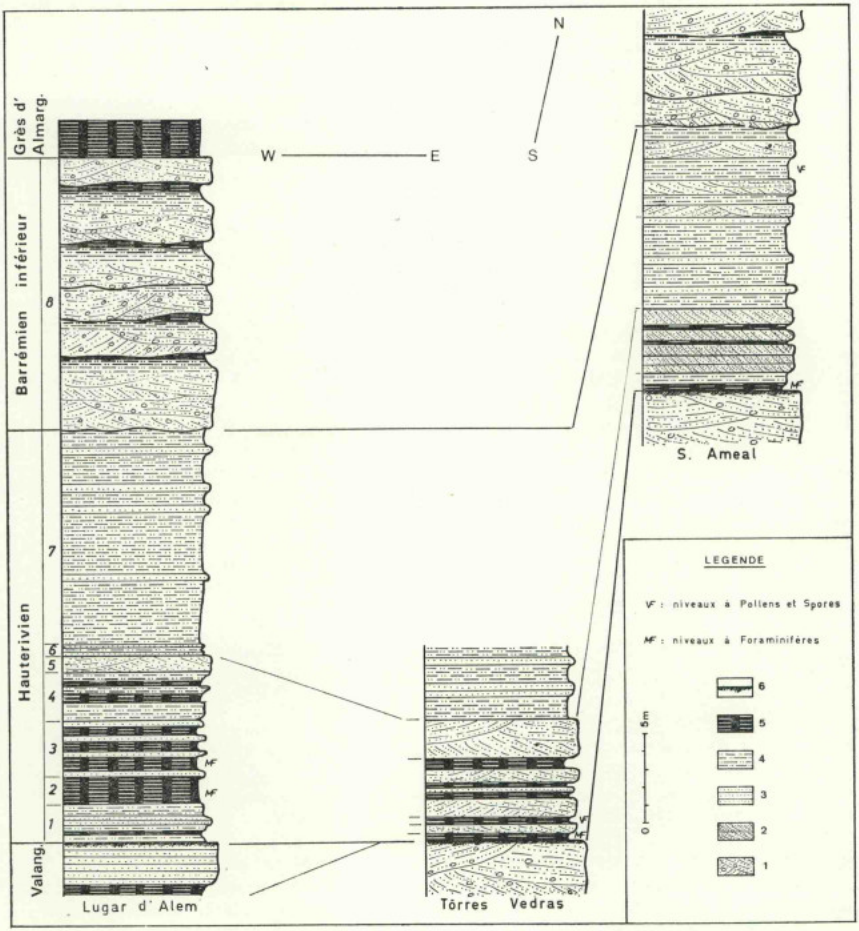


FIGURE 49. — *L'Hauterivien et le Barrémien inférieur dans le bassin de Tôrres Vedras.*
1: grès à stratifications entrecroisées; 2: grès à stratifications obliques; 3: grès à stratifications horizontales; 4: marnes gréseuses; 5: marnes; 6: croûtes ferrugineuses.

puis 8 m de silts gris bleutés, rouges, violacés, jaunes ou blancs, à de quartz. Ces diverses assises, stériles, paraissent devoir être rattachées par leurs lithofaciès à l'Hauterivien.

Les grès sus-jacents n'ont fourni aucun fossile. La nature des éléments m'incite à penser qu'ils représentent les «couches d'Almargem». Il y aurait donc *lacune du Barrémien inférieur.*

C'est une succession comparable que l'on peut relever dans le *lambeau d'Abrigada,* 3 km plus au N. Je rapporte à l'Hauterivien 2 m d'argiles silteuses, micacées, bleutées ou rouges, à plaquettes indurées et stratifications horizontales, comprises entre les grès attribués au Berriasien et les grès des «couches d'Almargem». Le Barrémien inférieur serait, ici aussi, absent. Ces formations ne sont pas fossilifères.

D) *LAMBEAU DE CERCAL*

Examinons en premier lieu la série de Rocha Forte, sur le bord SW du lambeau de Cercal (*fig.* 67).

COUPE DE ROCHA FORTE 300 m au S du village de Rocha Forte, sur le bas côté de la route E.N. 115.1, à la borne hectométrique 6 km 300, les grès attribués au Valanginien, rubéfiés à leur surface supérieure et plongeant à 8° vers l'W sont surmontés par:

1. silts gris cendré et grès fins, micacés, à débris ligniteux et empreintes de végétaux, à stratifications horizontales soulignées par des plaquettes durcies et des nodules ocre. De rares granules de quartz anguleux sont dispersés (0,80 m);

2. argiles feuilletées, micacées, à plaquettes ocre ou rouges, à débris ligniteux, intercalées de lentilles de silts et de grès fins bien classés. Les stratifications majeures sont horizontales (0,70 m);

3. grès jaunes, massifs, limités à leur base par une croûte rubéfiée. Une matrice argileuse lie des éléments mal classés de quartz, feldspath et muscovite. Les stratifications n'apparaissent pas (niveau visible sur 0,70 m).

Les termes les plus élevés sont bien dégagés dans village de Rocha Forte, à la butte portant le moulin. Les grès du niveau 3 sont suivis de:

4. silts et argiles jaunes, bleutés ou rouges (2 m);

5. grès fins blancs, à stratifications internes entrecroisées et éléments de quartz et de feldspath (2 m);

6. grès fins blancs et silts argileux rouges, en bancs subhorizontaux. Ce niveau, visible sur 2 m, est le plus récent de la région de Rocha Forte.

Les caractères pétrographiaques et architecturaux de cet ensemble qui repose sur le Valanginien évoquent beaucoup l'Hauterivien de Tôrres Vedras. Je n'ai cependant recueilli aucun organisme qui confirme cette corrélation. *Le milieu de dépôt, calme, pourrait être continental.*

Le gisement de Végétaux fossiles de Zambujeira, 400 m au NW du signal géodésique, 2 km à l'W de Cercal, se situe dans la même formation. Il a fourni, dans un silt gris bleuté à plaquettes ocre [C. TEIXEIRA, 1958] *Sphenopteris* sp., *Pecopteris* aff. *dunkeri* SHIMP., *Frenelopsis* sp., *Sphenolepis* aff. *sternbergiana* (DUNKER) et *Desmiophyllum* sp. On ne peut tirer argument de cette association pour dater le gisement. Notons toutefois qu'elle ne s'oppose pas à une attribution à l'HHauterivien.

Le Crétacé inférieur est plus complet dans la partie orientale du lambeau de Cercal, au NE d'une ligne passant par Cercal et Quinta de Santo Antonio: autour du signal géodésique de Figueira, 2,5 km au N de Cercal, les argiles silteuses rouges ou bleutées, à plaquettes durcies, rapportées à l'Hauterivien, sont épaisses de 2 m. Elles succèdent aux grès valanginiens et sont directament surmontées par des grès blancs ou rosés, à galets, en stratifications entrecroisées, semblables à ceux qui, à Cercal, renferment le célèbre gisement de Végétaux aptiens [C. TEIXEIRA, 1948]. *Le lambeau de Cercal serait donc dépourvu de Barrémien inférieur,* comme les lambeaux plus méridionaux d'Abrigada et d'Olhalvo.

E) *CUVETTE DE GALIOTA*

Nous avons vu au chapitre précédent que les grès valanginiens constituaient les flancs de la cuvette de Galiota. Les formations qui occupent le coeur du pli sont entièrement découvertes sur la côte, entre Olhos de Agua, au NE, et Cova da Areia, au SW.

COUPE DE GALIOTA Aux grès valanginiens succèdent, de bas en haut:

1. Silts gris en plaquettes, ligniteux et micacés, à nombreux débris végétaux, passant latéralement à une argile rouge, violacée ou jaune. C'este ce niveau qui renferme les gisements de Végétaux fossiles d'Olhos de Agua (flanc N de la cuvette) et de Pousio da Galiota (flanc S). Ont été notamment cités (C. TEIXEIRA, 1948), *Pecopteris dunkeri* SCHIMP., *Sphenopteris mantelli* BRONGG., *S. tenuifissa* SAP., *S.* cf. *crenularis* SAP., *S.* cf. *flabelina* SAP., *Adiantum* cf. *expansum* SAP., *Sphenolepsis kurriana* (DUNKER), *Brachyphyllum obsum* HEER, *hohenneggeri* (ETT.), *Pseudocycas tenuisectus* (SAP.), *Otozamites obidosensis* TEIX., *Podozamites* sp. (3 m).

2. Grès gris, jaunes bruns ou rouges, lenticulaires, à matrice argileuse ou sitleuse, grains et granules de quartz, feldspath et muscovite. Des galets de quartz versicolores, lydienne, quartzite, pegmatite et feldspath, sont dispersés dans la masse du grès ou groupés en de véritables conglomérats. Il apparait en outre quelques lentilles de grès fins gris à laminae ligniteux et des lentilles de silts argileux rouges, violacés, bleutés ou blancs. Les quelques séquences observées sont positives. A 25 m de la base du niveau — visible sur 42 m — ont été recueillis *Trilobosporites domitus* COUPER, *Tr. apiverrucatus* (COUPER), *Tr. bernissartensis* DEL. et SPRUM., *Concavissimisporites variverrucatus* COUPER, *Pilosisporites trichopapillosus* DEL. et SPRUM., *Cicatricosisporites hughesii* (COUPER), *Ischyosporites crateris* BALME, *Kluckisporites pseudoreticulatus* COUPER, *Aequitriradites spinulosus* COOK, et DETT., *Applanopsis dampierri* (BALME), *Tuberosisporites crassus* BRENNER, *Plicatella tricornitata* (WEYL. et GRIEF.).

Cette association de Pollens et Spores du niveau 2 est très proche de celle décrite dans l'Hauterivien du bassin de TôrresVedras et dans le Barrémien inférieur d'Ericeira. Or, les plantes du niveau 1, plus ancien, indiqueraient selon C. TEIXEIRA [1948] un âge albo-aptien. Il est délicat de trancher entre ces données contradictoires. Cependant, si l'on s'appuie sur les caractères pétrographiques et architecturaux des deux niveaux et sur les analogies avec les formations rencontrées plus au S, principalement aux environs de Tôrres Vedras, la datation apportée par la palynologie semble plus probable:

— le niveau 1 — argileux et silteux, de teinteso bleutées ou rouges, à plaquettes durcies et succédant au Valanginien — pourrait correspondre à l'*Hauterivien.* Le fin litage souligné par la muscovite et les débris ligniteux témoignerait, avec la haute teneur

en argiles, d'une *sédimentation en eaux calmes; un milieu de plaine alluviale* expliquerait l'absence de tout organisme marin;

— le niveau 2, beaucoup plus grossier — composé de grès lenticulaires aux teintes gris prédominantes, riches en feldspaths peu altérés et intercalés d'argiles vivement colorées — pourrait dater du *Barrémien inférieur*. Bien que plus puissant et plus riche en galets, il s'apparente au Barrémien inférieur de la région de Torres Vedras. On peut supposer qu'il s'est formé par *décharges fluviatiles*. Ce niveau occupe le coeur du bassin. Le toit n'en est pas connu.

Suivant cette conception, *la série de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur s'ordonnerait, dans le domaine continental, en une séquence majeure négative:* elle est détritique et fine à la base, détritique et grossière au sommet.

F) *BASSIN D'ALCANEDE*

Le bassin d'Alcanede présente, semble-t-il, la même sucession que la cuvette de Galiota, mais aucun élément paléontologique ne vient confirmer les datations.

On reconnait sur le Valanginien:

— 4 m de silts rouges, violacés ou bleutés, micacés, à plaquettes durcies et petits nodules gréseux. Le passage avec les grès sous-jacents est progressif. Les stratifications n'apparaissent pas. Ce niveau affleure bien 500 m à l'W du hameau de Mosteiros et 400 m à l'ESE de l'église d'Alcanede. On pourrait le rapporter à l'Hauterivien.

— 45 m de grès gris verdâtres, jaunes, rosés ou violacés, à grains fins, moyens, ou grossiers de quartz, muscovite et feldspath peu altéré, à galets de quartz versicolores, lydienne, roches métamorphiques et feldspath, à matrice argileuse. Ils sont intercalés de silts verdâtres, violacés ou rouges. Ces divers termes lithologiques constituent des lentilles épaisses de 1 à 2 m à stratifications internes entrecroisées. Grès et argiles s'ordonnent em cyclothèmes à séquences positives très apparentes. Les galets jalonnent la base des lentilles ou sont dispersées dans la masse des grès. Ce niveau est bien découvert sur la rive droite (W) de Ribeira de Viegas, au N du hameau de Viegas; il affleure aussi convenablement au NE du bassin d'Alcanede, par exemple autour du village d'Aldeia de Alem, au NW d'Abrãa, aux environs d'Amiães de Baixo et au NE d'Amiães de Cima. Les galets sont de plus en plus gros et abondants du SW vers le NE, tandis que la puissance du niveau décroît: elle peut être estimée à 15 m à Amiães de Baixo. Par ses caractères pétrographiques et architecturaux, par ses composants minéralogiques, cette formation est à rapprocher des grès du Barrémien inférieur.

En résumé, on peut supposer que le bassin d'Alcanede possède un Hauterivien peu épais, à prédominance argileuse, et un Barrémien inférieur gréseux. Tous les sédiments seraient fluviatiles.

G) *RÉCAPITULATION*

L'Hauterivien et le Barrémien inférieur détritiques sont connus au N du synclinal de Pero Pinheiro. Deux ensembles superposés peuvent être distingués.

L'ensemble inférieur, à prédominance argileuse, est transgressif sur de Valanginien. Il est rapporté à l'Hauterivien en raison de la découverte, dans le bassin de Runa, de *Buccicrenata* n. sp. Des Spores et Pollens néocomiens ont été par ailleurs recueillis dans la contrée de Tôrres Vedras. Cet ensemble est formé dans le bassin de Runa et

dans la partie occidentale du bassin de Tôrres Vedras de 15 à 20 m d'argiles à plaquettes durcies et faune marine, intercalés de minces bancs horizontaux de grès fins et dolomies (Runa); il montre dans la partie orientale du bassin de Torres Vedras, à Olhalvo, Abrigada et Cercal, 2 à 8 m d'argiles silteuses bleutées ou rouges et grès horizontaux; les bassins de Galiota et d'Alcanede possèdent 3 à 4 m de silts et de grès fins, lenticulaires. Ces diverses formations sont l'indice d'un milieu de sédimentation calme: lagunes saumâtres, côtières, à Runa et Torres Vedras; plaine alluviale, peut-être, plus au N et à l'E.

L'ensemble supérieur est essentiellement détrique et grossier. L'attribution au Barrémien inférieur s'appuie surtout sur une similitude de faciès avec les intercalatios gréseuses à position stratigraphique bien définie de la région de Sobral da Abelheira; la microflore recueillie dans la cuvette de Galiota semble confirmer une telle datation. Des grès gris, verdâtres, bleutés, roses ou jaunes, lenticulaires, à stratifications entrecroisées, riches en feldspath peu altéré sont associés, en cyclothèmes positifs, à des argiles et silts rouges ou violacés. Cette unité est connue dans les bassins de Runa (17 m), Tôrres Vedras (15 à 20 m), Galiota (plus de 42 m) et Alcanede (45 m). Elle est probablement absente à Olhalvo, Abrigada et Cercal, soit par lacune de sédimentation, soit par abrasion postérieure à leur dépôt. Elle s'est formée dans le domaine fluviatile.

La superposition des deux ensembles indique en tous points une *évolution régressive de l'aire de sédimentation*, matérialisée par le passage vertical de dépôts littoraux à des formations fluviatiles ou par le passage vertical — dans le domaine continental — de détritiques fins à des détritiques grossiers.

2° REMARQUES SÉDIMENTOLOGIQUES SUR LES GRÈS DU BARRÉMIEN INFÉRIEUR

A) *L'ARCHITECTURE DES DÉPOTS*

Les affleurements de Lugar d'Alem, dans le bassin de Tôrres Vedras, sont très représentatifs de l'agencement des formations détritiques au Barrémien inférieur.

COUPE DE LUGAR D'ALEM Le Barrémien inférieur est entaillé par un sentier 300 m au N du hameau de Lugar d'Alem, sur la rive droite de la vallée de Fonte Grada. On voit, sur les silts et argiles rouges de l'Hauterivien (*fig.* 50):

1. *a)* Grès grossiers ou fins gris, violacés ou jaunes, mal classés, en lentillles d'épaisseur décimétrique peu aparentes. Des galets et granules de quartz liés par une matrice gréseuse composant plus de 50 % de la roche, apparaissent dans certaines lentilles. La base du niveau est mal visible (1,50 m).
b) Grès jaunes ou gris, ordonnés en lentilles de 0,20 à 0,50 m d'épaisseur à stratifications entrecroisées et feuillets élémentaires bien marqués. Le grain est, selon les lentilles, fin, moyen ou grossier. Il n'y a pas de galets (2,10 m).
c) Silts gréseux puis argileux, mauves, sans stratifications apparentes, résultant dun passage progressif du terme gréseux sous-jacent (0,40 m).

2. Grès gris bleuté ou violacés, en lentilles de 0,20 à 0,50 m aux feuillets bien visibles. Les stratifications sont entrecroisées. Des galets de quartz tapissent la base de certaines lentilles inférieures. Il n'y a plus de galets et le grès est plus fin à la partie supérieure. Ce niveau érode l'assise 1 c (2,20 m).

3. *a)* Grès grossiers rougeâtres, violacés ou gris, ravinant le niveau 2, disposés en lentilles d'epaisseur décimétrique à stratifications entrecoisées. Le classe-

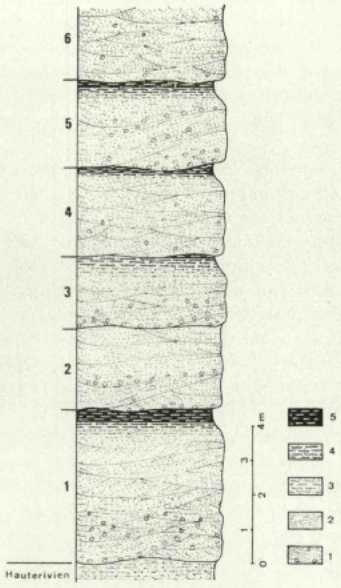


FIGURE 50. — *Coupe du Barrémien inrieur à Lugar d'Alem.*
1: grès à galets en stratifications entrecroisées; 2: grès fins en stratifications entrecroisées; 3: silts gréseux; 4: silts argileux; 5: argiles.

ment est mauvais; des galets et granules de quartz abondent dans certaines lentilles; ils sont dispersés dans la masse du grès ou forment des cordons à la base des unités sédimentaires (1,40 m).

b) Grès très fins, gris clair résultant d'un passage progressif du terme sousjacent et se transformant au sommet en une couche discontinue, partiellement décapée, de silt argileux micacé rouge ou lie-de-vin. Aucune stratification n'est visible (0,60 m).

4. *a*) Grès gris clair ou violacés, en lentilles épaisses de 0,20 à 0,50 m, à granules et rares galets de quartz localement dispersés. Cette assise érode les argiles et silts du niveau 3 (2,20 m).

b) Grès silteux et silts argileux violacés, sans galets, provenant d'un affinement du grès sous-jacent. Les stratifications ne peuvent être définies (0,20 m).

5. *a*) Grès grosiers, mal classés, gris ou violacés, ordonnés en lentilles épaisses de 0,50 à 1 m, à stratifications entrecroisées. Les galets sont nombreux; ils jalonnent la base de certaines lentilles ou soulignent des feuillets élémentaires. Des galets de silts violacés, témoins d'un ravinement de l'assise 4 *b*, se groupent à la base du niveau (2 m).

b) Grès fins, gris clair, feldspathiques, offrant une évolution ménagée avec les grès grossiers du mur et passant vers haut à un silts argileux et micacé lie-de-vin. Les stratifications n'apparaissent pas (0,50 m).

6. Grès fins, gris, jaunes ou violacés, ravinant le niveau 5, en lentilles d'épaisseur décimétrique et feuillets élémentaires bien différenciés. Des galets de silt apparaissent à la base. Des granules et des rares galets sont dispersés dans la masse du grès. Ce niveau, épais de 2 m, est limité au sommet par une faille.

Ainsi, le Barrémien inférieur montre une alternance de grès et de silts qui s'organisent en *6 cyclothèmes* superposés comprenant virtuellement chacun:

— un membre inférieur de grès mal classés, à stratifications entrecroisées, ravinant le cyclothème sous-jacent.

— un membre supérieur de grès fins et silts argileux, sans stratifications visibles.

Chaque cyclothème résulte d'une diminution de l'énergie mécanique des eaux. Il représente une *séquence positive d'inondation*, telle qu'on la rencontre das les *dépôts fluviatiles*, avec des décharges de chenaux surmontées de sédiments de plaine d'inondation. La superposition de plusieurs cyclothèmes traduit une *divagation des cours d'eau* et, peut-être, *un léger enfoncement relatif de l'aire de sédimentation.* Les cyclothèmes sont généralement complets et les ravinements d'une unité par la suivante sont peu impor-

tants. *Il n'y a pas trace de brutales variations du régime hydrodynamique.* On peut donc penser que, durant tout le temps de sédimentation de ces grès, les domaines érodés et le bassin sédimentaire n'ont pas subi de brusques mouvements verticaux.

Les caractères ainsi définis sont très constants dans les formation détritiques du Barrémien inférieur. L'architecture des dépôts est semblable dans tout le bassin de Tôrres Vedras et dans les contrées de Runa, Alcanede et Galiota. *La même stabilité paraît donc avoir régné dans l'ensemble des aires de sédimentation.* Le nombre de cyclothèmes varie beaucoup d'un point à l'autre, ce qui pourrait s'expliquer par des conditions géographiques locales différents déterminant des accumulations plus ou moins importantes et des migrations de chenaux plus ou moins nombreuses.

B) *LES STRATIFICATIONS*

Je n'ai observé dans le Barrémien inférieur détritique que des stratifications entrecroisées. Les conditions d'affleurement sont telles que les valeurs relevées sont peu nombreuses (*).

1. **La valeur angulaire** de la pente des feuillets élémentaires est comprise entre 14° et 24°. La moyenne est de 20°. Ces valeurs, relativement élevées, seraient l'indice de *courants rapides.*

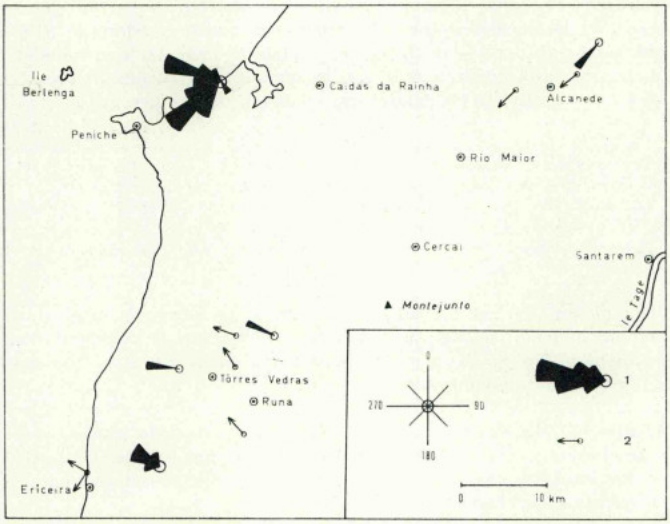


FIGURE 51. — *Carte des directions des stratifications entrecroisés dans les grès du Barrémien inférieur.*
1: mesure unique; 2: mesures multiples.

(*) Voir tabl. 7, en annexe.

2. **Les directions** des lignes de plus grande pente traduisent un sens général d'écoulement des eaux de l'E vers l'W *(fig. 51)*: *les zones d'alimentation en matériel détritique se situent à l'E du domaine de sédimentation.*

Les grès barrémiens de Galiota, au N, possèdent deux grandes directions, comme au Valanginien: l'une de l'ESE vers l'WNW, l'autre du NE vers le SW. On peut donc imaginer que les deux sens d'écoulement des eaux — liés à deux ouvertures différentes sur l'Océan — se maintiennent au Barrémien inférieur.

Dans le bassin de Tôrres Vedras se manifeste, semble-t-il, une modification de la direction des courants par rapport au Valanginien. Les eaux s'écouleraient de l'ESE vers l'WNW (alors que les valeurs relevées au Valanginien indiquent une direction ENE-WSW). Bien que le nombre de mesures soit trop limité pour que l'on puisse accorder un grand crédit à ces observations, il est tentant de faire un rapprochement entre le changement du sens d'ecoulement des eaux et l'absence de grès au Barrémien inférieur dans les lambeaux d'Abrigada et de Cercal, à l'E et au NE de Tôrres Vedras. Une surrection de ces contrée précédant la sédimentation détritique du Barrémien inférieur aurait pu déterminer une modification du tracé des cours d'eau drainant la région de Tôrres Vedras.

C) *LES GALETS*

1. **Nature.** Les galets contenus dans les grès du Barrémien inférieur sont semblabes à ceux du Berriasien et du Valanginien. Le quartz prédomine. Il est accompagné d'une faible proportion de lydienne, pegmatite, schiste, quartzite et feldpath. Ce sont donc des *filons quartzeux et pegmatitiques, des roches métamorphiques et paléozoïques* qui constituent la source en éléments détritiques grossiers.

Les grès de la Serra da Arrábida ont fourni du quartz (90 à 95%) et des lydiennes.
Dans les bassins de Runa et de Tôrres Vedras ont été collectés du quartz (90%), des quartzites (4%), pegmatites, feldspaths et schistes (moins de 1%).
Le bassin d'Alcanede est caractérisé par la présence de quartz (74%), lydiennes (15%), feldspaths (1%), quartzites (8%) et schistes (2%).
Les grès du bassin de Galiota renferment du quartz (65%), des lydiennes (20%), feldspaths (1%), quartzites (12%) et pegmatites (2%).

D'une manière, générale, chaque bassin reçoit le même matériel qu'au Valanginien. Il semble que l'on puisse distinguer *trois domaines de sédimentation,* aux apports légèrement différents: le domaine de la Serra da Arrábida, le domaine de Runa et Tôrres Vedras, le domaine d'Alcanede et Galiota.

2. **Centile** (*). Les galets sont rares ou absents dans la plupart des grès barrémiens. Quelques-uns, cependant, tapissent la base des lentilles ou sont dispersés dans la masse sableuse. Exceptionnellement, ils sont suffisamment nombreux pour se grouper en lits conglomératiques.

Les valeurs relevées dans une région donnée sont généralement plus faibles au Barrémien qu'au Valanginien. On peut donc penser que *la compétence des cours d'eau est moindre.*

(*) Voir tabl. 12, en annexe.

Comme au Valanginien, les centilles les plus élevés, indicateurs des fleuves les plus puissants, se situent dans les bassins d'Alcanede et de Galiota.

3. **Morphométrie** (*). Les mesures, effectuées sur des éléments de quartz ont été peu nombreuses en raison de la pauvreté en galets.

L'indice d'émoussé est faible dans les bassins de Runa, Tôrres Vedras et Alcanede (médiane comprise entre 111 et 138): la source du matériel est proche. Il est plus élevé dans le bassin de Galiota (médiane: 217): la zone d'alimentation est située à plus grande distance vers l'E. Les valeurs relevées au Valanginien et au Barrémien inférieur son très comparables: les galets ont même provenance aux deux époques.

On note, comme au Valanginien:

— que les médianes des indices sont plus élevées dans les bassins d'Alcanede et de Galiota que dans les affleurements plus méridionaux;

— que le matériel est homogène dans les bassins de Runa et de Torres Vedras; il est hétérogène à Galiota et Alcanede (*fig.* 52).

Ces donnés confirment l'individualité des contrées d'Alcanede et de Galiota par rapport aux régions de Tôrres Vedras et de Runa. Les premières sont parcourues par des cours d'eau distincts transportant des galets d'origine plus lointaine.

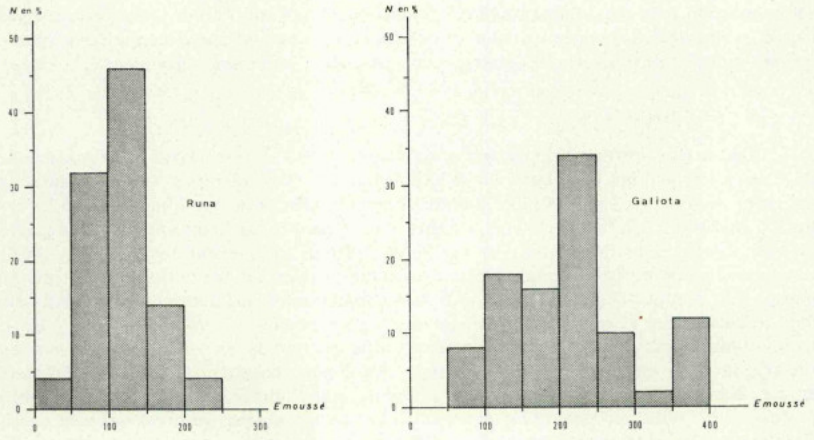


FIGURE 52. — *Histogramme de répartition des indices d'émoussé des galets du Barrémien inférieur à Felgueira (Bassin de Runa) et à Olhos de Agua (cuvette de Galiota).*
Abcisses: valeurs croissantes de l'indice d'émousse; ordonnées: nombres d'échantillons (exprimés en pourcentage).

L'indice d'aplatissement offre des médianes comprises entre 162 et 197, valeurs habituellement rencontrées dans le matériel fluviatile.

(*) Voir tabl. 17, en annexe.

L'indice de dissymétrie présente les mêmes valeurs qu'au Valanginien (médiane comprise entre 600 et 670; moyenne de 640). Onpeut y voir la preuve d'un modelé et d'un transport fluviatiles.

En résumé, *l'origine et le façonnement des galets ne changent pas du Valanginien au Barrémien inférieur.*

D) *LES GRÈS*

Les grès du Barrémien inférieur sont essentiellement caractérisés par leur *richesse en feldspath* faiblement altéré et anguleux. Ce minéral constitue en moyenne 10% des grains, mais le pourcentage peut s'élever jusqu'à 30-40%. Les diverses analyses (chimiques, rayons X, sections minces) effectuées sur du matériel provenant des «grès à Trigonies» d'Ericeira ont permis de reconnaître uniquement du microcline.

Le quartz est le minéral prépondérant (60 à 90% des éléments). A 0,5-1 cm de diamètre, 50 à 80% des grains sont non usés et brillants; 20 à 40% sont non usés et ternes; 0 à 10% sont émoussés et ternes. A fort grossissement, la surface des grains ternes paraît picotée. 0 à 5% des grains sont, soit fissurés, soit cariés.

La muscovite est presque toujours présente en faible quantité.

On peut en conclure que *les sables proviennent du démantèlement de roches éruptives acides, de gneiss ou de pegmatites,* qu'ils ont été amenés dans les zones de sédimentation à la suit d'un transport *fluviatile* et que *le climat était relativement chaud et humide.* La teneur et l'état de conservation des feldspaths démontrent que les *roches mères n'ont pas été soumises à une altération kaolinique complète.*

E) *LES ARGILES*

Des argiles provenant des «grès de Rochadouro» et des «grès à Dinosauriens» du Cap Espichel ont été soumises à trois analyses. Les résultats obtenus dans les cas sont semblabes: la kaolinite domine; elle est associée à une quantité notable d'illite; la montmorillonite est rare ou absente. Ces données ne peuvent être inteprétés qu'avec une grande circonspection car il est difficile de préciser les parts qui reviennent, dans la composition finale de ces vases côtières, aux néoformations, aux transformations au contact des eaux salées et à la sédimentation différentielle. On peut estimer toutefois que la majeure partie des argiles est héritée [G. MILLOT, 1964]. En ne tenant compte que de cette dernière origine, nous pourrions envisager *des roches mères éruptives ou métamorphiques, un climat chaud, des zones d'altération bien drainées;* la part relativement importante d'illite pourrait être l'indice de *sols imparfaitement* évolués. Une telle reconstitution est plausible car les autres observations sédimentologiques ont permis d'arriver à de semblables conclusions.

Les teintes rouges, vertes ou bleues qui caractérisent les grès et argiles du Barrémien inférieur sont la marque d'une teneur notable en fer. Cet élément est probablement issu des zones d'érosion. Il a été emporté avec les autres produits de l'attaque du substratum. Les processus de cuirassement ne se sont guère développés, en raison, peut-être, du bon drainage des sols.

F) *CONCLUSIONS*

Il convient de remarquer, en préambule, que les grès fluviatiles ne résultent probablement pas d'accumulations continues durant toute la durée du Barrémien in-

férieur. Le matériel détritique s'est plutôt déposé pendant une ou deux courtes époques qui ont vu les décharges atteindre les régions d'Ericeira («grès à Trigonies») et du Cap Espichel («grès de Rochadouro», «grès à Dinosauriens»).

Les grès du Barrémien inférieur se rapprochent beaucoup des grès berriasiens, tant au stade de l'observation sur le terrain qu'à celui des analyses au laboratoire. Les uns et les autres se composent des produits de sols imparfaitement évolués. Ils diffèrent en cela des grès valanginiens aux éléments détritiques intensément transformés. D'où vient cette altération incomplète de la roche mère? Deux explications peuvent être avancées:

1. *L'évolution pédogénétique est incomplète parce que le sol n'est pas maintenu sur place durant un temps suffisamment long.* Les substratums rocheux sont soumis en période de démantèlement à une érosion permanente et entretenue. Ce sont les grès élaborés durant ces temps de déséquilibre qui s'accumulent dans le domaine de sédimentation et non, comme au Valanginien, les matériaux formés au cours des épisodes de répit intermédiaires. Les phases résiduelles mises en réserve pendant les périodes d'équilibre n'auraient eu qu'une importance négligeable, de sorte qu'il n'en subsiste nulle trace dans les aires fluviatiles. Cette hypothèse suppose:

— un léger ravivement des reliefs à la suite des altérations sur les topographies sans vigueur du Valanginien et, probablement, de l'Hauterivien. *La phase d'érosion aurait une cause orogénique.* Nous n'avons aucune preuve directe de mouvements verticaux affectant le socle. Cependant j'ai avancé l'hypothèse d'une surélévation des contrées d'Abrigada et de Cercal à la fin de l'Hauterivien. Peut-être faudrait-il voir dans cette surrection limitée le signe d'exhaussements plus généraux? Mais, surtout, il est évident que la nette régression de la mer qui s'est produite à la limite Hauterivien-Barrémien a été accompagnée d'un abaissement du niveau de base des rivières et, donc, d'un certain rajeunissement du relief créant des conditions locales de déséquilibre pédologique;

— une lente différenciation des reliefs (par exemple par recul progressif de la mer) permettant un abrasion relativement constante des sols durant la période d'érosion. L'architecture des dépôts, avec une alternance très régulière, en séquences positives, de sédiments détritiques fins et grossiers, est bien la preuve d'un régime hydrodynamique stable, échappant à toutes variations brutales, favorisant une érosion continue ou à périodicité rapprochée.

2. *L'évolution pédogénétique est incomplète parce que le climat est moins altérant que durant les âges précédents. La phase d'érosion aurait une cause climatique.* Ce pourrait être, au sens propre du terme, unephase de rhéxistasie [H. ERHART, 1967]. Une pluviosité moindre diminuerait l'humidité régnant dans le manteau d'altération et ralentirait la kaolinisation. Les arguments appuyant cette hypothèse sont:

— la diminution de la puissance des cours d'eau par rapport au Berriasien et au Valanginien, révélée par un centile inférieur, par la faible teneur des grès en galets et par l'absence de grands apports d'eau douce ou de puissantes décharges estuariennes dans le bassin marin;

— la prédominance des Pollens sur les Spores, à l'inverse de ce que nous avions noté dans les populations microfloristiques valanginiennes;

— la quantité notable d'illite contenue dans les argiles.

Ces deux groupes de facteurs — orogéniques et climatiques — qui pourraient expliquer les caractères distinctifs des grès du Barrémien inférieur ne s'excluent pas

l'un l'autre mais ont pu, au contraire, être associés. La faible quantité et la fragilité des indices recueillis ne permettent cependant pas d'affiner ces hypothèses et de préciser la part qui revient à l'un et à l'autre des agents.

RÉSUMÉ STRATIGRAPHIQUE

L'Hauterivien (*fig.* 53) est représenté à la périphérie du Massif de Sintra et du dôme de Brouco par deux unités sédimentaires superposées:

— les «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» (6 à 24 m), à la base, ont fourni une faune de l'Hauterivien inférieur (Echinides et Ammonites, dont *Spitidiscus* gr. *rotula, Crioceratites* gr. *duvali, «Neocomites»* gr. *nodosoplicatus).* Cette formation montre le passage, de l'W vers l'E, d'un milieu marin ouvert, circalittoral (périphérie du Massif de Sintra) à un milieu pararécifal, infralittoral (dôme de Brouco);

— les «calcaires récifaux inférieurs», ensemble carbonaté épais de 42 à 85 m, se mettent en place progressivement et plus ou moins tardivement. Les structures coralliennes identifiées dans les affleurements les plus occidentaux (noyau construit de Cabo Raso) laissent la place vers l'E à des dépôts de lagon. L'âge hauterivien de cette unité est attesté par la présence, dans les assises terminales, d'une faune d'Echinides néocomiens *(Toxaster retusus, Phyllobrissus gresslyi...).*

Durant le même temps se déposent dans la région d'Ericeira (flanc N du synclinal de Pero Pinheiro) les «marnes et grès de Santa Suzana» (22,50 m), dépôt de mer ouvert, et ensuite, les «calcaires à Rudistes de Praia dos Coxos», ensemble pararécifal épais d'une dizaine de mètres.

Dans la région du Cap Espichel, l'Hauterivien se compose de trois unités superposées, soit, de la base au sommet:

— les «marnes à *Toxaster*» (34,50 m), traduisant une sédimentation en milieu marin ouvert;

— les «calcaires à Polypiers de Lagosteiros» (35,50 m), à caractère pararécifal à la base, lagonaire au sommet;

— les «calcaires et silts de Ladeiras» (26 m), déposés en mer restreinte.

Ces différents niveaux diminuent d'épaisseur, se chargent en argiles et grès et présentent des affinités de plus en plus littorales vers l'E, tant dans la Serra da Arrábida que dans le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro.

Dans le bassin de Runa, dans la partie occidentale du bassin de Tôrres Vedras et à l'extrémité E de la Serra da Arrábida, l'Hauterivien est formé de 15 à 20 m d'argiles bleutées à plaquettes durcies et faune marine, illustrant des dépôts de lagunes côtières saumâtres.

Les argiles et silts rouges ou violacés et les grès fins lenticulaires, épais de 2 à 8 m, qui succèdent au Valanginien dans la partie orientale du bassin de Tôrres Vedras, dans les lambeaux d'Olhalvo, Abrigada et Cercal, dans les bassins d'Alcanede et de Galiota, seraint probablement contemporains. Ils auraient pu s'accumuler dans une plaine alluviale.

Le Barrémien inférieur (*fig* 54) est matérialisé, à la périphérie du Massif de Sintra et du dôme de Brouco, par l'unité des «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées». Cette formation épaisse de 85 m, datée par ses microfossiles *(Orbitolinopsis* gr. *flandrini, Pseu-*

dotextulariella scarsellai...) et par quelques Echinides (dont *Heteraster couloni)*, témoigne d'une sédimentation dans un bassin marin interne.

Les formations barrémiennes renferment des intercalations détritiques, offrent un caractère plus littoral, de type intertidal, vers l'E (brachyanticlinal de Caneças), vers le N (région d'Ericeira, où se superposent les «grès à Trigonies» et les «calcaires et marnes à Choffatelles»), vers le S (contrée du Cap Espichel, où se mettent sucessivement en place les «grès de Rochadouro», les «calcaires et marnes à Choffatelles», les grès à Dinosauriens», puis les «calcaires à Rudistes de Boca do Chapim» qui traduisent un abaissement momentané et local de la surface de sédimentation). Ce Barrémien inférieure est épais de 52 m à Ericeira, de 85 m au Cap Espichel.

A l'E d'une ligne passant par Sobral da Abelheira et Sesimbra, le Barrémien inférieur est constitué de 15 à 45 m de grès verdâtres, gris, bleutés, jaunes ou rosés, riches en fedspaths peu altérés, associés à des silts et argiles rouges et violacés. Cet ensemble fluviatile est connu dans la partie orientale du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro, à l'extrémité E de la Serra da Arrábida, dans les bassins de Runa, Tôrres Vedras, Galiota et Alcanede. Les affleurements de Galiota ont fourni un gisement de Spores et Pollens barrémiens

Le Barrémien inférieur est probablement absent dans les lambeaux d'Olhalvo, Abrigada et Cercal.

SYNTHÈSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE

Les deux grands domaines définis au Berriasien et au Valanginien se maintiennent, probablement sans modifications notables, durant l'Hauterivien et le Barrémien inférieur:

— un domaine d'érosion, à l'E, formé d'un substratum paléozoïque, éruptif ou métamorphique, partie intégrante de la Meseta ibérique, qui occuperait notamment l'emplacement de l'actuel fossé du Tage;

— un domaine de sédimentation fluviatile ou marine, à l'W.

Le cimat, toujours chaud, serait peut-être moins humide et agressif que lors du Berriasien et du Valanginien.

*
* *

L'évolution de la sédimentation à l'Hauterivien et au Barrémien inférieure comprend trois stades successifs.

l'' stade (Hauterivien inférieur): le mouvement de transgression de la mer vers l'E amorcé lors du Berriasien et poursuivi au cours du Valanginien atteint son ultime degré. Les eaux salées envahissent la majeure partie du bassin de Tôrres Vedras, au NE, arrive jusqu'à Alverca, à l'E, et recouvre l'actuelle Serra da Arrábida, au SE. La sédimentation terrigène fine est de règle.

Dans la région de Cascais, à l'W, le milieu de dépôt est relativement profond, circalittoral et ouvert sur le large. Les fonds sous-marins sont, dans un premier temps, balayés par des courants, érodés et indurés,puis, ultérieurement, recouverts de vases argileuses et argilo-calcaires. Vers l'E, aux environs de Brouco, des édifications organogènes font une timide apparition. Vers le S (Serra da Arrábida), le N et le NE (flanc N du synclinal de Pero Pinheiro), la surface de sédimentation pourrait être moins profonde, se situant dans l'étage infralittoral à médiolittoral; les dépôts sont argileux. A l'em-

placement du bassin de Runa, de la partie occidentale du bassin de Tôrres Vedras et de l'extrémité orientale de la Serra da Arrábida (environs de São Caetano) s'accumulent des argiles de vasières côtières saumâtres.

Cette grande extension de la mer à la fin du Valanginien et au début de l'Hauterivien, surélevant le niveau de base, diminue l'énergie des cours d'eau et éteint tout activité érosive importante sur le socle paléozoïque et éruptif oriental qui demeure stable. Seuls, des silts et des argiles sont transportés par les fleuves et se déposent dans les plaines alluviales d'Abrigada, Cercal, Alcanede et Galiota. De nombreuses croûtes durcies témoignent probablement de fréquentes périodes d'arrêt de sédimentation.

2e stade (Hauterivien inférieur à supérieur,; *fig.* 53): une légère surrection des fonds sous-marins accompagnée d'une grande atténuation des apports colloïdaux favorise l'instauration d'un régime de sédimentation organogène. A l'extrémité occidentale du domaine crétacé actuellement découvert, au N et à l'E de Cascais, s'édifie une barrière récifale à Madrépores. Elle isole vers l'intérieur, à l'E, un bassin marin interne à phases calcaires prédominantes et entrecoupées de rares épandages terrigènes; quelques biostromes, pinacles ou petites colonies dispersées de Polypiers parsèment le fond. Autour des récifs se groupent les Rudistes. Ces dépôts de lagon occupent une vaste étendue. Leur limite interne passe plusieurs kilomètres au N d'Ericeira, à Bucelas et, vers le S, non loin de Sesimbra. Ils sont bordés au N (N de Sobral da Abelheira) à l'E (de Bucelas à Alverca) et au S (environs de Sesimbra et de Portela) par une auréole de calcaires et de marnes probablement déposés en milieu intertidal. Les dolomies, argiles et grès fins à stratifications horizontales, obliques et entrecroisées rencontrés à l'E de Portela (Serra da Arrábida) et dans les contrées de Runa et de Tôrres Vedras correspondent à des accumulations intertidales ou supratidales.

Le retrait de la mer est progressif durant toute cette 2e période de l'Hauterivien. Il s'accompagne d'un déplacement vers l'W et le SW des diverses lignes isopiques.

Aucune reprise importante de l'érosion ne se manifeste dans le substratum paléozoïque et éruptif, de sorte que les argiles, silts et grès fins qui ont pu alors se déposer dans les plaines alluviales (NE du bassin de Tôrres Vedras, contrées d'Abrigada, Cercal, Alcanede et Galiota) ne peuvent pas être distingués des formations de la base de l'Hauterivien.

3e stade (Barrémien inférieur; *fig.* 54): le recul des eaux se poursuit et s'accuse, tandis que l'érosion reprend. Quelques mouvements verticaux ont pu affecter, à l'aube de ce 3e stade, l'aire paléozoïque et éruptive, tout comme les régions d'Abrigada et de Cercal.

Les accumulations bioclastiques périrécifales ne sont connues qu'au NE des Cascais sur le rivage actuel de l'Atlantique. Les contrées de Cascais, Sintra et Brouco sont occupées par un bassin marin interne alternativement alimenté par des sédimentations organogènes et terrigènes. La région d'Ericeira, Sobral da Abelheira et Malveira, au N, les environs de Caneças, à l'E, et l'extrémité occidentale de la Serra da Arrábida, au S, sont le théâtre d'accumulations intertidales; le dépôt de boues argileuses et carbonatées est épisodiquement troublé par des décharges sableuses. Quelques légers mouvements verticaux ont pu affecter ces zones côtières, en particulier la région du Cap Espichel.

La partie orientale de la Serra da Arrábida, les environs de Malveira, Bucelas et Alverca, les bassins de Runa, Tôrres Vedras, Galiota et Alcanede possèdent uniquement des formations fluviatiles: sables et galets issus de sols imparfaitement évolués sont

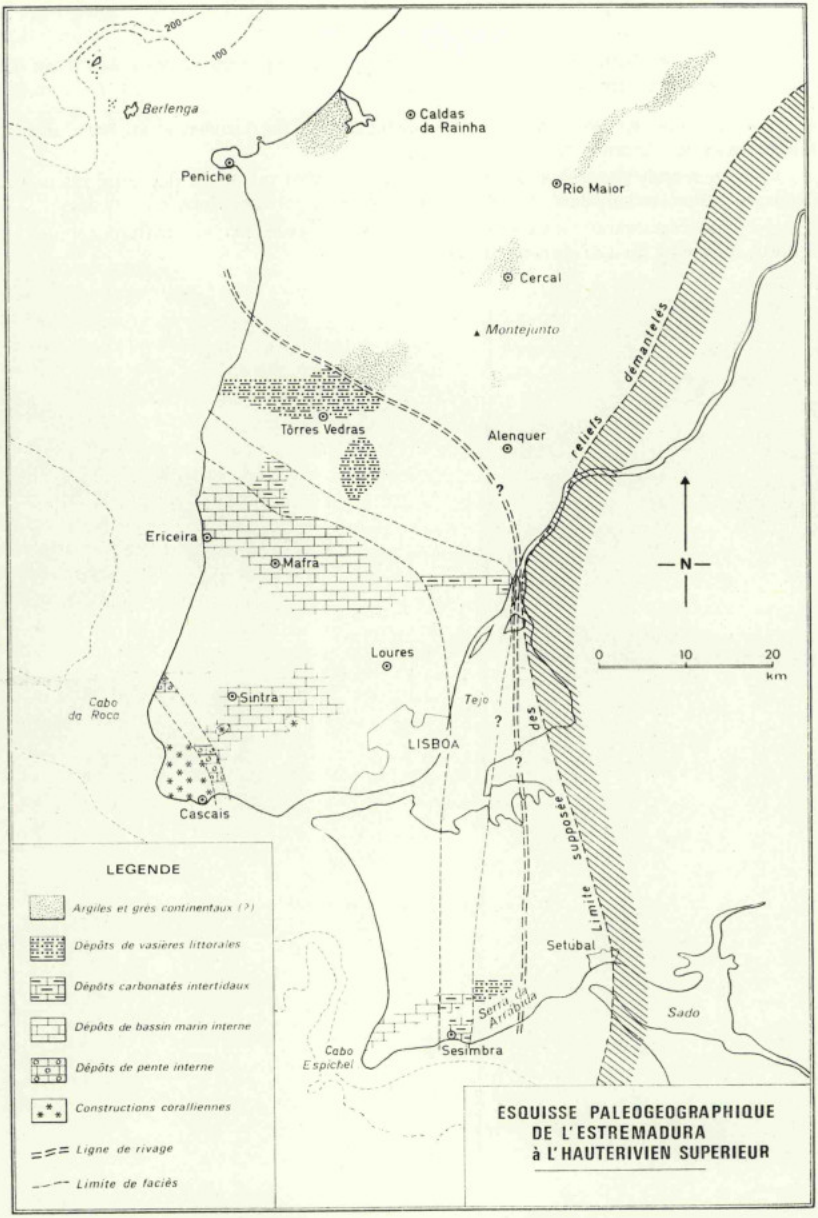


FIGURE 53. — *Esquisse paléogéographique de l'Estremadura à l'Hauterivien supérieur.*

transportés puis abandonnés dans les plaines alluviales par différents cours d'eau descendant, d'une manière générale, de l'E vers I'W.

Ainsi, l'histoire de l' Estremadura portugaise à l'Hauterivien et au Barrémien inférieur peut se résumer en:

— un retrait progresisf de la mer après l'avancée maximun des eaux réalisée au début de l'Hauterivien, dans un milieu favorable aux constructions coralliennes;

— une réactivation de l'érosion sur le socle paléozoïque, métamorphique et éruptif, au cours du Barrémien inférieur.

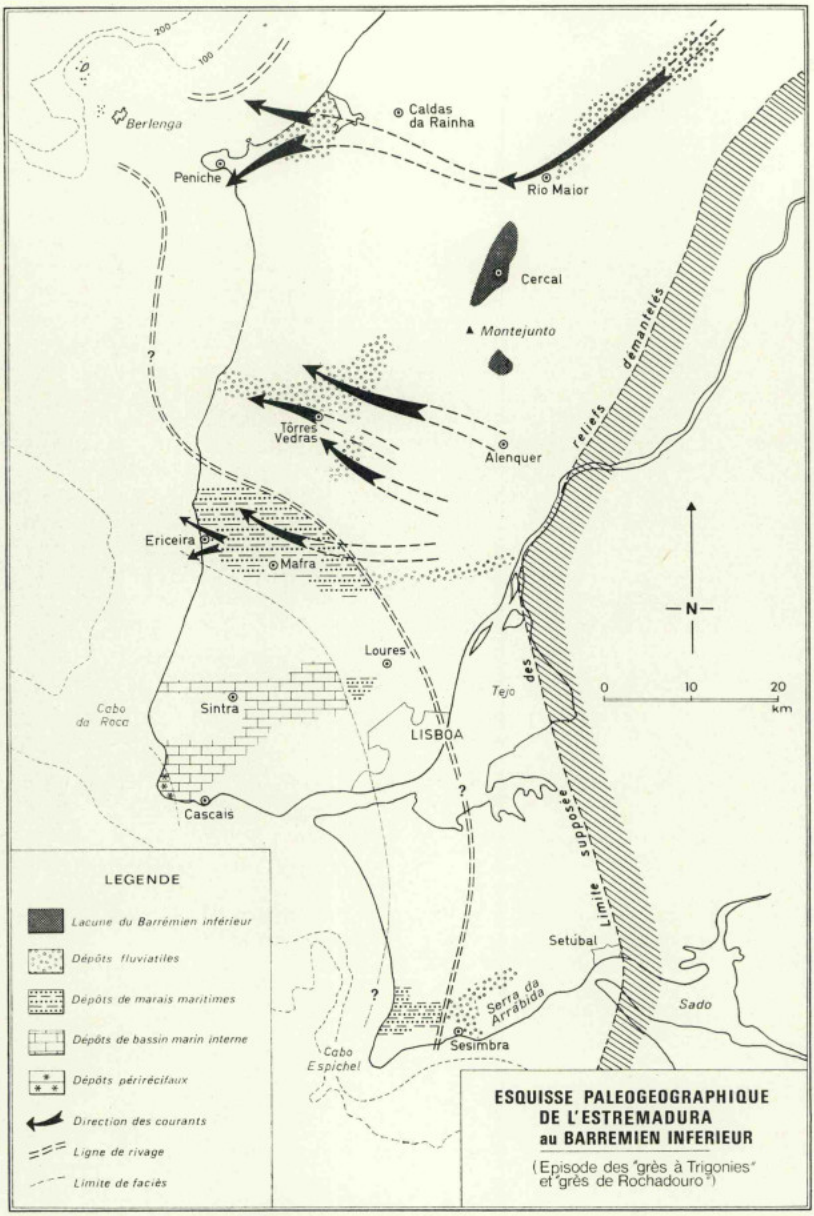


FIGURE 54. — *Esquisse paléogéographique de l'Estremadura au Barrémien inférieur*

CHAPITRE QUATRIÈME

LES COUCHES D'ALMARGEM (BARRÉMIEN SUPÉRIEUR-APTIEN)

SOMMAIRE

HISTORIQUE 203

DESCRIPTION DE DÉTAIL 204

I. — *Les couches d'Almargem à intercalations calcaires.*

Essai de zonation stratigraphique: la série de Crismina 205

Les grès inférieurs et les assises à Orbitolines. Principaux affleurements; variations de faciès.

Périphérie du massif de Sintra et du dôme de Brouco 210

Flanc nord du synclinal de Pero Pinheiro 227

Serra da Arrábida 234

Récapitulation — milieux de dépôt 236

Les grès supérieurs.

La sucession stratigraphique. Description d'une série de référence 237

Les variations de faciès et les milieux de dépot 240

L'age des grès supérieurs 247

Récapitulation 248

II. — *Les couches d'Almargem exclusivement détritiques.*

Analyse stratigraphique.

Partie orientale de la Serra da Arrábida 249

Partie orientale du flanc nord du synclinal de Pero Pinheiro ... 249

Bassin de Runa 251

Bassin de Torres Vedras 252
Lambeaux d'Olhalvo et Abrigada 253
Lambeau de Cercal 254
Cuvette de Galiota 257
Bassin d'Alcanede 257
Récapitulation 257

III. — *Remarques sédimentologiques.*

Les stratifications 258
Les galets 259
Les grès 263
Les argiles 266
Conclusions 267

RÉSUMÉ STRATIGRAPHIQUE 267
SYNTHÈSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE 269

HISTORIQUE

CHOFFAT désignait sous le nom de «couches d'Almargem» (*) un complexe à prédominance détritique compris entre l' «Urgonien» et le «Bellasien». Il estimait que cette formation devait représenter l'Albo-Aptien, le terme d'«Urgonien» étant pris comme synonyme de Barrémien et le «Bellasien» étant rapporté au Vraconien et au Cénomanien [CHOFFAT, 1885, 1900, 1904]. Trois notes fondamentales lui permirent de décrire les «couches d'Almargem»; résumons-les:

— Em 1885, CHOFFAT se livre à une analyse stratigraphique minutieuse des environs de Cascais et de Belas. Il montre que les assises d'Almargem sont «formées par 3 niveaux augmentant ou diminuant aux dépens les uns des autres. Ce sont: 1° des grès; 2° des calcaires et des marno-calcaires; 3° des grès» (p. 37). Il observe le grand développement des calcaires à l'W et leur réduction vers l'E au bénéfice des grès inférieurs. Il remarque l'apparition des premières Orbitolines dans le niveau médian. Il précise la position stratigraphique des flores contenues dans les grès et décrites quelques années auparavant par HEER [1881].

— En 1891, CHOFFAT prouve l'existence de grès albo-aptiens — ou «grès d'Almargem» — dans le puissant complexe détritique de Tôrres Vedras. Il cite en effet à Caixaria, près de Runa, une association floristique semblable à celle des «couches d'Almargem» de Belas. Par ailleurs, s'appuyant sur les déterminations de DE SAPORTA [1894], il admet, entre autres hypothèses, que le gisement de végétaux de Cercal pourrait être aptien.

— Em 1904, CHOFFAT publie une étude des « «couches d'Almargem» de la contrée d'Ericeira et de la Serra da Arrábida. Les attributions statigraphiques proposées me paraissent très sujettes à caution: au complexe d'Almargem sont rapportées de puissantes séries composées, en réalité, de niveaux d'âges très variés.

> C'est ainsi que les «grès à Trigonies» et les «calcaires et marnes à Choffatelles» d'Ericeira furent rangés dans les «couches d'Almargem». Or, nous avons vu au chapitre précédent que ces deux niveaux appartiennent au Barrémien inférieur, comme le prouvent leurs faunes, leurs positions et les corrélations stratigraphiques. Seuls, les termes plus élevés corespondent aux «couches d'Almargem» De semblables confusions ont été relevées dans la série du Cap Espichel. Il convenait de mentionner ces erreurs car c'est dans les niveaux du Barrémien infé-

---

(*) CHOFFAT a repris un terme primitivement utilisé par HEER et RIBEIRO [1881] qui dénommaient ainsi un gisement de Végétaux fossiles. Ces auteurs faisaient référence, non pas au village d'Almargem do Bispo construit sur une nappe de basalte mais au lieu-dit «Vale d'Almargem» situé 6 km plus au SSE, au N de Belas, et correspondant semble-t-il à la vallée du Rio Jamor.

rieur d'Ericeira que CHOFFAT crut découvrir les principaux arguments paléontologiques (Trigonies, *Hibolites minimus)* permettant de rapporter la partie inférieure des «couches d'Almargem» à l'Aptien et la partie supérieure à l'Albien Ainsi, aucun marqueur stratigraphique n'est venu confirmer l'âge albo-aptien des véritables «couches d'Almargem».

C. TEIXEIRA [1948] a fait progresser nos connaissances sur les «grès d'Almargem» en décrivant de nouveaux gisements de Végétaux fosiles aux environs de Belas, en confirmant l'appartenance à l'Aptien des grès de Caixaria et en rapportant à l'Albo-Aptien la flore de Cercal.

Si les cartes géologiques du Portugal au 1/50 000 (feuilles de Sintra, Cascais, Tôrres Vedras, Setúbal, Alenquer) ont amené quelques précisions sur la composition et la localisation des «couches d'Almargem», elles ne modifièrent en rien les datations de CHOFFAT.

De même, H. SEIFERT [1964] conserva dans son analyse de la Serra da Arrábida les successions et âges proposées par CHOFFAT.

J. WIEDMANN [1963] et P. Y. BERTTHOU [1966] voulurent affiner ces attributions stratigraphiques: le premier rapporta les «couches d'Almargem» à l'Aptien terminal et à l'Abien, le second les plaça exclusivement dans l'Albien; mais aucun des deux ne présenta le moindre fait paléontologique nouveau qui vienne étayer de telles datations. P. Y. BERTHOU est ultérieurement revenu à la conception classique [1968, 1971] en admettant un âge albo-aptien. Les assises bellasiennes sus-jacentes appartiendraient pour cet auteur au Cénomanien.

J'ai abordé l'étude des «couches d'Almargem» dans plusieurs notes préliminaires. C'est ainsi que j'ai rapporté les grès de base au Barrémien et les calcaires médians à l'Aptien [1966 a], que j'ai analysé les variations de faciès dans la région de Cascais et de Belas [1966 b], que j'ai défini les «couches d'Almargem» dans la contrée d'Ericeira [1967] et dans la Serra da Arrábida [1969 a], que j'ai décrit enfin les grès supérieurs [1969 b].

DESCRIPTION DE DÉTAIL

Il restait à développer — éventuellement à corriger — ces résultats et à les joindre à des données inédites pour présenter une analyse cohérente et complète des «couches d'Almargem». Tel est le but de cette étude qui comprendra trois parties:

— Je décrirai en premier lieu les «couches d'Almargem» pourvues d'intercalations calcaires. Ces formations favorables à l'examen chronostratigraphique sont connues sur le pourtour de la Serra de Sintra et du dôme de Brouco, dans la région d'Ericeira et sur e flanc N du synclinal de Pero Pinheiro, dans la partie occidentale de la Serra da Arrábida.

— Une seconde partie sera consacrée à l'étude stratigraphique des «couches d'Almargem» dans les contrées où ce complexe est exclusivement détritique: partie orientale de la Serra da Arrábida et du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro, bassins de Runa, Torres Vedras, Abrigada, Cercal, Alcanede.

— Je présenterai enfin quelques remarques sur la sédimentologie des grès.

I. — LES COUCHES D'ALMARGEM A INTERCALATIONS CALCAIRES

1° ESSAI DE ZONATION STRATIGRAPHIQUE : LA SÉRIE DE CRISMINA

Les «couches d'Almargem» sont parfaitement dégagées au bord de l'Océan Atlantique, de part et d'autre du Fort de Crismina, 6 km au NW de Cascais, sur le flanc S du synclinal d'Alcabideche (*fig.* 3). Les assises dures dessinent plusieurs petits caps séparés par des criques. Elles plongent en moyenne de 25° vers le N. Plusieurs accidents injectés de basalte traversent la série sédimentaire mais ils ne déterminent que des rejets de très faible amplitude.

COUPE DE CRISMINA Au N et à la suite des calcaires du Barrémien inférieur décrits dans le précédent chapitre (p. 149) viennent (*fig.* 55):

1. *a*) Argiles bleues micacées, intercalées de bancs horizontaux de silts et de grès fins jaunes avec passages progressifs d'un terme à l'autre, sans polarités (4 m).

b) Dolomies jaunes et grisâtres, microcristallines, à débris ligniteux, en bancs minces intercalés de lits plus marneux (1 m).

c) Argiles versicolores, gréseuses et micacées (3,50 m).

d) Grès ocre, marnes gréseuses et ligniteuses bleutées, vertes ou rouges et dolomies gréseuses jaunes, cristallines ou microcristallines. Ces divers termes, disposés en bancs horizontaux s'ordonnent en séquences élémentaires négatives (4,70 m).

2. *a*) Calcaires ocre jaune, vacuolaires, légèrement marneux à la base, à ciment cryptocristallin ou grumeleux, très riches en éléments bioclastiques hétérométriques; rhomboèdres de dolomite et quartz anguleux détritique apparaissent localement. Les fossiles abondent: *Heteraster delgadoi* DE LOR., *Trochotiara sculptilis* (DE LOR.), *Ptygmatis astrachanicus* REHB., *Trochactaeon crisminensis* CHOF., *Pyrazus pailleti* DE VERN. et DE LOR., *Neridomus* cf. *edouardi* DE VERN. et DE LOR., *Glauconia* aff. *strombiformis* SCHLOT., *Ostrea* sp., *Cyprina* sp., *Astarte dimiditia* COQ., *Choffatella decipiens* SCHLUMB. (1,40 m). 1 km à l'E de Crismina, 200 m au N du village d'Areias ce même niveau présente un banc cryptocristallin très chargé en *Pianella melitae* (RADOICIC).

b) Calcaires blancs, compacts, cryptocristallins, à sections de Nérinées et de Lamellibranches offrant un passage progressif avec l'assise sous-jacente (1 m).

3. *a*) Argiles violacées ou bleues et grès fins jaunes à élément anguleux bien classés et ciment de calcaire microcristallin, alternant en bancs horizontaux. Les polarités sont positives ou négatives (4,50 m).

b) Argiles schisteuses bleues, rouges ou violacées, gréseuses et micacées, emballant au sommet quelques nodules calcareux (1,90 m).

4. Marnes gris bleuté intercalées de bancs horizontaux de grès fins ocre, de grès grossiers à ciment argileux et de lits mal différenciés ou nodules de calcaires dolomitiques et gréseux à fond microcristallin ou cryptocristallin, quartz anguleux hétérométriques et éléments bioclastiques, avec *Pyrazus* aff. *vicinus* DE VERN. et DE LOR., *Ostrea* sp., *Exogyra boussingaulti* (D'ORB.), *Choffatella decipiens* SCHLUMB. Les Orbitolines apparaissent (4,50 m).

5. Calcaires bleutés, jaunes ou bruns, bancs onduleux intercalés de minces passées plus marneuses à nodules calcaires. Aucune polarité n'est discernable. Une matrice microclastique, grumeleuse ou cryptocristalline lie d'abondants débris bioclastiques. Quelques lits sont finement graveleux, à ciment cryptocristallin ou microcristallin. De petits éléments de quartz anguleux sont dispersés dans certains bancs. J'ai recueilli de nombreux *Heteraster oblongus* (BRONGN.), accompagnés d'*Heteraster* aff. *couloni* (AG.), H. *crisminensis* DE LOR., Naticidés, Nérinées, *Pyrazus* aff. *vicinus* DE VERN. et DE LOR., *Lucina* sp., *Ostrea* sp., *Exogyra boussingaulti* (D'ORB.), Térébratules, *Palorbitolina lenticularis* BLUM.,

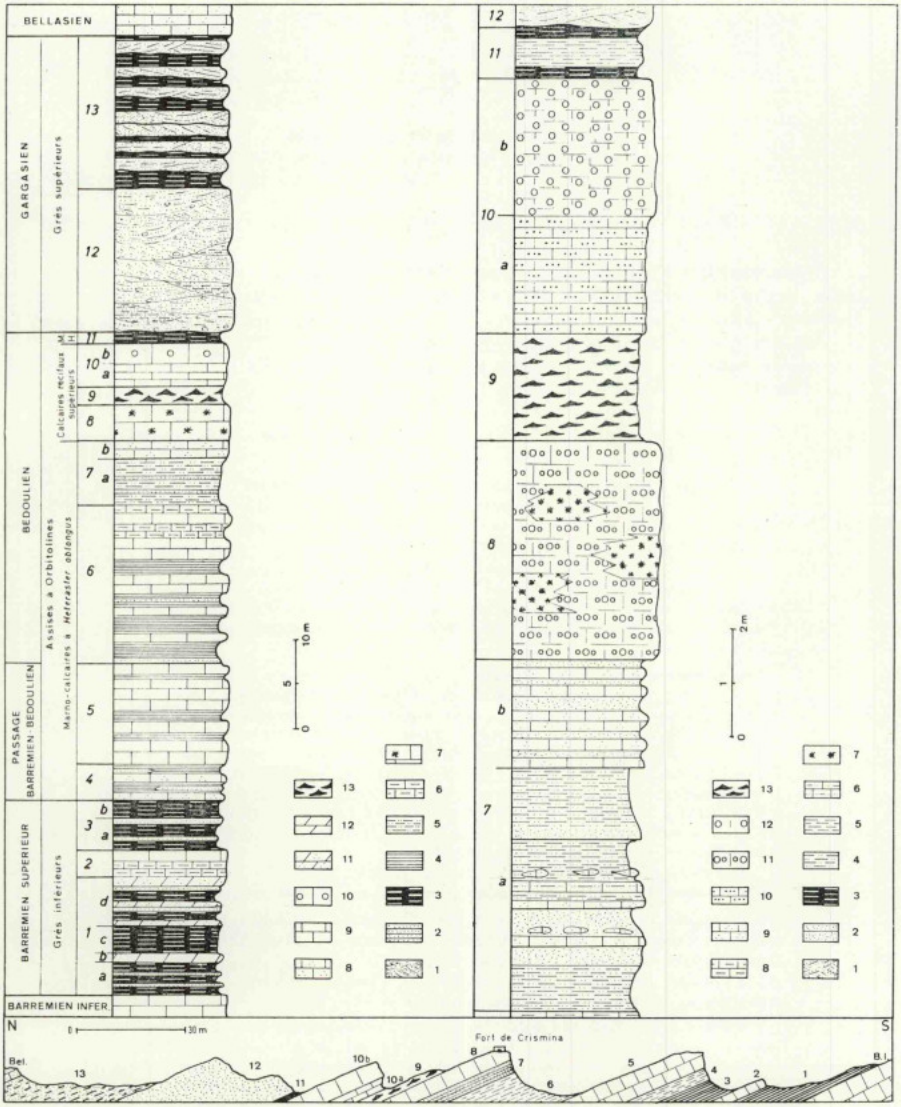


FIGURE 55. — *Les «couches d'Almargem» à Crismina. Schémas montrant la situation et la composition des différents niveaux.*

Légende de la colonne de gauche illustrant l'ensemble de la série: 1: grès à stratifications entrecroisées; 2: grès à stratifications horizontales; 3: argiles; 4: marnes; 5: marnes gréseuses; 6: calcaires marneux; 7: calcaires pararécifaux; 8: calcaires gréseux; 9: calcaires cryptocristallins et microcristallins; 10: calcaires graveleux; 11: dolomies gréseuses; 12: dolomies; 13: couche à Orbitolines.

Légende de la colonne de droite donnant le détail d'une partie des «assises à Orbitolines»: 1: grès à stratifications entrecroisées; 2: grès à stratifications horizontales; 3: argiles; 4: marnes gréseuses; 5: marnes; 6: calcaires marno-gréseux; 11: calcaires à gravelles hétérométriques; 12: calcaires à grosses gravelles homométriques; 13: couche à Orbitolines.

Choffatella decipiens SCHLUMB., *«Mayncina»* sp., *Ammobaculites* sp., *Pseudocyclammina hedbergi* MAYNC, *Eggerella* sp., *Textulariidae*, *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Miliolidae*, Serpules, *Acicularia* sp., *Marinella lugeoni* PFENDER, *Boueina* sp., *Pianella* sp. (11,50 m).

6. Alternance de bancs onduleux épais de 0,20 à 1 m de marnes fines, argileuses, vertes, jaunâtres et violacées, de marnes calcareuses jaunes ou bleutées, à nodules calcaires, de calcaires jaunes ou gris, microsclastiques, grumeleux ou cryptocristallins, riches en éléments bioclastiques, et de minces et rares lits de grès fins ou grossiers ocre et bruns. Ces divers termes se disposent sans polarités apparentes ou bien en séquences positives. Le niveau a fourni des Ostréidés dont *Exogyra boussingaulti* (D'ORB.), des Serpules, dents de Poissons, Ophiures, Polypiers isolés, *Fabanella* cf. *polita* (MARTIN), *Cytherella* sp., *Asciocythere* sp., *Macrodentina (Dictyocythere* n. sp., *Shuleridea* cf. *jonesiana* (BOSQUET), *Eocytheropteron* sp., *Neocythere mertensis* OERTLI, *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Orbitolinopsis* gr. *kiliani* (PREVER), *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Ammobaculites* sp., *«Mayncina»* sp., *Pseudocyclammina hedbergi* MAYNC, *Textulariella* sp., *Boueina* sp., *Acicularia* sp., *Pianella* sp., *Cylindroporella* sp. (18,75 m).

7. *a)* Grès jaunes, fins ou grossiers, en bancs horizontaux alternant avec des marnes gréseuses jaunes, violacées ou vertes à rognons et banc onduleux de calcaires gréseux à éléments bioclastiques et fond cristallin, microcristallin ou dolomitique. Les séquences élémentaires sont positives ou négatives. J'ai trouvé *Exogyra boussingaulti* (D'ORB.), *Neithea morrisi* (PICT. et REN.), petits Gastéropodes, *Asciocythere* sp., *Shuleridea* cf. *jonesiana* (BOSQUET), *Cytherella* cf. *parallela* (REUSS), *Cythereis bartensteini* OERTLI, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., Orbitolines, *Nautiloculina* sp., Dasycladacées (5 m).

b) Calcaires gréseux gris clair à fond cristallin, fins éléments de quartz anguleux, petites gravelles et débris bioclastiques, en minces bancs intercalés de passées plus gréseuses. Le niveau contient des Spatangidés, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., Orbitolines, *Textulariidae*, Milioles (2 m).

8. Calcaires gris clair, massifs, compacts, à litage esquissé par des filonnets discontinus onduleux. Le contact est brusque avec les niveaux encaissants. Un ciment cristallin très développé lie des éléments bioclastiques émoussé hétérométriques atteignant de grandes tailles. Certaines plages sont entièrement recristallisées. Aux Madréporaires et Stromatoporidés se joignent des sections de Rudistes et Nérinées, Térébratules, Rhynhonelles, radioles d'Oursins, *Textulariidae*, *Miliolidae*, *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Cayeuxia* sp., *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT, *Bacinella irregularis* RADOICIC. Les fossiles sont fréquemment silicifiés (4 m). C'est sur ce niveau qu'est bâti le Fort de Crismina.

9. Calcaires marneux jaunâtres formant un ciment très réduit liant une quantité considérable de *Palorbitolina lenticularis* BLUM. associées à *Salenia mamillata* COTTEAU, *Pyrina pygoea* (AG.), *Heteraster peroni* FICHEUR, radioles de Cidaridés, Entroques, *Zeilleria tamrarindus* SOW., *Terebratula dutempleana* D'ORB., *T. biplicata* SOW., *Rhynchonella lata* D'ORB., *Rh gibbsiana* DAV., *Rh.* cf. *pecten* D'ORB., Naticidés, Nérinées, *Tylostoma* sp., *Monopleura* sp., *Toucasia* sp., *Lima* sp., *Panopaea* sp., *Neithea morrisi* (PICT. et REN.), Entroques, *Exogyra macroptera* SOW., *E. boussingaulti* (O'ORB.), Bryozoaires, Polypiers (2 m).

10. *a)* calcaires compacts, jaunes ou bleutés, en bancs onduleux épais de 0,50 à 0,30 m, séparés par des joints onduleux et ferrugineux. Le fond microcristallin ou grumeleux soude de fines gravelles bien calibrées. La roche est légèrement plus marneuse à la base. Elle a fourni *Choffatella decipiens* SCHLUMB., Orbitolines, *Textulariidae* (2,40 m).

b) Calcaires jaune rosé, en un seul banc compact, à débris coquilliers lités, alternativement fins et grossiers, à ciment cristallin. *Palorbitolina lenticularis* BLUM. accompagne des radioles d'Oursins (2,50 m).

11. Marnes argileuses vertes intercalées d'un lit plus calcareux ocre. J'ai trouvé des Ostréidés, dents de Poissons, *Eocytheropteron* sp., *Asciocythere* sp., ra-

dioles et débris de plaques d'Oursins, Orbitolines, *Neotrocholina infragranulata* NOTH (1 m).

12. Grès blancs ou gris clair, fins grossiers, à éléments de quartz, en lentilles à stratifications entrecroisées épaisses de 0,50 à 1 m alternant avec des silts gris cendré, rosés ou noirs, à débris ligniteux. Les séquences élémentaires sont positives. Les ravinements sont intenses (16 m).

13. Silts et argiles violacés ou blancs, en lentilles de 0,50 à 2 m intercalées de lentilles plus minces de grès blancs ou jaunes, riches en feldspath non altéré, en quartz et en débris ligniteux. Les séquences sont positives, les alternances régulières et les ravinements faibles (17,50 m).

Au-dessus viennent les grès, marnes et calcaires à Ostréidés et *Knemiceras uhligi* (CHOF.) rapportés soit au Vraconien [CHOFFAT, 1885, 1900, 1904], soit au Cénomanien [P. Y. BERTHOU, 1968, 1971].

Données stratigraphiques

Les «couches d'Almargem» sont formées de trois grands ensembles:

a) Un ensemble inférieur de grès, argiles et dolomies (niveaux 1, 2 et 3). Il sera désigné par le terme de «*grès inférieurs*». Le niveau 2, seul, est fossilifère. Les organismes qu'il a fournis ne sont guère caractéristiques d'un étage. On remarquera toutefois que certaines espèces reconnues dans le Barrémien inférieur sous-jacent (tel *Trochotiara sculptilis*) persistent et qu'aucun fossile aptien n'a été identifié. Compte tenu des associations faunistiques relevées dans les formations qui leur font suite, il est logique de penser que *les « grès inférieurs» se situent dans le Barrémien, plus précisément dans la partie supérieure de l'étage.*

b) Un ensemble médian à calcaires et marnes prédominants (niveaux 4 à 11). Je reprendrai la dénomination d' «*assises à Orbitolines*» en usage chez les géologues portugais. Dès la base (niveau 4) apparaît *Palorbitolina lenticularis*, associée à *Choffatella decipiens*. Il s'y ajoute, dans le niveau 5, *Heteraster oblongus* puis, dans le niveau 6, *Orbitolinopsis* gr. *kiliani*. La biozone à *Palorbitolina lenticularis* et *Orbitolinopsis kiliani* est placée, suivant les auteurs et les régions, soit dans le Barrémien supérieur (M. MOULADE, 1966, dans la fosse vocontienne), soit dans le Barrémien terminal et l'Aptien basal (E. FOURCADE, 1970, p. 127-128, en Espagne orientale), soit dans l'Aptien inférieur (M. CONRAD, 1969, p. 69, dans la région de Genève). C'est dans une marge semblable que l'on peut localiser l'apparition d'*Heteraster oblongus*. Il serait donc hasardeux de vouloir tracer, à partir de ces seules données, la limite entre Barrémien et Aptien. Cependant, nous verrons ultérieurement que dans un affleurement voisin une faune d'Ostracodes bédouliens est associée à *Orbitolinopsis* gr. *kiliani* et *Palorbitolina lenticularis*. Ainsi, *la partie inférieure des assisses à Orbitolines se situerait, pour sa base (niv. 4,5) au passage Barrémien-Bédoulien, pour son sommet (niv. 6) au Bédoulien.*

Les niveaux plus élevés (niveaux 7 à 10) contiennent des organismes franchement aptiens: Ostracodes (*Cytherella* cf. *parallela, Cythereis gr. bartensteini*) et Echinides (*Salenia mamillata, Heteraster peroni*). La persistance de *Palorbitolina lenticularis* et de *Choffatella decipiens* incide à *ranger la partie supérieure des assises à Orbitolines dans le Bédoulien.*

Le niveau 11 ne peut être daté avec précision car il est dépourvu dans cette coupe de tout fossile caractéristique.

c) Un ensemble supérieur exclusivement composé de grès et argiles (niveaux 13 et 14). Ce sont les «*grès supérieurs*». Je n'ai recueilli à Crismina aucun organisme qui permette de connaître leur âge exact.

Données sédimentologiques

L'analyse de la série de Crismina m'amène à présenter dès maintenant quelques remarques d'ordre sédimentologique qui guideront mon étude ultérieure des milieux de dépôt.

a) Faisant suite aux «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» du Barrémien inférieur, formation de bassin interne, subtidale, infralittorale, proche du domaine récifal, les «grès inférieurs» illustrent des accumulations côtières, intertidales à supratidales: argiles, grès et dolomies prédominent, intercalés d'une assise de calcaire cryptocristallin à Actaeonelles, Glauconies, Echinides et Huîtres. *Avec le dépôt des «grès inférieurs» se poursuit le mouvement de régression des eaux qui avait pris naissance à l'Hauterivien.*

b) Les «assises à Orbitolines» peuvent se décomposer en trois unités sédimentaires distinctes:

— l'unité des «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*», à la base (niveaux 4 à 7), constituée de marnes, calcaires et grès riches en Huîtres, Echinides, Dasycladacées et Foraminifères à test agglutiné, traduit une élévation progressive et relative du niveau de la mer: la sédimentation se produit dans un bassin marin interne, en zone intertidale à subtidale;

— l'unité des «calcaires récifaux supérieurs» (*) (niveaux 8 à 10) témoigne de l'instauration de conditions pararécifales, avec la constitution de calcaires recristallisés, graveleux ou microbréchiques, à Madréporaires, Stromatoporidés, Nérinées, Rudistes et Algues encroûtantes. Le niveau. 8 pourrait correspondre à un dépôt de platier corallien, le niveau 10 à l'accumulation de produits de démantèlement en bordure d'edifices récifaux;

— l'unité des «marnes à Huîtres» (niveau 11) est très mal représentée dans cette coupe, sorte que nous ne pouvons guère définir ses conditions de sédimentation.

En résumé, nous voyons, faisant abstraction de la dernière unité peu connue, que les *«assises à Orbitolines» s'ordonnent suivant une séquence transgressive et illustrent un mouvement d'avancée des eaux.*

c) Les «grès supérieurs» interrompent brusquement cette phase d'enfoncement relatif du bassin sédimentaire. Ils résultent problablement de *décharges fluviatiles.* Aux accumulations de chenaux (niveau 13) font suite des sédiments de plaine d'inondation (niveau 14) précédant eux-mêmes les dépôts marins cénomaniens ou vraconiens, marques d'une nouvelle transgression.

*
* *

Ces observations prouvent que, dans un esprit sédimentologique, il faut dissocier l'ensemble des «grès inférieurs» et des «assises à Orbitolines», d'une part, formé lors de déplasements latéraux ménagés du domaine marin, et l'ensemble des «grès supérieurs», d'autre part, sédimenté après une brutale modification du milieu de dépôt. Une telle considération va guider mon plan: j'envisagerai les variations de faciès, d'abord dans les «grès inférieurs» et les «assises à Orbitolines», ensuite dans les «grès supérieurs».

(*) Ce terme a été choisi pour souligner l'analogie avec l'ensemble corallien plus ancien, hauterivien, des «calcaires récifaux inférieurs».

2° LES GRÈS INFÉRIEURS ET LES ASSISES A ORBITOLINES. PRINCIPAUX AFFLEUREMENTS; VARIATIONS DE FACIÈS.

A) *PÉRIPHÉRIE DU MASSIF DE SINTRA ET DU DÔME DE BROUCO*

a) Les grès inférieurs et les assises à Orbitolines au Nord de Crismina

GUINCHO: les termes de base des «couches d'Almargem» apparaissent dans le flanc N du synclinal d'Alcabideche, sur le bord septentrional de la plage de Guincho, 1750 m au N du Fort de Crismina (*fig.* 3). *Les grès inférieurs* se composent ici de deux parties bien distinctes:

— une partie inférieure constituée de marnes, calcaires et dolomies, dépourvue d'intercalations argileuses et gréseuses, épaisse d'une vingtaine de mètres, avec, notamment, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *«Mayncina» sp., Pseudocyclammina hedbergi* MAYNC., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Glomospira* sp., *Nezzazata* sp., *Marinella lugeoni* PFENDER, *Bacinella irregularis* RADOICIC, *Pianella muehlbeergii* LORENZ et *Trochactaeon crisminensis* CHOF., soit la même association que dans les calcaires barrémiens sous-jacents;

— une partie supérieure argileuse et gréseuse puissante de 15 m. Des grès blancs, gris ou ocre alternent avec des argiles et des silts ligniteux, en lentilles à stratifications entrecroisées. Les séquences élémentaires sont positives.

Par comparaison avec la série de Crismina, on voit que les «grès inférieurs» de Guincho montrent à la base des dépôts à caractère marin plus affirmé et au sommet une sédimentation détritique plus grossière avec accumulations de chenaux. L'évolution régressive du Barrémien supérieur est donc très nette.

La formation des *assises à Orbitolines* n'est représentée que par ses termes les plus inférieurs («marno-calcaires à *Heteraster oblongus*»). On notera la présence dès la base, dans des calcaires gréseux, marnes gréseuses et grès alternés, d'*Heteraster oblongus* (BRONGN.) associé à *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Pseudocyclammina hedbergi* MAYNC, *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Boueina* sp. et *Cylindroporella* sp.

CALHAU DO CORVO: les couches d'Almargem du versant N du Massif de Sintra peuvent être analysées au N du signal géodésique de Calhau do Corvo, immédiatement au S de Praia Grande do Rodisio (*fig.* 57). Elles succèdent vers le N au Barrémien inférieur décrit dans le chapitre précédent. La série, subverticale, est affectée d'un certain nombre du décrochements orientés N-S ou NE-SW.

COUPE DE CALHAU DO CORVO On voit, de bas en haut (*fig.* 56):

Grès inférieurs

1. Marnes gris cendré à nodules calcareux et calcaire jaune, cryptocristallin, avec *Exogyra boussingaulti* (D'ORB.) (2 m).

2. *a*) Calcaires jaunes, oolithiques et graveleux, à *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Miliolidae, Glomospira* sp. (1 m).

b) Calcaires jaunes ou gris à structures noduleuses et passées plus marneuses, cryptocristallins, grumeleux ou finement graveleux, à débris bioclastiques condensées en microlits, à Nérinées, *Exogyra boussingaulti* (D'ORB.), Choffatelles, *«Mayncina»* sp., *Glomospira* sp., Charophytes (5,20 m).

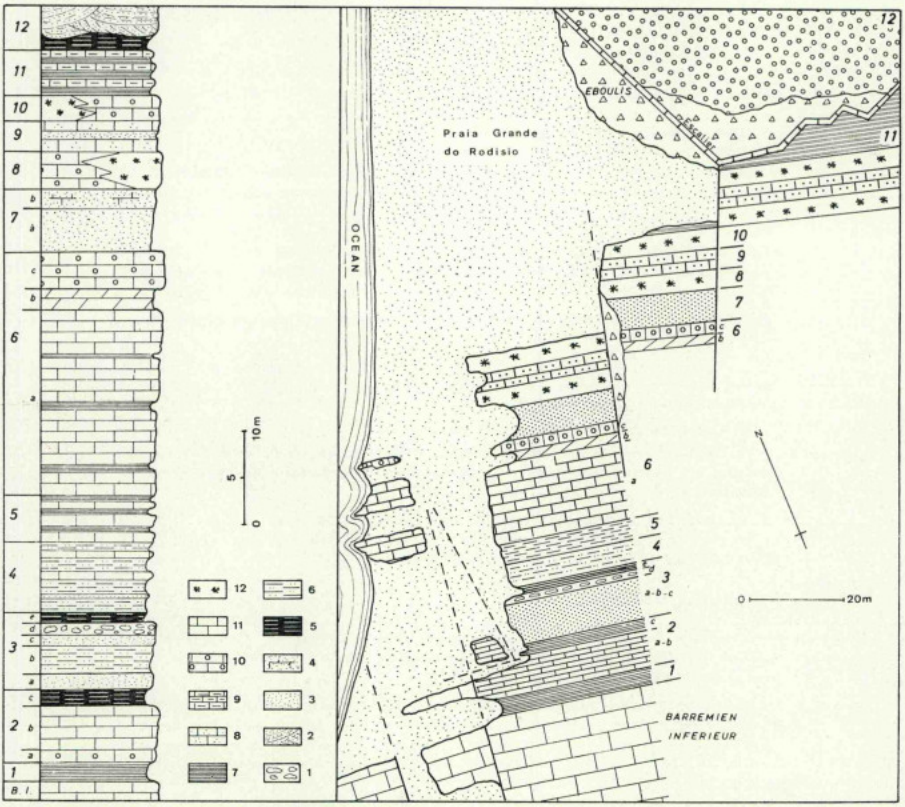


FIGURE 56 *(gauche). — Coupe des «couches d'Almargem» de Praia Grande do Rodisio.*
1 : conglomérats; 2 : grès stratifications entrecroisées; 3 : grès à stratifications horizontales; 4 : grès calcareux; 5 : argiles; 6 : marnes gréseuses; 7 : marnes; 8: calcaires gréseux; 9: calcaires marneux; 10 :calcaires graveleux; 11 : calcaires microcristallins ou cryptocristallins; 12 : plages récifales recristallisées.
FIGURE 57 *(droite). — Les «couches d'Almargem» de Praia Grande do Rodisio. Croquis de situation.*

c) Marnes gris cendré et passées plus calcareuses, gréseuses ou dolomitiques, à Huîtres, *Macrodentina* (*Dictyocythere*) n. sp., débris d'Echinides (2 m).

3. *a*) Grès fins jaunes, compacts, micacés (1,80 m).

b) Marnes gréseuses grises à nodules de calcaires dolomitiques et gréseux, à Huîtres (2,50 m).

c) Grès violacés à ciment argileux et quartz anguleux mal classé (0,80 m).

d) Conglomérat à matrice argileuse grise, à galets émoussées de calcaire anguleux et quartz (1,20 m).

e) Marnes schisteuses gris cendré, stériles (1,10 m).

Assises à Orbitolines

— Marno-calcaires à Heteraster oblongus

4. Marnes gris foncé à minces lits gréseux et nodules ou bancs onduleux de calcaires cristallins ou microclastiques, en contact brusque avec l'assise sous-jacent, avec *Heteraster oblongus* (BRONGN.), *H.* aff. *couloni* (AG.), *H.* aff. *pomeli* (FICHEUR), *Neithea morrisi* (PICT. et REN.), *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), Serpules, *Choffiella decipiens* SCHLUMB., *Pseudocyclammina hedbergi* MAYNC, *Palorbitolina lenticularis* BLUM., «*Mayncina*» sp., *Melathrokerion praesigali* (BANNER), *Textulariella* sp. et nombreuses *Boueina hochstetteri* TOULA (8 m).

5. Marnes grises et calcaires microclastiques, en bancs onduleux d'égale épaisseur, renfermant les mêmes organismes que le niveau 4 (5 m).

6. *a*) Calcaires gris foncé à gravelles et éléments bioclastiques, intercalés de minces lits plus marneux. L'association micropaléontologique est identique à celle de l'assise sous-jacente (20 m).

b) Dolomies ocre et marnes mal visibles (2 m).

c) Calcaires jaunes, en bancs puissants, oolithiques et graveleux, à ciment cristallin ou microcristallin, avec *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Miliolidae*, *Textulariidae*, *Glomospira* sp. (4 m).

7. *a*) Grès fins blancs, bien classés, homogènes et compacts (4,50 m).

b) Grès calcareux jaunes em bancs horizontaux, séparés du niveau sous-jacent par un lit discontinu d'argile rouge (2 m).

— Calcaires récifaux supérieurs

8. Calcaires sombres, massif, graveleux, à ciment cristallin. Certaines plages sont recristallisées. Aux Madréporaires s'ajoutent *Monopleura* sp., Nérinées, Natices, Orbitolines (4 m).

9. Calcaires gréseux jaunes, à quartz anguleux, fines gravelles et fond cristallin, intercalés de marnes gréseuses et de grès calcareux à débris ligniteux. Les passages sont progressifs, sans polarités marquées. On trouve *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Zeilleria tamarindus* SOW., Spatangidés, Nérinées, Ostréidés (3,50 m).

10. Calcaires jaunes ou gris, massifs, finement graveleux ou recristallisés, à Natices, Nérinées, Madréporaires, Bryozoaires, Orbitolines (2,50 m).

— Marnes à Huîtres

11. Marnes schisteuses noires alternant avec des calcaires marneux jaunes à texture noduleuse, fond grumeleux et éléments bioclastiques. Les surfaces des bancs sont durcies et bosselées. Le niveau contient *Eocytheropteron* sp., *Asciocythere* sp., *Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp., *Exogyra boussingaulti* (D'ORB.). *Ostrea* sp. ,Gastéropodes, *Palorbitoina lenticularis* BLUM., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Pseudocyclammina hedbergi* MAYNC, «*Mayncina*» sp., *Nautiloculina* sp., *Glomospira* sp. (5,30 m).

Au-dessus viennent les «grès supérieurs d'Almargem».

Nous retiendrons de cette description:

— que les «grès inférieurs» se décomposent comme à Guincho en deux termes bien distincts: terme inférieur à matériel carbonaté prédominant; terme supérieur essentiellement détritique, à passée conglomératique. La séquence majeure négative traduit une évolution régressive du milieu de dépôt, à proximité de la côte;

— que les niveaux de base des «assises à Orbitolines» (niveaux 4, 5 et 6 a des «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*») s'ordonnent en une séquence positive très apparente qui reflète un mouvement de transgression des eaux et la mise en place d'un milieu marin restreint riche en Algues (*Boueina* sp.). Dès les premiers lits apparaissent *Palorbitolina lenticularis* et *Heteraster oblongus;*

— que les «calcaires récifaux supérieurs» possèdent deux unités pararécifales superposées identiques (niveau 8 et 10) pouvant être interprétées comme des dépôts de plature corralienne: L'assise gréseuse intercalée est la marque de décharges détritiques dans le domaine marin;

— que les «marnes à Huîtres» sont bien développées. L'association de *Choffatella decipiens* et de *Palorbitolina lenticularis* indique un âge bédoulien. Les biofaciès et lithofaciès ne permettent pas de définir avec une grande précision leur milieu de dépôt, marin et peu profond.

b) Les grès inférieures et les assises à Orbitolines à l'Est de Crismina

De Crismina au branchyanticlinal de Caneças, 25 km plus au NE, les «couches d'Almargem» offrent de rapides et importantes variations que l'analyse des séries les plus représentatives va permette d'évoquer *(fig. 60)*.

ALDEIA DE JUZO : les termes durs, calcaires ou gréseux, ressortent au milieu de landes et de bosquets 200 m à l'W du village d'Aldeia de Juzo et de la route E.N.9.1, 2 700 m à l'ENE de Crismina, sur le flanc N du synclinal d'Alcabideche *(fig. 3)*. La coupe relevée, comparable à celle de Crismina, appelle un certain nombre de remarques.

Grès inférieurs : les intercalations cabonatées prédominent à la partie inférieure du niveau. Elles sont plus épaisses et plus nombreuses qu'à Crismina.

> Des calcaires à matrice cryptocristalline, grumeleuse ou cristalline, à graveles et débris biocastiques, alternent avec des calcaires dolomitiques, dolomies cristallines et marnes blanches à nodules calcaires, J'ai relevé la présence de *Choffatella decipiens* SCHLUMB, *«Mayncina»* sp., *Haplophragmium* sp., *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Trocholina* cf. *aptiensis* IOV., *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO), *Paracypris* sp., *Schuleridea* sp., *Cythereis* sp., *Eocytheropteron* sp., *Asciocythere* sp., *Cylindroporella* sp. et très abondantes *Permocalculus* sp., soit une association de faible valeur chronostratigraphique. Le milieu de dépôt, marin et confiné, se situerait dans la zone intertidale.

Marno-calcaires à Heteraster oblongus : Les 4 niveaux de Crismina ne subissent aucune modification important. Tout au plus faut-il remarquer l'enrichissement en quartz anguleux d'une série essentiellement calcaire et marneuse; les passées gréseuses abondent au sommet. L'intérêt de cette formation réside dans son contenu micropaléontologique: *Cytherella* cf. *buechlerae* OERTLI, *Schuleridea* cf. *jonesiana* (BOSQUET), *Cytherella* cf. *parallela* (REUSS), *Cythereis bartensteini* OERTLI et *Neocythere mertensis* OERTLI apparaissent en même temps qu'*Orbitolinopsis* gr. *kiliani* (PREVER) dans la moitié supérieure de l'unité et accompagnent *Palorbitolina lenti-*

cularis BLUM., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., «*Mayncina* sp.», *Textulariella* sp. et *Glomospira* sp. L'association des Ostracodes semble caractéristique du Bédoulien [S. FABRE-TAXY, M. MOULLADE, G. THOMEL, 1963]. Elle constitue le principal argument pour considérer que *la biozone à Orbitolinopsis gr. kiliani et Palorbitolina lenticularis pourrait se placer au Portugal dans le Bédoulien.*

Calcaires récifaux supérieurs : des transformations lithologiques se produisent entre Crismina et Aldeia de Juzo, de sorte que l'on voit en ce dernier poit, de bas en haut :

8. *a*) Calcaires gris clair, compacts, en bancs épais, à fond cristallin ou microclastique, éléments bioclastiques émoussés hétérométriques et quartz anguleux dispersé, avec *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Miliolidae, Textulariidae, Melathrokerion praesigali* (BANNER), Serpules (2,50 m).

b) Calcaires blancs, massifs, à îlots recristallisés et zones de calcaires graveleux, à éléments mal classés et ciment cristallin. Aux Madréporaires, Nérinées et Réquiénies se joignent *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Miliolidae, Textulariidae, Bacinella irregularis* RADOICIC, *Lithocodium aggregatum* ELLIOT (1,50 m).

9. Calcaires jaunes ou bruns, à gravelles homométriques et fond cristallin, en bancs minces séparés par des passées plus tendres. Le niveau est extrêmement riche en *Palorbitolina lenticularis* BLUM. usées et roulées qu'accompagnent *Pseudocyclammina hedbergi* MAYNC, *Miliolidae, Textulariidae, Bacinella irrgularis* RADOICIC, *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT, *Marinella lugeoni* PFENDER (4 m).

10. *a*) Calcaires gris clair, à gravelles liées par un ciment cristallin, avec *Palorbitolina lenticularis BLUM., Textulariidae, Glomospira* sp. (3,50 m).

b) Calcaires blancs et massifs composés de zones recristallisées à Madréporaires et de zones microbréchiques à ciment cryptocristallin. J'ai reconnu *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Miliolidae, Lithocodium aggregatum* ELLIOT, *Bacinella irregularis* RADOICIC (1,80 m).

c) Calcaires jaunâtres, microclastiques ou graveleux, à Orbitolines, Choffatelles, Milioles, *Textulariidae, Bacinella irregularis* RADOICIC, *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT (2,50 m).

Les «calcaires récifaux supérieurs» d'Aldeia de Juzo comprennent donc deux passées construites de faible épaisseur (niveaux 8 b et 10 b); les recristallisations sont partielles; les Madréporaires sont associés à des Rudistes, Foraminifères et Algues encroûtantes. Les bancs intercalaires sont essentiellement formés de calcaires graveleux à Orbitolines et ciment cristallin.

Marnes à Huîtres: elles sont absentes. Les «grès supérieurs» entrent directement en contact avec les «calcaires récifaux supérieurs».

MURCHES-CABREIRO-ALCABIDECHE: De Murches (1 km à l'E d'Aldeia de Juzo) à Cabreiro (1,5 km plus à l'E) et Alcabideche (2,5 km à l'E de Murches), dans le flanc N du synclinal d'Alcabideche (*fig.* 3), les «couches d'Almargem» occupent le versant méridional d'un profond thalweg orienté E-W. Des changements de faciès se manifestent à différents niveaux.

Grès inférieurs: à la partie inférieure de la formation apparaissent, près du moulin à vent de Murches, des passées de calcaire microclastique très riche en Dasycladacées *(Pianella muehlbergii* LORENZ, *Actinoporella* sp.) associées à *Choffatella decipiens* SCHLUMB., «*Mayncina*» sp. et *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO).

750 m à l'E de Murches la série est essentiellement argileuse, finement gréseuse et dolomitique; les bancs calcaires, minces et rares, sont gréseux, cryptocristallins et mi-

croclastiques. Les Dasycladacées disparaissent dans une biophase composée de Choffatelles, «*Mayncina*» sp., *Everticyclammina greigi* (HENSON), *Permocalculus* sp., Nérinées et Ostréidés. A la partie supérieure de la formation alternent des grès et argiles en bancs horizontaux.

Il ne reste au méridien de Cabreiro qu'un seul banc calcaire intercalé dans un ensemble argileux, dolomitique et gréseux.

Toute trace de niveau carbonaté a disparu 700 m au NNE d'Alcabideche, le long d'un sentier reliant Alcabideche et Atrozela. On observe alors sur les calcaires du Barrémien inférieur:

— dolomies ocre en bancs horizontaux épais de 0,10 à 1 m, alternant avec des argiles versicolores gréseuses, micacées, à lignite (10,50 m);
— grès blancs, grossiers, mal classés, à stratifications entrecroisées (11,50 m).

De tels sédiments ont pu se déposer en milieu côtier (zone supratidale) à fluviatile.

Marno-calcaires à Heteraster oblongus: cette formation est caractérisée par un ensablement marqué, principalement à la base (calcaires gréseux, marnes gréseuses et grès micacés) et au sommet (grès fins ocre, micacés), par l'intercalation de quelques bancs dolomitiques, par la très grande abondance en Choffatelles et en Codiacées (*Permocalculus sp., Boueina* sp.) et par l'appauvrissement en Dasycladacées (*Pianella* sp., *Cylindroporella sp., Aciculella* sp.). Ces différentes données sont les indices probables d'une sédimentation en milieu marin restreint, aux approches de la zone intertidale. *Palorbitolina lenticularis* BLUM. se rencontre dès les premiers bancs; elle est accompagnée à la partie supérieure de la formation par *Orbitolinopsis* gr. *kiliani* (PREVER).

Calcaires récifaux supérieurs; la première passée récifale relevée à Aldeia de Juzo (niveau 8) laisse la place vers l'E, de Murches à Alcabideche, à 2,50-4,50 m de calcaires périrécifaux gris clair, graveleux, à ciment cristallin, en bancs épais et onduleux. Les Orbitolines prolifèrent.

L'assise intercalaire (niveau 9) se compose de marnes et de calcaires bruns, graveleux, pétris d'Orbitolines. Epaisse de 6 m, elle dessine une petite vire très apparente dans le paysage, notamment de part et d'autre du ravin de Ribeira das Vinhas. *Palorbitolina lenticularis* BLUM. est accompagnée de *Terebratula dutempleana* D'ORB., *Zeilleria tamarindus* SOW., *Rhynchonella* sp., *Goniopygus peltatus* AG. var. *levis* nov. var., *Pyrina pygoea* AG., *Magnosia* cf. *camarensis* DE LOR. On peut admettre un milieu de dépôt périrécifal.

La formation récifale supérieure (niveau 10) acquiert un grand développement. Sa puissance est de 6,50 m à Murches; elle s'élève à 12 m entre Murches et Cabreiro puis décroît entre Cabreiro et Alcabideche où elle n'excède pas 4,50 m. Le calcaire est très clair, compact, massif; des zones recristallisées sont jointes par une masse interstitielle microbréchique, à fond cristallin. La faune est relativement variée: aux Polypiers et Rudistes (*Requienia* sp.) se joign ent des Foraminifères (Orbitolines, *Miliolidae, Textulariidae)* et des Algues *(Pianella* sp., *Lithocodium aggregatum ELLIOTT, Bacinella irregularis* RADOICIC). Nous sommes donc en présence d'une véritable constrution corallienne, oligostoéique [G. LUCAS, 1970], à élévation rapide et locale, d'un *bioherme.*

Au-dessus viennent 4,50 à 6,50 m de calcaires stratifiés, gris clair ou blancs, graveleux, à fond cristallin. Quelques îlots recristaillisés sont dispersés. Les Polypiers,

Rudistes et Augues encroûtantes persistent. Cette assise pourrait résulter du démantèlement et de l'extinction progressive des édifices récifaux.

Marnes à Huîtres: la formation des marnes à Huîtres apparaît localement entre le ravin de Ribeira das Vinhas et Alcabideche. Elle est représentée par 2,50 m de marnes jaunes à nodules calcaires et bancs mal individualisés de calcaires marneux, avec *Palorbitolina lenticularis* BLUM, et *Choffatella decipiens* SCHLUMB. Elle est séparée des calcaires récifaux sousjacents par une surface durcie et rubéfiée.

ATROZELA: c'est dans la région d'Atrozela, 1 500 m au NE d'Acabideche *(fig. 3)* que s'éteint le bioherme de Murches-Cabreiro.

400 m à l'W du croisement des routes E.N. 9 et E.N. 6.8, 500 m à l'ESE du hameau d'Atrozela, les «calcaires récifaux supérieurs» offrent, de bas en haut, la composition suivante:

— calcaires jaunes ou bruns, graveleux, intercalés des marnes à nodules calcaires, riches en Orbitolines (14,50 m);

— calcaires gris clair, microbréchiques, à Gastéropodes et Lamellibranches recristallisés, à matrice cryptocristalline ou graveleuse (5 m);

— calcaires bruns, graveleux, à grandes Nérinées, Ostréidés et Rudistes (1 m).

Ainsi, les calcaires construits laissent la place vers l'E à des calcaires périécifaux, microbréchiques et graveleux.

Les *«marnes à Huîtres»* sont absentes aux environs d'Atrozela.

COBRE: la série de Cobre, 4 km à l'ESE de Crismina, 1 500 m au S de Murches, dans le flanc S du synclinal d'Alcabideche *(fig. 3)*, offre quelques analogies avec la série de Cabreiro et d'Alcabideche.

Les *«grès inférieurs»* sont dépourvus de toute intercalation calcaire.

De petites carrières ont dégagé ce niveau immédiatement à l'E du village, sur le versant W de la vallée de Ribeira das Vinhas. On voit sur les calcaires du Barrémien inférieur:

1. Dolomies gréseuses jaunes, cristallines ou microcristallines, à quartz anguleux et muscovite, en bancs puissants intercalés de cargneules et d'argiles grévertes ou violacés (8 m).

2. *a*) Grès moyens ou grossiers, gris clair, à quartz et feldspath peu altéré, intercalés de silts gris bleuté et d'argiles silteuses à débris ligniteux. Des bancs détritiques fins, subhorizontaux, sont ravinés par des lentilles de grès grossiers à stratifications entrecroisées (7 m).

b) Grès fins micacés, jaunes ou blancs, alternant avec des silts gréseux blancs et avec des argiles vertes ou violacées, en bancs horizontaux onduleux (3 m).

Les *«marno-calcaires à Heteraster oblongus»* sont riches en intercalations gréseuses, principalement à la base et au sommet.

Dès les premiers lits apparaissent *Heteraster oblongus* (BRONGN.) et *Palorbitolina lenticularis* BLUM. Plusieurs surfaces de bancs sont indurées, rubéfiées et perforées.

Les *«calcaires récifaux supérieurs»* possèdent un seul niveau construit prolongeant le bioherme de Murches-Cabreiro.

Les calcaires graveleux, à ciment cristallin, riches en Orbitolines, qui représentent la partie inférieure de l'unité sont surmontés, le long du chemin menant à la Quinta das Gatinhas, par 3 m de calcaires blancs, massifs et compacts, à larges portions recristallisées isolant quelques îlots de calcaires à gravelles hétérométriques. Les Madréporaires et Rudistes sont accompagnés d'Orbitolines et spicules d'Eponges.

La formation se termine par 2,80m de calcaires jaunes, cryptocristallins ou finement graveleux, à Rudistes, Brachiopodes, Echinides, Spongiaires, Orbitolines et Choffatelles.

Les *«marnes à Huîtres»* n'apparaissent pas.

RÉGION D'ESTORIL: toute passée récifale s'éteint 1 500 à 2 000 m à l'E et au SE de Cobre, au N de la ville d'Estoril. L'ensemble des «calcaires récifaux supérieurs» est alors constitué, de la base au sommet, de calcaires graveleux et microbréchiques à ciment cristallin.

MANIQUE DE CIMA: 3 km à l'E d'Atrozela, les affleurements de Manique de Cima *(fig. 3)*, de part et d'autre de la fontaine publique, se prêtent à l'analyse stratigraphique. Faisant suite à des *«grès inférieurs»*mal découverts, la formation des *«marno-calcaires à Heteraster oblongus»* est peu puissante et très détritique.

Sur une épaisseur de 19 m alternent des bancs horizontaux onduleux de grès fins ou grossiers, gris clair ou jaunes, de marnes gréseuses blanches à nodules et bancs plus calcareux d'argiles versicolores et de calcaires gris clair, gréseux, microclastiques, riches en Choffatelles et dépourvus d'Orbitolines.

L'ensablement affecte aussi les *«calcaires récifaux supérieurs»* qui montrent de bas en haut:

— calcaires gréseux gris, compacts (0,80 m);

— marnes blanches et vertes à nodules calcaires (2,50 m);

— grès ocre (0,50 m);

— calcaires gréseux à poches de grès ou de dolomie cristalline conférant à la roche une structure noduleuse très caractéristique. Quelques bancs de grès fins sont intercalés. Les Orbitolines sont nombreuses. Ainsi, contrairement à ce que nous avons observé dans la formation sous-jacente, l'enrichissement en matériel détritique des «calcaires récifaux supérieurs» n'est pas accompagné d'un appauvrissement en Orbitolines (11 m);

— calcaires graveleux et microbréchiques à ciment cristallin (5 m).

Les *«marnes à Huîtres»*, gris jaunâtre, à nodules calcaires et Orbitolines, sont épaisses de 1,50 m.

ALBARRAQUE: la teneur en matériel détritique des *«calcaires récifaux supérieurs»* croît lentement vers l'E, de Boa Vista à Albarraque.

2,5 km au NE de Manique de Cima, 1 km au NE du signal géodésique d'Albarraque, 100 m à l'E de la Quinta do Pisões, cette formation se compose, de la base au sommet, des termes suivants:

— calcaires jaunes et bruns, noduleux, à fond grumeleux, microclastiques ou microcristallin, riche en débris bioclastiques et fines gravelles. De petits éléments de quartz anguleux parsèment la roche. On trouve des Térébratules, Ostréidés,

Serpules, *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Nautiloculina* sp., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Nezzazata* sp., *Miliolidae*, *Permocalculus* sp. (2,50 m);

— lacune d'observation (3 m);

— alternance en bancs horizontaux de grès ocre à ciment calcaire, argileux ou dolomitique et de calcaires jaunes, graveleux et gréseux, à fond cristallin, à Orbitolines, débris d'Echinides, *Marinella lugeoni* PFENDER (16 m);

— calcaires gris clair, grumeleux ou cryptocristallins, riches en débris bioclastiques, avec *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Miliolidae* (0,20 m).

Biofaciès et lithofaciès indiquent une approche progressive vers l'E du domaine côtier.

PARADA: La série de Parada mérite une attention particulière. Les excellentes conditions d'affleurement vont nous permetre en effet de faire le point sur la composition des «couches d'Almargem» à la suite des variations de faciès qui viennent d'être rapidement évoquées.

COUPE DE PARADA Cette coupe se situe 2,5 km à l'ENE d'Albarraque, 15 km à l'ENE de Crismina, 500 m au NNE du village de Rio de Mouro. Les «couches d'Almargem» sont découvertes sur le flanc occidental de la colline de Parada grâce à une tranchée de la route E.N. 249. Appartenant au versant méridional de la ride du Massif de Sintra et du dôme de Brouco (*fig.* 58), elles plongent à 25° vers le SSE et se décomposent en (*fig.* 59):

Grès inférieurs

1-2. Cette unité, mal dégagée le long de la route, épisodiquement visible dans le bois de la ferme de Porqueiro, possède des dolomies ocre et argiles à la base, des grès à stratifications entrecroisées, silts et argiles versicolores au sommet. Sa puissance peut être évaluée à 18-20 m.

Assise à Orbitolines

— Marno-calcaires à Heteraster oblongus

3. Calcaires gréseux gris, à matrice microcristalline ou cryptocristalline, à quartz auguleux hétérométrique et fines gravelles, alternant avec des grès fins jaunes, gris ou violacés, homogènes, à muscovite et biotite, avec des grès feldspathiques grossiers et avec des marnes gréseuses versicolores à nodules calcareux et débris ligniteux. Ces divers termes se disposent en bancs horizontaux onduleux, sans polarités; les passages de l'un à l'autre sont fréquemment progressifs. J'ai recueilli des dents de Poissons et Ostréidés (8,50 m).

4. Grès grossiers et feldspathiques à la base, plus fins et compacts au sommet, en contact brusque avec l'assise sous-jacente (4,50 m).

5. Calcaires gréseux jaunes, microclastiques ou grumeleux, à nombreux débris bioclastiques, formant des bancs onduleux séparés par des interbancs plus marneux. On recornait des Serpules, dents de Poissons, débris d'Ophiures et d'Echinides, *Asciocythere* sp., *Macrodentina* (*Dictyocythere*) n. sp., *Schuleridea* cf. *jonesiana* (BOSQUET), *Cythereis bartensteini* OERTLI, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Pseudocyclammina hedbergi* MAYNC, *Lituola* sp., *Nautiloculina* sp., *Textulariidae*, *Miliolidae*, *Nodosariidae*, *Boueina* sp., *Cylindroporella* sp., *Permocalculus* sp. (4 m).

6. *a*) Marnes gréseuses gris bleuté ou violacées, intercalées de lentilles de grès grossier et de bancs de calcaires gréseux gris, cryptocristallins, à éléments bioclastiques, avec Lamellibranches, Serpules, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Haplophragmium* sp. (7 m).

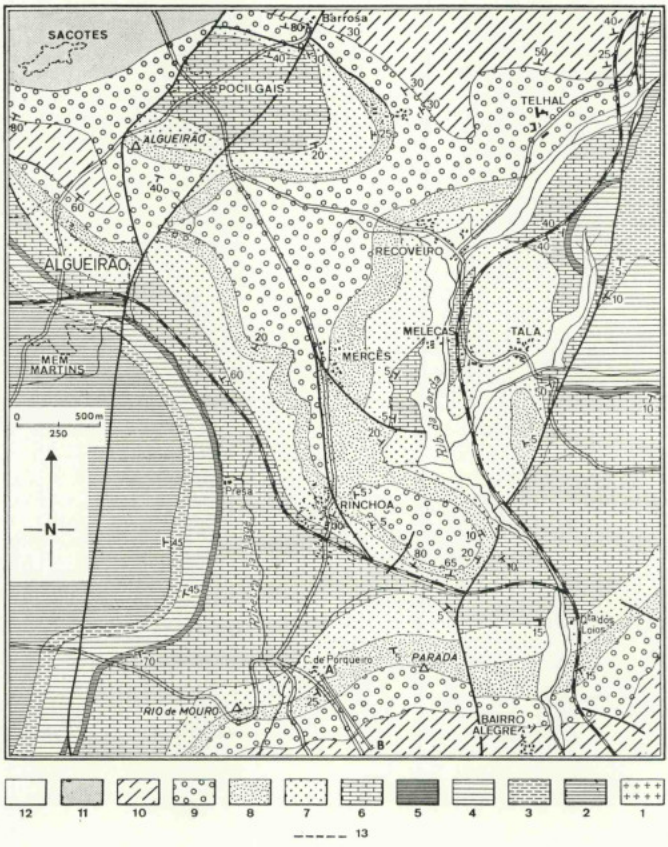


FIGURE 58. — *Carte géologique des environs de Rinchoa, Algueirão, Meleças.*
1: roches éruptives; 2: Jurassique; 3: Berriasien; 4: Valanginien; 5: Hauterivien inférieur; 6: Hauterivien supérieur et Barrémien inférieur; 7: Barrémien supérieur («grès d'Almargem inférieur»); 8: Bédoulien; 9: Gargasien («grès d'Almargem supérieurs»); 10: Cénomanien; 11: Tertiaire; 12: alluvions actuelles; 13: limites des principales agglomérations.
Le trait A-B indique la situation de la coupe de Parada.

b) Marnes schisteuses grises à Ostréidés, dents de Poissons, Gastéropodes, débris d'Echinides, *Cytherella* sp., *Schuleridea* cf. *jonesiana* (BOSQUET), *Cythereis bartensteini* OERTLI, *Choffatella decipiens* SCHLUMB. (1 m).

— Calcaires récifaux supérieurs

7. Calcaires gris, compacts, à fines gravelles et quartz anguleux liés par un ciment cristallin, formant un banc épais de 1 m surmonté de calcaires bleutés plus marneux et plus gréseux, microcristallins, à éléments bioclastiques. Le niveau est très riche en *Palorbitolina lenticularis* BLUM. accompagnées de petites colonies de Polypiers et d'*Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *Neithea morrist* (PICT. et REN.), Gastéropodes, *Zeilleria tamarindus* SOW., *Terebratula sella* SOW., *T. dutempleana* D'ORB., *Salenia* aff. *prestensis* DESOR, *Miliolidae, Textulariidae, Nezzazata* sp., «*Mayncina*» sp. (2,20 m).

8. *a*) Marnes gréseuses violacées ou bleues, à muscovite et lignite, intercalées de bancs horizontaux de grès fins ocre, micacés et ligniteux, à Orbitolines, sans polarités. Le passage est progressif avec l'assise du mur (4 50 m).

b) Silt gris cendré à lignite et épandages de quartz émoussé, en laminae horizontaux (2,10 m).

c) Dolomies et grès ocre ou bleutés, en bancs horizontaux à stratifications internes entrecroisées. Le ciment des grès est cristallin et dolomitique, ou microcristallin et calcaire. Le quartz est généralement émoussé. Aux débris ligniteux se joignent des Orbitolines (6 m).

d) Grès fins blancs, tendres et massifs, à lignite et épandages de quartz émoussé (3,50 m).

— Marnes à Huîtres

9. *a*) Grès ocre, micacés, ligniteux, en bancs horizontaux passant vers le haut à des marnes gréseuses et calcaires marno-gréseux. Les Huîtres sont extrêmement abondantes (*Ostrea praelonga* SHARPE et *Exogyra couloni* D'ORB.) et associées à des Nérinées, Cérithidés, dents de Poissons, *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Trochamminidae, Nodosariidae* (4 m) Une faille redouble ce niveau.

b) Calcaires gris bleutés ou jaunes, à fond cryptocristallin ou grumeleux, nombreux débris bioclastiques et îlots de retrait emplis de calcite cristalline, avec des Serpules, radioles d'Oursins, *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Haplophragmoides* sp., *Miliolidae* (0,40).

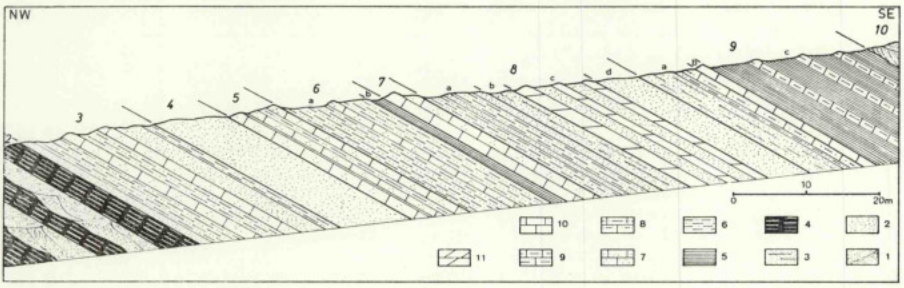


FIGURE 59. — *Profil des «couches d'Almargem» à Parada.*
1: grès à stratifications entrecroisées; 2: grès à stratifications horizontales; 3: silts; 4: argiles; 5: marnes; 6: marnes gréseuses; 7: calcaires gréseux; 8: calcaires marno-gréseux; 9: calcaires marneux; 10: calcaires; 11: dolomies.

c) Marnes shisteuses jaunes, vertes ou bleutées intercalées de quelques bancs de calcaires marneux. Aux Huîtres très nombreuses (*Exogyra boussingaulti* D'ORB., *Ostrea* aff. *palaemon* COQ.) sont associés des moules internes de Gastéropodes et de Lamellibranches (Pholadomyes), dents de Poissons, débris d'Echinides, Ophiures, *Eocytheropteron* sp., *Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp., *Cythereis bartensteini* OERTLI, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Lenticulina* sp., *Textulariidae*, *Hedbergella* sp. Une croûte durcie recouvre la surface supérieure du lit terminal (12 m).

Au-dessus viennent les grès supérieurs d'Almargem.

Les «couches d'Almargem» de Parada sont essentiellement caractérisées par leur grande richesse en matériel détritique.

Les *«grès inférieurs»* pourraient s'être formés en milieu côtier, supratidal (termes de base) puis en milieu fluviatile (termes du sommet). Ils possèdent une puissance accrue par rapport aux séries plus occidentales car ils se développent au détriment des «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*» sus-jacents.

Les *«marno-calcaires à Heteraster oblongus»*, peu épais, sont très chargés en quartz et intercalés de nombreux bancs gréseux. Les débris de lignite abondent. Un milieu marin s'instaure, de zone supratidale à intertidale. Les Choffatelles colonisent ce domaine, mais les Orbitolines sont absentes.

La formation des *«calcaires récifaux supérieurs»* est marquée par la prédominance de sédiments détritiques fins et bien classés pouvant résulter du remaniement de produits terrigènes précédemment apportés. L'aire de sédimentation est certainement peu profonde, intertidale à subtidale. La prolifération des Orbitolines et l'apparition épisodique des Polypiers, Brachiopodes et Echinides seraient l'indice d'une salinité normale des eaux.

Les *«marnes à Huîtres»* sont beaucoup plus épaisses que dans les contrées plus occidentales et de faciès identique. Nous remarquerons surtout que les décharges terrigènes grossières s'estompent progressivement, peut-être à la suite d'une nouvelle avancée de la mer. Le milieu de sédimentation marin, peu profond, se situe probablement dans la zone subtidale.

Cette analyse prouve que la constitution des diverses unités des «couches d'Almargem» de Parada résulte de la succession chronologique de deux mouvements inverses dans une aire fréquemment voisine du continent:

— mouvement de retrait de la mer au cours du dépôt des «grès inférieurs», terme ultime de la régression de l'Hauterivien et du Barrémien;

— mouvement de transgression des eaux durant la sédimentation des «assises à Orbitolines», depuis la base des (marno calcaires à *Heteraster oblongus»* jusqu'au sommet des «marnes à Huîtres».

RÉGION DE RINCHOA - MELEÇAS - ALGUEIRÃO: l'ensellement de la ride du Massif de Sintra et du dôme de Brouco entre les localités d'Algueirão et de Tala favorise un grand développement des «couches d'Almargem» reployées par quelques ondulations secondaires *(fig. 58)*. Le Barrémieninférieur et l'Aptien se présentent dans toute cette contrée sous les faciès décrits à Parada.

Signalons par ailleurs que les «couches d'Almargem» apparaissent très localement sur le flanc N du Massif de Sintra, 600 m au NW du Palais Royal de Sintra. C'est une succession très comparable à la série de Parada qui peut être relevée.

QUINTA DOS LOIOS: 1 500 m à l'E de la coupe de Parada, le long de la voie ferrée Lisbonne-Sintra *(fig. 58)*, les *«grès inférieurs»*, formés d'un terme inférieur dolo-

mitique et argileux, à stratifications entrecroisées (11 m), sont surmontés par 18 m d'argiles versicolores, de silts micacés et de grès fins et grossiers gris ou jaunes, en bancs horizontaux onduleux, représentant les *«marno-calcaires à Heteraster oblongus»*. Les termes sus-jacents possèdent les faciès de Parada.

SIGNAL DE SUIMO ET QUINTA DA FONTEIREIRA : au signal géodésique de Suimo, 2 000 m au NE de la Quinta dos Loios et à la Quinta da Fonteireira, 1 500 m plus loin, au bord de la route E.N. 117 *(fig. 11)*, l'unité des *«marno-calcaires à Heteraster oblongus»* se compose de 12 m de grès ocre, rouille ou violacés, en bancs horizontaux alternant avec des silts micacés gris bleuté et avec des argiles violacées ou vertes, sans séquences visibles. Aux *«calcaires récifaux supérieurs»* sont rapportés:

— grès ocre, horizontaux, fins, micacés, à Orbitolines (6 m);

— grès blancs, psammitiques, en minces dalles horizontales, à rides asymétriques orientées N-S et stratifications internes obliques, à débris ligniteux, terriers, pistes et *Taenidium lusitanicum* HEER (5 m). Ce niveau est parfaitement dégagé dans la petite carrière de Tapada do Grilo, immédiatement à l'W de la route E.N. 117.

Les *«marnes à Huîtres»*, épaisses d'une dizaine de mètres, ont fourni *Heteraster delgadoi* DE LOR.

QUINTA DE AGUA LIVRE: il devient illusoire de prétendre séparer l'ensemble des *«marno-calcaires à Heteraster oblongus»* des *«grès inférieurs»* à l'E de la Quinta da Fonteireira.

On voit au N de la Quinta de Agua Livre, 1500 m à l'E de la Quinta da Fonteireira, 4,50 m d'argiles et dolomies surmontés par 25 m d'argiles et de grès à stratifications entrecroisées représentant les deux formations.

A l'unité des *«calcaires récifaux supérieurs»* correspondent 5 m de grès fins, silteux, blancs, à matrice argileuse, disposés en bancs massifs, horizontaux, à stratifications internes entrecroisées ou en minces dalles psammitiques à rides asymétriques, pistes et débris ligniteux, intercalés de lits d'argiles feuilletées noires à Végétaux.

Un de ces lits m'a fourni au bord de la route E.N. 250 allant de Belas à Caneças, 280 m au NE de la Quinta de Agua Livre, 300 m à l'W de la Quinta da Fonte Sancta, *Concavissimisporites variverrucatus* (COUPER), *C. punctatus* DEL. et SPRUM., *Pilosisporites trichopapillosus* DEL. et SPRUM., *Cyathidites punctatus* DEL. et SPRUM., *Cicatricosisporites perforatus* SINGH, *C. hughesii* (COUPER), *C. dorogensis* COUPER, *C. orbiculatus* SINGH, *Contignisporites cooksonii* DETTMAN, *Densoïsporites perinatus* COUPER, *Biretisporites potoniai* DEL. et SPRUM., *Converrucosisporites proxigranulatus* BRENNER, *Verrucosisporites rotondus* SINGH, *Spheripollenites scabratus* DEL. et SPRUM., *Applanopsis dampierri* DÖRING et *Tenua hytrix* EISENACK, *Hystrichosphaeridium salpingoforum* DAV. et WIL., *Gonyaulacysta orthoceras* SARJEANT, *C. tenuiceras* EISENACK, accompagnés de quelques Microforaminifères. Une telle association s'accorde avec un âge aptien, probablement bédoulien. La présence de Phytoplancton et d Microforaminifères est l'indice d'une certaine salinité des eaux.

Les *«marnes à Huîtres»* s'amincissent progressivement de la Quinta da Fonteireira à la Quinta de Agua Livre, sans que leurs lithofaciès et biofaciès subissent la moindre modification. Elles sont encore épaisses de 6 m, 200 m au N de la chapelle de São Mamede, mais sont absentes au bord de la route E.N. 250, 500 m plus à l'E. Les «grès supérieurs» ravinent alors les grès fins blancs de l'ensemble des «calcaires récifaux supérieurs».

A DA BEJA: c'est une série indentique que l'on retrouve à A da Beja, 1 km à l'E de la route E.N. 250, aux confins orientaux des affleurements crétacés. Les «couches d'Almargem» comprennent, de bas en haut:

— dolomies et argiles (4 m);

— grès à stratifications entrecroisées et argiles (25 m);

— grès fins blancs (5 m), directement surmontés par les «grès d'Almargem supérieurs».

Il est donc probable qu'*un seul niveau marin persiste dans cette contrée, celui des grès fins blancs, équivalent latéral des «calcaires récifaux supérieurs».*

BRACHYANTICLINAL DE CANEÇAS: les «couches d'Almargem» occupent les flancs du brachyanticlinal de Caneças, 3,5 km au N d'A da Beja (*fig.* 43). La succession est très comparable à celle que je viens de décrire en ce dernier point.

C'est ainsi qu'apparaissent 250 m au S de Camarões, sur le versant S du pli, à la suite des calcaires gréseux du Barrémien inférieur:

— dolomies ocre, cristallines, alternant avec des argiles jaunes ou vertes (0,70 m).

— grès grossiers, gris clair ou blancs, à feldspath altéré et galets de quartz émoussés, associés à des grès fins blancs. Les lentilles offrent des stratifications entrecroisées très apparentes; la base de certaines d'entre elles est jalonnée de galets de silt (8 m);

— grès fins blancs, micacés, à rares granules de quartz, en bancs horizontaux séparés par des croûtes ferrugineuses, à rides asymétriques et stratifications entrecroisées, reposant sur une assise de silts argileux micacés découpés en minces dalles horizontales (5 m). Ce niveau, stérile, correspond à l'unité des «calcaires récifaux supérieurs».

Les «grès supérieurs» surmontent cette dernière formation.

c) Conclusions chronostratigraphiques

Les divers affleurements examinés confirment et précisent les données de la coupe de Crismina:

— les intercalations calcaires des «grès inférieurs» renferment en tous points des fossildes connus dès le Barrémien, tels *Choffatella decipiens, Everticyclammina greigi, «Mayncina»* sp., *Pseudotextulariella scarsellai, Pianella muehlbergii, Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp. et *Trochotiara sculptilis.* Cette formation pourrait matérialiser le Barrémien supérieur.

— La partie inférieure des «marno-calcaires à *Heteraster oblongus»,* caractérisée par l'apparition de *Palorbitolina lenticularis, Heteraster oblongus, H.* aff. *couloni* et *H.* aff. *pomeli,* serait située au passage Barrémien-Bédoulien. La partie supérieure possède *Orbitolinopsis* gr. *kiliani* comme marqueur, associé aux premiers représentants de *Cythereis* cf. *buechlerae, C. bartensteini, Schuleridea* cf. *jonesiana, Cytherella* cf. *parallela* et *Neocythere mertensis.* Une telle association dénoterait un âge bédoulien.

— Les «calcaires récifaux supérieurs» renferment *Palorbitolina lenticularis, Choffatella decipiens, Salenia mamillata, S.* aff. *prestensis, Goniopygus peltatus* var. *levis* et *Terebratula dutempleana;* ils seraient bédouliens.

d) Conclusions sédimentologiques

J'ai décomposé la partie inférieure et moyenne des «couches d'Almargem» en quatre unités superposées (*fig.* 60); un tel découpage permet de saisir l'évolution horizontale et verticale du bassin sédimentaire.

1.° *Les grès inférieurs.* Ils sont formés à l'W de Cabreiro et d'Alcabideche de dolomies, grès, argiles et marnes en stratifications horizontales intercalés de bancs calcaires à Lituolidés, Dasycladacées et Codiacées; ces calcaires sont surtout développés d'Aldeia de Juzo, au SSE, à Calhau do Corvo, au NNW. A l'E de Cabreiro et d'Alcabideche, les bancs horizontaux d'argiles et de dolomies n'occupent plus que la base de la formation et sont surmontés de grès et argiles en stratifications entrecroisées dont l'épaisseur augmente vers l'E.

On peut donc imaginer qu'à la suite des dépôts de bassin marin interne qui caractérisent dans toute cette région le Barrémien inférieur se produit un retrait progressif des eaux. Deux étapes principales peuvent être différenciées:

— D'abord s'accumulent en zone supratidale des dolomies et argiles dont l'aire de sédimentation recule au fil des temps vers l'W. A l'extrémité occidentale de notre domaine d'étude, près des rives actuelles de l'Atlantique, persistent quelques flaques d'eau plus profondes, tapissées de boues carbonatées, alignées selon un axe SSE-NNW.

— Les décharges détritiques envahissent ensuite l'ensemble du bassin. L'absence de tout témoin organique rend alors plus délicate la définition des milieux de dépôt. On remarquera toutefois que les stratifications sont horizontales à l'W, en raison peu-être de redistributions du matériel détritique par le flux et le reflux d'une nappe d'eau, et entrecroisées à l'E, probablement sous l'effet d'épandages fluviatiles. Il serait donc possible que la limite entre les domaines marin et continental coïncide approximativement avec la limite entre ces deux types de stratifications. Cette ligne passe en un premier temps au méridien d'Alcabideche puis se décale vers l'W, jusqu'au méridien de Murches.

La répartition des différents faciès des «grès inférieurs» confirme donc les conclusion sédimentologiques dégagées de l'examen de la coupe de Crismina: *avec la formation des «grès inférieurs» se produit une régression importante de la mer vers l'W.*

2.° *Les marno-calcaires à Heteraster oblongus.* A cette unité correspondent dans la région do Crismina, Guincho et Calhau do Corvo des calcaires, marnes et rares passées gréseuses riches en Orbitolines et Dasycladacées. A l'E du méridien d'Aldeia de Juzo, la teneur en quartz détritique s'élève; les Codiacées et les Choffatelles supplantent progressivement les Dasyladacées et les Orbitolines. Au méridien de Parada persistent encore quelques lits de calcaires à Choffatelles, au millieu d'une série essentiellement argileuse et gréseuse. Toute intercalation carbonatée disparait au méridien de Cacém. Les grès et argiles s'ordonnent en bancs à stratifications horizontales jusqu'aux abords de la Quinta de Água Livre; plus à l'E, les stratifications sont entrecroisées. La limite inférieure des «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*» est diachrone; elle s'élève vers l'E.

De tels caractères prouvent que les eaux salées reprennent progressivement possession du bassin sédimentaire. La ligne de rivage avance peu à peu vers l'E pour atteindre la région d'Agua Livre à la fin du dépôt des «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*». En arrière du front côtier s'étend une frange supratidale à intertidale, aux eaux saumâtres, principalement alimentée par des apports terrigènes fluviatiles; ce milieu est colonisé par des Choffatelles, Codiacées, Ostracodes saumâtres, Serpules. Dans une deuxième auréole plus éloignée du rivage se juxtaposent ou alternent les sédimentations organogènes et terrigènes; une salinité des eaux plus élevée et une profondeur plus grande favorisent le peuplement des Dasycladacées et l'apparition des Orbitolines. La région de Crismina, Guincho et Calhau do Corvo, enfin, est le théâtre d'accumulations de boues carbonatées dans un milieu marin interne, en zone subtidale; quelques épandages de quartz détritique atteignent épisodiquement ce domaine. Choffatelles et Orbitolines cohabitent.

Avec la formation des «marno-calcaires à Heraster oblongus» s'amorce donc un nouveau mouvement de transgression de la mer vers l'E.

3° *Les calcaires récifaux supérieurs.* Deux grands ensembles isochrones ont été distingués: ensemble récifal et périrécifal à l'W de Manique de Cima, ensemble de grès fins et de silts à l'E d'Albarraque, séparés l'un de l'autre par une zone mixte à accumulations calcaréo-détritiques.

Cette unité voit se poursuivre le mouvement d'avancée des eaux, ainsi que le démontrent plusieurs faits:

— La ligne de rivage se déplace vers l'E et passe au-delà d'A da Beja, aux confins orientaux des affleurements crétacés. Dans le bassin interne, en zone intertidale à subtidale, s'accumulent des sables fins, très bien classés. Les rides asymétriques relevées en divers points de ce domaine indiquent une orientation N-S de la côte.

— L'enfoncement relatif de la surface de sédimentation favorise le développement vers le large, dans la partie occidentale du territoire considéré, de formations pararécifales. Quelques biostromes à Polypiers et Rudistes accompagnent le bioherme de Murches-Cabreiro. Ces constructions d'étendues et de puissances restreintes, oligostoéiques, sont très différentes du puissant noyau construit hauterivien, à Madrépores, de Cabo-Raso. Elles correspondent plutôt à de petits récifs dispersés sur la plate-forme et soumis au démantèlement des vagues. La surface de sédimentation environnante est essentiellement nourrie par un matériel organo-détritique; celui-ci est homométrique sur le front externe du récif, aux eaux très agitées, de «haute énergie» (niveau 10 de Crismina); il est hétérométrique dans le domaine interne plus abrité, mais délavé de boues. Un tel milieu est favorable à l'épanouissement des Orbitolines; les Choffatelles y sont très rares.

L'histoire des constructions récifales montre que deux épisodes d'édification se succèdent; ils sont séparés par une phase de décharges terrigènes. Les structures coralliennes les plus récentes sont implantées plus à l'E que les édifices anciens; ce qui illustre parfaitement la transgression de la mer vers l'E.

On remarquera que dans la formation des «calcaires récifaux supérieurs», comme dans la formation des «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*», les sédiments carbonatés passent latéralement, en se rapprochant du rivage, à des accumulations détritiques: à l'encontre de ce que nous avions observé durant les âges précédents, les produits de la sédimentation ne résultent pas d'une alternance de phases d'érosion et d'altération déterminant des intercalations de niveaux calcaires et gréseux. *La période d'élaboration des «couches d'Almargem» apparaît, dans son ensemble, comme une période à tendances érosives.* C'est la nappe d'eau marine qui joue le rôle de filtre, favorisant le dépôt des produits figurés à proximité du rivage et des produits en solution vers le large.

4° *Les marnes à Huîtres.* Cette unité apparaît localement, aussi bien à l'E qu'à l'W du domaine considéré. Ses caractères lithologiques et paléontologiques sont semblables dans tous les affleurements. On peut donc considérer que sa puissance variable et sa disparition locale sont uniquement dues à des abrasions antérieures à la sédimentation des «grès supérieurs». L'alternance de marnes jaunes ou vertes et de calcaires marneux, à Huîtres, Choffatelles et Orbitolines, apporte peu d'indices permettant de reconstituer le milieu de dépôt. Peut-être faut-il imaginer une accumulation en zone subtidale, dans un bassin marin intern. La grande monotonie des faciès s'expliquerait par une unifor-

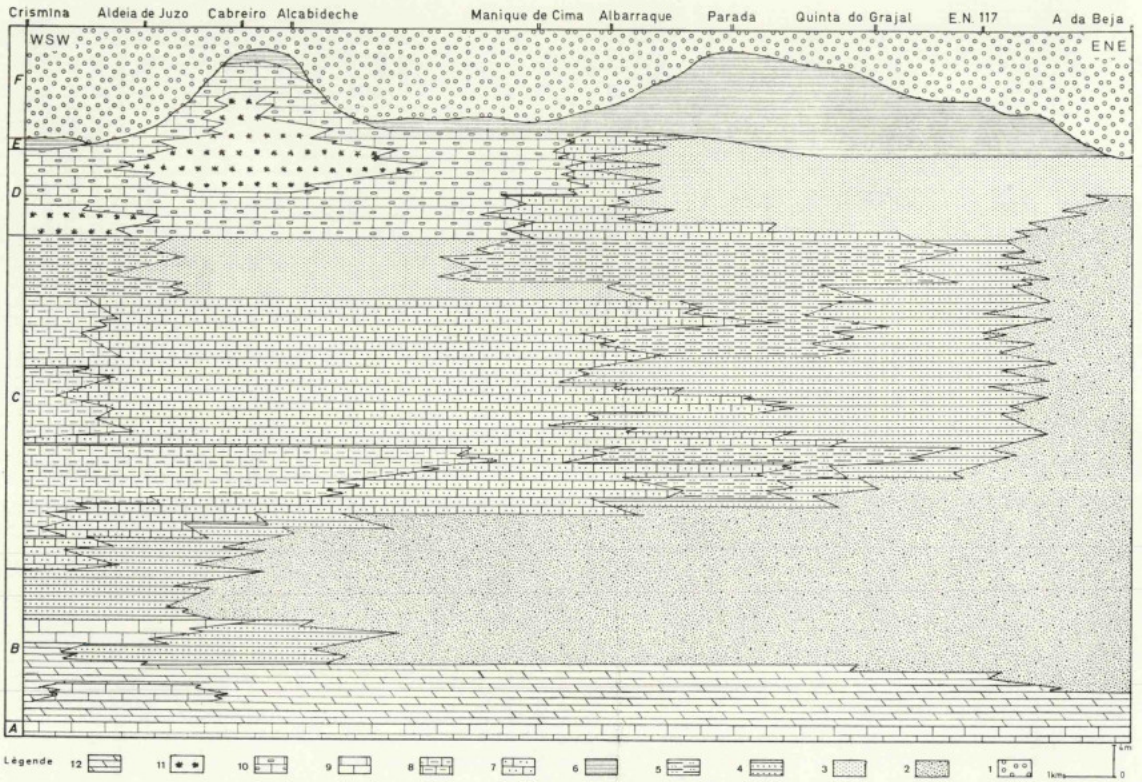


FIGURE 60. — *Les variations de faciès des «couches d'Almargem» au S du massif de Sintra et du dôme de Brouco.*
1: «grès supérieurs d'Almargem»; 2: grès et argiles à stratifications entrecroisées; 3: grès silteux jaunes et blancs; 4: grès et argiles à stratifications horizontales; 5: marnes gréseuses; 6: «marnes à Huîtres»; 7: calcaires gréseux et grès; 8: calcaires et marnes; 9: calcaires microcristallins et cryptocristallins; 10: calcaires graveleux; 11: constructions récifales; 12: dolomies.

A: Barrémien inférieur; *B:* «grès d'Almargem inférieurs»; *C:* «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*»; *D:* «calcaires récifaux supérieurs»; *E:* «marnes à Huîtres»; *F:* «grès d'Almargem supérieurs».

misation de l'aire de dépôt. La limite orientale du domaine marin est alors inconnue. Il n'est pas interdit de penser que les *«marnes à Huîtres» correspondent à un dernier stade d'avancée du domaine marin.*

B) *FLANC NORD DU SYNCLINAL DE PERO PINHEIRO*

a) **Les grès inférieurs et les assises à Orbitolines d'Ericeira**

Les couches d'Almargem affleurent en divers points des falaises qui surplombent l'Atlantique de part et d'autre de la ville d'Ericeira, entre les embouchures de Ribeira de Ilhas, au N, et de Ribeira do Falcão, 5 k plus au S (*fig.* 62). Elles s'intègrent au flanc N du syclinal de Pero Pinheiro et plongent de 5° en moyenne vers le S. Plusieurs failles orientées SE-NW ou SSW-NNE déterminent des redoublements de série. C'est ainsi que l'on peut examiner les couches d'Almargem:

— au Fort de Milregos, 2 km au N d'Ericeira;

— dans l'agglomération d'Ericeira, entre Praia do Algodio et Praia dos Banhos;

— dans la vallée de Ribeira do Porto, le long de la route E.N. 247, jusqu'au village de Carvoeira;

— dans les falaises et la colline de São Julião, entre les vallées de Ribeira do Porto et de Ribeira do Falcão.

Cette série, très fossilifère et mal interprétée jusqu'à ces dernières années, mérite un examen attentif. Je donnerai une description d'ensemble en indiquant les meilleurs points d'observation et en soulignant, le cas échéant, les modifications d'un affleurement à l'autre.

COUPE D'ERICEIRA On distingue de bas en haut (*fig.* 61):

Grès inférieurs

Ils sont désignés par les géologues portugais sous le nom de «grès de Praia do Peixe» (Cartes de Sintra et Tôrres Vedras au 1/50 000), du nom de l'anse du port de pêche d'Ericeira. Cette formation est parfaitement découverte au N du village, entre Praia do Peixe et Praia do Algodio mais tous les niveaux ne sont pas accessibles. Elle apparaît aussi au pied du Fort de Milregos où cependant, le contact avec les calcaires du Barrémien inférieur ne se voit pas. La succession est identique dans les deux points, avec:

1. *a*) Silts blancs, micacés (1 m).

b) Grès grossiers gris clair, en lentilles à stratifications entrecroisées et feuillets élémentaires très apparents, sans séquences nettes. Une matrice argileuse très développée lie du matériel siliceux et des débris ligniteux. Des galets et granules de quartz abondent dans certaines lentilles (3,50 m). Une croûte ferrugineuse subhorizontale termine le niveau.

c) Alternance de grès grossiers à galets de quartz et de quartzite, de grès fins et de silts gréseux et ligniteux, gris, en dispositions lenticulaires (1,90 m).

d) Silts gris clair ou sombres, à laminae horizontaux très apparents soulignés par des débris ligniteux et par des encroûtements ferrugineux, avec *Cyathidites punctatus* DEL. et SPRUM., *Biretisporites potoniai* DEL. et SPRUM., *Triplobosporites trioreticulosus* COOK et DETT., *T. purverulentus* DETTMAN, *Concavissimisporites variverrucatus* (COUPER), *C. verrucosus* DEL. et SPRUM., *C. punctatus* (DEL. et SPRUM.), *Alisporites* cf. *bilateralis* ROUSE, *Concavisporites jurienzis* BALME (0,60 m). La surface supérieure du niveau est indurée et rubéfiée.

2. *a*) Mince lit irrégulier de silt ligniteux et banc onduleux de dolomie gréseuse jaune verdâtre (0,60 m).

b) Silts gréseux gris clair en contact brusque avec l'assise sous-jacente, intercalés d'un lit subhorizontal de grès fin à galets de quartz (0,80 m).

c) Dolomies gréseuses jaunes à granules de quartz et stratifications onduleuses, formant de très nombreuses «rhizoconcrétions» atteignant 50 cm de long et s'enfonçant dans les silts du mur (0,80 m).

d) Silts gréseux blancs à stratifications majeures horizontales, à passées riches en lignite et bioturbations, passant progressivement à l'assise sous-jacente et intercalés d'un banc de dolomie gréseuse jaune à Gastéropodes et Lamellibranches (Hîtres notamment). La surface supérieure du niveau est indurée et rubéfiée.

. Grès grossiers ou moyens à graviers et granules de quartz, en lentilles à tratifications entrecroisées, évoluant au sommet vers un grès fin blanc, puis vers un silt gréseux à laminae horizontaux ligniteux et «convolute-laminations». Cette succession se répète, formant 2 séquences majeures (3,50 m).

4. Dolomies gréseuses jaunes en nodules et bancs onduleux intercalés de passées de marnes gréseuses grises ou de lits d'argile noire (3,20 m). Ce niveau apparaît aussi au bas de la collise de São Julião, sur la rive gauche de Ribeira do Porto, où il renferme *Schuleridea* sp. et *Choffatella decipiens* SCHLUMB.

Assises à Orbitolines

Les «assises à Orbitolines» affleurent dans le compartiment de Milregos (en particulier 200 m au S du Fort, à la crique de Praia da Empas), à Ericeira (sur les flancs de la colline de Mato da Cruz et dans les falaises de Ponta de Santa Maria), le long de la rout E.N. 247 (à l'W de Carvoeira) et au bas de la colline de São Julião (sur la rive S de Ribeira do Porto, au bord de l'Océan et à l'embouchure de Ribeira do Falcão). On voit en ces divers poits sur les «grès inférieurs»:

— Marno-calcaires à Heteraster oblongus

5. Marnes gréseuses jaunes et blancs onduleux ou nodules de calcaires gréseux gris clair à jaunes, à fond grumeleux ou microcristallin, par places microclastique, cryptocristallin ou cristallin, quartz anguleux hétérométriques et nombreux éléments bioclastiques. Des rhomboèdres de dolomite apparaissent localement. Les calcaires prédominent à la base du niveau, les marnes au sommet. On y trouve *Exogyra boussingaulti* (D'ORB.), *E. tuberculifera* (K et D.), Nérinées, *Glauconia* sp., Ophiures, radioles d'Oursins, dents, de Poissons, *Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp., *Neocythere mertensis* OERTLI, *Eocytheropaeron* sp., *Cytherella* cf. *parallela* REUSS, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Ammobaculites* sp., *«Mayncina»* sp., *Melathrokerion praesigali* (BANNER), *Haplophragmium* sp., *Textulariidae, Miliolidae, Nodosariidae, Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Cylindroporella* sp., *Boueina hochtetteri* TOULA, *Permocalculus* sp. Ce niveau est épais de 7,50 m à Ericeira et São Julião, de 5,20 m au Fort de Milregos.

6. Dolomies cristallines jaunes ou gris cendré, compactes, homogènes, et argiles noires, avec *Pyrazus* sp., dents de Poissons, *Choffatella decipiens* SCHLUMB. (1,80 m).

7. L'assise se compose à Ericeira de calcaires jaunes ou bleutés en bancs onduleux séparés par d'épais interbancs plus marneux et noduleux. Les calcaires de la base, gréseux, possèdent un ciment microcristallin et graveleux. J'ai recueilli une riche faune, dont *Salenia grasi* COTTEAU, *S.* aff. *pretensis* DESOR, *Goniopygus peltatus* AG. var *levis* nov. var, *Tetragramma* aff. *dubium* GRAS, *Trochotiara* sp., *Coenholectypus similis* (DESOR), *Heteraster oblongus* (BRONGN.), *H. peroni* FICHEUR, *Zeilleria tmarindus* SOW., *Terebratula sella* SOW., *T. dutempleana* D'ORB., Polypiers globuleux, Naticidés, *Nerita* sp., *Monopleura* sp., *Neithea*

morrisi (PICT. et RÉN.), Ostréidés, *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Textulariidae* (5,50 m).

C'est ce même niveau qui occupe la falaise surplombant la route E.N. 247, 700 m à l'W de Carvoeira. Aux organismes précités s'ajoutent *Exogyra tuberculifera* (K. et D.), *Pholadomya* sp., *Heteraster constictus* FOURTAU, *Miliolidae* et *Acicularia endoi* PRATURLON.

Remarquons enfin que 200 m au S du Fort de Milregos, au-dessus de Praia das Empas, ce niveau débute par 0,80 m de grès jaunes, à quartz hétérométriques et feldspaths, à matrice de calcaire cristallin, très fossilifères. Des Turritelles, *Rostellaria* sp., *Tetragramma* cf. *raulini* (COTTEAU), *Nucleolites* cf. *piveteaui* (LAMBERT), *Pyrina pygoea* (AG.), *Diplopodia* sp., *Polydiadema* aff. *rhodani* (AG.) se joignent aux fossiles précédemment décrits.

— Calcaires récifaux supérieurs

8. Calcaire jaune clair, compact, formant une barre bien différenciée. D'un fond cristallin à microcristallin se détachent des gravelles de taille variable. Polypiers coloniaux et Réquiénies abondent, accompagnés de *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Neotrocholina* cf. *friburgensis* GUIL. et REICH., *Textulariidae*, *Miliolidae*, *Glomospira* sp. (1,50 à 2 m).

9. Marnes jaunâtres passant progressivement à l'assise sous-jacente, avec de très nombreux *Palorbitolina lenticularis* BLUM. et *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Lenticulina* sp., *Schuleridea* sp., *Cytherella* sp., *Bairdia* sp., *Cythereis* sp., *C.* gr. *buechlerae* OERTLI, Térébratules, Rhynchonelles, *Pyrina pygoea* AC. Les marnes renferment des nodules de calcaires microcristallin à *Bacinella irregularis* RAD. et *Lithocodium aggregatum*, ELLIOTT (1,20 à 1,50 m).

10. *a*) Calcaires jaune pâle, massifs et compacts à la base, plus tendres, mieux stratifiés et noduleux dans les 60 derniers cm. Des plages entièrement recristallisées séparent des îlots de calcaires microbréchiques ou graveleux, à ciment cristallin et éléments mal classés. Ce niveau, parfaitement dégagé dans les falaises de São Julião, a fourni des Madréporaires coloniaux, *Montlivaultia* sp., Nérinées, *Pseudotoucasia* cf. *catalaunica* ASTRE, *Toucasia carinata* MATH., *Spondylus* sp., *Rhynchonella lata* D'ORB., *Salenia mamillata* COTTEAU, *Goniopygus peltatus* AG. var. *levis* nov. var., *Miliolidae*, *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT, *Bacinella irregularis* RAD., *Marinella lugeoni* PFENDER (5 m).

b) Marnes blanchâtres à nodules calcaires et bancs onduleux de calcaire grumeleux à débris bioclastiques, localement graveleux et cristallin. Les *Palorbitolina lenticularis* BLUM., très denses, sont associées sur la colline de São Julião à *Ammobaculites* sp., *Haplophragmium* sp., *«Mayncina»* sp., *Miliolidae*, *Schuleridea* sp., *Eocytheropteron* sp., *Cytherella* sp., *Cythereis* gr. *Buechlerae* OERTLI, *Paracypris* sp., *Goniopygus peltatus* AG. var. *levis* nov. var., *Coenholectypus similis* (DESOR) *Pyrina pygoea* (AG.), *Heteraster peroni* FICHEUR, *H.* aff. *pomeli* FICHEUR, *Tetragramma* cf. *raulini* (COTTEAU), *Terebratula* cf. *depressa* LMK., *T.* cf. *dutempleana* D'ORB., *T.* cf. *sella* SOW., *Zeilleria tamarindus* SOW., *Rhynchonella* cf. *irregularis* PICTET, *Exogyra boussingaulti* (D'ORB.), *Toucasia carinata* MATH., *Pseudotoucasia* cf. *catalaunica* ASTRE, Astartes, Madréporaires, Nérinées, Natices (2,50 m).

Ce nveau affleure au bord de la route E.N. 247, immédiatement au N du pont de Ribeira do Porto. On y trouve, outre les organismes précédents, *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Textulariella* sp., *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Asciocythere* sp., *Cythereis* gr. *bartensteini* OERTLI, *Neocythere mertensis* OERTLI, *Bairdia* sp., *Macrocypris* sp., *Exogyra* cf. *raulini* (O'ORB.), *Liostrea* cf. *praelonga* (SHARPE), Serpules, Pholadomyes, Pectinidés.

Je citerai enfin le gisement de Mato da Cruz, 50 m à l'W du cimetière d'Ericeira. On voit les 1,50 premiers m du niveau. Les Orbitolines, cosstituant toute la roche, ne sont liées par aucun ciment. Il s'y ajoute des Brachiopodes, *Toucasia* sp.,

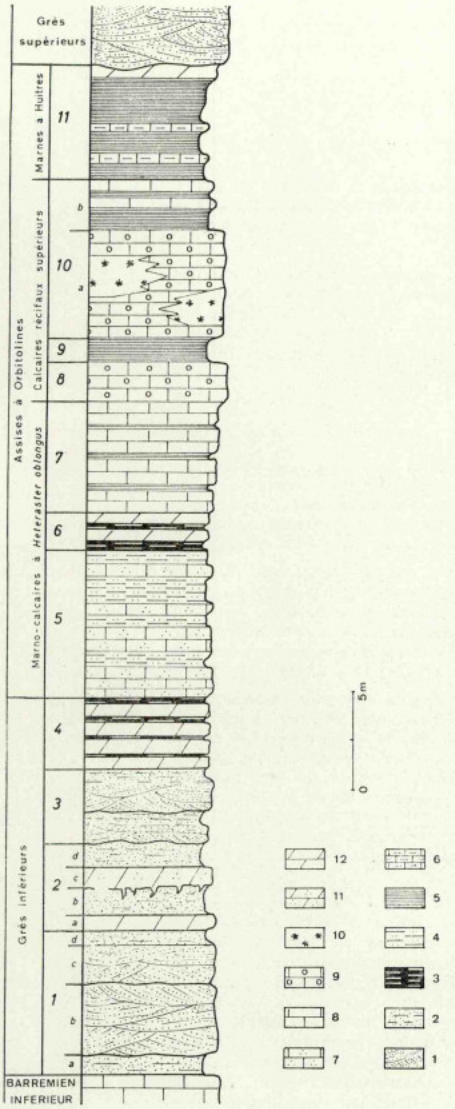


FIGURE 61. — *Coupe synthétique des «couches d'Almargem» d'Ericeira.*

1: grès à stratifications entrecroisées; 2: silts et grès à stratifications horizontales; 3: argiles; 4: marnes gréseuses; 5: marnes; 6: calcaires marneux; 7: calcaires gréseux; 8: calcaires microcristallins et cryptocristallins; 9: calcaires graveleux; 10: plages récifales recristallisées; 11: dolomies gréseuses; 12: dolomies.

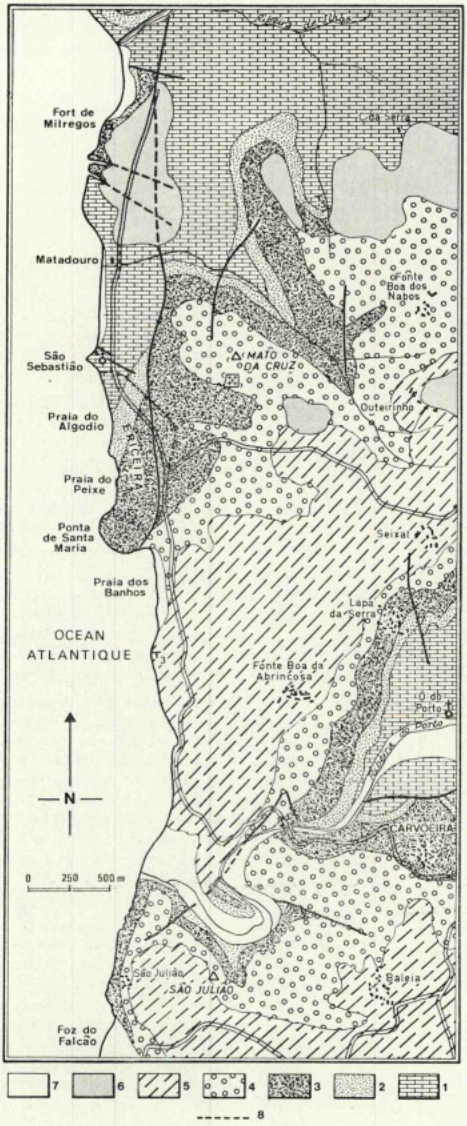


FIGURE 62. — *Carte géologique des environs d'Ericeira.*

1: Barrémien inférieur («calcaires et marnes à Choffatelles»); 2: Barrémien supérieur («grès d'Almargem inférieurs»); 3: Bédoulien («assises à Orbitolines»); 4: Gargasien («grès d'Almargem supérieurs»); 5: Cénomanien; 6: Tertiaire et Quaternaire ancien; 7: dépôts modernes; 8: limite de l'agglomération d'Ericeira.

Salenia mamillata COTTEAU, *Gonipygus peltatus* AG. var. *levis* nov. var. et *Tetragramma raulini* COTTEAU.

— Marnes à Huîtres

11. Au bord de route E.N. 247, au N du pont de Ribeira do Porto, apparaissent 6 m de marnes vertes ou jaunes, argileuses ou calcareuses, intercalées de minces dalles de calcaires grumeleux ou finement graveleux et, au sommet, d'un banc de dolomie cristalline. J'ai recueilli *Exogyra boussingaulti* (D'ORB.), *Ostrea* sp., Nérinées, moules de Gastéropodes et Lamellibranches, *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Miliolidae*, *Choffatella decipiens* SCHLUMB. Les bancs dolomitiques sont bien plus développés dans les affleurements de la colline de São Julião.
Au-dessus viennent le «grès supérieurs d'Almargem».

Du point de vue chronostratigraphique, cette coupe appelle plusieurs remarques:

— Les «grès inférieurs» contiennent ici une microflore caractéristique du Barrémien, confirmant la datation précédemment proposée.

— Les «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*» ont fourni, dès les bancs de base (niveau 5), *Cythereis bartensteini*, *Neocythere mertensis* et *Cytherella parallela*, Ostracodes du Bédoulien. Cette association n'était apparue dans la région de Cascais qu'à un niveau relativement élevé de l'unité. La mise en place des «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*» pourrait donc être plus tardive à Ericeira qu'aux environs de Cascais.

— Les termes supérieurs des «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*» et les «calcaires récifaux supérieurs» renferment une riche faune d'Echinides aptiens, tels *Salenia* aff. *prestensis*, *S. mamillata*, *S. grasi*, *Coenholectypus similis*, *Heteraster peroni*, *H.* aff. *pomeli* et *H. constrictus*.

— Les «marnes à Huîtres» possèdent, comme dans les contrés plus méridionales, l'association de *Choffatella decipiens* et de *Palorbitolina lenticularis*, indiquant un âge bédoulien.

Du point de vue sédimentologique, nous pouvons constater que les quatre grandes unités reconnues dans la région de Cascais se retrouvent ici sous des faciès très comparables:

— Les «grès inférieurs» correspondent à des décharges de chenaux fluviatiles ou estuariens alternant avec des accumulations de vasières littorales, supratidales. Il sont régressifs par rapport aux «calcaires et marnes à Choffatelles» sous-jacents.

Les «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*» sont riches en Codiacées et Chofatelles à la base; ils sont supratidaux et intertidaux; à la partie supérieure apparaissent des formations intertidales à subtidales, de bassin interne, propres à la vie des Orbitolines, Echinides et Brachiopodes. Une transgression s'amorce donc.

— Les «calcaires récifaux supérieurs» montrent l'instauration d'un régime pararécifal et illustrent ainsi un nouveau stade d'avancée du domaine marin. Deux ensembles à Madréporaires et Rudistes se succèdent, comme à Crismina.

— Les «marnes à Huîtres» auraient pu se former en milieu marin restreint.

Les mêmes fluctuations de la nappe d'eau peuvent être décelées à Crismina et à Ericeira, 27 km plus au N. Des conditions de sédimentation semblables régnaient sur ces deux contrées. Elles se traduisent par la mise en place de biofacès et lithofaciès identiques.

b) **Les variations de faciès à l'Est d'Ericeira**

Le couvert végétal relativement dense et les sols épais empêchent d'analyser les varitions de faciès des «couches d'Almargem» à l'E d'Ericeira avec autant de minutie que dans les régions de Cascais et de Belas. Quelques points d'observations permettent cependant de dégager les principaux changements *(fig.* 63).

A *Lapa da Serra,* 1500 m à l'E de la côte atlantique, les «grès inférieurs» ne sont plus constitués que de grès et argiles à stratifications entrecroisées. Les premiers niveaux des «marno-calcaires *à Heteraster oblongus*» s'enrichissent en matériel détritique. Les termes supérieurs de cette formation et la partie inférieure des «calcaires récifaux supérieurs» sont confondus; ils se composent tous deux de calcaires graveleux ou cryptocristallins à poches de dolomite. Une seule et mince assise pararécifale persiste, équivalent latéral du second niveau coralligène d'Ericeira.

Les «marnes à Huîtres» — qui présentent à Lapa da Serra les mêmes caractères par Brejo et Urzal, 3,5 km à l'E de l'Océan. Nulle évolution lithologique ne laissant prévoir le passage à des grès, il faut probablement attribuer cette lacune, comme dans les contrées plus méridionales, à des érosions postérieures à la sédimentation.

La série de *Monte Godel,* 5,5 km à l'E de la côte, matérialise une nouvelle étape de transformations.

COUPE DE MONTE GODEL Le versant W de la vallée du Rio Pequeno découvre, plongeant à 10° vers le SE et reposant sur les calcaires et dolomies du Barrémien inférieur:

Grès inférieurs

— Grès blancs, feldspathiques et micacés, en lentilles à stratifications entrecroisées intercalées d'argiles rouges (10 m environ).

Assises à Orbitolines

— Grès jaunes, fins ou grossiers, à matrice argileuse ou dolomitique, en bancs horizontaux intercalés d'argiles vertes, jaunes ou violacées (11,50 m).

— Calcaires jaunes ou bruns, à poches dolomitiques, alternant avec des marnes à Orbitolines, Térébratules et *Heteraster constrictus* FOURTAU (6 m).

— Calcaires jaune pâle, massifs, à gravelles et ciment microcristallin, renfermant des sections de Rudistes, *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Ammobaculites* sp., *Textulariidae, Miliolidae, Marinella Lugeoni* PFENDER (1,50 m).

A la suite de ce niveau viennent les «grès supérieurs».

Cette série peu épaisse, riche en grès, s'ordonne donc en une séquence nettement transgressive; seuls sont encore franchement marins les termes les plus élevés.

500 m plus à l'E, dans la butte de *Longo da Vila,* le banc de calcaire à Rudistes n'est plus identifiable, soi parce qu'il a été érodé avant le dépôt des «grès supérieurs», soit, plus probablement, parce qu'il est passé latéralement à la formation des calcaires bruns à poches de dolomie. Les «couches d'Almargem» se décomposent alors en 3 niveaux:

— un niveau inférieur de grès blancs et argiles à stratifications entrecroisées;

— un niveau médian de grès jaunes et argiles à stratifications horizontales;

— un niveau supérieur de calcaires gréseux bruns, à nodules dolomitiques, Orbitolines et Térébratules.

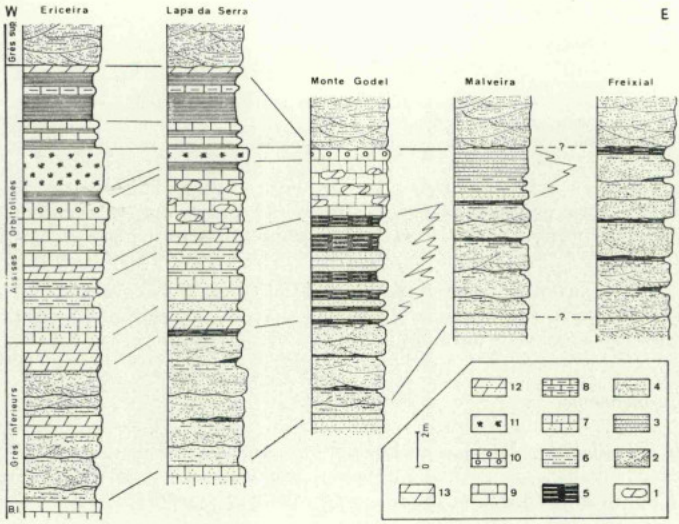


FIGURE 63. — *Les «couches d'Almargem» dans le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro. Schéma montrant les variations de faciès de l'W vers l'E, entre Ericeira et Freixial.*
1: poches dolomitiques; 2: grès à stratifications entrecroisées; 3: grès à stratifications horizontales; 4: silts; 5: argiles; 6: marnes gréseuses; 7: calcaires gréseux; 8: calcaires marneux; 9: calcaires microcristallins et cryptocristallins; 10: calcaires graveleux; 11: calcaires pararécifaux; 12: dolomies gréseuses; 13: dolomies.

C'est une telle succession que l'on voit au S et à l'E de Mafra, notamment sur la rive gauche du Rio Muchalforo (1 km au S de Mafra), au hameau de Boa Vista (2 km au SE de Mafra) et au lieu-dit «Ponte dos Clerigos» (2,5 km à l'ESE de Mafra).

La puissance décroît et l'ensablement s'accuse vers l'E, comme le démontre la coupe de *Malveira*.

COUPE DE MALVEIRA La route qui monte de Malveira à Avessada recoupe les «couches d'Almargem» 1700 m au S de Malveira, dans la vallée des Andorinhas, sur le versant E de la colline de Cabeço de Cerro. Le meilleur lieu d'analyse se situe le long d'un petit sentier empruntant la rive gauche du vallon. On reconnaît sur les argiles, marnes, grès fins et dolomies du Barrémien inférieur, plongeant à 5° vers le S:

Grès inférieurs

— Alternance de grès à stratifications entrecroisées, gris, jaunes ou blancs moyens ou grossiers, à galets et granules de quartz et de feldspath très altéré, à matrice argileuse, de silts gréseux gris clair à galets de quartz et d'argiles rouges ou gris bleuté à plaquettes durcies ocre. Les lentilles ont une épaisseur moyenne de 1 m. Les séquences élémentaires sont généralement positives. Les grès de la base des séquences, ravinant le terme argileux sousjacent, renferment des galets d'argile (11,50 m).

Assises à Orbitolines

— Grès jaunes à ciment calcaire, quartz anguleux et débris ligniteux, en bancs horizontaux alternant avec des marnes gréseuses jaunes. Quelques Orbitolines ont été recueillies (3 m).

— Grès fins blancs, micacés, en minces lits horizontaux à granules de quartz émoussés, sans grano-classement (3,50 m).

Les formations détritiques sus-jacentes appartiennent aux «grès supérieurs».

Ne persistent donc à Malveira que des grès à stratifications entrecroisées surmontés de grés fins jaunes et blancs. Ces derniers représentent certainement l'ensemble des «calcaires récifaux supérieurs», comme dans la région de Parada, 15 km plus au S.

Une série analogue apparaît 600 m au S du village d'Asseiceira Pequena (2 km à l'E de Montachique (par exemple à Freixial) que des grès et argiles à stratifications entrecroisées, apparemment fluviatiles.

c) **Conclusions**

Les «couches d'Almargem» du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro peuvent être aisément parallélisées avec les formations contemporaines de la périphérie du Massif de Sintra et du dôme de Brouco.

Les «grès inférieurs» sont, d'une manière générale, supralittoraux à Ericeira et fluviatiles plus à l'E. Il s'intègrent dans l'évolution régressive de l'Hauterivien et du Barrémien.

Les «assises à Orbitolines» s'ordonnent en une séquence majeure transgressive. Les «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*»passent latéralement vers l'E à des grès à stratifications horizontales puis entrecroisés; la limite entre la mer et le continent se placerait alors entre Mafra et Malveira. Les «calcaires récifaux supérieurs» se transforment à l'E de Mafra en des grès fins à Orbitolines, marins, connus jusqu'au méridien de Louza; ils constituent le témoin le plus oriental des assises marines d'Almargem. Les «marnes à Huîtres» disparaissent 3,5 km à l'E d'Ericeira, en raison semble-t-il d'érosions postérieures à leur dépôt.

Les composant lithologiques des différents niveaux et leurs évolutions horizontales et verticales son donc très comparables dans la région de Cascais-Brouco et dans la contrée plus septentrionale d'Ericeira-Malveira. De telles analogies pourraient s'expliquer par *une grande uniformité du bassin sédimentaire, régi en ses divers points par une dynamique semblable. Les lignes de rivage sont sensiblement orientées N-S.* On remarquera cependant que les bancs ou nodules de dolomie sont plus fréquents dans la région d'Ericeira-Malveira, en raison peut-être d'un moindre déversement d'eaux douces dans le bassin marin confiné.

C) *SERRA DA ARRÁBIDA*

Les «couches d'Almargem» de la Serra da Arrábida sont très imparfaitement connues. J'ai identifié les termes inférieurs sur la côte, près du signal de Foz, et relevé une série complète mais partiellement couverte au N d'Azoia, sur le flanc N de l'anticlinal du Cap Espichel. Examinons ces deux groupes d'affleurements.

b) Les grès inférieurs et les assises à Orbitolines de Foz

Deux lambeaux des «couches d'Almargem» ont été conservés au N du Cap Espichel *(fig.* 14). Le premier, situé 500 m au N de Boca do Chapim et à l'W de la maison d'Aguncheiras, ne comprend que les bancs de la base. Le second, plus important, retiendra notre attention; il recouvre le Barrémien inférieur au lieu-dit «Regatão», 30 m au SW de la plage de Seixalinho et 300 m à l'W du signal géodésique de Foz.

COUPE DE FOZ Les assises d'Almargem ont été conservées dans un compartiment effondré que limitent 2 failles SSE-NNW. Les couches plongent à 15° vers le NW et surplombent l'Océan de quelques mètres. Aux «calcaires à Rudistes de Boca do Chapim» décrits au chapitre précédent succèdent:

Grès inférieurs ou «grès de Regatão».

1. *a*) Argiles bleues ou violacées à granules de quartz émoussés, en contact brusque avec les niveaux encaissants (0,30 m).

b) Grès rouges, mal classés, à galets de quartz, en lentilles à stratifications entrecroisées, sans grano-classement apparent (2,50 m).

c) Silts argileux violacés, rouges ou blancs, intercalés de 2 bancs sub-horizontaux de grès fins à structure noduleuse (4,75 m).

2. *a*) Silts argileux blancs, jaunes ou violacés alternant avec des bancs onduleux de dolomies gréseuses, à nombreuses bioturbations. Les passages d'un terme à l'autre sont progressifs (1,90 m).

b) Calcaires dolomitiques ocre jaune formant 2 bancs onduleux, à bioturbations et très abondants Gastéropodes dont *Glauconia* sp. et *Ptygmatis astrachanicus* REHB. (1,20 m).

c) Silts gris foncé intercalés de nodules et bancs onduleux de calcaire dolomitique jaune à Gastéropodes et bioturbations, en séquences positives (2,50 m).

3. *a*) Silts argileux noirs, bleus, verts ou lie-de-vin, à débris ligniteux et lentilles de grès fins en stratifications entrecroisées (3,50 m).

b) Dolomies jaune verdâtre, à fins débris ligniteux, en un banc onduleux à structure noduleuse. Le passage avec l'assise du mur est progressif (0,40 m).

4. *a*) Grès fins blancs, homogènes, à quartz, feldspath altéré et muscovite, en lentilles séparées par des silts noirs argileux et gréseux. Le repos sur le niveau 3 *b* est brusque. Les «convolute-laminations» abondent (0,80 m).

b) Argiles jaunes, blanches ou verdâtres, offrant une évolution progressive avec l'assise sous-jacente (0,50 m).

c) Dolomies jaunes, en un blanc onduleux (0,50 m).

Assises à Orbitolines

5. Calcaires jaunes, grumeleux, microcristallins ou microclastiques, à quartz anguleux et très abondants débris bioclastiques hétérométriques, avec *Palorbitolina lenticularis* BLUM., *Choffatella decipiens* SCHLUMB., *Haplophragmoides* sp., *«Mayncina»* sp., Serpules, *Permocalculus* sp., *Boueina* sp. et *Cylindroporella* sp. Les stratifications sont onduleuses. Ce niveau, épais de 40 m environ, apparaît sur quelques m² à proximité de la côte. Il constitue le terme le plus récent des «couches d'Almargem» connu au N du Cap Espichel.

Les calcaires et marnes que baigne l'Océan au N de l'anse de Seixalinho, au-delà d'un accident injecté de roches éruptives, ont été rapportés par H. SEIFERT [1963] aux «couches d'Almargem». Or, elles renferment *Mesorbitolina texana* (ROEMER), *Neoirayia convexa* DAN., *Cyclolina* sp. et *«Trocholina» lenticularis* HENSON, association qui indique un âge albien terminal à Cénomanien. Il faut donc suivre l'opinion de CHOFFAT [1904] et de P. Y. BERTHOU [1971] et placer ces assises dans le «niveau à *Knemiceras uhligi*» du Bellasien transgressif sur les «couches d'Almargem».

Ainsi, la coupe de Foz se rapproche de la coupe de Crismina par ses caractères lithologiques et paléontologiques. Dans la formation des «grès inférieurs» essentiellement argileuse, finemente gréseuse et dolomitique s'insère un niveau plus calcareux fossilifère; le milieu de dépôt se situe probablement en zone supratidale. Les calcaires qui les surmontent correspondent à la base des «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*». Ils contiennent *Palorbitolina lenticularis* et sont riches en Codiacées et Lituolidés; ils marquent une transgression du domaine marin.

b) **Les grès inférieurs et les assises à Orbitolines au Nord d'Azoia**

J'ai repéré quelques niveaux représentant les «couches d'Almargem» 900 m au N du hameau de Corroios, 1 900 m à l'E de l'Atlantique.

On voit sur des «grès inférieurs» peu apparents, avec un pendage 12° NW:

— grès fins ocre, en bancs horizontaux (2,50 m);

— calcaires jaunes, compacts, microbréchiques ou graveleux, à ciment cristallin ou grumeleux, à Polypiers, radioles d'Oursins, Orbitolines, *Miliolidae*, *Textulariidae*, *Linoporella* sp., *Marinella lugeoni* PFENDER, *Bacinella irregularis* RAD., *Lithocodium aggregatum* ELLIOTT (1,50 m);

— marnes et calcaires noduleux, partiellement masqués (3 m), suivis des «grès supérieurs d'Almargem».

Il semble donc qu'un niveau pararécifal s'intercale dans les «assises à Orbitolines» de la Serra da Arrábida et que la succession relevée ne s'écarte guère des schémas décrits das les régions de Cascais et d'Ericeira.

Une autre coupe a été observée 1 750 m plus au NE, 1 000 m au N du hameau de Quintola; des passées gréseuses s'intercalent au sommet de la série. 100 m à l'E de ce point, les «grès supérieurs» paraissent recouvrir en discordance les «assises à Orbitolines». Je n'ai retrouvé au-delà, dans toute la partie orientale de la Serra da Arrábida, aucune intercalation calcaire qui puisse être rapportée aux «couches d'Almargem».

c) **Conclusions**

Les données recueillies sur le Barrémien supérieur et le Bédoulien de la Serra da Arrábida sont très fragmentaires. Tout au plus remarquerons-nous que les «couches d'Almargem» possèdent probablementla même composition que dans les domaines plus septentrionaux de Cascais et d'Ericeira. L'analyse comparée des faciès de la périphérie du Massif de Sintra, d'une part, et de la Serra da Arrábida, d'autre part, montrerait que les lignes isopiques s'infléchissent légèrement vers l'E au S du Tage.

D) *RÉCAPITULATION — MILIEUX DE DÉPOT*

Le Barrémien supérieur et le Bédoulien à intercalations marines occupent le pourtour du Massif de Sintra et du dôme de Brouco, la partie occidentale du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro et l'extrémité W de la Serra da Arrábida.

Le mouvement de régression des eaux qui avait pris naissance à l'Hauterivien s'achève au Barrémien supérieur par la mise en place des«grès inférieurs». Les dépôts sont littoraux — supratidaux et très localement intertidaux — à l'W d'une ligne passant par

Ericeira, Cabreira et le Signal de Foz (NNE du Cap Espichel). Les formations argileuses et gréseuses plus orientales pourraient être fluviatiles.

Lors du passage du Barrémien au Bédoulien s'amorce une nouvelle transgression marine qui se poursuit jusqu'à la fin du Bédoulien. Elle se manifeste dans les contrées occidentales par l'apparition successive de dépôts de milieu côtier, puis marin restreint («marno-calcaires à *Heteraster oblongus*») et, enfin, récifaux et perirécifaux («calcaires récifaux supérieurs»). A cette élévation relative du niveau de la mer correspond un déplacemment vers l'E des eaux qui conquièrent peu à peu la domaine précédemment occupé par les plaines alluviales: la ligne de rivage atteint les régions de Louza et Caneças au N et au centre du bassin sédimentaire.

Les «marnes à Huîtres» de la fin du Bédoulien pourraient témoigner d'une ultime avancée de la mer et d'un exhaussement de la surface sédimentaire mais elles ont été partiellement décapées par des érosions avant le dépôt des «grès supérieurs».

La répartition des faciès appelle deux remarques principales:

— Les successions horizontales et verticales des différents niveaux son identiques au N (région d'Ericeira, Mafra, Malveira), au centre (région de Cascais, Brouco, Caneças) et, probablement, au S (Serra da Arrábida) du bassin: le milieu de dépôt était semblable dans tous les points qui étaient situés à égale distance de la côte. *La surface de sédimentation, apparemment plane, s'élevait lentement et progressivement vers l'E.*

— Les formations carbonatées passent généralement vers l'E à des formations détritiques: *la composition des sédiments du Barrémien supérieur et du Bédoulien est la résultante d'une dualité entre phases terrigènes et organogènes dans une période à tendances érosives prédominantes sur les aires émergées.*

3.° LES GRÈS SUPÉRIEURS

A) *LA SUCCESSION STRATIGRAPHIQUE. DESCRIPTION D'UNE SÉRIE DE RÉFÉRENCE*

La région d'Algueirão, Rinchoa et Rio de Mouro, à l'ensellement de la ride du Massif de Sintra et du dôme de Brouco, est très favorable à l'exament des «grès supérieurs d'Almargem» et au relevé d'une succession de référence. Parmi les affleurements se prêtant à un examen stratigraphique approfondi, je retiendrai:

— *la coupe de Rinchoa.* Les «couches d'Almargem» se ploient au SE de l'agglomération de Rinchoa en un brachysynclinal aux flancs peu accusés (*fig.* 58). Une coupe a été récemment mise à jour sur le versant SW du pli grâce à la construction d'une nouvelle voie goudronnée, 200 m à l'E de la route E. N. 250.1, 250 m au N de la gare de Rio de Mouro. Sur le front du talus apparaissent les termes de base des «grès supérieurs», plongeant à 5° vers le NE;

— *la coupe de Parada.* Elle se situe 1 250 m au S la section précédente, sur le versant SW de la colline de Parada, de long de la route E. N. 249. Les «grès supérieurs» font suite aux «grès inférieurs» et aux «assises à Orbitolines» précédemment décrits. Les niveaux les plus élevés de la formaiton, à pendage de 25° SSE, bien dégagés, retiendront particulièrement notre attention.

Examinons la succession stratigraphique des «grès supérieurs», telle qu'elle ressort de l'analyse de ces deux coupes (*fig.* 64).

COUPE DE RINCHOA Au-dessus des «marnes à Huîtres» et d'une lacune d'observation épaisse de 1,50 m viennent :

1. Silts grisâtres et violacés, à structures noduleuses et plans de stratification horizontaux (1,20 m).

2. Argiles vertes et violacées passant progressivement vers le haut à des silts gris et verdâtres puis à des grès fins gris clair et ocre (1,30 m).

3. Grès fins jaune clair, à quartz et muscovite, intercalés de silts gris et verdâtres; le niveau se termine par un lit d'argile verte et violacée. Les passages d'un terme à l'autre sont progressifs. Les stratifications sont horizontales (1,20 m).

4. Grès fins jaunes ou gris, micacés, horizontaux, limités à leur base par une croûte ferrugineuse et évoluant au sommet vers un silt brun (0,40 m).

5. Grès fins jaunes, en un banc horizontal, à très nombreux nodules et croûtes de limonite (0,20 m).

6. Silts noirs, ligniteux, passant vers le haut à un grès gris foncé, à ciment ligniteux, quartz et feldspaths altérés, stratifications horizontales (0,30 m).

7. Grès fins jaunes ou gris, à débris ligniteux, quartz et feldspaths altérés, limités à leur base par une croûte ferrugineuse discontinue et formant un banc horizontal. La teneur de la matrice argileuse décroît de la base au sommet (0,50 m).

8. Grès fins gris se transformant en un silt puis en une argile gris foncé (0,30 m).

9. Grès ligniteux et feldspathiques, à grain moyen, en laminae onduleux, s'affinant à la partie supérieure du niveau pour donner un grès fin, puis un silt et enfin une argile ligniteuse gris foncé (0,90 m).

10. Grès blancs, massifs, à stratifications entrecroisées, sans grano-classement apparent ou bien, plus rarement, disposés en séquences élémentaires positives. Des galets de quartz tapissent la base de certaines lentilles, sont dispersés dans la masse du grès ou condensés dans divers bancs pour former de véritables conglomérats. Le ciment est argileux, blanc. Les éléments sont essentiellement siliceux; le feldspath, relativement abondant, est extrêmement altéré (niveau visible sur 3,50 m).

COUPE DE PARADA Aux «marnes à Huîtres» succèdent:

1. Grès fins blancs, en 2 bancs à stratifications internes entrecroisées. La surface inférieure, très irrégulière, s'enfonce en chenaux dans les marnes sous-jacentes. La matrice argileuse lie des grains de quartz et quelques galets de quartz et de lydienne. D'une manière générale, le grain s'affine au haut de chaque banc. Les 5 cm terminaux sont indurés et rubéfiés (1,50 m).

2. Argiles silteuses grises ou violacées, en un banc horizontal onduleux, passant vers le haut à un grès très fin, blanc (1,40 m).

3. Grès grossiers et conglomérats, blancs ou gris, en lentilles à stratifications entrecroisées. Quartz et feldspaths très altérés sont soudés par un ciment argileux. Les galets de quartz sont condensés dans certaines lentilles et composent un conglomérat à matrice gréseuse. Aucune polarité n'a été relevée. Ce niveau apparaît de façon discontinue mais le recensement de tous les affeurements voisins laisse supposer qu'il ne diffère guère d'un point à l'autre. Sa puissance peut être évaluée à 12 m.

4. Silts micacés gris bleuté (1 m).

5. Grès fins ocre, en un banc horizontal (0,40 m).

— Lacune d'observation, correspondant peut-être à un niveau d'argile bleutée (3 m).

6. Grès fins blancs, riches en feldspaths altérés, à stratifications internes entrecroisées (2 m).

7. Argiles silteuses gris bleuté limitées par une croûte limoniteuse à la base et passant vers le haut à un grès fin à éléments de quartz, feldspaths altéré et débris ligniteux (1,40 m).

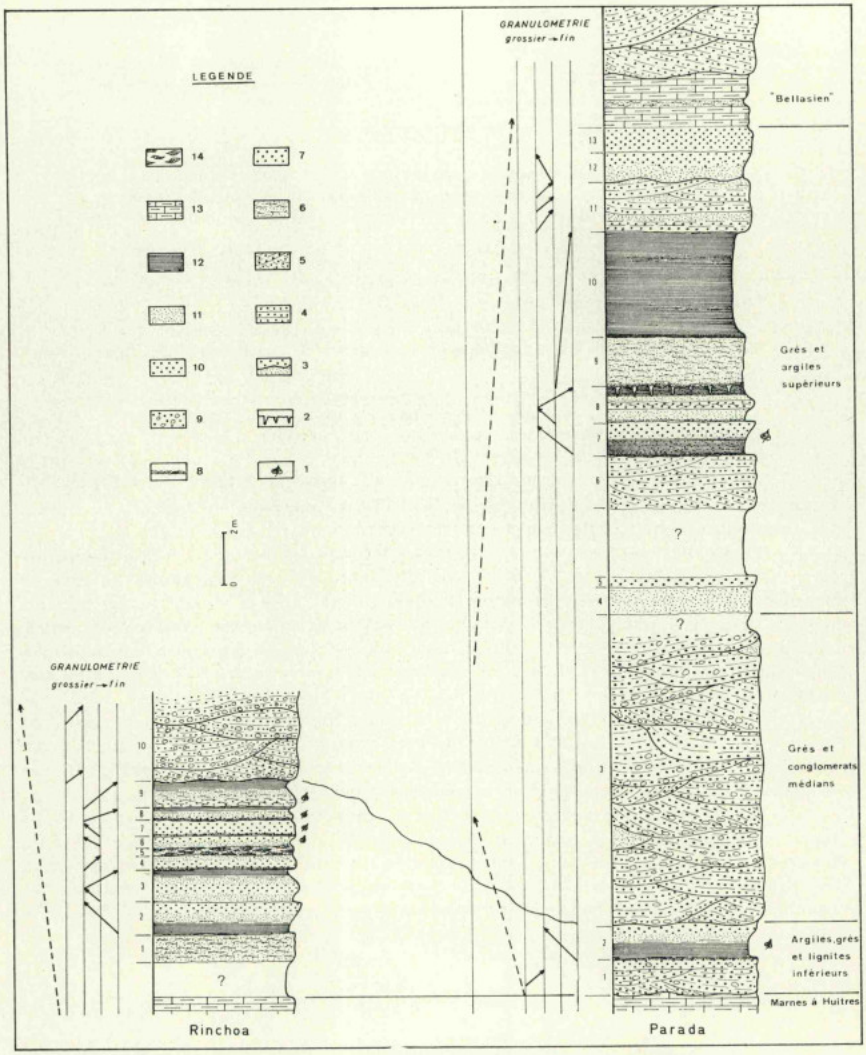


FIGURE 64. — *Les «grès supérieurs d'Almargem». Coupes de Rinchoa et de Parada.*
1 : débris ligniteux; 2 : rhizoconcrétions; 3 : surfaces de ravinement; 4 : stratifications horizontales; 5 : stratifications entrecroisées; 6 : structures noduleuses; 7 : stratifications non visibles; 8 : surfaces rubéfiées; 9 : grès à galets; 10 : grès fins à grossiers; 11 : silts; 12 : argiles; 13 : calcaires marneux; 14 : nodules de limonite.

8. Silts gris bleuté intercalés d'un banc horizontal de 0,30 m de grès fins gris à quartz et muscovite, à structures noduleuses. Une croûte ferrugineuse marque la base du niveau. Au sommet se développe une argile gris bleuté traversée de «rhizoconcrétions» longues de 5 cm, remplies de grès fins (1,50 m).

9. Silts gris bleuté, noduleux, en lits horizontaux onduleux intercalés de passées de grès silteux, quartzeux, feldspathiques et micacés, sans grano-classement apparent, présentant un encroûtement limoniteux à la base (2 m).

10. Argiles violacées homogènes sans stratifications internes visibles, indurées et rubéfiées à la base (4 m).

11. Grès blancs à stratifications horizontales à la base, entrecroisées au-dessus. Chaque banc débute par un microconglomérat, se poursuit par un grès grossier et se termine par un grès fin. Aux éléments de quartz se joignent de la muscovite et du feldspath altéré (2 m).

12. Silts violacés et gris bleuté, devenant plus grossiers vers le haut et passant à des grès fins blancs quartzeux, feldspathiques et micacés. Le niveau, lenticulaire, ravine l'assise sous-jacente (1 m).

13. Grès blancs à jaunâtres, mal classés, à éléments de quartz, feldspath altéré, muscovite et limonite, en un banc subhorizontal sans stratifications internes apparents (1 m).

— Calcaires marneux à Huîtres (2 m), représentant la première assise du «Bellasien», surmontés par 10 m de grès lenticulaires à stratifications entrecroisées et séquences élémentaires positives, succède une série carbonatée marine.

L'examen de ces deux séries montre que les «grès supérieurs d'Almargem» — compris entre les «marnes à Huîtres» et les calcaires marneux «bellasiens» — peuvent être décomposés en 3 unités sédimentaires superposées :

— l'unité des «*argiles, grès et lignites inférieurs*» (niveaux 1 à 9 de Rinchoa, niveaux 1 et 2 de Parada). Elle est formée d'une alternance de grés fins jaunes ou gris, de silts et d'argiles versicolores. Les débris ligniteux abondent. Aux stratifications horizontales et structures noduleuses prédominantes s'ajoutent quelques lentiles à stratifications internes entrecroisées. Les composants lithologiques se groupent en séquences élémentaires négatives ou positives. La puissance est très variable, de 7,80 m à Rinchoa, de 2,90 m à Parada;

— l'unité des «*grès et conglomérats médians*» (niveau 10 de Rinchoa, niveau 3 de Parada). Elle ravine l'unité sous-jacente. Les grès grossiers et conglomérats qui la constituen sont blancs, massifs, et s'agencent en lentilles à stratifications entrecroisées. Les éléments de feldspath sont très altérés. L'épaisseur peut être évaluée à 12 m.

— l'unité des «*grès et argiles supérieurs*» (niveaux 4 à 13 de Parada). Des grès blancs ou jaunes, riches en feldspaths altérés, sont intercalés de silts bleutés et d'argiles violacées. Les stratifications sont généralement horizontales mais quelques passées à stratifications entrecroisées et surfaces de ravinement s'insèrent dans la formation. Des structures noduleuses et «rhizoconcrétions» marquent certains niveaux. La puissance de l'unité est de 19,30 m.

B) *LES VARIATIONS DE FACIÈS ET LES MILIEUX DE DÉPOT*

Examinons successivement pour chacune des 3 unités sédimentaires les caractères généraux et les modifications horizontales majeures à la périphérie du massif de Sintra et du dôme de Brouco (*fig. 65*), ainsi que dans la partie occidentale du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro. La portion W de la Serra da Arrábida, dépourvue de bons affleurements, n'a pu se prêter à des observations détaillées.

a) **Les argiles, grès et lignites inférieurs**

A l'E d'une ligne passant par Malveira et Belas, cette unité est absente. Ainsi, les coupes d'Avessada, Louza, Caneças, A da Beja et de la Quinta da Agua Livre montrent les «grès et conglomérats médians» reposant directement sur les «marnes à Huîtres» ou sur les grès fins à Orbitolines des assises marines d'Almargem. Ces lacunes doivent être mises en parallèle avec les lacunes qui, dans les mêmes contrées, affectent les «marnes à Huîtres». Elles pourraient toutes provenir d'érosions post-sédimentaires.

Les «argiles, grès et lignites inférieurs» apparaissent au N de Belas et se développent vers l'W, dans la région de Rio de Mouro et d'Algueirão. Les puissances varient fortement d'un point à l'autre. La coupe de Rinchoa nous a fourni une bonne illustration des faciès rencontrés: alternance en bancs horizontaux d'argiles, de silts et de grès fins, riches en débris ligniteux, avec quelques structures noduleuses, organisés en séquences souvent négatives, parfois positives. Dans certains affleurements (à Parada par exemple) s'intercalent des lentilles de grès grossiers et de microconglomérats à stratifications entrecroisées et séquences positives. De tels caractères permettent d'imaginer un dépôt en milieu calme, sous tranche d'eau relativement permanente, lac ou lagune. Les séquences de décantation (négatives), dues à une sédimentation par gravité sous la nappe d'eau, seraient épisodiquement remplacées par des séquences d'inondation (positives), crées par l'arrivée de décharges fluviatiles chenalisées [L. YAPAUDJIAN, 1970].

L'unité s'épaissit vers l'W, tandis que ses constituants s'affinent, comme le montre la coupe de Cabreiro, 11 km à l'WSW de Rinchoa.

COUPE DE CABREIRO Cette formation a donné lieu à de petites exploitations de lignite au NW des dernières maisons du village; on a, plongeant à 50° vers le SSE, de bas en haut:

1. Argiles blanches et violacées, peu apparentes, reposant sur les «marnes à Huîtres» (2 m).

2. Grès jaune pâle, en bancs horizontaux onduleux alternativement fins et grossiers, à éléments de quartz émoussés et matrice argileuse blanche, ordonnés en séquences négatives (1 m).

3. Silts argileux blancs, jaunes, bruns, rosés ou violacés, intercalés de silts gréseux à quartz émoussés et patinés, en bancs horizontaux onduleux et structures noduleuses. Les séquences élémentaires sont négatives. La surface supérieure du dernier banc est rubéfiée (5 m).

4. Silts argileux noirs, ligniteux, à filons de charbon et nombreuses empreintes de végétaux (5 m).

5. Grès blancs, mal classés, moyens ou grossiers, à ciment argileux, quartz anguleux et rares feldspaths très altérés, formant 3 bancs subhorizontaux épais de 0,50 à 0,80 m. Les stratifications internes sont entrecroisées et les microséquences positives. Des «load-casts» apparaissent à la base d'un banc. Les grès passent à la partie supérieure du niveau à 0,80 m de grès fins et silts gréseux en minces dalles à plans de stratification soulignés par de la muscovite et des débris végétaux. Les surfaces des feuillets montrent des pistes de Vers et des rides symétriques (1,60 m).

On voit donc qu'en s'éloignant des contrées orientales les termes argileux et silteux prennent un grand développement, les lignites abondent, les sédiments s'agencent essentiellement en séquences négatives, de décantation. La zone d'apport en produits détritiques paraît donc plus lointaine. En l'absence de tout reste organique marin, on

peut supposer que la sédimentation s'est produite dans une lagune bordière très dessalée, dépourvue de courants unidirectionnels importants.

Aux confins occidentaux de notre domaine d'étude, près des rives actuelles de l'Atlantique, l'unité des «argiles, grès et lignites inférieurs» subit d'importantes modifications: sa puissance décroît; elle n'est plus que de 0,20 m à Crismina. Par ailleurs, des passées détritiques grossières s'intercalent dans la série.

COUPE DE COBRE 400 m au N du village de Cobre, les «assises à Orbitolines» sont surmontées par:

2. Grès fins et microconglomérats, en lentilles à stratifications entrecroisées. Les séquences élémentaires sont positives, les microconglomérats occupant la base des lentilles, les grès fins le sommet (2 m).

3. Grès fins et moyens, jaunes ou bancs, en 3 bancs horizontaux onduleux, à éléments uniquement siliceux, à bioturbations et surfaces de stratification rubéfiées, sans polarités visibles (0,60 m).

4. Silts blancs à violacés (0,40 m).

5. Grès fins, jaune pâle, massifs, en lentilles à stratifications entrecroisées, intercalés de lentilles de grès grossiers. Quartz et rares feldspaths altérés sont liés par une matrice argileuse. Le niveau s'ordonne en une séquence positive car il se termine par 0,30 m de silts rosés à gris bleuté (2,20 m).

6. Grès fins ou grossiers, blancs, en lentilles à stratifications entrecroisées, à séquences élémentaires négatives, à surface inférieure pourvue de nombreaux «load-casts» (2,40 m).

C'est une formation semblable que l'on observe à Praia Grande et à Ericeira.

Ainsi, des niveaux de grès grossiers et de microconglomérats apparaissent dans les affleurements les plus occidentaux. Les sédiments détritiques s'agencent en séquences positives d'inondation; ils ont été apportés par des courants chenalisés; ils correspondent soit à des dépôts de chenaux de marées — l'aire de sédimentation se rapprochant alors vers l'W du domaine marin et passant du milieu lagunaire au milieu de marais maritime —, soit à des dépôts fluviatiles — provenant de reliefs plus occidentaux qui ne pourrait être situé qu'à l'emplacement actuel de l'Atlantique. Je retiendrai plutôt cette deuxième hypothèse car toutes les directions des stratifications entrecroisées montrent que les courants descendaient du NW; ils paraissent unidirectionnels — comme les courants fluviatiles — et non bidirectionnels — comme les courants de marées.

* *
*

En résumé, *l'unité des «argiles, grès et lignites inférieures» illustreait la mise en place dans le bassin sédimentaire d'une vaste lagune bordière dessalée* à dépôts de décantation prédominants. Cette formation succède aux «marnes à Huîtres» accumulées en milieu marin subtidal. *Un brusque retrait de la mer a donc précédé son élaboration.* Tandis que le centre du bassin est le théâtre d'une sédimentation fine et puissante, de milieu calme, de «faible énergie», les marges orientale et occidentale sont caractérisées par des réductions d'épaisseur et par des décharges détritiques plus grossières apportées par des courants de «haute énergie», ainsi que par l'intercalation de séquences positives d'inondation. De tels faits pourraient s'expliquer par une *sédimentation dans les zones de bordure de la lagune* et par une approche — tant à l'W qu'à l'E — du milieu fluviatile.

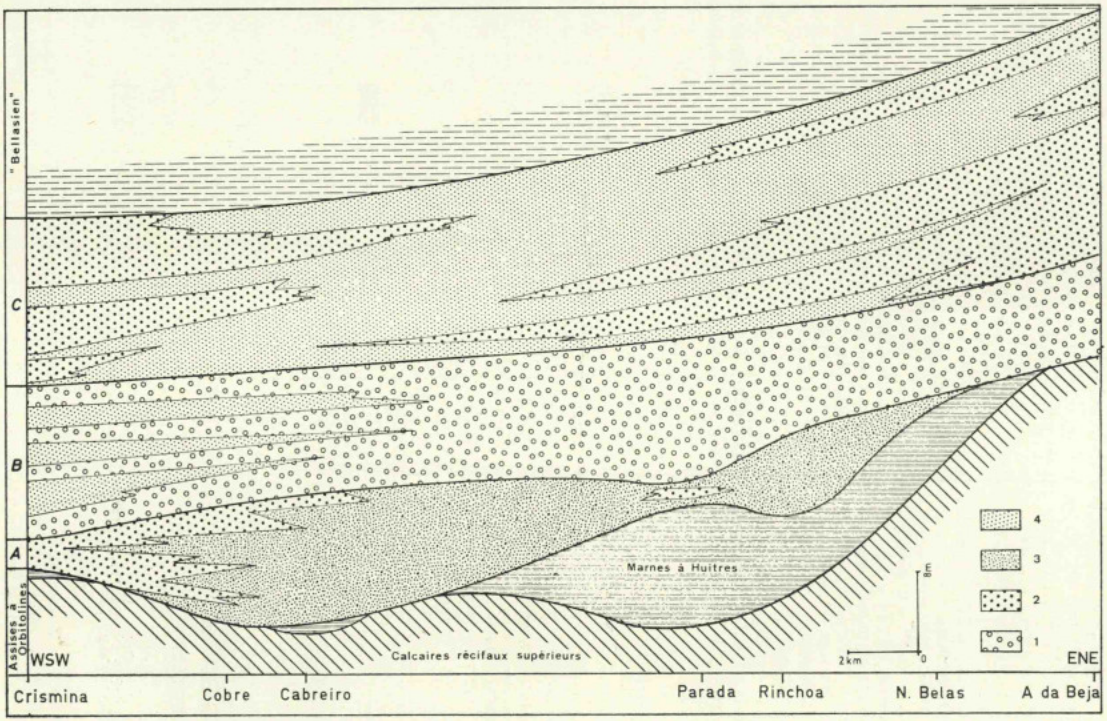


FIGURE 65. — *Les variations de faciès des «grès supérieurs d'Almargem» au S du massif de Sintra et du dôme de Brouco.*
1: grès à galets de l'unité des «grès et conglomérats médians»; 2: grès grossiers; 3: grès fins et argiles des «argiles, grès et lignites inférieurs»; 4: grès fins et argiles des «grès et conglomérats médians» et des «grès et argiles supérieurs».
A: «argiles, grès et lignites inférieurs»; *B:* «grès et conglomérats médians»; *C:* «grès et argiles supérieurs».

b) Les grès et conglomérats médians

A l'E d'une ligne passant par Malveira et Sintra l'unité se compose presque exclusivement de conglomérats, de microconglomérats et de grès grossiers, en lentilles se ravinant les unes les autres, sans aucun grano-classement. Leur puissance est de 10 à 12 m. Je citerai parmi les affleurements les plus représentatifs de ce type de dépôts les formations de Louza, Monfirre, Caneças, A-da-Beja, Rinchoa, Parada et Belas.

Diverses petites carrières entaillent les «grès et conglomérats médians» 1500 m au N de Belas, une centaine de mètres à l'W de la route E.N. 117 allant de Belas à Sabugo. Des grès blancs, moyen ou grossiers, à matrice argileuse peu développée, à quartz anguleux et rares feldspaths très altérés, s'ordonnent en lentilles épaisses de 0,50 à 1 m, à stratifications entrecroisées (*fig.* 66). La plupart des bancs renferment des galets de quartz peu émoussés jalonnant la base des lentilles ou dispersés sur toute l'épaisseur des grès. Quelques passées de grès fins et de silts sont intercalées. Aucune séquence élémentaire ne peut être définie. Les ravinements sont intenses et des galets de silts s'observent localement à la base des bancs.

De tels caractères permettent d'imaginer des dépôts fluviatiles. Les sédiments ont été transportés par des courants rapides, de forte compétence, à affinités torrentielles.

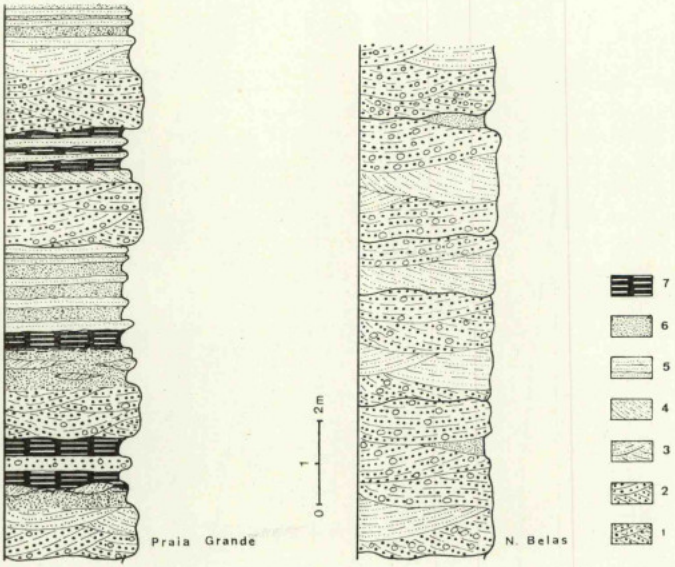


FIGURA 66 — *L'architecture des «grès et conglomérats médians» à Praia Grande et au N de Belas.*

1: grès à galets en stratifications entrecroisées; 2: grès grossiers en stratifications entrecroisées; 3: grès fins en stratifications entrecroisées; 4: grès fins en stratifications obliques; 5: grès en stratifications horizontales; 6: silts; 7: argiles.

Dans la partie occidentale du domaine étudié, à Cabreiro, Cobre, Crismina, Praia Grande et Ericeira, les passées conglomératiques sont plus rares; le matériel est moins grossier; des intercalations plus fines, argileuses et silteuses, prennent place dans la série; les divers composant lithologiques forment alors des séquences positives. L'ensemble de l'unité possède une épaisseur de 12 à 15 m.

COUPE DE PRAIA GRANDE — La succession de Praia Grande do Rodisio reflète parfaitement les traits distinctifs relevés dans tous les affleurements du domaine occidental. Sur les «argiles, grès et lignites inférieurs» viennent (*fig.* 66):

1. Microconglomérats et grès blancs, grossiers, en lentilles à stratifications entrecroisées, à matrice argilo-silteuse et galets de quartz, passant vers le haut à des silts gréseux puis argileux, violacés à blancs, traversés d'épandages de grès fins à stratifications entrecroisées, et enfin à des argiles blanches à muscovite intercalées d'un lit de grès grossier (3 m).

2. *a*) Grès grossiers, blancs, à ciment argileux réduit, à matériel siliceux, en lentilles à stratifications entrecroisées, ravinant le niveau sous-jacent. Des galets de quartz sont dispersés dans la masse du grès ou tapissent la base des lentilles. La partie supérieure du niveau se compose de silts gréseux à débris ligniteux, à galets de quartz, emballant des lentilles de grès fins blancs à stratifications obliques, puis, au sommet, à des silts argileux gris et violacés (2,60 m).

b) Silts argileux jaunes et violacés intercalés de bancs horizontaux onduleux de grès fins jaunes à feldspaths altérés et d'argiles grises à débris ligniteux (2,10 m).

3. *a*) Grès grossiers blancs à ciment argileux, quartz et feldspaths très altérés, à galets de quartz dispersés dans la masse du grès ou condensés à la base des bancs, en lentilles à stratifications entrecroisées (1,50 m).

b) Grès fins ou ocre, en lentilles à stratifications obliques ou entrecroisées à la base, en bancs horizontaux onduleux au-dessus, alternant avec des argiles silteuses grises à débris ligniteux (1,20 m).

4. Grès grossiers blancs à matrice argileuse, grains et galets de quartz, lenticulaires, à stratifications entrecroisées, surmontés de grès fins, gris clair, micacés, en bancs horizontaux onduleux séparés par de minces lits de silts gréseux à lignite (3 m).

Les sédiments s'organisent donc dans cette coupe en 4 séquences élémentaires positives d'inondation avec, à la base de chacune, des accumulations de lit mineur (grès grossiers à stratifications entrecroisées) surmontées de dépôts de levée naturelle (grès fins à stratifications obliques) et de plaine d'inondation (grès fins, silts et argiles en bancs horizontaux). Je pense donc que la sédimentation s'est effectuée dans une plaine alluviale drainée par des rivières à chenaux divagants d'énergie relativement faible.

*
* *

En conclusion, l'ensemble des «grès et conglomérats médians» se différencie des autres unités par un certain nombre de caractères communs sur tout le domaine étudié: teinte claire, matrice argileuse blanche, feldspaths très rares et altérés, galets de quartz abondants. Il se serait formé par *décharges fluviatiles*. Succédant aux dépôts lagunaires de l'unité inférieure, il matérialise un *nouveau stade de régression du domaine marin*. L'exhaussement relatif des reliefs soumis au démantèlement s'accompagne d'une activation de l'érosion et d'un accroissement de la puissance des cours d'eau. L'énergie des courants diminue de l'E vers l'W tandis que le granoclassement s'améliore dans chaque séquence; ces faits prouvent que la partie amont des rivières se trouvait

vers l'E, la partie aval vers l'W; *le bassin de sédimentation était exclusivement alimenté par un domaine d'érosion oriental.*

c) **Les grès et argiles supérieurs**

Trois faciès principaux ont été distingués.

— A l'E d'une ligne passant par Belas et Venda do Pinheiro (notamment à Louza, Caneças, Monfirre, A-da-Beja, Água Livre et Belas) l'unité, épaisse de 20 à 30 m, présente d'abondantes passées de grès moyens et grossiers, blancs, jaunes ou ocre, à matrice argileuse et feldspaths très altérés, à galets de quartz versicolores et de lydienne, en lentilles à stratifications entrecroisées. J'ai aussi reconnu quelques niveaux de grès fins blancs, quartzeux et micacés, à ciment argileux, lenticulaires, de silts gréseux subhorizontaux à feuillets ligniteux et de silts et argiles bleutés, blancs ou rouges.

Ce sont les fines intercalations silteuses grises de ce niveau qui contiennent de nombreuses empreintes de végétaux à la chapelle de São Mamede (près de la Quinta de Água Livre), dans le domaine de Fonte Santa et au N de Belas. C. TEIXEIRA [1948] a notamment cité *Brachyphyllum obesum* HEER, *Sphenolepis kurriana* [DUNK.], *Frenelopsis hohenneggeri* [ETT.], *Almargemia dentata* [HEER], *Laccopteris pulchella* HEER, *Acrostichopteris nervosa* [HEER], *Desmiophyllum latifolium* [HEER], *Sphenopteris mantelli* BRONGN.

Toutes les séquences élémentaires relevées sont positives. Par ailleurs, lec niveaux détritiques grossiers prédominent à la base de la formation, les détritiques fins au sommet. L'ensemble de l'unité présente donc une polarité positive. On peut interpréter les «grès et argiles supérieurs» comme résultant de l'instauration progressive d'un régime de plaine d'inondation faisant suite à la phase de décharges fluviatiles grossières des «grès et conglomérats médians». Ils traduisent un abaissement de l'énergie des courants probablement lié au comblement du bassin sédimentaire demeuré stable, à une diminution des pentes et à l'alourdissement des reliefs soumis à l'érosion. Cette contrée, relativement proche des zones d'apport, est cependant encore parcourue de chenaux répandant épisodiquement un matériel détritique grossier.

— A l'W de la ligne passant par Belas - Venda do Pinheiro et jusqu'au méridien de Sintra, les intercalations de grès grossiers à stratifications entrecroisées deviennent moins nombreuses. Les sédiments fins (grès fins, silts, argiles), en stratifications horizontales, à structures noduleuses et «rhizoconcrétions», prédominent. Les séquences de décantation alternent avec des séquences positives d'inondation. La coupe de Parada nous a fourni un exemple très caractéristique de ce faciès. Je citerai aussi la série d'Avessada, 2 km au S de Malveira, riche en intercalations ligniteuses. La puissance de l'unité est de l'ordre de 20 m. Les produits terrigènes apportés par des courants de faible puissance s'accumulent en milieu calme, dans une plaine de sédimentation recouverte de flaques d'eau locales et temporaires susceptibles de favoriser les dépôts par décantation.

— A l'W du méridien de Sintra, la granulométrie, la composition et l'architecture des dépôts subissent d'importantes modifications, comme le montre la série de Crismina.

COUPE DE CISMINA — Les «grès et conglomérats médians», plongeant à 25° vers le N, sont surmontés par:

1. Grès moyens, grossiers et conglomératiques, blancs ou gris, à ciment argileux, à éléments de quartz et de feldspath; ce dernier minéral est abondant, très faiblement altéré. Les galets de quartz, relativement rares, jalonnent la base des lentilles. Quelques passées de grès fins ou de silts à débris ligniteux sont intercalées. Ces divers termes forment des lentilles épaisses de 0,20 à 0,60 m à stratifications entrecroisées très apparentes dans les passées grossières; toutes indiquent des courants allant du NNW vers le SSE. L'agencement en séquences positives est extrêmement net (6,20 m).

— Lacune d'observation (6 m).

2. Argile silteuse violacée intercalée d'un banc subhorizontal de grès grossier jaunâtre très riche en feldspaths bien conservés, à quartz anguleux (2,90 m).

3. Grès jaunes ou gris clair, à matrice argileuse, quartz, feldspath abondant et très peu altéré, disposés en 2 lentilles épaisses de 0,70 m, grossiers et microconglomératiques à la base de chaque banc, fins au sommet et passant dans la lentille supérieure à un silt argileux violacé (1,40 m). Ce niveau est surmonté par les grès calcareux et calcaires gréseux à Ostréidés du «Bellasien».

J'ai reconnu des successions semblables à Cobre, Cabreiro, Praia Grande et Ericeira. Les caractères généraux suivants ont été dégagés: les passées détritiques grossières, à stratifications entrecroisées, prennent un grand développement dans une série peu épaisse (10 à 15 m); toutes les séquences élémentaires montrent une polarité positive; les feldspaths bien conservés et faiblement usés abondent; toutes les directions de courants indiquent un écoulement des eaux du NW et de l'W vers le SE et l'E. Ces données ne peuvent s'expliquer qu'en imaginant un apport en produits détritiques à partir de contrées émergées proches situées au large du rivage actuel de l'Atlantique. La mise en place des «grès et argiles supérieurs» pourrait coïncider avec un ravinement de reliefs occidentaux, zones d'alimentation en matériel terrigène transporté vers le SE et l'E et se sédimentant sur les bordures occidentales de la plaine d'inondation.

* *
* *

En conclusion, le dépôt des «grès et argiles supérieurs» marque une *atténuation de la puissance d'érosion et de transport des cours d'eau* par suite du remblayage de la plate-forme de sédimentation. Les sédiments fluviatiles s'accumulent dans une *plaine d'inondation* baignée de quelques flaques d'eau et drainée par des chenaux anastomosés. *Deux aires d'apports se manifestent alors: une aire orientale* fournissant la majeure partie du matériel, aux feldspaths altérés accompagnés de galets de lydienne; *une aire occidentale* alimentant les marges W du bassin sédimentaire et apportant de nombreux minéraux feldspathiques très faiblement altérés.

C) *L'AGE DES GRÈS SUPÉRIEURS*

Parmi les nombreux prélèvements effectués, deux ont fourni une microflore bien conservée.

Le premier gisement appartient à l'unité des «argiles, grès et lignites inférieurs». Il se situe à Cabreiro. J'ai recueilli dans un niveau d'argile noire à lignite *Trilobosporites phlebopteroides* [COUPER], *T. apiverrucatus* COUPER, *T. trioreticulosus* COOK. et DETT., *Concavissimisporites variverrucatus* [COUPER], *C. punctatus* [DEL. et SPRUM.], *Staplinisporites caminus* [BALME], *Biretisporites potoniai* DEL. et SPRUM., *Aequitri-*

radites spinulosus COOK. et DETT., *Plicatella stylosa* TAUG., *Cicatricosisporites pseudotripartitus* DETTMAN, *Applanopsis segmentatus* [BALME], *Rouseisporites laevigatus* POCOCK, *Rotverrusisporites tenuis* DÖRING, *Schizosporites reticulatus* COOK. et DETT., *Inaperturopollenites* sp. Une telle association indiquerait un âge aptien, probablement aptien supérieur.

Le second gisement se place dans les «grès et argiles supérieurs», une dizaine de mètres sous le «Bellasien». J'ai découvert 20 m au N des dernières maisons du bourg d'Avessada, le long de la route descendant à Malveira, dans des argiles à lignite alternant avec des bancs horizontaux de grès fins gris foncé, *Biretisporites potoniai* DEL. et SPRUM., *Cicatricosisporites hallei* DEL. et SPRUM., *Microreticulatisporites diatretus* COUPER, *Staplinisporites caminus* [BALME], *Applanopsis segmentatus* [BALME], *Pilosisporites trichopapillosus* [DEL. et SPRUM.], *Concavisporites minor* SINGH, *Inaperturopollenites limbatus* BALME, *Spheripollenites scabratus* DEL. et SPRUM., c'est-à-dire, ici encore, dans des assises proches du toit, une association aptienne.

Il semble donc, si l'on se fie aux données de ces deux gisements, que *l'ensemble des «grès supérieurs d'Almargem» soit aptien, plus précisément gargasien.* Une telle datation s'accorde à l'attribution de J. J. et C. R. GROOT qui, par l'examen des microflores (1962, p. 135), accordait un âge «probablement aptien» aux grès d'Almargem des environs de Belas. Comme les derniers travaux sur le Crétacé supérieur [P. Y. BERTHOU, 1968, 1971] conduisent à placer la base du «Bellasien» transgressif dans le Cénomanien, il faut en conclure que l'*Albien est absent ou qu'il est représenté par un mince niveau encore non identifié occupant l'extrême sommet des «grès d'Almargem».*

D) *RÉCAPITULATION*

Les «grès supérieurs d'Almargem», d'âge *gargasien,* se sont mis en place lors d'une *phase d'érosion,* à la suite d'un *important et brusque recul de la mer vers l'W.* Trois unités sédimentaires à plans de séparation diachrones, illustrant trois types de dépôts différents, se sont superposées:

— les «argiles, grès et lignites inférieurs», formés dans une lagune bordière;

— les «grès et conglomérats médians», accumulations de chenaux fluviatiles;

— les «grès et argiles supérieurs», aux sédiments de plaine d'inondation prédominants.

La séquence majeure est négative de la première à la seconde unité (l'énergie croît), positive de la seconde à la troisième (l'énergie décroît). Cette succession s'expliquerait par le *remblayage progressif d'une aire de sédimentation relativement stable.* La nappe d'eau marine aurait pu régresser lors de la formation des deux premières unités, ne pas se déplacer ou transgresser légèrement ensuite.

L'alimentation en produits détritiques est essentiellement assurée par des aires émergées s'élevant à l'E de l'aire de sédimentation. Le démantèlement des reliefs atteint son paroxysme durant le dépôt des «grès et conglomérats médians», probablement sous l'effet de l'abaissement du niveau de la mer et d'une élévation relative des zones hautes. Les «argiles, grès et lignites inférieurs» et, surtout, les «grès et argiles supérieurs» montrent aux confins occidentaux de notre domaine d'étude, au bord de l'Atlantique, des épandages détritiques grossiers dont les différents caractères ne peuvent s'expliquer que par l'intervention de *terres émergées plus occidentales,* nourrissant localement et épisodiquement le bassin sédimentaire.

II. — LES COUCHES D'ALMARGEM EXCLUSIVEMENT DÉTRITIQUES

ANALYSE STRATIGRAPHIQUE

A) *PARTIE ORIENTALE DE LA SERRA DA ARRÁBIDA*

A l'E du méridien de Facho da Azoia, les «couches d'Almargem», dépourvues de toute intercalation calcaire, se composent d'argiles et de grès uniquement datés par leur position stratigraphique.

L'une des séries les plus représentatives a été relevée 1 km au SW du signal géodésique de Vinhas, le long de la route E. N. 379, 15 k à l'ENE du Cap Espichel. Entre les grès blancs, feldspathiques, à galets, attribués au Barrémien inférieur et les calcaires à Orbitolines du «Bellasien» se développent 45 m environ d'argiles roses, blanches ou rouges, micacées, à galets et granules de quartz patiné, intercalées de lentilles de grès fins jaunes, feuilletés, micacés, et de grès grossiers ou conglomératiques, gris ou rosés, mal classés, à stratifications internes entrecroisées, à ciment argileux, à galets de quartz et de jaspe. Aucun grano-classement n'est décelable. Ces formations sont stériles.

Les «couches d'Almargem» offrent la même composition 2 km plus à l'E, au S du village de Portela.

Rien ne permet de différencier des grès du Barrémien supérieur («grès inférieurs»), du Bédoulien (équivalents latéraux des assises marines) et du Gargasien («grès supérieurs»). L'architecture des dépôts indiquerait un alluvionnement fluviatile.

Les «couches d'Almargem», recoupées par des formations plus récentes, disparaissent 1500 m à l'E de Portela, à l'E de la route E. N. 379.1. C'est ainsi qu'au N de la Quinta da Serra les grès du Barrémien inférieur sont recouverts en discordance par des grès paléogènes qui remanient le matériel des «grès d'Almargem» et sont interstratifiés avec des marnes et des calcaires blancs à graviers. Ces assises tertiaires biseautent successivement vers l'E tous les termes du Crétacé inférieur.

Les grès paléogènes offrent de remarquables variations latérales de faciès car, reprenant sur place les produits de leur substratum, ils possèdent la même composition lithologique que le terme du Crétacé ou du Jurassique sur lequel ils reposent.

* *
*

En résumé, les «couches d'Almargem» seraient représentées dans la partie orientale de la Serra da Arrábida, entre les méridiens de Facho da Azoia et de Quinta da Serra, par un ensemble argileux, silteux et gréseux, rouge, jaune ou blanc, riche en galets, à stratifications entrecroisées, probablement fluviatile, reposant sur les grès du Barrémien inférieur.

B) *PARTIE ORIENTALE DU FLANC NORD DU SYNCLINAL DE PERO PINHEIRO*

L'unité des grès fins blancs à Orbitolines, assise marine médiane des «couches d'Almargem», n'est plus identifiable au méridien de Montachique, quelques kilomètres au NE de Louza. Ce niveau-repère absent, les attributions stratigraphiques deviennent très malaisées. De plus, les affleurements sont rares; en effet, les «grès d'Almargem»

occupent de Montachique au signal d'Aguieira, en passant par le signal de Bucelas et le Monte Serves, sur une longueur de 11 km, le versant N d'un relief couronné par les calcaires à Huîtres du «Bellasien»; un couvert d'éboulis masque généralement le Crétacé inférieur; seuls ressortent de place en place quelques pointements de grès exploités en carrières; étant détachés de tout contexte géologique, leur détermination exacte est délicate.

COUPE DE LA QUINTA DE ROMEIRÃO DE CIMA — Les seules formations susceptibles d'être utilisées se situent 500 m au N de la Quinta de Romeirão de Cima. On pourrait rapporter aux «grès d'Almargem»:

1. Silts gréseux rouges ou blancs, d'épaiseur indéterminable.

2. Grès fins gris bleuté, lenticulaires, à matrice argilo-silteuse, à éléments de quartz peu émoussé et de feldspath faiblement altéré (3 m).

3. Grès grossiers blancs à stratifications entrecroisées. Un ciment argileux lie des grains et granules de feldspath abondant, peu altéré, ainsi que des galets de quartz blanc, de grande taille, denses, groupés dans certaines lentilles en de véritables conglomérats (6 m).

— Lacune d'observation (20 m environ).

4. Grès fins ou moyens, blancs ou gris, bien classés, à ciment argileux et éléments de quartz, feldspath et muscovite, alternant avec des silts argileux gris, verts ou rouges et avec des silts gréseux jaunes ou blancs. Des galets de quartz versicolores et de lydienne sont dispersés dans certains lits. Ces divers termes dessinent des lentilles épaisses de 2,50 m à 3 m, à stratifications internes entrecroisées. Les séquences élémentaires sont positives (8 m). Au toit de ce dernier niveau viennent les calcaires «bellasiens».

En m'appuyant sur les analogies de faciès avec les grès bien datés des contrées plus occidentales et méridionales, je rapprocherais les niveaux 1 et 2 des grès du Barrémien supérieur et du Bédoulien, les niveaux 3 et 4 des grès du Gargasien (l'assise 3 représentant les «grés et conglomérats médians», l'assise 4 les «grès et argiles supérieurs»). L'ensemble reflèterait un milieu de dépôt fluviatile.

Les «grès d'Almargem» sont aussi connus près de la vile d'Alverca, non loin des rives du Tage.

750 m au N du signal géodésique d'Alverca, les calcaires gréseux du «Bellasien», plongeant à 50° vers le SSE, reposent sur 15 m de grès très fins, blancs à rosés, à matrice argileuse et éléments de feldspath altéré, quartz et muscovite, intercalés de grès grossiers à granules et petits galets de quartz versicolores et de lydienne, ainsi que de silts argileux à muscovite. L'architecture est lenticulaire. Les séquences sont positives. Cet ensemble pourrait appartenir à l'unité des «grès et argiles supérieurs».

*
* *

Retenons que la partie orientale du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro découvre des «couches d'Almargem» exclusivement détritiques, correspondant à des alluvions fluviatiles.. Eles succèdent aux grès feldspthiques du Barrémien inférieur et pourraient se décomposer en:

— grès fins, silts et argiles versicolores, représentant le Barrémien supérieur et le Bédoulien;

— grès grossiers et conglomérats, blancs, à galets de quartz blanc ou gris, gargasiens;

— grès fins blancs micacés, à galets de lydienne et de quartz rosé, jaune ou gris, intercalés de silts argileux vivement colorés, organisés en séquences positives. Cette unité daterait du Gargasien.

Aucune donnée micropaléontologique ne vient à l'appui de ces attributions.

C) *BASSIN DE RUNA*

C'est auprès de la localité de Caixaria, à la bordure occidentale du bassin, que CHOFFAT indentifia les «grès d'Almargem» [1891]. Ils occupent les versants d'une petie coline dont le sommet, formé d'un entablement de calcaires «bellasiens», porte le signal géodésique de Caixaria. Une vaste carrière entaille les grès sur le côté S de la proéminence„ à l'E de la route E.N. 248. On voit, plongeant à 15° vers le N, une trentaine de mètres de grès, silts et argiles alternants.

Les grès sont blancs et généralement bien classés. De grossiers à la base des passées, ils deviennent moyens puis fins au dessus. Un ciment argileux très restreint soude des éléments de quartz, de muscovite, de feldspath plus ou moins altéré et des débris ligniteux. Des galets de silt jalonnent la base de plusieurs niveaux gréseux; ils se joignent à des galets de quartz jaune, rosé ou gris et de lydienne. Les passés sont lenticulaires et les stratifications entrecroisées.

Les silts gréseux, de teintes pâles, se délitent en minces plaquettes psammitiques à débris ligniteux.

Les silts argileux et argiles sont compacts, gris foncé, violacés ou verts. Des paillettes de muscovite, des particules de lignite et des empreintes de végétaux parsèment la roche.

Ces différents termes s'associent en séquences positives très nettes: chacune débute par des grés grossiers qui ravinent l'assise sous-jacente et se termine par des silts ou argiles à débris ligniteux. L'épaisseur des cyclothèmes varie entre 0,50 et 7 m. Les dépôts de chenaux fluviatiles alternent avec des accumulations de plaine d'inondation.

Le gisement de végétaux découvert par CHOFFAT se situe à la base de la formation, sur le flanc E de la colline, aux-dessus des maisons les plus élevées du village. Des grès fins blancs intercalés d'argiles silteuses vertes ou violacées contiennent de nombreuses empreintes de plantes, parmi lesquelles [C. TEIXEIRA, 1948] *Brachyphyllum obesum* HEER, *Frenelopsis* sp. et *Sphenolepis* aff. *sternbergiana* (DUNKER) qui marquent leur appartenance aux «couches d'Almargem». Les grès de Caixaria représentent uniquement la partie supérieure des «grès d'Almargem» et peuvent être comparés aux «grès et argiles supérieurs» de la région de Belas.

Les termes inférieurs peuvent être analysés non loin du village de Furadouro, au SW du bassin de Runa.

Au N et au dessus des maisons du hameau de Felgueira, 800 m à l'WSW de Furadouro, les grès feldspathiques et les silts de teintes vives du Barrémien inférieur sont surmontés par:

1. Grès blancs, en lentilles à stratifications entrecroisées. Des grès fins, micacés, à débris ligniteux, alternent en séquences positives avec des grès grossiers, mal classés, à matrice argileuse, éléments de quartz et de feldspath très altéré (3,50 m).

2. Grès blancs, silteux, micacés, lenticulaires, sans polarité apparente (1,50 m).

3. Grès blancs, grossiers, mal classés, à ciment argileux, quartz et feldspath faiblement altéré, à galets dispersés dans la masse du grès ou jalonnant la base des lentilles. Quelques passées de silts sont intercalées (10 m).

Les termes les plus élevés sont masqués par des épanchements de roches éruptives, de sorte que les relations avec la partie supérieure des «couches d'Almargem» ne sont pas connues.

Ces assises évoquent l'unité gargasienne des «grès et conglomérats médians» définie dans les contrées plus méridionales.

*
* *

En conclusion, les «couches d'Almargem» seraient exclusivement détritiques dans le bassin de Runa. Leur épaisseur dépasserait 45 m. Elles comprendraient un ensemble inférieur de grès blancs, grossiers, mal classés, à nombreux ravinements, déchargés dans des chenaux fluviatiles par de puissants courants, et un ensemble supérieur plus fin, mieux classé, aux argiles colorées associées à des grès, sédimentées dans une plaine alluviale par des cours d'eau de faible énergie, à lits divagants. Une telle succession traduit le remblayage progressif de l'aire de sédimentation. Elle n'est pas sans rappeler l'evolution relevée plus au S, dans les «grès supérieurs d'Almargem», gargasiens. Ce complexe détritique reposerait sur les grès du Barrémien inférieur. Les documents paléontologiques sont cependant trop rares et imprécis pour que l'on puisse affirmer que les grès du Barrémien supérieur et du Bédoulien sont absents.

D) *BASSIN DE TORRES VEDRAS*

Les présence des «couches d'Almargem» dans le bassin de Torres Vedras est attestée par la découverte d'un gisement de microflores.

> 2 km au N de Torres Vedras, 50 m à l'W de la route E.N. 8.2, une carrière entaille des grès à intercalations ligniteuses. L'une de ces passées a fourni *Cicatricosisporites orbiculatus* SINGH, *C. perforatus* SINGH, *Appendicisporites tricornitatus* WEYL. et GRIEF., *A. erdmanni* POCOCK, *A perplexus* SINGH, *Camaranzonosporites rudis* KLAUS, *Plicatella stylosa* TAUG., *Gleicheniidites triplex* KRUTZSCH, *G. circinidites* BRENNER, *Trilobosporites trioreticulosus* COOK. et DETT., *T. phlebopteroides* (COUPER), *T. hannonicus* POTONIE, *Biretisporites potoniai* DEL. et SPRUM.,*Rouseisporites laevigatus* POCOCK, *Leptolepidites* sp., *Densoïsporites perinatus* COUPER, *D. triradiatus* COUPER, *Cyathidites punctatus* DEL. et SPRUM., *Aequitriradites spinulosus* COOK. et DETT., *A. dubius* DEL et SPRUM.

Une telle association indique un âge aptien, probablement gargasien.

En s'appuyant sur cette donnée et sur sur les similitudes de faciès, on peut avancer que les «couches d'Almargem» occupent le coeur des deux synclinaux du bassin de Torres Vedras *(fig.* 48); dans le synclinal de Casal da Bombarda, au SW, elles sont comprises entre les grès du Barrémien inférieur et les calcaires «bellasiens». Dans le synclinal de Ramalhal, au NE, elles constituent la formation crétacée la plus récente qui ait été conservée.

Dans le *synclinal de Casal da Bombarda*, le complexe d'Almargem, entaillé par plusieurs carrières entre les routes E.N. 8 et E.N. 8.2, 2 km au N de Torres Vedras, offrirait la succession suivante:

> 1. Argiles bleutées, vertes ou violacées, intercalées d'un banc subhorizontal noduleux de silts gréseux violacés (5 m environ). Cette assise repose sur les grès feldspathiques gris et argiles lie-de-vin du Barrémien inférieur.
>
> 2. Grès grossiers, jaune pâle ou gris clair, à matrice argilo-silteuse micacée, à feldspath très altéré et nombreux galets de quartz, en lentilles à stratifications entrecroisées, san polarités définissables (8 m).
>
> 3. Argiles compactes violacées ou bleues (2 m).

4. Grès blancs, grossiers, mal classés, à ciment argileux réduit, à fragments de silts remaniés et très abondants galets de quartz formant par places un véritable conglomérat, en lentilles à stratifications entrecroisées (4,50 m).

— Lacune d'observation (2 m).

5. Grès blancs ou jaune pâle, fins, lenticulaires, à stratifications entrecroisées, dépourvus de feldspaths, intercalés de silts rosés et d'argiles rouges, jaunes et violacées, ainsi que de grès grossiers à galets de quartz. Certaines séquences positives sont bien marquées (6,50 m).

6. Silts argileux rouges ou violacés (5 m).

7. Grès blancs à jaunâtres, fins, moyens ou grossiers, à ciment argileux peu développé liant des éléments de quartz, de feldspath très altéré et des galets de quartz blanc ou gris, alternant avec des grès fins blancs et vert pâle, feldspathiques, à galets de quartz coloré et de lydienne; plusieurs passées d'argiles silteuses rouges ou lie-de-vin sont intercalées. Les lentilles offrent des stratifications internes entrecroisées. Les séquences n'apparaissent pas. C'est ce niveau, visible sur 12,50 m qui contient les Spores et Pollens précités. Une formation identique affleure au mur des calcaires «bellasiens» à l'extrémité occidentale du bassin de Torres Vedras, à l'entrée S du village de Casalinho de Alfaiates.

En comparant cette série avec les «grès d'Almargem» des régions plus méridionales, je serais tenté de placer le niveau 1 dans le Barrémien supérieur ou dans le Bédoulien. Les assises sus-jacentes — qui se décomposent en un ensemble inférieur grossier ou conglomératique, blanc (niveaux 2, 3 et 4) et un ensemble supérieur plus fin et argileux, diversement coloré (niveaux 5, 6 et 7) représenteraient le Gargasien. Toutes ces formations ont les traits de dépôts fluviatiles avec alternance de sédiments de lit mineur et de lit majeur et variations de l'énergie des courants.

Le *synclinal de Ramalhal* ne se prête guère à l'examen des «couches d'Almargem». Aucune carrière n'entaille le sous-sol et les remaniements superficiels sont intenses. Les rares points d'observation montrent un ensemble détritique très comparable à celui décrit dans le synclinal de Casal da Bombarda.

*
* *

Ainsi, *les «couches d'Almargem» ont été identifiées dans le bassin de Torres Vedras. Elles succèdent aux grès du Barrémien inférieur* et sont aptiennes — probablement gargasiennes — à leur partie supérieure, comme le prouve la découverte d'une riche association microfloristique. Les grès blancs à stratifications entrecroisées, silts et argiles qui les composent sont certainement *fluviatiles*.

E) *LAMBEAUX D'OLHALVO ET D'ABRIGADA*

Les ressemblances avec la série voisine de Torres Vedras m'incitent à rapporter aux «couches d'Almargem» une vingtaine de mètres de grès qui, dans le *lambeau d'Olhalvo*, reposent sur les argiles et silts attribués à l'Hauterivien.

La carrière de Sarraipas, à l'extrémité méridionale de l'affleurement crétacé, montre des grès grossiers blancs ou gris clair, à ciment argileux, grains de quartz, de muscovite et de feldspath très altéré, galets de quartz et de lydienne, disposés en lentilles à stratifications internes entrecroisées et associés en séquences élémentaires positives à des silts blanchâtres ou gris. De tels caractères évoquent les «grès d'Almargem», plus précisément les «grès supérieurs». Aucun fossile n'est cependant venu confirmer cette attribution.

Le *lambeau d'Abrigada offrirait* une succession semblable: à la suite des sédiments détritiques fins et homogènes de l'Hauterivien viennent des accumulations plus grossières et hétérogènes qui représenteraient les «couches d'Almargem».

Grès grossiers et conglomérats blancs, à galets de quartz versicolores, lydienne et schiste, alternent avec des grès fins blancs, micacés, et avec des silts blancs, gris clair ou rosés. Cette formation a été conservée dans les buttes de Sabrosa et d'Olho Marino, ainsi qu'au coeur du brachysynclinal de Cabanas do Chão.

*
* *

Le Barrémien ne serait donc pas connu dans les lambeaux d'Olhalvo et d'Abrigada. *Les «couches d'Almargem»*, composées d'argiles et de grès fluviatiles, *reposeraient directement sur les argiles hauteriviennes.*

F) *LAMBEAU DE CERCAL*

L'identification des «couches d'Almargem» dans le lambeau de Cercal prend essentiellement appui sur les données du célèbre gisement de végétaux fossiles de Milheiro. 500 m au S du vilage de Cercal s'étend un affleurement détritique long de 2,5 km dans le sens E-W, large de 750 m, recouvert à l'E par les calcaires à Préalvéolines du Cénomanien, reposant en discordance vers l'W sur les calcaires oxfordiens et sur les argiles rouges kimméridgiennes, entrant en contact par failles avec le Jurassique au N et au S (*fig.* 67). Il se compose de grès blancs, localement bruns ou lie-de-vin, fins à grossiers, à galets dispersés de quartz, de lydienne et de roches métamorphiques très altérées, alternant avec des grès silteux et micacés gris clair et avec des argiles blanches, brunes ou rouges, à rares granules de quartz émoussés. Tous les bancs sont lenticulaires et les stratifications internes entrecroisées. Plusieurs séquences élémentaires positives ont été relevées. Ces formations sont bien dégagées le long d'un sentier qui descend de W vers l'E et rejoint 800 m au S de Cercal la route E.N. 1.5.

C'est à la base du complexe, moins de 5 m au-dessus des argiles kimméridgiennes, que se développe une lentille d'argiles feuilletées brunes entrecoupées de microlits horizontaux finement gréseux, très riche en empreites de végétaux.

Cette lentille, épaisse de 4,50 m, apparaît sur une longueur de 150 m au lieu dit «Milheiro», 500 m au SW du croisement des routes E.N. 115.1 et E.N. 366. Elle est entaillée par un petit chemin qui, après un parcours de 400 m vers l'E, débouche sur la route E.N. 1.5 à la fontaine publique du village. DE SAPORTA [1894] puis C. TEIXEIRA [1948] y décrivirent une abondante flore caractérisée par l'apparition des premières Dicotylédones associées à des Monocotylédones, Proangiospermes, Gymnospermes et Cryptogames. Je citerai à la suite de C. TEIXEIRA [1948, p. 115] *Sphenopteris mantelli* BRONGN., *S. lobulifera* SAP., *S. plurinervia* HEER, *S. cercalensis* SAP., *Aneimidium lobulatum* SAP., *Acristichopteris nervosa* (HEER), *isoetes choffati* SAP., *Brachyphyllum obesum* HEER, *Sphenolepis kurriana* (DUNK.), *Sequoia* sp., *Araucarites* sp., *Frenelopsis* sp., *Nymphaetes choffati* (SAP.), *N. rhizostigma* (SAP.), *Dicotelophyllum cerciforme* SAP., *Hydrocotelophyllum lusitanicum* TEIX., accompagnés d'Ostracodes indéterminables. Je n'y ai pas recueilli de Spores ou de Pollens.

Nombre de ces espèces caractérisent les «grès supérieurs d'Almargem» de Belas. Il est donc logique de penser que le gisement de Cercal date de l'Aptien et que les grès encaissants représentent la partie supérieure des «couches d'Almargem». Les similitu-

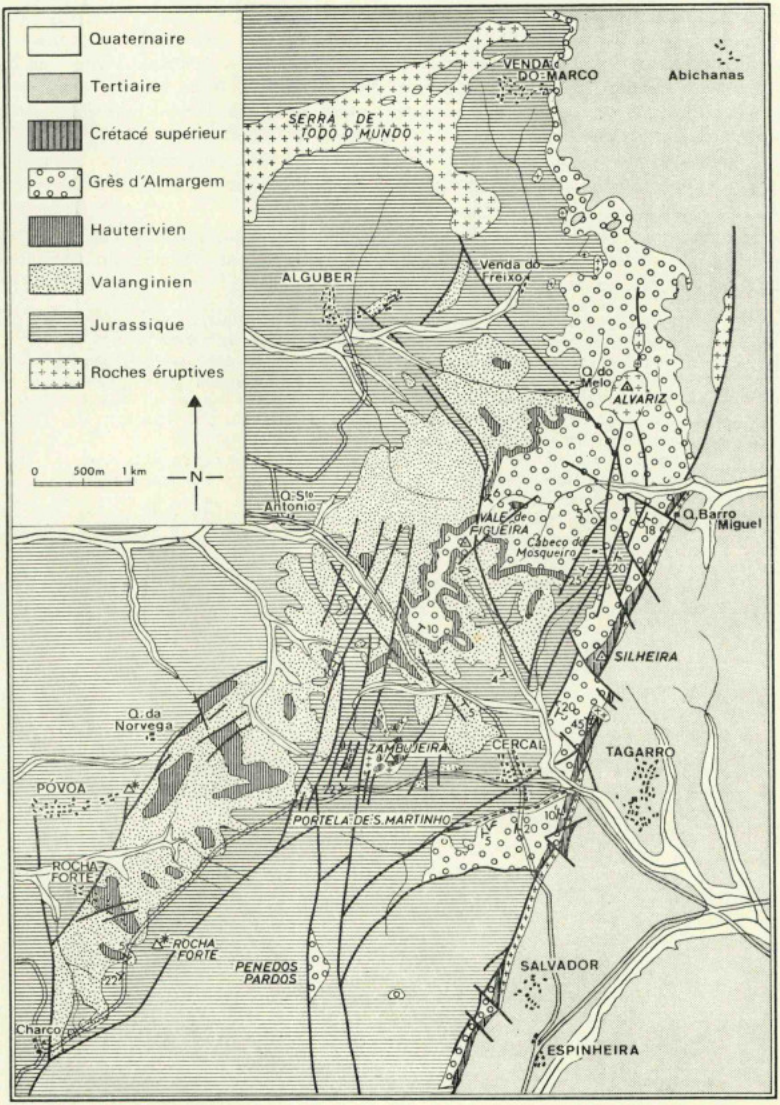


FIGURE 67. — *Carte géologique du lambeau de Cercal*

des de faciès avec les formations détritiques des bassins crétacés plus méridionaux étayent d'ailleurs cette attribution.

Les grès se sont probablement accumulés dans une aire fluviatile drainée par des cours d'eau divagants à compétence élevée, les épandages de chenaux alternent avec les dépôts de plaine d'inondation. La lentille contenant la flore fossile témoigne de l'existence locale et temporaire d'une nappe d'eau très calme, lac ou marécage, abritée des décharges alluviales grossières.

Retenons que *les «couches d'Almargem», formées principalement de grès à galets et d'argiles fluviatiles, datées par leur flore, sont discordantes au S de Cercal sur le Jurassique supérieur.*

Ce dispositif est général dans la partie orientale du lambeau, à l'E d'une ligne passant par le signal géodésique de Rocha Forte, par Cercal, Cabeço do Mosqueiro, Quinta do Melo et Venda do Freixo.

> Ainsi, sur le flanc N de la butte portant le signal de Silheira, 1 500 m au NE de Cercal, et, surtout, entre Venda do Freixo et Venda de Marco, 5 à 7 km au N de Cercal, on voit sur les argiles rouges kimméridgiennes des grès blancs, jaunes ou rosés, à galets de quartz versicolores, de pegmatite et de lydienne, intercalés de grès fins bancs micacés et d'argiles blanches, rouges ou violacées. Cette formation, épaisse de 20 à 25 m, est recouverte par les calcaires cénomaniens ou par les grès miocènes.
>
> De même, 3 km au SW de Cercal, non loin des moulins de Penedos Pardos, à l'ennoyage de l'aire anticlinale du Montejunto, un petit lambeau de «grès d'Almargem», blancs, grossiers, à muscovite et grains de quartz, à galets de quartz et de lydienne, a été conservé sur les calcaires oxfordiens; il remplissait certainement un large karst.

Dans la partie occidentale du lambeu, à l'W de la ligne allant du signal de Rocha Forte à Venda do Freixo, *les «couches d'Almargem» succèdent aux argiles hauterivienes.*

> Une telle superposition peut être relevée au NNW du bourg de Cercal, en particulier 500 m au NE du signal géodésique de Vale de Figueira: un étroit affleurement de calcaires à Préalvolines a été conservé au coeur d'une cuvette aux flancs très adoucis. Il repose sur les grès blancs à galets et argiles rouges des «couches d'Almargem», épais d'une trentaine de mètres. Ces derniers s'appuient sur les argiles et silts de l'Hauterivien. On remarquera que, comme dans les bassins plus méridionaux d'Abrigada et d'Olhalvo, les grès barrémiens sont absents.

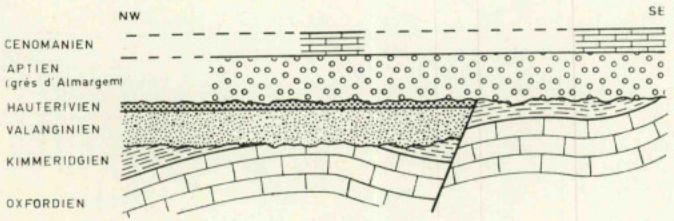


FIGURE 68. — *Schéma montrant les relations des différents étages du Jurassique et du Crétacé dans le lambeau de Cercal.*
Disposition après que les terrains aptiens et cénomaniens aient été replacés à l'horizontale.

Nous voyons donc que *les «grès d'Almargem» fossilisent dans le lambeau de Cercal un paléo-relief mettant en jeu des terrains jurassiques et néocomiens.* Une flexure ou une faille anté-aptienne, orientée SW-NE dans la partie S du bassin, SE-NW dans la partie N, sépare une zone haute, à l'E, d'une zone basse, à l'W (*fig.* 68). Le lambeau de Cercal a été le théâtre de légers mouvements orogéniques post-jurassiques et antérieurs au dépôt des grès valanginiens, de sorte que le Valanginien est discordant sur le Jurassique (région de Rocha Forte). Il a pu demeurer stable ultérieurement, dans la mesure où la limite orientale du Valanginien et de l'Hauterivien est une limite de sédimentation. Mais il a pu aussi rejouer peu de temps avant le formation des «couches d'Almargem»; cette limite serait alors une limite d'érosion; l'analyse des directions de courants dans les grès valanginiens m'incite à pencher en faveur de cette hypothèse. L'épandage des grès fluviatiles aptiens semble avoir été précédé d'une égalisation de la surface topographique.

G) *CUVETTE DE GALIOTA*

Selon l'opinion émise au chapitre précédent, les grès et argiles colorés, feldspathiques, du coeur de la cuvette de Galiota dateraient du Barrémien inférieur. Les termes plus récents du Crétacé n'ayant pas été conservés, on ne sait si les «couches d'Almargem» se sont ou non déposées dans cette contrée.

H) *BASSIN D'ALCANEDE*

Je rapporte aux «grès d'Almargem» une formation épaisse d'une quinzaine de mètres, composée de grès grossiers jaunes ou blancs, mal classés, à galets de quartz, de lydienne et de roches métamorphiques, associés à des grès fins blancs micacés, bien classés et à des silts argileux blancs, jaunes, bruns, rouges ou violacés. Ces divers sédiments forment des lentiles à stratifications entrecroisées et s'agencent en séquences positives. Ils succèdent aux grès et silts verdâtres à violacés, feldspathiques, rapportés au Barrémien inférieur et précèdent les calcaires cénomaniens. Les meilleurs affleurements se situent 250 m au SE du village de Gansaria, ainsi qu'au hameau de Viegas, au signal géodésique de Bairro, 1 km au NNE d'Abraã et entre Amiães de Cima et Monsanto (450 m au SSE des maisons de Casais do Arrife).

Les faciès représentés rappellent ceux des «grès d'Almargem», plus précisément des «grès supérieurs», gargasiens. La flore découverte par C. TEIXEIRA [1948] dans ces grès au signal de Bairro, 3,5 km au NE de Gansaria, pourrait d'ailleurs confirmer une telle attribution. Les caractères architecturaux des sédiments plaident en faveur d'un milieu de dépôt fluviatile.

I) *RÉCAPITULATION*

Les «couches d'Almargem» sont exclusivement formées de sédiments détritiques à l'E de la Serra da Arrábida, dans la partie orientale du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro et dans les bassins crétacés de Runa, Torres Vedras, Olhalvo, Abrigada, Cercal et Alcanede. Les grès blancs, grossiers, à galets de quartz et de lydienne, à grains de feldspath altéré, les grès fins, blancs, micacés et les silts argileux diversement colorés en sont les principaux constituants. Ils se groupent en lentilles à stratifications internes entrecroisées. Toutes les polarités relevées indiquent des séquences positives. Les «grès d'Almargem», transportés et sédimentés par des fleuves et des rivières, possèdent

une plus vaste répartition géographique que les formations détritiques du Néocomien et du Barrémien; ainsi, ils reposent sur des terrains d'âges variés, barrémien inférieur (Serra da Arrábida, flanc N du synclinal de Pero Pinheiro, Runa, Torres Vedras, Alcanede), hauterivien (Olhalvo, Abrigada, partie occidentale du lambeau de Cercal) ou jurassique supérieur (partie orientale du lambeau de Cercal). Ils matérialisent donc une période de forte érosion sur les reliefs, de déséquilibre pédologique. Nous pouvons supposer que leur mise en place a été localement précédée de légers mouvements orogéniques. Bien que l'identification précise des diverses unités détritiques soit sujette à caution car elle est essentiellement basée sur des comparaisons de lithofaciès, je suis porté à croire que les grès du Barrémien supérieur («grès inférieurs»), du Bédoulien (équivalents latéraux des «assises à Orbitolines») et du Gargasien («grès supérieurs») sont présents dans la Serra da Arrábida, dans le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro et dans le bassin de Torres Vedras. Les grès gargasiens apparaîtraient seuls dans les affleurements marginaux et orientaux d'Olhalvo, Abrigada, Cercal et Alcanede.

III. — REMARQUES SÉDIMENTOLOGIQUES

Je grouperai dans ce paragraphe diverses observations d'ordre sédimentologique concernant l'ensemble des «grès d'Almargem», du Barrémien supérieur au Gargasien, en relevant éventuellement les différences qui peuvent exister d'une unité sédimentaire à l'autre.

A) *LES STRATIFICATIONS*

Les stratifications entrecroisées abondent dans les accumulations de chenaux, tant dans les «grès inférieurs» que dans les «grès supérieurs» (*).

1. **La valeur angulaire** des pentes des plans de stratifications varie entre 10° et 30°; la moyenne est de 19°. Ces chiffres, très voisins de ceux qui ont été obtenus pour les grès du Néocomien et du Barrémien inférieur, témoignent de pentes relativement fortes et de *courants rapides*.

2. **Les directions** des pentes des plans de stratification diffèrent quelque peu dans les «grès inférieurs» et dans les «grès supérieurs».

Les «*grès inférieurs*» montrent un sens d'écoulement des eaux de l'E vers l'W ou, plus rarement, du NE vers le SW (*fig.* 69). *C'est donc à l'E du bassin sédimentaire que se situent les zones hautes*, lieux d'origine des cours d'eau et du matériel détritique. Les grès de Cobre, au N de Cascais, font exception: ils possèdent des stratifications à direction inverse, WNW-ESE; comme ils se sont déposés dans une zone de rivage, je ne saurais dire si ce sens d'écoulement doit être imputé à des courants de flot circulant dans des chenaux de marée ou bien à des courants d'origine fluviatile descendant de reliefs plus occidentaux.

Les «*grès supérieurs*» présentent une direction générale NE-SW (*fig.* 70): *le bassin*

(*) voir tabl. 8 et 9, en annexe.

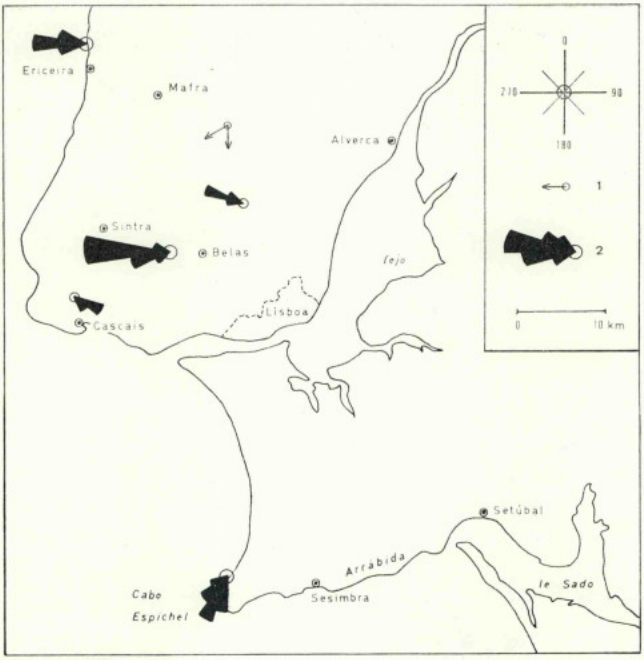


FIGURE *69. — Carte des directions des stratifications entrecroisées dans les «grès d'Almargem inférieurs».*
1: mesure unique; 2: mesures multiples.

sédimentaire est essentiellement balayé par des cours d'eau venant du NE. Toutefois, la partie occidentale du territoire étudié, de Cascais à Ericeira, s'individualise nettement par la juxtaposition de deux groupes de directions: les «grès et conglomérats médians», d'une part, ont des plans de stratification plongeant vers l'W et le SW; les courants fluviatiles proviennent de l'aire d'alimentation orientale. Les «argiles, grès et lignites inférieurs» et, surtout, les «grès et argiles supérieurs», d'autre part, offrent des directions NW-SE ou W-E; si l'influence de courants de marées peut être éventuellement envisagée pour les premiers, il ne saurait en être de même pour les seconds qui sont typiquement continentaux; il est probable que *les eaux fluviales descendent alors de zones hautes situées à l'W du rivage actuel de l'Atlantique.* Rappelons que l'étude de l'architecture des dépôts et des variations latérales faciès nous avait déjà conduit à avancer cette hypothèse.

B) *LES GALETS*

1. **Nature.** Comme dans les grès crétacés plus anciens, *les galets résultent du*

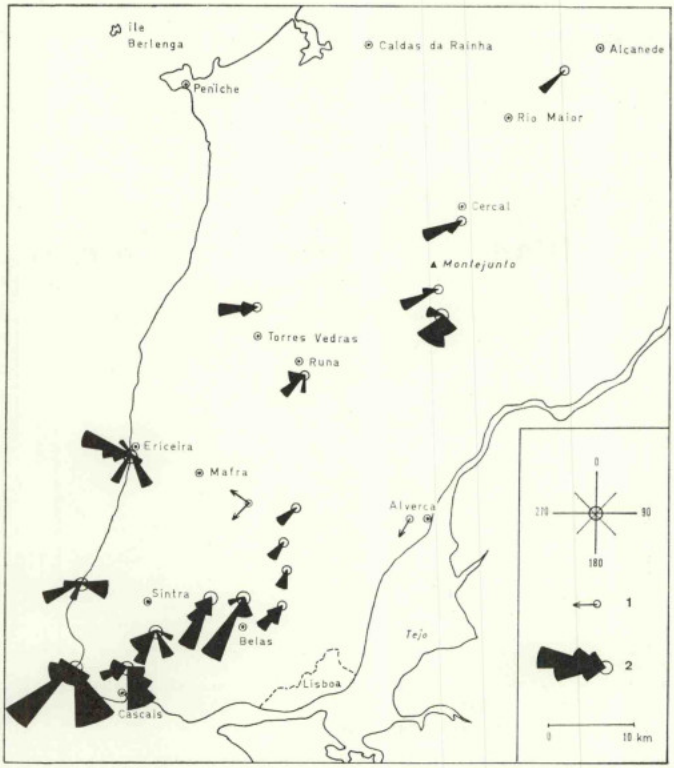


FIGURE 70. — *Carte des directions des stratifications entrecroisées dans les «grès d'Almargem supérieurs».*

démantèlements de filons de quartz ou de pegmatite et de roches éruptives, cristallophylliennes et paléozoïques.

Le quartz prédomine largement.

Nombre d'échantillons sont colorés en rose, jaune, brun ou rouge par des oxydes de fer qui imprègnent la masse du minéral; on peut y voir la marque d'un *climat chaud et humide.*

Il est associé à des galets de lydienne, jaspe, pegmatite, feldspath, quartzite, schiste et micaschiste.

J'ai relevé quelques variations horizontales et verticales dans la nature des galets:

— les éléments de lydienne se rencontrent essentiellement à la partie supérieure des «grès d'Almargem»;

— les éléments de jaspe caractérisent, de même qu'au Valanginien, les formations de la Serra da Arrábida;

— les éléments très altérés de feldspath, pegmatite et roches métamorphiques ne sont connus que dans les affleurements les plus orientaux, proches des lieux d'origine du matériel.

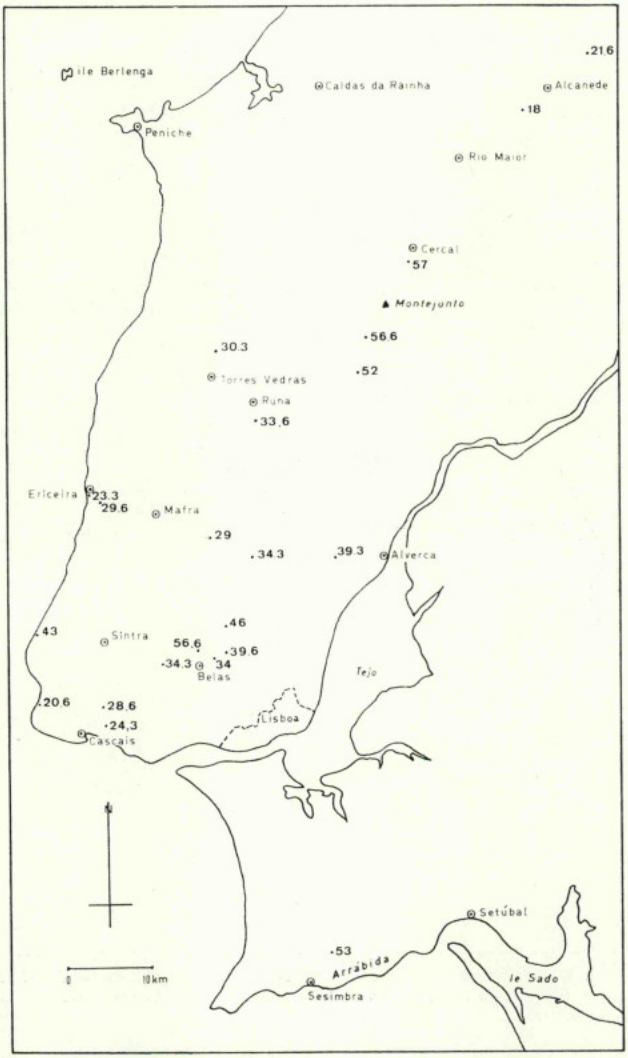


FIGURE 71. — *Carte de répartition du centile des galets dans les «grés d'Almargem supérieurs».*

2. **Centile** (*). Seuls, les «grès supérieurs» (en particulier les «grès et conglomérats médians» de la région d'Ericeira, Belas et Cascais) renferment un nombre de galets suffisant pour permettre la mesure du centile en des points variés. D'une manière générale, les valeurs élevées, indices de courants à forte compétence, se rencontrent dans les affleurements les plus orientaux — Serra da Arrábida, contrées de Cercal, Olhalvo et Abrigada — (*fig.* 71). Les valeurs décroissent vers l'W et le SW, vers l'aval des rivières.

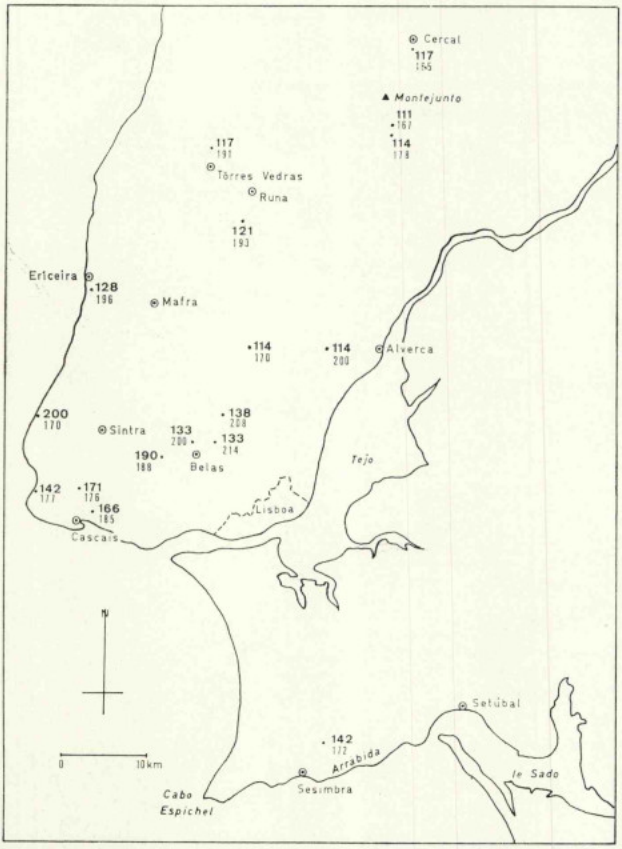


FIGURE 72. — *Carte de répartition des médianes des indices d'émoussé* (chiffres gras) *et d'aplatissement* (chiffres maigres) *des galets dans les «grès d'Almargem supérieurs».*

(*) Voir tabl. 13 et 14, en annexe.

Pour une région donnée, les centiles sont très comparables dans les grès fluviatiles du Berriasien, du Valanginien et de l'Aptien: la puissance des rivières est très voisine. Le bassin d'Alcanede, toutefois, fait exception: les centiles très faibles des «grès d'Almargem» prouvent que l'énergie des cours d'eau a fortement baissé par rapport aux temps antérieurs.

3. **Morphométrie** (*). Les analyses ont porté sur des galets de quartz recueillis dans les «grès et conglomérats médians» ou dans les formations plus septentrionales et orientales qui, par leur lithofaciès, m'ont paru contemporaines.

L'indice d'émoussé a la même valeur que dans les grès du Berriasien du Valanginien et du Barrémien inférieur: le matériel est issu des mêmes domaines, relativement proches. Les médianes croissent régulièrement du NE vers le SW (*fig.* 72); ce fait confirme que *l'aire d'alimentation principale se situe au NE du bassin de sédimentation.* Cependant, les valeurs relevées aux environs de Cascais (à Crismina notamment) sont relativement faibles: certains galets, moins usés, pourraient provenir de reliefs plus occidentaux situés à courte distance.

Les histogrammes de répartition des indices d'émoussé (*fig.* 73) prouvent que l'usure des éléments est généralement très homogène: tous les galets d'un même gisement et d'une meme lentille ont suivi un trajet analogue; ils ont sensiblement la même origine. Le plus grand éloignement du point de dépôt du matériel par rapport à la source se traduit seulement dans les histogrammes par un déplacement de la surface représentative des populations vers des valeurs d'émoussé plus élevées; la comparaison des histogrammes de Belas et de Praia Grande est très évocatrice de cette évolution. Il semble que l'étendue de la distribution soit plus grande dans la région de Cascais: le matériel, plus hétérogène, aurait peut-être plusieurs origines.

L'indice d'aplatissement présente des valeurs relativement élevées: la médiane est comprise entre 165 et 214; sa valeur moyenne est de 185. De tels indices se rencontrent habituellement dans les cours d'eau fluviatiles à chenaux divagants.

> Au centre du bassin, d'Alverca à la côte atlantique, la valeur de l'indice d'aplatissement décroît lorsque l'indice d'émoussé croît (*fig.* 72): l'usure dans des lits matelassés s'accompagne d'une forme de plus massive des éléments.
>
> Par ailleurs, les médianes sont faibles aux environs du Montejunto (Cercal, Abrigada, Olhalvo). Nous pourrions y voir la marque sensible d'un parcours torrentiel; le cheminement dans un lit de roches dures aurait favorisé la fragmentation des galets plats et abaissé la valeur de l'indice d'aplatissement. A Cercal, du reste, ces décharges détritiques reposent sur les calcaires oxfordiens qui étaient déjà indurés lors de la sédimentation des grès.

L'indice de dissymétrie — à médiane comprise entre 600 et 690 avec une valeur moyenne de 630 — correspond à un modelé et un transport fluviatiles. L'analyse comparée des histogrammes de répartition des indices de dissymétrie montre que le matériel s'homogénéise au cours du trajet (*fig.* 73): les éléments les plus dissymétriques sont progressivement éliminés et la teneur en galets symétriques s'élève.

C) *LES GRÈS*

1. **Nature des éléments.** Les «grès d'Almargem» ont la même composition minéralogique que les grès du Berriasien, du Valanginien et du Barrémien inférieur; on peut

(**) voir tabl. 18, en annexe.

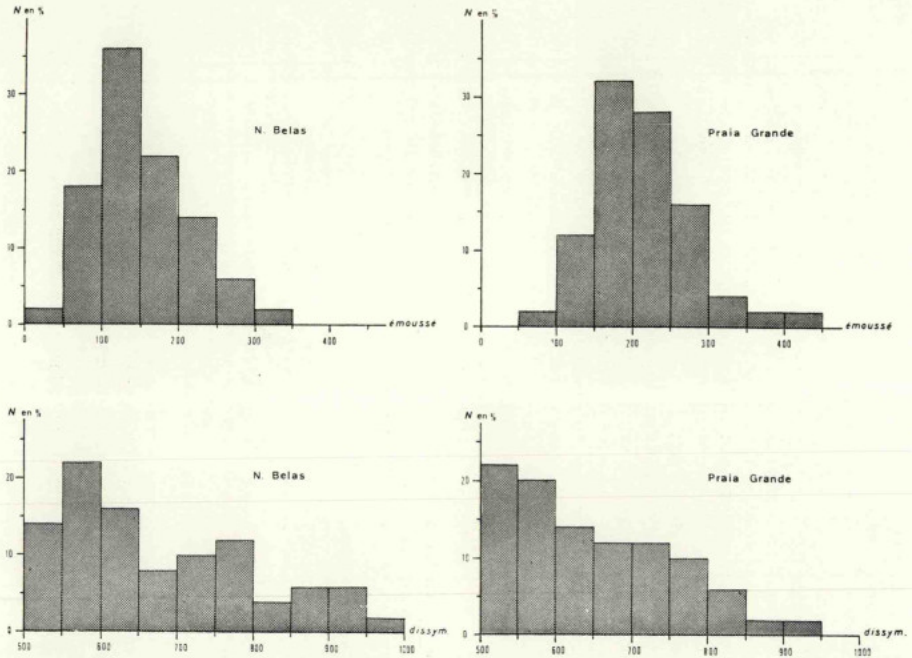


FIGURE 73. — *Histogrammes de répartition des indices d'émoussé et de dissymétrie dans les galets des «grès supérieurs d'Almargem» à Praia Grande et au N de Belas.*
Abcisses: valeurs croissantes des indices; ordonnées: nombres d'échantillons (exprimés en pourcentage).

donc penser qu'ils ont la même origine. La présence de quartz, de feldspath, de muscovite et, localement, d'amphibole et de tourmaline prouve que *les sédiments détriques se sont formés aux dépens de roches éruptives acides ou de gneiss et de pegmatites.*

Les éléments sont essentiellement quartzeux. 85 à 90 % des quartz sont non usés; 10 à 15 % sont émoussés. Ces proportions s'accordent avec un *transport fluviatile.* La teneur en grains émoussés s'élève jusqu'à 30 % dans les dépôts littoraux des «grès inférieurs» de la région de Cascais, d'Ericeira et du Cap Espichel. 90 % des éléments sont ternes et offrent une surface picotée; 5 à 10 % sont fissurés et cariés: l'action d'un *climat chaud et humide* semble probable.

La muscovite apparaît surtout dans les «grès inférieurs» et dans les assises terminales des «grès supérieurs», accumulés par des cours d'eau de faible énergie. Elle est plus rare dans les grossiers épandages des «grès et conglomérats médians».

Le degré d'altération des feldspaths est très variable. Il se modifie d'une unité sédimentaire à l'autre. Les grains sont très altérés — et perdent même fréquemment toute individualité — dans les sédiments détritiques grossiers, à galets, de teinte claire, à séquences tronquées, tels les «grès et conglomérats médians». Les feldspaths sont mieux conservés dans les dépôts fins, versicolores, à alternance régulière d'argiles et de grès, comme les «grès inférieurs» et les «grès et argiles supérieurs». L'intervention de fréquents changements climatiques paraissant difficilement envisageable, nous devons supposer que *les éléments constitutifs des grès grossiers à galets ont été soumis aux agents de décomposition durant un temps plus long que ceux des grès fins et argiles versicolores.*

Le degré d'altération des feldspaths est aussi fonction de la situation géographique des grès. Ce phénomène est particulièrement sensible dans les assises terminales des grès d'Almargem», notamment les «grès et argiles supérieurs»: les feldspaths sont très altérés et relativement rares au centre du bassin sédimentaire (Parada, Malveira, Torres Vedras). La décomposition est moindre dans les affleurements orientaux Caneças, Bucelas, Abrigada, Cercal). L'altération devient très faible en bordure de l'Atlantique (Ericeira, Praia Grande, Cabreiro et, surtout, Crismina), où les feldspaths forment 30 à 50 % des éléments de la roche. Il semble donc qu'il *y ait deux zones d'alimentation en feldspaths: une zone orientale s'intégrant à la Meseta ibérique; une zone occidentale située à l'emplacement actuel de l'Atlantique.*

Notons enfin que tous les feldspaths de Crismina — déterminés en sections minces, par analyses chimiques et aux rayons X — correspondent à du microcline, fait qui appuie l'hypothèse d'un *climat humide.*

2. **Granulométrie** (*). Dans une région donnée et pour une unité sédimentaire déterminée, les conglomérats de la base des séquences sont généralement très bien classés, le tri devient médiocre dans les grès moyens, puis s'améliore dans les grès fins (*fig. 74*). Une telle succession verticale est caractéristique des *séquences fluviatiles* [L. YAPAUDJIAN, 1970].

Les sédiments sont mal classées et mal lavés, hétérogènes, dans les afleurements les plus orientaux (*fig.* 74). C'est ainsi que j'ai relevé dans les assises terminales des «grès supérieurs» des coefficients de classement et d'asymétrie de 4,69 et de 0,29 à Cercal, de 3,71 et de 0,23 à Alverca; ces valeurs se rencontrent dans des décharges boueuses, non triées, proches du lieu d'érosion. Le classement et le lavage deviennent bien meilleurs au centre et à l'W de l'aire de sédimentation: le coefficient de classement est compris entre 2,30 et 2,50 aux environs de Bucelas, Caneças et A-da-Beja, tant

(*) voir tabl. 21 e 22, en annexe.

dans les «grès inférieurs» que dans les «grès supérieurs»; il oscille autour d'une valeur de 1,70 dans les régions de Torres Vedras, Louza, Rio de Mouro et Cascais. Corrélativement, le coefficient d'asymétrie se rapproche de 1. *C'est donc à l'E du bassin sédimentaire que se situe la source principale en produits détritiques.*

Les «grès et argiles supérieurs», au sommet des «grès d'Almargem», offrent une importante particularité: les sables sont moins bien classés dans les affleurements occidentaux qu'au centre du bassin (*fig.* 74): le coefficient de classement est de 1,82 à Belas, de 1,62 à Louza, de 1,57 à Torres Vedras; il s'élève à 2,39 à Crismina, à 2,55 à Ericeira. Voilà un argument supplémentaire pour étayer l'hypothèse d'une *alimentation à partir de reliefs occidentaux.*

D) *LES ARGILES*

Les argiles des «grès supérieurs» de Cercal, d'Alverca, de Bucelas (Quinta de Romeirão de Cima) et de Crismina ont été analysées. Leurs compositions son très voisines: la kaolinite est l'argile prédominante; l'illite est très faiblement représentée; la montmorillonite est rare ou absente. Les argiles berriasiennes et valanginiennes avaient fourni des résultats identiques; les conditions de formation n'ont donc pas changé: *altération de roches mères éruptives ou cristallophyliennes sous climat chaud et humide, avec un bon drainage des sols.*

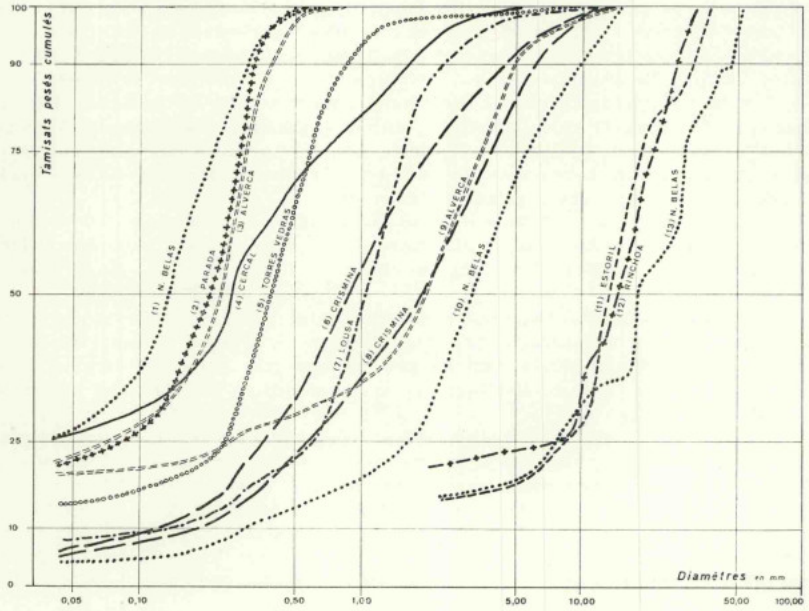


FIGURE 74. — *Courbes cumulatives dans les «grès d'Almargem supérieurs».*

E) *CONCLUSIONS*

Ces données sédimentologiques nous apportent des indications de deux ordres.

1. *Indications sur les zones d'apport.* Il se confirme qu'à l'aire d'alimentation principale, orientale, se joint très probablement lors du dépôt des «grès supérieurs», au Gargasien, une aire d'alimentation secondaire, occidentale, située au large de la côte atlantique.

2. *Indications sur les conditions d'érosion, de transport et de sédimentation.* Le schéma suivant peut être proposé: les substratums éruptifs, métamorphiques et paléozoïques, aux reliefs peu vigoureux, sont décomposés sous l'action d'un climat tropical humide ou équatorial, très comparable à celui qui régnait au Néocomien. Un manteau d'altération recouvre les roches en place. Les conditions de déséquilibre biologique jouant un rôle prépondérant pendant la période de sédimentation des «grès d'Almargem», l'érosion est relativement continue. Le débit et la charge des cours d'eau varient peu. Les sols, rapidement et régulièrement emportés, ne peuvent atteindre une évolution pédogénétique complète: dans le bassin sédimentaire s'accumulent des argiles et grès à feldspaths partiellement altérés, riches en fer, ordonnés en séries rythmiques. Le retrait progressif de la mer ou la lente surélévation des socles seraient susceptibles d'entretenir un tel déséquilibre.

Nous savons cependant que s'intercale dans les «couches d'Almargem» un ensemble de grès grossiers à matériel fortement altéré et intenses ravinements, représenté notamment par l'unité des «grès et conglomérats médians». Sa genèse pourrait s'expliquer par un arrêt momentané de l'érosion. Les conditions d'équilibre seraient créées par la stabilité des différents ensembles tectoniques ou par l'exhaussement relatif du niveau de la mer (par exemple à la fin de la transgression bédoulienne). L'évolution pédogénétique est alors plus poussée sur les substratums et l'altération presque complète. Suit une brusque rupture d'équilibre au cours de laquelle de puissants courants emportent ces produits très transformés dans le bassin sédimentaire.

En résumé, *la période de sédimentation des «grès d'Almargem», du Barrémien supérieur au Gargasien, apparaît comme une période à dominante érosive. Ce régime est entrecroupé d'une phase de répit favorable à de profondes altérations et brusquement interrompue.*

RÉSUMÉ STRATIGRAPHIQUE

J'ai reconnu dans le complexe des «couches d'Almargem» des formations représentatives du Barrémien supérieur, du Bédoulien et du Gargasien.

Je rapporte **Barrémien supérieur** l'unité stratigraphique des «grès d'Almargem inférieurs». Elle se compose à l'W de Cabreiro et d'Alcabideche (région de Cascais), ainsi qu'à Praia Grande (N du Massif de Sintra) d'une vingtaine de mètres de dolomies, grès, argiles et marnes, intercalés de quelques bancs de calcaires à Algues et Lituolidés, accumulés en zone supratidale et intertidale (*fig.* 75).

C'est une formation très comparable, argilo-gréseuse et dolomitique, supratidale, qui apparaît dans la région d'Ericeira.

Les «grès de Regatão», alternance d'argiles, grès et calcaires dolomitiques qui affleurent au N du Cap Espichel, sont contemporains et supratidaux.

A l'E de ces diverses contrées, dans la partie orientale du Massif de Sintra, dans le dôme de Brouco et le brachyanticlinal de Caneças, dans le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro et dans la Serra da Arrábida, l'unité est matérialisée par des grès et argiles fluviatiles, à stratifications entrecroisées, reposant sur quelques bancs dolomitiques et argileux.

Il semblerait que l'on puisse aussi rapporter à la formation des «grès d'Almargem inférieurs» un niveau argilo-silteux, vivement coloré, épais de 5 m, connu dans le bassin de Torres Vedras.

Le **Bédoulien** est bien identifié à la périphérie du Massif de Sintra et dans la région d'Ericeira. Il constitue l'ensemble des «assises à Orbitolines», complexe à prédominance carbonatée comprenant trois niveaux:

— les «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*» (40 m), à la base, formés de calcaires, marnes et grès à Algues, Orbitolines et Choffatelles, déposés en milieu subtidal à l'W (régions de Crismina, Calhau do Corvo, Ericeira), intertidal à supratidal plus à l'E. La base du niveau est marquée par l'apparition d'*Heteraster oblongus* et de *Palorbitolina lenticularis*; elle se situe au passage barrémien-bédoulien. La partie supérieure, d'âge bédoulien, est caractérisée par la présence d'*Orbitolinopsis* gr. *kiliani*, *Cythereis* cf. *buechlerae*, *C. bartensteini*, *Schuleridea* cf. *jonesiana*, *Cytherella* cf. *parallela* et *Neocythere mertensis*;

— les «calcaires récifaux supérieurs» (10 à 20 m), formation de milieu corallien, particulièrement développée dans la région de Murches et d'Alcabideche (*fig.* 76);

— les «marnes à Huîtres», d'épaisseur très variable, probablement érodées après leur dépôt, constituées de marnes jaunes ou vertes et de calcaires marneux à Huîtres, *Palorbitolina lenticularis* et *Choffatella decipiens*.

A l'E du Massif de Sintra (dôme de Brouco et brachyanticlinal de Caneças) et dans les parties centrale et orientale du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro, les «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*» passent à des grès et argiles à stratifications entrecroisées, fluviatiles; les «calcaires récifaux supérieurs» à des grès fins blancs à Orbitolines; les «marnes à Huîtres» sont absentes.

Il semble que le Bédoulien de la Serra da Arrábida revête des aspects et des variations de faciès très comparables, mais les mauvaises conditions d'affleurement ne permettent pas une analyse détaillée.

Dans les contrées plus orientales et septentrionales, le Bédoulien, probablement argilo-gréseux et fluviatile, n'a pu être distingué du Barrémien supérieur et du Gargasien détritiques.

Le **Gargasien**, défini par des données microfloristiques, est matérialisé par l'ensemble des «grès supérieurs d'Almargem». Cette formation, exclusivement détritique, offre d'importantes variations horizontales et verticales de composition. Elle a pu être minutieusement observée à la périphérie du Massif de Sintra et du dôme de Brouco, ainsi que dans la région d'Ericeira et de Malveira; j'y ai reconnu, de bas en haut, les trois niveaux suivants:

— «argiles, grès et lignites inférieurs», dépôts de lagunes bordières;

— «grès et conglomérats médians», décharges de chenaux fluviatiles;

— «grès et argiles supérieurs», sédiments de plaine d'inondation.

L'épaisseur de l'ensemble, très variable, oscille autour d'une valeur de 40 m.

Dans la Serra da Arrábida, dans les bassins de Runa, Torres Vedras et Alcanede, dans les lambeaux d'Olhalvo, Abrigada et Cercal (**fig.** 77), les «grès d'Almargem supérieurs» sont formés de grès blancs à feldspaths habituellement altérés, à galets de quartz et de lydienne, associés à des grès fins blancs et à des argiles versicolores. Ils

se sont accumulés en milieu fluviatile et reposent sur des terrains d'âge varié.

Les terrains postérieurs au Barrémien inférieur n'auraient pas été conservés au coeur de la cuvette de Galiota.

SYNTHÈSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE

Les grandes unités paléogéographiques demeurent inchangées par rapport aux temps antérieurs: un socle soumis à l'érosion s'étend à l'E; il occupe approximativement l'actuel fossé effondré du Tage. Il est bordé vers l'E par un bassin de sédimentation fluviatile et marine.

Un élément nouveau fait par ailleurs son apparition dans le paysage, tout au moins lors du Gargasien: divers indices permettent de penser que des reliefs granitiques ou gneissiques se dressent à l'W de l'aire de dépôt. Quelle peut être leur définition

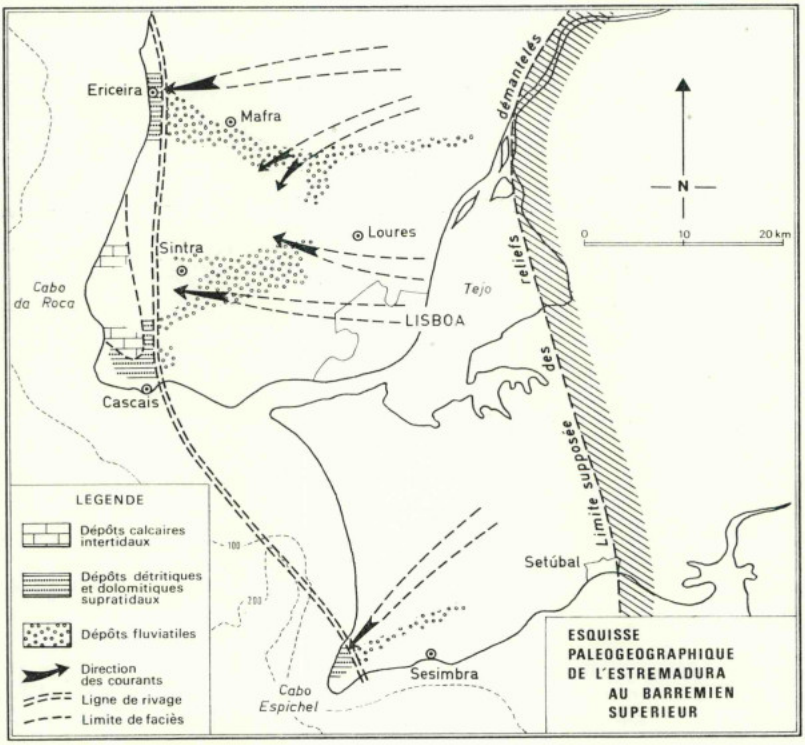


FIGURE 75. — *Esquisse paléogéographique de l'Estremadura au Barrémien supérieur.*

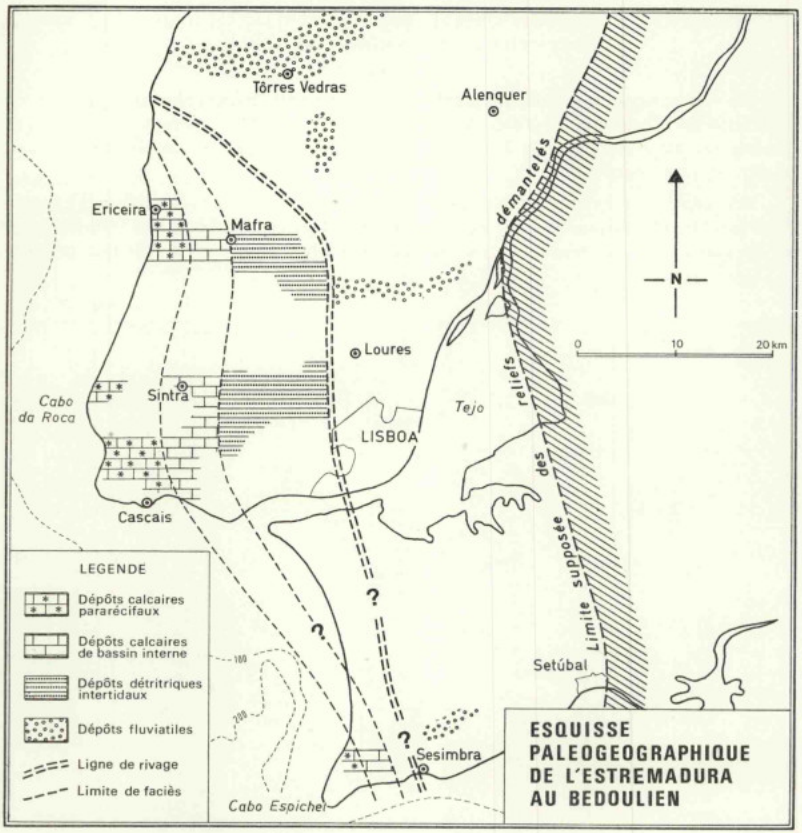


FIGURE 76. — *Esquisse paléogéographique de l'Estremadura au Bédoulien.*

géographique? Je ne pense pas qu'il faille s'arrêter à l'hypothèse d'un vaste socle exhaussé car les manifestations de ces reliefs sont trop locales et trop brèves. J'imaginerais plutôt quelques pointements de faible superficie, situés à une dizaine de kilomètres au large de la côte actuelle du Portugal et approximativement alignés selon un axe N-S; ils constitueraient les jalons superficiels d'une ride ou d'un mince horst anté-mésozoïque fonctionnant dès le Jurassique [FREIRE DE ANDRADE, 1937] et dont les îles granitiques de Berlenga, d'Estelas et l'archipel métamorphique des Farilhões et des

Forcadas, 10 km à l'WNW de Peniche et du rivage portugais, seraient les actuels témoins émergés (*). L'examen des courbes bathymétriques et, en particulier, de la ligne — 200 m permet de supposer que cette barrière granito-gneissique pourrait s'étirer du N au S sur 110 km; elle serait limitée au N par le cañon sous-marin de Nazaré, à proximité des Farilhões, et au S par le cañon de Setúbal, au large du Cap Espichel.

*
* *

Dans un tel cadre, sous un climat chaud et humide, se sont succédés les stades de sédimentation suivants:

1er stade (Barrémien supérieur, *fig.* 75). Le mouvement de régression de la mer déclanché à l'Hauterivien s'achève. Les dépôts de milieu marin restreint caractéristiques du Barrémien inférieur sont supplantés par des formations intertidales et supratidales qui reculent progressivement vers l'W pour n'occuper à la fin de ce stade que les régions d'Ericeira, de Cascais et du Cap Espichel. Plus à l'E s'accumulent des sédiments détritiques fluviatiles. L'abaissement du niveau de la mer et, donc, du niveau de base du profit d'équilibre des cours d'eau entretient un régime érosif et favorise l'abrasion continue et le transport de sols incomplètement altérés.

2e stade (passage Barrémien-Bédoulien et Bédoulien, *fig.* 76). Une nouvelle transgression se développe; les eaux marines reconquièrent progressivement le bassin sédimentaire. Aux dépôts côtiers succèdent dans l'espace et dans le temps des accumulations de mer restreinte (calcaires à Choffatelles et Codiacées près du rivage; calcaires à Orbitolines et Dasycladacées vers le large). L'approfondissement du fond sous-marin favorise ensuite le développement de biotopes coralliens dans les contrées les plus occidentales (régions d'Ericeira, de Praia Grande, de Cascais et du Cap Espichel), tandis que s'accumulent dans la zone littorale des grès fins et micacés; la côte passe alors à faible distance de Louza, de Caneças et de Sesimbra. Il semble que les décharges de grès se poursuivent dans le domaine fluviatile et sur le front littoral durant cette phase d'avancée de la mer: peut-être est-ce en raison de lentes remontées du substratum oriental favorisant le maintien de conditions de déséquilibre.

Le fond sous-marin s'uniformise à la fin du Bédoulien: des marnes à Huîtres s'étalent largement. Leurs limites ne sont pas connues, ni leurs équivalents latéraux continentaux.

3e stade (Gargasien, *fig.* 77). Un brusque retrait des eaux se produit. Le bassin de sédimentation devient, dans son ensemble, le théâtre d'accumulations fluviatiles. L'important abaissement du niveau de la mer, probablement accompagné de quelques mouvements verticaux du socle, découvre à l'W des reliefs granito-gneissiques et provoque un exhaussement relatif du substratum oriental. L'équilibre biologique qui s'était peut-être créé durant un court laps de temps à la fin du stade précédent est rompu. Les manteaux d'altération sont arrachés, les produits détritiques emportés par de puissants cours d'eau puis sédimentés dans la plaine de piémont. Grès, argiles et conglo-

(*) Cette théorie s'accorde avec les idées déjà avancées par FREIRE DE ANDRADE [1937, p. 189]. Il convient par ailleurs de souligner que les géologues qui ont étudié le granite de Berlenga [FREIRE DE ANDRADE, 1937; H. N. A. PRIEM et al., 1965] lui attribuent un âge antémésozoïque.

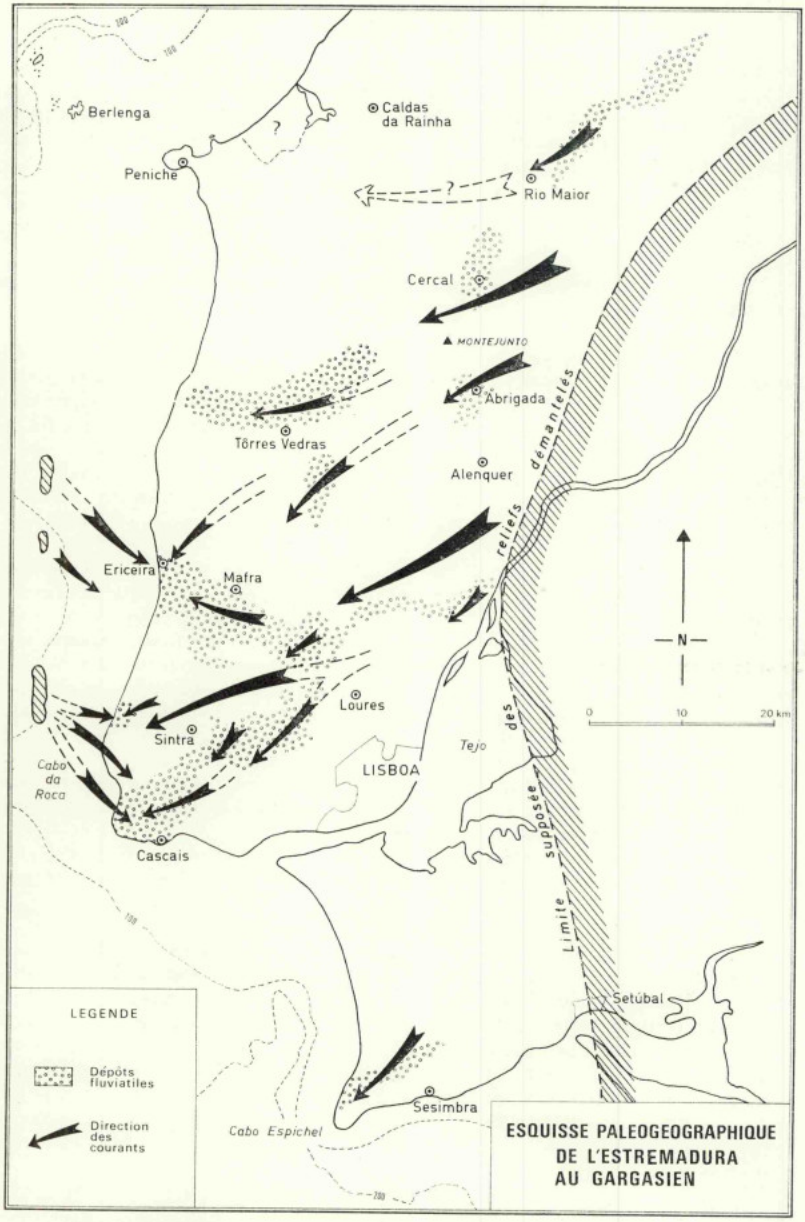


FIGURE 77. — *Esquisse paléogéographique de l'Estremadura au Gargasien.*

mérats se répandent sur certaines surfaces épargnées par la sédimentation détritique du Néocomien et du Barrémien ou érodées depuis lors. Le remblaiement progressif du bassin sédimentaire qui reste stable atténue au cours des temps les forces d'abrasion et de transport des rivières, de sorte que les termes détritiques les plus élevés sont plus fins et s'agencent en dépôts rythmiques. L'altération incomplète de leurs composants dénote une persistance des conditions d'abrasion sur les zones d'alimentation. Rien ne permet de définir la position du rivage. On peut supposer qu'il se situait à plus de 10 km à l'W du Portugal, au-delà des reliefs granito-gneissiques, ces derniers étant drainés par des rivières qui s'écoulaient vers le SE et alimentaient en produits détritiques les régions d'Ericeira et de Cascais.

Ce sont ces dépôts alluviaux gargasiens que viendra recouvrir la mer cénomanienne.

Ainsi, *la composition des «couches d'Almargem» résulte de la succession de trois mouvements de la nappe marine: régression barrémienne, transgression bédoulienne, régression gargasienne. Les socles paléozoïques, métamorphiques et éruptifs ont été probablement soumis durant la même période à quelques exhaussements; dominés par un régime d'érosion, ils ont fourni au bassin sédimentaire d'importantes quantités de sédiments détritiques.*

CHAPITRE CINQUIÈME

CONCLUSIONS GÉNÉRALES A L'ANALYSE STRATIGRAPHIQUE

SOMMAIRE

I. — *Les unités stratigraphiques*

Le Crétacé inférieur à la périphérie du massif de Sintra et du dôme de Brouco 277
Le Crétacé inférieur dans la Serra da Arrábida et dans la région d'Ericeira 281
Le Crétacé inférieur de Runa et de Torres Vedras 283
Le Crétacé inférieur d'Olhalvo, Abrigada, Cercal, Alcanede et Galiota 285

II. — *Les données biostratigraphiques*

Les Foraminifères 286
Lituolidae 286
Ataxophragmiidae 289
Involutinidae 289
Orbitolinidae 289
Les Algues 289
Les Ostracodes 290
Les Echinides 290

III. — *Les milieux de dépôt*

Le domaine continental 291
Le domaine marin 291

IV. — *Le cadre et l'évolution paléogéographique*

Les grands ensembles paléogéographiques 293

Le socle paléozoïque 293
La marge orientale 294
Le bassin sédimentaire médian 294
La marge occidentale 294
La ride paléozoïque occidentale 295
Le cadre paléogéographique et les orientations structurales actuelles 295
Les fluctuations de la nappe d'eau 297
La régression du Berriasien inférieur 297
La transgression du Valanginien supérieur et de l'Hauterivien basal 297
La régression de l'Hauterivien et du Barrémien 298
La transgression du Bédoulien 298
La régression du Gargasien 299
Conclusions 299
Les mouvements orogéniques des socles et de leurs bordures 299
Les apports alluviaux et les fluctuations de la mer 300

Cette étude visait quatre objectifs:

— présenter une analyse stratigraphique détaillée du Crétacé inférieur de l'Estremadura;

— examiner la répartition verticale des représentants des principaux groupes fossiles;

— décrire les caractères lithologiques, paléontologiques et architecturaux des sédiments dans les principaux milieux de dépôt rencontrés;

— saisir l'enchaînement dans l'espace et dans le temps des différents milieux de dépôt, autrement dit reconstituer l'évolution paléogéographique.

Résumons donc les données acquises dans ces quatre domaines.

I. — LES UNITÉS STRATIGRAPHIQUES

Je me suis attaché d'abord à identifier et à corréler les unités stratigraphiques de tous les affleurements crétacés, puis à établir, préciser, ou éventuellement modifier par rapport aux travaux antérieurs l'âge des divers ensembles. Les principales successions définies ont été reportées dans le tableau 2. Un bref commentaire va nous permettre d'en dégager les traits essentiels et d'y joindre quelques indications complémentaires.

1° LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR A LA PÉRIPHÉRIE DU MASSIF DE SINTRA ET DU DÔME DE BROUCO

(Le Crétacé inférieur à formations calcaires prédominantes)

Comme l'avait pressenti CHOFFAT [1885], les formations de Cascais, Sintra et Belas doivent servir de base à l'examen stratigraphique, car les assises carbonatées, prépondérantes, fournissent un grand nombre de documents paléontologiques. Examinons la série.

Berriasien. J'ai distingué trois unités superposées:

— les «marno-calcaires à *Mantelliana purbeckensis*», à la base. Des calcaires et des marnes alternés renferment l'association d'Ostracodes saumâtres et de Charophytes caractéristiques du «Purbeckien» inférieur anglais et du «Purbeckien» du Jura — c'est-à-dire du Berriasien inférieur. Un ou plusieurs bancs de calcaire jaune peuvent servir de limite avec les calcaires marins du Portlandien;

— les «marnes à Anchispirocyclines». Ce niveau, qui se reconnaît à son extrême densité en *Anchispirocyclina lusitanica*, forme une excellente assise repère;

— les «calcaires et marnes à Trocholines», au sommet. La présence de *Lycopterocypris? sabaudiae* indique un âge encore berriasien. Calcaires et marnes, dépourvus de tout organisme lacustre ou saumâtre, riches en Trocholines et Dasycladacées, témoinent probablement d'une atténuation des venues d'eaux douces dans un milieu marin confiné peu profond.

Ces diverses assises ne présentent pas d'importantes variations latérales de faciès.

Valanginien. J'ai fait conventionnellement débuter cet étage avec la disparition d'*Anchispirocyclina lusitanica*. Une telle limite fut choisie pour des raisons pratiques, mais elle s'accorde avec les données biostratigraphiques: l'extinction des Anchispirocyclines coïncide avec l'apparition d'Ostracodes (*Cytherelloidea rehburgensis, Schuleridea* aff. *juddi*) qui marquent l'approche des temps valanginiens. Deux unités ont été définies :

— les «marno-calcaires à *Leviathania leviathan*», à la base. Des calcaires et des marnes gris clair, à Dasycladacées, Trocholines, Brachiopodes et Gastéropodes se sont accumulés sous faibles tranches d'eau, dans le domaine subtidal, infralittoral; ils sont intercalés de minces passées gréseuses. Les grès se développent progressivement vers l'E et persistent seuls — au-dessus de quelques bancs calcaréo-détritiques — dans le dôme de Brouco; ils constituent alors les «grès de Vale de Lobos», grès estuariens, blancs, à feldspaths très altérés, à stratifications entrecroisées, à débris végétaux, Phytoplancton et Microforaminifères;

— les «calcaires roux», au sommet. L'unité se compose de calcaires, marnes et grès de teinte ocre, jaune ou rousse, à faune abondante et variée. Les Ammonites (*Neocomites* cf. *neocomiensis, Olcostephanus* gr. *astieri)* et les Echinides (*Salenia depressa, Pygurus rostratus, Holaster valanginiensis*) indiquent un âge valanginien supérieur et l'ouverture du domaine marin vers le large; le milieu de dépôt se situe dans l'étage circalittoral. Cette unité s'ensable partiellement dans le dôme de Brouco, à l'E mais conserve partout un caractère marin bien affirmé.

Hauterivien. Aux environs de Cascais, le terme inférieur, marneux ou calcaréo-marneux («marnes et calcaires marneux à *Toxaster*»), circalittoral, a fourni des Ammonites caractéristiques de l'Hauterivien inférieur, comme *Spitidiscus* gr. *rotula, Crioceratites* gr. *duvali, «Neocomites»* gr. *nodosoplicatus*. Le terme supérieur, calcaire et dolomitique, récifal («calcaires récifaux inférieurs»), représenté par le puissant noyau construit de Cabo Raso, date probablement de l'Hauterivien supérieur, ainsi que le démontre la faune recueillie dans les assises périrécifales voisines (*Phyllobrissus gresslyi, Ph.* aff. *nicoleti, Toxaster retusus*). Le passage d'un terme à l'autre est progressif.

Vers le N, dans la région de Calhau do Corvo et Algueirão, et vers l'E, dans la région de Brouco, les «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» renferment localement quelques structures coralliennes. Les «calcaires récifaux inférieurs» ne possèdent plus de formations biostromales qu'à leur base et se composent essentiellement de calcaires et de marnes lagonaires riches en Lituolidés.

Barrémien. Cet étage est matérialisé par deux ensembles:

— les «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées», à la partie inférieure. Les associations paléontologiques reconnues (*Heteraster couloni, Orbitolinopsis* gr. *flandrini, Pseudotextulariella scarsellai, Pianella muehlbergii, P. melitae*) justifient l'attribution de cette unité au Barrémien. Calcaires et bancs marneux alternent. Les Dasycladacées, Lituolidés, Orbitolinidés et Spatangidés abondent dans ces dépôts subtidaux, de mer interne. Quelques lits gréseux apparaissent vers l'E, dans le dôme de Brouco et dans le brachyanticlinal de Caneças;

— les «grès d'Almargem inférieurs», à la partie supérieure. Cette formation principalement argilo-gréseuse et fluviatile renferme dans les affleurements les plus occidentaux, au NW de Cascais, des passées calcaires ou marneuses, intertidales, pourvues des mêmes faunes et flores que les «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» sous-jacents.

Bédoulien. Aux «grès d'Almargem inférieurs» succèdent:

— les «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*». L'âge de la partie inférieure de l'unité n'a pu être précisé. La partie supérieure, à *Orbitolinopsis* gr. *kiliani, Palorbitolina lenticularis, Cythereis bartensteini, C.* cf. *buechlerae, Neocythere mertensis* et *Cytherella* cf. *parallela,* paraît devoir se situer à la base du Bédoulien. Les marnes et les calcaires riches en Orbitolines et Dasycladacées, de milieu marin restreint, subtidaux, passent vers l'E à des formations plus gréseuses à Choffatelles et Codiacées, intertidales, puis, dans le dôme de Brouco, à des argiles et grès azoïques, probablement fluviatiles;

— les «calcaires récifaux supérieurs». Dans la région de Cascais apparaissent de nouvelles structures bioconstruites; des formations de platiers coralliens sont associées à des accumulations périrécifales. Dans la région de Belas, à l'E, se sédimentent au même moment des grès fins littoraux, blancs ou jaunnes, à Orbitolines;

— les «marnes à Huîtres», ensemble de marnes jaunes ou vertes et de calcaires marneux à Ostréidés, *Choffatella decipiens,Palorbitolina lenticularis.* Cette unité, dépaisseur très variable, disparaît localement (secteurs de Cobre, Aldeia de Juzo, Alcabideche, A-de-Beja), en raison probablement d'abrasions postérieures à sa formation.

Gargasien. Les «grès supérieurs d'Almargem», essentiellement fluviatiles, m'ont fourni une association microfloristique qui indiquerait un âge gargasien. Ce complexe peut être décomposé en trois unités:

— les «argiles, grès et lignites inférieurs». Des grès fins jaunes ou gris alternent avec des silts et argiles versicolores. Les stratifications horizontales prédominent. Ce niveau est inconnu dans les affleurements les plus orientaux;

— les «grès et conglomérats médians». L'unité se compose de grès grossiers à galets, blancs, avec stratifications entrecroisées;

— les «grès et argiles supérieurs». Des lentilles de grès blancs ou jaunes s'interstratifient régulièrement avec des argiles et silts bleus et violacés. Les éléments de feldspath sont particulièrement abondants et bien conservés en bordure de l'Atlantique (Crismina, Calhau do Corvo).

*
* *

Les diverses données paléontologiques recueillies permettent donc d'affirmer que la série stratigraphique du Crétacé inférieur est complète à la périphérie du Massif de Sintra et du dôme de Brouco. Aucune lacune importante ne se produisit dans cette région. La prédominance des niveaux calcaires est liée au caractère essentiellement marin et peu profond de l'aire de sédimentation.

Les attributions stratigraphiques proposées par CHOFFAT (1885) sont ainsi quelque peu modifiées. L'«Infravalanginien» est placé (à l'exception de ses 20 derniers mètres) dans le Barriasien. Les «calcaires roux» — équivalents approximatifs des «calcaires à *Ostrea rectangularis*» et des «marno-calcaires à *Ostrea couloni*» de CHOFFAT — sont, non pas hauteriviens, comme le pensait cet auteur, mais, pour leur plus grande part, valanginiens. Les «calcaires récifaux inférieurs» (– partie inférieure de l'Urgonien de CHOFFAT) ne sont plus datés du Barrémien mais l'Hauterivien. Enfin, je rapporte les «couches d'Almargem» au Barrémien supérieur et l'Aptien, alors que CHOFFAT accordait à ce même complexe un âge aptien-albien.

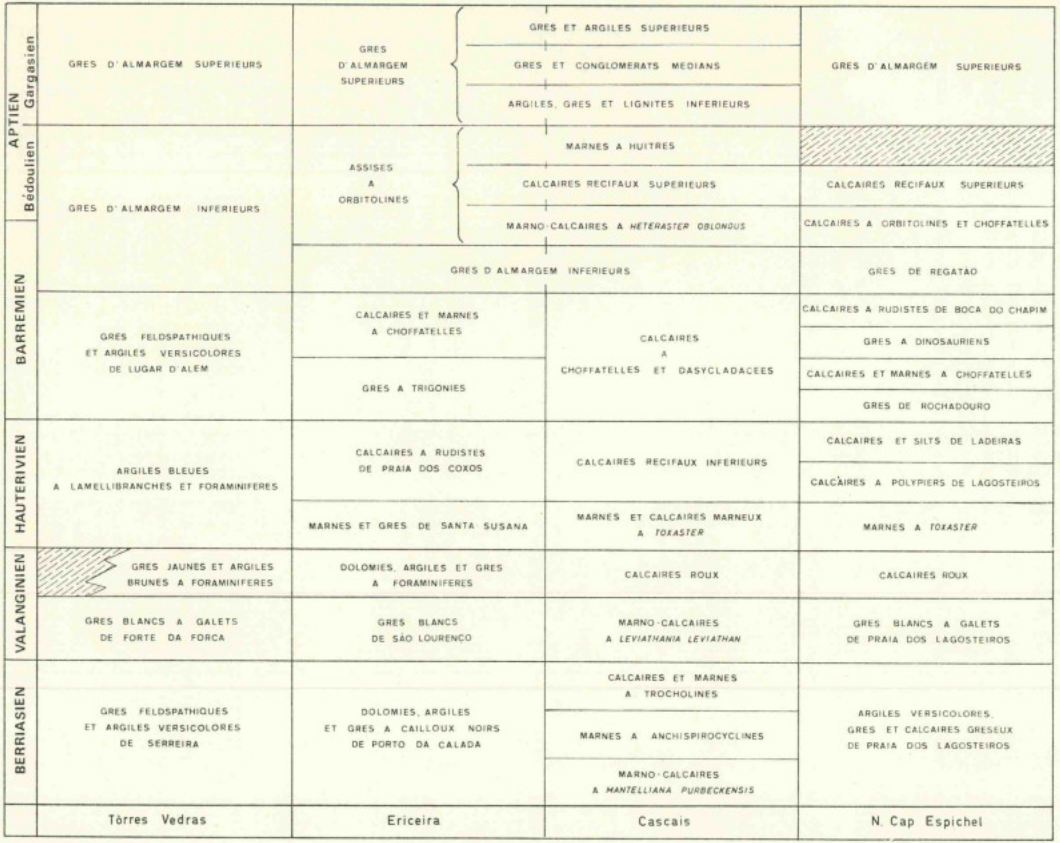


TABLEAU 2. — *Les unités stratigraphiques dans les principaux affleurements de Crétacé inférieur de l'Estremadure. Essai de corrélations.*

Les hachures obliques représentent les lacunes principales.

2° LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR DANS LA SERRA DA ARRÁBIDA ET DANS LA RÉGION D'ERICEIRA

(Le Crétacé inférieur aux calcaires et grès alternés)

La Serra da Arrábida et la région d'Ericeira possèdent toutes deux un Crétacé inférieur caractérisé par l'insertion d'importants niveaux détritiques entre les assises calcaires.

A) *SERRA DA ARRÁBIDA*

Au N Cap Espichel, dans la partie occidentale de la Serra da Arrábida, le Crétacé inférieur ofre la composition suivante:

Berriasien. Des argiles vertes, violacées ou bleues et des grès gris clair, généralement fins, lenticulaires ou subhorizontaux, sont intercalés de quelques bancs de calcaires gréseux à Gastéropodes et Lamellibranches. Cette formation très littorale succède aux calcaires marins portlandiens. Elle affleure sur le côté S de la crique de Praia dos Lagosteiros.

Valanginien. Le terme inférieur est détritique (grès blancs à galets), fluviatile ou estuarien. Le terme supérieur, marin, calcaréo-gréseux jaune ou roux, à faune variée (Echinides, Céphalopodes) est synchrone des «calcaires roux» de la région de Cascais.

Hauterivien. J'ai reconnu une unité inférieure essentiellement marneuse («marnes à *Toxaster*»), circalittorale, surmontée d'une unité pararécifale («base des calcaires à Polypiers de Lagosteiros»). L'Hauterivien se terminerait par un ensemble calcaréo-détritique déposé en mer restreinte («sommet des calcaires à Polypiers de Lagosteiros; calcaires et silts de Ladeiras»). La datation de cette dernière unité est cependant douteuse, car je n'ai recueilli aucun bon marqueur stratigraphique.

Barrémien. Aux «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» de la région de Cascais correspondraient ici, de bas en haut:

— les «grès de Rochadouro», ensemble de grès fins, silts et dolomies aux teintes jaunes prédominantes; pauvres en fossiles, littoraux;

— les «calcaires et marnes à Choffatelles», intertidaux, qui m'on fourni l'association de fossiles caractéristique du Barrémien inférieur portugais;

—les «grès à Dinosauriens», constitués de grès fins ou grossiers, ocre ou jaunes, d'argiles et de marnes gypseuses et ligniteuses, à faune lagunaire (Huîtres, Ostracodes, Lituolidés) accompagnées d'ossements de Dinosauriens;

— les «calcaires à Rudistes de Boca do Chapim», calcaires marneux bleutés ou violacés et calcaires blancs à sections de Rudistes, renfermant *Orbitolinopsis* gr. *flandrini*. Cette unité s'est formée dans un bassin marin interne, en zone subtidale.

A la partie supérieure du Barrémien viennent les «grès de Regatão», équivalentés latéraux des «grès d'Almargem inférieurs». Des argiles bleues ou violacées sont associées à des grès rouges ou blancs et à des dolomies à Gastéropodes. Les stratifications horizontales prédominent. Cette unité est supratidale.

Bédoulien. Cet étage est mal connu. J'ai cependant retrouvé un terme inférieur à Orbitolines et Choffatelles, correspondant aux «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*» de la région de Cascais, et un terme supérieur pararécifal, représentant les «calcaires récifaux supérieurs», affleurant au N d'Azoia. L'unité des «marnes à Huîtres» n'apparaît pas.

Gargasien. Les «grès d'Almargem supérieurs» n'ont pu être convenablement étudiés.

L'ensemble du Crétacé inférieur devient rapidement détritique vers l'E. Les seuls niveaux calcaires et marneux, marins, à persister assez longuement se placent au passage Valanginien-Hauterivien («calcaires roux», «marnes à *Toxaster*» et «calcaires à Polypiers de Lagosteiros»). Ils se reconnaissent encore à Portela, 17 km à l'ENE du Cap Espichel. Plus à l'E, ils sont recoupés en biseau par le Paléogène discordant.

B) *RÉGION D'ERICEIRA*

Le Crétacé inférieur occupe toutes les falaises surplombant la côte entre Porto da Calada et São Julião, 12 km plus au S.

Berriasien. Je rapporte à cet étage les grès blancs, silts violacés ou verts, dolomies et calcaires à Anchispirocyclines, à stratifications horizontales et entrecroisées alternées, qui affleurent à Porto da Calada. De nombreux «cailloux noirs» jalonnent certains bancs. Cette formation s'est déposée dans un marais littoral. Elle succède à un Kimméridgien supérieur-Portlandien constitué d'argiles versicolores, grès fins et calcaires.

Valanginien. Les «grès blancs de São Lourenço», estuariens (?), sont probablement l'équivalent des «grès de Vale de Lobos» et des «grès blancs de Lagosteiros»; ils représentent la partie inférieure du Valanginien. La partie supérieure de l'étage se compose de silts noirs, dolomies grises et grès ocre ou blancs, à Microforaminifères, littoraux.

Hauterivien. Les marnes schisteuses noires, vertes ou brunes et les grès fins jaunes, horizontaux, du Fort de Santa Susana pourraient être corrélés, en raison de leur faciès et de leur position, avec les «marnes à *Toxaster*» des contrées plus méridionales. Aucun argument paléontologique n'étage cependant cette attribution.

Les «calcaires à Rudistes de Praia dos Coxos» formés de calcaires jaunes ou rosés à Madrépores et Rudistes, associés à des calcaires gris bleuté à Echinides, à des marnes et à des grès fins, représentent l'Hauterivien supérieur, comme le prouve leur contenu faunistique (*Schuleridea* aff. *thoerenensis*, *Cythereis* gr. *bernardi*, *Buccicrenata* n. sp., *Trochotiara borurgueti*).

Barrémien. Deux unités on été distinguées à la partie inférieure:

— les «grès à Trigonies», à la base, constitués de grès blancs ou gris, de silts ligniteux, de grès dolomitiques et de calcaires gréseux. Ils sont dépourvus de marqueurs stratigraphiques. Ils correspondent à des accumulations de marais maritimes;

— les «calcaires et marnes à Choffatelles», au-dessus, qui offrent l'association de fossiles caractéristique du Barrémien inférieur portugais (*Trochotiara sculptilis*, *Hete-*

raster lepidus, Pseudotextulariella scarsellai, Cylindroporella sugdeni). C'est dans cette formation que se trouve, à Porto do Cavalinho, le gisement du type de *Choffatella decipiens.* L'aire de sédimentation était alors très confinée, voire lagunaire.

Les «grès d'Almargem inférieurs» — qui occupent la partie supérieure du Barrémien — se présentent sous le même faciès qu'aux environs de Cascais. Il en est des unités du **Bédoulien** et du **Gargasien:** les niveaux définis dans la région de Cascais se retrouvent à Ericeira sans changements notables et illustrent des milieux de dépôt semblables.

Le Crétacé inférieur s'ensable progressivement vers l'E, sur toute la longueur du flanc N du synclinal de Pero Pinheiro. Les seuls assises carbonatées et marines qui subsistent à Alverca, 32 km à l'ESE d'Ericeira, sur les rives du Tage, se situent dans l'Hauterivien: un mince niveau de marnes à nodules calcaires peut être considéré comme l'équivalent des «calcaires à Rudistes de Praia dos Coxos». Rappelons par ailleurs qu'une lacune affecte à Alverca le Valanginien.

*
* *

Ainsi, nous pouvons considérer que la sédimentation fut relativement continue au Crétacé inférieur dans la Serra da Arrábida et sur le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro (à l'exception du secteur d'Alverca). L'alternance de calcaires et de grès qui marque la succession stratigraphique au N du Cap Espichel et dans la région d'Ericeira s'explique par une situation généralement voisine du rivage. Le développement vers l'E des assises détritiques est lié à l'entrée dans le domaine continental et fluviatile. C'est à l'Hauterivien que la mer possède sa plus grande extension géographique.

Les successions et corrélations présentées dans ces contrées se différencient très notablement des attributions établies par CHOFFAT [1904] et admises jusqu'à ce jour. C'est ainsi que dans la Serra da Arrábida les «calcaires roux» étaient placés dans l'Hauterivien, les «calcaires à Polypiers de Lagosteiros» dans le Barrémien et tous les niveaux plus élevés dans l'Albo-Aptien. Dans la région d'Ericeira, les «calcaires à Rudistes» de Praia dos Coxos» étaient rapportés ou Barrémien, les «grès à Trigonies» à l'Aptien, les «calcaires et marnes à Choffatelles» (avec le gisement du type de *Choffatella decipiens)* et les assises sus-jacentes à l'Albien.

3° LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR DE RUNA ET DE TORRES VEDRAS

(Le Crétacé inférieur détritique à série stratigraphique complète)

Une succession stratigraphique quasiment complète du Crétacé inférieur a été relevée dans les bassins de Runa et de Torres Vedras. Il convient toutefois de préciser que rares ont été les documents paléontologiques recueillis; les attributions s'appuient essentiellement sur les comparaisons de lithofaciès avec les grès qui, dans les contrées plus méridionales, s'indentent dans des calcaires bien datés.

Le **Berriasien** serait matérialisé par des grès silteux blancs, par des argiles rouges ou lie-de-vin, par des grès gris, mal classés, à stratifications internes entrecroisées,

riches en feldspaths peu altérés et en galets de quartz diversement colorés. Cette formation fluviatile repose sur des argiles rouges à nodules calcareux et lentilles de grès fins rapportées au Portlandien. Elle a été analysée dans de bonnes conditions à Serreira, 9 km au SW de Torres Vedras.

Le **Valanginien** se compose, pour sa partie inférieure, de grès blancs fluviatiles, grossiers, lenticulaires, à galets de quartz et à feldspaths extrêmement transformés. L'unité est parfaitement dégagée au Fort de Forca, 500 m au NE de Torres Vedras. Elle est semblable aux grès blancs de São Lourenço et de Lagosteiros; elle en est probablement contemporaine. Ces grès sont discordants sur le Berriasien à la bordure occidentale du bassin de Torres Vedras.

Le sommet du Valanginien est constitué dans la partie W du bassin de Torres Vedras par des argiles brunes à Microforaminifères et par des grès fins jaunes en bancs subhorizontaux, formés en milieu marin supratidal. Ce niveau est absent à l'E du bassin de Torres Vedras et dans le bassin de Runa.

L'**Hauterivien** est bien identifié dans le bassin de Runa: les argiles brunes, vertes os bleues — intercalées de dolomies gris verdâtre, de silts bleu pâle et de grès jaunes ou bruns — qui le représentent ont, en effet, fourni *Buccicrenata* n. sp. associé à divers petits Foraminifères et à des empreintes de Lamellibranches.

En me basant sur les identités de faciès, je rapporte à l'Hauterivien les argiles bleues à plaquettes indurées ocre, à Lamellibranches et Foraminifères, qui surmontent les grès valanginiens dans le bassin de Torres Vedras; ces argiles sont associées à des grès fins jaunes ou rouges et surmontées de silts micacés blancs, bleutés, violacés ou noirs et de grès fins blancs micacés. Les Microflores recueillies, tant à la base qu'au sommet, confirment leur appartenance au Néocomien.

Tous ces sédiments détritiques fins se sont accumulés dans des vasières littorales.

Au **Barrémien inférieur** correspondraient des grès fluviatiles gris bleuté, violacés ou jaunes, à feldspaths peu altérés, lenticulaires, à stratifications entrecroisées, et des silts et argiles mauves, violacées, rouges ou blancs, bien visibles à Lugar d'Alem, 4 km à l'WNW de Torres Vedras. Leur attribution s'appuie sur le fait que les «grès à Trigonies» de Sobral da Abelheira, non loin d'Ericeira, encadrés de niveaux marins datés avec précision, possèdent les mêmes caractères lithologiques.

Le **Barrémien supérieur** ou le **Bédoulien** seraient formés d'argiles et de silts bleus, verts ou violacés, continentaux («grès d'Almargem inférieurs»).

Le **Gargasien** est représenté par des grès blancs, grossiers, à galets de quartz et de lydienne, à feldspaths diversement altérés, associés à des silts gréseux, psammitiques, et à des silts argileux rouges, violacés ou verts. Cette unité traduit une sédimentation fluviatile. Le gisement de Végétaux fossiles de Caixaria, près de Runa, et les associations de Pollens et Spores de Torres Vedras prouvent qu'ils sont synchrones des «grès d'Almargem supérieurs».

*
* *

Retenons donc que tous les étages du Crétacé inférieur seraient connus dans la région de Runa et de Torres Vedras. L'aire sédimentaire, essentiellement continentale,

fut le théâtre d'accumulations fluviatiles. Une seule incursion marine a été identifée; elle date du Valanginien terminal et de l'Hauterivien.

La succession ainsi établie est inédite. CHOFFAT [1892] supposait que l'ensemble du Crétacé inférieur pouvait être présent à Runa et Torres Vedras, mais il n'avait proposé aucune échelle stratigraphique. Depuis lors, les seuls travaux concernant cette région furent le fait de G. C. FERREIRA [1958] que, s'appuyant sur les données micropaléontologiques des argiles à Lamellibranches, avait conclu que l'ensemble des grès de Torres Vedras dataient du Valanginien.

4° LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR D'OLHALVO, ABRIGADA, CERCAL, ALCANEDE ET GALIOTA

(Le Crétacé inférieur détritique à lacunes importantes)

Certains étages du Crétacé inférieur sont totalement absents dans les affleurements d'Olhalvo et Abrigada, Cercal, Alcanede et Galiota; les grès et argiles représentatifs des autres étages offrent les mêmes lithoffaciès qu'à Runa et Torres Vedras.

A) *OLHALVO ET ABRIGADA*

Sur des grès feldspathiques et argiles versicolores du Berriasien viennent des argiles et silts bleutés ou rouges probablement hauteriviens, puis les grès blancs ou gris clair à galets de quartz et de lydienne du Gargasien. Le Valanginien, le Barrémien et le Bédoulien seraient donc inconnus.

B) *CERCAL*

Dans la partie occidentale du lambeau, des grès blancs à galets qui, par leur aspect lithologique, rappellent le Valanginien, reposent en discordance sur le Jurassique dont ils emplissent les karsts; ils sont surmontés par des silts et argiles bleus ou rouges, à plaquettes indurées ocre, hauteriviens, puis par des grès blancs ou bruns, à galets de quartz et de lydienne, interstratifiés avec des grès silteux gris clair et avec des argiles blanches, brunes ou rouges. Cette dernière formation succède directement au Jurassique dans la partie orientale du lambeau; la flore qu'elle a fournie à Milheiro montre qu'elle est l'équivalent des «grès d'Almargem supérieurs», et donc qu'elle date du Gargasien.

Ainsi, le Barrémien et le Bédoulien n'existent pas dans la moitié W de l'affleurement de Cercal. Tous les étages du Crétacé antérieurs au Gargasien manquent à l'E.

C) *GALIOTA*

Les grès blancs à galets qui font suite aux argiles rouges jurassiques contiennent des associations de Pollens et Spores valanginiennes. On peut, semble-t-il, rapporter à l'Hauterivien les silts et argiles rouges ou bleus, à plaquettes indurées ocre, qui les recouvrent, notamment à Olhos de Água et à Pousio da Galiota. Les grès gris, bruns ou rouges, plus élevés, à feldspaths bien conservés, intercalés de silts argileux versicolores, dateraient du Barrémien inférieur, ainsi que le laissent supposer les Microflores recueillies. Les termes plus récents du Crétacé n'ont pas été conservés.

La cuvette de Galiota serait donc marquée par une lacune du Berriasien.

D) *ALCANEDE*

La succession paraît symétrique de celle de Galiota, mais aucune donnée paléontologique ne renforce les attributions proposées: le Berriasien serait absent; le Valanginien se composerait de grès blancs à galets, l'Hauterivien de silts rouges ou bleus à plaquettes durcies, le Barrémien inférieur de grès verdâtres, jaunes, rosés ou violacés à feldspaths peu altérés et de silts verts, violets ou rouges. Le Barrémien supérieur et le Bédoulien n'ont pas été reconnus. Le Gargasien serait représenté par des grès jaunes ou blancs à galets de quartz et de lydienne, et par des silts argileux diversement colorés.

II. — LES DONNÉES BIOSTRATIGRAPHIQUES

En résumé, le Crétacé inférieur des contrées les plus orientales et nordoccidentales de l'Estremadura est incomplet. Les discontinuités intéressent, d'un point à l'autre, des étages différents. Tous les dépôts sont fluviatiles.

> Ces divers affleurements n'avaient, jusqu'à ce jour, fait l'objet d'aucune étude stratigraphique, si l'on excepte quelques observations ponctuelles concernant tel ou tel gisement de végétaux fossiles (Cercal en particulier). Tous les résultats énoncés ici son donc nouveaux.

Ce rappel des séries stratigraphiques vient de nous montrer que les attributions précédemment admises ont été notablement modifiées grâce à la découverte et à l'utilisation comme marqueurs d'un certain nombre d'organismes — microfossiles jusqu'à la fin du Valanginien inférieur, microfossiles et macrofossiles du Valanginien supérieur au Bédoulien. De ce fait, l'âge et la durée de vie d'espèces antérieurement citées au Portugal doivent être corrigés. En outre, l'analyse micropaléontologique m'a conduit à faire l'inventaire des représentants de certains groupes — Ostracodes, Algues et même Foraminifères — qui, auparavant, n'avaient jamais été étudiés dans ce pays. Il est donc nécessaire de dresser un bilan des données acquises sur la biostratigraphie du Crétacé inférieur. Même si telle ou telle limite d'étage doit, à l'avenir, être déplacée, la position relative de chaque individu par rapport aux autres n'en aura pas moins été établie.

1.° LES FORAMINIFÈRES

Tous les milieux de dépôt sont peu profonds et proches du rivage. Seuls ont donc été recueillis des Foraminifères benthoniques. Certains groupes proliférant généralement à une certaine distance de la côte — comme les *Orbitolinidae* — sont mal représentés alors que d'autres plus littoraux — tels les *Lituolidae* — abondent. Quatre familles me paraissent devoir offrir un certain intérêt stratigraphique, les *Lituolidae*, *Ataxophragmiidae*, *Involutinidae* et *Orbitolinidae*. L'extension de leurs représentants a été résumée dans le tableau 3. Elle appelle quelques commentaires.

A) *LITUOLIDAE*

Anchispirocyclina lusitanica marque le passage du Jurassique au Crétacé: apparu au Kimméridgien supérieur, ce Foraminifère disparaît vers la fin du Berriasien. *Feurtillia frequens*, née plus tardivement (au Portlandien) s'éteint au cours du Valanginien supérieur. Deux Pseudocyclammines sont identifiées: *Pseudocyclammina lituus*, qui

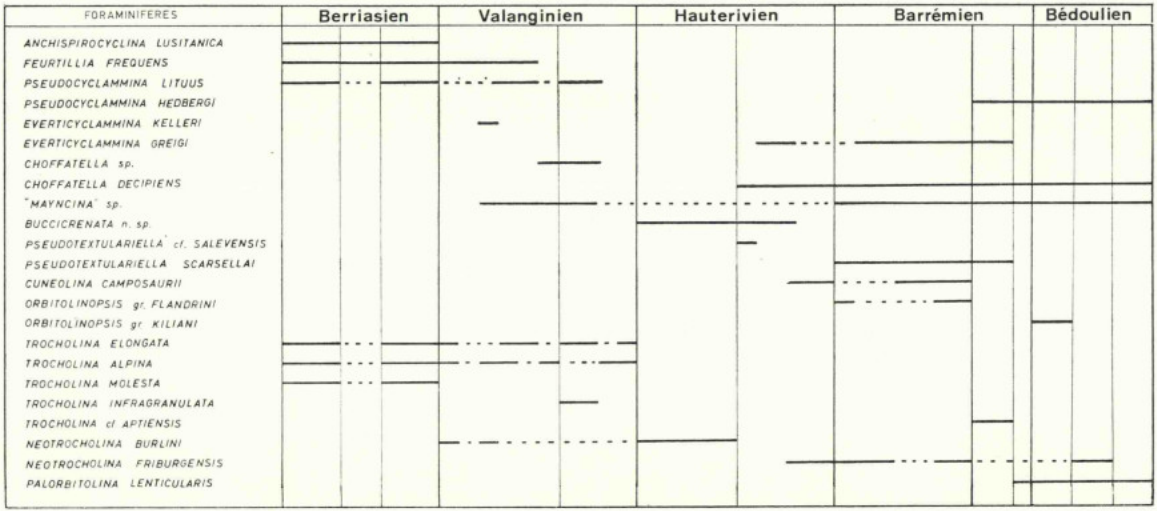


TABLEAU 3. — *Tableau de répartition stratigraphique des principales espèces de Foraminifères dans le Crétacé inférieur de l'Estremadura*

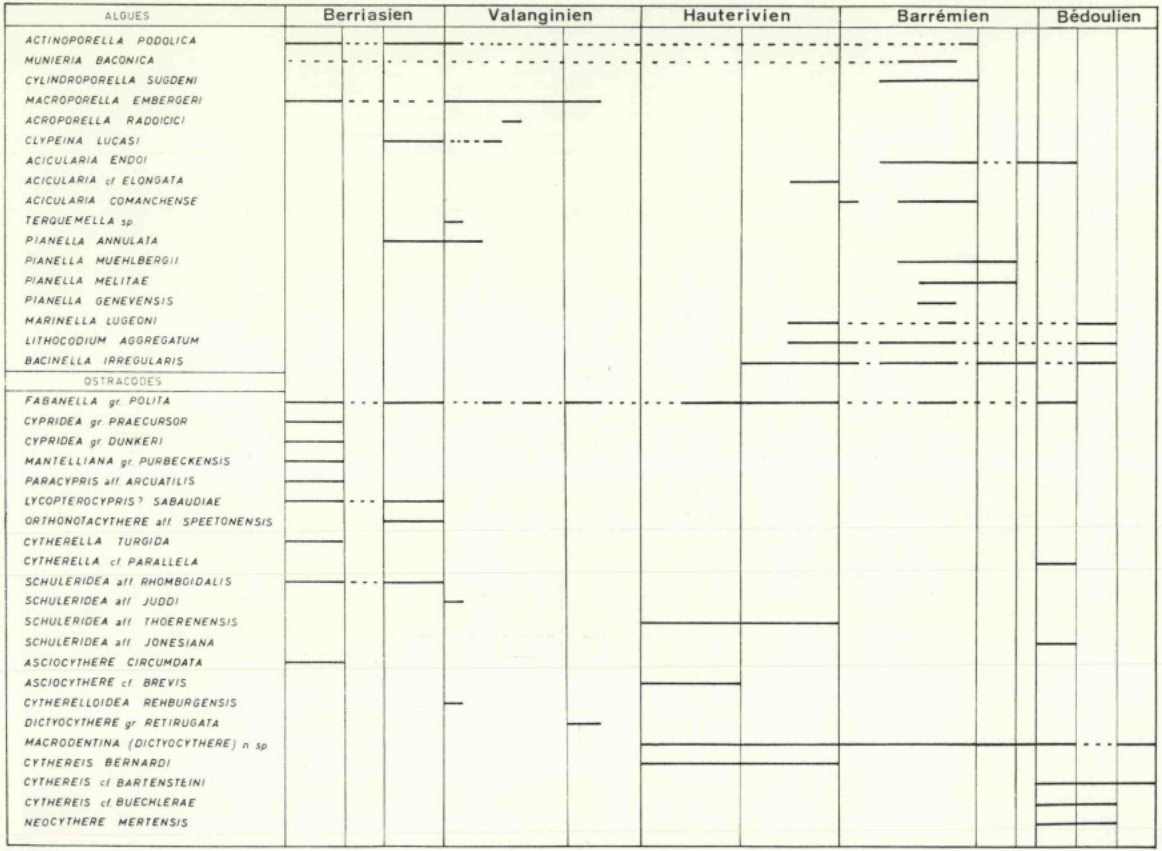


TABLEAU 4. — *Tableau de répartition stratigraphique des principales espèces d'Algues et d'Ostracodes dans le Crétacé inférieur de l'Estremadura.*

abonde dans les assises berriasiennes et valanginiennes, et *Ps. hedbergi*, connue à partir du Barrémien supérieur et lors du Bédoulien. *Everticyclammina kelleri* n'a été repérée que très localement au Valanginien inférieur, tandis que *E. greigi* affectionne les eaux littorales de l'Hauterivien supérieur et du Barrémien. J'estime que deux Choffatelles doivent être distinguées; l'une, petite et fruste (*Choffatella* sp.), est confinée aux assises terminales du Valanginien inférieur et au Valanginien supérieur; l'autre, plus grande, à structure plus fine (*Choffatella decipiens*) s'étend de l'Hauterivien supérieur au Bédoulien inclus. «*Mayncina*» sp., espèce très fréquente du Valanginien au Bédoulien, paraît dépourvue de valeur stratigraphique. Par contre, *Buccicrenata* n. sp. est un excellent marqueur de l'Hauterivien inférieur et d'une partie de l'Hauterivien supérieur.

B) *ATAXOPHRAGMIIDAE*

Le rôle de cette famille à l'Hauterivien et au Barrémien n'est pas négligeable. *Pseudotextulariella* cf. *salevensis*, organisme qui se rapproche beaucoup de l'espèce décrite par J. J. CHAROLLAIS, P. BRÖNNIMANN et L. ZANINETTI [1966] se rencontre dans l'Hauterivien et non, comme la forme type, dans le Valanginien. *Pseudotextulariel la scarsellai* est très caractéristique du Barrémien; contrairement à ce que l'on a observé dans le Jura [P. BRÖNNIMANN et M. A. CONRAD, 1968; M. A. CONRAD, 1969], elle n'atteint pas au Portugal l'Aptien inférieur. *Cuneolina camposaurii* apparaît à l'Hauterivien terminal et disparaît à la fin du Barrémien inférieur.

C) *INVOLUTINIDAE*

Les eaux subtidales et intertidales de mers restreintes sont très favorables au développement des Trocholines; leur extension verticale généralement élevée atténue leur intérêt stratigraphique. *Trocholina elongata* et *Tr. alpina*, connues dès le Jurassique supérieur, s'éteignent à la fin du Valanginien. *Trocholina molesta* semble confinée au Berriasien. *Neotrocholina burlini* s'étend du Valanginien à la fin de l'Hauterivien inférieur. *Neotrocholina friburgensis*, apparue dans l'Hauterivien terminal, occupe les zones périrécifales du Barrémien et du Bédoulien. *Trocholina infragranulata* et *Tr.* cf. *aptiensis* ne se manifestent que ponctuellement, la première au Valanginien supérieur, la seconde au Barrémien supérieur.

D) *ORBITOLINIDAE*

Comme nous l'avons vu, cette famille n'est représentée que par un nombre très limité d'espèces et — si l'on excepte les Palorbitolines — d'individus. *Orbitolinopsis* gr. *flandrini* marque le Barrémien inférieur. En me basant sur les associations d'Ostracodes, j'ai considéré qu'*Orbitolinopsis* gr. *kiliani* se rencontrait, comme dans la région genevoise [M. A. CONRAD, 1969], à l'Aptien inférieur. *Palorbitolina lenticularis*, apparue un peu plus tôt (à la fin du Barrémien), prolifère durant tout le Bédoulien.

2.° LES ALGUES

Les fonds infralittoraux et médiolittoraux favorisent les peuplements algaires (tabl. 4).

Parmi les Codiacées, je citerai *Boueina hochstetteri*, particulièrement fréquente dans le Barrémien et le Bédoulien, *Lithocodium aggregatum* (associé à *Bacinella irre-*

gularis) et *Marinella lugeoni*, qui croissent dans les environnements pararécifaux à l'Hauterivien supérieur, au Barrémien et au Bédoulien.

Les Dasycladacées sont abondantes et variées. Si des formes telles qu'*Actinoporella podolica* et *Munieria baconica*, connues toutes deux du Jurassique supérieur au Barrémien, n'ont guère d'intérêt stratigraphique, d'autres espèces ont une extension verticale plus étroite. *Macroporella embergeri* s'étend du Kimméridgien au Valanginien, *Acroporella radoicici* et *Terquemella* sp. apparaissent très brièvement dans des horizons bien définis du Valanginien inférieur; *Clypeina lucasi* et *Pianella annulata* jalonnent le passage du Berriasien au Valanginien; *Acicularia* cf. *elongata* est confinée au sommet de l'Hauterivien, *A. comanchense* au Barrémien inférieur, *A. endoi* au Barrémien et à la base du Bédoulien. *Pianella muehlbergii*, *P. melitae* et *P. genevensis* se localisent à la partie supérieure du Barrémien inférieur et au Barrémien supérieur.

Nous retrouvons au Portugal le cortège d'Algues classique du Crétacé inférieur. On remarquera que nombre d'espèces possèdent au Portugal une durée de vie inférieure à la valeur communément admise [J. BOUROULLEC et R. DELOFFRE, 1968; J. P. MASSE et A. F. POIGNANT, 1971], ce qui s'explique par le fait que mes observations concernent un territoire réduit et que les peuplements sont étroitements tributaires des conditions de milieu.

3.° LES OSTRACODES

Les Ostracodes apportent une intéressante contribution pour l'établissement de zones biostratigraphiques dans le Crétacé inférieur portugais (tabl. 4). Leurs strictes exigences écologiques ne doivent cependant jamais échapper à l'esprit, car elles influent sur leurs répartitions verticales. Si beaucoup de formes recueillies sont nouvelles, quelques espèces classiques ont été retrouvées. Peuvent être énumérés parmi les bons marqueurs: *Cypridea* gr. *praecursor*, *C.* gr. *dunkeri*, *Mantelliana* gr. *purbeckensis*, *Paracypris* aff. *arcuatilis*, *Cytherella turgida* et *Asciocythere circumdata* qui peuplent les fonds laguno-lacustres du Berriasien inférieur; *Orthonotacythere* aff. *speetonensis*, confiné au Berriasien supérieur; *Lycopterocypris? sabaudiae* et *Schuleridea* aff. *rhomboidalis*, connus durant tout le Berriasien, *Schuleridea* aff. *juddi* et *Cytherelloidea rehburgensis*, qui caractérisent l'horizon de la base du Valanginien; *Dictyocythere* gr. *retirugata*, localisé dans le Valanginien supérieur. *Macrodentina (Dictyocythere)* n. sp. est une espèce très abondante dans l'Hauterivien, le Barrémien et le Bédoulien; elle affectionne les mers restreintes. *Schuleridea* aff. *thoerenensis* et *Cythereis* gr. *bernardi* marquent l'Hauterivien. *Asciocythere* cf. *brevis* se cantonne dans l'Hauterivien inférieur. Je citerai enfin, comme formes naissant au Bédoulien, *Cytherella* cf. *parallela*, *Schuleridea* aff. *jonesiana*, *Cythereis* cf. *bartensteini*, *C.* cf. *buechlerae* et *Neocythere mertensis*.

4° LES ÉCHINIDES

La place tenue par les Échinides dans l'établissement de la stratigraphie à partir du Valanginien supérieur est très grande. Leur importance est telle qu'une révision des espèces s'est imposée. La répartition verticale des Échinides sera donc envisagée au cours de cette description paléontologique (tabl. 24 et 25).

* *
*

L'étude des autres groupes fossiles ne sera pas abordée ici. Les uns (Brachiopodes, Gastéropodes, Lamellibranches, Madréporaires) n'ont été soumis à aucune analyse

approfondie. D'autres (Charophytes, Céphalopodes) n'apparaissent que très momentanément, de sorte que la présentation de leur extension est dépourvue d'intérêt. Les Spores et Pollens, enfin, ont apporté de précieuses indications stratigraphiques, mais, leur examen ayant été entièrement confié à un spécialiste (C. BOULOUARD), jé ne suis pas qualifié pour me pencher sur les problèmes de zonation qui leur sont attachés.

III. — LES MILIEUX DE DÉPOT

L'analyse stratigraphique m'a permis de décrire, au fil des étages et des affleurements, un certain nombre d'ensembles sédimentaires formés dans des milieux différents. Leurs organisations séquentielles, leurs compositions pétrographiques et leurs contenus biologiques ont été ainsi détaillés. Afin de ne pas alourdir le texte et pour éviter de tomber dans le piège de généralisations hâtives basées sur quelques observations locales et particulières, je m'abstiendrai de proposer une image synthétique des traits lithologiques, paléontologiques et structuraux de chacun des types de dépôt. Je vais seulement évoquer les principaux modèles de sédimentation identifiés, en renvoyant le lecteur aux pages analysant les formations les plus représentatives de chacum d'entre eux.

Deux grands domaines d'accumulation doivent être distingués, le domaine continental et le domaine marin.

1° LE DOMAINE CONTINENTAL

Ce domaine est essentiellement le théâtre de **décharges fluviatiles.** Les produits détritiques, argiles et grès, sont déposés après un bref transport par des cours d'eau à chenaux divagants, en plaine de piémont, et s'ordonnent en séquences positives d'inondation. La description des «grès d'Almargem supérieurs» de la région de Cascais, Sintra et Brouco (p. 261) a fourni de bons exemples de telles formations. Selon que le régime hydrodynamique est stable ou variable, les argiles et grès présentent une alternance régulière et des séquences complètes, ou se superposent en séquences tronquées accompagnées de ravinements; à la première catégorie appartiennent les grès berriasiens de Serreira (p. 78) et les grès barrémiens de Lugar d'Além (p. 204), à la seconde les grès valanginiens de Torres Vedras (p. 120) et de Galiota (p. 123).

2° LE DOMAINE MARIN

Il répond à la définition des mers épicontinentales telle qu'elle a été, par exemple, énoncée par M. L. IRWIN [1965]: mers peu profondes, à pentes faibles, à circulation des eaux limitée ou nulle. Seules sont connues dans le Crétacé inférieur portugais la frange littorale et la partie de la marge continentale la plus proche du rivage.

En zone supratidale se sont épisodiquement accumulés dans des **vasières côtières** des sédiments détritiques fins, argiles agencées en feuillets horizontaux séparés par des croûtes durcies, comme les «argiles bleues à Lamellibranches et Foraminifères» de Torres Vedras (p. 194). Le peuplement se réduit à quelques Corbules, Arches, Lituolidés, Textulariidés, Trochamminidés et à du Phytoplancton. Des formations semblables, associées à des lits dolomitiques, alternent dans les **marais littoraux** avec les décharges détrifiques plus grossières, à stratifications obliques ou entrecroisées, des chenaux de

marées; les assises berriasiennes de Porto da Calada (p. 60) et les «grès à Trigonies» du Barrémien d'Ericeira (p. 174) en ont fourni de bonnes illustrations. Elles permettent de localiser avec une relative précision la zone de rivage.

Les accumulations carbonatées en milieu marin très confiné, **lagunaire**, revêtent deux aspects différents selon l'importance des amenées d'eaux douces issues du continent:

— dans un premier cas le volume de ces apports est très élevé: la salinité des eaux est fortement abaissée; il se crée un milieu **saumâtre** principalment identifiable à son contenu faunistique (Ostracodes lagunolacustres) et floristique (Charophytes). De telles conditions ont régné au Berriasien inférieur dans la région de Cascais, Sintra et Brouco (p. 55);

— dans un second cas les venues d'eaux douces, limitées ou nulles, n'atténuent pas l'hypersalinité de la mer confinée; le milieu lagunaire est **sursalé.** Les dolomitisations sont fréquentes et les faunes sont oligospécifiques (Ostracodes lacunaires, Glauconies). Les «calcaires et marnes à Choffatelles» du Barrémien d'Ericeira (p. 176) peuvent être rangés dans cette catégorie. Ce même milieu est parfois le théâtre de décharges détritiques épisodiques, comme le montrent les «grès à Dinosauriens» qui affleurent au N du Cap Espichel, dans le Barrémien.

On remarquera que les Lituolidés (Anchispirocyclines, Choffatelles, Pseudocyclammines) peuplent toujours ce domaine, quel que soit le degré de salinité des eaux.

De très importants apports terrigènes fluviatiles sont susceptibles de créer au débouché des cours d'eau sur la mer un milieu **estuarien.** Les grès à stratifications internes entrecroisées, à surfaces des cyclothèmes relativement planes, alternent avec des lits argileux horizontaux. Quelques Foraminifères (Trochamminidés, Lituolidés) et du Phytoplancton accompagnent d'abondants débris végétaux. Les «grès de Vale de Lobos» (p.112) appartiennent à ce modèle de sédimentation.

Les dépôts carbonatés accumulés sous des eaux à salinité normale, en **zone subtidale**, dans l'étage infralittoral, son fréquents dans le Crétacé inférieur portugais. Les fonds, tapissés de Dasycladacées, sont riches en Foraminifères variés, Brachiopodes, Gastéropodes (Natices, Nérinées), Lamellibranches. Je citerai, en particulier, les «marno-calcaires à *Leviathania leviathan*» d'Aldeia de Juzo (p. 101).

L'existence de conditions récifales permet de définir, à certaines époques, entre les édifices bioconstruits et le rivage, un **bassin interne** où s'accumulent calcaires et marnes. J'ai ainsi décrit les sédiments de lagon de l'Hauterivien et du Barémien inférieur de la région de Cascais, Sintra et Brouco (p. 165). Entrent dans la même catégorie les «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*» du Bédoulien à la périphérie du Massif de Sintra et du dôme de Brouco (p. 243).

> Une zonation horizontale a pu être établie dans cette dernière formation entre les sédiments à Choffatelles et Codiacées, proches de la côte, et les sédiments à Orbitolines et Dasycladacées, situés plus au large.

Des **ensembles récifaux** ont été identifiés. L'ensemble des «calcaires récifaux inférieurs», d'âge hauterivien, m'a permis de décrire un *récif-barrière* — le noyau construit de Cabo Raso (p. 163) —, des *dépôts de pente interne* (p. 164) et des *biostromes* localisés à la région de Boa Vista (p. 165).

> Ces édifices coralliens monostoéiques: les Madrépores composent seuls la charpente des récifs. Les Rudistes se groupent à la périphérie des structures construites par les Polypiers.

Les «calcaires récifaux supérieurs», bédouliens, de la région de Crismina, Murches et Cabreiro (p. 243) renferment de petits *récifs de plate-forme.*

Les formations les plus éloignées du rivage, sédimentées aux plus grandes profondeurs, ont été reconnues dans l'unité des «marnes et calcaires marneux à *Toxaster*» de Mexilhoeira (p. 151). Ce sont des **dépôts circalittoraux** dépourvus d'Algues, pauvres en Foraminifères, à biophase essentiellement composée d'Echinides et d'Ammonites. Le lithofaciès est caractérisé par une forte teneur en matériel terrigène fin.

IV. — LE CADRE ET L'ÉVOLUTON PALÉOGÉOGRAPHIQUE

1° LES GRANDS ENSEMBLES PALÉOGÉOGRAPHIQUES

L'analyse stratigraphique et sédimentologique de chaque formation nous a conduits à reconstituer un paysage composé de domaines paléogéographiques distincts. Les uns (domaines de sédimentation) ont été directement observés; l'existence des autres (domaines d'érosion) fut déduite des caractères du matériel transporté et sédimenté. Ce paysage peut être maintenant précisé en rapprochant les éléments collectés dans les divers étages. C'est ainsi que je vais distinguer un socle paléozoïque, à l'E, des marges orientale et occidentale, un bassin sédimentaire médian et une ride paléozoïque occidentale (*fig.* 78).

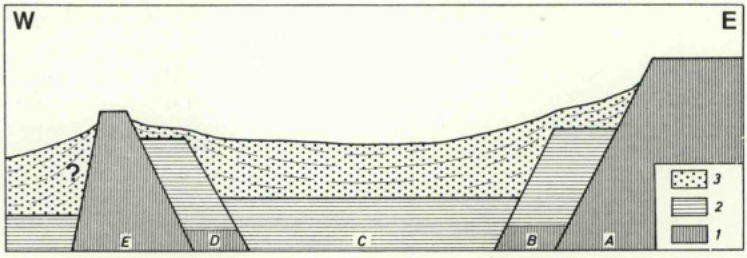


FIGURE 78. — *Disposition schématique des grands ensembles paléogéographiques au N de l'Estremadura. Profil interprétatif.*
1: Paléozoïque; 2: Jurassique; 3: Crétacé inférieur.
A: socle paléozoïque; *B:* marge orientale; *C:* bassin sédimentaire médian; *D:* marge occidentale; *E:* ride paléozoïque occidentale.

A) *LE SOCLE PALÉOZOÏQUE*

Toutes les accumulations détritiques du Crétacé inférieur démontrent qu'un socle formé de roches éruptives, métamorphiques et paléozoïques traversées de filons quartzeux et pegmatiques s'élévait vers l'E, à faible distance des domaines de sédimentation. Il représentait la principale aire nourricière en produits terrigènes. Les observations sédimentologiques laissent supposer que ce substratum — représentant la partie occitale de la Meseta ibérique — atteignait l'emplacement de l'actuel fossé du Tage. Les donnés recueillies par d'autres chercheurs corroborent cette hypothèse: un sondage implanté près du Tage, non loin de Vilafranca de Xira, a recoupé des schistes anciens sous la couverture tertiaire [*in* G. ZBYSZEWSKI, 1959, p. 128]; les études menées dans

le bassin du Tage [A. M. GALOPIM DE CARVALHO, 1968] semblent prouver que le Tertiaire repose essentiellement sur un socle paléozoïque et que le fossé a pris naissance au début du Paléogène.

Je pense, à la suite de G. ZBYSZEWSKI [1959, p. 130], que la limite occidentale du substratum pourrait être fixée aux environs de Setúbal et de Palmela; elle longerait plus au N le Tage — d'Alverca à Vila Franca de Xira —, passerait à l'E d'Alenquer et de Rio Maior et se prolongerait jusqu'à Tomar vers le N.

B) *LA MARGE ORIENTALE*

Les affleurements les plus orientaux du Crétacé inférieur, à Alverca, à Abrigada et Olhalvo, à l'extrémité E du bassin de Torres Vedras, à Cercal et de part et d'autre d'Alcanede, sont caractérisés, nous lavons vu, par l'existence d'importantes lacunes. Par ailleurs, de fortes réductions d'épaisseur ont été relevées à l'E de la Serra da Arrábida. Aisin se définit une nouvelle unité paléogéographique à dépôts essentiellement fluviatiles discontinus.

On peut imaginer que le substratum paléozoïque était bordé vers l'W d'une *marche* ou *zone de flexure* épisodiquement surélevée par rapport au bassin sédimentaire médian. Les discontinuités concernent d'un point à l'autre des étages différents. Le comportement de cette zone n'est donc pas semblable sur toute sa longueur. Certaines parties s'exhaussaient quelque peu alors que d'autres s'abaissaient, les mouvements s'inversant à d'autres périodes.

C) *LE BASSIN SÉDIMENTAIRE MÉDIAN*

La Serra da Arrábida, la périphérie du Massif de Sintra et du dôme de Brouco, le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro et les cuvettes de Runa et de Tôrres Vedras possèdent une série stratigraphique complète. Le Crétacé de toutes ces contrées s'intègre dans un même ensemble paléogéographique. L'aire de sédimentation est marine au SW, fluviatile vers l'E et vers le N. Les dépôts se sont accumulés de manière relativement continue dans un bassin s'étirant du S vers le N, ouvert sur le large vers le S et le SW. Ce domaine ne semble avoir été fractionné par aucun accident longitudinal ou transverse important. Aucun relief notable n'existait à l'emplacement du Massif de Sintra (*).

D) *LA MARGE OCCIDENTALE*

Je désigne ainsi l'unité paléogéographique matérialisée au N de l'Estremadura, par le Crétacé inférieur de Galiota. Dans cet affleurement, symétrique de celui d'Alcanède

(*) Contrairemente à P. Y. BERTHOU [1971, p. 300], je ne pense pas qu'une dorsale ait préfiguré lors de la sédimentation des «couches d'Almargem» la ride anticlinal du Massif de Sintra et du dôme de Brouco. Comme nous l'avons vu dans notre analyse, aucune donnes stratigraphique ou sédimentologique ne vient appuyer cette hypothèse. Le seul argument présenté par P. Y BERTHOU résiderait dans une épaisseur des «couches d'Almargem» nettement moins élevée dans les régions de Sintra et de Caneças que dans les régions de Lousa et de Torres Vedras. Or, c'est, en réalité, l'inverse qui se produit: les «couches d'Almargem» ont une puissance de 40 m maximum dans le bassin de Torres Vedras, de 99 m dans la région de Sintra (coupe de Crismina), de 55 m à Caneças et à Lousa! Si l'on tient compte uniquement des «grès supérieurs» (gargasiens), on voit que leur puissance est de 35 m maximum à Torres Vedras, de 42 m à Lousa et à Caneças, de 38 m à Cobre au Sud du Massif de Sintra; les épaisseurs sont donc sensiblement égales.

par rapport au bassin sédimentaire médian, apparaît, en effet, une succession incomplète; le Berriasien est absent. La région de Galiota, légèrement exhaussée, dessinait au Berriasien ou au Valanginien inférieur (si le Berriasien s'est déposé, puis fut, ultérieurement, érodé) une marche occidentale bordant vers le NW le bassin médian. Une uniformisation s'est ultérieurement produite. Cette zone n'est pas connue au S du parallèle de Torres Vedras, soit qu'elle s'éteigne, soit qu'elle se situe à l'emplacement de l'Atlantique.

E) *LA RIDE PALÉOZOÏQUE OCCIDENTALE*

Je n'ai découvert d'indices prouvant l'existence d'une ride paléozoïque occidentale que dans les formations aptiennes. Je pense que des reliefs granito-gneissiques jalonnant un mince horst longitudinal s'élevaient alors une dizaine de km à l'W du littoral actuel du Portugal, dans le prolongement des îles granitiques et métamorphiques de Berlenga, Farilhões et d'Estelas qui émergent encore de nos jours. Il ne semble pas que l'on puisse suivre la ride au S de l'estuaire du Tage. Cette unité fonctionnait déjà en tant que zone haute au Lias et au Jurassique supérieure [FREIRE DE ANDRADE, 1937; G. ZBYSZEWSKI, 1959, p. 128]. Par contre, les sédiments néocomiens, barrémiens et bédouliens ne recèlent aucune trace de sa présence. Il est donc probable que le compartiment s'exhaussait ou s'enfonçait alternativement au cours des temps.

*
* *

En résumé, j'ai distingué:

— un domaine constamment en relief: le socle paléozoïque oriental;

— un domaine en permanence déprimé: le bassin sédimentaire médian;

— plusieurs compartiments longitudinaux subissant des mouvements alternés de surrection et d'affaissement: les marges orientale et occidentale; la ride paléozoïque occidentale.

F) *LE CADRE PALÉOGÉOGRAPHIQUE ET LES ORIENTATIONS STRUCTURALES ACTUELLES*

Il est très instructif de superposer le cadre paléogéographique du Crétacé inférieur avec une esquisse structurale de l'Estremadura actuelle (*fig.* 79), Quelques relations peuvent être faites:

— le bassin sédimentaire médian forme une large bande orientée SSE-NNW de la Serra da Arrábida au parallèle de Torres Vedras et SSW-NNE plus au N; elle est limitée de nos jours vers l'E et vers l'W par des accidents longitudinaux (N-S), tels le pli diapir de Caldas da Rainha, à l'W, les accidents diapiriques de Rio Maior, l'aire anticlinale de Montejunto, les diapirs de Matacães, les failles et décrochements de Sobral de Monte Agraço, d'Aguieira (à l'E d'Alverca) et de Palmela, à l'E;

— les marges occidentales (région de Galiota) et orientales (régions d'Alcanede, Cercal, Abrigada, Olhalvo, Alverca; extrémité E de l'affleurement de Torres Vedras) se placent le long de ces accidents longitudinaux ou à l'extérieur de ceux-ci par rapport au bassin sédimentaire médian, donc dans des panneaux actuellement distincts de ce dernier.

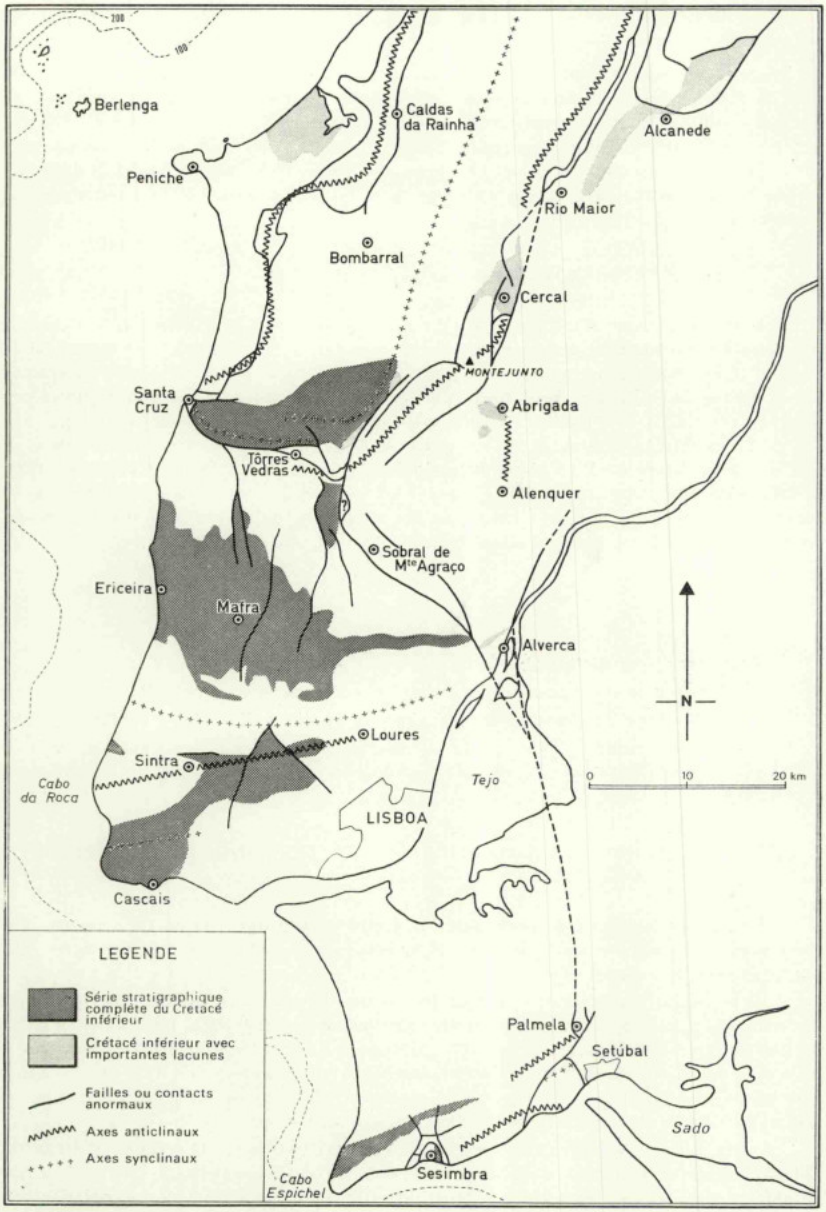


FIGURE 79. — *Les affleurements crétacés et le cadre structural de l'Estremadura actuelle.*

Reprenons, pour préciser notre analyse, l'exemple de Cercal car il est, à cet égard, très révélateur: nous avons vu (p. 278) que, dans cet affleurement, l'Aptien est le seul étage du Crétacé inférieur représenté à l'E d'une ligne passant par le signal de Rocha Forte, Cercal, Cabeço do Mosqueiro, Quinta do Melo et Venda do Freixo. A l'W de celle-ci, le Crétacé inférieur est plus complet: l'Aptien succède au Valanginien et à l'Hauterivien. Or, cette limite d'érosion ou de sédimentation, bordure d'un paléorelief, se place sur l'actuelle charnière de l'anticlinal du Montejunto, à sa terminaison septentrionale, puis, plus au N, coïncide avec des accidents injectés de roches éruptives (*fig.* 67). La ligne orogénique crétacée se superpose exactement avec un trait structural visible de nos jours.

Ainsi, il y a corrélation entre les limites des ensembles paléogéographiques du Crétacé inférieur et les plis ou accidents longitudinaux actuels.

Le rôle de ces orientations structurales dans la paléogéographie peut être mis en évidence dès le Jurassique supérieur. G. ZBYSZEWSKI [1959] a parfaitement démontré que des fractures accompagnées de montées diapiriques se sont produites dans la région de Caldas da Rainha dès le Lusitanien. Le bassin sédimentaire médian, subsident, est alors bordé à l'E et à l'W d'aires à sédimentation marine plus irrégulière et moins puissante.

Il est donc probable que ces rides et accidents résultent du rejeu de grandes fractures du socle paléozoïque. *Les ensembles paléogéographiques définis au Crétacé inférieur se moulent sur des compartiments longitudinaux du substratum.*

Par contre, il n'existe, semble-t-il, aucun lien entre les caractères de la sédimentation crétacée et les structures transverses (E-W) actuelles (anticlinaux de la Serra da Arrábida, ride du Massif de Sintra et du dôme de Brouco, faille transverse de Torres Vedras - Santa Cruz). La naissance de tous ces accidents serait postérieure au Crétacé inférieur.

2° LES FLUCTUATIONS DE LA NAPPE D'EAU

Le Crétacé inférieur, dans son ensemble, correspond au Portugal à une grande période de régression. La mer occupe un territoire bien moins vaste qu'au Jurassique supérieur et au Crétacé supérieur. Plusieurs fluctuations secondaires peuvent cependant y être distinguées grâce à l'analyse de l'enchaînement dans l'espace et dans le temps des milieux de dépôt. La mer épicontinentale ne déborde guère du bassin sédimentaire médian, à l'exception d'une lèche hauterivienne sur la marge orientale, dans la région d'Alverca. Cinq épisodes ont été reconnus (*fig.* 80).

A) *LA RÉGRESSION DU BERRIASIEN INFÉRIEUR*

Après la sédimentation marine portlandienne, la mer se retire brusquement vers l'W et vers le S au début du Berriasien inférieur. La ligne de rivage passe alors au N d'Ericeira, à l'E de Brouco et au Cap Espichel. Les eaux, très confinées, sont partiellement dessalées par d'importantes arrivées fluviatiles.

B) *LA TRANSGRESSION DU VALANGINIEN SUPÉRIEUR ET DE L'HAUTERIVIEN BASAL*

Le Berriasien supérieur et le Valanginien inférieur correspondent à une période de stabilité de la nappe d'eau. La côte ne se déplace guère. On peut supposer que le caractère marin plus affirmé du milieu de dépôt est dû au fait que les eaux douces ne

s'étalent plus largement dans le bassin sédimentaire. Un mouvement de transgression prend brusquement naissance au Valanginien supérieur, la mer conquiert vers l'E et le N des domaines auparavant continentaux; la limite entre terre et mer passe alors à l'W de Torres Vedras, près de Malveira et, au S, dans la partie orientale de la Serra da Arrábida. C'est au début de l'Hauterivien que la mer atteint sa plus grande extension: presque toute la région de Torres Vedras et l'ensemble de la Serra da Arrábida sont envahis; les eaux atteignent vers l'E Alverca, sur les rives actuelles du Tage. Corrélativement, les surfaces de sédimentation s'approfondissent dans les régions de Cascais et de Sintra, où se crée un milieu circalittoral.

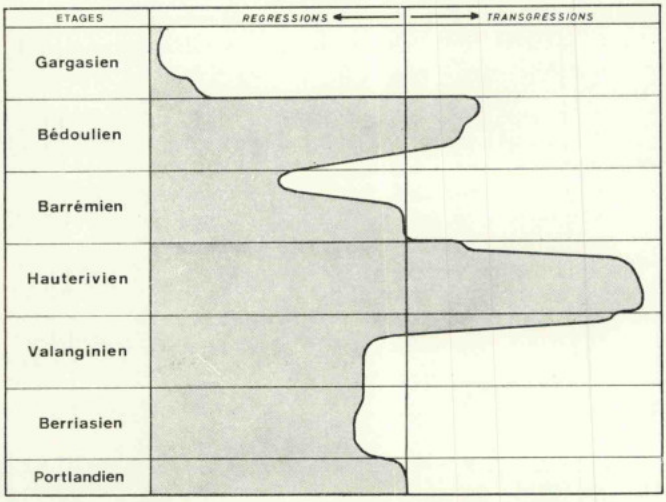


FIGURE 80. — *Les fluctuations de la mer en Estremadura au Crétacé inférieur.*

C) *LA RÉGRESSION DE L'HAUTERIVIEN ET DU BARRÉMIEN*

L'épaisseur de la tranche d'eau décroît au cours de l'Hauterivien, mais les lignes de rivage ne se déplacent pas. Durant cette phase d'abaissement relatif du niveau de la mer se mettent en place d'importants ensembles récifaux. La mer se retire progressivement vers l'W et le S à la fin de l'Hauterivien et au Barrémien; elle abandonne dans un premier stade (limite Hauterivien - Barrémien) les régions de Torres Vedras, d'Alverca, de Malveira et la partie orientale de la Serra da Arrábida; dans une seconde étape (Barrémien supérieur), elle ne laisse que quelques flaques d'eau locales et temporaires au N d'Ericeira, près de Cascais et au Cap Espichel.

D) *LA TRANSGRESSION DU BÉDOULIEN*

Le milieu marin reprend progressivement possession d'une partie du bassin sédimentaire à la fin du Barrémien et au cours du Bédoulien. La frange côtière se dé-

place peu à peu vers l'E et le N, pour atteindre dans un ultime stade la région de Louza (E de Malveira), de Caneças, et, au S, de Sesimbra. Cette phase de transgression est favorable à la mise en place et à la migration vers l'E de structures coralliennes.

E) *LA RÉGRESSION DU GARGASIEN*

La mer quitte brutalement l'Estremadura au Gargasien. Aucun dépôt marin n'est connu. Les décharges fluviatiles envahissent toutes les zones basses. La nappe d'eau salée ne reviendra dans ces régions qu'au Cénomanien.

F) *CONCLUSIONS*

Quelle signification peut-on accorder à de telles fluctuations? Elargissons notre horizon pour tenter de répondre à cette question, et comparons le Crétacé inférieur portugais avec celui d'autres contrées d'Europe. Nous pouvons constater que des mouvements analogues de mers épicontinentales ont été décrits ailleurs, en particulier dans le Bassin de Paris et sur le pourtour de la fosse vocontienne; c'est ainsi que l'on a mis en évidence dans le Jura une régression du Berriasien inférieur [C. HÄFELI, 1966], une transgression du Valanginien supérieur et de l'Hauterivien basal [S. GUILLAUME, 1966; N. STEINHAUSER et J. J. CHAROLLAIS, 1971], une régression barrémienne [M. A. CONRAD, 1968]; le synchronisme avec le Portugal est bien moins net à la fin du Barrémien et à l'Aptien [S. GUILLAUME, 1966; M. A. CONRAD, 1968]. Par contre, les comparaisons avec certaines régions actuellement plus proches de l'Estremadura, telles l'Aquitaine [J. BOUROULLEC, R. DELOFFRE, 1970] ou l'Espagne orientale [J. BOUROULLEC, J. CANÉROT, F. DERÈS, 1970; E. FOURCADE, 1970] ne semblent pas montrer un parallélisme étroit des mouvements. Par conséquent, si les fluctuations de la mer enregistrées au Portugal ne sont pas exclusives à ce pays — et si donc elles ne ressortent pas de phénomènes purement locaux — elles ne sont pas non plus généralisées.

Cette constatation m'amène à penser que l'assimilation de ces déplacements de la nappe d'eau à des transgressions et régressions eustatiques doit être écartée ou que, du moins, l'eustatisme n'y joue pas un rôle essentiel. Les mouvements me paraissent répondre plutôt à la définition que R. CIRY [1954] proposa des *transgressions tectogènes ou intracontinentales*, mouvements n'intéressant que des zones relativement limitées qui s'allongent suivant des gouttières parallèles à des directions structurales préexistantes ou en voie d'élaboration, se reproduisant périodiquement et touchant à plusieurs reprises les «mêmes régions, suivant les mêmes directions, avec seulement chaque fois des extensions un peu différentes». Les facteurs déterminants de tels déplacements des nappes d'eau pourraient être recherchés dans des déformations tectoniques locales surélevant ou abaissant la totalité de certains panneaux (et ici, plus précisément, le panneau du bassin sédimentaire médian). Je pense que ces facteurs pourraient agir de la même façon et approximativement dans le même temps dans certaines contrées relativement éloignées, expliquant ainsi les similitudes paléogéographiques observées; tel serait par exemple le cas du Portugal et du Jura au Néocomien.

3° LES MOUVEMENTS OROGÉNIQUES DES SOCLES ET DE LEURS BORDURES

— A côté de ces mouvements verticaux affectant le sillon sédimentaire, deux phases principales de déformations orogéniques peuvent être identifiées lors du Crétacé inférieur sur la marge orientale du bassin sédimentaire médian, à la bordure du substratum paléozoïque oriental:

— la première phase se situe au *Valanginien inférieur*. Elle se traduit par des discordances du Valanginien sur l'Oxfordien et le Kimmeridgien (affleurement de Cercal) ou sur le Portlandien et le Berriasien (extrémité orientale de l'affleurement de Tôrres Vedras, aux environs de Lapas et au S de Vilar); dans ce dernier cas, les discordances se placent dans le prolongements du diapir de Matacães et l'on peut supposer que la création de reliefs est due à une montée diapirique. Il se pourrait aussi que cette phase se manifeste par des lacunes du Berriasien (affleurement d'Alcanede) — les discontinuités résultant alors d'érosions postérieures aux dépôts berriasiens —, ou par des lacunes du Valanginien (affleurements d'Olhalvo, Abrigada, Alverca) — l'absence de sédimentation étant liée à la mise en place de zones hautes.

— la seconde phase se produit à l'*Aptien*. Elle est particulièrement apparente dans le bassin de Cercal, où les «grès d'Almargem» reposent sur des terrains d'âges variés, jurassiques et néocomiens.

Les lacunes du Barrémien dans les affleurements d'Olhalvo et Abrigada pourraient éventuellement être imputables à cette orogenèse, dans la mesure où les discontinuités auraient été créées par des abrasions faisant suite à la sédimentation barrémienne; ou bien elles s'expliqueraient par des surrections anté-barrémiennes.

Nous pouvons penser que les deux phases orogéniques valanginienne et aptienne ont été aussi ressenties dans le substratum paléozoïque oriental; car c'est au Valanginien inférieur et à l'Aptien qu'arrivent dans le bassin sédimentaire d'importantes masses de produits détritiques très altérés, résultant de ruptures de l'équilibre pédologique sur le socle.

La marge occidentale (affleurement de Galiota), où le Berriasien est absent, pourrait avoir été affectée par l'orogenèse du Valanginien inférieur.

La ride paléozoïque occidentale, enfin, n'intervient qu'au Gargasien, à la suite, peut-être, des mouvements orogéniques aptiens.

Ces deux phases ne sont pas propres au Portugal. L'hypothèse de manifestations orogéniques ou épirogéniques au début du Crétacé et à l'Aptien fut avancée en diverses régions, notamment dans le Jura [A. CAROZZI, 1948; S. GUILLAUME, 1966] et dans le Nord Ouest de l'Espagne [P. RAT, 1957, p. 510].

La position des phases orogéniques affectant les socles et leurs bordures par rapport aux fluctuations de la mer dans le bassin sédimentaire est variable. Si, en effet, la phase aptienne est jointe à une très forte régression de la mer, la phase du Valanginien inférieur se produit en période de stabilité de la nappe d'eau. Les mouvements verticaux du substratum et de ses marges ne sont donc pas nécessairement associés à des mouvements semblables ou opposés du panneau correspondant au bassin sédimentaire.

4° LES APPORTS ALLUVIAUX ET LES FLUCTUATIONS DE LA MER

Des formations marines et continentales sont juxtaposées dans le Crétacé inférieur de l'Estremadura. Le lieu est donc propice à l'analyse des relations entre les caractères des sédiments fluviatiles, les migrations de la mer et les mouvements orogéniques du socle. Quelques règles simples ont pu, ainsi, être vérifiées:

— les épisodes de régression de la mer s'accompagnent de la mise en place dans les plaines alluviales de sédiments traduisant une évolution pédogénétique incomplète sur le substratum, aire soumise au démantèlement. Le recul progressif des eaux, abaissant le niveau de base du profil d'équilibre des fleuves, entretient un déséquilibre sur

les reliefs, crée un régime d'érosion continue et interdit la conservation sur place des sols durant un temps suffisamment long pour que la transformation des produits de l'attaque des roches soit très poussée. Les grès berriasiens et les grès barrémiens, riches en feldspaths faiblement altérés, renfermant des argiles aux teintes vives, ferrifères, offrent de bonnes illustrations de ce schéma;

— les épisodes de transgression de la mer, élevant le niveau de base des fleuves, amoindrissent ou éteignent l'activité érosive des cours d'eau si le substratum reste stable. Tel est le phénomène qui se produit à l'Hauterivien inférieur; seules, des argiles alimentent les zones de piémont;

— les phases orogéniques succédant à un important épisode de stabilité ou de transgression de la mer permettent le transport et le dépôt de matériaux terrigènes très altérés, témoignant d'une évolution pédogénétique avancée sur le substratum. La fixité durable ou l'exhaussement du niveau de la mer a favorisé, dans un premier temps, le maintien et le développement d'un épais manteau d'altération où les produits de l'érosion sont intensément transformés. Dans un second temps, la rupture de cet équilibre sous l'action de mouvements verticaux provoque l'arrachement du sol et la décharge de ses composants dans les plaines alluviales. Les grès valanginiens et certains grès gargasiens, marqués par une forte décomposition des feldspaths, par des teintes blanches et par une haute teneur en argiles kaoliniques, mis en place à la suite d'orogenèses, répondent à ce mode de formation.

Nous remarquons que les fluctuations de la mer et les mouvements verticaux du substratum suffisent pour expliquer l'arrivée d'apports terrigènes dans le domaine sédimentaire, les caractères lithologiques des alluvions et le degré d'évolution des éléments détritiques sédimentés. Il n'est pas nécessaire, dans tous les cas examinés, de faire intervenir des variations climatiques. L'examen des argiles n'a d'ailleurs pas révélé de changements importants du climat durant le Crétacé inférieur; l'Estremadura correspondait, d'une manière générale, à un pays tropical humide ou équatorial. Tout au plus s'est-il, peut-être, produit une légère diminution de la pluviosité au Barrémien. C'est pourquoi je n'ai pas eu recours, dans ce travail, à la théorie de la *biorhéxistasie* [H. ERHART, 1967]. En effet, celle-ci, qui lie l'évolution des séries sédimentaires aux variations du couvert végétal sur le continent, explique les ruptures d'équilibre biologique déterminant les remaniements des sols par des modifications essentiellement climatiques (*op. cit.*, p. 62). L'action de ces dernières n'étant pas prouvée dans le Crétacé inférieur portugais, le rôle de la végétation continentale dans la sédimentation n'ayant pu être défini, je me suis abstenu d'utiliser les termes de biostasie et de rhéxistasie, bien que je me sois fréquemment inspiré des principes et du mode de pensée de leur créateur.

CHAPITRE SIXIÈME

ANNEXE: LES VALEURS SÉDIMENTOLOGIQUES

SOMMAIRE

I. — *Stratifications entrecroisées* 304
II. — *Centile des galets* 308
III. — *Morphométrie des galets* 310
IV. — *Granulométrie* 312

I. — STRATIFICATIONS ENTRECROISÉES

Pour chaque affleurement sont indiquées les différentes mesures des directions vers lesquelles s'inclinent les lignes de plus grande pente des feuillets élémentaires. Le dernier chiffre, entre parenthèses, désigne la moyenne des valeurs angulaires des pentes.

Tableau 5: LES STRATIFICATIONS ENTRECROISÉES DANS LES GRÈS BERRIASIENS

Localisation	Valeurs mesurées
SERRA DA ARRÁBIDA	
Praia dos Lagosteiros	330 - 335 - 340 - 345 - 0 - 310 - 340 - 280 - 305 - 312 300 - 325 - 305 - 250. (18°).
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO	
Porto da Calada	212 - 198 - 230 - 210. (18°,5).
Juremelo (150 m SSW centre village)	210 - 220 - 225 - 235 - 220. (14°,5).
Casal do Coelho (1750 m WSW Vilafranca do Rosário	220. (12°).
Vilafranca do Rosário (1 km SW église)	200 - 180 - 225 - 245. (22°).
Chipre (500 m SE signal géodésique)	244 - 260. (9°).
Codeçal (500 m NW centre village)	250 - 265. (13.°,5)
Tarejo (400 m SW signal géodésique)	185 - 215 - 200 - 205. (20°).
Serreira (250 m NW centre village)	290 - 260 - 240 - 220 - 288 - 282 - 295 - 298 - 300. (19°).
Venda do Pinheiro (750 m SE centre village)	240. (18°).
Tuilerie de Freixeira	275 - 240 - 268. (20°).
Tuilerie de Vale de São Gião	250. (20°).
Bucelas (1250 m W église)	250. (12°).
BASSIN DE RUNA	
São Sebastião (350 m NNE église)	310 - 305 - 298 - 295 - 275. (20°).
BASSIN DE TORRES VEDRAS	
Fonte Grada (150 m S centre vilage)	250. (18°).
Casal do Gago (300 m NE maison)	265. (18°).
Rodeio (500 m NW hameau)	220. (20°).

Tableau 6: LES STRATIFICATIONS ENTRECROISÉES DANS LES GRÈS VALANGINIENS

Localisation	Valeurs mesurées
SERRA DA ARRÁBIDA	
Praia dos Lagosteiros	305 - 300 - 245 - 300 - 260 - 255 - 250 - 280 - 220 295 - 260 - 355 - 265 - 265 - 285 - 215 - 275 - 270 300 - 290 - 245 - 275 - 247 - 265 - 295 - 290 - 255 290 - 275 - 235 - 245 - 230 - 232 - 260 - 235 - 295 275 - 282. (17°,8).

Localisation	Valeurs mesurées
Azoia (300 m N centre village)	250 - 266 - 275 - 242 - 230 - 260 - 235 - 250 - 250 255 - 247 - 260 - 225. (18°,4).
Moulin de Frade	190 - 150 - 218 - 180 - 195 - 205 - 180 - 180 - 155 225 - 180 - 178 - 245 - 222 - 205 - 195 - 190 - 200 172. (21°,8).
São Caetano (500 m W maison)	215 - 250 - 235 - 225. (23°,3).
DÔME DE BROUCO	
Carrières de Vale de Lobos	217 - 236 - 235 - 262 - 190 - 245 - 242 - 245 - 238 265 - 240 - 230 - 200 - 232 - 220 - 250. (14°,5).
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO	
Forte do Picoto (1 km NE Ribamar)	215 - 245 - 250 - 182. (18°,5).
Serreira (250 m NW centre village)	240. (22°).
Picanceira (300 m SSE centre village)	305 - 310. (20°).
Tarejo (400 m SW signal géodésique)	285 - 290 - 305 - 315 - 320. (19°,5).
Malveira (500 m S centre village)	255 - 288 - 292 - 300. (21°,5).
Cipre (500 m SE signal géodésique)	260 - 282 - 235 - 285. (23°).
Chanca (250 m SW centre village)	270 - 295 - 265 - 200 - 290 - 225 - 270. (16°,3).
Cheira (1500 m SSW Vilafranca do Rosario)	285. (16°).
Venda do Pinheiro (1500 m S croisement routes E.N. 116 et E.N. 8)	288. (21°).
Vale de São Gião (250 m S hameau)	248. (18°).
Bucelas (1250 m W église)	215. (22°).
BASSIN DE RUNA	
Felgueira (100 m S hameau)	240. (22°).
Caixaria (500 m SSW centre village)	230. (18°).
BASSIN DE TÔRRES VEDRAS	
Lugar d'Além	268. (22°).
Fort de Forca (500 m NE Torres Vedras)	250 - 248 - 250 - 228 - 270 - 262. (20°).
Quinta Vale de Amor (1 km NNE Sages)	248 - 245 - 275. (22°).
Rodeio (500 m W hameau)	282 - 275 - 240. (20°8).
Casas das Passadeiras (900 m NW Outeiro Gordo)	260. (20°).
LAMBEAU DE CERCAL	
Rocha Forte	210 - 240 - 240 - 235. (17°,2).
BASSIN D'ALCANEDE	
Mosteiros (400 m SW hameau)	260 - 250. (16°).
CUVETTE DE GALIOTA	
1500 m SW Cova da Areia	210 - 220 - 225 - 230 - 315 - 310 - 280 - 315 - 300 240 - 225 - 225 - 206 - 210 - 200 - 210 - 230 - 222 198 - 218 - 240 - 140 - 135 - 280 - 270 - 90 - 195 190 - 305 - 240 - 308 - 285 - 280 - 275 - 268 - 290 290 - 315 - 290 - 295 - 295. (20°,6).
3 km SW Foz do Arelho	280 - 300 - 310 - 200 - 255 - 230 - 90 - 310 - 280 260 - 245 - 230 - 210 - 290 - 80. (20°,7).

Tableau 7: LES STRATIFICATIONS ENTRECROISÉES DANS LES GRÈS DU BARRÉMIEN INFÉRIEUR

Localisation	Valeurs mesurées
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO	
Porto do Cavalinho (3500 m N Ericeira)	210 - 300. (19°).
Sobral da Abelheira	320 - 310 - 308 - 292 - 265 - 295. (17°).
BASSIN DE RUNA	
Felgueira	320. (20°).
BASSIN DE TORRES VEDRAS	
Sages	330. (24°).
Lugar d'Além (300 m N hameau)	280 - 274. (16°).
Ameal (700 m ESE église)	290. (24°).
Ermigeira (750 m E centre village)	290 - 292. (18°).
BASSIN D'ALCANEDE	
Viegas (200 m N hameau)	230. (22°).
Aldeia de Além (700 m NE église)	235. (18°).
Amiaes de Cima (cimetière)	220 - 220 - 220. (18°).
CUVETTE DE GALIOTA	
Olhos de Agua	320 - 240 - 160 - 220 - 290 - 290 - 210 - 235 - 280 240 - 215 - 280 - 320 - 290 - 315 - 250 - 220 - 290 235 - 260 - 240 - 260. (20°,6).

Tableau 8: LES STRATIFICATIONS ENTRECROISÉES DANS LES GRÈS D'ALMARGEM INFÉRIEURS

Localisation	Valeurs mesurées
SERRA DA ARRÁBIDA	
Falaises de Regatão	215 - 205 - 245 - 230 - 225 - 190 - 190 - 204. (18°,4).
RÉGION DE CASCAIS ET BELAS	
Cobre (bord E du village)	120 - 105 - 115. (15°).
Quinta dos Loios (1250 m N Cacém)	277 - 265 - 245 - 260 - 272 - 225 - 290 - 270 - 265 240. (18°).
Suimo (300 m NE signal géodésique)	270 - 250. (18°).
Caneças (400 m S hameau Camarões)	305 - 290 - 280 - 282 - 290. (19°,6).
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO	
Fort de Milregos (2 km N Ericeira)	250 - 272 - 280 - 258 - 260 - 265 - 272 - 290. (18°,7).
Vale das Andorinhas, 1750 m S Malveira)	180 - 245. (19°,5).

Tableau 9: LES STRATIFICATIONS ENTRECROISÉES DANS LES GRÈS D'ALMARGEM SUPÉRIEURS ET DANS LES GRÈS D'ALMARGEM INDIFFÉRENCIÉS

Localisation	Valeurs mesurées
RÉGION DE CASCAIS ET BELAS	
Fort de Crismina	162 - 150 - 132 - 280 - 266 - 232 - 235 - 220 - 215 235 - 150 - 166 - 170 - 172 - 169 - 140 - 150 - 150 255 - 270 - 238 - 260 - 222. (17°,7).
Cobre (500 m N centre village)	160 - 140 - 115 - 160 - 160 - 120 - 160 - 160 - 140 240 - 280 - 240 - 260 - 252. (23°).
Cabreiro (extrémité W village)	235 - 240 - 250 - 140 - 150 - 110 - 220 - 210 - 200 208 - 220. (21°,5).
Rinchoa (250 m N gare)	195 - 200 205 - 215 - 220 - 245 - 220 - 228. (20°).
Belas (1500 m N centre village)	215 - 200 - 215 - 170 - 240 - 205 - 218 - 198. (14°).
Quinta de Agua Livre (150 m N maison)	205 - 230 - 242. (20°).
A-da-Beja	220. (15°).
Caneças (900 m NW église)	205 - 190. (18°).
Monfirre (400 m W signal géodésique)	205 - 220. (17°).
Praia Grande do Rodisio	90 - 95 - 105 - 102 - 270 - 258 - 255 - 250 205. (19°).
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO	
Praia dos Banhos (Ericeira)	152 - 140 - 145 - 200 - 320 - 210 - 280 - 140 - 278 282 - 290. (20°).
Carvoeira (1250 m WNW village)	250 - 275 - 290. (20°).
Vale das Andorinhas (1800 m S Malveira)	310 - 230. (22°).
Lousa (400 m NE église)	240 - 220. (20°).
Alverca (1800 m NE signal géodésique)	210. (20°).
BASSIN DE RUNA	
Caixaria (300 m W centre village)	235 - 250 - 220. (21°).
Felgueira (250 m N hameau)	265 - 180. (19°).
BASSIN DE TORRES VEDRAS	
Carrières 2 km N Torres Vedras	285 - 265 - 240 - 275 - 278. (18°,6).
LAMBEAUX D'OLHALVO ET ABRIGADA	
Butte de Sairrapas	190 - 210 - 160 - 160 - 180 - 288 - 235 - 215 - 260 230. (19°,4).
Carrières Cabanas do Chão	240 - 260 - 245 - 260. (20°).
LAMBEAU DE CERCAL	
Cercal (750 m S village)	232 - 245 - 240 - 250. (20°).
BASSIN D'ALCANEDE	
Gansaria (500 m SE église)	220 - 230. (19°).

II. — CENTILE DES GALETS

Ainsi que je l'ai précisé en introduction, c'est la méthode décrite par J. PERRIAUX [1961, p. 139] qui a été employée. Elle consiste à définir, non pas le plus gros de tous les galets, mais le plus gros galet moyen. Les L (longueur), l (largeur), et e (épaisseur) sont exprimées en mm.

Tableau 10: CENTILE DES GALETS DANS LES GRÈS BERRIASIENS

Localisation	L	l	e	centile $\frac{L+l+e}{3}$	Localisation	L	l	e	centile $\frac{L+l+e}{3}$
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO					SERRA DA ARRÁBIDA				
					Moulin de Frade...	85	47	41	57,6
Butte de Serreira	47	34	30	37					
Butte de Tarejo	53	46	30	43	BASSIN DE RUNA				
Vilafranca do Rosário ...	44	24	23	30,3					
Asseiceira Grande	41	31	18	30	São Sebastião	70	45	32	49
1 km E Venda do Pinheiro	29	15	17	20,3	BASSIN DE TORRES VEDRAS				
Vale de São Gião	28	20	17	21,6					
Freixeira	25	18	17	20					
Quinta Romeirão de Cima				< 20	Fonte Grada	44	30	18	30,6
Alverca				< 20	Quinta Vale de Amor ...	88	48	47	61
					Casal do Gago	50	45	22	39
LAMBEAU D'ABRIGADA					1500 m NW Quinta do Malpique	61	45	38	48
Cabanas do Chão	55	47	23	41,6					

Tableau 11: CENTILE DES GALETS DANS LES GRÈS VALANGINIENS

Localisation	L	l	e	centile $\frac{L+l+e}{3}$	Localisation	L	l	e	centile $\frac{L+l+e}{3}$
SERRA DA ARRÁBIDA					BASSIN DE RUNA				
Praia dos Lagosteiros ...	93	60	53	68,6	São Sebastião...	82	40	40	54
Moulin de Frade...	76	56	54	62	500 m SSW Caixaria... ...	52	41	41	44,6
500 m W São Caetano ...	38	35	28	33,7					
					LAMBEAU DE CERCAL				
DÔME DE BROUCO									
					1 km NW Cercal (E.N. 115)	114	67	42	74,3
Vale de Lobos				< 20					
					BASSIN DE TORRES VEDRAS				
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO									
					Forte da Forca	39	30	28	32,1
Forte do Picoto	32	19	16	22,3	Quinta Vale de Amor ...	55	45	40	46,6
Serreira	47	32	36	35	Outeiro da Cabeça	45	45	35	41,6
Picanceira	40	33	33	37	500 m W Rodeio	48	32	31	37
Tarejo	59	40	26	41,6					
500 m S Malveira				< 20	BASSIN D'ALCANEDE				
Vilafranca do Rosário ...	60	42	22	41,3					
1500 m SE Venda do Pinheiro	35	17	16	22,6	700 m SW église Amiães de Baixo...	120	67	53	80
Vale de São Gião	30	22	18	23,3	1 250 m NW signal Costados	75	60	59	64,6
(250 m S hameau)									
1250 m W Bucelas	42	31	17	30					
Quinta Romeirão de Cima				< 20	CUVETTE DE GALIOTA				
					1500 m SW Cova da Areia	110	55	53	72,6
					3 km SW Foz do Arelho	160	85	68	104,3

Tableau 12: CENTILE DES GALETS DANS LES GRÈS DU BARRÉMIEN INFÉRIEUR

Localisation	L	l	e	centile $\frac{L+l+e}{3}$	Localisation	L	l	e	centile $\frac{L+l+e}{3}$
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO					BASSIN DE TORRES VEDRAS				
Porto do Cavalinho (Ericeira)				< 20	300 m N Lugar d'Além	47	32	26	35
Sobral da Abelheira	32	22	20	24,6	750 m E Ermigeira	50	31	25	35,3
Quinta Romeirão de Cima				< 20	400 m SW Maxial	85	47	32	54,6
BASSIN DE RUNA					BASSIN D'ALCANEDE				
Felgueira	63	27	23	37,6	Amiaes de Baixo	120	66	52	79,3
CUVETTE DE GALIOTA									
Olhos de Água	95	60	47	67,3					

Tableau 13: CENTILE DES GALETS DANS LES GRÈS D'ALMARGEM INFÉRIEURS

Localisation	L	l	e	centile $\frac{L+l+e}{3}$	Localisation	L	l	e	centile $\frac{L+l+e}{3}$
SERRA DA ARRÁBIDA					RÉGION DE BELAS				
Falaise de Regatão	41	39	31	37	300 m NE signal de Suimo	21	13	9	14,3
					A da Beja	28	18	14	20
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO					400 m S Camarões	32	19	15	22
1750 m S Malveira	50	30	15	31,6					

Tableau 14: CENTILE DES GALETS DANS LES GRÈS D'ALMARGEM SUPÉRIEURS ET GRÈS D'ALMARGEM INDIFFÉRENCIÉS

Localisation	L	l	e	centile $\frac{L+l+e}{3}$	Localisation	L	l	e	centile $\frac{L+l+e}{3}$
SERRA DA ARRÁBIDA					BASSIN DE RUNA				
500 m SW signal de Vinhas	55	54	50	53	250 m N Felgueira	41	32	28	33,6
RÉGION DE CASCAIS ET BELAS					BASSIN DE TORRES VEDRAS				
Fort de Crismina	33	16	13	20,6					
1300 m N centre Estoril	29	23	21	24,3	2 km N Torres Vedras	47	24	20	30,3
Cabreiro	43	22	21	28,6					
Parada	42	37	24	34,3	LAMBEAU D'OLHALVO				
1500 m N Belas	66	63	41	56,6					
Quinta de Fonte Santa	48	24	30	34	Butte de Sairrapas	62	50	44	52
A-da-Beja	68	35	16	39,6					
900 m NW église Caneças	74	42	22	46	LAMBEAU D'ABRIGADA				
Praia Grande do Rodisio	52	37	40	43					
					Carrière Cabanas do Chão	80	60	30	56,6
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO					LAMBEAU DE CERCAL				
Praia dos Banhos (Ericeira)	32	23	15	23,3	750 m S Cercal	77	53	41	57
1250 m WNW Carvoeira	43	26	20	29,6					
1800 m S Malveira	41	24	22	29	BASSIN D'ALCANEDE				
400 m NE église Lousa	43	30	30	34,3	500 m SE Gansaria	24	15	15	18
Quinta Romeirão de Cima	50	38	30	39,3	Casais do Arrife	30	24	21	21,6

III. — MORPHOMÉTRIE DES GALETS

Les mesures ont été effectuées sur des lots de 50 ou 100 galets de quartz de 3 à 6 cm de long. J'ai défini pour chaque échantillon la longueur (L), la largeur (l), l'épaisseur (e), la distance à l'intersection longueur-largeur de l'extrémité de la longueur la plus éloignée (AC) et le plus petit rayon de courbure (rl). Ces diverses valeurs permettent de calculer les indices d'émoussé ($\frac{2rl}{L} \times 1000$), d'aplatissement ($\frac{L+l}{2e} \times 100$) et de dissymétrie ($\frac{AC}{L} \times 1000$).

Pour chaque lot, le chiffre cité correspond à la médiane (galet de rang 50 dans un lot de 100 galets).

Tableau 15: MORPHOMÉTRIE DES GALETS DANS LES GRÈS BERRIASIENS

Localisation	émoussé			aplatiss. médiane	dissym. médiane
	médiane	n≤100 en %	n≥250 en %		
SERRA DA ARRÁBIDA					
Moulin de Frade	180	16	16	160	650
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO					
Butte de Serreira	170	12	10	170	620
Butte de Tarejo	138	16	8	192	640
BASSIN DE RUNA					
São Sebastião	150	20	6	176	600
BASSIN DE TORRES VEDRAS					
Fonte Grada	125	22	4	197	610
Quinta Vale de Amor	117	32	2	193	660
Casal do Gago	114	36	2	200	630
1500 m NW Quinta do Malpique	114	32	2	204	630
LAMBEAU D'ABRIGADA					
Cabanas do Chão	125	20	1	180	620

Tableau 16: MORPHOMÉTRIE DES GALETS DANS LES GRÈS VALANGINIENS

Localisation	émoussé			aplatiss. médiane	dissym. médiane
	médiane	n≤100 en %	n≥250 en %		
SERRA DA ARRÁBIDA					
São Caetano	138	15	7	171	650
1 km SSW signal Vinhas	145	17	1	175	620
Moulin de Frade	166	6	13	162	670
Praia dos Lagosteiros	186	13	14	175	610
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO					
Butte de Serreira	133	21	9	172	630
Butte de Tarejo	146	25	7	190	640
1250 m W Bucelas	162	28	6	168	640
BASSIN DE RUNA					
500 m SSW Caixaria	133	17	12	185	600
BASSIN DE TORRES VEDRAS					
Forte da Forca	125	16	10	179	620
Quinta Vale de Amor	121	28	6	165	650
Outeiro da Cabeça	128	18	4	162	660
LAMBEAU DE CERCAL					
1 km NW Cercal (E.N. 115)	121	28	0	185	650
BASSIN D'ALCANEDE					
1250 m NW signal Costados	181	23	11	162	640
CUVETTE DE GALIOTA					
1500 m SW Cova da Areia	190	18	20	191	630

Tableau 17: MORPHOMÉTRIE DES GALETS DANS LES GRÈS DU BARRÉMIEN INFÉRIEUR

Localisation	émoussé			aplatiss. médiane	dissym. médiane
	médiane	n≤100 en %	n≥250 en %		
BASSIN DE RUNA					
Felgueira	128	34	0	197	640
BASSIN DE TORRES VEDRAS					
300 m N Lugar d'Além	117	39	6	187	640
750 m E Ermigeira	111	32	0	169	670
BASSIN D'ALCANEDE					
Abrãa	138	21	5	162	630
CUVETTE DE GALIOTA					
Olhos de Água	217	8	24	171	600

Tableau 18: MORPHOMÉTRIE DES GALETS DANS LES GRÈS D'ALMARGEM SUPÉRIEURS

Localisation	émoussé			aplatiss. médiane	dissym. médiane
	médiane	n≤100 en %	n≥250 en %		
SERRA DA ARRÁBIDA					
500 m signal de Vinhas	142	15	6	172	600
RÉGION DE CASCAIS ET BELAS					
Fort de Crismina	142	24	10	177	640
1300 m N centre Estoril	166	16	20	185	640
Cabreiro	171	4	15	176	660
Parada	190	4	22	188	660
1500 m N Belas	133	21	8	200	620
Quinta de Fonte Santa	133	24	4	214	620
900 m NW église Caneças	138	17	2	208	680
Praia Grande do Rodisio	200	4	26	170	630
FLANC N SYNCLINAL PERO PINHEIRO					
1250 m WNW Carvoeira	128	20	13	196	610
400 m église Lousa	114	39	3	170	610
Quinta Romeirão de Cima	114	32	4	200	690
BASSIN DE RUNA					
250 m N Felgueira	121	19	4	193	600
300 m W Caixaria	133	6	16	186	630
BASSIN DE TORRES VEDRAS					
2 km N Torres Vedras	111	36	1	191	630
LAMBEAU D'OLHALVO					
Butte de Sairrapas	114	30	6	178	630
LAMBEAU D'ABRIGADA					
Carrières Cabanas do Chão	111	37	0	167	620
LAMBEAU DE CERCAL					
750 m S Cercal	117	32	0	165	650

IV. — GRANULOMÉTRIE

J'ai tamisé et pesé pour chaque lot 500 g de sable. Les résultats ont été présentés sous forme de *courbes cumulatives* (*fig.* 22, 36, 74) avec, en abscisses, les dimensions des grains (échelle logarithmique) et, en ordonnées, les pourcentages des poids de tamisats cumulés. Ces courbes ont permis de définir les quartiles Q_1 (abscisse dont l'ordonnée est 25 %), Q_2 (ordonnée 50 %), Q_3 (ordonnée 75 %) et les déciles P_{10} (ordonnée 10 %) et P_{90} (ordonnée 90 %).

Plusieurs rapports ont été ainsi calculés:

— *le coefficient de classement:*

$$So = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$$

Le classement est bon si le coefficient est inférieur à 2,5, moyen s'il est voisin de 3, mauvais s'il est supérieur à 4,5.

— *l'indice de Krumbein:*

$$Q\,\phi = \text{Log}_2\ So,$$

autre expression de classement du sédiment.

— *le coefficient d'asymétrie:*

$$\frac{Q_1 \times Q_3}{Q^2_2}$$

Ce coefficient exprime la symétrie de la courbe par rapport à la médiane. S'il est égal à 1, le classement est semblable dans les fractions fines et grossières; s'il est supérieur à 1, le classement est maximal dans les fractions fines; s'il est inférieur à 1, le classement est maximal dans les fractions grossières.

— *le coefficient d'angulosité, ou kurtosis:*

$$\frac{Q_3 - Q_1}{2(P_{10} - P_{90})}$$

Tableau 19: GRANULOMÉTRIE DES GRÈS BERRIASIENS

Localisation	P_{10}	Q_1	Q_2	Q_3	P_{90}	So	$Q\,\phi$	Asym.	Kurtosis
Praia dos Lagosteiros *(3)* *		0,24	0,52	0,81	1,10	1,83	0,87	0,72	
Butte de Serreira *(2) (grès fins)*		0,11	0,29	0,49	0,72	2,11	1,06	0,64	
Butte de Serreira *(4) (grès grossiers)*	0,07	0,47	1,65	3,31	5,20	2,65	1,35	0,57	0,277
1250 m W Bucelas *(6)*		0,91	2,82	5,42	8,50	2,44	1,28	0,62	
São Sebastião (Runa) *(1) (grès fins)*		0,03	0,16	0,26	0,33	2,96	1,56	0,35	
São Sebastião (Runa) *(5) (grès grossiers)*	0,08	0,52	1,68	3,02	5,22	2,41	1,26	0,56	0,243

* Ces chiffres entre parenthèses reproduisent la numérotation portée sur les courbes cumulatives.

Tableau 20: GRANULOMÉTRIE DES GRÈS VALANGINIENS

Localisation	P_{10}	Q_1	Q_2	Q_3	P_{90}	So	$Q\,\phi$	Asym.	Kurtosis
Praia dos Lagosteiros	0,23	0,48	0,89	2,04	2,70	2,06	1,09	1,24	0,315
Vale de Lobos *(2) (grès fins)*		0,10	0,25	0,45	0,74	2,12	1,07	0,65	
Vale de Lobos *(5) (grès grossiers)*	0,20	0,51	1,40	3,00	4,80	2,44	1,28	0,78	0,270
Butte de Serreira	0,10	0,28	0,98	1,95	3,80	2,64	1,40	0,57	0,226
São Lourenço *(1) (grès fins)*		0,13	0,18	0,24	0,29	1,36	0,44	0,96	
São Lourenço *(7) (grès grossiers)*	0,19	0,80	2,15	4,00	6,60	2,24	1,15	0,69	0,250
Venda do Pinheiro *(3) (grès fins)*		0,08	0,36	0,63	0,90	2,80	1,48	0,39	
Venda do Pinheiro *(6) (grès grossiers)*	0,07	0,52	1,64	3,48	5,40	2,59	1,36	0,67	0,278
1250 m W Bucelas *(4)*			0,63	1,48	2,52				
Outeiro da Cabeça	0,30	0,51	0,74	1,12	1,65	1,48	0,54	1,04	0,240
Olhos de Agua	0,14	0,25	0,54	1,30	2,50	2,28	1,19	1,11	0,222

Tableau 21: GRANULOMÉTRIE DES GRÈS D'ALMARGEM INFÉRIEURS

Localisation	P_{10}	Q_1	Q_2	Q_3	P_{90}	So	Q Φ	Asym.	Kurtosis
Falaises de Regatão	0,05	0,27	0,54	0,82	1,18	1,74	0,83	0,76	0,243
Cobre	0,10	0,28	0,54	0,79	1,05	1,68	0,79	0,76	0,268
400 m S Camarões	0,03	0,42	1,11	2,68	4,45	2,52	1,33	0,91	0,256
Fort de Milregos *(grès fins)*	0,14	0,23	0,29	0,43	0,52	1,37	0,54	1,18	0,380
Fort de Milregos *(grès grossiers)*	0,25	0,52	1,21	2,28	4,10	2,09	1,12	0,81	0,229

Tableau 22: GRANULOMÉTRIE DES GRÈS D'ALMARGEM SUPÉRIEURS

Localisation	P_{10}	Q_1	Q_2	Q_3	P_{90}	So	Q Φ	Asym.	Kurtosis
Fort de Crismina *(6)*	0,12	0,36	0,87	2,05	4,60	2,39	1,26	0,98	0,189
Fort de Crismina *(8)*	0,17	0,56	1,90	3,85	6,10	2,62	1,38	0,60	0,277
Fort de Crismina	0,19	0,75	2,15	4,65	8,30	2,49	1,31	0,75	0,240
Fort de Crismina *(grès fins)*		0,13	0,24	0,32	0,42	1,57	0,65	0,72	
700 m SW Parada *(2)*		0,08	0,20	0,28	0,32	1,87	0,90	0,56	
Cabreiro *(conglomérats)*		6,20	9,50	14,80	19,00	1,55	0,62	1,02	
Estoril *(11) (conglomérats)*		8,20	13,20	18,40	31,20	1,50	0,58	0,87	
Rinchoa *(12) (conglomérats)*		7,25	14,30	20,90	26,20	1,70	0,79	0,74	
1500 m N Belas *(1) (grès fins)*		0,04	0,14	0,21	0,31	2,29	1,19	0,43	
1500 m N Belas *(10) (grès grossiers)*	0,30	1,65	3,18	5,60	9,90	1,84	0,88	0,91	0,206
1500 m N Belas *(13) (conglomérats)*		7,50	17,80	30,50	48,00	2,02	1,01	0,72	
A da Beja	0,29	1,10	2,86	5,82	9,00	2,30	1,19	0,78	0,271
Ericeira	0,03	0,45	1,50	2,95	4,40	2,55	1,34	0,59	0,286
1250 m WNW Carvoeira	0,07	0,36	0,75	1,52	2,60	2,05	1,02	0,97	0,229
Lousa *(grès fins)*		0,16	0,49	0,84	1,32	2,29	1,19	0,56	
Lousa *(7) (grès grossiers)*	0,14	0,59	1,05	1,55	2,35	1,62	0,69	0,83	0,217
Quinta Romeirão de Cima		0,28	0,77	2,03	4,00	2,69	1,43	0,96	
Alverca *(3) (grès fins)*		0,07	0,23	0,30	0,39	2,07	1,04	0,40	
Alverca *(9) (grès grossiers)*		0,25	1,92	3,45	4,90	3,71	1,89	0,23	
Torres Vedras *(5)* (casas Novas)		0,24	0,39	0,59	0,88	1,57	0,65	0,93	
750 m S Cercal *(4)*		0,03	0,26	0,66	1,70	4,69	2,24	0,29	

DEUXIÈME PARTIE

ANALYSE PALÉONTOLOGIQUE : LES ÉCHINIDES

INTRODUCTION

Les fossiles recueillis au cours de mes recherches sur le Crétacé inférieur portugais ont été, dans leur grande majorité, confiés pour détermination à divers spécialistes. Seuls, les Echinides ont fait l'objet d'une étude personnelle. Plusieurs raisons m'ont incité à entreprendre ce travail: la description stratigraphique réalisée dans la première partie de ce mémoire a permis d'apprécier l'abondance, la variété des Oursins dans le Crétacé inférieur et de juger de leur importance pour la datation des différentes formations. Or, les seuls travaux sur les Echinides crétacés du Portugal sont déjà anciens puisque nous les devons à DE LORIOL [1884, 1887-1888, 1904, 1905]. Cet auteur décrivit des échantillons collectés par CHOFFAT et ses collaborateurs; les indications d'âge de nombreux gisements étaient, soit imprécises, soit inexactes; elles avaient pu être cause de certaines erreurs de détermination. Il convenait donc de reprendre les descriptions et les répartitions stratigraphiques de divers fossiles. En outre, plus de la moitié des Echinides que j'ai trouvés n'avaient jamais été signalés au Portugal. Enfin, certains groupes riches en espèces — tel celui des Spatangoida — pouvait se prêter, après révision, à d'intéressantes études phylogéniques.

La seconde partie de cet ouvrage sera donc consacrée à la description des Echinides du Crétacé inférieur portugais. Les genres seront rapidement définis et les espèces classiques brièvement décrites. J'analyserai en détail les Oursins nouvellement cités au Portugal, peu connus ou sujets à des modifications de diagnose. Pour chaque espèce sont indiquées la synonymie sommaire, la localisation et la position stratigraphique des gisements lusitaniens, ainsi que la répartition géographique et chronologique du fossile dans le monde. J'ai adopté la classification proposée par Th. MORTENSEN dans sa Monographie des Echinides [1928-1951]. Je renvoie donc à cet ouvrage fondamental pour la définition des Ordres et des Familles.

Les fossiles décrits proviennent essentiellement de récoltes personnelles. Grâce à l'obligeance de M. F. MOITINHO D'ALMEIDA, j'ai pu aussi utiliser l'importante collection du Musée des Services Géologiques du Portugal qui comprend les échantillons décrits par DE LORIOL ainsi que des Echinides inédits recueillis par CHOFFAT et par divers géologues des Services Géologiques. J'ai été amené à consulter pour comparaisons des pièces des collections LAMBERT (à La Sorbonne), COTTEAU et MICHELIN (á l'Ecole Nationale Supérieure des Mines, puis à la Faculté des Sciences d'Orsay), D'ORBIGNY (au Muséum National d'Histoire Naturelle), ainsi que quelques Echinides appartenant à la collection personnelle de M. le Professeur A. DEVRIÈS.

Tous les échantillons étudiés dans ce mémoire sont entreposés au Musée des Services Géologiques du Portugal.

CHAPITRE PREMIER

ÉCHINIDES RÉGULIERS

HOLOSTOMES

Ordre: CIDAROIDA

Famille: CIDARIDAE

Genre: CIDARIS RUMPH 1705

Je grouperai dans ce genre des Echinides qui ne sont connus au Portugal que par leurs radioles. Il convient cependant de les décrire car leur intérêt stratigraphique n'est pas négligeable. Le test de l'un d'entre eux (*Cidaris pretiosa* DESOR) a été trouvé dans d'autres pays; son attribution générique est donc aisée. Par contre, d'autres noms d'espèces désignent uniquement des radioles et c'st parfois avec quelques doutes qu'on les intègre au genre *Cidaris*. Dans ce cas-là, je me conformerai à la nomenclature proposée par LAMBERT et THIÉRY [1909-1925, p. 141].

CIDARIS MARESI COTTEAU 1866

1866. *Cidaris maresi*, COTTEAU (1858-1893, I, p. 112, pl. 15, fig. 8-10).
1884. *Cidaris maresi*, COTTEAU, PÉRON et GAUTHIER (1873-1884, II, p. 86, pl. 7, fig. 8-11).
1887. *Cidaris maresi*, DE LORIOL (1887-1888,p. 5, pl. 1, fig. 10).

Description

Les exemplaires que je possède présentent les mêmes caractères que ceux décrits et figurés par COTTEAU et, au Portugal, par DE LORIOL: radioles massifs, glandiformes, ornés de granules inégaux dans la partie supérieure et de crêtes subhorizontales, légèrement sinueuses, dans la partie inférieure. L'ornementation est plus accusée sur une face que sur l'autre. Le bouton n'est conservé sur aucun échantillon.

Répartition stratigraphique et gisements

Ces radioles sont abondants dans le Valanginien supérieur et l'Hauterivien inférieur des falaises de Mexilhoeira et du phare de Guia.

Hors du Portugal, cet Echinide a été cité dans le Nécomien d'Algérie.

CIDARIS aff. *GUIAENSIS* DE LORIOL 1887

1887. *Cidaris guiaensis*, DE LORIOL (1887-1888, p. 6, pl. 1, fig. 11-12).

Description

Cette espèce fut créée pour un radiole à tige cylindrique à la base, triangulaire au-dessus, ornée de côtes longitudinales plus fortes sur deux faces du triangle. Des épines apparaissent sur deux arêtes.

L'exemplaire fragmentaire et usé que j'ai recueilli possède bien une tige à section triangulaire, des crêtes épineuses sur deux arêtes et des côtes. Cependant, ces dernières sont semblables sur les trois faces et alternent avec des stries beaucoup plus fines. C'est pourquoi je n'assimile pas totalement cet échantillon à l'espèce *C. guiaensis*, bien que les différences observées soient minimes au regard des grandes variations morphologiques qu'offrent généralement chez les Cidaridés les radioles d'un même individu, en fanction de leur stade de croissance et de leur position sur l'animal.

Répartition stratigraphique et gisements

Le type de *Cidaris guiaensis* provenait du Valanginien supérieur des falaises de Mexilhoeira. *C.* aff. *guiaensis* a été trouvé dans l'Hauterivien inférieur du Cap Espichel.

CIDARIS PRETIOSA DESOR 1855

1855. *Cidaris pretiosa*, DESOR (1855-1858, p. 10, pl. 5, fig. 3).
1862. *Cidaris pretiosa*, COTTEAU (1861-1867, p. 185, pl. 1041).
1873. *Cidaris pretiosa*, DE LORIOL (p. 25, pl. 2, fig. 1-15).
1887. *Cidaris* cfr. *pretiosa*, DE LORIOL (1887-1888, p. 5, pl. 1, fig. 7-9).

J'ai trouvé quelques radioles entiers, parfaitement bien conservés, répondant exactement aux descriptions et figurations données par COTTEAU et DE LORIOL. Cet Echinide a été cité dans le Valanginien de France et de Suisse. Au Portugal, les radioles se rencontrent dans l'Hauterivien du Cap Espichel. Des tiges mal conservées, d'attribution spécifique plus delicate, proviennent de l'Hauterivien inférieur de Mexilhoeira et de l'Hauterivien supérieur d'Aldeia de Juzo.

Genre: PLEGIOCIDARIS POMEL 1883

Je ne décrirai pas les caractéristiques du genre car le seul représentant trouvé au Portugal n'a fourni que des radioles.

PLEGIOCIDARIS MURICATA (ROEMER) 1836

1836. *Cidaris muricata*, ROEMER (Norddeutschen Oolithen Gebirges, p. 26, pl. 1, fig. 22), non vu.
1855. *Cidaris muricata*, DESOR (1855-1858, p. 31, pl. 5, fig. 5).
1861. *Cidaris muricata*, COTTEAU (1861-1867, p. 195, pl. 1044, fig. 5-18).
1873. *Cidaris muricata*, DE LORIOL (p. 33, pl. 2, fig. 42-58).
1884. *Cidaris muricata*, COTTEAU, PÉRON et GAUTHIER (1873-1884, II, p. 86, pl. 4, fig. 6-7).
1887. *Cidaris muricata*, DE LORIOL (1887-1888, p. 3, pl. 1, fig. 1-5).
1911. *Plegiocidaris muricata*, LAMBERT et THIÉRY (1909-1925, p. 134).

Cette espèce n'est connue au Portugal que par ses radioles. Les exemplaires que j'ai récoltés présentent les mêmes caractères que ceux décrits par DE LORIOL en Suisse et au Portugal, par COTTEAU en France. Je reporte donc aux ouvrages de ces auteurs pour les figurations et analyses.

Plegiocidaris muricata se trouve au Portugal dans le Valanginien terminal du Cap Espichel, dans l'Hauterivien inférieur d'Aldeia de Juzo, de Casais da Cambra et de Carregueira, dans l'Hauterivien supérieur de Murches et de Birre.

En France, en Suisse et en Allemagne ces radioles sont cités dans le Valanginien et dans l'Hauterivien. Ils ont été aussi recueillis dans l'Hauterivien d'Algérie.

Genre: TYPOCIDARIS POMEL 1883

Ambulacres sinueux. Pores ambulacraires non conjugués. Tubercules interambulacraires lisses, bien développés. Sutures horizontales des plaques pourvues d'une ou deux fossettes plus ou moins apparentes.

Suivant l'exemple de M. L. PETITOT [1959, p. 22], je conserverai ce genre, bien que, selon Th. MORTENSEN [1928-1951, I,p. 225], il doive tomber en synonymie avec *Stereocidaris*.

TYPOCIDARIS aff. *FOLCARIENSIS* (GAUTHIER) 1890
(pl. XIII, fig. 5 à 7)

1890. *Cidaris folcariensis*, GAUTHIER (p. 82, pl. 2, fig. 1-4).
1916. *Typocidaris folcariensis*, LAMBERT (1916 a, p. 32).

Description

MATÉRIEL — Deux Echinides entiers, très déformés.

DIMENSIONS.

N° échantillons	D	H	H/D
Ca 1851	15 mm	9 mm	0,60
Bi 351	14 mm	9 mm	0,64

FORME. — Test circulaire, renflé sur le pourtour, également déprimé sur les deux faces.

AMBULACRES. — Larges, peu flexueux, non enfoncés. Pores ronds, serrés et séparés dans chaque zygopore par un granule. Primaires égales du péristome au sommet, ornées de deux rangées de granules ambulacraires externes, saillants, homogènes et égaux, et de deux rangées de granules internes plus petits, de même nombre que les granules externes. Les granules internes disparaissent près de l'appareil apical.

INTERAMBULACRES. — Ils portent deux séries de 4 tubercules perforés, non crénelés. Les 2 tubercules les plus forts sont entourés d'un scrobicule peu déprimé. Les granules scrobiculaires, arrondis ou lacryformes, se disposent en deux cercles autour de chaque scrobicule; ils sont au nombre de 14 à 16 par cercle et alternent d'un cercle à l'autre. Tous les scrobicules sont complets. La zone miliaire, très étroite, n'apparaît guère qu'à l'ambitus où elle est pourvue de granules assez gros, serrés et inégaux. Cer-

taines fossettes suturales sont transverses; d'autres sont disposées aux angles internes de chaque plaque ambulacraire.

PÉRISTOME. — Les individus sont trop déformés pour permettre une observation convenable du péristome.

APPAREIL APICAL. — Il n'est pas conservé.

Rapports et différences

C'est avec quelques doutes que je rapproche ces deux échantillons de *Typocidaris folcariensis*. L'ornementation des ambulacres est en effet légèrement différente: tandis que les individus portugais montrent 4 rangées de granules ambulacraires en nombre approximativement égal, les types de *T. folcariensis*, de plus grande taille, possèrent 6 rangées de granules; les 4 séries internes portent deux fois plus de granules que les files externes.

T. aff. *folcariensis* se distingue aisément de *Typocidaris malum* (GRAS) par la grande réduction de la zone miliaire et par des aires ambulacraires beaucoup plus étroites.

Répartition stratigraphique et gisements

T. aff. *folcariensis* a été recueilli dans l'Hauterivien de Carregueira et de Birre. Quelques débris de tests très mal conservés, trouvés dans l'Hauterivien de Mexilhoeira, pourraient appartenir à la même espèce.

Rappelons que l'espèce *T. folcariensis* a été créée à partir d'échantillons provenant du Valanginien du Bassin de Paris.

Cf. *TYPOCIDARIS MALUM* (GRAS) 1848

1848. *Cidaris malum*, GRAS (p. 22, pl. 1, fig. 1-3).
1862. *Cidaris malum*, COTTEAU (1861-1868, p. 198, pl. 1045, fig. 1-12).
1873. *Cidaris malum*, DE LORIOL (p. 47, pl. 4, fig. 1).
1887. *Cidaris malum*, DE LORIOL (1887-1888, p. 6, pl. 1, fig. 13).
1959. *Typocidaris malum*, M. L. PETITOT (p. 22, pl. 1, fig. 8-11).

Description

Je rapproche de cette espèce très classique, déjà décrite et figurée au Portugal par DE LORIOL, un fragment de test comprenant une petite portion d'ambulacre et deux plaques interambulacraires. Tous les caractères observés (ornementation de l'interambulacre, structure de l'ambulacre) sont ceux de *T. malum*. Cependant les plaques interambulacraires se chevauchent par déformation; les impressions suturales caractéristiques du genre *Typocidaris* n'apparaissent donc pas.

Répartition stratigraphique et gisements

Ce fragment de test provient de l'Hauterivien inférieur de Mexilhoeira. L'Echinide décrit par DE LORIOL avait été recueilli dans l'Hauterivien du Cap Espichel.

Hors du Portugal, cette espèce a été notamment citée dans le Néocomien de France et de Suisse, ainsi que dans le Barrémien du Maroc.

Genre: PHYLLACANTHUS BRANDT 1835

Genre caractérisé (Th. MORTENSEN, 1928-1951, I, p. 500) par des ambulacres sinueux, bisériés au bord péristomial, des pores ambulacraires conjugués, des tubercules primaires proéminents, non crénelés, et un appareil apical peu étendu, à ocellaires fortement exsertes.

PHYLLACANTHUS SALVIENSIS (COTTEAU) 1851
(pl. XIII, fig. 1 à 4)

1851. *Cidaris salviensis*, COTTEAU (p. 282).
1857. *Rhabdocidaris salviensis*, COTTEAU (1849-1878, II, p. 16, pl. 48, fig. 1-4).
1858. *Cidaris salviensis*, DESOR (1855-1858, p. 444).
1863. *Rhabdocidaris salviensis*, COTTEAU (1861-1867, p. 341, pl. 1080, fig. 5-15).
1873. *Leiocidaris salviensis*, DE LORIOL (p. 64, pl. 4, fig. 34).
1887. *Rhabdocidaris schumbergeri*, DE LORIOL (1887-1888, p. 14, pl. 3, fig. 1).
non *Rhabdocidaris schlumbergeri*, COTTEAU (1882, p. 62, pl. 3, fig. 1-2).

Description

MATÉRIEL — Je rapporte à cette espèce trois individus entiers mais légérement déformés.

DIMENSIONS.

N° échantillons	D	H
CC 672	45 mm environ	29 mm
CC 671	40 mm	23 mm
Sa 171	41 mm	26 mm

FORME. — Test circulaire, plus ou moins renflé, également applati sur les deux faces.

AMBULACRES. — Zones porifères enfoncées, onduleuses, à pores internes arrondis et pores externes oblongs. Les deux pores d'une même paire sont réunis par un profond sillon. Chaque paire est bordée par une crête transverse plus ou moins sinueuse. Ambulacres étroits formés de primaires granulifères égales et, près du péristome, de majeures à deux éléments. Ils s'ornent de deux rangées de granules serrés et mamelonnés. Les granules voisins de la bouche sont de forte taille et alignés sur deux files rapprochées ne laissant place dans l'intervalle qu'à quelques verrues inégales. A 1 cm environ du péristome les granules deviennent progressivement plus petits, irréguliers et localement ovales. Les deux rangées s'écartent et l'espace intermédiaire s'emplit de verrues et fins granules inégaux qui tendent à s'organiser en deux séries longitudinales. Une telle disposition est bien visible à l'ambitus. A face supérieure, les granules se resserrent et s'imbriquent; les granules internes disparaissent. Seules subsistent quelques verrues.

INTERAMBULACRES. — Ils portent deux files de 4 tubercules interambulacraires, très déprimés et entourés de 12 à 15 granules mamelonnés beaucoup plus forts que les granules miliares et ambulacraires, séparés les uns des autres dans un même cercle par quelques verrues alignées. Les tubercules augmentent de taille du péristome au périprocte, en même temps que s'espacent quelque peu les cercles scrobiculaires de

chaque rangée. La zone miliaire, plus ou moins large, déprimée, est entièrement garnie de verrues éparses et de granules inégaux, lacryformes au voisinage des scrobicules.

PÉRISTOME ET APPAREIL APICAL. — Le diamètre du péristome paraît légèrement supérieur à celui de l'appareil apical.

Variations

Tous les individus ne sont pas identiques. L'examen des 3 échantillons que j'ai recueillis et de l'exemplaire décrit par DE LORIOL sous le nom de *Rhabdocidaris schlumbergeri* (1887-1888, p. 14) le prouve. Ces variations sont de deux ordres:
— *Variations liées à la croissance:* les ambulacres deviennent progressivement moins flexueux et plus larges avec l'augmentation de taille, de sorte que les deux files externes de granules ambulacraires sont séparées par des granules internes plus abondants et plus inégaux chez les individus de grand diamètre. Les tubercules interambulacraires sont de plus en plus espacés au cours de la croissance et l'espace intermédiaire, plus étendu, est garni de granules plus nombreux; les derniers granules formés sont plus fins; ils apparaissent aux sutures des plaques.

— *Variations indépendantes de la taille:* les granules ambulacraires externes sont plus ou moins contrastants par rapport aux granules internes. Ces derniers s'ordonnent en séries longitudinales plus ou moins régulières. Les granules miliaires interambulacraires affectent une disposition irrégulière ou bien tendent à s'aligner en files verticales.

Des variations identiques ont été observées entre les trois *Phyllacanthus salviensis* — dont l'holotype — de la collection COTTEAU et un exemplaire provenant de l'Yonne conservé dans la collection de l'Institut Catholique de Paris.

Rapports et différences

DE LORIOL rapporta cet Echinide du Néocomien portugais à *Phyllacanthus schlumbergeri* [COTTEAU], espèce créée pour une forme du Cénomanien des Charentes. L'examen des types de *Phyllacanthus salviensis* et *P. schlumbergeri* m'a permis de constater que ces deux espèces sont, en réalité, bien différentes. *P. schumbergeri* est de taille très inférieure; ses ambulacres sont plus droits et proportionnellement plus larges; les granules scrobiculaires sont plus fins et abondants dans chaque couronne; les aréoles et les zones miliaires sont bien moins enfoncées; les tubercules ambulacraires sont pourvus de mamelons moins développés. Ces différents caractères permettent de distinguer aisément les formes portugaises de *P. schlumbergeri.*

Attribution générique

L'affectation au genre est très malaisée. Il est cependant certain que cet Echinide n'est pas un *Rhabdocidaris* DESOR, genre à tubercules crénelés.

LAMBERT (*in* SAVIN, 1903, p. 163) créa le genre *Aulacocidaris* pour les formes à tubercules non crénelés et ambulacres formés, à la base, de majeures à deux éléments s'ornant de granules mamelonnés alternant avec des granules miliaires. Il y plaça l'espèce *salviensis.*

Th. MORTENSEN [1928-1951, I, p. 489] démontra que les critères distinctifs d'*Aulacocidaris* étaient sans valeur générique. Il indiqua que les espèces précédemment groupées dans ce genre devaient être rapportées à *Prionocidaris* AGASSIZ ou *Phyllacanthus* BRANDT. Mais il ne proposa lui-même aucune répartition.

Les différences entre *Prionocidaris* et *Phyllacanthus* portent essentiellement sur la forme des radioles, la structure de l'apex et la disposition des pores au bord du péristome. Tous ces éléments sont inconnus dans l'espèce *salviensis*. Je ne peux donc baser l'attribution générique que sur deux éléments signalés par Th. MORTENSEN (*op. cit.*, p. 500): *Dans Phyllacanthus* les tubercules scrobiculaires sont de forme semi-lunaire, à rebord surélevé du côté de l'aréole; par ailleurs, l'appareil apical est plus étroit que le péristome, tandis que le rapport est inverse dans *Prionocidaris*. Ces deux caractères de *Phyllacanthus* s'observent dans l'espèce *salviensis*. Ils m'incitent donc à la placer dans ce genre sans, toutefois, que le doute soit entièrement dissipé, car il me semble difficile d'accorder une valeur de distinction générique à la forme des tubercules scrobiculaires ou au diamètre relatif de l'apex.*

Répartition stratigraphique et gisements

Ces Oursins ont été recueillis dans le Valanginien supérieur de Calhau do Corvo et dans l'Hauterivien inférieur de Sabugo. L'individu décrit par DE LORIOL provenait de l'Hauterivien inférieur de Carregueira. Quelques plaques ambulacraires et interambulacraires disjointes qui, par leur ornementation, seraient à rapprocher de *Phyllacanthus salviensis*, ont été trouvées dans le Valanginien supérieur du phare de Guia, dans l'Hauterivien inférieur de Mexilhoeira, Suimo et Quinta da Fonte Santa, ainsi que dans l'Hauterivien supérieur de Murches.

Hors du Portugal, la même espèce a été citée dans le Valanginien [LAMBERT, 1916 a, p. 32; G. CORROY, 1925, p. 79] et dans l'Hauterivien [G. CORROY, *op. cit.*, p. 111] du Bassin de Paris.

Genre: RHABDOCIDARIS DESOR 1855

Ambulares à pores conjugués. Tubercules primaires perforés et crénelés. Radioles très robustes, de formes variables: allongés, cylindriques, prismatiques, ou bien massifs, ornés d'épines ou étalés en forme de rame; ils sont pourvus d'une large facette articulaire crénelée.

RHABDOCIDARIS DELGADOI DE LORIOL 1887

1887. *Rhabdocidaris delgadoi, DE LORIOL* (1887-1888, p. 15, pl. 2, fig. 14-16).
1904. *Rhabdocidaris delgadoi*, DE LORIOL (p. 65).

Description

Je conserve ce nom d'espèce établi par DE LORIOL pour désigner des radioles connus uniquement par leurs tiges très épaisses, en forme de massue, rapidement élargies dès la base et jusqu'au sommet; ce dernier est souvent convexe. La granulation, plus ou moins fine, m'a permis de distinguer deux variétés de radioles:

— les uns, assez allongés ou bien très ramassés, sont ornés de granules épars,

---

* On peut remarquer que R. MOORE (1966, p. U 330) a mis le genre *Aulacocidaris*, dans sa totalité, en synonymie avec *Phyllacanthus*.

serrés, plus grossiers sur l'une des faces, tendant à s'aligner en files verticales. Cette forme paraît identique à *Rhabdocidaris peticlerci* SAVIN 1902 [p. 18, pl. 4, fig. 13-23] (*).

— les autres, en larges massues, portent de forts granules se disposant en séries longitudinales. La granulation est plus accentuée à la base où quelques grosses épines sont bien visibles. Cette forme ne semble guère différer de *Rhabdocidaris gevreyi* SAVIN 1902 (p. 17, pl. 4, fig. 7-12) que par l'absence de côtes régulières et saillantes au sommet de la tige.

Je pense donc que *Rhabdocidaris delgadoi* pourrait appartenir à la même espèce que *Rh. peticlerci* et *Rh. gevreyi*, radioles décrits postérieurement et provenant du Valanginien de Malleval (Isère).

Répartition stratigraphique et gisements

Ces radioles sont très abondants dans le Valanginien supérieur du Cap Espichel, de Mexilhoeira et d'Alcabideche.

RHABDOCIDARIS CASCAESENSIS DE LORIOL 1887

1887. *Rhabdocidaris cascaesensis*, DE LORIOL (1887-1888, p. 10, pl. 2, fig. 11).

Description

J'ai retrouvé un radiole très comparable à celui décrit par DE LORIOL: la tige, de section elliptique, est plus comprimée à une extrémité qu'à l'autre. Les deux arêtes portent des épines assez fortes et pointues. L'une des faces est ornée de fines crêtes granuleuses, serrées, régulièrement espacées. La face opposée, mal connue sur l'holotype, montre, sur l'exemplaire que je possède, des côtes granuleuses un peu plus fortes, plus écartées, moins nombreuses, garnies à intervalles égaux d'épines espacées et faibles.

Le bouton et la collerette ne sont pas connus.

Répartition stratigraphique et gisements

Ce radiole, tout comme l'exemplaire décrit par DE LORIOL, a été recueilli dans le Valanginien supérieur du fort de Guia.

RHABDOCIDARIS TUBEROSA (GRAS)

1848. *Cidaris tuberosa*, GRAS (p. 23, pl. 1, fig. 7-8).
1848. *Cidaris ramifera*, GRAS (p. 25, pl. 3, fig. 7).
1848. *Cidaris prismatica*, GRAS (p. 26, pl. 3, fig. 6).
1855. *Rhabdocidaris tuberosa*, DESOR (1855-1858, p. 42).
1863. *Rhabdocidaris tuberosa*, COTTEAU (1861-1867, p. 337, pl. 1081, fig. 1-7, pl. 1088, fig. 7-18).
1873. *Rhabdocidaris tuberosa*, DE LORIOL (p. 57, pl. 4, fig. 16-31).
1887. *Rhabdocidaris tuberosa*, DE LORIOL (1887-1888, p. 11, pl. 2, fig. 2-10).

(*) Telle était aussi l'opinion de DE LORIOL [1904, p. 65].

Description

Les variations morphologiques intraspécifiques des radioles de *Rhabdocidaris tuberosa* sont très étendues. Citons, notamment, les tiges grêles, de section circulaire; les tiges fortes, allongées, cylindriques, elliptiques ou de section triangulaire avec faces courbes convexes ou concaves, s'élargissant vers le haut; les tiges massives, de section ovale; les tiges planes, s'étalant en rames. Des files verticales, fines et serrées, de granules s'alignent sur le radiole et des épines plus ou moins fortes sont portées par les arêtes ou dispersées sur les faces de la tige. L'ornementation est généralement moins lourde sur un des côtés du radiole que sur l'autre.

La collerette est cylindrique et épaisse, l'anneau saillant, le bouton bien développé, la facette articulaire crénelée.

J'ai trouvé à Mexilhoeira, accompagnant les radioles, un fragment de plaque interambulacraire. Le tubercule est grand, crénelé, perforé, entouré d'un scrobicule non déprimé. Ce scrobicule est limité par de petits granules inégaux, très écartés, identiques aux granules miliaires; ces derniers sont clairsemés et très inégaux. De tels caractères m'incitent à considérer que ce débris de test appartient à *Rhabdocidaris tuberosa.*

Répartition stratigraphique et gisements

Les radioles de *Rhabdocidaris tuberosa* abondent dans le Valanginien terminal du Cap Espichel, du phare de Guia et de Mexilhoeira, ainsi que dans l'Hauterivien de Guia, Mexilhoeira, Birre, Alcabideche, Zambujeiro, Linhó, Boa Vista, Suimo et Sabugo.

Hors du Portugal, *Rt. tuberosa* est connu dans le Valanginien des Alpes et du Jura, ainsi que dans l'Hauterivien de Provence [S. HUMBERT, 1965].

* *
*

GLYPHOSTOMES

Ordre: STIRODONTA

Famille: SALENIIDAE

Genre: SALENIA GRAY 1835

Taille petite à moyenne. Apex dicyclique pourvu d'une plaque suranale rejetant le périprocte à droite de l'axe antéro-postérieur. Plaques ambulacraires entièrement bisociées, avec un granule mamelonné toutes les deux plaques. Zones porifères légèrement élargies au bord péristomial. Interambulacres à deux rangées de gros tubercules crénelés, imperforés.

SALENIA DEPRESSA GRAS 1848
(pl. XIII, fig. 8)

1848. *Salenia depressa,* GRAS (p. 27, pl. 1, fig. 9-10).
1852. *Salenia depressa,* GRAS (p. 28).
1861. *Salenia depressa,* COTTEAU (1861-1867, p. 131, pl. 1030, fig. 1-6).

Description

Les deux individus que je rapporte à cette espèce sont mal conservés, très empâtés dans une gangue calcaire. On y observe cependant bien les caractères distinctifs de *Salenia depressa:* test de petite taille (D=12 mm, H=7 mm pour l'un des échantillons; D=13 mm, H=5,5 mm pour l'autre), circulaire, à face supérieure déprimée (H/D=0,58 et 0,42). Zones porifères droites, à petits pores ronds multipliés au bord du péristome. Ambulacres étroits, portant deux rangs de fins granules égaux, très serrés, accompagnés de quelques rares verrues. Interambulacres ornés de gros tubercules et de granules intermédiaires inégaux, souvent mamelonnés. Appareil apical très étendu, pourvu de petites impressions suturales arrondies et atténués; la plaque suranale est pentagonale et non — comme sur l'holotype — carrée.

Rapports et différences

Ce n'est pas sans hésitations que COTTEAU [1861-1867, p. 132] maintint cette espèce créée à partir d'un seul exemplaire mal conservé, aujourd'hui perdu. *Salenia depressa* aurait pu n'être qu'une variété de *Salenia foliumquerci* DESOR. Aux yeux de COTTEAU, la forme carrée de la plaque suranale paraissait le caractère distinctif le plus important de *S. depressa.* Cette disposition serait absolument exceptionnelle, la plaque suranale de toutes les autres espèces de *Salenia* étant pentagonale, comme le veut la disposition pentaradiée de l'apex. La plaque suranale des deux individus portugais est pentagonale. On peut donc se demander si la forme carrée n'est pas le fait d'une malformation individuelle de l'holotype. Ce critère contestable étant écarté, il reste que *S. depressa* se distingue de *S. folium-querci* par sa forme plus déprimée, ses ambulacres plus longs, plus étroits, à granules plus petits, et par son appareil apical presque lisse. Ces caractères sont suffisamment nets pour permettre, au Portugal, une distinction aisée des deux espèces. C'est pourquoi j'ai maintenu *S. depressa.*

Répartition stratigraphique et gisements

S. depressa a été recueilli au Portugal dans le Valanginien supérieur de Mexilhoeira et du phare de Guia.

L'holotype provient du Valanginien de l'Isère.

SALENIA FOLIUM-QUERCI DESOR 1846
(pl. XIII, fig. 9 à 11)

1846. *Salenia folium-querci,* DESOR in AGASSIZ et DESOR (1846-1847, p. 342).
1859. *Salenia folium-querci,* COTTEAU (1858-1893, II, p. 58, pl. 53, fig. 11-15).
1861. *Salenia folium-querci,* COTTEAU (1861-1867, p. 132, pl. 1030, fig. 7-13).
1873. *Salenia folium-querci,* DE LORIOL (p. 80, pl. 12, fig. 8).
1959. *Salenia folium-querci,* M. L. PETITOT (p. 40, pl. 3, fig. 7-12).

Description

MATÉRIEL. — Plusieurs individus assez bien conservés ont été collectés. Ils sont partiellement pris dans une gangue calcaire et leurs dimensions ne peuvent être mesurées.

FORME. — Test circulaire, peu élevé, à face supérieure subhémisphérique.

AMBULACRES. — Zones porifères droites, unisériées, multipliées près du péristome. Plaques ambulacraires bisociées ornées de deux rangs de 12 à 13 granules mamelonnés, bien développés, serrés mais no contigus, accompagnés de quelques verrues.

INTERAMBULACRES. — Chaque aire porte deux files de 4 tubercules crénelés, imperforés, saillants à l'ambitus. Des granules mamelonnés, espacés et inégaux, constituent des cercles scrobiculaires et occupent, avec quelques verrues, la zone miliaire.

APPAREIL APICAL. — Très étendu, il couvre les 9/12 de la face supérieure. Les impressions suturales profondes, arrondies, se poursuivent généralement sur les plaques par des sillons rayonnants qui s'atténuent au fur et à mesure qu'ils s'écartent des sutures. Ainsi que l'avaient noté COTTEAU et M. L. PETITOT, chaque plaque génitale peut être pourvue de deux pores inégaux assez rapprochés. La plaque madréporique porte une fissure oblongue.

PÉRIPROCTE. — Il est arrondi à subtriangulaire, entouré d'un bourrelet et placé à droite de l'axe antéro-postérieur.

PÉRISTOME. — Inconnu sur les exemplaires portugais.

Rapports et différences

Salenia folium-querci diffère de *S. depressa* par sa face subhémisphérique, ses ambulacres larges et courts, son appareil apical à impressions suturales profondes et sillons rayonnants.

Salenia neocomiensis COTTEAU possède un appareil apical moins étendu et des ambulacres flexueux.

La position latérale du périprocte permet de distinguer *S. folium-querci* d'*Hyposalenia stellulata* AGASSIZ.

Répartition stratigraphique et gisements

Cette espèce a été rencontrée au Portugal dans les assises hauteriviennes de Mexilhoeira et de Birre.

Hors du Portugal, *Salenia folium-querci* a été signalé dans le Valanginien et dans l'Hauterivien du Jura et du Bassin Parisien, ainsi que dans l'Hauterivien moyen et à la base du Barrémien du Maroc.

SALENIA MAMILLATA COTTEAU 1861
(fig. 81 et 82; pl. XIII, fig. 13 à 17)

1861. *Salenia mamillata*, COTTEAU (1861-1867, p. 136, pl. 1031, fig. 9-17).
1863. *Salenia mamillata*, COTTEAU (1849-1878, II, p. 160, pl. 63, fig. 12-16).
1916. *Salenia mamillata*, LAMBERT (1916 a, p. 64).

Description

MATÉRIEL. — Une dizaine de fossiles très bien conservés.

DIMENSIONS.

N° échantillons	D	H	H/D	D péristome	D app. apical
CER 111	8,3 mm	4,4 mm	0,52	4,2 mm	5 mm
CER 112	8,7	4,5	0,51	4,2	5,2
CER 113	8,7	5	0,57	4	5,3
CER 114	8,7	5	0,57	4,5	5,5
CER 115	9	4,3	0,47	4	5,3
CER 116	10,3	6	0,58	4,8	6,5
CER 117	10,4	5,5	0,52	5	6
Cr 271	13,4	6,5	0,48	?	8
Er 101	17,5	7,5	0,42	8	9,4

Les individus de diamètre compris entre 8 mm et 10,5 mm montrent les caractères suivants:

FORME. — Test circulaire, à face supérieure peu renflée, pourtour fortement convexe et face inférieure presque plane.

AMBULACRES. — Zones porifères presque droites, à pores punctiformes disposés en paires obliques, se multipliant très légèrement près du péristome. Les pores d'un même zygopore sont très rapprochés et séparés par un renflement granuliforme. Ambulacres étroits, de largeur sensiblement égale du péristome à l'appareil apical, formés de plaques bisociées et ornés de deux séries de 11 à 13 granules mamelonnés assez forts, homogènes, diminuant très légèrement de taille près du sommet; ces granules sont serrés mais non contigus de sorte que quelques petites verrues éparses prennent place entre les deux files de granules et entre deux granules successifs d'une même rangée.

INTERAMBULACRES. — Chaque aire interambulacraire porte deux séries verticales de 3 à 4 tubercules crénelés, non perforés, très saillants à l'ambitus et à la face supérieure, diminuant rapidement de taille à la face inférieure. Les plus gros tubercules sont entourés de 5 à 6 granules mamelonnés, inégaux et espacés, formant un cercle scrobiculaire; les plus forts granules atteignent la taille des granules ambulacraires. Zone miliaire étroite à verrues dispersées très inégales; certaines sont mamelonnées.

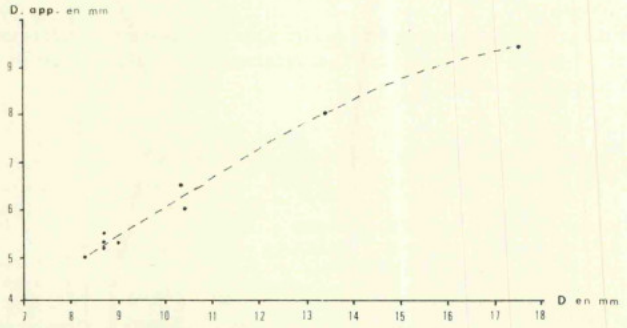


FIGURE 81. — *Salenia mamillata* COTTEAU. Rapport entre le diamètre du test et le diamètre de l'appareil apical.

APPAREIL APICAL. — Son diamètre, plus grand que celui du péristome, est, sur tous les échantillons, supérieur à la moitié du diamètre du test (*fig.* 81). Son contour est arrondi, légèrement dentelé. Les sutures des plaques sont accidentées de lacunes profondes, circulaires, de grande taille. La surface des plaques est chagrinée. Chaque plaque porte un pore génital arrondi. La plaque génitale 2 est percée d'une fissure madréporique allongée reliée au pore génital.

PÉRIPROCTE. — Triangulaire ou ovale, situé à droite de l'axe antéro-postérieur et entouré d'un bourrelet accentué.

PÉRISTOME. — Circulaire, un peu enfoncé, entaillé de scissures branchiales bien marquées. Son diamètre est inférieur ou tout au plus égal à la moitié du diamètre du test.

Variations

Les individus les plus grands (D=13,4 mm et 17,5 mm) ne s'écartent des formes plus petites que par des caractères variant avec la taille: granules ambulacraires et tubercules interambulacraires plus nombreux, rapport H/D plus faible (*fig.* 82), appareil apical proportionnellement moins étendu. L'échantillon le plus fort montre un corps spongieux dans la fissure madréporique.

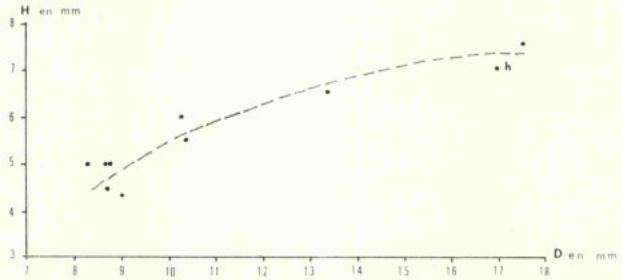


FIGURE 82. — *Salenia mamillata* COTTEAU. Rapport entre le diamètre du test et la hauteur. h: holotype.

Rapports et différences

Les exemplaires portugais ont, dans leur majorité, des dimensions un peu inférieures à celles de l'holotype de *Salenia mamillata.* Ils présentent cependant les mêmes caractères d'ornementation et de structure. La seule différence notable concerne le nombre inférieur de granules ambulacraires et de tubercules interambulacraires; elle est probablement en relation avec la taille plus réduite. Nous pouvons penser que ces petits individus sont, soit des formes jeunes, soit, plutôt, des formes naines qui se sont développées dans un milieu défavorable.

Salenia mamillata se distingue de *Salenia prestensis* DESOR par sa face supérieure moins élevée, ses zones porifères plus droites, ses pores punctiformes très rappro-

chés, ses ambulacres de largeur sensiblement égale du péristome à l'appareil apical, ses granules ambulacraires plus forts et plus homogènes, et ses lacunes suturales plus larges et plus profondes.

S. mamillata diffère de *Salenia folium-querci* par son appareil apical moins étendu, à lacunes suturales plus profondes et toujours dépourvues de sillons transverses, par ses tubercules plus saillants et par son péristome plus grand.

Salenia grasi COTTEAU possède un appareil apical à contour très découpé, des ambulacres droits et des granules interambulacraires disposés en séries horizontales.

Répartition stratigraphique et gisements

L'espèce a été créée à partir d'un individu de l'Aptien de l'Aube.

Au Portugal, cet Echinide a été recueilli dans les couches bédouliennes d'Ericeira et du fort de Crismina.

SALENIA aff. *PRESTENSIS* DESOR 1856

1848. *Salenia personata*, GRAS (p. 28, pl. 1, fig. 16), non *Salenia personata*, AGASSIZ.
1856. *Salenia prestensis*, DESOR (1855-1858, p. 151).
1858. *Salenia prestensis*, PICTET et RENEVIER (p. 159, pl. 22, fig. 6 a, b, c).
1858. *Salenia triboleti*, PICTET et RENEVIER (p. 160, pl. 22, fig. 7 a, b, c).
1861. *Salenia prestensis*, COTTEAU (1861-1867, p. 137, pl. 1032 et pl. 1033, fig. 1-9).
1873. *Salenia prestensis*, DE LORIOL (p. 82, pl. 12, fig. 5, 6, 7).
1876. *Salenia prestensis*, COTTEAU, PÉRON et GAUTHIER (1873-1884, III, p. 34).
1887. *Salenia prestensis* MALLADA (p. 161, fig. 6-8).

Description

MATÉRIEL. — Je rapproche de *Salenia prestensis* une dizaine d'individus de petite taille (diamètre compris entre 7,5 mm et 11,5 mm), relativement bien conservés.

FORME. — Test circulaire, assez renflé, à face supérieure peu déprimée.

AMBULACRES. — Zones porifères flexueuses, à pores oblongs très rapprochés dans un même zygopore et multipliés près du péristome. Les ambulacres étroits, à plaques bisociées, s'élargissent progressivement du sommet à la base. Ils portent deux rangs de 15 à 17 petits granules mamelonnés diminuant progressivement de taille du péristome à l'apex. Les deux rangées s'écartent un peu à l'ambitus et à la face inférieure. Espace intermédiaire garni de quelques fines verrues mal visibles, plus fortes aux approches du péristome.

INTERAMBULACRES. — Chaque aire présente deux séries de 4 tubercules non perforés, saillants, très développés à l'ambitus et à la face supérieure. Les scrobicules sont entourés de 5 à 6 granules mamelonnés, espacés, irréguliers, de taille égale ou supérieure à celle des granule ambulacraires. Des verrues fines, inégales et serrées, occupent une zone miliaire assez étroite.

APPAREIL APICAL. — L'apex, de contour circulaire et dentelé, est assez grand, de diamètre légèrement supérieur à la moitié du diamètre du test. Des lacunes étroites

et espacées accidentent les sutures des plaques. Dans l'un des échantillons, ces impressions suturales se poursuivent sur les plaques par des sillons rayonnants. Chaque plaque génitale est percée d'un pore génital. La déchirure madréporique, oblongue, prolonge le pore génital 2.

PÉRIPROCTE. — Ovale ou circulaire, entouré d'un bourrelet et à droite de l'axe antéro postérieur.

PÉRISTOME. — Il n'est bien dégagé sur aucun échantillon.

Rapports et différences

Ces formes portugaises diffèrent des types de *Salenia prestensis* par une taille constamment plus faible et, corrélativement, par un nombre plus réduit de granules ambulacraires et de tubercules interambulacraires. L'écart est trop élevé pour que l'appartenance à l'espèce soit certaine. Les caractères d'ornementation et de structure sont toutefois identiques.

La face supérieure plus renflée, la structure et l'ornementation des ambulacres, les lacunes suturales peu profondes de l'appareil apical différencient nettement *Salenia* aff. *prestensis* de *S. mamillata.*

Salenia aff. *prestensis* s'écarte de *S. folium-querci* par ses ambulacres plus étroits, ses zones porifères nettement plus flexueuses, ses granules ambulacraires plus fins, plus serrés et plus nombreux, par l'ornementation plus dense de la zone miliaire et par l'appareil apical moins étendu, orné de lacunes suturales plus fines.

Répartition stratigraphique et gisements

Salenia aff. *prestensis* a été découvert au Portugal dans l'Aptien inférieur d'Ericeira et de São Julião.

S. prestensis est une espèce de l'Aptien de Suisse, de France, d'Espagne et d' Algérie.

SALENIA GRASI COTTEAU 1861
(pl. XIII, fig. 12)

1861. *Salenia grasi,* COTTEAU (1861-1867, p.142, pl. 1033, fig. 10-16).

Description

MATÉRIEL. — Deux Echinides à faces inférieures mal dégagés de leur gangue.

DIMENSIONS.

N° échantillons	D	H	H/D	D péristome	D. app. apical
Er 381	9 mm	4 mm	0,44	3,5 mm	6 mm
Er 382	7,5	3,5	0,46	3,1	5,7

L'individu le plus grand, correspondant probablement à un stade adulte offre les caractères suivants:

FORME. — Test circulaire à face supérieure très déprimée et face inférieure plane.

AMBULACRES. — Zones porifères droites, constituées de paires obliques de pores punctiformes. On n'observe aucune multiplication des pores au péristome. Ambulacres étroits, renflés, à plaques bisociées. Ils portent deux rangées de 16 petits granules mamelonnées. Les deux files s'écartent à la face inférieure et les granules s'accroissent légèrement. Les éléments plus fins d'ornementation des ambulacres ne sont pas visibles.

INTERAMBULACRES. — Chaque aire est ornée de deux séries verticales de 5 tubercules crénelés, imperforés, très forts à l'ambitus et à la face supérieure, diminuant rapidement de taille au-dessus. Les scrobicules sont limités par 7 à 8 granules inégaux, mamelonnés, espacés, plus forts que les granules ambulacraires, associés à quelques fines verrues mal visibles. A proximité de l'appareil apical, les granules, inégaux et serrrés, s'alignent en 2 ou 3 séries horizontales très caractéristiques.

APPAREIL APICAL — Grand, subpentagonal, de contour très découpé et accidenté de larges et profondes lacunes suturales. Plaques génitales étroites et allongées, perforées chacune d'un petit pore génital. Fissure madréporique oblongue reliée au pore de la génitale 2. Plaques ocellaires larges,en forme de croissant, séparées des plaques génitales par de profondes échancrures.

PÉRIPROCTE. — Arrondi ou subtriangulaire, entouré d'un léger bourrelet.

PÉRISTOME. — Petit, entaillé de profondes scissures branchiales.

Variations

L'exemplaire de 7,5 mm de diamètre est une forme jeune. L'appareil apical est proportionnellement très étendu. La fissure madréporique est encore indépendante du 2e pore génital. Le nombre des granules ambulacraires est moindre.

Rapports et différences

Je n'ai noté aucune différence entre les Echinides portugais et l'holotype décrit par COTTEAU.

Salenia grasi se sépare très bien de ses congénères par sa forme déprimée, ses ambulacres droits, son petit péristome, ses granules ambulacraires disposés en files horizontales près du sommet et son appareil apical de contour très découpé.

Répartition stratigraphique et gisements

L'holotype de *Salenia grasi* provient de l'Aptien de l'Isère.

Les exemplaires portugais de cette espèce ont été découverts dans l'Aptien inférieur d'Ericeira.

*
* *

Famille: HEMICIDARIDAE

Genre: PSEUDOCIDARIS ETALLON 1859

Ce genre n'est représenté, au Portugal, que par des radioles glandiformes.

PSEUDOCIDARIS CRISPICANS DE LORIOL 1887

1887. *Pseudocidaris crispicans*, DE LORIOL (1887-1888, p. 19, pl. 3, fig. 6-8).

Les radioles fragmentaires que j'ai recueillis possèdent les mêmes caractères que ceux précédemment décrits par DE LORIOL. Ils proviennent du même gisement (Hauterivien de Mexilhoeira).

PSEUDOCIDARIS CLUNIFERA (AGASSIZ 1836

1836. *Cidaris clunifera*, AGASSIZ (Fossiles crétacés du Jura neuchâtélois, *Mém. Soc. Sc. Nat. Neuchâtel*, I, p. 142, pl. 14, fig. 16-18); non vu.
1863. *Hemicidaris clunifera*, COTTEAU (1861-1867, p. 387, pl. 1089, fig. 6-16 et pl. 1090, fig. 1-18).
1873. *Pseudocidaris clunifera*, DE LORIOL (p. 88, pl. 5, fig. 1-7).
1887. *Pseudocidaris clunifera*, DE LORIOL (1887-1888, p. 18, pl. 3, fig. 9-12).
1905. *Pseudocidaris clunifera*, SAVIN (p. 109, pl. 2, fig. 23-24).

Les radioles de *Pseudocidaris clunifera* ont été longuement décrits par divers Echinologistes. DE LORIOL avait déjà étudié plusieurs exemplaires portugais. Ceux que j'ai collectés sont identiques. On les rencontre dans l'Hauterivien du Cap Espichel, de Mexilhoeira, de Birre, d'Aldeia de Juzo, de Suimo, de Casais da Cambra et de Sabugo.

Hors du Portugal, cette espèce a été citée dans l'Hauterivien du Bassin de Paris et d'Algérie, dans le Barrémien des Alpes, dans le Valanginien et l'Hauterivien du Maroc.

*
* *

Famille: PSEUDODIADEMATIDAE

Genre: TROCHOTIARA LAMBERT 1901

Test de petite taille, applati, rotulaire. Plaques ambulacraires trisociées, avec parfois une demi-plaque supplémentaire à l'ambitus. Zones porifères unigéminées, dédoublées près du péristome. Tubercules ambulacraires et interambulacraires subégaux. Zone miliaire déprimée et nue à la face supérieure. Grand appareil apical pentagonal caduc.

TROCHOTIARA BOURGUETI (AGASSIZ)1840

(fig. 83, 86 à 88; pl. XIV, fig. 1 à 7)

1840. *Diadema bourgueti*, AGASSIZ (1839-18840, II, p. 6, pl. 16, fig. 6-10).
1857. *Pseudodiadema bourgueti*, COTTEAU (1849-1878, II, p. 27, pl. 49, fig. 6-14 et pl. 50, fig. 1-6).
1863. *Pseudodiadema bourgueti*, COTTEAU (1861-1867, p. 415, pl. 1095 fig. 15-19 et pl. 1096).
1873. *Pseudodiadema bourgueti*, DE LORIOL(p. 107, pl. 6, fig. 6-7).
1887. *Pseudodiadema bourgueti*, DE LORIOL (1887-1888, p. 21, pl. 4, fig. 2).
1905. *Pseudodiadema cotteri*, DE LORIOL (p. 20, pl. 2, fig. 6).
1911. *Trochotiara bourgueti*, LAMBERT et THIÉRY (1909-1925, p. 182).
1935. *Trochotiara bourgueti*, Th. MORTENSEN (1928-1951, II, p. 437).
1959. *Trochotiara bourgueti*, M. L. PETITOT (p. 65, pl. 6, fig. 17-26).

Bien que cette espèce ait déjà donné lieu à maintes descriptions et figurations, une analyse détaillée des représentants portugais me paraît nécessaire, en raison du bon

état de conservation des individus recueillis, de la présence d'espèces voisines et des erreurs de détermination qui ont été faites.

Description

MATÉRIEL ET DIMENSIONS. — Une quinzaine d'exemplaires, de diamètre compris entre 9,5 mm et 17,5 mm ont été collectés. La dimension est de 12 mm à 14 mm.

FORME. — Test rotulaire, à contour circulaire. Face supérieure applatie. Face inférieure très légèrement concave. Le rapport H/D est généralement voisin de 0,40 (*fig.* 87).

AMBULACRES. — Zones porifères droites et unigéminées de l'apex à face inférieure, sinueuses et multipliées près du péristome (*fig.* 83). Plaques ambulacraires trisociées sur toute la longueur du test. Je n'ai pas observé de demi-plaque supplémentaire à l'ambitus. Les aires ambulacraires, de largeur moyenne, se resserrent fortement près du sommet. Elles portent deux rangées de 11 à 13 petits tubercules crénelés, perforés, diminuant progressivement de taille à la face supérieure mais toujours bien visibles, très espacés et bordant les zones porifères. L'intervalle compris entre deux tubercules successifs et entre les deux files de tubercules est garni de granules abondants, serrés, homogènes. Ces granules sont plus inégaux, parfois mamelonnés et se groupent en une série sinueuse à l'ambitus et à la face inferieure.

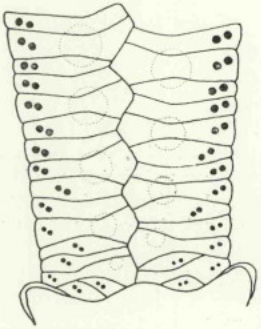


FIGURE 83. — *Trochotiara bourgueti* (DESOR). Structure d'un ambulacre à la face orale; × 15 environ.

INTERAMBULACRES. — Chaque aire présente deux séries de 11 à 12 tubercules crénelés et perforés, un peu plus forts et espacés que les tubercules interambulacraires. Ils sont entourés de scrobicules nets, contigus à l'ambitus. A la face supérieure, les tubercules diminuent de volume et sont plus écartés. A la face inférieure, une rangée sinueuse de petits tubercules secondaires inégaux, crénelés et perforés, borde les zones porifères; elle disparaît à l'ambitus. La zone miliaire est large, ornée au-dessus de l'ambitus de granules fins, serrés, homogènes et égaux, tendant à s'aligner en séries subhorizontales. Au-dessus, l'espace intermédiaire, plus étroit, porte des granules moins abondants et plus inégaux; certains sont mamelonnés. Les interambulacres sont dénulés et légèrement déprimés dans la région périapicale.

APPAREIL APICAL. — L'apex, caduc, paraît être de forme pentagonale. Le rapport de son diamètre au diamètre total du test varie entre 0,35 et 0,40.

PÉRISTOME. — Il est moyennement développé: le rapport du diamètre du péristome au diamètre du test est de l'ordre de 0,45 (*fig.* 88). Il est légèrement déprimé, subcirculaire, à scissures branchiales bien visibles.

Variations

Les individus les plus jeunes se caractérisent par un pourtour plus pentagonal, une forme générale plus aplatie et un nombre moindre de tubercules ambulacraires et interambulacraires proportionnellement plus gros. Le rapport du diamètre du péristome au diamètre du test est le même que chez l'adulte. La multiplication des pores près de la bouche est déjà très nette.

Attribution spécifique

Ces exemplaires correspondent à la variété B de l'espèce *Trochotiara bourgueti*, telle qu'elle fut définie par COTTEAU [1861-1867, p. 419]. Certes, la taille moyenne des représentants portugais est moindre mais ce fait, assez constant chez les Echinides du Crétacé inférieur lusitanien, est peut-être lié à leur développement en milieu marin confiné. Par ailleurs, à dimensions égales, les formes portugaises s'écartent de la majorité des exemplaires français par des zones ambulacraires un peu plus étroites, des tubercules ambulacraires et interambulacraires plus nombreux et plus rapprochés dans une même rangée, ainsi que par un péristome moins enfoncé. Les gisements de France — notamment de l'E du Bassin de Paris — renferment toutefois des individus absolument identiques aux Echinides portugais, reliés à la forme moyenne par divers termes de passage. L'attribution à *Trochotiara bourgueti* ne fait donc aucun doute.

Le problème de Trochotiara cotteri

En 1905, DE LORIOL créa une nouvelle espèce, *Pseudodiadema cotteri*, à partir d'Echinides venant de l'Aptien de Ribafria (Portugal) *. Cette forme fut ultérieurement rapportée au genre, *Trochotiara* [LAMBERT et THIÉRY, 1909-1925, p. 183]. L'examen du type de *Trochotiara cotteri* m'a montré que cet Echinide ne différait en rien de *Tr. bourgueti*. Cela ressort, d'ailleurs, de la description qu'en a donnée DE LORIOL: cet auteur indique que *Tr. cotteri* diffère de *Trochotiara guerangeri* COTTEAU par «la présence de petits tubercules secondaires le long des zones porifères, dans les aires interambulacraires, par la zone miliaire entièrement couverte de granules bien plus serrés, par le

* La localité de Ribafria n'a pu être retrouvée, ni sur des ouvrages anciens, ni sur des cartes toponymiques. Ce gisement est aussi indiqué dans une cuvette de la collection des Services Géologiques du Portugal renfermant *Toxaster exilis* DE LORIOL. Or, les *Trochotiara bourgueti* décrits ici étaient associés, dans leur gisement hauterivien de Ribamar, à *Toxaster exilis*. Il est donc possible que Ribafria et Ribamar corespondent à un même gisement, le premier nom étant une altération du second. Certes, DE LORIOL a indiqué un âge aptien pour *Trochotiara cotteri* et *Toxaster exilis*, tandis que je place *Trochotiara bourgueti* et *Toxaster exilis* dans l'Hauterivien. Il faut cependant remarquer que les Echinides étudiés par DE LORIOL étaient recueillis et datés par CHOFFAT. Or, en de nombreux points (et notamment dans la région d'Ericeira où se situe le gisement de Ribamar), CHOFFAT rapportait au Barrémien, à l'Aptien ou à l'Albien des couches qui, en réalité, sont hauteriviennes et barrémiennes.

dédoublement des pores près du péristome et par le diamètre plus élevé de ce dernier». Or, ce sont là les caractères qui permettent de distinguer *Tr. guerangeri* de *Tr. bourgueti* [COTTEAU, 1861-1867, p. 500]. Par conséquent j'estime que *Trochotiara cotteri* doit tomber en synonymie avec *Tr. Bourgueti.*

Rapports et différences

Le Barrémien du Portugal renferme un Echinide voisin, *Trochotiara sculptilis* (DE LORIOL). Les critères de distinction seront analysés lors de l'étude de cette dernière espèce.

Trochotiara bourgueti s'écarte de *Trochotiara rotularis* (AGASSIZ) par ses tubercules primaires ambulacraires plus inégaux et moins rapprochés, par sa granulation miliaire plus dense et homogène et, surtout, par ses tubercules secondaires bien moins développés.

Répartition stratigraphique et gisements

Trochotiara bourgueti est très caractéristique de l'Hauterivien de France et de Suisse. L'espèce a été signalée [LAMBERT, 1933-1937, II, p. 72; M. L. PETITOT, 1959, p. 66] dans l'Hauterivien du Maroc.

Au Portugal, les exemplaires que j'ai récoltés proviennent de l'Hauterivien supérieur de Ribamar, Santo Izidro, Lousa, Alcabideche et du Cap Espichel.

TROCHOTIARA SCUPTILIS (DE LORIOL) 1887
(fig. 84 à 88; pl. XIV; fig. 8 à 17)

1887. *Pseudodiadema sculptile,* DE LORIOL (1887-1888, p, 28, p. 28, pl. 5, fig. 5-6).
1911. *Trochotiara sculptilis,* LAMBERT et THIÉRY (1909-1925, p. 183).

Description

MATÉRIEL ET DIMENSIONS. — Les individus trouvés (50 environ) sont bien conservés et forment une population très homogène au regard de la taille (*fig.* 84). Le diamètre du test varie entre 7,2 et 22,3 mm. La classe modale correspond aux valeurs 12-14 mm.

FORME. — Test circulaire, a face inférieure presque plane, concave en bordure du péristome. Face supérieure généralement déprimée, conférant à l'animal une forme rotulaire. Cependant, quelques individus qui ne se distinguent par aucun autre caractère sont subconiques ou même hémisphériques. La rapport H/D est ainsi, extrêmement variable, allant de 0,32 à 0,62. La valeur moyenne est de 0,40 (*fig.* 87).

AMBULACRES. — Zones porifères droites, à pores ronds très rapprochés. Une petit crête entoure chaque zygopore et sépare les deux pores d'une même paire. Les pores se multiplient toujours très légèrement près du péristome (*fig.* 85). Les aires ambulacraires sont relativement étroites mais elles se retrécisseent peu au sommet. Elles sont formées, du péristome à l'apex, de majeures trisociées. Je n'ai pas observé de demi-plaques supplémentaires à l'ambitus. Les ambulacres portent deux rangées de 9 à 13 tubercules crénelés, perforés et scrobiculés, bordant les zones porifères. Ces tubercules sont forts et raprochés à la face inférieure, saillants à l'ambitus. Ils diminuent très rapidement de taille et s'espacent à la face supérieure, de sorte que, dans la région adapicale, ils tendent à se confondre avec des granules intermédiaires. Ils res-

tent toutefois crénelés et perforés. La zone miliaire est ornée, au-dessus de l'ambitus, de granules fins, homogènes, très serrés, tendant à s'aligner en files subhorizontales. L'accroissement de taille des tubercules à l'ambitus et à la face inférieure réduit fortement l'espace intermédiaire. Celui-ci porte, entre les deux rangs de tubercules et entre les scrobicules d'une même série, une file de granules espacés, forts et inégaux; certains sont mamelonnés.

INTERAMBULACRES. — Aires larges, à deux files de 8 à 12 tubercules qui se rapprochent progressivement des zones porifères depuis le péristome jusqu'au sommet. Tubercules crénelés et perforés, à scrobicules elliptiques, un peu plus forts que les tubercules ambulacraires, contigus dans une même rangée à l'ambitus et à la face orale, diminuant brusquement de taille et s'écartant à la face aborale, tout en restant

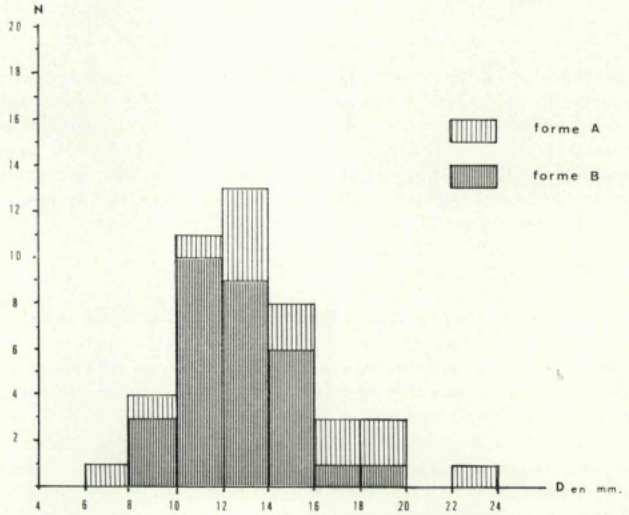


FIGURE 84. — *Trochotiara culptilis* (DE LORIOL). Histogramme de répartition des individus en fonction du diamètre du test. Echantillons du Barrémien d'Ericeira.

bien plus apparents que les tubercules ambulacraires. Zone miliaire garnie, au-dessus de l'ambitus, de granules fins, denses et égaux. La région adapicale, légèrement déprimée, est granuleuse. A l'ambitus et au-dessous, l'espace intermédiaire, plus étroit, porte des granules espacés et inégaux; quelques tubercules secondaires, crénelés et perforés, beaucoup plus petits que les tubercules primaires, forment une rangée irrégulière le long des zones porifères; ils ne dépassent pas l'ambitus. Certains individus portent des tubercules secondaires identiques au milieu de chaque zone ambulacraire, à l'ambitus et à la face inférieure.

APPAREIL APICAL. — Probablement caduc, il n'est connu sur aucun échantillon. De forme pentagonale, il occupait une superficie réduite: le rapport de son diamètre au diamètre du test est compris entre 0,30 et 0,35.

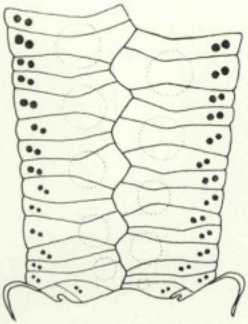


FIGURE 85. — *Trochotiara sculptilis* (DE LORIOL). Structure d'un ambulacre à la face orale; × 15 environ.

PÉRISTOME. — Enfoncé, circulaire ou décagonal, de grande dimension. Le rapport du diamètre du péristome au diamètre du test, de l'ordre de 0,45, varie peu (*fig.* 88). Scissures branchiales bien visibles, profondes, relevées principalement sur les bords interambulacraires.

RADIOLES. — Quelques exemplaires portent encore des radioles accolés au test. La tige est grêle, cylindrique, à fines stries longitudinales. L'anneau est saillant et lisse, le bouton large et court. La facette articulaire est crénelée.

Variations

Les caractères de l'ornementation permettent de distinguer deux variétés différentes:

— *la variété A* est caractérisée par la présence au milieu de chaque interambulacre de petits tubercules secondaires adoraux crénelés et perforés; ces tubercules s'organisent en une série très irrégulière et sinueuse.

— *la variété B* est dépourvue de tubercules secondaires au centre des interambulacres. On note seulement l'existence de quelques granules mamelonnés. La granulation des interambulacres à la face inférieure est plus dense et homogène. C'est à cette variété qu'appartient l'holotype (échantillon n.° 3324 de la Collection des Services Géologiques du Portugal).

Ainsi que nous l'avons signalé, l'espèce présente d'importantes variations morphologiques individuelles.

Les formes jeunes ne m'ont paru différer des adultes que par un nombre plus réduit de tubercules ambulacraires et interambulacraires (*fig.* 86).

Atribution générique

Cette espèce avait été primitivement placée dans le vaste genre *Pseudodiadema*, groupant les formes à zones porifères unigéminées à l'ambitus, à tubercules crénelés et perforés subégaux dans les zones ambulacraires et interambulacraires. LAMBERT [1901, p. 233] distingua dans cet ensemble deux genres:

— le genre *Pseudodiadema*, à test subhémisphérique, apex solide et dicyclique, tubercules ambulacraires un peu plus petits que les interambulacraires et radioles prismatiques ornés de fines stries longitudinales;

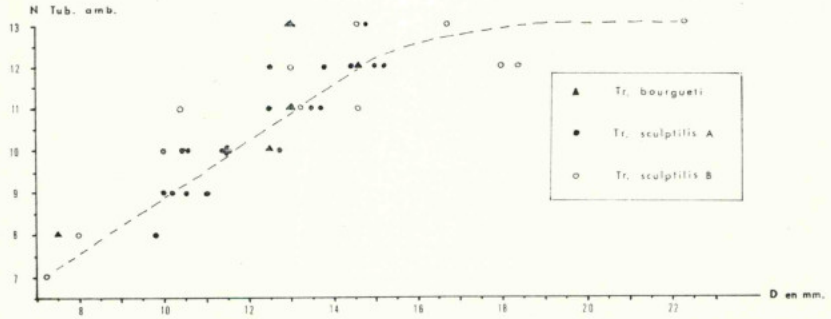


FIGURE 86. — *Trochotiara bourgueti* (DESOR) et *Trochotiara sculptilis* (DE LORIOL). Rapport entre le diamètre du test et le nombre de tubercules ambulacraires.

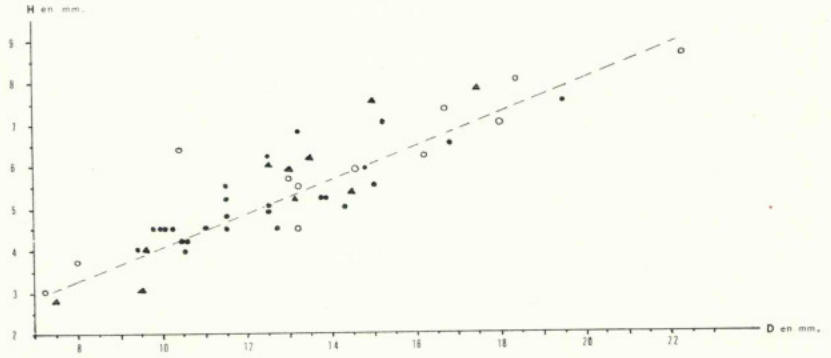


FIGURE 87. — *Trochotiara bourgueti* (DESOR) et *Trochotiara sculptilis* (DE LORIOL). Rapport entre le diamètre du test et la hauteur.

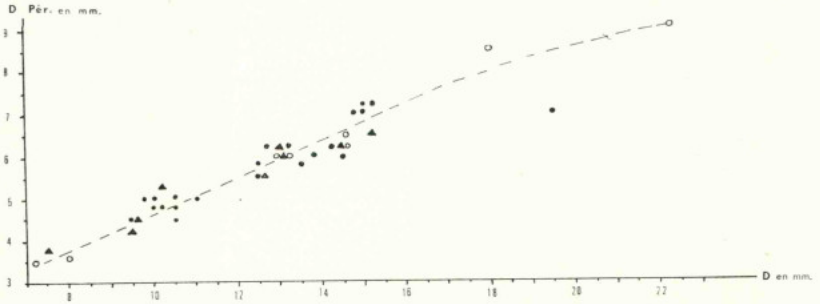


FIGURE 88. — *Trochotiara bourgueti* (DESOR) et *Trochotiara sculptilis* (DE LORIOL). Rapport entre le diamètre du test et le diamètre du péristome.

— le genre *Trochotiara* à test déprimé et rotulaire, apex caduc, tubercules ambulacraires non contrastants et radioles allongés, cylindriques, d'apparence lisse.

Th. MORTENSEN [1928-1951, II, p. 430] nota comme caractère distinctif supplémentaire la présence d'un espace nu au sommet des interambulacres dans le genre *Trochotiara;* il est granuleux chez *Pseudodiadema.* Pour cet auteur, les radioles cylindriques de *Trochotiara* peuvent être finement striés et non uniquement lisses.

Les différences de formes ne peuvent aider au choix du genre puisque l'espèce *sculptilis* est, soit déprimée, soit, plus rarement, hémisphérique. L'espèce se rapprocherait des *Pseudodiadema* par l'absence d'une zone nue au sommet des interambulacres et par les tubercules ambulacraires un peu plus petits que les interambulacraires. Par contre, les radioles, cylindriques et striés sont comparables à ceux des *Trochotiara* et, surtout, je n'ai observé l'appareil apical sur aucun échantillon; il serait donc caduc. C'est là, selon LAMBERT, le caractère générique le plus important. Je place donc l'espèce *sculptilis* dans le genre *Trochotiara* mais cette attribution est peut-être provisoire; il n'est pas impossible que la découverte d'un apex la démente.

Rapports et différences

Trochotiara sculptilis est très proche de *Trochotiara bourgueti* (AGASSIZ) par sa forme, sa taille, le nombre des ambulacres et interambulacres, les dimensions du péristome (*fig* 86, 87 et 88), ainsi que par sa fine granulation intermédiaire. Elle s'en écarte cependant nettement par son apex un peu plus étroit, ses ambulacres moins resserrés au sommet, par l'absence d'un espace nu au sommet des interambulacres et, surtout, par ses tubercules ambulacraires diminuant plus brusquement et plus fortement de taille à la face supérieure. La zone miliaire porte une ornementation plus fine et plus homogène; elle est plus étendue. La multiplication des pores au péristome est plus faible (*fig.* 83 et 85). Aucune forme intermédiaire n'a été trouvée. *Trochotiara bourgueti* et *Tr. sculptilis* se rencontrent à des niveaux stratigraphiques différents, de sorte que l'on pourrait considérer *Tr. sculptilis* comme une mutation de *Tr. bourgueti.*

Trochotiara sculptilis ressemble beaucoup à *Trochotiara trigeri* (COTTEAU) par l'ornementation des ambulacres. Cependant, les tubercules interambulacraires du premier sont beaucoup plus petits à la face supérieure, moins contrastants avec les tubercules ambulacraires. Les tubercules secondaires interambulacraires sont mieux alignés et plus nombreux; ils forment deux rangées régulières au centre des aires. L'appareil apical est beaucoup plus large.

Trochotiara delgadoi (DE LORIOL) est une espèce voisine de l'Hauterivien portugais. Il s'agit d'un Echinide totalement dépourvu de tubercules secondaires et orné de tubercules ambulacraires plus nombreux, plus serrés et diminuant moins rapidement de taille à la face supérieure.

Répartition stratigraphique et gisements

DE LORIOL [1887-1888, p. 29] avait indiqué pour l'holotype une provenance inconnue et un âge bellasien (= Cénomanien). Mais CHOFFAT, qui lui avait fourni l'échantillon, cita *Tr. sculptilis* dans les couches barrémiennes et albo-aptiennes de la région d'Ericeira [1904, p. 27 et 29]. J'ai démontré dans l'étude stratigraphique que les assises attribuées par CHOFFAT au Barrémien devaient être rapportées à l'Hau-

terivien; l'Echinide qu'elles renferment est, non pas *Tr. sculptilis*, mais *Tr. bourgueti*. Les formations qu'il considérait comme albo-aptiennes sont, en fait, barrémiennes. Ce sont elles qui contiennent *Tr. sculptilis*. Cet Echinide est donc barrémien. Je l'ai trouvé dans cet étage, non seulement à Ericeira, mais aussi à Murgeira, Zambujal, Longo da Vila, Malveira, Rio de Mouro, au signal de Calhau do Corvo et au Cap Espichel. Des individus fragmentaires ou mal conservés, d'attribution spécifique plus douteuse, proviennent du Barrémien de Crismina, de Guincho et de Brouco.

Genre:POLYDIADEMA LAMBERT 1888

Pseudodiadematidae à zones porifères onduleuses unigéminées et à majeures ambulacraires composées de plus de trois assules primaires. *Polydiadema* diffère de *Tiaromma* par ses majeures polypores au-dessus de l'apex.

POLYDIADEMA aff. *RHODANI* (AGASSIZ) 1840

1840. *Diadema rhodani*, AGASSIZ (1839-1840, II, p. 9, pl. 16, fig. 16-18).
1840. *Diadema lucae*, AGASSIZ (1839-1840, II, p. 8, pl. 16, fig. 11-15).
1863. *Pseudodiadema rhodani*, COTTEAU (1861-1867, p. 460, pl. 1110).
1864. *Pseudodiadema rhodani*, DE LORIOL (1849-1878, II, p. 180, pl. 66, fig. 1-3).
1873. *Pseudodiadema rhodani*, DE LORIOL (p. 118, pl. 7, fig. 3-4).
1920. *Polydiadema rhodani*, LAMBERT (1920 a, p. 5).

Description

Je désigne ainsi un fragment d'Echinide ayant un diamètre approximatif de 27 mm, une hauteur de 11 mm. Il se rapproche de *Polydiadema rhodani* par les caractères suivants:

Face supérieure peu élevée. Péristome très enfoncé. Zones porifères onduleuses à majeures composées de 5 assules ambulacraires à l'ambitus, de 4 au-dessus et au-dessous. Ambulacres larges et renflés à tubercules disposés sur deux rangées, crénelés, perforés, très saillants à l'ambitus et diminuant rapidement de taille au-dessus, accompagnés à la face supérieure de granules intermédiaires fins, homogènes et serrés formant des séries horizontales et laissant un espace nu au milieu de chaque ambulacre. Interambulacres à tubercules de même nature mais plus forts que les tubercules ambulacraires, alignés sur deux files très écartées atteignant près de l'apex les bords externes de l'interambulacre. Tubercules secondaires assez forts, crénelés, perforés, formant au-dessous de l'ambitus, dans chaque interambulacre, deux rangées externes et une file interne, sinueuse, à tubercules plus petits. Granules miliaires interambulacraires fins, homogènes et serrés à la face supérieure, plus espacés et inégaux à la face inférieure. Espace médian interambulacraire nu dans la région adapicale. Péristome probablement étroit.

Cet individu diffère cependant de *Polydiadema rhodani* par ses tubercules ambulacraires et interambulacraires moins nombreux et beaucoup plus espacés dans une même rangée, tant à la face inférieure qu'à la face supérieure.

Répartition stratigraphique et gisements

Polydiadema rhodani a été signalé dans l'Albien de France, de Suisse et d'Espagne.

Le *Polydiadema* aff. *rhodani* du Portugal provient de l'Aptien inférieur du fort de Milregos (région d'Ericeira).

POLYDIADEMA sp. nov. A

(pl. XV, fig. 7 à 12)

Description

J'ai recueilli une quinzaine d'individus, tous fragmentaires ou empâtés. Les caractères observés permettent d'estimer que l'on est en présence d'une espèce nouvelle. Ses traits, reconstitués à partir des échantillons les mieux conservés, seraient les suivants:

DIMENSIONS

D = 11 mm à 18 mm; H/D = 0,45 à 0,50.

FORME. — Test rotulaire, à contour circulaire ou pentagonal. Face supérieure presque plane. Ambitus renflé et arrondi. Face inférieure enfoncée autour du péristome.

AMBULACRES. — Zones porifères droites au sommet, sinueuses aux approches de l'ambitus et sur la face adorale, unigéminées, rarement et très faiblement multipliées près de la bouche. Ambulacres constitués de majeures à 5 éléments entre l'ambitus et l'apex, de majeures quadrisociées à la face inférieure. Les sutures des plaques sont très apparentes. Les aires ambulacraires portent deux rangs de 6 à 8 tubercules crénelés, perforés, à cônes très élevés, saillants à l'ambitus, diminuant rapidement de taille sur les deux faces. Ces tubercules sont très espacés à l'ambitus et à la face supérieure; ils se rapprochent fortement les uns des autres au voisinage du péristome. L'espace intermédiaire est garni, sur toute son étendue, de granules serrés, égaux, assez grossiers, tendant à s'aligner en files horizontales.

INTERAMBULACRES. — Deux rangées de 7 à 8 tubercules de même taille qu'aux ambulacres, crénelés, perforés, à scrobicules elliptiques et non contigus, occupent, du péristome, à l'apex, le milieu de chaque plaque. La granulation miliaire dense, homogène, s'organise en files horizontales et en cercles autour de chaque scrobicule. Espace médian nu dans la région adapicale. Deux séries de granules légèrement plus forts, mamelonnés, bordent les zones porifères à la face inférieure et remontent jusqu'au dessus de l'ambitus.

APPAREIL APICAL. — Caduc, probablement pentagonal. Son diamètre est légèrement inférieur à la moitié du diamètre du test.

PÉRISTOME. — Circulaire, enfoncé, faiblement entaillé, étroit. Le rapport du diamètre du péristome au diamètre du test varie entre 0,31 et 0,35.

Variations

Deux formes provenant du même gisement que *Polydiadema* sp. nov. A montrent quelques différences notables avec cette espèce:

— l'une (échantillon n° Me 1181), de taille sensiblement égale, se reconnait à sa granulation miliaire plus inégale et espacée et à ses aires ambulacraires très étendues;

— l'autre (échantillon n° Me 1188), de dimensions nettement plus fortes (D=23 à 24 mm), montre des tubercules ambulacraires plus rapprochés dans une même ran-

gée; de véritables tubercules secondaires bordent les zones porifères près du péristome et atteignent la face aborale.

Ces individus s'écartent donc très sensiblement de *Polydiadema* sp. nov. A. Ils correspondent peut-être à deux espèces différentes.

Rapports et différences

Polydiadema sp. nov. A est une espèce bien individualisée. Elle peut être aisément séparée de *Polydiadema grasi* DESOR, *P. anaouelense* GAUTHIER et *P. cantabrum* par ses tubercules ambulacraires et interambulacraires beaucoup moins nombreux et plus espacés, de *Polydiadema rhodani* (AGASSIZ) par l'absence de véritables tubercules secondaires, de *Polydiadema lioni* LAMBERT par la forme de ses ambulacres, le nombre plus faible des assules dans chaque majeure ambulacraire et ses granules intermédiaires égaux.

Polydiadema cotteaui LAMBERT [1892, p. 54, *pl.* 3, *fig.* 11-17] est certainement l'espèce la plus proche de *Polydiadema* sp. nov. A. Le second diffère du premier par les zones porifères unigéminées ou très faiblement dédoublées au péristome, par l'homogénéité de la granulation intermédiaire aux ambulacres et aux interambulacres, par l'absence de tubercules secondaires, par la zone miliaire un peu plus large et par le péristome étroit.

Répartition stratigraphique et gisements

Polydiadema sp. nov. A a été découvert dans l'Hauterivien inférieur des falaises de Mexilhoeira et du phare de Guia.

Diagnose

Test rotulaire à bords très arrondis. Zones porifères unigéminées, peu ou pas multipliées au péristome. Majeures ambulacraires à 5 assules au-dessus de l'ambitus. Tubercules ambulacraires diminuant rapidement de taille sur les deux faces, peu nombreux et espacés au-dessus de l'ambitus, plus rapprochés au-dessous. Granulation intermédiaire homogène et serrée. Granules mamelonnés interambulacraires bordant chaque zone porifère à la face adorale. Espace médian interambulacraire nu dans la région adapicale. Péristome étroit.

Genre: DIPLOPODIA M'COY 1848

Pseudodiadematidae à zones porifères dédoublées dans la région adapicales et simples à l'ambitus. Deux rangées de tubercules primaires interambulacraires bien développés. Tubercules secondaires plus petits.

DIPLOPODIA sp.

Description

MATÉRIEL. — Je ne connais de cette forme qu'une petite portion de test bien dégagée à l'ambitus et à la face supérieure.

DIMENSIONS. — Diamètre approximatif de 18 mm. H=7 mm. H/D=0,38.

FORME. — Contour rotulaire et profil déprimé.

AMBULACRES. — Zones porifères dédoublées dans la région adapicale, unigéminées à l'ambitus, multipliées au péristome. Majeures ambulacraires trisociées à la face inférieure, quadrisociées à l'ambitus et à la face supérieure. Tubercules ambulacraires crénelés, perforés, non scrobiculés, saillants à l'ambitus, diminuant progressivement de taille et s'espaçant vers l'apex, disposés sur deux rangées proches des pores; on peut estimer leur nombre à 8 ou 10 sur chaque file. Espace intermédiaire garni de granules serrés et inégaux, bordant sur un rang chaque zone porifère.

INTERAMBULACRES. — Ils sont ornés de deux séries de 7 à 8 tubercules primaires crénelés, perforés, sans scrobicules, un peu plus forts et plus espacés que les tubercules ambulacraires, portés au tiers interne de chaque plaque. Deux rangées de tubercules secondaires, crénelés et perforés, nettement plus petits que les tubercules primaires, apparaissent au contact immédiat des zones porifères, à faible distance au-dessus de l'ambitus, et se poursuivent à la face inférieure. On compte un tubercule secondaire par plaque. Ornementation intermédiaire faite de granules épars, inégaux, disposés en cercle autour de chaque tubercule primaire et en ellipse autour des tubercules secondaires. Certains granules sont mamelonnés. Espace médian nu dans la région adapicale.

APPAREIL APICAL ET PÉRISTOME. — Inconnus.

Rapports et différences

L'espèce la plus proche est *Diplopodia concinna* (PÉRON et GAUTHIER) du Cénomanien d'Algérie. L'Echinide portugais en diffère par les deux rangées de tubercules primaires plus éloignées des zones porifères, par le nombre plus faible et la taille plus forte des tubercules ambulacraires et interambulacraires.

Je n'ai trouvé aucune autre espèce ressemblant à ce *Diplopodia*.

Répartition stratigraphique et gisements

Diplopodia sp. provient de l'Aptien inférieur du fort de Milregos (région d'Ericeira).

Genre: TETRAGRAMMA AGASSIZ 1838

Tetragramma diffère de *Diplopodia* par la présence de 4 séries ou plus de forts tubercules par interambulacre.

TETRAGRAMMA aff. *DUBIUM* (GRAS) 1848

1848. *Diadema dubium*, GRAS (supplément, p. 3, fig. 21-23).
1863. *Pseudodiadema dubium*, COTTEAU (1861-1867; p. 442, pl. 1104, fig. 1-5).
1892. *Diplopodia dubia*, LAMBERT (p. 65).
1959. *Tetragramma dubium*, M. L. PETITOT (p. 70, pl. 7, fig. 6-9).

Description

Je rapproche de *Tetragramma dubium* quelques Echinides fragmentaires et mal conservés. Parmi les caractères propres à cette espèce, je citerai:

— Les zones porifères bigéminées sur une grande étendue, unigéminées près de l'ambitus, multipliées au péristome.

— Les ambulacres à deux rangées de 16 à 17 tubercules crénelés, perforés, de grande taille à l'ambitus et à la face inférieure, s'atténuant légèrement et s'espaçant à la face supérieure, accompagnés de granules fins, inégaux, parfois mamelonnés, qui forment une ligne sinueuse au centre de chaque ambulacre et séparent les tubercules d'un même rang à la face supérieure.

— Les interambulacres à 4 rangées de tubercules égaux. Les deux séries primaires sont assez écartées mais restent parallèles du péristome au sommet. Les deux séries secondaires n'atteignent pas l'apex. Il existe en outre vers l'ambitus et à la face inférieure, dans chaque aire, deux rangées de petits tubercules crénelés, perforés, serrés, bordant les zones porifères, ne formant pas d'alignement oblique avec les tubercules principaux. La zone miliaire est étendue, garnie de granules fins, abondants, hétérogènes; certains sont mamelonnés. Des files de granules séparent les tubercules d'une même rangée à la face supérieure.

— Le péristome médiocrement développé, à profondes scissures branchiales.

Cependant, l'échantillon le mieux conservé (Mi 821) diffère des formes décrites de *Tetagramma dubium* par sa face supérieure assez renflée et la bigémination des pores très étendue, dépassant légèrement l'ambitus. Selon LAMBERT [1892, p. 62], la forme du test et l'intérieur d'une même espèce, de larges variations individuelles. Deux autres caractères, observés sur tous les exemplaires, paraissent séparer plus nettement ces formes portugaises de *T. dubium:* d'une part, les tubercules secondaires n'atteignent pas le péristome et diminuent très rapidement de taille à la face inférieure. D'autre part, les tubercules ambulacraires et interambulacraires paraissent plus espacés à l'intérieur d'une même rangée. Il semblerait que l'on retrouve ces différences dans les individus du Maroc décrits par M. L. PETITOT sous le nom de *Tetragramma dubium.*

Répartition stratigraphique et gisements

Tetragramma dubium est connu dans le Barrémien et l'Aptien de France et d'Espagne, ainsi que dans l'Aptien d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient.

Tetragramma aff. *dubium* a été recueilli au Portugal dans l'Aptien inférieur d'Ericeira (fort de Milregos et village d'Ericeira).

TETRAGRAMMA RAULINI (COTTEAU) 1851
(pl. XV, fig.13 à 16)

1851. *Diadema raulini,* COTTEAU (p. 6).
1859. *Pseudodiadema raulini,* COTTEAU (1849-1878, II, p. 38, pl. 51, fig. 8-11).
1863. *Pseudodiadema raulini,* COTTEAU (1861-1867, p. 439, pl. 1103).
1863. *Pseudodiadema picteti,* COTTEAU (1861-1867, p. 435, pl. 1102, fig. 6-13); non *Pseudodiadema picteri,* DESOR 1857 (1855-1858, p. 71).
1873. *Pseudodiadema raulini,* DE LORIOL (p. 123, pl. 7, fig. 10-11).
1902. *Diplopodia raulini,* LAMBERT (p. 7).
1911 et 1925. *Tetragramma raulini,* LAMBERT et THIÉRY (1909-1925, p. 188 et 564).

Description

MATÉRIEL. — Un Echinide très bien conservé.

DIMENSIONS

D	H	H/D	D péristome	D app. apical
10,5 mm	3,2 mm	0,30	4,5 mm	4,5 mm

FORME. — Test rotulaire, très déprimé, de contour pentagonal.

AMBULACRES. — Zones porifères droites, bigéminées près de l'apex sur l'étendue de 6 assules ambulacraires, simples à l'ambitus, légèrement multiplicées au péristome. Pores ronds très rapprochés. Ambulacres très étroits, retrécis au sommet, composés de majeures trisociées, ornés de deux séries de 8 tubercules crénelés, perforés, bien développés à l'ambitus, diminuant brusquement de taille à la face supérieure et graduellement à la face inférieure. Les cônes sont contigus dans une même rangée et les deux rangées très rapprochées de sorte que l'espace intermédiaire est mince, garni d'une ligne sinueuse de petits granules inégaux.

INTERAMBULACRES. — Zones larges, portant chacune deux files verticales de 8 tubercules primaires identiques aux tubercules ambulacraires, implantés au 1/3 interne des plaques, et deux files de tubercules secondaires externes, de même taille que les tubercules primaires, disparaissant à faible distance de l'apex. La diminution de taille des tubercules interambulacraires à la face aborale est moins forte que pour les tubercules ambulacraires. Les tubercules sont contigus dans une même rangée. Zone miliaire étroite, ornée de granules clairsemés et inégaux, plus forts et parfois mamelonnés au-dessous de l'ambitus. La partie médiane de chaque interambulacre est déprimée et nue dans la région adapicale.

APPAREIL APICAL. — Il paraît très étendu.

PÉRISTOME. — Large, peu enfoncé, entaillé par de profondes scissures branchiales.

Rapports et différences

Cet individu est de très petite taille. Il convient toutefois de noter que DE LORIOL a signalé en Suisse [1873, p. 123] des *Tetragramma raulini* dont le diamètre n'était guère plus élevé. De plus, le gisement portugais renferme, avec cet échantillon, d'autres Echinides, tel *Salenia mamillata*, de diamètre inférieur au diamètre communément cité. On peut donc conclure à un développement dans des conditions écologiques défavorables à la croissance.

Tetragramma dubium (GRAS) est l'Echinide le plus proche de *T. raulini*. Ce dernier s'en distingue aisément par sa zone miliaire beaucoup plus étroite, par l'absence de tubercules ternaires et par sa forme nettement plus déprimée.

Répartition stratigraphique et gisements

Tetragramma raulini est un Echinide du Néocomien et du Barrémien du Bassin de Paris, des Alpes et du Jura. Il a été cité aussi [LAMBERT, 1931, p. 66] dans l'Aptien d'Algérie.

L'échantillon portugais provient du gisement bédoulien du cimetière d'Ericeira. Un individu fragmentaire pouvant appartenir à la même espèce a été trouvé dans l'Aptien inférieur du fort de Milregos, près d'Ericeira.

Genre: HETERODIADEMA COTTEAU 1862

Pseudodiadematidae dont l'apex se prolonge dans l'interambulacre impair. Ambulacres constitués de majeures trisociées. Zones porifères unigéminées du péristome au sommet. Tubercules ambulacraires diminuant de taille à la face supérieure.

Le genre *Heterodiadema* se confine en principe dans le Crétacé supérieur. Il relaie le genre *Loriolia*, connu au Jurassique et au Crétacé inférieur, caractérisé principalement par la multiplication des pores au péristome et une diminution plus progressive de la taille des tubercules à la face supérieure. Cependant, à la suite de DUNCAN et de Th. MORTENSEN [1928-1951, II, p. 440], j'émets quelques doutes sur la valeur du genre *Loriolia*. Des arguments nouveaux pour son abandon seront apportés dans l'étude qui va suivre.

HETERODIADEMA ARRABIDENSE (*) nov. sp.
(fig. 89; pl. XV, fig. 1 à 6)

Description

MATÉRIEL. — L'holotype, relativement mal conservé, présente toutefois des caractères suffisamment nets pour permettre la création d'une nouvelle espèce. Il s'agit d'un individu entier, à face orale et partie postérieure de la face aborale bien visibles. Par contre, la moitié antérieure de la face supérieure a été difficilement dégagée de sa gangue et son ornementation n'apparaît pas.

Je rattache aussi à cette espèce quelques échantillons fragmentaires.

DIMENSIONS.

	D	H	H/D	D péristome	D périst./D
Holotype	14 mm	6 mm	0,44	5,5 mm	0,39

FORME. — Test pentagonal, à face supérieure déprimée, face inférieure presque plane et pourtour renflé.

AMBULACRES. — Zones porifères unigéminées et légèrement sinueuses, ne se multipliant pas au bord du péristome. Les pores, très rapprochés dans une même paire, sont ronds à la surface externe du test mais ils s'évasent et deviennent oblongs en profondeur. Ambulacres de largeur moyenne à l'ambitus, fortement rétrécis sur les deux faces, à plaques trisociées; l'assule inférieure de chaque majeure est la plus développée; l'assule aborale, très étroite, peut se réduire à une demi-plaque au voisinage de l'ambitus (*fig.* 89).

(*) Du nom de la Serra da Arrábida, à l'extrémité occidentale de laquelle l'holotype a été recueilli.

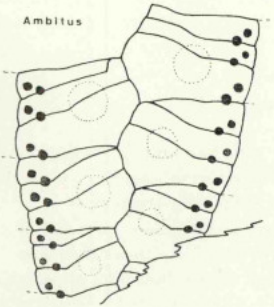


FIGURE 89. — *Heterodiadema arrabidense* nov. sp. Structure d'un ambulacre à l'ambitus et à la face inférieure; × 15 environ. Echantillon n° CE 183.

Les primaires tendent à devenir égales à la face supérieure. Les ambulacres portent en bordure des zones porifères deux rangées de 9 à 10 tubercules crénelés, perforés, scrobiculés, très saillants à l'ambitus, diminuant rapidement de taille au-dessus et au-dessous. Les deux files sont assez écartées et les tubercules d'une même rangée espacés. L'ornementation intermédiaire est faite à la face supérieure et à l'ambitus de granules miliaires serrés et homogènes, au-dessous de l'ambitus de quelques granules et petits tubercules secondaires crénelés, perforés, tendant à dessiner un cercle autour de chaque scrobicule.

INTERAMBULACRES. — Aires larges, garnies de deux rangées de 8 tubercules identiques aux tubercules ambulacraires, un peu plus espacés, diminuant rapidement de taille au-dessus et au-dessous de l'ambitus, à scrobicules elliptiques non contigus. Les tubercules occupent le milieu de chaque plaque. L'ornementation est complétée à la face supérieure par des granules assez denses, parfois mamelonnés, disposés en cercle autour des scrobicules. La région adapicale paraît dénudée. Les granules de la face inférieure sont moins denses, moins nombreux et accompagnés de tubercules secondaires crénelés et perforés plus forts que les tubercules secondaires ambulacraires, s'organisant en 3 lignes verticales irrégulières: deux bordent les zones porifères; la troisième est située au milieu de l'aire.

APPAREIL APICAL. — Caduc, assez étendu, pentagonal. Il entaille fortement l'interambulacre postérieur, creusant une échancrure qui repousse vers les zones porifères les deux files de tubercules primaires interambulacraires.

PÉRISTOME. — Moyennement développé, légèrement déprimé, à scissures branchiales peu profondes. Le contour subpentagonal du péristome de l'holotype est dû à des cassures postérieures à la fossilisation. La forme originelle était probablement décagonale.

RADIOLES. — Inconnus.

Variations

Je rapporte à la même espèce un individu de plus grande taille (D=21,5 mm; H= =8 mm). La face supérieure est très érodée mais l'échancrure de l'interambulacre postérieur est bien visible. Les caractères d'ornementation et de structure semblent identi-

ques à ceux de l'holotype. On peut seulement noter un espace intermédiaire légèrement plus étendu et un péristome proportionnellement plus étroit (D péristome/D=0,33). Il n'est pas impossible que de telles différences soient liées au grand diamètre.

Attribution générique

Primitivement, le genre *Heterodiadema* groupait tous les *Pseudodiadematidae* dont l'apex se prolonge postérieurement. NEUMAYR [1881, p. 570] créa par la suite un genre *Loriolia* pour les formes à apex nettement dissocié en un bivium et un trivium. Cependant, comme l'a démontré Th. MORTENSEN [1928-1951, II, p. 442], cette structure de la région adapicale se retrouve, en fait, dans les deux genres. D'autres caractères distinctifs furent, dès lors, proposés:

— LAMBERT et THIÉRY [1909-1925, p. 180 et 191] notèrent: des différences de forme (*Heterodiadema* étant subrotulaire, *Loriolia* pentagonal); un péristome relativement plus grand chez *Loriolia;* un apex caduc dans *Heterodiadema,* à ocellaires conservées dans *Loriolia;* des sutures ambulacraires parallèles chez *Loriolia,* en «zig-zag» chez *Heterodiadema.*

— Th. MORTENSEN mit l'accent sur la multiplication des pores au péristome dans *Loriolia* (*op. cit.,* p. 441) et utilisa aussi (p. 429) les différences portant sur les dimensions relatives des tubercules ambulacraires: ceux d'*Heterodiadema* diminuent brusquement de taille au-dessus de l'ambitus ceux de *Loriolia* s'atténuent progressivement (*).

Pour nous résumer, il semble que les critères de distinction des deux genres doivent être les suivants:

— *Loriolia:* Pores multipliés au péristome. Suture des primaires ambulacraires parallèles. Diminution graduelle des tubercules au-dessus de l'ambitus. Péristome relativement grand. On pourrait accessoirement ajouter la forme pentagonale du test.

— *Heterodiadema:* Pores unigéminés au péristome. Sutures sinueuses des primaires ambulacraires. Appareil apical caduc. Diminution brusque des tubercules au-dessus de l'ambitus. Péristome relativement étroit. En outre, le test serait rotulaire.

Or, l'espèce *arrabidense* possède des caractères de ces deux genres:

— du genre *Loriolia* elle présente la forme et les troits d'ornementation;

— du genre *Heterodiadema* elle offre les pores unigéminés au péristome; les sutures en «zig-zag» des primaires ambulacraires: l'apex caduc.

La taille du péristome est intermédiaire entre celles citées pour les deux genres.

Il faut donc en conclure:

— soit que les deux genres doivent tomber en synonymie — tout au moins tant que la structure de l'apex est imparfaitement connue. En raison de la loi d'antériorité, tous les *Pseudodiadematidae* à apex se prolongeant postérieurement devraient être regroupés dans le genre *Heterodiadema.* Telle était déjà l'opinion de DUCAN [in Th. MORTENSEN, *op. cit.,* p. 442];

(*) Th. MORTENSEN maintint cependant dans le genre *Heterodiadema* l'espèce *interjectum* DE LORIOL [1887-1888, p. 29, pl. 5, fig. 7] du Cénomanien portugais qui, pourtant, présente comme dans le genre *Loriolia* une diminution graduelle des tubercules à la face supérieure. On pourrait donc en déduire qu'il n'accorde qu'une valeur secondaire à ce caractère d'ornementation.

— soit que tous les traits distinctifs n'ont pas la même valeur. Il convient d'établir une hiérarchie dans les critères génériques. Je pense que les caractères de structure des ambulacres devraient avoir alors la prééminence sur les caractères d'ornementation. En ce cas-là, l'espèce *arrabidense* devrait être placée dans le genre *Heterodiadema*. Elle en serait le plus ancien représentant connu.

Rapports et différences

L'espèce la plus proche de *Heterodiadema arrabidense* est *Heterodiadema* (*Loriolia*) *foucardi* (COTTEAU). La première diffère de la seconde par les zones porifères légèrement sinueuses, non multipliées au péristome; par les tubercules ambulacraires et interambulacraires moins nombreux, plus espacés à l'ambitus et à la face inférieure, proportionnellement plus forts à l'ambitus; par la granulation miliaire moins étendue, plus clairsemée et plus inégale; par la forme plus déprimée.

Répartition stratigraphique et gisements

L'holotype provient du Cap Espichel, à l'extrémité occidentale de la Serra da Arrábida. Il a été trouvé dans les calcaires à *Neocomites neocomiensis* (D'ORB.) du Valanginien terminal. Des individus fragmentaires, rapportés avec quelques doutes à la même espèce, ont été recueillis dans les assises synchrones de Mexilhoeira et du phare de Guia.

Diagnose

Forme déprimée à contour pentagonal. Appareil apical échancrant nettement l'interambulacre impair. Péristome faiblement entaillé, de dimension médiocre. Zones porifères sinueuses et unigéminées de l'apex au péristome. Majeures ambulacraires trisociées à suture des primaires sinueuses. Tubercules ambulacraires et interambulacraires peu nombreux, espacés, crénelés et perforés, très saillants à l'ambitus et s'atténuant rapidement sur les deux faces. Tubercules secondaires interambulacraires disposés en rangées irrégulières ne dépassant pas l'ambitus.

Holotype: échantillon n° CE 182.

* *
*

Famille: PHYMOSOMATIDAE

Genre: PHYMOSOMA HAIME 1853

Test rotulaire. Apex monocyclique, pentagonal. Zones porifères bigéminées au sommet. Tubercules interambulacraires crénelés, perforés, disposés sur deux rangées principales et, parfois, deux ou quatre rangées secondaires. Espace interambulacraire nu et déprimé près de l'apex. Péristome moyen à échancrures peu profondes.

PHYMOSOMA DEBILE (DE LORIOL) 1887

1887. *Cyphosoma debile*, DE LORIOL (1887-1888, p. 50, pl. 9, fig. 1-2).

Description

Je n'ai retrouvé qu'un seul exemplaire très érodé de cette espèce créée par DE LORIOL à partir de deux échantillons du Portugal. Je n'en reprendrai donc pas l'analyse détaillée. *Phymosoma debile* se différencie de ses congénères par ses zones porifères moyennement bigéminées au sommet et nettement multipliées au péristome; par ses tubercules peu nombreux diminuant fortement de taille et s'espaçant à la face supérieure, disposés sur deux rangées écartées dans chaque ambulacre et interambulacre; par la présence de petits tubercules secondaires interambulacraires serrés (2 par plaque) et bordant les zones porifères; par sa zone miliaire large, ornée de granules nombreux et inégaux, dénudée dans la région adapicale; par son péristome étroit.

Cette espèce présente, comme d'autres représentants du genre, des variations de forme assez marquées: l'individu que je possède, de diamètre un peu plus faible que l'holotype (16 mm contre 20 mm) présente un contour nettement pentagonal alors que les formes plus grandes sont arrondies.

Répartition stratigraphique et gisements

Les exemplaires étudiés par DE LORIOL provenaient du Valanginien terminal des falaises de Mexilhoeira et du phare de Guia. J'ai recueilli *Phymosoma debile* dans le Valanginien terminal du Cap Espichel.

* *
*

Famille: STOMOPNEUSTIDAE

Genre: ECHINOTIARA POMEL 1883

Test petit à moyen, subhémisphérique. Zones porifères pseudotrigéminées à la face inférieure, simples et droites au-dessus. Tubercules primaires peu développés, accompagnés à la face orale de tubercules secondaires interambulacraires. Apex petit, dicyclique. Péristome moyen, faiblement entaillé.

ECHINOTIARA NEOCOMIENSIS (DE LORIOL) 1887
(fig. 90)

1887. *Circopeltis neocomiensis*, DE LORIOL (1887-1888, p. 56, pl. 9, fig. 7).
1935. *Echinotiara neocomiensis*, Th. MORTENSEN (1928-1951, II, p. 500).

Description

MATÉRIEL. — Cette espèce n'était connue jusqu'à ce jour que par l'holotype, exemplaire assez usé. J'ai trouvé deux nouveaux individus. L'un (CE 31), bien conservé, montre les détails de l'ornementation; l'agencement des plaques ambulacraires et interambulacraires apparait très bien sur l'autre individu (Ca 11), très érodé. Quelques précisions nouvelles peuvent donc être apportées.

DIMENSIONS.

N° d'échantillons	D	H	H/D	D péristome	D pér./D
	18 mm	11 mm	0,61	8 mm	0,44
CE 31	12,9	6,8	0,53	7,5	0,58
Ca 11	14	6,5	0,46	8	0,57

FORME. — Test subhémisphérique à conique. Face supérieure plus ou moins élevée. Face inférieure plane. Pourtour circulaire ou légèrement subpentagonal.

AMBULACRES. — Zones porifères droites et unigéminées à la face supérieure. A partir de l'ambitus, les zygopores tendent à se grouper en arcs par 3 mais la courbure est très faible. Pores multipliés près du péristome. Plaques ambulacraires trisociées de la face orale à l'apex. Toutes les primaires sont égales à la face supérieure, tandis qu'une certaine hétérogénéité des assules tend à se manifester à l'ambitus et à la face inférieure (*fig.* 90).

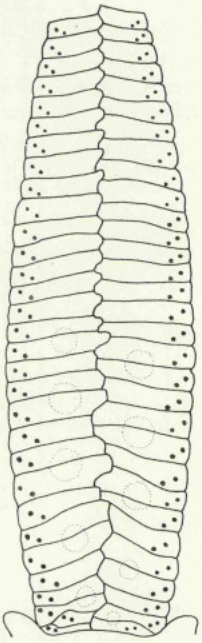


FIGURE 90. — *Echinotiara neocomiensis* (DE LORIOL). Structure d'un ambulacre du péristome à l'apex; × 15 environ. Echantillon n° Ca 11.

Ambulacres à deux rangées de 10 tubercules lisses, imperforés, non scrobiculeés, saillants de l'ambitus au péristome et progressivement atténués vers l'apex mais sans jamais disparaître ni se confrondre avec la granulation miliaire. Les tubercules sont jointifs dans une même rangée à la face orale et s'espacent nettement à la face supérieure. Les deux séries sont très proches des zones porifères, laissant entre elles un large espace intermédiaire garni de granules grossiers, denses et inégaux, parfois mamelonnés, qui tendent à s'organiser en cercles autour des tubercules.

INTERAMBULACRES. — Chaque zone porte deux rangées de 9 tubercules primaires de même nature et de même taille que les tubercules ambulacraires, un peu plus espacés et moins affaiblis au-dessus de l'ambitus. Ces tubercules se placent approximativement au milieu de chaque plaque. On observe par ailleurs dans chaque aire 4 files verticales de tubercules secondaires lisses, imperforés, inégaux, nettement plus petits que les tubercules primaires, irrégulièrement espacés, au nombre de 1 ou 2 par plaque. Deux séries se situent en bordure des zones porifères, deux autres au centre de l'interambulacre. Ces diverses rangées de tubercules secondaires remontent sensiblement au-dessus de l'ambitus. Une granulation hétérogène et serrée occupe tout l'espace intermédiaire, formant cercle autour de chaque tubercule.

APPAREIL APICAL. — Très mal visible sur mes échantillons. Celui de l'holotype est dicyclique.

PÉRIPROCTE. — Pentagonal.

PÉRISTOME. — Large, décagonal, à scissures branchiales nettes et peu profondes.

Variations

Les principales variations concernent: le profil, subhémisphérique à conique; la face supérieure, plus ou moins élevée, le péristome, de diamètre proportionnellement beaucoup plus grand sur les deux nouveaux individus recueillis que sur l'holotype; le périprocte, circulaire ou pentagonal.

Les différences d'ornementation entre l'Echinide décrit par DE LORIOL et ceux que j'ai trouvés proviennent d'une usure plus poussée du premier.

Attribution générique

DE LORIOL avait placé cette espèce dans le genre *Circopeltis* POMEL. Or, comme l'a démontré Th. MORTENSEN [1928-1951, II, p. 500], l'espèce *neocomiensis* ne possède pas les zones porifères sinueuses et les majeures ambulacraires à plus de 3 éléments de *Circopeltis*. L'ornementation et la structure des ambulacres sont caractéristiques du genre *Echinotiara* POMEL.

Rapports et différences

Echinotiara neocomiensis se distingue d'*Echinotiara bruni* COTTEAU par ses tubercules plus forts, disposés plus régulièrement aux ambulacres et interambulacres, ainsi que par la trigémination plus faible des zones porifères à la face orale.

Echinotiara perebaskinei LAMBERT est beaucoup plus grand. Les tubercules secondaires interambulacraires sont plus développés, les tubercules ambulacraires plus nombreux et plus serrés.

Echinotiara parkeri FOURTEAU diffère de l'espèce portugaise par ses tubercules ambulacraires et interambulacraires bien plus nombreux et serrés.

Répartition stratigraphique et gisements

L'holotype a été recueilli dans l'Hauterivien inférieur de Carregueira. J'ai retrouvé cette espèce dans l'Hauterivien inférieur du Cap Espichel.

*
* *

Famille: ARBACIDAE

Genre: GONIOPYGUS AGASSIZ 1838

Echinides petits à moyens. Test hémisphérique. Appareil apical dicyclique à pores génitaux s'ouvrant à la pointe des plaques. Trois des génitales, au moins, sont entaillées sur le bord périproctal par une dépression au centre de laquelle se place un petit granule. Ambulacres à majeures trisociées, parfois quadrisociées à l'ambitus. Zones porifè-

res unigéminées, multipliées près du péristome. Chaque interambulacre porte sur toute sa longueur deux rangées de forts tubercules primaires.

GONIOPYGUS PELTATUS AGASSIZ 1836

(fig. 91; pl. XVI, fig. 1 et 2)

1836. *Salenia peltata*, AGASSIZ (*Mém. Sc. Nat. Neuchâtel*, I, p. 140, pl. 14, fig. 13-15); non vu.
1838. *Goniopygus peltatus*, AGASSIZ (p. 20, pl. 1, fig. 9-18).
1838. *Goniopygus intricatus*, AGASSIZ (p. 21, pl. 3, fig. 19-28).
1840. *Goniopygus peltatus*, AGASSIZ (1839-1840, II, p. 92, pl. 23, fig. 16-22).
1840. *Goniopygus intricatus*, AGASSIZ (1839-1840, II, p. 93, pl. 23, fig. 23-31).
1855. *Goniopygus peltatus*, DESOR (1855-1858, p. 93, pl. 14, fig. 3-7).
1859. *Goniopygus peltatus*, COTTEAU (1849-1878, II, p. 48, pl. 52, fig. 11-14).
1864. *Goniopygus peltatus*, COTTEAU (1861-1867, p. 721, pl. 1176).
1873. *Goniopygus peltatus*, DE LORIOL (p. 147, pl. 10, fig. 1-6).
1887. *Goniopygus peltatus*, DE LORIOL (1887-1888, p. 53).

Description

Cette espèce est parfaitement connue. Il me paraît cependant nécessaire d'apporter quelques précisions sur les caractères des représentants portugais. Une quinzaine d'individus ont été recueillis. Leur taille est nettement inférieure à celle des formes adultes habituellement décrites: le diamètre du test est compris entre 7 et 13 mm, la valeur moyenne étant de 10,5 mm. L'appareil apical est proportionnellement plus étendu: le rapport du diamètre de ce dernier au diamètre du test de l'ordre de 0,55. Les tubercules ambulacraires et interambulacraires sont moins nombreux dans une même rangée. Tous ces caractères sont liés et permettent de penser que les Echinides portugais sont des formes naines, ayant vécu dans un milieu peu favorable: ce fait a déjà été signalé pour diverses espèces lusitaniennes.

Ces Echinides répondent parfaitement à la description de *Goniopygus intricatus* qui est le stade jeune de *G. peltatus*, comme l'a démontré DE LORIOL [1873, p. 149].

Certains individus, tel l'échantillon n° CC 621, possèdent un appareil apical persillé à sillons rayonnants perpendiculaires aux sutures des plaques. D'autres présentent de profondes lacunes circulaires. On serait donc tenté de les rapprocher tous de *Goniopygus decoratus* DESOR, petit Echinide à appareil apical très orné. Plusieurs traits importants permettent cependant de les en distinguer:

— Les fossettes transverses de l'appareil apical sont moins nombreuses et moins profondes que dans *Goniopygus decoratus;* elles n'atteignent pas le centre de chaque plaque génitale. Par ailleurs, DE LORIOL (*op. cit.*, p. 148) a déjà signalé des *Goniopygus peltatus* à apex persillé.

— Les tubercules interambulacraires de *Goniopygus decoratus* décroissent lentement à la face supérieure. La diminution est plus rapide et plus forte sur les individus portugais. Les tubercules ambulacraires sont proportionnellement plus petits et plus nombreux. Ce sont là des éléments caractéristiques de *G. peltatus*.

— La zone miliaire des formes portugaises et, d'une manière générale, de *Goniopygus peltatus*, porte une granulation fine, abondante, accompagnée à l'ambitus et à la face orale de gros granules mamelonnés. L'ornementation intermédiaire de *G. decoratus* est faite seulement de quelques granules épars.

— La multiplication des pores au péristome est faible dans *Goniopygus decoratus*, fort dans *G. peltatus*. Or, les Echinides portugais montrent un dédoublement marqué des zygopores près de la bouche.

Les caractères sont donc suffisamment tranchés pour que l'on puisse rapporter les formes lusitaniennes à *Goniopygus peltatus*.

Quelques individus permettent une analyse détaillée de l'ambulacre (*fig.* 91). Les majeures sont trisociées. Elles sont composées, de l'apex à l'ambitus, d'une plaque médiane élargie vers le centre de l'ambulacre, d'une primaire aborale entière plus étroite et d'une demi-plaque adorale occupant l'angle externe inférieur de la majeure. De l'ambitus au péristome, l'assule aborale se réduit à une demi-plaque et l'assule adorale est rejetée vers l'intérieur de l'aire ambulacraire. Les zones porifères s'ordonnent alors, sur une courte distance, suivant un mode bigéminé ou trigéminé.

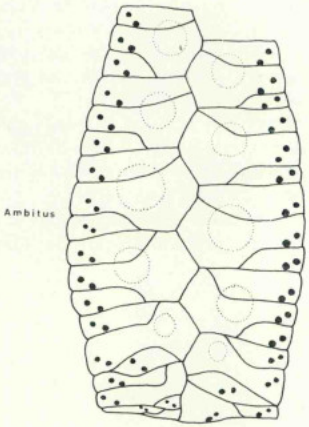


FIGURE 91. — *Goniopygus peltatus* AGASSIZ. Structure d'une ambulacre du péristome à l'apex; × 13 environ. Echantillon n° CC 623.

Répartition stratigraphique et gisements

Goniopygus peltatus a été cité en France et en Suisse, du Valanginien au Barrémien. On connaît aussi cet Echinide dans l'Aptien d'Algérie.

Au Portugal, cette espèce paraît être localisée dans l'Hauterivien. Je l'ai trouvé au Cap Espichel, à Alfarim, Mexilhoeira, Birre, Manique de Cima, Carregueira et au signal de Calhau do Corvo.

GONIOPYGUS PELTATUS AGASSIZ 1836

variété *LEVIS* (*) nov. var.

(fig. 92 et 93; pl. XVI, fig. 7 à 10)

1905. *Goniopygus peltatus*, DE LORIOL (p. 21, pl. 2, fig. 5).

(*) Du latin *levis:* lisse. Ce qualitatif fait allusion à l'aspect de l'appareil apical.

Description

MATÉRIEL. — Une vingtaine d'individus entiers, très bien conservés de 4,7 et 18 mm de diamètre.

FORME. — Test petit à moyen, de contour circulaire. Face inférieure plane. Face supérieure subhémisphérique à subconique, plus ou moins élévée: le rapport H/D varie de 0,42 à 0,60; la valeur moyenne est de 0,52.

AMBULACRES. — Zones porifères droites, à pores ronds écartés dans une même paire et séparés par un petit granule. Les zygopores se multiplient fortement en bordure du péristome.

Aires ambulacraires assez étroites, s'élargissant régulièrement de l'apex à la bouche. Majeures trisociées à la face supérieure (*fig.* 92), composées d'une large primaire médiane, d'une primaire aborale entière et étroite et d'une demi-plaque adorale. A l'ambitus et à la face inférieure, l'assule aborale transforme en une demi-plaque confinée à l'angle supérieur externe de la majeure. Toutes les plaques sont comprimées à l'extrémité inférieure de l'ambulacre et séparées du péristome par de petites plaques basicoronales hexagonales ou carrées, nombreuses et serrées, portant chacune un zygopore (*fig.* 93). Les zones porifères, sont donc plurigéminées près de la bouche.

Ambulacres ornés de deux rangées de tubercules non perforés, à cônes saillants et mamelons très développés, au nombre de 9 pour un individu de 10 mm de diamètre, de 11 pour un diamètre de 12,5 mm, de 14 pour un diamètre de 18 mm. Ces tubercules sont espacés dans une même rangée et disposés sur deux files assez écartées. Ils sont bien développés à l'ambitus et à la face inférieure, diminuant progressivement et nettement de taille à la face supérieure. Espace intermédiaire garni sur toute sa longueur de granules fins, serrés, homogènes et égaux.

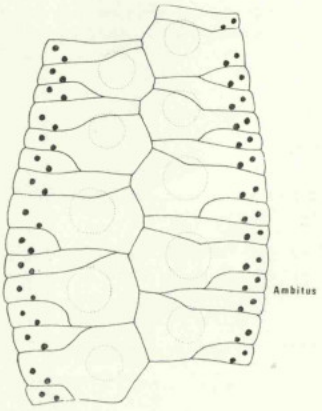


FIGURE 92. — *Goniopygus peltatus* AGASSIZ var. *levis* nov. var. Structure d'un ambulacre aux abords de l'ambitus et à la face supérieure; × 10 environ. Echantillon n° S. J.111.

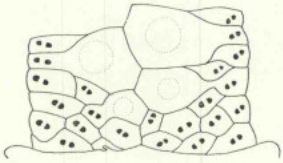


FIGURE 93. — *Goniopygus peltatus* AGASSIS var. *levis* nov. var. Structure d'un ambulacre près du péristome; × 10 environ. Echantillon n° C Er 1151.

INTERAMBULACRES. — Chaque zone présente deux rangées de 5 à 7 tubercules de même nature que les tubercules ambulacraires mais beaucoup plus gros, très saillants à l'ambitus, s'atténuant fortement et brusquement à la face supérieure. Les cônes sont très élevés, elliptiques et ne laissent place qu'à une zone miliaire étroite ornée,

comme les parties adambulacraires, de granules fins et nombreux. De forts granules mamelonnés s'élèvent aux angles des plaques de la face orale.

APPAREIL APICAL. — Son diamètre égale, en moyenne, la moitié du diamètre du test. L'apex est, chez l'adulte, dépourvu de toute impression aux sutures des plaques. Les 5 génitales sont très acuminées au bord externe. 4 d'entre elles sont accidentées au bord du périprocte d'une petite dépressions pourvue d'un granule. Les pores génitaux s'ouvrent sous la pointe externe des plaques. Le corps madréporique n'est pas discernable. Les plaques ocellaires sont pentagonales et faiblement étendues.

PÉRIPROCTE. — Subrectangulaire. DE LORIOL a décrit [1905, p. 21] un Echinide portugais appartenant à la même variété et caractérisé par la persistance des 4 plaques anales.

PÉRISTOME. — Circulaire, étendu: le rapport du diamètre du péristome au diamètre du test est compris entre 0,55 et 0,62. Entailles bien apparentes mais peu profondes.

Variations

J'ai trouvé associé à *Goniopygus peltatus* var. *levis* un individu de très petite dimension qui me paraît être des mêmes espèce et variété. Il possède un nombre plus réduit de tubercules, mais son ornementation est qualitativement identique. Le rapport H/D est semblable. Il s'agit donc certainement d'un stade jeune de *G. peltatus* var. *levis*. Or, de notables différences affectent l'appareil apical: il est proportionnellement plus étendu; les génitales sont encore faiblement allongées par rapport aux ocellaires, les pores génitaux ne sont pas ouverts et, surtout, l'apex est orné de petites lacunes suturales peu profondes inconnues chez l'adulte. On peut donc penser que l'ornementation de l'appareil apical est un caractère primitif, ancestral, qui, dans la variété *levis*, s'efface avec la croissance. L'ontogénèse serait le reflet de la phylogénèse.

Attribution spécifique

Ces Echinides possèdent la forme, la structure des ambulacres et l'ornementation de *Goniopygus peltatus*. Cependant, ils diffèrent des formes typiques de l'espèce par l'appareil apical qui est lisse chez l'adulte tandis qu'il est persillé et orné d'impressions plus ou moins profondes chez *G. peltatus* s.s. Le fait que les lacunes suturales existent encore au stade jeune de *G. peltatus* var. *levis* prouverait qu'il y a réellement un lien entre la variété *levis* et l'espèce *peltatus* s.s. Les deux formes correspondraient à deux degrés différents d'évolution.

Rapports et différences

Goniopygus peltatus var. *levis* date du Bédoulien. Cet Echinide a été trouvé au S de Zambujeiro et dans les différents gisements des environs d'Ericeira (villages d'Ericeira et São Julião, plage de Falcão, fort de Milregos). L'exemplaire décrit par de LORIOL provenait des assises aptiennes du fort de Crismina (NW de Cascais).

Type de la variété: échantillon n° C. Er 1151.

GONIOPYGUS cf. *HISPANIAE* COTTEAU 1879

(pl. XVI, fig. 3 à 6)

1879. *Goniopygus hispaniae*, COTTEAU (p. 5, pl. 1, fig. 10-14).
1887. *Goniopygus hispaniae*, MALLADA (p. 164).

Description

MATÉRIEL. — Un seul Echinide, relativement bien conservé, usé à la face supérieure.

DIMENSIONS.

D	H	H/D	D apex	D apex/D	D péristome	D pér./D
8,3 mm	3,2 mm	0,38	4 mm	0,48	5 mm	0,60

FORME. — Test circulaire. Face supérieure très déprimée. Face inférieure plane.

AMBULACRES. — Zones porifères droites, à pores ronds très rapprochés, séparés dans chaque paire par un petit granule. Zygopores nettement multipliés près du péristome.

Ambulacres étroits au sommet, s'élargissant fortement à l'ambitus. Ils sont constitués de majeures trisociées: la primaire médiane s'évase vers le bord interne; l'assule aborale est entière, mais mince; l'assule adorale se limite, de la bouche à l'apex, à une demi-plaque.

Les ambulacres sont ornés de deux rangs de 7 tubercules non perforés, saillants, à cônes jointifs et élevés à l'ambitus, très rapidement affaiblis et espacés à la face supérieure. L'ornementation intermédiaire paraît se composer de quelques granules mal visibles.

INTERAMBULACRES. — Leur largeur est presque constante de l'ambitus à l'apex. Ils présentent deux rangées de 5 tubercules imperforés beaucoup plus forts que les tubercules ambulacraires et s'atténuant brusquement au-dessus de l'ambitus. Les cônes sont très élevés et très étendus, de sorte que la zone miliaire est très étroite, ornée, semble-t-il, de rares granules épars.

APPAREIL APICAL. — Moyennement étendu. Les 5 plaques génitales, larges et peu profondes, sont perforées à leur extrémité distale par un orifice génital oblong. Les 5 plaques ocellaires, de grande taille, dépassent vers l'extérieur les plaques génitales. Trois des génitales paraissent échancrées au bord interne par une petite dépression, de sorte que le périprocte offre un contour ovale. L'usure de l'apex empêche d'apprécier sont ornementation; il semble que les suture des plaques aient été accidentées de quelques lacunes peu profondes.

PÉRISTOME. — Très grand, il s'ouvre à fleur de test. Les scissures branchiales ne sont pas visibles en raison de l'altération du bord péristomial.

Attribution spécifique

Goniopygus hispaniae est une espèce créée par COTTEAU à partir de deux individus fragmentaires. La description en est brève, la figuration incomplète. Selon son créateur, l'espèce est «caractérisée par ses tubercules ambulacraires relativement très gros à l'ambitus, s'espaçant et diminuant rapidement de volume à la face supérieu-

re». J'ajouterai, après observation des deux types: face supérieure très déprimée; apex lisse, à petites lacunes suturales arrondies, pourvu de 3 plaques génitales échancrées sur le bord interne; ambulacres élargis à l'ambitus, ornés de deux files très rapprochées de tubercules; interambulacres garnis de tubercules diminuant brusquement de taille à la face aborale.

Par bien des caractères, l'Echinide portugais se rapproche de *Goniopygus hispaniae*. Un doute subsiste cependant car l'affaiblissement des tubercules au-dessus de l'ambitus est accentué, sur mon exemplaire, par l'usure du test à la face supérieure. La similitude d'aspect est peut-être liée au mauvais état de conservation du fossile.

Rapports et différences

Ce petit Oursin a été trouvé en association avec *Goniopygus peltatus*. On pourrait donc se demander s'il ne s'agit pas d'une forme jeune de cette dernière espèce. La comparasions avec des exemplaires de *G. peltatus* larges de 7 mm à 8 mm, collectés en d'autres gisements, permet cependant de noter quelqus différences importantes: le test de *Goniopygus* cf. *hispaniae* est nettement plus déprimé; les tubercules ambulacraires, très saillants à l'ambitus, décroissent et s'espacent plus rapidement et plus fortement à la face supérieure; l'appareil apical est proportionnellement plus étroit; les fossettes suturales semblent moins profondes.

COTTEAU a déjà noté que *Goniopygus noguesi* COTTEAU possède des tubercules ambulacraires plus nombreux, plus serrés, plus hemogènes et moins forts à l'ambitus. Je signalerai, en outre, que les ambulacres sont moins larges à l'ambitus et que les tubercules ambulacraires sont moins contrastants.

Répartition stratigraphique et gisements

Les types de l'espèce proviennent du Cap Prieto (Province d'Oviedo, Espagne). L'Echinide portugais a été recueilli dans les assises hauteriviennes du signal de Calhau do Corvo.

Genre: MAGNOSIA MICHELIN 1853

Test hémisphérique à face orale. Zones porifères unigéminées, multipliées au bord du péristome. Majeures ambulacraires trisociées. Tubercules imperforés, lisses, nombreux et homogènes, disposés en séries horizontales et verticales dans les interambulacres, en deux rangées verticales ou plus dans les ambulacres. Zone médiane interambulacraire nue. Apex dicyclique. Péristome très étendu, à entailles apparentes.

MAGNOSIA CAMARENSIS DE LORIOL 1887

(fig. 94)

1887. *Magnosia camarensis*, DE LORIOL (1887-1888, p. 59, pl. 10, fig. 1).

Description

Je ne possède que quelques rares échantillons fragmentaires, usés et déformés. Cette espèce est principalement définie par la très forte multiplication des pores au

péristome (*fig.* 94); par les ambulacres ornés à l'ambitus de 6 rangs de tubercules subégaux alignés obliquement, disparaissant progressivement à la face aborale pour se réduire à deux séries verticales; par les interambulacres garnis de tubercules denses et serrés, disposés en files transverses et obliques, de petite taille à la face supérieure et s'accroissant brusquement au point où disparaît la dépression médiane interambulacraire.

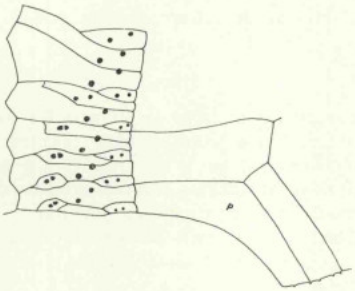


FIGURE 94. — *Magnosia camarensis* DE LORIOL. Structure d'un ambulacre et d'un interambulacre au bord du péristome, P: plaque interambulacraire péristomienne; × 10 environ. Echantillon n° Za 62.

J'ai pu observer sur plusieurs individus la présence d'une plaque péristomienne interambulacraire (*fig.* 94). Ce caractère avait déjà été signalé dans l'espèce *Magnosia peroni* COTTEAU par LAMBERT et THIÉRY [1909-1925, p. 268].

Répartition stratigraphique et gisements

Les échantillons qui ont servi à la création de l'espèce ont été découverts dans l'Hauterivien de Casais da Cambra et de Carregueira.

J'ai retrouvé *Magnosia camarensis* dans l'Hauterivien du Cap Espichel et du signal de Calhau do Corvo. Un Echinide très usé qui, par l'ornementation des ambulacres à l'ambitus et par la très forte multiplication des pores au péristome, semble bien se rattacher à la même espèce, a été recueilli dans les assises aptiennes au S de Zambujeiro.

Genre: CODIOPSIS AGASSIZ 1840

Test renflé, hémisphérique à spérique, chagriné. Tubercules ambulacraires et interambulacraires lisses, imperforés, confinés à la face orale, accompagnés de granules pédonculés qui ornent seuls la face aborale. Zones porifères droites, trisériées au péristome. Majeures ambulacraires trisociées sur toute la longueur du test. Appareil apical dicyclique. Péristome faiblement entaillé.

CODIOPSIS LORINI COTTEAU 1851

(fig. 95; pl. XV, fig. 17)

1851. *Codiopsis lorini*, COTTEAU (p. 287).
1860. *Codiopsis lorini*, COTTEAU (1849-1878, II, p. 52, pl. 52, fig. 15-16 et pl. 53, fig. 1-4).
1866. *Codiopsis lorini*, COTTEAU (1861-1867, p. 775, pl. 1189 et 1190, fig. 1-8).

1873. *Codiopsis lorini*, DE LORIOL (p. 151, pl. 10, fig. 7).
1887. *Codiopsis lorini*, DE LORIOL (1887-1888, p. 57, pl. 9, fig. 8-9).
1916. *Codiopsis lorini*, LAMBERT (1916 a, p. 49).
1959. *Codiopsis lorini*, M. L. PETITOT (p. 91, pl. 10, fig. 18).

Description

Les représentants portugais de l'espèce sont en tous points identiques aux formes décrites en France, en Suisse et au Maroc:

Petit taille (diamètre compris entre 10 et 16 mm). Contour subpentagonal. Profil carré. Face inférieure plane coupant la face supérieure suivant un angle presque droit. ambulacres et interambulacres garnis d'appendices radioliformes inégaux, grossiers, épars et caducs, accompagnés à l'ambitus et à la face orale d'une double rangée de 4 à 6 tubercules confluant vers la bouche. Zones porifères droites, se multipliant fortement près du péristome. Majeures ambulacraires trisociées sur toute la longueur des aires. Péristome très étendu, un peu enfoncé, faiblement entaillé.

Quelques observations supplémentaires ont pu être faites sur cette espèce:

1. *Structures des ambulacres.* Un exemplaire (Echantillon n° CE 45) passède des sutures très apparentes. De l'apex à l'ambitus, les majeures sont composées d'une primaire médiane élargie vers le milieu de l'ambulacre et de deux demi-plaques, l'une aborale, l'autre adorale, occupant les angles externes de la majeure. A la face inférieure (*fig.* 95), les demi-plaques adorales sont repoussées vers le centre de chaque demi-aire. La structure trisociée est toutefois bien reconnaissable. Une ligne de petites plaques basicoronales porifères, de formes hexagonale, pentagonale ou carrée, sépare la première majeure du péristome. On voit donc que, de l'ambitus au péristome, les zones porifères sont sucessivement unigéminées, bigéminées, trigéminées et au contact de la bouche, plurigéminées.

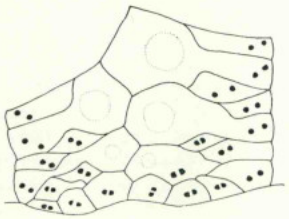


FIGURE 95 — *Codiopsis lorini* COTTEAU. Structure d'un ambulacre au bord du péristome; × 9 environ. Echantillon n° CE 45.

2. *Appareil apical.* Le sommet ambulacraire est dicyclique. Les 5 plaques génitales sont petites, faiblement acuminées vers l'extérieur. Les pores oviductaux, largement ouverts, sont situés sur le bord externe et entourés d'une crête granuleuse. Les pores du corps madréporique ponctuent toute la surface de la génitale 2. Les plaques ocellaires, punctiformes, se placent à la limite externe des plaques. L'ornementation est faite d'un gros appendice radioliforme occupant le milieu de chaque ocellaire et génitale, et de granules denses, petits et inégaux.

Répartition stratigraphique et gisements

Codiopsis lorini a été signalé dans le Valanginien et l'Hauterivien de France et de Suisse, ainsi que dans l'Hauterivien du Maroc.

C'est un Echinide assez fréquent au Portugal dans les assises hauteriviennes de Carregueira, Suimo, Birre et du Cap Espichel.

*
* *

Ordre: CAMARODONTA

Famille: ORTHOPSIDAE

Genre: ORTHOPSIS COTTEAU 1863

Test de taille moyenne, légèrement renflé, à surface chagrinée. Zones porifères droites, unigéminées, très légèrement déviées au bord du péristome. Majeures ambulacraires imparfaitement trisociées à la face inférieure. Primaires égales au-dessus de l'ambitus. Tubercules interambulacraires perforés, non crénelés, disposés sur deux rangées principales situées au centre des plaques et sur 4 rangées secondaires n'atteignant pas l'ambitus et bordant les files de tubercules primaires. Appareil apical dicyclique, parfois hémiliocycle. Péristome peu étendu, moyennenment échancré.

ORTHOPSIS REPELLINI (GRAS) 1848

148. *Diadema repellini*, GRAS (p. 34, pl. 2, fig. 10-11).
1864. *Orthopsis repellini*, COTTEAU (1861-1867, p. 551, pl. 1129, fig. 5-14).
1873. *Orthopsis repellini*, DE LORIOL (p. 136, pl. 9, fig. 1).
1887. *Orthopsis repellini*, DE LORIOL (1887-1888, p. 46, pl. 8, fig. 5-6).

Description

Je n'ai recueilli qu'un individu fragmentaire. L'attribution générique est toutefois justifiée par les zones porifères droites; par les ambulacres composés d'assules égales à la face supérieure et tendant à s'ordonner en majeures trisociées à la face inférieures; par les tubercules primaires interambulacraires non crénelés, perforés, formant une rangée au centre de chaque demi-aire; par les tubercules secondaires un peu plus petits, n'atteignant pas le sommet, groupés en deux séries longitudinales de part et d'autre des tubercules primaires avec lesquels ils alternent transversalement.

Le diamètre élevé du test, les ambulacres faiblement élargis à l'ambitus, l'abondance et le fort développement des tubercules secondaires interambulacraires, la granulation dense, grossière, et le test finement chagriné m'incitent à rapporter cet Echinide à l'espèce *repellini*.

Répartition stratigraphique et gisements

Orthopsis repellini est connu dans le Néocomien et dans le Barrémien des Alpes, dans le Valanginien et dans l'Aptien d'Algérie.

DE LORIOL a cité deux représentants de cette espèce au Portugal, dans l'Hauterivien de Carregueira. L'individu que j'ai découvert est contemporain: il a été recueilli au signal de Calhau do Corvo.

CHAPITRE DEUXIÈME

ÉCHINIDES IRRÉGULIERS

Ordre: HOLECTYPOIDA

Famille: HOLECTYPIDAE

Genre: HOLECTYPUS DESOR 1842

Test plus ou moins conique. Ambulacres étroits à zones porifères unigéminées. Plaques ambulacraires simples à la face supérieure, trisociées à la face inférieure. Nombreux tubercules crénelés et perforés. Appareil apical pentabasal à génitale 5 imperforée. Scissures branchiales bien développées. Périprocte inframarginal ou marginal. Pas de murailles radiaires internes.

HOLECTYPUS ALMEIDAE REY 1966

(fig. 96 à 100; pl. XVI, fig. 11 à 21)

1888. *Holectypus macropygus*, DE LORIOL (1887-1888, p. 69, pl. 9, fig. 1-3), non *Holectypus macropygus* AGASSIZ 1839 (p. 85, pl. 6., fig. 1-3).
1966. *Holectypus almeidae*, REY (p. 296, pl.2, fig. 1-9).
1967. *Holectypus almeidae*, REY (p. 25, pl. 1, fig. 1-9).

MATÉRIEL. — Plus de 100 individus,généralement très bien conservés, ont été recueillis.

Description de l'holotype

DIMENSIONS.

D	H	H/D
15,1 mm	6,8 mm	0,45

FORME. — Test subcirculaire, aussi long que large. Face supérieure convexe, peu élevée, à sommet légèrement conique. Face inférieure pulvinée, déprimée au milieu. Pourtour arrondi, assez mince.

AMBULACRES. — Zones porifères unigéminées et droites, à pores ronds, petits et égaux, disposés en paires très raprochées au-dessus de l'ambitus, plus obliques et plus espacées mais non multiplées au-dessous. Aires ambulacraires aiguës au sommet, s'élargissant progressivement jusqu'à l'ambitus, composées à la face supérieure de primaires égales; les assules tendent à devenir trisociées à la face inférieure (*fig.* 96 b). Tubercules petits, crénelés et perforés, à dépression scrobiculaire étroit, disposés sur 4 rangées verticales. Les deux rangs externes sont très proches des zones porifères. Les deux séries internes occupent le milieu des plaques.. Chaque demi-ambulacre montre, superposées de haut en bas, une assule ornée d'un tubercule externe, une assule à tubercule interne et une dépourvue de tubercule. La même ornementation se reproduit toutes les trois plaques. Les deux rangées de tubercules externes atteignent seules l'apex mais les deux séries internes se prolongent bien au-dessus de l'ambitus. Les tubercules de la face inférieure sont plus gros, à large scrobicule et col étroit, disposés sur deux rangs seulement près du péristome; on compte sur cette face un tubercule pour trois plaques. Les ambulacres sont par ailleurs garnis à la face aborale de granules fins, serrés, agencés en séries horizontales, et à la face adorale de granules plus gros, moins nombreux, disposés en cercle autour de chaque tubercule.

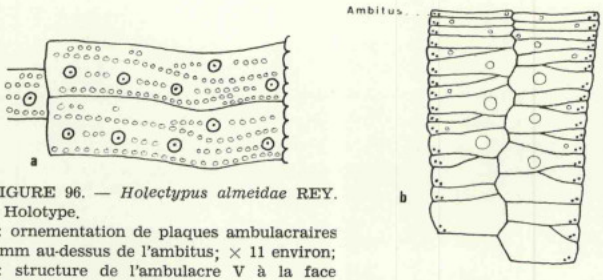


FIGURE 96. — *Holectypus almeidae* REY. Holotype.
a: ornementation de plaques ambulacraires 2 mm au-dessus de l'ambitus; × 11 environ;
b: structure de l'ambulacre V à la face inférieure; × 9 environ.

INTERAMBULACRES. — Plaques larges, subrectangulaires. Tubercules de même taille et de même nature que les tubercules ambulacraires, disposés au-dessus de l'ambitus sur 10 rangées verticales par zone. Chaque plaque porte 5 tubercules alignés horizontalement sur le bord interne et alternes sur le bord externe (*fig.* 96 a). Les deux rangs les plus internes, disparaissent près de l'apex. Il ne reste donc au sommet qu'une série verticale de tubercules par demi-aire. Au-dessous de l'ambitus, les tubercules, plus gros, à larges scrobicules, sont moins régulièrement ordonnés; deux rangs seulement persistent dans chaque aire près du péristome. Les granules complètent l'ornementation; ceux de la face supérieure sont fins, punctiformes, alignés sur chaque plaque en séries subhorizontales; ceux de la face inférieure sont plus gros, souvent allongés ou en forme de gouttelettes, et disposés en rosettes autour des tubercules.

APPAREIL APICAL. — Sommet ambulacraire central, peu étendu, pentabasal, à 5 plaques génitales pentagonales et 5 plaques ocellaires petites et triangulaires (*fig.* 97 b). La génitale 5 est imperforée. Les ocellaires antérieures sont insertes. Les ocellaires postérieures n'entrent pas en contact avec le corps madréporique. Ce dernier, développé, occupe le centre de l'apex; il est limité postérieurement par la génitale 5. L'ornementation de l'appareil apical n'est pas connue.

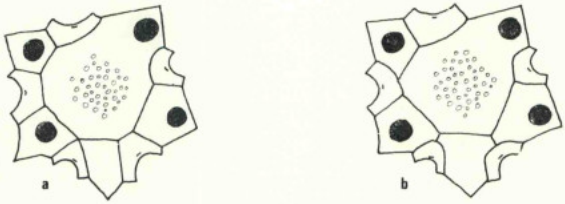


FIGURE 97. — *Holectypus almeidae* REY. Appareils apicaux; × 15 environ. Echantillon n° Mx 117 (a) et holotype (b).

PÉRIPROCTE. — Très étendu, pyriforme, acuminé à son extrémité interne. Il s'étend sur tout l'espace compris entre le péristome et le bord postérieur, mais il n'échancre pas l'ambitus.

PÉRISTOME. — Petit, assez enfoncé, décagonal. Scissures branchiales peu profondes et bordées vers l'extérieur d'un bourrelet bien visible.

RADIOLES. — Ils ne sont pas connus.

Variations

Les variations intraspécifiques peuvent être analysées en détail grâce au nombre élevé d'échantillons recueillis. Elles concernent:

— *la taille.* La population est très homogène sous ce rapport (*fig. 98*). La majorité des invididus a un diamètre moyen compris entre 14 et 18 mm. Cependant, quelques rares individus possèdent un diamètre deux fois supérieur au diamètre moyen; ils comptent 6 rangs de tubercules aux ambulacres et 14 aux interambulacres; peut-être correspondent-ils à une variété *major*? L'étude des autres caractères ne m'a cependant pas permis de trouver d'autres critères de différenciation;

— *la forme.* La face supérieure est plus ou moins élevée, de sorte que le profil est plus ou moins conique. Le rapport hauteur/diamètre varie dans de grandes proportions, entre 0,31 et 0,62 (*fig.* 99). Tous les termes de passage existent entre ces valeurs extrêmes. Le contour est arrondi ou pentagonal. Le sommet ambulacraire est légèrement antérieur chez les formes pentagonales. La face inférieure est pulvinée ou plane;

— *le diamètre relatif du péristome* (*fig.* 100). Il varie peu pour des individus d'une taille donnée. Le rapport diamètre du péristome/diamètre du test est de l'ordre de 0,28 pour un Echinide de 10 mm de diamètre. Mais ce rapport décroît au fur et à mesure de l'accroissement de taille de l'animal. Autrement dit, le diamètre du péristome augmente plus lentement que le diamètre du test;

— *la dimension relative du périprocte.* Le périprocte est proportionnellement plus grand chez les formes jeunes où il échancre l'ambitus;

— *l'appareil apical* (*fig.* 97). Les ocellaires postérieures sont exsertes chez presque tous les individus de l'espèce. Quelques exemplaires présentent cependant une ocellaire I ou des ocellaires I et V insertes. Ce caractère, dépourvu de valeur taxonomique, est indépendant de la taille de l'animal.

Attribution générique

Le genre *Holectypus* s.s. regroupe les espèces à 4 pores génitaux, par opposition au genre *Coenholectypus* correspondant aux formes à 5 pores génitaux [HAWKINS, 1912, p. 450; Th. MORTENSEN, 1928-1951, IV 1, p. 26].

DE LORIOL indiqua que l'Echinide portugais possédait 5 plaques génitales perforées; il mentionna toutefois que le 5e pore manquait chez un individu(*). Il figura 3 échantillons [1887-1888, p. 9, fig. 1, 2, 3] et, parmi ceux-ci, la forme à 4 perforations génitales. J'ai repris l'étude de ces exemplaires et j'ai constaté que le sommet apical n'est pas conservé dans 2 échantillons sur les 3 décrits et figurés. L'appareil apical n'est visible que sur l'individu à 4 pores. L'examen des formes provenant de la collection des Services Géologiques du Portugal et de récoltes personnelles m'a prouvé que *la disposition de l'apex avec une génitale 5 imperforée est générale et non, comme l'estimait* DE LORIOL, *exceptionnelle.*

L'espèce *almeidae* appartient donc au genre *Holectypus* s.s.

Rapports et différences

La structure de l'appareil apical permet de distinguer aisément *Holectypus almeidae* de *Coenholectypus macropygus* (AGASSIZ).

H. almeidae se distingue de *Holectypus orificiatus* DE LORIOL par son contour souvent subpentagonal, par sa face supérieure moins renflée, par ses bords plus minces, par sa face inférieure moins épaisse et son périprocte plus petit.

H. almeidae s'éloigne d'*Holectypus minutus* (GAUTHIER) par ses dimensions plus grandes, son contour plus pentagonal, sa face supérieure moins convexe, sa face inférieure moins renflée et par l'absence de tubercules secondaires.

L'ornementation de *H. almeidae* rappelle celle de *Holectypus depressus* LESKE. Le premier diffère du second par sa taille plus réduite, sa face supérieure plus conique et moins bombée, son pourtour moins renflé, sa face inférieure bien moins concave. Son périprocte est plus large. Les granules allongés de la face inférieure entourent chaque tubercule chez *H. almeidae;* ils bordent seulement les zones porifères chez *H. depressus.*

Répartition stratigraphique et gisements

Holectypus almeidae a été trouvé dans le Valanginien terminal et l'Hauterivien de Mexilhoeira, Guia, Torre da Marinha, Birre, Aldeia de Juzo, Murches, à la Quinta do Pisão, au S de Zambujeiro et au Cap Espichel.

Diagnose

Petite taille. Face supérieure subconique. Bords relativement minces. Face infé-

(*) Ce fait retint plus tard l'attention de FOURTAU [1913, p. 36] qui en déduisit que *Holectypus macropygus* pouvait, sans cesser d'appartenir à la même espèce, avoir 4 ou 5 perforations génitales LAMBERT [1931-1932, II, p. 183], s'opposant à cette thèse, estima que l'Echinide portugais à 4 pores n'était pas un *H. macropygus.* Mais les opinions de ces deux auteurs n'étaient fondées que sur la seule lecture de la description de DE LORIOL.

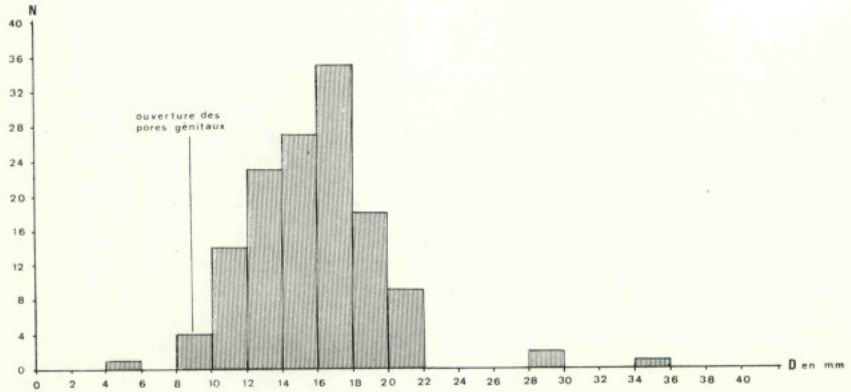


FIGURE 98. — *Holectypus almeidae* REY. Histogramme de répartition des individus en fonction de leur diamètre. Echantillons de Mexilhoeira.

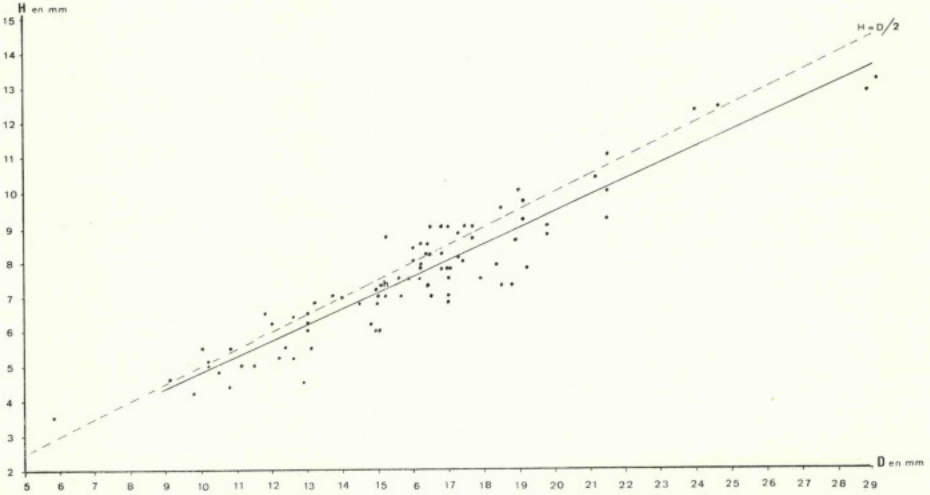


FIGURE 99. — *Holectypus almeidae* REY. Rapport entre le diamètre du test et la hauteur; h: holotype.

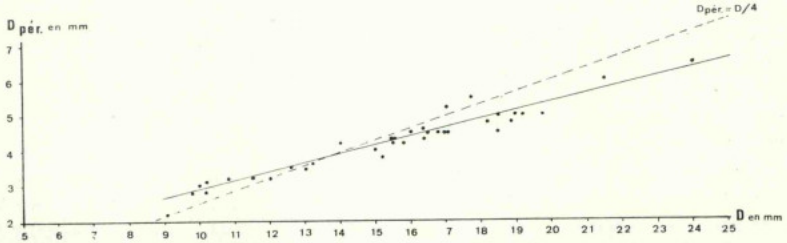


FIGURE 100. — *Holectypus almeidae* REY. Rapport entre le diamètre du péristome et le diamètre du test.

rieure peu déprimée. Périprocte n'échancrant pas l'ambitus. Granules de la face buccale souvent allongés et disposés en rosettes. Pas de tubercules secondaires.

Holotype: échantillon n° Mx 111.

Paratypes: échantillons n^{os} Mx 112, Mx 113, Mx 114, Mx 115 et Mx 116.

cf. *HOLECTYPUS MINUTUS* (GAUTHIER) 1880

1880. *Holectypus* nov. sp., GAUTHIER (p. 521).
1920. *Holectypus minutus*, LAMBERT (1920 c, p. 4, pl. 2, fig. 4).

Description

Je rapproche d'*Holectypus minutus* deux Echinides à formes arrondie, contour circulaire, bords renflés, face supérieure conique et périprocte étroit. Les ambulacres semblent dépourvus de tubercules secondaires. Les interambulacres sont ornés de deux rangées de tubercules principaux et de séries verticales de tubercules un peu plus petits, accompagnés de granules plus ou moins alignés transversalement.

L'appareil apical n'est connu sur aucun des deux individus. Un doute subsiste donc sur les attributions générique et spécifique.

Répartition stratigraphique et gisements

Holectypus minutus se rencontre dans l'Hauterivien provençal.

cf. *Holectypus minutus* a été trouvé au Portugal dans le Valanginien terminal des falaises de Mexilhoeira.

Genre: COENHOLECTYPUS POMEL 1883

Il diffère du genre *Holectypus* par la perforation de la 5^{e} plaque genitale.

COENHOLECTYPUS SIMILIS (DESOR) 1857
(fig. 101)

1857. *Holectypus similis*, DESOR (1855-1858, p. 174).
1858. *Holectypus similis*, PICTET et RENEVIER (p. 158, pl. 12, fig. 5).
1862. *Holectypus macropygus*, COTTEAU (1861-1867, p. 44, pl. 1015, fig. 1-4), pars.
1873. *Holectypus macropygus*, DE LORIOL (p. 175, pl. 12, fig. 12), pars.
1927. *Holectypus similis*, LAMBERT (p. 36).

Description

MATÉRIEL. — 6 échantillons bien conservés, de diamètre compris entre 20 et 32 mm.

FORME. — Test à contour circulaire. Face supérieure conique ou déprimée (le rapport H/D varie entre 0,47 et 0,62). Bords minces, subanguleux. Face inférieure presque plane, déprimée au centre.

AMBULACRES. — Zones porifères droites, unigéminées, à pores ronds, égaux, non multipliés au péristome. Ambulacres composés d'assules égales à la face supérieure, de majeures trisociées au-dessous de l'ambitus (*fig.* 101 a). La face supérieure est garnie de 6 rangées verticales de petits tubercules crénelés, perforés, scrobiculés, s'ali-

gnant obliquement par 3 sur chaque demi-ambulacre. Il y a un tubercule par plaque. Les tubercules des 2 rangs les plus internes sont très petits et tendent à se confondre avec des tubercules secondaires. Les 2 files externes arrivent seules au sommet. Des granules très fins, mal visibles, se disposent en cercles autour des scrobicules ou en séries transverses. A la face inférieure, les tubercules sont plus gros et munis d'un profond scrobicule. Ils s'alignent sur 4 puis 2 rangées verticales près du péristome. Les granules sont serrées et plus grossiers qu'à la face supérieure; ils entourent les aréoles.

INTERAMBULACRES. — Ils sont garnis à l'ambitus de 12 à 14 séries verticales de tubercules de même taille et de même nature que les tubercules ambulacraires, agencés transversalement au centre des aires et alternes dans la région adambulacraire. Seules, 2 rangées, situées au milieu de chaque demi-zone, atteignent le sommet. De fins tubercules secondaires espacés, associés à de petits granules peu apparents, forment des alignements transverses irréguliers sur le bord supérieur des plaques. La face inférieure est ornée de gros tubercules serrés, à scrobicules profonds et étroits, ainsi que de granules fins et denses.

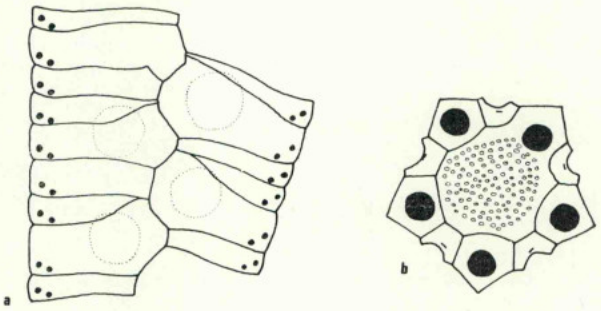


FIGURE 101. — *Coenholectypus similis* (DESOR).
a: structure d'un ambulacre 2 mm au-dessus de l'ambitus; × 15 environ. Echantillon n° Er 82.
b: appareil apical; × 15 environ. Echantillon n° Ca 11.

APPAREIL APICAL. — Pentabasal, à 5 plaques génitales perforées, aussi larges que hautes, et 5 plaques ocellaires trapézoïdales intercalaires. Corps madréporique très étendu (*fig.* 101 b).

PÉRIPROCTE. — Très grand, pyriforme, acuminé aux deux extrémités. Il occupe tout l'espace compris entre le péristome et le bord postérieur mais il n'échancre pas l'ambitus.

PÉRISTOME. — Il n'est pas visible.

Rapports et différences

Cette espèce fut souvent confondue avec *Coenholectypus macropygus* (DESOR) du Néocomien. Dans sa diagnose, DESOR [1855-1858, p. 74] indiquait que *Coenholectypus similis* différait de *C. macropygus* par ses tubercules moins serrés et moins nombreux. LAMBERT [1927, p. 36] a précisé ces caractères distinctifs: les tubercules et

granules de la face supérieure sont moins nombreux et plus fins; ceux de la face orale, plus serrés, ne sont pas entourés d'une rangée saillante de granules scrobiculaires.

La répartition stratigraphique différente de ces deux Echinides plaide en faveur du maintien de deux espèces distinctes.

Répartition stratigraphique et gisements

Coenholectypus similis a été cité dans l'Aptien des Alpes et d'Espagne.

Les gisements portugais sont, eux aussi, aptiens. Ils se localisent dans la région d'Ericeira (village d'Ericeira, plage de Falcão, Casalinho).

*
* *

Famille: ECHINONEIDEA

Genre: PYRINA DESMOULINS 1835

Test ovoïde, allongé ou arrondi, plus ou moins haut, parfois aplati ou déprimé à la face orale. Ambulacres à majeures trisociées sur les deux faces. Zones porifères droites. Périprocte supramarginal ou postérieur. Les tubercules nombreux, crénelés et perforés, ne s'agencent pas en séries verticales.

J'adopterai la classification de Th. MORTENSEN [1928-1951, IV 1, p. 86] qui place les genres *Pseudopyrina* LAMBERT et *Globator* AGASSIZ en synonymie avec *Pyrina*.

PYRINA GLOBOSA DE LORIOL 1888
(fig. 102 et 103; pl. XVII, fig. 1 à 4)

1888. *Pyrina globosa*, DE LORIOL (1887-1888, p. 80, pl. 14, fig. 1-3).
1921. *Globator globosus*, LAMBERT et THIÉRY (1909-1925, p. 328).

Les représentants nouvellement connus de cette espèce permettent de nuancer et de préciser la diagnose de DE LORIOL.

Description

MATÉRIEL. — Une dizaine d'échantillons. Certains sont très empâtés; quatre sont bien conservés.

DIMENSIONS.

L	l	l/L	H	H/L
24 mm	22 mm	0,91	17,8 mm	0,74
26,5 mm	25 mm	0,96	?	?
24 mm	?	?	16,8 mm	0,70
25,6 mm	?	?	20,5 mm	0,80

FORME. — Test globuleux. Face supérieure très élevée et renflée. Profil régulièrement convexe dans la partie antérieure, abrupt ou même vertical dans la partie postérieure. Face inférieure légèrement convexe ou plane. Pourtour renflé ou presque tronqué. Contour subpentagonal ou arrondi.

AMBULACRES. — Aires de largeur moyenne, apparaissant sur plusieurs échantillons légèrement en relief. Plaques trisociées du péristome aux abords de l'apex (*fig.* 102); une demi-plaque médiane s'encastre entre deux primaires entières; l'assule adorale est nettement plus large que l'assule aborale. Seules, les 6 à 8 plaques les plus proches du sommet constituent de simples primaires égales. Pores ronds, petits, très rapprochés dans une même paire, difficilement discernables à la face orale. Les 6 zygopores les plus voisins du péristome s'agencent en arcs par trois.

APPAREIL APICAL. — Légèrement excentrique vers l'arrière (il se place sur 2 exemplaires aux 54/100 de la longueur). Presque aussi large que long (*fig.* 103). Les pores des 4 plaques génitales forment les sommets d'un trapèze à base postérieure. Les ocellaires I et V sont contiguës et séparées du corps madréporique par les génitales 1 et 4. Le madréporite, bien développé, occupe le centre de l'appareil apical.

PÉRIPROCTE. — Peu étendu, pyriforme, à pointe supérieure plus aiguë, et placé au sommet de la face postérieure de manière à être partiellement visible d'en haut et invisible d'en bas.

PÉRISTOME. — Petit, ovale, oblique, acuminé à ses deux extrémités, ouvert à fleur de test au centre de la face inférieure.

ORNEMENTATION. — Tubercules petits, crénelés et perforés, entourés d'un profond scrobicule, dispersés sur tout le test et plus dense à l'ambitus. Granules miliaires fins, homogènes et serrés.

Rapports et différences

Pyrina globosa se rencontre dans les mêmes gisements que *Pygopyrina incisa* (AGASSIZ). Il s'en distingue immédiatement par la structure trisociée des ambulacres à la face supérieure.

Pyrina pygoea (AGASSIZ) est plus allongé et de forme ovale. Le périprocte est plus proche de la face inférieure. L'appareil apical, légèrement antérieur, est nettement plus long que large.

Répartition stratigraphique et gisements

Pyrina globosa a été recueilli dans les assises hauteriviennes des falaises de Mexilhoeira, Torre da Marinha et Cabo Raso.

Diagnose

Test globuleux, à contour subpentagonal ou arrondi. Face inférieure convexe. Bord postérieur abrupt. Pores très petits et serrés. Appareil apical légèrement postérieur, presque aussi large que long. Périprocte étroit situé au sommet de la face postérieure. Péristome petit, oblique, à fleur de test.

PYRINA PYGOEA (AGASSIZ) 1839
(fig. 106 et 107; pl. XVII, fig. 5 à 8)

1839. *Galerites pygoea*, AGASSIZ (1839-1840, I, p. 78, pl. 12, fig. 3-6).
1848. *Pyrina pygoea*, GRAS (p. 45).
1848. *Pyrina cylindrica*, GRAS (p. 45, pl. 2, fig. 12-15).
1856. *Pyrina cylindrica*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 470, pl. 979).

1873. *Pyrina pygoea*, DE LORIOL (p. 204, pl. 14, fig. 15-18).
1887. *Pyrina pygoea*, MALLADA (p. 158, pl. 57, fig. 1-5).
1902. *Pyrina pygoea*, SAVIN (p. 60).
1902. *Pyrina cylindrica*, SAVIN (p. 61).
1907. *Pyrina pygoea*, KARAKASCH (p. 231, pl. 31, fig. 4).
1935. *Pseudopyrina pygea*, LAMBERT (p. 524).

Description

Les principales caractéristiques de cet Echinide ont été très bien définies par DE LORIOL. Rappelons notamment son contour ovale et allongé; sa face supérieure applanie au sommet, très régulièrement convexe vers l'avant et vers l'arrière; son pourtour très renflé; son sommet ambulacraire légèrement excentrique vers l'avant; son péristome un peu antérieur, oblique et acuminé aux deux extrémités; son périprocte grand, ovale, aigu aux pôles, marginal, plus proche de la face inférieure que de la face supérieure.

Quelques observations complémentaires ont été faites:

— *l'appareil apical* est tétrabasal et allongé (*fig.* 107). Les 4 pores génitaux occupent les sommets d'un trapèze. Le corps madréporique est assez étroit mais il atteint le centre de l'apex. Les ocellaires sont bien développées. L'ocellaire IV est exserte dans la majorité des individus. Les 2 ocellaires postérieures son subégales et séparées du madréporite par les génitales postérieures;

— *les ambulacres* sont formés de majeures trisociées sur les deux faces (*fig.* 106). Une demi-plaque médiane est limitée par une primaire aborale étroite et une primaire adorale étendue. Seules, les 4 plaques les plus proches du sommet sont de simples primaires. Les zones porifères s'organisent près du péristome en arcs obliques par 3.

Variations

Les exemplaires portugais sont sujets à des variations de forme. Ainsi, les individus les plus petits sont plus arrondis: le rapport largeur/longueur est de 0,95 pour une longueur de 11 mm, de 0,92 à 13,2 mm; il est inférieur à 0,90 au-dessus de 15 mm. Les formes jeunes sont aussi plus renflées: la face inférieure est légèrement convexe; la portion qui entoure le péristome est plane et non déprimée comme chez l'adulte; la face supérieure est très haute.

Attribution générique

Chez certains représentants de l'espèce, le périprocte tend à se loger dans un sillon très atténué. C'est pourquoi certains auteurs, tel POMEL [1883, p. 54] et Th. MORTENSEN [1928-1951, IV 1, p. 88] conseillèrent de placer l'espèce *pygoea* dans le genre *Nucleopygus* AGASSIZ. La présence de ce sillon n'est pas constante. De plus, on n'observe ni les ambulacres plus ou moins pétaloïdes, ni les phyllodes de *Nucleopygus*. Le périprocte est marginal et non aboral. La modification de l'attribution générique ne me semble donc pas souhaitable.

Rapports et différences

Les différences avec *Pyrina globosa* ont été indiquées au cours de l'étude de cette dernière espèce.

La présence d'ambulacres trisociés à la face supérieure et la position du périprocte empêchent toute confusion avec *Pygopyrina incisa* (AGASSIZ).

Répartition stratigraphique et gisements

Pyrina pygoea est connu dans les Alpes (Valanginien-Aptien), en Provence (Valanginien-Barrémien), en Espagne (Aptien) et en Crimée (Hauterivien).

Au Portugal, *P. pygoea* a été recueilli dans l'Aptien de Crismina, du S de Zambujeiro et des environs d'Ericeira (villages d'Ericeira et Carvoeira, plage de Falcão, fort de Milregos).

Genre: PYGOPYRINA POMEL 1883 emend. LAMBERT 1920

Selon POMEL, créateur du genre [1883, p. 54), et Th. MORTENSEN [1928-1951, IV 1, p. 71 et 90] *Pygopyrina* se distingue de *Pyrina* par ses ambulacres disposés en triades près du péristome et par son périprocte supère. LAMBERT [1920 c, p. 5], ne fit pas mention du premier caractère mais utilisa pour séparer les deux genres, la structure des ambulacres à la face supérieure: ils sont constitués de simples primaires chez *Pygopyrina* et de majeures trisociées chez *Pyrina*. Une récapitulation de ces divers caractères génériques fut récemment mise au point par A. DEVRIÈS [1967]. Il me semble qu'il convient de mettre surtout l'accent sur la structure des plaques ambulacraires qui constitue un critère de différenciation aisément utilisable. Il est plus délicat de faire appel à l'agencement des pores à la face inférieure. En effet, tous les représentants du genre *Pyrina* ne possèdent pas des pores disposés en ligne droite près du péristome; certains (*Pyrina pygoea*, *P. globosa*) montrent des pores ordonnés en triades et se rapprochent en cela de *Pygopyrina*.

PYGOPYRINA INCISA (AGASSIZ) 1840

(fig. 104 et 105)

1840. *Nucleopygus incisus*, AGASSIZ (Catalogus systematicus Ectyporum Echinodermatum fossilium Musei Neocomiensis, p. 7), non vu.
1857. *Pyrina incisa*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 469, pl. 980, fig. 1-4).
1857. *Pyrina pygoea*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 466, pl. 978, fig. 1-6), non *Pyrina pygoea* AGASSIZ (1839-1840, I, p. 78, pl. 12, fig. 3-6).
1857. *Pyrina campicheana*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 469, pl. 978, fig. 7-11).
1873. *Pyrina incisa*, DE LORIOL (p. 201, pl. 14, fig. 11-14).
1888. *Pyrina incisa*, DE LORIOL (1887-1888, p. 78, pl. 12, fig. 4-9).
1921. *Pygopyrina incisa*, LAMBERT et THIÉRY (1909-1925, p. 328).

Description

J'ai recueilli une quinzaine d'individus en tous points identiques à ceux décrits et figurés par DE LORIOL au Portugal. Cette espèce est très proche par la forme de *Pyrina pygoea*. Elle se reconnaît principalement à ses ambulacres composés de primaires égales à la face supérieure et de majeures trisociées à la face inférieure avec pores ordonnés en arcs par 3 près du péristome (*fig.* 104), ainsi qu'à son périprocte pyriforme, supramarginal, n'échancrant pas l'ambitus et invisible de la face supérieure. Je noterai toutefois, à la suite de DE LORIOL, que le périprocte est un peu plus postérieur dans les exemplaires portugais que dans les échantillons-types de Suisse.

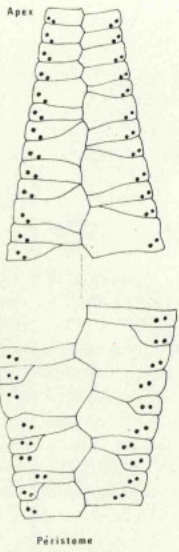


FIGURE 102. — *Pyrina globosa* DE LORIOL. Structure d'un ambulacre près de l'apex et du péristome; × 10 environ. Echantillons n° TM 1120 (péristome) et TM 1123 (apex).

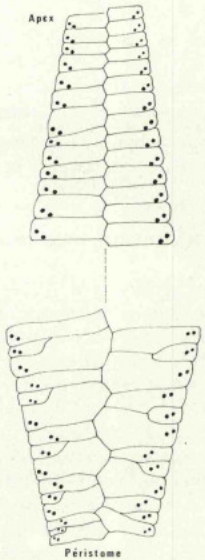


FIGURE 104. — *Pygopyrina incisa* (AGASSIZ). Structure d'un ambulacre près de l'apex et du péristome; ×10 environ. Echantillon n° Pi 171.

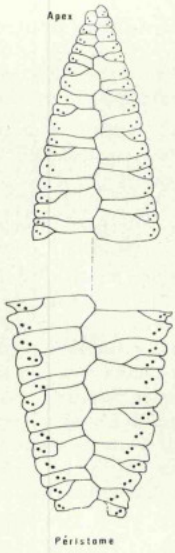


FIGURE 106. — *Pyrina pygoea* (AGASSIZ). Structure d'un ambulacre près de l'apex et du péristome; × 10 environ. Echantillons n° Car 92 (apex) et Car 93 (péristome).

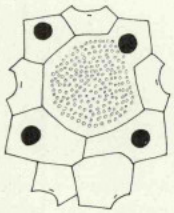


FIGURE 103. — *Pyrina globosa* DE LORIOL. Appareil apical; × 20 environ. Echantillon n° TM 1122.

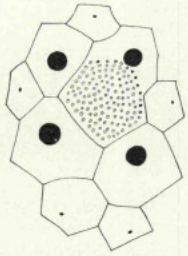


FIGURE 105. — *Pygopyrina incisa* (AGASSIZ). Appareil apical; × 20 environ. Echantillon n° Za 174.



FIGURE 107. — *Pyrina pygoea* (AGASSIZ). Appareil apical; × 20 environ. Echantillon n° Car 92.

L'appareil apical tétrabasal est allongé (*fig.* 105). Le madréporite est peu étendu. Les ocellaires I et V sont inégales et n'atteignent pas la génitale 2. Tous les individus à apex conservé possèdent une ocellaire IV exserte.

Attribution générique

Le périprocte est parfois logé dans un léger sillon. Th MORTENSEN [1928-1951, IV 1, p. 90] estima donc que l'espèce *incisa* pouvait appartenir au genre *Nucleopygus*. Cependant, si l'on s'en réfère à la description de DE LORIOL [1873, p. 202] qui avait eu en mains un grand nombre d'individus provenant des gisements-types, on constate que la présence de ce sillon n'est pas constante; lorsqu'il existe, il est «presque insensible». Pour ces raisons et, aussi, en l'absence de phyllodes et d'ambulacres pétaloïdes, je maintien cette espèce dans le genre *Pygopyrina* tel qu'il vient d'être défini.

Répartition stratigraphique et gisements

Pygopyrina incisa a été cité dans le Néocomien de France, de Suisse, d'Allemagne et d'Afrique du Nord.

Les différents individus récoltés au Portugal proviennent du Valanginien terminal de Zambujeiro et de Linhó, ainsi que de l'Hauterivien inférieur du Cap Espichel, de Sabugo, Linhó, Suimo et Alcabideche.

*
* *

Ordre: **CASSIDULOIDA**

Famille: ECHINOBRISSIDAE

Genre: NUCLEOLITES LAMARCK 1801

Test petit ou moyen, à plus grande largeur postérieure ou médiane. Pétales ouverts à pores conjugués: l'interne est punctiforme, l'externe allongé transversalement. Toutes les plaques ambulacraires sont percées de deux pores. Plaque péristomiale unique dans chaque interambulacre. Périprocte supramarginal, logé dans un sillon qui n'attent pas l'apex. Péristome antérieur, pentagonal, déprimé. Phyllodes étroits à deux séries de doubles pores dans chaque demi-ambulacre. Pas de pores buccaux.

NUCLEOLITES cf. *PIVETEAUI* (LAMBERT) 1931

(fig. 108 et 109; pl. XVII, fig. 9 à 13)

1931. *Nucleopygus piveteaui*, LAMBERT (1931-1932, p. 64, pl. 7, fig. 5-7).

Description

MATÉRIEL. — Une dizaine d'individus, pour la plupart bien conservés.

DIMENSIONS.

N° d'échantillons	L	l	l/L	H	H/L	L ap(*)	L ap/L	L pér(*)	L pér/L
Cam 113	14,2 mm	12,3 mm	0,86	6 mm	0,42	4,5 mm	0,31	5,5 mm	0,38
Cam 114	13 mm	12 mm	0,92	5,5 mm	0,42	4,8 mm	0,36	?	?
Cam 115	15,2 mm	13,5 mm	0,88	6,1 mm	0,40	5,2 mm	0,34	?	?

N° d'échantillons	L	l	l/L	H	H/L	L ap	L ap/L	L pér/L	L pér
Cam 116	10,5 mm	10 mm	0,95	4,5 mm	0,42	?	?	?	?
Cam 117	11,5 mm	10,5 mm	0,91	?	?	?	?	?	?
Er 21	11,1 mm	10 mm	0,90	4,3 mm	0,38	3,8 mm	0,34	4,5 mm	0,40
Mi 81	14,5 mm	12,8 mm	0,88	?	?	5 mm	0,34	?	?

FORME. — Test un peu plus long que large, à contour subquadrangulaire ou subovale, légèrement élargi vers l'arrière. La plus grande largeur est située dans la partie postérieure de l'animal. Face supérieure déprimée, plane au centre. Bord antérieur peu élevé mais uniformément convexe. Bord postérieur très déclive et même faiblement évidé sur deux échantillons. Pourtour arrondi. Face inférieure concave et pulvinée, pourvue d'un léger sillon dans lequel se loge l'ambulacre impair et d'une zone sternale différenciée.

AMBULACRES. — Inégaux et pétaloïdes. Zones porifères composées de 18 à 20 zygopores. Chaque zone est presque aussi large que l'espace interporifère. Les pores externes allongés sont reliés aux pores internes punctiformes par un sillon.

APPAREIL APICAL. — Très antérieur, tétrabasal, plus large que long (*fig.* 109). Le corps madréporique sépare les deux génitales postérieures et s'avance entre les ocellaires I et V. Ocellaire IV exserte.

PÉRIPROCTE. — Ovale, il s'ouvre à égale distance de l'appareil apical et du bord postérieur, au sommet d'un sillon fortement évasé et atténué vers l'arrière qui n'échancre pas — ou faiblement — l'ambitus.

PÉRISTOME. — Pentagonal, symétrique, non oblique, nettement antérieur mais légèrement plus éloigné de l'ambitus que de l'appareil apical. Floscelle apparent à bourreles peu développés. Les phyllodes se composent de doubles pores disposés en deux rangées dans chaque demi-ambulacre (*fig.* 108); la rangée externe possède 8 à 9 paires de pores, la rangée interne 5 à 6. Il n'y a pas de pores buccaux.

ORNEMENTATION. — Elle est peu visible, en raison d'une légère usure des échantillons. Les tubercules, entourés de profonds scrobicules, sont homogènes et serrés, plus forts à la face orale qu'à la face supérieure. Ils sont accompagnés de granules.

Variations

La forme varie beaucoup d'un individu à l'autre: le test est plus ou moins allongé et plus ou moins élargi postérieurement. Le bord antérieur est régulièrement convexe ou légèrement tronqué; le contour est donc subovale ou subquadrangulaire. La face supérieure est généralement plane, mais elle devient convexe sur deux exemplaires. Enfin, le sillon anal est plus ou moins évasé.

(*) L ap: distance du bord antérieur au centre de l'apex; L pér: distance du bord antérieur au péristome.



FIGURE 108. — *Nucleolites* cf. *piveteaui* (LAMBERT). Phyllodes de l'ambulacre impair; × 13 environ Echantillon n° Er U21.

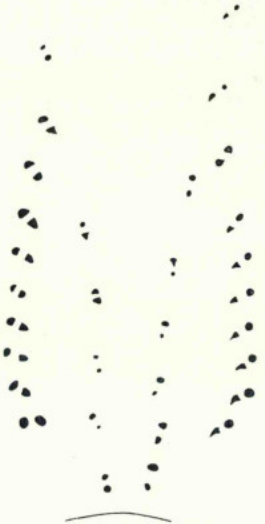


FIGURE 110. — *Nucleolites scheuchzeri* (DESOR). Phyllodes de l'ambulacre impair; × 13 environ. Echantillon n° Ma U32.



FIGURE 112. — *Nucleolites teixeirae* nov. sp. Phyllodes de l'ambulacre impair; × 13 environ. Echantillon n° CC 582.

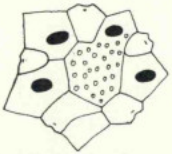


FIGURE 109. — *Nucleolites* cf. *piveteaui* (LAMBERT). Appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° Er U21.

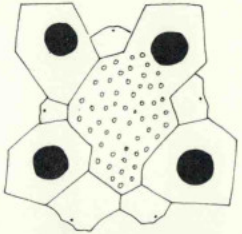


FIGURE 111. — *Nucleolites scheuchzeri* (DESOR). Appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° Ma U31.

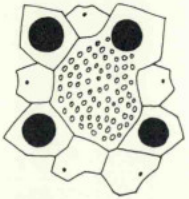


FIGURE 113. — *Nucleolites teixeirae* nov. sp. Appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° CC 582.

Des stades intermédiaires apparaissent entre les formes les plus éloignées et ces variations ne sont pas plus importantes que celles qui ont été notées dans *Nucleolites roberti* par DE LORIOL [1873, p. 267]. Je pense donc que tous les individus appartiennent à la même espèce.

Attribution spécifique

C'est avec beaucoup d'hésitations que je rapproche ces Echinides portugais de *Nucleolites piveteaui*. En effet, je n'ai pu retrouver les types de l'espèce. Les figurations données par LAMBERT sont peu précises. La description est très brève. Les positions de l'apex et du péristome, la forme générale du test et l'allure du sillon sous-anal paraissent identiques chez les types de *Nucleolites piveteaui* et dans les exemplaires du Portugal. Cependant, les premiers semblent différer des seconds par des pétales postérieurs bien plus longs.

Attribution générique

L'espèce *piveteaui* fut rapportée au genre *Nucleopygus* par LAMBERT. Selon P. M. KIER [1962, p. 56 et 164], le genre *Nucleopygus*, apparu au Cénomanien, serait caractérisé par la présence de pores buccaux et par des phyllodes à pores uniques. Dans le genre *Nucleolites*, plus primitif, il n'y a pas de pores buccaux et les phyllodes sont constitués de doubles pores. Tel est le cas des Echinides portugais et, semble-t-il, des types de l'espèce *piveteaui* qu'il convient donc de placer dans le genre *Nucleolites*.

Rapports et différences

Nucleolites roberti GRAS du Barrémien est très proche de *N.* cf. *piveteaui*. Le second diffère du premier par sa forme moins allongée, par l'apex plus excentrique en avant, par le péristome antérieur et non subcentral, par des phyllodes plus apparents, par la face orale nettement déprimée et pourvue d'une zone sternale, ainsi que par le sillon anal très élargi et atténué vers l'arrière.

Répartition stratigraphique et gisements

C'est dans le Néocomien d'Afrique du Nord qu'a été trouvé *Nucleolites piveteaui*.

Nucleolites cf. *piveteaui* se rencontre au Portugal dans le Barrémien de Camarões et dans le Barrémien et l'Aptien inférieur d'Ericeira.

NUCLEOLITES SCHEUCHZERI (DESOR)
(fig. 110 et 111)

Echinobrissus scheuchzeri, DESOR (en inventaire).
1873. *Echinobrissus scheuchzeri*, DE LORIOL (p. 264, pl. 21, fig. 1-3).

Description

Les deux représentants de cette espèce trouvés au Portugal sont fragmentaires. On reconnait néanmoins la forme subquadratique, presque aussi large que longue, retrécie en avant, élargie en arrière; le bord antérieur légèrement tronqué; la face supérieure peu élevée, régulièrement convexe et faiblement déclive vers l'arrière; la face

inférieure concave, accidentée d'un léger sillon à l'ambulacre impair; le pourtour très renflé; l'appareil apical et le péristome également excentriques vers l'avant; les ambulacres nettement pétaloïdes, inégaux, à zones porifères aussi larges que l'espace interporifère; les zygopores très rapprochés dans une même zone, composés de pores conjugués, l'interne rond, l'externe faiblement allongé; le périprocte un peu plus proche du bord postérieur que de l'apex; le sillon anal très court n'échancrant pas l'ambitus.

J'ai pu faire quelques observations complémentaires sur l'appareil apical et les phyllodes.

L'appareil apical est tétrabasal, peu étendu (*fig.* 111). Les pores génitaux occupent les sommets d'un trapèze à base postérieure. Les plaques génitales, relativement grandes, s'avancent fortement dans les zones interambulacraires. Les plaques ocellaires sont étroites et toutes insertes. Le corps madréporique sépare les deux génitales postérieures; il est limité vers l'arrière par les ocellaires I et V.

Les phyllodes sont formés de 4 rangées de doubles pores dans chaque ambulacre (*fig.* 110). On compte une dizaine de paires de pores par série externe et 5 à 6 par série interne. Il n'y a pas de pores buccaux.

Attribution générique

P. M. KIER a démontré [1962, p. 59] que le genre *Echinobrissus* GRAY devait tomber en synonymie avec le genre *Nucleolites* LAMARCK. L'espèce *scheuchzeri*, primitivement rapportée à *Echinobrissus*, appartient donc au genre *Nucleolites*.

Rapports et différences

Nucleolites scheuchzeri est, au Portugal, contemporain de *Nucleolites* cf. *piveteaui*. Le premier se distingue aisément du second par sa taille plus forte (diamètre moyen de 20 mm); par sa partie postérieure plus élargie; par son pourtour plus renflé; par son apex et son péristome un peu moins antérieurs; par son périprocte plus proche du bord postérieur; par son sillon anal très court.

Nucleolites eddisensis (GAUTHIER) possède un fort sillon anal échancrant l'ambitus.

Répartition stratigraphique et gisements

Nucleolites scheuchzeri n'a été mentionné, à ma connaissance, que dans l'Hauterivien et le Barrémien de Suisse.

Les représentants portugais de l'espèce ont été trouvés dans les assises barrémiennes de la contrée d'Ericeira (falaises de Matadouro).

NUCLEOLITES TEIXEIRAE (*) nov. sp.
(fig. 112 et 113; pl. XVII, fig. 14 à 20)

Description

MATÉRIEL. — Deux exemplaires bien conservés.

DIMENSIONS.

	L	I	I/L	H	H/L	Lap	L ap/L	L pér	L pér/L
Holotype	22,2 mm	21,2 mm	0,95	12,5 mm	0,56	10 mm	0,45	11 mm	0,49
Paratype	17 mm	16 mm	0,95	9,2 mm	0,54	7,5 mm	0,44	8 mm	0,47

(*) Je dédie cet Echinide à M. le Professeur TEIXEIRA, de la Faculté des Sciences de Lisbonne, en témoignage de ma profonde reconnaissance.

FORME. — Contour trapézoïdal, nettement élargi vers l'arrière; la plus grande largeur se situe au tiers postérieur. Bord antérieur régulièrement arrondi. Bord postérieur très légèrement tronqué et échancré par le sillon anal. Face inférieure fortement pulvinée, déprimée autour du péristome et dans chaque aire ambulacraire. Pourtour très renflé. Face supérieure élevée et uniformément convexe du bord antérieur au périprocte, obliquement biseautée entre l'anus et l'ambitus. Le sommet du test se trouve un peu en avant de l'appareil apical.

AMBULACRES. — Pétales pairs dilatés, pétaloïdes et égaux, s'ouvrant à fleur de test. Ils ont leur plus grande largeur à 3 mm environ de l'apex et se retrécissent nettement dans leur partie distale. Les pétales n'atteignent pas le bord externe. Chaque zone porifère est, au milieu du pétale, deux fois plus étroite que l'espace interporifère. Les pores internes sont oblongs, les externes faiblement allongés. Les deux pores d'une même paire sont reliés par un sillon.

Pétale impair à pores identiques. Il est ouvert distalement.

APPAREIL APICAL — Légèrement excentrique vers l'avant, tétrabasal, aussi large que long. Le madréporite, très étendu, sépare les deux génitales postérieures. Toutes les ocellaires sont insertes (*fig.* 113).

PÉRIPROCTE. — Ovale, supramarginal, proche du bord postérieur. Vu de l'arrière, il s'ouvre à égale distance du sommet et de la base du test. Le sillon anal est étroit, profond, à bords tranchants. Il s'atténue rapidement près de l'ambitus qu'il n'échancre que faiblement.

PÉRISTOME. — Enfoncé, subcentral, pentagonal, aussi large que long. Les bourrelets sont nets mais peu développés. Tous les ambulacres sont déprimés et les interambulacres renflés entre le péristome et l'ambitus. Les larges phyllodes sont composés de 4 rangées de doubles pores par ambulacres (*fig.* 112); il y a 6 paires de pores dans les séries internes, 9 à 10 dans les séries externes. On n'observe pas de pores buccaux.

ORNEMENTATION. — L'usure du test ne permet pas d'étudier tous les détails de l'ornementation. Les tubercules sont scrobiculés, crénelés, perforés. Ils sont très fins et serrés à la face supérieure, plus larges et espacés à la face inférieure.

Variations

Le paratype est un peu plus petit que l'holotype. Sa face supérieure est plus déprimée, sa partie antérieure un peu plus retrécie. Tous les autres caractères sont communs et je n'hésite pas à considérer que les deux formes appartiennent à la même espèce.

Attribution générique

Les genres *Nucleolites* LAMARCK et *Phyllobrissus* COTTEAU sont très voisins. Tous deux possèdent des pétales droits, étroits, ouverts et des phyllodes très comparables. Le premier présente un test plus élargi, des bourrelets moins développés et un périprocte supramarginal mais non franchement postérieur [P. M. KIER, 1962, p. 76].

Ces trois critères incitent à rapprocher l'espèce *teixeirae* du genre *Nucleolites* plutôt que de *Phyllobrissus*.

Plus délicate encore est la distinction de *Nucleolites* et d'*Echinobrissus* BREYNIUS. Divers auteurs, tels BEURIEN et P. M. KIER mirent *Echinobrissus* en synonymie avec *Nucleolites*. D'autres (COTTEAU, LAMBERT et THIÉRY, Th. MORTENSEN) maintinrent les deux genres. Le caractère distinctif essentiel porte sur la position du sillon périproctal: il est contigu au système apical chez *Echinobrissus;* il n'atteint pas l'apex chez *Nucleolites*. Il s'agit certainement là d'un critère générique valable mais d'emploi malaisé: divers stades intermédiaires peuvent exister et plusieurs espèces sont difficiles à classer. L'espèce *teixeirae* doit être rapportée au genre *Nucleolites*, que l'on soit ou non en faveur de la suppression du genre *Echinobrissus*. En effet, le périprocte se trouve placé au sommet d'un sillon anal oblique très éloigné de l'apex.

Rapports et différences

Les deux Echinides les plus proches de *Nucleolites teixeirae* sont *Nucleolites bourguignati* (D'ORBIGNY) et *Phyllobrissus gresslyi* (AGASSIZ) var. *depressa* COTTEAU. Le caractère distinctif essentiel concerne les ambulacres pairs: ils sont nettement pétaloïdes, dilatés dans la partie médiane et tendant à se refermer distalement par rapprochement des deux lignes de pores chez *N. teixeirae;* ils sont bien plus ouverts et l'espace interporifère reste de largeur constante au voisinage de l'ambitus chez *N. bourguignati* et *P. gresslyi*. D'autres différences apparaissent sur la position du péristome (subcentral chez *N. teixeirae*, nettement antérieur chez *N. bourguignati* et *P. gresslyi*) et de l'appareil apical (central chez *N. bourguignati*, légèrement excentrique vers l'avant chez *N. teixeirae* et *P. gresslyi*). Les critères de forme sont d'usage moins sûr car le test est sujet à d'importantes variations individuelles chez les *Echinobrissidae*. Cependant, la forme large, trapézoïdale, renflée et relativement haute de *N. teixeirae* contribue à séparer cette espèce de *N. bourguignati* et de *P. gresslyi*.

Nucleolites sebaensis (GAUTHIER) est plus grand, proportionnellement plus allongé. Le sommet apical et le péristome sont excentriques vers l'avant. Le sillon anal est plus atténué. Le périprocte est plus éloigné de l'ambitus. Les pétales pairs, plus longs, ne se resserrent pas à leurs extrémités distales.

Répartition stratigraphique et gisements

Nucleolites teixeirae a été découvert dans l'Hauterivien supérieur du signal de Calhau do Corvo.

Diagnose

Contour trapézoïdal. Face supérieure uniformément convexe et obliquement tronquée vers l'arrière. Pourtour très renflé. Face inférieure pulvinée à légers sillons ambulacraires. Appareil apical faiblement antérieur. Ambulacres pairs égaux et pétaloïdes, resserrés distalement, à larges espaces interporifères. Péristome très faiblement antérieur et pentagonal. Phyllodes larges, à doubles pores. Périprocte ovale proche du bord postérieur. Sillon anal étroit et profond n'échancrant pas l'ambitus.

Holotype : échantillon n.° CC 582.

Paratype : échantillon n.° CC 589.

Genre: PHYLLOBRISSUS COTTEAU 1860

Ce genre diffère principalment de *Nucleolites* par la position marginale du périprocte, par son test plus allongé et ses bourrelets mieux développés.

PHYLLOBRISSUS GRESSLYI (AGASSIZ) 1839

(fig. 114 et 115)

1839. *Catopygus gresslyi*, AGASSIZ (1839-1840, I, p. 49, pl. 8, fig. 1-3).
1856. *Clypeopygus gresslyi*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 425, pl. 966, fig. 1-6).
1859. *Phyllobrissus gresslyi*, COTTEAU (1849-1878, II, p. 83, pl. 56).
1873. *Phyllobrissus gresslyi*, DE LORIOL (p. 242, pl. 19, fig. 4-5).
1888. *Phyllobrissus gresslyi*, DE LORIOL (1887-1888, p. 82, pl. 14, fig. 5).
1962. *Phyllobrissus gresslyi*, P. M. KIER (p. 77, pl. 11, fig. 4-5, text-fig. 60-61).

Description

Cet Echinide très classique du Néocomien est rare au Portugal: DE LORIOL avait décrit un individu déformé. Pour ma part, j'ai recueilli deux échantillons, l'un fragmentaire, l'autre recristallisé.

DIMENSIONS.

N° échantillon	L	l	l/L	H	H/L	L ap	L ap/L	L pér	L pér/L
CC 588	13,5 mm	11 mm	0,81	8 mm	0,59	6 mm	0,44	5,5 mm	0,40
TM 951	16,5 mm	13,8 mm	0,85	10 mm	0,61	7,5 mm	0,45	7,2 mm	0,43

Je noterai, parmi les caractères distinctifs essentiels, la forme ovale et renflée, plus longue que large, arrondie en avant, subtronquée et un peu élargie vers l'arrière; le profil régulièrement convexe, biseauté dans la partie postérieure suivant un angle voisin de 75°; la face orale presque plane; l'appareil apical légèrement excentrique vers l'avant; les ambulacres pétaloïdes et étroits, ouverts distalement, à pores internes ronds et pores externes oblongs; le périprocte ovale, s'ouvrant au milieu de la face postérieure, entièrement visible d'en haut; le sillon anal étroit, profond, s'atténuant près de l'ambitus qu'il entaille faiblement; le péristome plus antérieur que le sommet ambulacraire, pentagonal, à bourrelets bien marqués.

L'appareil apical est tétrabasal *(fig.* 115). Il possède un corps madrérique étendu séparant les génitales postérieures. Cette disposition a déjà été figurée par COTTEAU [1849-1878, pl. 56, fig. 6]. Par contre. P. M. KIER a décrit [1962, p. 77, ext-fig. 60] un appareil apical à génitales postérieures jointives. Le sommet ambulacraire montre donc, comme chez nombre d'*Echinobrissidae*, de grandes variations individuelles.

Les phyllodes sont formés dans chaque ambulacre de 4 rangées de doubles pores *(fig.* 114). Les séries internes portent 4 à 5 pores, les séries externes 10 pores. Il n'y a pas de pores buccaux.

Répartition stratigraphique et gisements

Phyllobrissus gresslyi est une espèce caractéristique du Néocomien en France et en Suisse.

Les exemplaires portugais ont été recueillis dans les falaises de Torre da Marinha (Valanginien terminal) et du signal de Calhau do Corvo (Hauterivien supérieur).

PHYLLOBRISSUS aff. *NICOLETI* (AGASSIZ) 1839
(fig. 118 et 119)

1839. *Nucleolites lacunosus*, AGASSIZ (1839-1840, I, p. 40, pl. 7, fig. 4-6).
1856. *Echinobrissus nicoleti*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 401, pl. 956, fig. 7-8).
1873. *Phyllobrissus nicoleti*, DE LORIOL (p. 245, pl. 19, fig. 8).
1902. *Phyllobrissus nicoleti*, SAVIN (p. 78).

Description

Je rapproche de cette espèce qui, selon DE LORIOL (1873, p. 247), pourrait n'être qu'une variété de *Phyllobrissus gresslyi*, un Echinide fragmentaire dépourvu de sa partie antérieure.

De *Phyllobrissus nicoleti* il possède la forme subquadrangulaire; la face supérieure haute, renflée, régulièrement convexe, tronquée postérieurement; la face inférieure plane; l'appareil apical paraissant légèrement antérieur; les ambulacres pétaloïdes, étroits, resserrés distalement; le péristome pentagonal; le périprocte supramarginal, entièrement visible de la face supérieure; le sillon anal étroit et profond, atténué près de l'ambitus qu'il n'échancre guère.

Plusieurs caractères interdisent cependant une identification totale à *Phyllobrissus nicoleti:* la troncature de la face postérieure n'est pas subverticale mais elle fait un angle d'environ 60° avec le plan oral; le péristome semble central ou, tout an moins, légèrement plus postérieur que le sommet ambulacraire; les zones porifères ne sont pas particulièrement étroites relativement à l'espace interporifère.

L'appareil apical de l'Echinide portugais est large, tétrabasal (*fig.* 119). Le madréporite, très étendu, sépare les deux génitales postérieures. Il est limité vers l'arrière par la plaque ocellaire I. L'ocelaire V, beaucoup plus petite, est refoulée dans l'angle externe de la génitale 4 et de l'ocellaire I.

Les phyllodes sont larges, composés de 4 rangées de doubles pores par ambulacre. On compte 8 paires de pores dans les séries externes et 5 dans les séries internes (*fig.* 118). Il n'y a pas de pores buccaux.

Répartition stratigraphique et gisements

Phyllobrissus nicoleti est un Echinide rare de l'Hauterivien alpin.

Phyllobrissus aff. *nicoleti* a été trouvé au Portugal dans l'Hauterivien supérieur du signal de Calhau do Corvo.

Genre: PLAGIOCHASMA POMEL 1883

Forme oblongue. Face supérieure médiocrement renflée. Face inférieure pulvinée. Péristome oblique. Phylodes étroits et développés. Pétales inégaux, à zones porifères étroites. Périprocte supramarginal s'ouvrant au sommet d'un sillon.

cf. *PLAGIOCHASMA EXCENTRICUM* (PICTET et RENEVIER) 1858

(fig. 116 et 117)

1858. *Trematopygus excentricus*, PICTET et RENEVIER (p. 155, pl. 22, fig. 3).
1865. *Trematopygus excentricus*, COQUAND (p. 177).
1873. *Phyllobrissus excentricus*, DE LORIOL (p. 249, pl. 20, fig. 3-5).
1962. *Plagiochasma excentricus*, P. M. KIER (p. 90, text-fig. 73).



FIGURE 114. — *Phyllobrissus gresslyi* (AGASSIZ). Phyllode de l'ambulacre IV; × 13 environ. Echantillon n° CC 588.

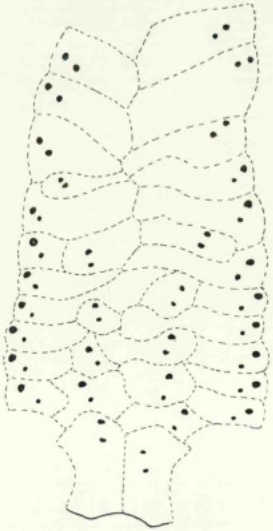


FIGURE 116. — cf. *Plagiochasma excentricum* (PICTET et RENEVIER). Phyllode de l'ambulacre impair; × 13 environ. Echantillon n° CC 584.

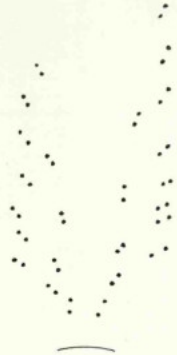


FIGURE 118. — *Phyllobrissus* aff. *nicoleti* (AGASSIZ). Phyllode de l'ambulacre IV; × 13 environ. Echantillon n° CC 585.

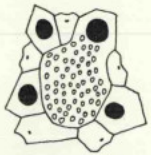


FIGURE. 115 — *Phyllobrissus gresslyi* (AGASSIZ). Appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° CC 588.

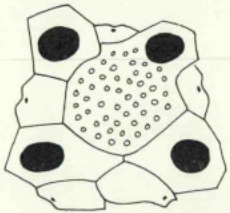


FIGURE 117. — cf. *Plagiochasma excentricum* (PICTET et RENEVIER). Appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° CC 584.

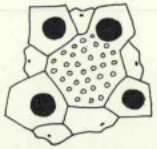


FIGURE 119. — *Phyllobrissus* aff. *nicoleti* (AGASSIZ). Appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° CC 585.

Description

L'absence de la partie postérieure empêche toute identification générique et spécifique certaine de cet Echinide, connu par un seul individu. Cependant, le bord antérieur arrondi, la face supérieure élevée et très renflée, la face inférieure légèrement pulvinée dans les aires ambulacraires et renflée dans les aires interambulacraires, le sommet apical et le péristome très excentriques en avant, les ambulacres courts et effilés, le péristome enfoncé, subpentagonal et oblique, entouré de bourrelets et phyllodes apparents, constituent autant d'éléments qui incitent à rapprocher cet Echinide de *Plagiochasma excentricum*.

Cet individu possède un appareil apical très large, tétrabasal (*fig.* 117). Le corps madréporique est central mais les deux plaques génitales postérieures sont jointives.

Les phyllodes sont, comme dans *Plagiochasma excentricum* [P. M. KIER, 1962, p. 90,text-fig. 73] légèrement élargis (*fig.* 116).Ils présentent dans chaque ambulacre 4 rangées de doubles pores. Les deux rangées internes atteignent seules le péristome; elles sont portées par 6 demi-plaques. Les deux rangées internes atteignent seules le péristome; elles sont portées par 6 demi-plaques. Les deux rangées externes se placent, pour les 3 zygopores les plus proches de la bouche, sur des demi-plaques; les 7 paires suivantes percent des primaires entières.

Répartition stratigraphique et gisements

Plagiochasma excentricum a été cité dans l'Aptien de la Perte du Rhône et dans l'Aptien d'Espagne.

cf. *Plagiochasma excentricum* provient de l'Hauterivien supérieur du signal de Calhau do Corvo.

Genre: PYGURUS AGASSIZ 1839

Test large, aplati à subconique. Appareil apical tétrabasal. Corps madréporique séparant les génitales 1 et 4, limité en arrière par les deux ocellaires postérieures jointives. Pétales larges, ouverts, à zones porifères lancéolées composées de pores conjugués. Périprocte inframarginal. Péristome un peu excentrique vers l'avant, pentagonal. Bourrelets bien développés. Larges phyllodes à doubles pores. Il n'y a pas de pores buccaux.

PYGURUS ROSTRATUS AGASSIZ 1839

(fig. 120 et 121; pl. XVIII, fig. 1 et 2)

1839. *Pygurus rostratus*, AGASSIZ (1839-1840, I, p. 71, pl. 11, fig. 4-6).
1855. *Pygurus rostratus*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 304, pl. 914 et 915).
1857. *Pygurus rostratus*, DESOR (1855-1858, p. 311).
1873. *Pygurus rostratus*, DE LORIOL (p. 281, pl. 22, fig. 9-10).
1902. *Pygurus rostratus*, SAVIN (p. 87).
1905. *Pygurus rostratus*, SAVIN (p. 70).
1962. *Pygurus rostratus*, P. M. KIER (p. 42, carte 3 g).
1964. ? *Pygurus rostratus*, S. HUMBERT (p. 267).

Description

MATÉRIEL. — Un échantillon entier, bien conservé, et plusieurs fragments déterminables.

DIMENSIONS.

L	I	I/L	H	H/L	L ap	L ap/L	L pér	L pér/L
73 mm	67 mm	0,91	22,5 mm	0,30	34 mm	0,46	30 mm	0,41

FORME. — Test un peu plus long que large. Contour arrondi, fortement rostré à l'arrière. Le bord antérieur n'est pas visible. La plus grande largeur se place légèrement en arrière du milieu de l'animal. Face supérieure peu élevée, subconique. Le sommet du test coïncide avec le sommet ambulacraire. Face inférieure concave, déprimée. Les sillons ambulacraires alternent avec des renflements interambulacraires. Pourtour très mince.

AMBULACRES. — Longs, peu élargis, retrécis à leur extrémité distale. Les pétales pairs arrivent à 8 mm de l'ambitus. Zones porifères lancéolées, à pores externes très allongés conjugués à des pores internes punctiformes. L'espace interporifère est deux fois plus large que chaque zone porifère. L'ambulacre impair n'est guère visible.

APPAREIL APICAL. — Excentrique à l'avant, tétrabasal. Le corps madréporique, très étendu, occupe toute la partie centrale du système (*fig.* 120); il sépare les génitales 1 et 4. Les plaques ocellaires sont toutes insertes et les postérieures contigües.

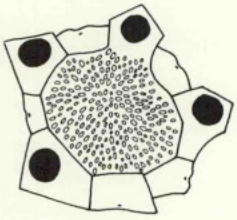


FIGURE 120. — *Pygurus rostratus* AGASSIZ. Appareil apical; × 10 environ. Echantillon n° CE 211.

PÉRIPROCTE. — Il n'a pu être dégagé de sa gangue sur l'exemplaire entier. Il apparaît sur un individu fragmentaire: il est inframarginal, très proche du bord, à l'extrémité du rostre, transverse. De forme ovale, il est entouré d'une aréa anale triangulaire un peu déprimée, aux limites très nettes.

PÉRISTOME. — Enfoncé, un peu plus antérieur que l'apex. Les bourrelets du floscelle, bien développés, séparent des phyllodes très élargis, déprimés et composés de doubles pores (*fig.* 121). La disposition des paires de pores dans chaque demi-ambulacre est très irrégulière: ils tendent à s'ordonner, d'une part en arcs obliques par 2 ou 3, d'autre part en 3 ou 4 files verticales. Il n'y a pas de pores buccaux.

ORNEMENTATION. — Elle n'est pas visible.

Rapports et différences

Pygurus rostratus diffère de *Pygurus montmollini* AGASSIZ par sa forme plus allongée, rostrée mais non lobée à l'arrière, par son contour plus arrondi, par sa face

supérieure régulièrement convexe, par son appareil apical moins antérieur et par ses ambulacres moins pétaloïdes, non jointifs au sommet.

Pygurus impar GAUTHIER est large, de contour subcirculaire. Il possède un sommet ambulacraire très excentrique vers l'avant.

Répartition stratigraphique et gisements

Pygurus rostratus est une espèce très caractéristique du Valanginien des Alpes. Elle a été par ailleurs citée dans des assises synchrones aux environs de Marseille et de Montpellier.

Au Portugal, j'ai recueilli l'exemplaire entier dans le Valanginien terminal du Cap Espichel. Des fragments se rencontrent aussi dans le Valanginien supérieur des falaises de Mexilhoeira et de Torre da Marinha.

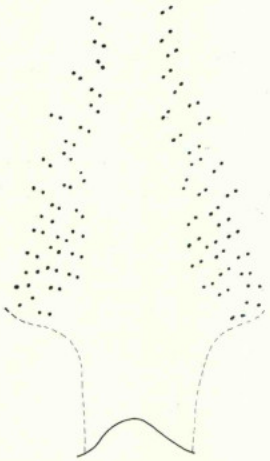


FIGURE 121. — *Pygurus rostratus* AGASSIZ. Essai de reconstitution d'un phyllode à partir des ambulacres I et V; × 6 environ. Echantillon n° CE 211.

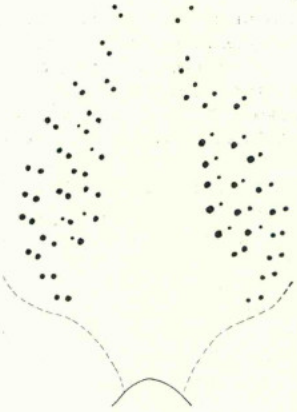


FIGURE 122. — cf. *Pygurus montmollini* AGASSIZ. Structure d'un phyllode; × 6 environ. Echantillon n° Mx 92.

cf. *PYGURUS MONTMOLLINI* AGASSIZ 1839

(fig. 122)

1839. *Pygurus montmollini*, AGASSIZ (1839-1840, I, p. 69, pl. 11, fig. 1-3).
1856. *Pygurus montmollini*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 305, pl. 916 et 917).
1857. *Pygurus montmollini*, DESOR (1855-1858, p. 310, pl. 32).
1860. *Pygurus montmollini*, COTTEAU (1849-1878, II, p. 104, pl. 59, fig. 1-6).
1873. *Pygurus montmollini*, DE LORIOL (p. 285, pl. 23, fig. 2 et pl. 24, fig. 5).
1902. *Pygurus montmollini*, SAVIN (p. 86).
1905. *Pygurus montmollini*, SAVIN (p. 69).
1948. *Pygurus montmollini*, Th. MORTENSE (1928-1951, IV 1, p. 133).
1959. *Pygurus montmollini*, M. L. PETITOT (p. 124, pl. 15, fig. 7-8).
1962. *Pygurus montmollini*, P. M. KIER (p. 45, pl. 2, fig. 1, carte 3, fig. h).

Description

Cette espèce serait représentée au Portugal par des fragments de tests. J'appuie ma détermination sur les critères suivants:

— la face inférieure déprimée, à floscelle très développé, permettrait de rattacher ces échantillons au genre *Pygurus;*

— le pourtour lobé et même acuminé face aux ambulacres postérieurs pairs est connu dans les espèces *P. montmollini, P. Buchi* DESOR et *P. Loryi* DE LORIOL;

— la face supérieure peu renflée, les aires ambulacraires et les espaces interporifères très larges, les ambulacres très effilés, se rencontrent chez *P. montmollini* mais non chez *P. buchi;*

— l'appareil apical paraît très excentrique vers l'avant, trait commun à *P. loryi* et *P. montmollini.* Cependant la première espèce possède un interambulacre impair très renflé à la face supérieure; ce n'est le cas, ni de *P. montmollini,* ni des fragments portugais;

— les aires interambulacraires sont très renflées à la face inférieure et passent au bord du péristome à des bourrelets très saillants; les petits tubercules de la face supérieure, homogènes et serrés, dessinent des rangées transverses et obliques très régulières. Ce sont, là aussi, des caractères de *P. montmollini.*

Remarquons enfin que les phyllodes sont très apparents sur nos Echinides (*fig.* 122). Ils diffèrent un peu de ceux observés par COTTEAU [1849-1878, II, pl. 59, fig. 6] et D'ORBIGNY [1853-1860, pl. 917, fig. 4], ultérieurement reproduits par P. M. KIER [1962, carte 3, fig. h]. En effet, ils sont larges, courts et s'arrêtent à grande distance du péristome. Ils sont constitués de doubles pores disposés en arcs obliques par 2 alternant assez régulièrement avec une simple paire. Une telle disposition donne un alignement longitudinal des zygopores dans chaque demi-aire, non sur deux rangs, mais sur trois: les deux rangs externe et interne correspondent aux paires de pores des arcs obliques; la série médiane est formée par les zygopores uniques. On compte 8 paires dans la rangée longitudinale externe, 3 à 4 dans la rangée médiane, 5 à 6 dans la rangée interne. Des phyllodes absolument identiques ont été observés sur un *Pygurus montmollini* entier, très bien conservé, de la collection du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Toulouse.

Répartition stratigraphique et gisements

Pygurus montmollini a été signalé dans le Valanginien et dans l'Hauterivien de France et de Suisse, ainsi que dans le Valanginien du Maroc.

Les fragments du Portugal ont été recueillis dans le Valanginien terminal des falaises de Mexilhoeira.

Genre: PYGORHYNCHUS AGASSIZ 1839

Test de taille moyenne, ovale, élargi postérieurement. Appareil apical tétrabasal, antérieur. Ambulacres pétaloïdes à zones porifères étroites composées de pores conjugués. Périprocte longitudinal, marginal ou inframarginal. Péristome antérieur, oblique ou pentagonal. Bourrelets bien développés. Phyllodes à doubles pores. Pas de pores. Pas de pores buccaux.

AMBERT et THIÉRY [1909-1925, p. 351] et Th. MORTENSEN [1928-1951, IV 1, p. 143] ont distingué le genre *Pygorhynchus* à péristome oblique et le genre *Botriopy-*

gus à péristome régulier. Selon P. M. GIER [1962, p. 85], ce dernier genre tombe en synonymie avec *Pygorhynchus* car ils ont tous deux la même espèce-type, *Pygorhynchus obovatus* (AGASSIZ).

PYGORHYNCHUS sp.

Description

Si cet Echinide présente bien tous les caractères génériques précités, la détermination ne peut être poussée plus avant en raison des déformations et de l'usure du test. On notera les dimensions moyennes (L=29 mm; l=26 mm; H=13,5 mm); la forme élargie à l'arrière, rétrécie à l'avant; la face supérieure peu élevée, à sommet situé au 1/3 postérieur; le pourtour renflé; la face inférieure déprimée, principalement à l'ambulacre impair; l'appareil apical excentrique vers l'avant (au 44/100 de la longueur); le périprocte marginal s'ouvrant au milieu de la face postérieure et suivi d'un sillon qui échancre nettement l'ambitus; le péristome un peu plus antérieur que l'apex et qui paraît oblique. Cette forme serait peut-être à rapprocher de *Pygorhynchus testudo* (DESOR).

Répartition stratigraphique et gisements

Pygorhynchus sp. a été trouvé dans le Valanginien terminal du Cap Espichel.

*
* *

Ordre: SPATANGOIDA

Famille: *DISASTERIDAE*

Genre: COLLYROPSIS GAUTHIER 1896

Test petit à moyen, cordiforme, subglobuleux. Apex dissocié à 4 paques génitales contiguës. Ocellaires II et IV petites, latérales et externes. Pas de plaques complémentaires entre bivium et trivium. Plaques ambulacraires plus petites que les interambulacraires mais hautes, de sorte que les pores ambulacraires, très petits, sont espacés. Périprocte au bord postérieur du test, très loin du bivium, sans sillon. Péristome antérieur. Sillon de l'ambulacre impair bien distinct à la face orale.

COLLYROPSIS OVULUM (DESOR) 1842

(fig. 123 à 126; pl. XVIII, fig. 3 à 6)

1842. *Dysaster ovulum*, DESOR (p. 22, pl. 3, fig. 5-8).
1853. *Collyrites ovulum*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 54, pl. 801, fig. 7-3).
1857. *Collyrites ovulum*, DESOR (1855-1858, p. 209).
1873. *Collyrites ovulum*, DE LORIOL (p. 297, pl. 32, fig. 7-10).
1884. *Collyrites ovulum*, COTTEAU, PÉRON et GAUTHIER (1873-1884, II, p. 64).
1884. *Collyrites ardua*, COTTEAU, PÉRON et GAUTHIER (1873-1884, II, p. 65, pl. 7, fig. 13-15).
1888. *Collyrites ovulum*, DE LORIOL (1887-1888, p. 85, pl. 14, fig. 11-12).
1934. *Collyropsis ovulum*, BEURLEN (p. 134).

Description

Il est inutile d'analyser en détail cette espèce maintes fois décrite et figurée. Au-delà des importantes variations morphologiques qu'elle manifeste, elle se distingue aisément pour son contour ovale, légèrement cordiforme, un peu plus long que large et rétréci à l'arrière; par son pourtour très renflé; par sa face supérieure plane à bombée, faiblement carénée dans l'interambulacre postérieur; par sa face inférieure légèrement convexe à plastron apparent; par le sillon de l'ambulacre impair peu profond; par son péristome faiblement déprimé et assez éloigné du bord antérieur; par son périprocte inframarginal visible seulement de la face inférieure.

L'appareil apical est bien visible sur quelques exemplaires (*fig.* 123). Les plaques génitales sont jointives et le madréporite peu étendu. Les ocellaires III et IV, rejetées sur le bord externe des génitales 1 et 4, occupent une position très postérieure.

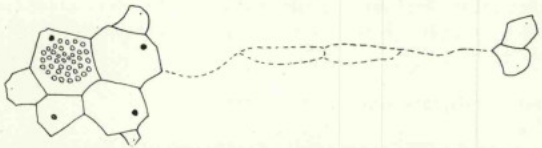


FIGURE 123. — *Collyropsis ovulum* (DESOR). Appareil appical; × 13 environ. Echantillon n° Alc 125.

Variations

Les variations morphologiques sont très importantes. L'analyse de la répartition des exemplaires portugais en fonction de la taille montre un mélange de deux populations gaussiennes (*fig.* 124): l'une, groupant 52 % des individus, possède une longueur moyenne de 19 mm; l'autre, avec 48 % des individus, présente une longueur moyenne de 25 mm. Les deux groupes étant d'importance pratiquement égale, on peut se demander si cette distribution n'est pas la marque d'un dimorphisme sexuel. Une telle hypothèse parait d'autant plus plausible que la même hétérogénéité semble devoir se rencontrer en d'autres points du globe, notamment en Allemagne.

Indépendamment de ces variations de taille, apparaissent des variations de forme: le rapport longueur/largeur est relativement constant (*fig.* 125, tandis que l'on relève des écarts très élevés dans le rapport longueur/hauteur (*fig.* 126). Ainsi, cet Echinide est globuleux, à face supérieure nettement convexe (le sommet du test coïncidant approximativement avec je sommet ambulacraire postérieur) ou déprimé, à face supérieure plane. Notons aussi que le sillon de l'ambulacre impair est assez marqué ou presque inexistant, tandis que le bord postérieur est plus ou moins acuminé et la carène de l'interambulacre impair plus ou moins accusée.

Répartition stratigraphique et gisements

Collyropsis ovulum est très commun dans l'Hauterivien de France, de Suisse, d'Algérie et d'Espagne. Il persiste jusqu'au Barrémien en Allemagne.

Au Portugal, cette espèce est abondante dans le Valanginien terminal et l'Hauterivien des falaises de Mexilhoeira, Torre da Marinha et Guia, ainsi que dans l'Hauterivien de Birre, Aldeia de Juzo, Alcabideche et Capa Rota.

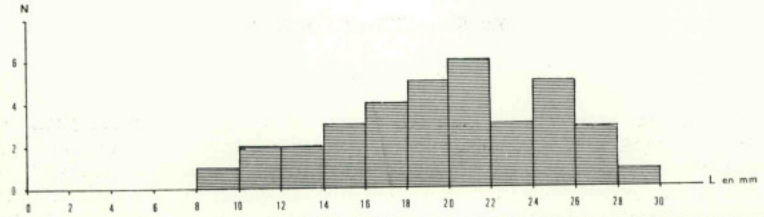


FIGURE 124. — *Collyropsis ovulum* (DESOR). Histogramme de répartition des individus en fonction de la taille.

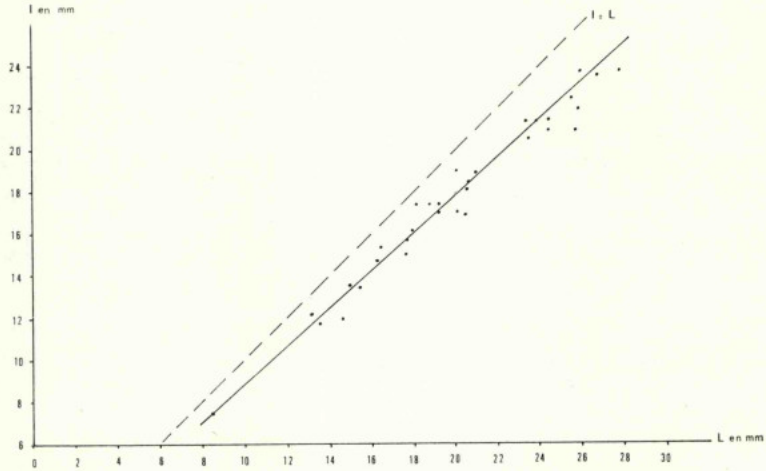


FIGURE 125. — *Collyropsis ovulum* (DESOR). Rapport entre la longueur et la largeur.

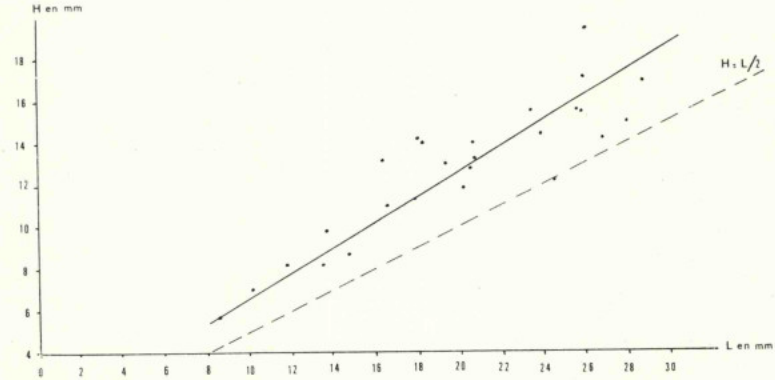


FIGURE 126. — *Collyropsis ovulum* (DESOR). Rapport entre la longueur et la hauteur.

Famille : HOLASTERIDAE

Genre : HOLASTER AGASSIZ 1836

Test ovoïde à cordiforme. Face supérieure convexe. Face inférieure plane. Bord postérieur tronqué. Ambulacre impair non pétaloïde, situé dans un sillon plus ou moins profond. Ambulacres pairs à fleur de test, subpétaloïdes, ouverts à leur extrémité distale. Pores arrondis ou oblongs. Appareil apical allongé, intercalaire, à ocellaires III et IV séparant les plaques génitales antérieures et postérieures. Périprocte ovale, longitudinal, postérieur. Péristome antérieur, semi-lunaire. Plastron méridosterne. Tubercules égaux ou inégaux.

HOLASTER VALANGINIENSIS LAMBERT 1916

(fig. 127; pl. XVIII, fig. 7 à 9)

1839. *Holaster intermedius*, AGASSIZ (1839-1840, I, p. 19, pl. 3, fig. 6-8), non *Holaster intermedius* MUNSTER.
1873. *Holaster cordatus*, DE LORIOL (p. 311, pl. 26, fig. 1-2, *tantum*), non *Holaster cordatus* DUBOIS.
1916. *Holaster valanginiensis*, LAMBERT (1916 b, p. 200).
1924. *Holaster valanginiensis*, LAMBERT et THIÉRY (1909-1925, p. 402).

Description

MATÉRIEL. — Un seul Echinide peut être attribué avec certitude à cette espèce.

DIMENSIONS

L	l	l/L	H	H/L	L ap	L ap/L	L pér	L pér/L
20,5 mm	19,5 mm	0,95	13 mm	0,63	9,5 mm	0,46	9 mm	0,43

FORME. — Contour ovale, presque circulaire, un peu rétréci en arrière. La plus grande largeur se situe approximativement au milieu du test. Face supérieure haute, à profil très convexe et renflé à l'avant; le test s'élève ensuite très lentement et progressivement jusqu'au 1/3 postérieur où se trouve le sommet; la partie postérieure est tronquée obliquement suivant un angle de 72°. Face inférieure fortement déprimée autour du péristome, pourvue d'un sternum très apparent. Pourtour renflé. Sillon antérieur peu accusé mais nettement bicaréné à la face supérieure, échancrant légèrement l'ambitus tandis que ses flancs s'adoucissent; il se poursuit à la face inférieure par une dépression assez profonde à versants arrondis.

AMBULACRE. — Pétale impair droit et divergent, à pores petits et ronds s'associant en paires obliques. Les deux pores d'une même paire sont très écartés et séparés par un petit granule (*fig.* 127 b).

Ambulacres pairs à fleur de test. Les pétales antérieurs sont très peu flexueux et divergents, les postérieurs rectilignes. Les pores sont ovales et disposés en circonflexe dans chaque paire à la face supérieure (*fig.* 127 c); ils deviennent ronds et s'espacent considérablement aux approches de l'ambitus.

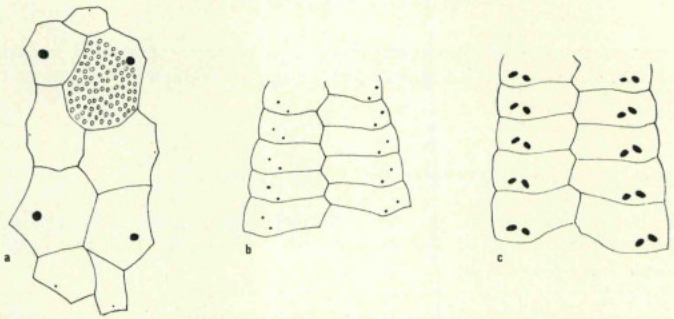


FIGURE 127. — *Holaster valanginiensis* LAMBERT. Echantillon n° TM 931.
a : appareil apical; × 13 environ.
b : ambulacre impair; × 13 environ.
c : ambulacre antérieur gauche; × 13 environ.

APPAREIL APICAL. — Légèrement excentrique vers l'avant, allongé, étroit, intercalaire (*fig.* 127 a). Le madréporite, étendu, entre en contact avec une génitale 3 relativement étroite.

PÉRIPROCTE. — Ouvert au sommet de la troncature postérieure, probablement à égale distance des deux faces. Il n'est visible que du côté aboral. Ses détails ne sont pas apparents.

PÉRISTOME. — Légèrement plus antérieur que le sommet ambulacraire. Il n'a pu être dégagé de sa gangue.

ORNEMENTATION. — Mal connue en raison de l'usure du test. On observe à la face supérieure de petits tubercules épars et des granules fins et serrés.

Rapports et différences

Cette espèce a été confondue avec *Holaster intermedius* (MUNSTER) et avec *Holaster cordatus* DUBOIS. Elle se distingue du premier par son sillon ambulacraire antérieur moins profond, son contour moins cordiforme, sa face supérieure plus élevée et son pourtour plus renflé. Il s'écarte du second par son test moins large, moins globuleux, et par son apex légèrement antérieur.

Répartition stratigraphique et gisements

Holaster valanginiensis est très caractéristique du Valanginien de Suisse.

L'exemplaire portugais provient du Valanginien terminal des falaises de Torre da Marinha. J'ai trouvé d'autres représentants du genre *Holaster* dans le Valanginien du Cap Espichel et DE LORIOL a cité plusieurs *Holaster* dans le Néocomien portugais. Le mauvais état de conservation de ces Echinides empêche toute détermination spécifique. La plupart semblent ne pas apartenir à *H. valanginiensis*. C'est le cas, notamment, des formes décrites par DE LORIOL.

Famille : TOXASTERIDAE

Echinides généralement subcordiformes, à ambulacres pétaloïdes, appareil apical tétrabasal ethmophracte et péristome plus ou moins distinctement labié. Il n'y a pas de fasciole.

Lignes générales de l'histoire des Toxasteridae

L'évolution des *Toxasteridae* nous est bien connue grâce aux travaux de LAMBERT [1920 b; 1931-1932, I] et surtout, plus récemment, d'A. DEVRIÈS [1955; 1960 a; 1963]. Retraçons-la brièvement:

L'ancêtre des *Toxasteridae* doit être recherché dans le genre *Pygomalus*, *Callyritinae* du Jurassique moyen et supérieur pourvu d'un apex dissocié, d'un péristome antérieur, d'un périprocte et d'ambulacres droits à pores tous punctiformes.

Les *Toxasteridae* apparaissent et s'épanouissent au Crétacé inférieur. Ils sont, au cours de leur histoire, soumis aux tendances évolutives suivantes [A. DEVRIÈS, 1960 a] :

1° L'appareil apical, issu d'un apex ancestral dissocié, est primitivement très allongé, de type holastéroïde; il devient ensuite de plus en plus compact.

2° Les ambulacres se différencient à la face adorale. Cette transformation est en relation avec l'acquisition d'un mode de vie enfouie: les podias adoraux s'élargissent pour jouer le rôle de branchies; ils traversent le test par des pores allongés. Deux étapes peuvent être distinguées dans cette spécialisation des ambulacres:

— en un premier stade, tous les pores, de tous les pétales, s'allongent; les pieds ambulacraires sont tous égaux; on peut parler d'*homopodie*. Cette étape est réalisée chez les formes primitives du genre *Toxaster;*

— dans un deuxième stade s'effectue une différenciation fonctionnelle des pieds ambulacraires à la face supérieure; les uns, à rôle respiratoire, sont allongés; les autres, à rôle sensoriel et tactile, sont cylindriques et communiquent avec l'extérieur par des paires de pores punctiformes. Il y a donc deux types de pieds et de pores ambulacraires, c'est-à-dire *hétéropodie*. Cette différenciation des pores se fait, soit uniquement au niveau des ambulacres (genre *Toxaster)*, soit au niveau des ambulacres et des zygopores d'une même zone (genre *Heteraster*). A. DEVRIÈS estime que les podias cylindriques sont ceux qui ont conservé et précisé une fonction ancestrale sensitive et tactile (1960 a), puisque les *Toxasteridae* sont issus de *Pygomalus* à pores tous ronds et que le représentant le plus ancien de la famille *(Toxaster laffitei* DEVRIÈS) a des ambulacres à pores peu allongés. Par conséquent, les pores ronds traduisent une structure primitive; les pores allongés sont le fait de structures plus évoluées.

3° Les pétales pairs se creusent et se ferment progressivement à leurs extrémités distales, favorisant ainsi le fonctionnement des podias branchiaux.

4° Les *Toxasteridae* sont dépourvus de fascioles. Cependant, les granules ambulacraires tendent à s'organiser sur les formes les plus récentes et les plus évoluées. Ils sont l'amorce de véritables fascioles, à fonction de nettoiement du test, qui se développeront plus tard chez les *Hemiasteridae*.

Les Toxasteridae du Portugal

Les *Toxasteridae* sont abondants et variés dans le Crétacé inférieur du Portugal. Nombre d'espèces sont propres au bassin lusitanien. Certaines offrent des caractères très particuliers. Leur analyse permettra donc de suivre en détail une partie de l'évolution de la famille en un lieu donné. J'aborderai l'étude des espèces suivant un ordre chronologique. En accompagnant la description morphologique de précisions et de corrections sur l'âge de chaque fossile, il sera possible de définir les différentes structures réalisées aux diverses époques. Je retracerai enfin la phylogénie des *Toxasteridae* au Portugal et je tenterai de voir comment les faits observés peuvent s'intégrer dans le sens général d'évolution des *Spatangoida* primitifs.

Genre: TOXASTER AGASSIZ 1840

Test plus ou moins cordiforme, à face inférieure plane et face supérieure plus ou moins renflée. Ambulacres pétaloïdes, droits ou flexueux; l'impair, logé dans un sillon évasé, est peu différent des autres; il est composé de zygopores homogènes. Appareil apical ethmophracte compact ou allongé. Périprocte au sommet de la troncature postérieure. Pédistome subpentagonal et antérieur.

Plusieurs sous-genres ont été créés:

— *Eotoxaster* LAMBERT, groupant les formes primitives à ocellaire IV inserte;

— *Miotoxaster* POMEL, à ambulacre impair composé de petits pores arrondis ou oblongs;

— *Pliotoxaster* FOURTAU, à ambulacres pairs deprimés, pores de l'ambulacre impair arrondis ou en chevrons et zones interporifères des pétales pairs dépourvues de tubercules.

LAMBERT [1931-1932, I, p. 34] a démontré qu'il n'était pas possible d'ériger les *Miotoxaster* et *Pliotoxaster* en genres distincts car les caractères de différenciation utilisés sont soumis à des variations individuelles. *Miotoxaster* et *Pliotoxaster* doivent donc être considérés comme des sections du genre *Toxaster*. J'adopterai ce point de vue et l'étendrai aux *Eotoxaster*.

J'étudierai successivement:

— les *Toxaster* du Valanginien;

— les *Toxaster* de l'Hauterivien;

— les *Toxaster* du Barrémien.

TOXASTER DU VALANGINIEN

TOXASTER CASTERASI (*) nov. sp.

(fig. 128 et 129; pl. XVIII, fig. 10 à 14)

Description

MATÉRIEL. — Trois Echinides ont été trouvés. L'un est entier, à surface du test usée. Les autres sont fragmentaires ou déformés, à ornementation bien visible.

DIMENSIONS

N° échantillons	L	l	l/L	H	H/L	L ap	L ap/L	L pér	L pér/L
CE 211	25 mm	23,7 mm	0,94	15 mm	0,60	11 mm	0,44	7,5 mm	0,30
CE 11	22 mm	20,5 mm	0,93	13,5 mm	0,61	10 mm	0,45	6,5 mm	0,31
TM 920	28,5 mm	?	?	?	?	?	?	?	?

FORME. — Test cordiforme, élargi et bien échancré à l'avant, rétréci et nettement tronqué à l'arrière. La plus grande largeur se situe approximativement au 1/3 antérieur du test. Face supérieure presque plane, régulièrement convexe dans la partie antérieure et biseautée obliquement suivant un angle d'environ 75° au bord postérieur. Le sommet du test se place 5 mm en arrière du sommet ambulacraire. Face inférieure faiblement convexe, légèrement renflée au plastron. Pourtour arrondi. Sillon antérieur large, à bords adoucis, entaillant fortement l'ambitus et demeurant profond à la face inférieure.

AMBULACRES. — Pétale impair court, composé de 22 zygopores homogènes. Dans chaque paire, le pore interne rond et le pore externe oblong sont disposés en chevron et séparés par un renflement granuliforme (*fig.* 128).

Ambulacres antérieurs pairs déprimés, assez courts, presque droits. La zone porifère antérieure est rectiligne, la zone postérieure un peu arquée. Les deux zones sont d'égale largeur et formées de 30 paires de pores oblongs ou faiblement allongés, écartés et séparés par un granule.

Ambulacres postérieurs légèrement déprimés, très flexueux et longs, rapprochés l'un de l'autre, fortement dirigés vers l'arrière, à 25 zygopores identiques à ceux des ambulacres antérieurs pairs.

APPAREIL APICAL. — Ethmophracte, compact, à ocellaire IV soit inserte, soit exserte (*fig.* 129).



FIGURE 128. — *Toxaster casterasi* nov. sp. Ambulacre impair; × 13 environ. Echantillon n° TM 920.

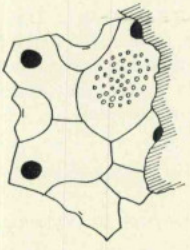


FIGURE 129. — *Toxaster casterasi* nov. sp. Appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° TM 920.

(*) Je dédie cette espèce à mon Maître, M. le Professeur M. CASTERAS, en témoignage de ma profonde reconnaissance et de mon respectueux attachement.

PÉRIPROCTE. — Ovale, longitudinal, ouvert au sommet d'une aréa triangulaire très faiblement excavée.

PÉRISTOME. — Subpentagonal, proche du bord antérieur. La structure du plastron ne peut pas être étudiée.

ORNEMENTATION. — Granules homogènes, fins et serrés, notamment à l'ambitus, plus gros et épars à la face inférieure. Les espaces interporifères des ambulacres pairs sont dépourvus de tubercules.

Rapports et différences

Par ses ambulacres antérieurs courts et rectilignes, par ses ambulacres postérieus longs, flexueux, très infléchis vers l'arrière, cet Echinide se différencie nettement de toutes les espèces connues. La forme dont il se rapprocherait le plus est, sans doute, *Toxaster peroni* LAMBERT, du Maroc. Mais les pores des diverses zones sont, dans l'espèce portugaise, plus courts et séparés par un granule; les ambulacres sont moins larges, les postérieurs plus flexueux. Les zones interporifères des pétales pairs sont dépourvues de tubercules.

Répartition stratigraphique et gisements

Toxaster casterasi a été recueilli dans le Valanginien terminal du Cap Espichel et des falaises de Torre da Marinha.

Diagnose

Face supérieure peu élevée. Bord postérieur rétréci et tronqué. Sillon impair large, échancrant profondément l'ambitus. Ambulacre impair court à pores en chevrons, l'interne rond, l'externe oblong. Ambulacres pairs déprimés, à pores oblongs ou faiblement allongés et zones antérieures et postérieures égales. Ambulacres antérieurs pairs droits et courts. Ambulacres postérieurs flexueux, très allongés, fortement orientés vers l'arrière. Appareil apical légèrement antérieur, ethmophracte et compact.

Holotype: échantillon n° CE 211.

Paratypes: échantillons n° CE 11 et TM 920.

TOXASTER aff. *SUBCAVATUS* (GAUTHIER) 1875

(fig. 130; pl. XIX, fig. 5 et 6)

1875. *Echinospatangus subcavatus*, COTTEAU, PÉRON et GAUTHIER (1873-1884, II, p. 69, fig. 54-58).
1931. *Toxaster subcavatus*, LAMBERT (1931-1932, I, p. 36).
1933. *Toxaster subcavatus*, LAMBERT (1933-1937, I, p. 72).
1958. *Toxaster subcavatus*, M. L. PETITOT (p. 136, tab. 11, fig. A).
1960. *Toxaster subcavatus*, A. DEVRIÈS (1960 a, p. 19, pl. 1, fig. 15-17).

Description

MATÉRIEL. — 6 Echinides relativement mal conservés, de 18 à 35 mm de long.

FORME. — Test cordiforme, presque arrondi, aussi large que long, rétréci et nettement tronqué à l'arrière. La plus grande largeur se situe aux 43/100 de la longueur. Surface supérieure peu élevée (H/L=0,57), arrondie à l'avant, coupée verticalement à

l'arrière. Le sommet se place approximativement au centre du test. Face inférieure presque plane. Plastron peu renflé. Péristome enfoncé. Pourtour arrondi. Sillon antérieur peu accusé à la face supérieure, aux bords très adoucis. L'échancrure du bord antérieur est profonde et la dépression très marquée à la face orale.

AMBULACRES. — Ambulacre impair court, étroit, composé dans l'individu le plus grand de 25 pores en chevrons; l'interne est oblong, l'externe un peu plus allongé (*fig.* 130 c).

Ambulacres pairs droits, déprimés, ouverts à leur extrémité et relativement courts. Les zones antérieures et postérieures de chaque ambulacre sont égales (*fig.* 130 b). Les pores internes sont un peu plus courts que les externes. On compte 30 zygopores dans les pétales antérieurs, 25 dans les pétales postérieurs.

APPAREIL APICAL. — Légèrement antérieur (aux 43/100 de la longueur) ethmophracte et compact, de structure très caractéristique (*fig.* 130 a): le corps madréporique, très étendu, occupe le centre de l'appareil apical. Il entre en contact avec toutes les plaques ocellaires.

PÉRIPROCTE. — Ovale, longitudinal.

Les caractères du péristome, du plastron et de l'ornementation ne sont pas visibles.

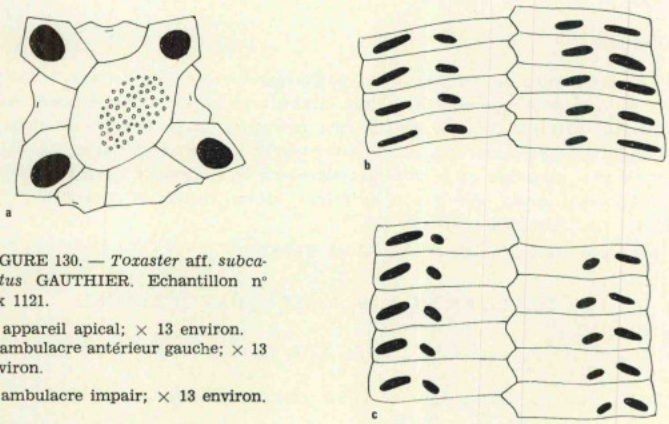


FIGURE 130. — *Toxaster* aff. *subcavatus* GAUTHIER. Echantillon n° Mx 1121.

a: appareil apical; × 13 environ.
b: ambulacre antérieur gauche; × 13 environ.
c: ambulacre impair; × 13 environ.

Attribution spécifique

Ces Echinides portugais montrent de grandes analogies avec *Toxaster subcavatus*. Citons, notamment, la forme, la position et la structure de l'apex, les ambulacres pairs droits et égaux. Quelques caractères sont, cependant, différents et interdisent une assimilation totale à *T. subcavatus:*

— le test aussi large que long;

— le sillon antérieur échancre assez profondément l'ambitus;

— les pores de l'ambulacre impair sont, dans une meme paire, un peu plus étroits et rapprochés que ceux ambulacres pairs;

— les ambulacres pairs sont déprimés. Certes, COTTEAU, PÉRON et GAUTHIER signalent [1873-1884, II, p. 70] que les ambulacres pairs de *Toxaster subcavatus* sont «logés dans une dépression légère». Mais ce trait n'apparaît pas dans la figuration et LAMBERT a décrit [1931-1932, I, p. 136] un exemplaire dont les pétales pairs sont à fleur de test;

— les ambulacres sont courts et s'arrêtent à grande distance de l'ambitus;

— les ambulacres paraissent plus pétaloïdes que dans le type de *Toxaster subcavatus*.

Rapports et différences

Toxaster aff. *subcavatus* diffère de *Toxaster casterasi* par la forme droite des pétales pairs, ainsi que par la structure de son appareil apical.

Répartition stratigraphique et gisements

Toxaster subcavatus est connu dans le Valanginien et l'Hauterivien d'Algérie et du Maroc.

Les Oursins portugais ont été découverts dans le Valanginien terminal du Cap Espichel, de Torre da Marinha, de Mexilhoeira et de Zambujeiro, ainsi que dans l'Hauterivien inférieur des falaises de Mexilhoeira.

DEGRÉ D'ÉVOLUTION ET PHYLOGÉNIE DES TOXASTER DU VALANGINIEN

Toxaster casterasi et *Toxaster* aff. *subcavatus* illustrent tous deux un même degré d'évolution caractérisé par des pores ambulacraires faiblement allongés à la face adorale, des ambulacres pairs égaux, des zones antérieures et postérieures identiques dans chaque pétale. On peut expliquer cette disposition par une tendance encore très faiblement affirmée des ambulacres pairs à la spécialisation respiratoire. *T. casterasi* et *T.* aff. *subcavatus* sont donc deux espèces relativement primitives.

Les deux Echinides se placeraient sur deux lignées différentes, ainsi que le montreraient la structure de l'apex et la disposition des ambulacres (Tabl. 23):

1° *Toxaster casterasi* présente, d'une part, un apex compact à génitale 2 limitée par l'ocellaire III et les diverses plaques génitales. Il manifeste, d'autre part, une légère tendance à l'hétéropodie — c'est-à-dire à l'inégalité des podias et donc des paires de pores ambulacraires — par différenciation des ambulacres pairs par rapport à l'ambulacre impair; ce dernier, à pores ronds ou oblongs, est pourvu de pieds ambulacraires non spécialisés, restés à l'écart de toute différenciation morphologique.

Cet Echinide se rapproche de *Pliotoxaster*, groupe qui s'épanouit à l'Aptien, par divers caractères, tels les pores en chevrons du pétale impair, l'absence de tubercules dans les zones interporifères et la dépression des ambulacres. *Toxaster casterasi* pourrait donc être un jalon primitif dans la lignée des *Pliotoxaster*. Ces derniers, à différenciation plus accusée des ambulacres pairs, sont cependant inconnus au Portugal.

2° *Toxaster* aff. *subcavatus* possède un sommet ambulacraire très particulier avec des ocellaires toutes jointives au corps madréporique. Par ailleurs, ses ambulacres tous égaux illustrent parfaitement l'homopodie. Ces divers traits incitent à placer cette espèce sur un rameau particulier du genre *Toxaster*.

Le *T. subcavatus* d'Afrique du Nord offre la même structure que *T.* aff. *subcavatus* du Portugal. On peut donc penser que ces deux Echinides ont une origine commune et matérialisent le même degré d'évolution. Leurs quelques caractères distinctifs sont liés à un développement dans deux bassins relativement indépendants l'un de l'autre.

Ni *Toxaster casterasi*, ni *Toxaster* aff. *subcavatus*, espèces déjà différenciées, ne peuvent être considérés comme formes-ancestrales des *Toxasteridae* au Portugal. Or, on ne connaît pas dans ce pays de représentants plus anciens et plus primitifs. Il faut donc supposer, soit que l'espèce-souche a vécu dans le bassin lusitanien mais qu'elle n'a pas été fossilisée ou découverte, soit que le groupe a pris naissance dans une autre région et que certains de ses représentants ont ultérieurement migré au Portugal. Cette dernière hypothèse me semble la plus plausible. En effet, le Berriasien d'Algérie renferme un *Toxasteridae* à structures très primitives, *Toxaster laffitei* DEVRIÈS qui aurait été relayé dans le Berriasien marocain par *Toxaster rochi* LAMBERT. De ce dernier Echinide divergeraient toutes les lignées de *Toxaster* connues en Afrique du Nord [LAMBERT, 1933-1937, I, p. 72; A. DEVRIÈS, 1960 a, p. 53]. Or, de nombreuses ressemblances peuvent être décelées entre les faunes de Spatangidés portugaises et africaines: *Toxaster* aff. *subcavatus* du Portugal et *T. subcavatus* d'Afrique du Nord en sont un exemple. D'autres seront décrits plus tard au cours de cet exposé. Il est donc tentant de penser que les *Toxasteridae* des deux domaines ont un ancêtre commun et de voir dans *Toxaster rochi* cette forme-souche.

TOXASTER DE L'HAUTERIVIEN

TOXASTER GRANOSUS (D'ORBIGNY) 1853

(fig. 131 à 133; pl. XIX, fig. 1 et 2)

1853. *Echinospatagus granosus*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 153, pl. 839).
1857. *Toxaster granosus*, DESOR (1855-1858, p. 352).
1873. *Echinospatagus granosus*, DE LORIOL (p. 341, pl. 28, fig. 6-8).
1895. *Toxaster granosus*, LAMBERT *in* KILIAN (p. 973).
1902. *Toxaster kiliani*, SAVIN (1902 b, p. 4, pl. 1, fig. 19-20 et pl. 2, fig. 1-6, *pars.*).
1920. *Toxaster granosus*, LAMBERT (1920 b, p. 9).
1931. *Toxaster granosus*, LAMBERT (1931-1932, p. 35).
1960. *Toxaster granosus*, A. DEVRIÈS (1960 a, p. 17, pl. 2, fig. 11-16 et pl. 3, fig. 9-16).

Description

MATÉRIEL. — J'ai recueilli une trentaine d'exemplaires de 17 à 47 mm de long. La longueur moyenne est d'environ 30 mm.

Prise dans son acceptation la plus large (et groupant les variétés *kiliani* LAMBERT et *holasteroïdes* LAMBERT) cette espèce est caractérisée par son contour cordiforme, tronqué à l'arrière; par sa face supérieure régulièrement convexe; par son sillon antérieur peu profond, orné de deux rangées de tubercules; par ses ambulacres pairs à fleur de test, larges, peu arqués; par ses zones porifères à pores allongés; par son sommet ambulacraire presque central; par son péristome nettement excentrique vers l'avant.

Les représentants portugais répondent bien à cette description.

FORME. — Test presque aussi large que long, élargi au 1/3 antérieur, fortement rétréci et tronqué à l'arrière; les bords latéraux sont rectilignes. Face supérieure renflée (H/L=0,60), coupée à 80° environ au bord postérieur; le sommet du test se place en arrière de l'appareil apical. Portour arrondi. Sillon antérieur large et peu profond, plus atténué que dans le *Toxaster granosus* typique.

AMBULACRES. — Pétale impair à pores allongés en chevrons, faiblement inégaux et très rapprochés dans une même paire (*fig.* 131 b). On compte 28 zygopores par zone sur un exemplaire de 30 cm de long.

Ambulacres pairs peu arqués. Les zones antérieures sont plus étroites que les postérieures et, dans chaque zone, le pore interne est plus court que l'externe (*fig.* 132 b). Les ambulacres antérieurs possèdent 38 zygopores chez un individu de taille moyenne et les postérieurs 28 zygopores.

APPAREIL APICAL. — Compact ou très légèrement allongé (*fig.* 133 c). L'ocellaire IV est inserte sur les formes adultes.

PÉRISTOME. — Nettement antérieur (aux 30/100 de la longueur).

ORNEMENTATION. — Les tubercules du sillon antérieur sont peu développés. Ils n'apparaissent que rarement en raison du mauvais état de conservation de nombreux échantillons.

Ces différents caractères permettent de rapprocher les Echinides portugais de *Toxaster granosus* var. *kiliani*, forme plus fréquente que l'espèce sensu-stricto en France et en Afrique du Nord.

Variations

1° *Variations liées à la croissance.*

Elles affectent principalement l'appareil apical et les zones ambulacraires. Ainsi, les individus les plus jeunes possèdent un apex allongé à ocellaire IV exserte et madréporite très étroit (*fig.* 133 a et 133 b). Au fur et à mesure du développement de l'Echinide le corps madréporique s'étend vers le centre puis vers le côté gauche de l'apex. Il entre alors en contact avec l'ocellaire IV tandis que l'appareil apical prend une forme plus compacte (*fig.* 133 c.) On voit donc que l'existence d'une ocellaire IV exserte n'est pas toujours la preuve d'un apex évolué: cette plaque peut être disposée ainsi, non parce que l'appareil apical est large, composé de génitales 3 et 4 très étendues, mais, parfois, parce que la génitale 2 est peu développée; c'est ce qui se réalise sur les formes jeunes de *Toxaster granosus*.

On peut noter aussi le déplacement vers l'arrière de l'apex avec l'âge: le sommet ambulacraire est légèrement antérieur chez les jeunes. Il devient subcentral chez l'adulte.

Les ambulacres pairs des formes jeunes sont pourvus de pores courts ou oblongs (*fig.* 132 a). Les zones antérieures sont déjà un peu plus étroites que les postérieures et identiques aux zones de l'ambulacre impair (*fig.* 131 a). Les pores internes et externes sont subégaux dans tous les pétales. L'allongement des pores avec l'âge sera identique dans les différentes zones et dans les divers ambulacres de sorte que, sur l'adulte, les zones antérieures et postérieures restent légèrement dissemblables et l'ambulacre impair identique aux zones antérieures des ambulacres pairs. Par ailleurs, la croissance est légèrement plus forte pour les pores externes que pour les pores internes.

2° *Variations individuelles.*

Elles sont minimes. Il s'agit, principalement, de variations morphologiques: la face supérieure est plus ou moins élevée; l'apex est, soit central, soit très légèrement antérieur, soit très faiblement postérieur; la largeur est proportionnellement plus ou moins grande. Aucun de ces Echinides ne se rapproche cependant de *Toxaster granosus* s. s. ou de la variété *holasteroïdes*.

Rapports et différences

Toxaster granosus se distingue de *Toxaster retusus* LAMARCK par son apex subcentral, son sillon antérieur peu profond, sa face supérieure régulièrement convexe et par la présence de tubercules à l'ambulacre impair.

Toxaster lorioli LAMBERT est dépourvu de tubercules à l'ambulacre impair; sa face supérieure est plus haute; ses ambulacres postérieurs sont plus flexueux; sa troncature postérieure est moins nette.

Répartition stratigraphique et gisements

Toxaster granosus est généralement considéré, avec ses différentes variétés, comme une espèce typique du Valanginien et de l'Hauterivien en France, en Suisse et en Afrique du Nord. A. DEVRIÈS (1960 a, p. 23) l'a toutefois cité dans le Barrémien, associé à *Heteraster oblongus* (BRONGNIART).

T. granosus abonde au Portugal dans l'Hauterivien inférieur, notamment dans le niveau des «marnes à *Toxaster*». C'est ainsi qu'on le trouve dans les falaises de Mexilhoeira, à Aldeia de Juzo, Birre, Boa Vista, Linhó, Alcabideche, Pisão et Sabugo.

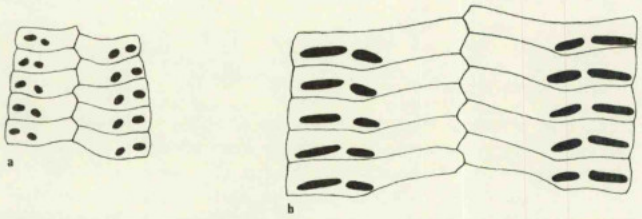


FIGURE 131. — *Toxaster granosus* D'ORBIGNY. Stades du développement de l'ambulacre impair; × 13 environ.
a: forme jeune. Echantillon n° Li 173.
b: forme adulte. Echantillon n° AJ 177.

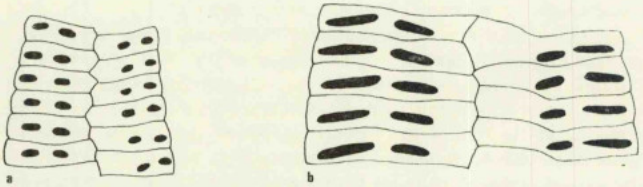


FIGURE 132. — *Toxaster granosus* D'ORBIGNY. Stades du développement de l'amlacre antérieur droit; × 13 environ.
a: forme jeune. Echantillon n° Li 173.
b: forme adulte. Echantillon n° AJ 177.

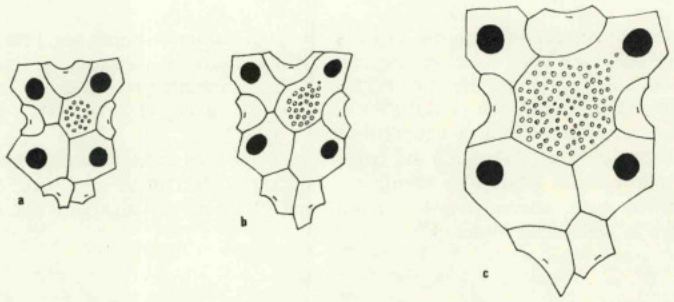


FIGURE 133. — *Toxaster granosus* D'ORBIGNY. Stades du développement de l'appareil apical; × 13 environ.
a: forme jeune de 17,2 mm de long. Echantillon n° Li 173.
b: forme jeune de 23,5 mm de long. Echantillon n° BV 176.
c: forme adulte de 32,5 mm de long. Echantillon n° AJ 177.

TOXASTER RETUSUS (LAMARCK) 1816

(pl. XIX, fig. 3 et 4)

1816. *Spatangus retusus*, LAMARCK (III, p. 33).
1857. *Toxaster complanatus*, DESOR (1855-1858, p. 351, pl. 40, fig. 2 a).
1861. *Echinospatagus cordiformis*, COTTEAU (1849 1878, II, p. 117, pl. 61, fig. 1-6).
1873. *Echinospatagus cordiformis*, DE LORIOL (p. 343, pl. 29, fig. 1-7).
1887. *Echinospatagus cordiformis*, MALLADA (p. 152, pl. 55, fig. 1-6).
1931. *Toxaster retusus*, LAMBERT (1931-1932, I, p. 36, pl. 12, fig. 11, 12 et 18).
1934. *Toxaster retusus*, G. DENIZOT (p. 141, pl. 5, fig. 2).
1960. *Toxaster retusus*, A. DEVRIÈS (1960 a, p. 19, pl. 4, fig. 3-9).

Description

Les principaux caractères de cette espèce sont: le pourtour cordiforme, subtronqué à l'arrière; le sillon impair profond, échancrant fortement l'ambitus; les pétales pairs flexueux, à zones antérieures et postérieures légèrement inégales, composés de pores transverses très rapprochés dans une même paire et séparés seulement par un granule; l'ambulacre impair droit à pores assez courts en chevrons; l'appareil apical excentrique vers l'arrière, compact ou très légèrement allongé, à ocellaire IV exserte.

Les exemplaires portugais ne présentent aucune particularité notable. Ils sont peu nombreux, souvent assez mal conservés, soumis à des variations individuelles concernant la forme du test, la position plus ou moins postérieure du sommet ambulacraire, la longueur relative des pores ambulacraires et l'allure plus ou moins flexueuse des ambulacres pairs. Ces diverses modifications ont déjà été signalées dans le cadre de l'espèce et l'on ne peut distinguer une variété portugaise différente des formes précédemment décrites en d'autres contrées.

Répartition stratigraphique et gisements

Toxaster retusus est une des espèces les plus caractéristiques de l'Hauterivien mésogéen: elle a été citée dans cet étage en Crimée, dans le Caucase, en Suisse, en France, en Espagne et en Afrique du Nord. Elle monterait probablement jusqu'à la base du Barrémien au Maroc [LAMBERT, 1933-1937, II, p. 80] et A. DEVRIÈS a signalé sa présence dans le Barrémien d'Algérie [1960 a, p. 25].

Au Portugal, cette espèce a été trouvée, associée à *Toxaster granosus*, dans l'Hauterivien inférieur des falaises de Mexilhoeira, du signal de Calhau do Corvo, de Birre et d'Aldeia de Juzo. Elle se rencontre aussi dans l'Hauterivien supérieur à Calhau do Corvo et à la Quinta do Pisão.

TOXASTER EXILIS DE LORIOL 1888

(fig. 134 à 141; pl. XIX, fig. 7 à 16)

1888. *Miotoxaster exilis*, DE LORIOL (1887-1888, p. 97-98, pl. 18, fig. 1-3).
1960. *Toxaster exilis*, A. DEVRIÈS (1960 a, p. 79).

Description

MATÉRIEL. — DE LORIOL avait créé *Toxaster exilis* à partir d'un petit nombre d'individus, pour la plupart mal conservés. La définition de l'espèce était donc stricte car l'importance des variations intraspécifiques n'avait put être appréciée. Des éléments nouveaux peuvent être apportés ici car j'ai pu recueillir plus de 60 individus. Une cinquantaine proviennent du gisement de Praia dos Coxos, près de Ribamar.

DIMENSIONS. — Petite taille. La longueur est comprise entre 7 et 19 mm, la valeur moyenne étant de 12,7 mm (*fig.* 134).

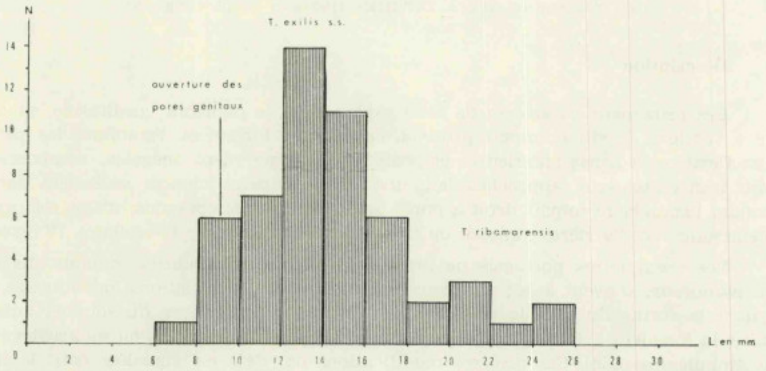


FIGURE 134. — *Toxaster exilis* DE LORIOL et var. *ribamarensis* (DE LORIOL). Histogramme de répartition des individus en fonction de la taille. Echantillons de Praia dos Coxos.

FORME. — Test cordiforme, élargi à l'avant, rétréci et tronqué à l'arrière. La plus grande largeur, très légèrement inférieure à la longueur, se place au 1/3 antérieur. Sillon antérieur large, peu profond, aux bords adoucis, échancrant nettement l'ambitus. Face supérieure peu élevée (H est faiblement supérieur à L/2), régulièrement convexe à l'avant et plane au centre. Troncature postérieure oblique se raccordant avec la facé supérieure suivant une courbe ou un angle très ouvert. La forme renflée décrite par DE LORIOL [1887-1888, p. 97, pl. 18, fig. 2 c] constitue une exception. Le sommet du test se place en arrière de l'appareil apical. Face inférieure faiblement convexe, à sillon antérieur apparent mais peu profond. Plastron légèrement renflé. Pourtour très arrondi.

AMBULACRES. — Pétale impair à pores punctiformes ou oblongs, en chevrons, espacés dans une même rangée et séparés dans chaque paire par un granule. Les deux zones porifères sont très écartées et situées sur les flancs du sillon. Les individus de taille moyenne ont 13 à 16 zygopores par zone.

Ambulacres antérieurs pairs rapprochés de l'ambulacre impair, non déprimés, peu ou pas flexueux. La zone antérieure, presque droite, et la zone postérieure, plus arquée, sont progressivement et régulièrement divergentes à partir de l'apex. Les ambulacres sont plus ou moins longs et percés de petits pores punctiformes, oblongs ou faiblement allongés. Les pores d'une même paire sont très rapprochés et séparés par un granule. Il y a 18 à 25 zygopores dans les Echinides de 13 mm de long. Les zones antérieures sont plus étroites que les postérieures au stade adulte.

Ambulacres postérieurs à fleur de test, assez rapprochés l'un de l'autre. Les zones porifères sont divergentes et droites ou faiblement arquées. Elles ne sont jamais flexueuses. Les pores sont identiques à ceux des ambulacres antérieurs. On compte 10 à 12 paires chez les individus de taille moyenne.

APPAREIL APICAL. — Subcentral, compact ou légèrement allongé. La plaque génitale 2 est peu étendue. Les pores génitaux s'ouvrent lorsque l'Echinide atteint 9 mm de long.

PÉRIPROCTE. — Ovale, longitudinal, généralement plus proche de la face supérieure que de la face inférieure.

PÉRISTOME. — Subpentagonal, excentrique vers l'avant, placé au 1/5 de l'animal.

ORNEMENTATION. — Les tubercules sont fins, dispersés, accompagnés de granules inégaux à la face supérieure. Ils ornent les espaces interporifères des ambulacres pairs et s'alignent sur deux rangs dans la partie distale du sillon antérieur. Ils deviennent abondants et serrés à l'ambitus. A la face inférieure, ils sont forts, clairsemés, entourés de larges scrobicules et garnissent essentiellement les interambulacres.

RADIOLES. — Les radioles se voient encore, au contact des tubercules, sur un individu (pl. XIX, *fig.* 16). La tige est fine, grêle et cannelée, l'anneau saillant et strié, le bouton assez développé; la facette articulaire est crénelée. Il n'y a pas de collerette.

Variations

1° *Forme.*

Toxaster exilis est très constant dans sa forme. Tout au plus peut-on noter que la face supérieure est plus ou moins élevée (*fig.* 137) et que la troncature est plus ou moins oblique.

2° *Appareil apical.*

Compact ou très légèrement allongé, il possède une ocellaire IV soit exserte *(fig.* 135), soit en contact en un point avec la génitale 2, soit nettement encastrée. Toutes ces structures sont aussi bien réalisées chez le jeune que chez les adultes. La disposition de l'ocellaire IV n'est donc pas liée, dans cette espèce, à la croissance.

On peut remarquer aussi que l'appareil apical est central ou antérieur dans la majorité des individus. Quelques exemplaires possèdent toutefois un apex postérieur. Cette position de l'apex est indépendant de la taille de l'Echinide *(fig.* 139).

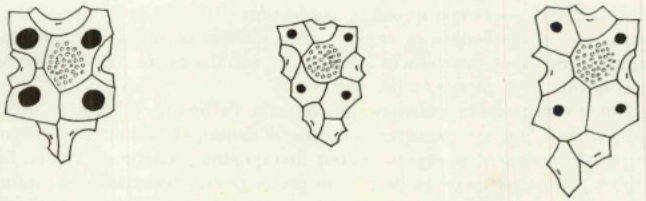


FIGURE 135. — *Toxaster exilis* DE LORIOL. Structures de l'appareil apical; × 13 environ.

3° *Forme des ambulacres.*

Les exemplaires les plus jeunes ont des ambulacres pairs courts et droits. Lors du développement les pétales s'arquent, deviennent proportionnellement plus longs et se rapprochent de l'ambitus. On observe même sur plusieurs échantillons d'assez grande taille des ambulacres antérieurs pairs flexueux.

4° *Forme et agencement des pores ambulacraires.*

Les variations individuelles sont remarquables. Elles obéissent à deux règles essentielles:

— *d'une manière générale, les pores s'allongent au cours de la croissance.* Un tel phénomène affecte les 5 ambulacres. Les pores sont punctiformes au stade le plus jeune. Ils deviennent par la suite oblongs puis, pour certains d'entre eux, allongés. La spécialisation de podias déterminés à la fonction respiratoire se précise donc au fur et à mesure de l'avancement en âge de l'Echinide;

— *l'allongement des divers pores est inégal.* On assiste donc à une différenciation des pores ou hétéropodie. Elle se manifeste surtout dans les ambulacres antérieurs pairs. Certes, les individus les plus jeunes, de longueur inférieure à 10,2 mm, possèdent des zones porifères égales à pores tous punctiformes (*fig.* 136). Ce type initial (que nous désignerons sous le nom de *type* A) se maintient sur quelques individus de moins de 14 mm de long. Mais la plupart des formes présentent très tôt un allongement différentiel des pores donnant naissance à 3 types de structure des ambulacres:

- *type B.* Le pore externe de la zone postérieure est oblong. Tous les autres sont punctiformes. Un allongement généralisé s'amorce au-dessus de 14 mm mais les dimensions relatives des divers pores sont conservées: le pore externe de la zone postérieure est allongé; les autres pores sont oblongs;

- *type C.* Les deux pores de la zone postérieure sont égaux, oblongs jusqu'à 15 mm, allongés sur les exemplaires plus grands. Les deux pores de la zone antérieure sont punctiformes puis oblongs;
- *type D.* Seul, le pore postérieur de la zone antérieure s'accroît plus faiblement.

On pourrait certes penser que ces différents types correspondent à des stades successifs dans le développement d'un même ambulacre, chaque étape se matérialisant

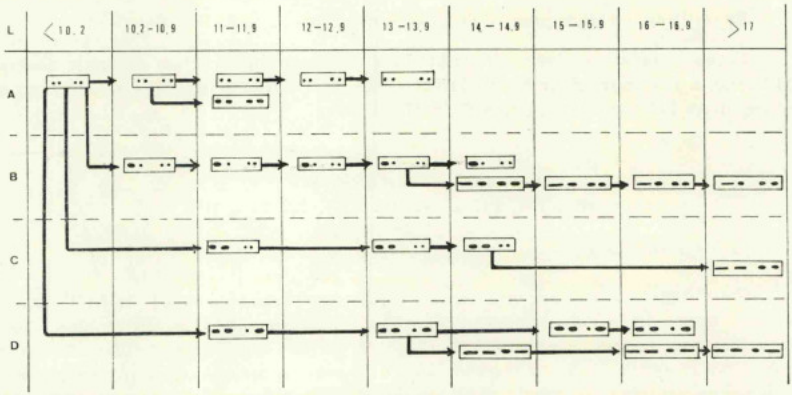


FIGURE 136. — *Toxaster exilis* DE LORIOL. Evolution des pores des ambulacres antérieurs au cours de la croissance.

par l'allongement des pores d'une seule rangée: ainsi, le type B serait issu du type A par allongement du pore externe de la zone postérieure. Il lui succèderait, avec développement du pore interne de la zone postérieure, un type C, puis un type D marqué par l'accroissement du pore externe de la zone antérieure. L'allongement des ambulacres se ferait donc par saccades. Une telle interprétation est douteuse car l'on voit les différents modèles de disposition des pores se réaliser très tôt, presque simultanément, pour se maintenir tous tout au long de la croissance avec des allongements synchrones et non successifs d'une lignée à l'autre. Les formes les plus grandes et les plus âgées montrent les divers types déterminés à l'origine. J'estime donc que *Toxaster exilis* possède 4 modes de développement des ambulacres, les 4 voies étant précocement individualisées. Il est certain toutefois que le type A regroupe, non seulement le rameau des ambulacres à pores tous égaux mais aussi les autres rameaux à pores différenciés, la spécialisation étant ancore latente en raison du jeune âge de l'Echinide. Tous ces modèles aboutissent à des zones antérieures plus étroites que les postérieures, donc à une hétéropodie marquée.

Les ambulacres postérieurs suivent une évolution identique.

L'ambulacre impair est semblable aux zones antérieures des ambulacres antérieurs pairs. L'allongement des pores est donc faible dans la majorité des individus. Les pores internes et externes sont généralement égaux. On observe toutefois des pores externes un peu plus longs chez les exemplaires pourvus d'un pétale pair de type D.

Ces variations dans la structure des différents ambulacres sont indépendantes des fluctuations de la forme générale ainsi que de la structure et de la position de l'apex. Elles doivent donc être interprétées comme des modifications strictement individuelles et ne peuvent donner lieu à l'édification d'espèces et variétés séparées.

Rapports et différences

Comme l'a noté DE LORIOL, *Toxaster ricordeaui* (COTTEAU) est l'Echinide le plus proche de *Toxaster exilis*. Cette dernière espèce se reconnaît à sa face supérieure bien moins renflée, à son contour moins rétréci à l'arrière et à ses ambulacres antérieurs pairs moins flexueux.

Répartition stratigraphique et gisements

Toxaster exilis est très abondant dans l'Hauterivien supérieur de l'anse de Praia dos Coxos, à Ribamar, et de Santo Izidoro.Quelques représentants très douteux ont été trouvés dans l'Hauterivien inférieur de Mexilhoeira.

TOXASTER EXILIS var. *RIBAMARENSIS* DE LORIOL 1905
(fig. 134, 137 à 142; pl. XIX, fig. 17 à 19)

1905. *Toxaster ribamarensis*, DE LORIOL. (p. 22, pl. 3, fig. 47).

Cet Echinide, considéré comme une espèce indépendante par DE LORIOL, accompagne *Toxaster exilis* dans ses principaux gisements hauteriviens [Praia dos Coxos, Santo Izidoro]. Si l'on se reporte à la diagnose, on voit que *Toxaster ribamarensis* diffèrerait de *T. exilis* par «son sommet ambulacraire excentrique en avant, par les zones porifères de l'ambulacre impair dans lesquelles les pores sont exactement semblables à ceux des *Toxaster* les plus normaux au lieu d'avoir les pores internes presque ronds, enfin par les zones porifères antérieures des ambulacres pairs notablement plus larges». Ces deux espèces semblent donc bien distinctes. Rien n'est cependant plus délicat que de les séparer. Elles furent même confondues par leur créateur: ainsi, l'un des types de *T. ribamarensis* [1905, pl. 3, fig. 7] est absolument identique à un des types de *T. exilis* [1887-1888, pl. 18, fig. 3]. De plus, l'analyse des exemplaires de la Collection des Services Géologiques du Portugal montre que DE LORIOL a rapporté des individus apparemment semblables aux deux espèces différentes. Il semble donc que DE LORIOL n'ait pas utilisé, pour séparer *T. ribamarensis* de *T. exilis*, les critères distinctifs qu'il avait lui-même établis. Un nouvel examen et une comparaison détaillée de tous les représentants connus de *T. exilis* et *T. ribamarensis* apparaît donc comme nécessaire.

TAILLE. — L'histogramme de répartition des individus de Praia dos Coxos en fonction de la longueur du test (*fig.* 134) indique qu'il y aurait effectivement mélange de deux populations gaussiennes. L'une grouperait 78,79% des individus; sa longueur moyenne serait de 12,69 mm. L'autre, correspondant à 21,21% des individus, aurait une longueur moyenne de 20,69 mm (*). Si l'on s'en réfère à la majorité des types des espèces, on pourrait désigner les grands Echinides sous le nom de *Toxaster ribamarensis* et les petits sous le nom de *Toxaster exilis*. Il convient maintenant de préciser si ces deux populations correspondent à deux espèces ou à deux variétés différentes. L'analyse des divers caractères qualitatifs et quantitatifs doit apporter la solution recherchée.

(*) Je remercie très vivement M. BONNET, Maître-Assistant à l'Université Paul Sabatier de Toulouse, qui a bien voulu effectuer les divers calculs concernant cette séparation de formes et m'aider dans l'interprétation des résultats obtenus.

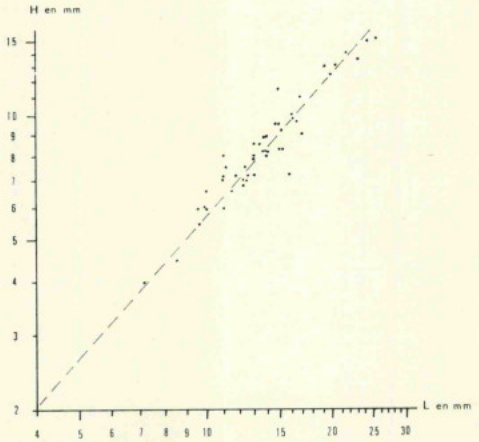


FIGURE 137. — *Toxaster exilis* DE LORIOL et var. *ribamarensis* (DE LORIOL). Rapport entre la longueur et la hauteur (coordonnées logarithmiques).

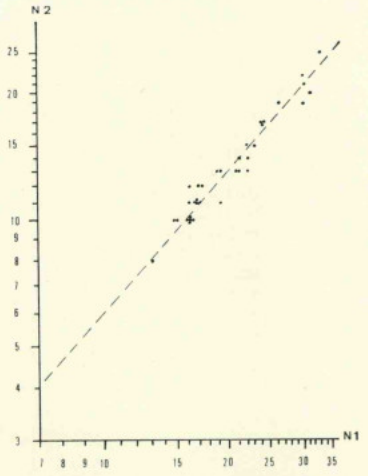


FIGURE 138. — *Toxaster exilis* DE LORIOL et var. *ribamarensis* (DE LORIOL). Rapport du nombre des zygopores entre les ambulacres antérieurs pairs (NI) et les ambulacres postérieurs pairs (N2) (coordonnées logarithmiques).

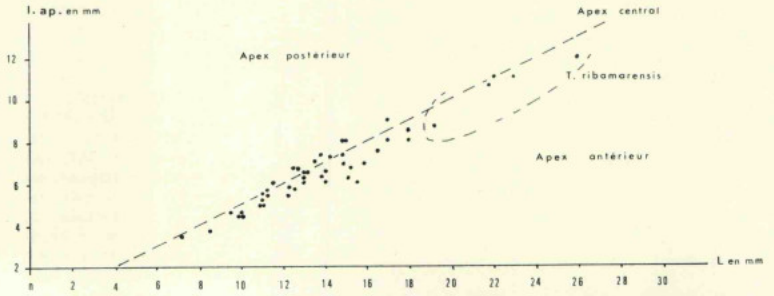


FIGURE 139. — *Toxaster exilis* DE LORIOL et var. *ribamarensis* (DE LORIOL). Position de l'apex par rapport au bord antérieur (L: longueur; I ap: distance de l'apex au bord antérieur) (coordonnés arithmétiques).

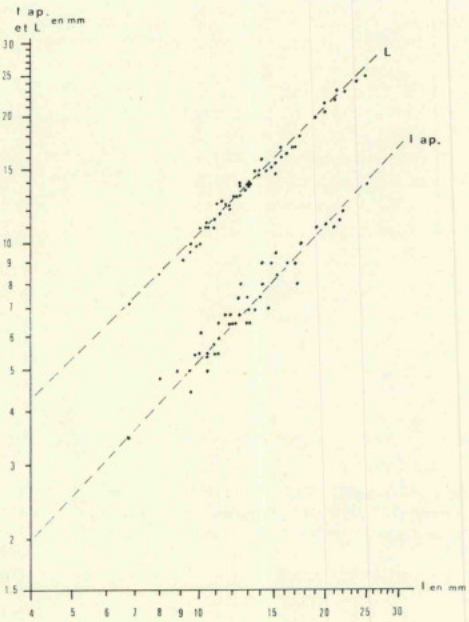


FIGURE 140. — *Toxaster exilis* DE LORIOL et var. *ribamarensis* (DE LORIOL). Rapport entre la longueur (L), la largeur (I) et la distance du sommet apical au bord postérieur (I ap) (coordonnées logarithmiques).

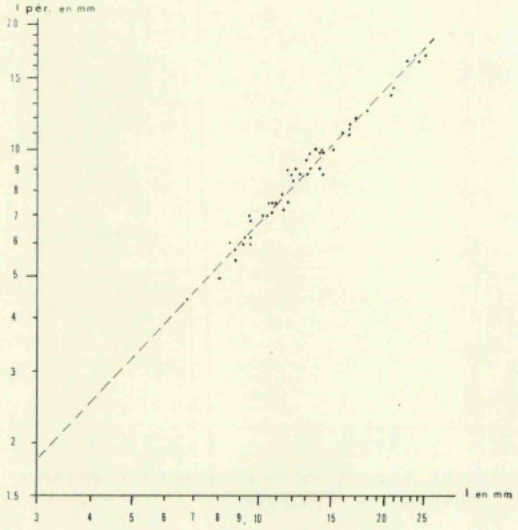


FIGURE 141. — *Toxaster exilis* DE LORIOL et var. *ribamarensis* (LE LORIOL). Rapport entre la largeur (I) et la distance du péristome au bords postérieur (I pér) (coordonnées logarithmiques).

FORME. — Les rapports longueur/largeur (*fig.* 140) et longueur/hauteur (*fig.* 137) sont constants. Aucune différence n'apparaît entre les petits individus et les grands. De même, le contour, le pourtour, le profil de la face supérieure et la forme de la face inférieure sont semblables.

POSITION DE L'APPAREIL APICAL. — *Toxaster ribamarensis* possède un apex soit central, soit légèrement antérieur. On n'observe aucune forme à apex postérieur, contrairement à *T. exilis*, mais le nombre d'individus est bien moindre et il n'existe aucune discontinuité entre les deux groupes (*fig.* 139 et 140). De plus, le déplacement de l'apex au cours de la croissance est fréquent chez les Spatangidés.

STRUCTURE DE L'APPAREIL APICAL. — *Toxaster ribamarensis*, comme *T. exilis*, présente un apex compact ou très légèrement allongé, avec une ocellaire IV exserte, inserte ou en contact en un point avec le madréporite (*fig.* 142). Ces diverses structures sont indépendantes de tous les autres caractères et de la taille du test.

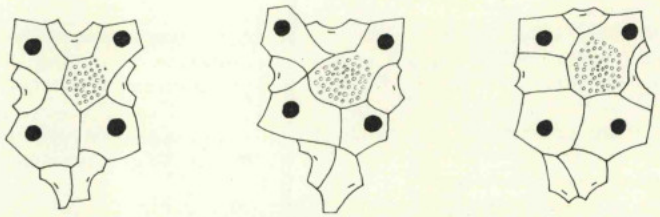


FIGURE 142. — *Toxaster exilis* var. *ribamarensis* (DE LORIOL). Structures de l'appareil apical; × 13 environ.

PÉRISTOME. — Le rapport de la largeur à la distance séparant le péristome du bord postérieur est constant, quelle que soit la taille (*fig.* 141). Le péristome est subpentagonal dans les deux populations.

PÉRIPROCTE. — *Toxaster ribamarensis* ne diffère en rien sur ce point de *T. exilis:* le périprocte est ovale, longitudinal, plus ou moins proche du bord postérieur.

ORNEMENTATION. — Elle est semblable pour les deux Echinides avec, notamment, des tubercules petits et épars qui, à la face supérieure, garnissent les espaces interporifères des ambulacres pairs et la partie distale du sillon antérieur.

FORME DES AMBULACRES. — Les ambulacres antérieurs pairs de *Toxaster ribamarensis* sont allongés, légèrement flexueux et proches du sillon impair. Ceux de *T. exilis* sont droits chez les plus petits, légèrement flexueux chez les grandes individus. Il y a donc passage progressif de *T. exilis* à *ribamarensis*. Les ambulacres postérieurs, droits ou faiblement arqués, rapprochés l'un de l'autre, sont identiques dans les deux formes.

NOMBRE DES ZYGOPORES AUX AMBULACRES. — Le rapport du nombre des zygopores aux ambulacres antérieurs pairs et postérieurs pairs est constant, quelle que soit la taille (*fig.* 138). On peut toutefois remarquer que la relation qui lie ces deux variables n'est pas représentée par une droite mais par plusieurs tronçons successifs traduisant un développement par saccades des paires de pores; les zygopores semblent apparaître alternativement aux ambulacres antérieurs et aux ambulacres postérieurs.

FORME ET DISPOSITION DES PORES AMBULACRAIRES. — On peut considérer que *Toxaster ribamarensis* procède de *T. exilis* pour la forme et la disposition des pores ambulacraires:

— l'ambulacre impair de *T. ribamarensis* est constitué de pores oblongs ou faiblement allongés, soit égaux, soit légèrement inégaux avec un pore externe un peu plus long. Le passage est progressif avec l'ambulacre impair à pores punctiformes puis oblongs de *T. exilis;*

— les ambulacres pairs de *T. ribamarensis* présentent, à dimensions égales, trois structures différentes: ambulacres à pores externes de la zone postérieure allongés, tous les autres étant oblongs (type B défini por *T. exilis*); zone postérieure à pores allongés et zone antérieure à pores oblongs (type C); zone antérieure à pores internes oblongs, tous les autres pores étant allongés (type D). Par conséquent, tous les modes d'organisation connus dans *T. exilis* se retrouvent dans *T. ribamarensis.* Les seules différences concernent la longueur des pores. Une filiation directe entre les ambulacres des deux *Toxaster* semble donc probable.

En résumé:

— certains caractères sont constants et identiques dans les deux Echinides: forme générale, ornementation, forme et position du péristome, forme des ambulacres postérieurs, rapport du nombre des zygopores aux ambulacres antérieurs pairs et postérieurs;

— certains caractères fluctuent indépendamment de la taille et de la même manière chez *Toxaster exilis* et *T. ribamarensis:* position du périprocte, structure de l'apex, profil, structure des pétales pairs;

—les seuls caractères permettant de distinguer *Toxaster ribamarensis* de *T. exilis* sont ceux que nous avons vu varier en fonction de la taille dans le cadre limité de l'espèce *T. exilis* s.s. Ce sont des caractères généralement soumis à des allométries de croissance chez les Spatangidés: forme des ambulacres antérieurs pairs, longueur des pores aux pétales pairs, position du sommet ambulacraire. Tous les stades intermédiaires existent entre les deux Echinides et tous les types d'organisation réalisés au stade adulte dans *T. exilis* se retrouvent et s'accusent dans *T. ribamarensis.*

Il me paraît donc préférable de considérer *Toxaster ribamarensis,* non comme une espèce indépendante, mais comme une variété géante de *Toxaster exilis.*

DEGRÉ D'ÉVOLUTION ET PHYLOGÉNIE DES TOXASTER DE L'HAUTERIVIEN

Les assises hauteriviennes du Portugal renferment trois *Toxasteridae:*

— *Toxaster granosus,* confiné à l'Hauterivien inférieur;

— *Toxaster retusus,* connu dans l'Hauterivien inférieur et supérieur;

— *Toxaster exilis* et sa variété *ribamarensis,* de l'Hauterivien supérieur.

Tous trois correspondent à trois degrés d'evolution différents:

1° *Toxaster granosus* offre un allongement généralisé et important des pores de tous les ambulacres, pairs et impairs, traduisant une spécialisation respiratoire affirmée des pieds ambulacraires. *T. granosus* paraît, en cela, plus évolué que les *Toxasteridae* du Valanginien. Il n'y a cependant pas de dévoloppement différentiel des pétales ambulacraires. Tout au plus peut-on noter que les zones postérieures sont un peu plus larges que les antérieures. *T. granosus* appartient donc à stade à pores subégaux, ou stade d'homopodie. L'appareil apical est compact ou très faiblement allongé, même si

l'ocellaire IV est inserte. Par conséquent, les représentants portugais de l'espèce sont moins primitifs, quant à la structure de l'apex, que les variété africaines (*T. granosus* var. *holasteroides* et *kiliani*) à apex très allongé [A. DEVRIÈS, 1960 a, pl. 2, fig. 12 et 16].

La structure des ambulacres et de l'appareil apical permet de penser que *T. granosus* se place sur une autre lignée évolutive que *Toxaster casterasi* et *Toxaster* aff. *subcavatus*. Selon A. DEVRIÈS [1960 a, tabl. 4], *T. granosus* serait issu de *Toxaster rochi*.

2° *Toxaster retusus* diffère de *T. granosus*, du point de vue du degré d'evolution, par la structure de l'apex: ce dernier est en effet moins primitif chez *T. retusus;* tous les individus ont un apex à ocellaire IV exserte alors que la génitale 2 est relativement étendue. On peut remarquer, par ailleurs, que la structure des ambulacres est la même dans *T. granosus* et *T. retusus:* tous les pores de *T. retusus* s'allongent et s'adaptent à la fonction respiratoire; ce développement est toutefois plus faible à l'ambulacre impair et aux zones antérieures des pétales pairs qu'aux zones postérieures. Par ailleurs, les pores internes sont un peu plus courts que les externes. Remarquons enfin que les pétales pairs de *T. retusus* sont plus flexueux que ceux de *T. granosus* et possèdent ainsi sur une même surface aborale un plus grande nombre de podias branchiaux; ce serait là une manifestation de l'évolution plus poussée de *T. retusus*.

T. granosus et *T. retusus* se placeraient sur le même axe évolutif. Cette hypothèse fut déjà avancée par LAMBERT [1933-1937, I, p. 72] et A. DEVRIÈS [1960 a, p. 54, tabl. 4]. Pour ces auteurs, *T. retusus* serait issu de *T. granosus* var. *kiliani*. Je pense que le *T. retusus* du Portugal a la même origine. Autrement dit, la forme portugaise de *T. granosus* ne serait pas l'ancêtre de *T. retusus* mais ces deux Echinides — illustrant deux degrés d'évolution légérement différents et pouvant coexister — auraient pour souche commune une variété primitive de *T. granosus* inconnue au Portugal, peut-être la variété *kiliani* d'Afrique du Nord.

3° *Toxaster exilis* voit apparaître une tendance évolutive qui se réalisera pleinement au Barrémien et à l'Aptien, à savoir:

— une adaptation à la fonction respiratoire des podias des pétales postérieurs et des zones postérieures des pétales antérieurs pairs; elle se traduit par un allongement des pores;

— un maintien de la fonction primitive, sensorielle et tactile, des podias du pétale impair et des zones antérieurs des ambulacres antérieurs pairs; les pores ambulacraires restent ronds ou très peu allongés.

On aboutit donc à une inégalité des ambulacres pairs par rapport à l'impair et des zones antérieures par rapport aux postérieures, c'est-à-dire à une hétéropodie. Cette différenciation est très peu perceptible chez les Spatangidés de l'Hauterivien inférieur, *Toxaster granosus* et *T. retusus*. Elle est mieux marquée et diversement réalisée chez *Toxaster exilis:* plusieurs voies d'organisation des ambulacres aboutissant toutes à l'hétéropodie s'ouvrent dans la même espèce; aucune ne prédomine sur les autres. On peut voir dans certaines de ces voies l'amorce des dispositions d'ambulacres pairs affirmées et stabilisées ultérieurement, aussi bien dans les *Toxaster* du Barrémien et de l'Aptien (*T. ricordeaui* et *T. collegnoi*, à ambulacres de type C) que dans les *Heteraster* (ambulacres de type B et C).

Les pores de l'ambulacre impair ne s'allongent guère chez *T. exilis*. Ils ont gardé la structure primitive. Ils restent donc disponibles pour toute poussée évolutive, soit par

allongement différentiel des pores aboutissant aux *Heteraster*, soit par maintien des pores ronds ou peu allongés donnant les *Pliotoxaster* et *Miotoxaster*.

Toxaster exilis se situe probablement sur le même rameau évolutif que *T. granosus*. En effet, il est proche de *T. granosus* par sa variété *ribamarensis*. Les formes du test et des pétales sont voisines. Certains *T. exilis* ont encore conservé un appareil apical primitif identique à celui de *T. granosus* (il suffit de comparer les figures 133, représentant l'apex de *T. granosus*, et 135, montrant le sommet ambulacraire de *T. exilis*, pour s'en convaincre). La seule différence importante concerne la disposition des pores ambulacraires: les zones porifères sont subégales chez *T. granosus*, nettement différenciées chez *T. exilis*. Il s'agit là d'un caractère soumis à l'évolution: le sens normal de transformation des ambulacres s'effectue par allongement proportionnellement plus important des ambulacres postérieurs et des zones postérieures des ambulacres antérieurs pairs, l'intensité de spécialisation respiratoire des podias décroissant de l'arrière vers l'avant [A. DEVRIÈS, 1960 a, p. 39]. Or, c'est par une telle démarche que l'on peut passer des ambulacres de *T. granosus* à ceux de *T. exilis*. On peut donc estimer que *T. exilis* provient d'une forme primitive de *T. granosus*.

TOXASTER DU BARRÉMIEN

TOXASTER aff. *RICORDEAUI* COTTEAU 1851

1851. *Toxaster ricordeanus*, COTTEAU (p. 185).
1861. *Echinospatagus ricordeanus*, COTTEAU (1849-1878, II, p. 127, pl. 62, fig. 1-14).
1920. *Miotoxaster ricordeaui*, LAMBERT (1920 b, p. 17).
1958. *Toxaster ricordeaui*, M. L. PETITOT (p. 138).

Description

MATÉRIEL. — 3 Echinides mal conservés de 12 à 21 mm de long.

FORME. — Test cordiforme, un peu plus long que large, arrondi à l'avant, fortement rétréci et tronqué à l'arrière. Face inférieure convexe, principalement au plastron. Pourtour arrondi. Sillon antérieur large, peu profond, à bords carénés, atténué près de l'apex, échancrant profondément l'ambitus.

AMBULACRES. — Ambulacre impair court, composé de 19 à 22 paires de pores en chevrons oblongs, égaux, séparés par un granule.

Ambulacres antérieurs pairs à fleur de test, très flexueux, assez courts et largement ouverts dans leur partie distale. Les zones porifères sont étroites et les pores égaux près du sommet ambulacraire. La différenciation des pores ne se réalise qu'à grande distance de l'apex. La zone antérieure est formée de paires de pores punctiformes, la zone postérieure de pores internes oblongs et de pores externes allongés. Les pores sont très longs dans une même paire. Il y a 28 zygopores dans chaque zone ambulacraire sur le plus grand individu.

Ambulacres postérieurs arqués mais non flexueux, écartés l'un de l'autre et très ouverts à l'arrière. Tous les pores sont oblongs. Les zones antérieures et postérieures sont subégales. On compte 16 paires de pores par zone sur l'Echinide de 21 mm de long.

APPAREIL APICAL. — Central et compact, à génitale 2 peu étendue et ocellaire IV exserte.

PÉRIPROCTE. — Ovale, longitudinal, ouvert à égale distance des deux faces.

PÉRISTOME. — Pentagonal, transverse, très excentrique vers l'avant (placé au 1/5 de la longueur).

Attribution spécifique

Les divers caractères cités rapprochent beaucoup ces Echinides de *Toxaster ricordeaui*. J'hésite cependant à les assimiler complètement à l'espèce en raison de la taille bien inférieure, de l'ambulacre impair plus court, des zones antérieures des pétales antérieurs à pores punctiformes et du pésistome plus excentrique vers l'avant que dans les types de *T. ricordeaui* décrits par COTTEAU.

Rapports et différences

Ainsi que l'a indiqué LAMBERT [1920 a, p. 12; 1920 b, p. 17], *Toxaster ricordeaui* a été confondu avec diverses espèces, dont *Toxaster lorioli* LAMBERT *et Toxaster seynensis* LAMBERT. Les Echinides du Portugal ont beaucoup plus d'affinités avec *T. ricordeaui* qu'avec ces dernières espèces: *T. lorioli* s'en écarte par son pétale impair à pores allongés chez l'adulte; *T. seynensis* en diffère par les pores externes de l'ambulacre impair allongés et par sa forme plus large et moins retrécie vers l'arrière.

Répartition stratigraphique et gisements

Si l'on se limite aux déterminations sûres, *Toxaster ricordeaui* est seulement connu dans le Barrémien du Bassin de Paris et, peut-être, dans l'Hauterivien supérieur du Maroc.

Au Portugal, *T.* aff. *ricordeaui* a été recueilli dans les assises barrémiennes de Guincho et de Longo da Vila.

Degré d'évolution et phylogénie

La différenciation des cinq ambulacres et des zones antérieures et postérieures des pétales antérieurs pairs est très marquée dans *Toxaster* aff. *ricordeaui*. Cet Echinide représente donc un stade évolué. Il semblerait qu'il puisse procéder directement, au Portugal, de *Toxaster exilis*. D'âge un peu plus récent, il possède des ambulacres antérieurs pairs plus flexueux et composés, dès le jeune âge, de zones postérieures à pores nettement plus allongés. Seul, le type C de développement des pétales antérieurs observé sur *T. exilis* se réaliserait sur *T.* aff. *ricordeaui*. La composition et l'agencement des zones ambulacraires seraient ainsi stabilisés dans ce *Toxaster* barrémien. L'ambulacre impair aurait conservé la disposition à pores oblongs et égaux de la majorité des *T. exilis*. Remarquons enfin que l'apex est plus compact dans *T.* aff. *ricordeaui* que dans *T. exilis:* ce pourrait être une preuve supplémentaire d'une évolution plus poussée.

Genre: HETERASTER D'ORBIGNY 1853

A. DEVRIÈS s'est livré à un historique et à une analyse très détaillée du genre [1955; 1960 a, p. 59]. J'en reprendrai les conclusions:

Les *Heteraster* sont caractérisés par les «pores de l'ambulacre impair en paires hétérogènes. Il est commode et utile de distinguer [dans ce genre] deux grands groupes morphologiques: le groupe *Heteraster* s.s. à pores de l'ambulacre impair [disposés] sur trois lignes parallèles et le groupe *Enallaster* à pores de l'ambulacre impair [disposés] sur quatre lignes parallèles».

Le genre *Heteraster* s.l. ainsi circonscrit englobe les *Toxasteridae* du Portugal à faible hétérogénéité de l'ambulacre impair.

J'étudierai sucessivement:
— les *Heteraster* de l'Hauterivien;
— les *Heteraster* du Barrémien;
— les *Heteraster* de l'Aptien.

HETERASTER DE L'HAUTERIVIEN

HETERASTER CORVENSIS (DE LORIOL) 1888

(fig. 143 et 144; pl. XX, fig. 1 à 3)

1888. *Toxaster corvensis*, DE LORIOL (1887-1888, p. 95, pl. 17, fig. 5-6).
1960. *Heteraster corvensis*, A. DEVRIÈS (1960 a, p. 79).

Description

MATÉRIEL. — Deux Echinides, dont un exemplaire complet, s'ajoutent aux deux types précédemment décrits.

DIMENSIONS.

	L	I	I/L	H	H/L
Ech. n° Alg 53	28 mm	27,5 mm	0,98	13,5 mm	0,48

FORME. — Test cordiforme, à contour très courbe, presqu'aussi large que long, élargi antérieurement, rétréci et presque acuminé postérieurement. La légère troncature du bord postérieur, créée par l'aréa sous-anale, n'est visible que de la face inférieure et non de la face supérieure (*). Pourtour aminci. Face supérieure très déprimée, presque plane. Plastron faiblement marqué. Sillon antérieur large et peu profond.

AMBULACRES. — Pétale impair à pores internes oblongs et pores externes allongés et courts (*fig.* 143 b et c). Des paires à grands pores alternent avec des paires à petits pores, moins nombreuses. Toutes les plaques sont entières. L'inégalité entre

(*) La figure 6, pl. 17, de l'ouvrage de DE LORIOL est inexacte, exagérant une troncature postérieure qui n'est guère apparente.

grands et petits zygopores est plus ou moins accusée suivant les individus: elle est très faible sur l'un des exemplaires (*fig.* 143 b), beaucoup plus apparente sur l'autre, les pores externes des petits zygopores n'atteignant alors que la moitié ou les 2/3 de la longueur des pores externes des grands zygopores (*fig.* 143 c). De plus, la structure est, soit du type «*Heteraster*», les pores internes étant placés sur un seul alignement, soit du type «*Enallaster*», les pores internes se disposant sur deux rangs. Les zones porifères atteignent presque l'ambitus et portent 40 à 45 paires de pores.

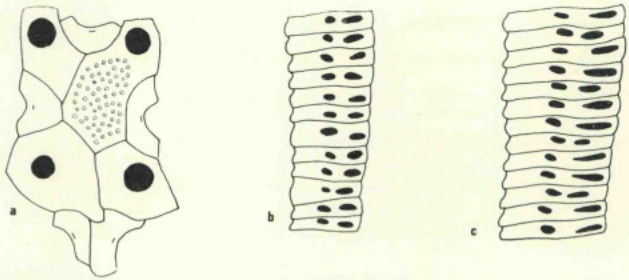


FIGURE 143. — *Heteraster corvensis* (DE LORIOL).
a: appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° Alg 53.
b: ambulacre impair; × 10 environ. Echantillon n° Alg 52.
c: ambulacre impair; × 10 environ. Echantillon n° Alg 53.

Ambulacres antérieurs pairs à fleur de test, longs et larges, arqués, légèrement flexueux et très rapprochés de l'ambulacre impair. Ils s'ouvrent très progressivement et régulièrement du sommet ambulacraire à l'ambitus. La largeur de l'espace interporifère est égale à deux fois la largeur de la zone postérieure dans la partie distale du pétale. Les zones antérieures sont composées de pores internes ronds ou oblongs et de pores externes en fente, courts (*fig.* 144 a). Une forte hétérogénéité des zygopores peut se manifester à titre de variation individuelle. Les zones postérieures sont lancéolées; elles possèdent des pores externes nettement allongés et des pores internes oblongs.

Ambulacres postérieurs pairs non déprimés, courts, larges, divergents et proches des pétales antérieurs. Zone antérieure régulièrement arquée; zone postérieure flexueuse et lancéolée. Espace interporifère très large. Les pores sont très compara-

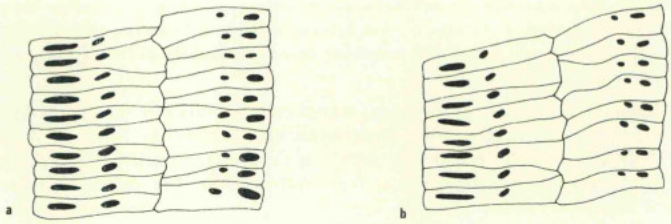


FIGURE 144. — *Heteraster corvensis* (DE LORIOL). Echantillon n° Alg 53.
a: ambulacre antérieur gauche; × 10 environ.
b: ambulacre postérieur gauche; × 10 environ.

bles à ceux des ambulacres antérieurs pairs (*fig.* 144 b) avec, sur quelques individus, une légère hétérogénéité des zones antérieures.

APPAREIL APICAL. — Très excentrique vers l'arrière, placé aux 67/100 de la longueur. Sa structure montre quelques fluctuations: il est compact sur l'holotype et pourvu d'une ocellaire IV en contact en un point avec le madréporite. Il est très allongé sur l'un des échantillons recueillis, avec une ocellaire IV inserte et un corps madréporique étroit (*fig.* 143 a).

PÉRIPROCTE. — Transverse, il domine une aréa sous-anale peu différenciée.

PÉRISTOME. — Arrondi ou ovale et transverse.

ORNEMENTATION. — Elle n'est guère apparente.

Répartition stratigraphique et gisements

J'ai recueilli deux représentants de l'espèce dans les calcaires de l'Hauterivien supérieur d'Algueirão, 400 m à l'W du village. Les types décrits par DE LORIOL, avaient été trouvés dans l'Hauterivien supérieur de Calhau do Corvo.

HETERASTER SABUGENSIS (DE LORIOL) 1888

(fig. 145 et 146; pl. XX, fig. 4 à 6)

1888. *Toxaster sabugensis*, DE LORIOL (1837-1888, p. 92, pl. 17, fig. 1-2).
1960. *Heteraster sabugensis*, A. DEVRIÈS (1960 a, p. 78).

Description

MATÉRIEL. — Deus représentants fragmentaires peuvent être ajoutés au type de l'espèce.

FORME. — Test cordiforme, presque aussi large que long, élargi antérieurement, rétréci et faiblement tronqué postérieurement. Face supérieure peu élevée. Le sommet du test se place légèrement en arrière du sommet ambulacraire. Pourtour renflé. Face inférieure convexe, sans plastron nettement différencié. Sillon antérieur large et peu profond.

AMBULACRES. — Pétale impair à structure du type *«Enallaster»:* des paires à grands pores écartés alternant avec des paires à pores plus rapprochés et plus petits. Les pores internes sont oblongs ou arrondis et les externes allongés en fente; les pores externes courts atteignent la moitié ou les 2/3 de la longueur des pores longs. On compte une paire de petits pores pour une à quatre paires de grands pores. Toutes les plaques sont entières (*fig.* 145 b et c).

Ambulacres antérieurs pairs longs, superficiels et proches du pétale impair (*fig.* 146 a). Zone antérieure droite. Zone postérieure arquée près de l'apex et devenant ensuite parallèle à la zone antérieure de sorte que l'espace interporifère ne s'élargit guère; les deux zones divergent à nouveau à l'extrémité distale. Les pores de la zone antérieure sont courts, l'interne arrondi, l'externe en fente. La zone postérieure possède deux pores en fente, l'externe deux fois plus long que l'interne, très écartés dans une même paire. Les zones postérieures sont lancéolées car, près de l'ambitus, les pores internes se raccourcissent et se rapprochent.

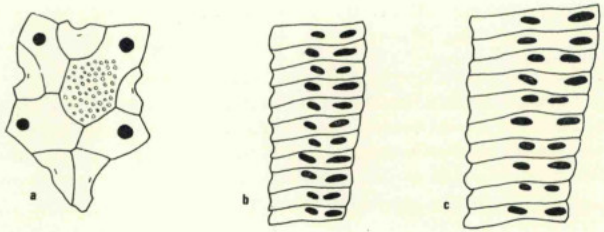


FIGURE 145. — *Heteraster sabugensis* (DE LORIOL).

a: appareil apical; × 13 environ. Echantillon nq Sa 51.
b: ambulacre impair; × 10 environ. Echantillon n° Sa 51.
c: ambulacre impair; × 10 environ. Echantillon n° CC 586.

Ambulacres postérieurs à fleur de test, courts, très divergents, presque transverses (*fig.* 146 b). Zone antérieure arquée. Zone postérieure très flexueuse et lancéolée, s'écartant progressivement de la zone antérieure depuis l'apex jusqu'aux approches de l'ambitus. Les pores qui la composent sont identiques à ceux des pétales antérieurs pairs.

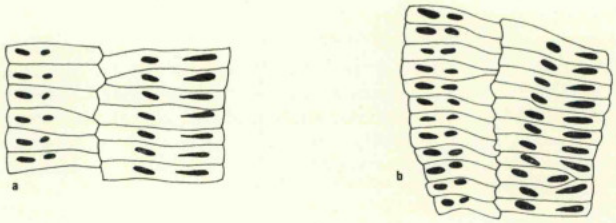


FIGURE 146. — *Heteraster sabugensis* (DE LORIOL). Echantillon n° Sa 51.

a: ambulacre antérieur droit; × 10 environ.
b: ambulacre postérieur droit; × 10 environ.

APPAREIL APICAL. — Très excentrique vers l'arrière, compact et élargi transversalement. L'ocellaire IV est exserte *(fig.* 145 a). Le madréporite atteint le centre du système.

PÉRISTOME. — Ovale et transverse.

PÉRIPROCTE. — Il n'est connu que sur un seul des exemplaires recueillis. Il est ovale et longitudinal(*).

(*) DE LORIOL a indiqué un périprocte transverse pour l'holotype mais il a fait là une grande part à l'interprétation car l'extrémité postérieure du test est fragmentaire et déformée. Il n'a pu établir la forme du périprocte qu'à partir d'une dépression de la gangue.

ORNEMENTATION. — Petits tubercules espacés.

Rapports et différences

Les divers échantillons actuellement connus paraissent montrer qu'il y a une nette séparation de forme entre *Heteraster sabugensis* et *Heteraster corvensis*. Le premier présente un pourtour renflé et non aminci, un contour un peu plus anguleux, un bord postérieur légèrement tronqué et non acuminé, ainsi qu'un test plus élevé à l'arrière. D'autres caractères distinctifs peuvent être avancés: l'appareil apical de *H. sabugensis* est élargi, celui de *H. corvensis* est compact ou allongé. L'espace interporifère des ambulacres pairs est plus étroit dans *H. sabugensis* que dans *H. corvensis*. DE LORIOL a invoqué aussi la longueur des pores et la largeur relative des zones porifères mais je ne pense pas que l'on puisse accorder une grande valeur à ces caractères car ils sont fortemente liés à l'usure du test.

Répartition stratigraphique et gisements

DE LORIOL avait indiqué le gisement suivant [1887-1888, p. 93]: «de Santa Cruz ão (à) Sabugo. Hauterivien; faciès de Carregueira». Ces précisions étaient dûes, comme pour tous les Echinides décrits par DE LORIOL, à CHOFFAT. Ce dernier auteur désignait par «faciès de Carregueira» un ensemble de calcaires et de marnes qui constituait, selon lui, la totalité de l'Hauterivien. L'analyse stratigraphique de cette formation a démontré qu'elle représentait seulement l'Hauterivien inférieur («marnes et calcaires marneux à *Toxaster*»).

Je n'ai trouvé aucun *Heteraster sabugensis* dans les niveaux du «faciès de Carregueira». Par contre, j'ai recueilli entre Santa Cruz et Sabugo un représentant de l'espèce gisant dans les «calcaires récifaux inférieurs» de l'Hauterivien supérieur. Ces calcaires forment un relief dominant les marnes et calcaires de l'Hauterivien inférieur. Il n'est donc pas exclu que les *H. sabugensis* collectés par CHOFFAT ou ses collaborateurs dans le «faciès de Carregueira» aient roulé depuis les calcaires récifaux topographiquement plus élevés.

Un autre exemple de *H. sabugensis* a été trouvé dans les calcaires de l'Hauterivien supérieur à Calhau do Corvo. C'est probablemment ce même gisement qui a fourni les *Heteraster corvensis* décrits par DE LORIOL.

HETERASTER ALGUEIRENSIS (*) nov. sp.
(fig. 147; pl. XX, fig. 7 à 11)

Description

MATÉRIEL. — Bien que cet Echinide, imparfaitement conservé, ne soit pas connu dans tous ses détails, je n'hésite pas à en faire le type d'une espèce nouvelle. En affet, ses caractères sont suffisamment tranchés par rapport à ses congénères et, comme *Heteraster corvensis* et *Heteraster sabugensis*, il représente un certain mode de réalisation du genre *Heteraster* qu'il convient de définir et de désigner.

DIMENSIONS.

L	I	I/L	H	H/L
31 mm	28 mm	0,90	17 mm	0,54 mm

(*) Cet Echinide tire son nom de la localité d'Algueirão auprès de laquelle il a été découvert.

FORME. — Test oblong, allongé, élargi et arrondi à l'avant, rétréci et nettement tronqué à l'arrière. La plus grande largeur se situe au 1/3 antérieur. Face supérieure légèrement renflée, régulièrement déclive vers l'avant et vers l'arrière, coupée subverticalement au bord postérieur. Le sommet du test, postérieur, coïncide avec le sommet ambulacraire. Pourtour arrondi. Face inférieure convexe. Plastron mal différencié. Sillon impair large et peu profond.

AMBULACRES. — Pétale impair long et large, à pores internes oblongs et pores externes peu allongés *(fig.* 147 b). Les pores sont très écartés dans une même paire(*). Tous les deux ou trois zygopores s'intercalent une ou deux paires à pores plus rapprochés. Les pores externes de ces dernières sont légèrement plus courts; les pores internes sont égaux à ceux des autres paires mais décalés vers l'extérieur de l'ambulacre. Cette structure est donc de type *«Enallaster»*. Toutes les plaques sont entières.

Ambulacres antérieurs pairs flexueux, non déprimés et fortement dirigés vers l'avant *(fig.* 147 d). Les deux zones, très rapprochées l'une de l'autre près de l'apex, s'écartent ensuite régulièrement vers l'ambitus. L'ambulacre est très ouvert à son extrémité distale. L'espace interporifère est, dans sa partie médiane, légèrement plus étroit que la zone porifère postérieure. La zone antérieure se compose d'une quarantaine de paires à pores internes oblongs et pores externes faiblement allongés; tous les zygopores sont égaux. La zone postérieure, deux fois plus large, lancéolée à son extrémité, est constituée de 40 zygopores; le pore interne est peu allongé; le pore externe, en fente, possède une longueur double.

Ambulacres postérieurs à fleur de test, courts et divergents *(fig.* 147 c). La zone antérieure, régulièrement arquée, infléchie vers l'arrière, est formée de pores oblongs

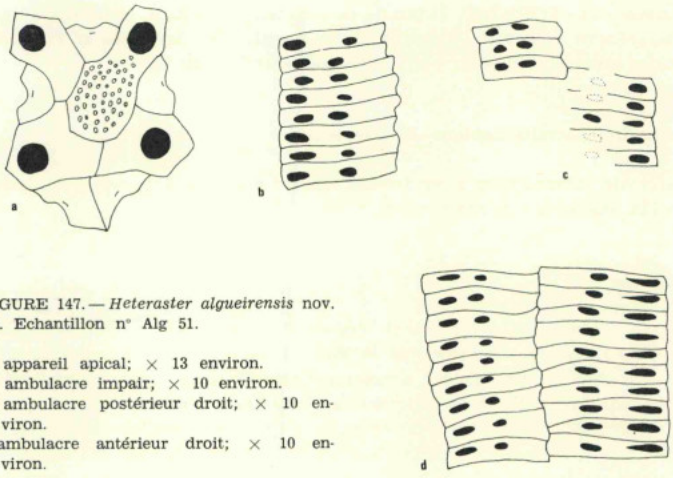


FIGURE 147. — *Heteraster algueirensis* nov. sp. Echantillon n° Alg 51.

a: appareil apical; × 13 environ.
b: ambulacre impair; × 10 environ.
c: ambulacre postérieur droit; × 10 environ.
d: ambulacre antérieur droit; × 10 environ.

(*) L'usure du test est, peut-être, partiellement responsable de la faible longueur et du grand écartement des pores dans une même paire.

subégaux. La zone postérieure, proche de la zone antérieure, est plus flexueuse, de sorte que le pétale est très ouvert distalement. Les pores qui la constituent sont faiblement allongés et égaux. Il y a environ 18 zygopores par zone.

APPAREIL APICAL. — Compact et excentrique vers l'arrière (aux 64/100 de la longueur). Le corps madréporique s'étend au centre du système et s'enfonce assez profondément entre les génitales 1 et 4. L'ocellaire IV est exserte (*fig.* 147 a).

PÉRIPROCTE. — Longitudinal, situé au sommet d'une aréa sous-anale mal délimitée.

PÉRISTOME. — Pentagonal, élargi et transverse, paraissant assez éloigné du bord antérieur.

ORNEMENTATION. — Elle n'est pas visible.

Rapports et différences

Bien qu'imparfaitement connue, cette espèce est très bien individualisée par sa forme oblongue et renflée qui la distingue à la fois d'*Heteraster corvensis* et d'*Heteraster sabugensis*. Ses pétales postérieurs, assez nettement infléchis vers l'arrière et ouverts distalement, se distinguent par leurs pores externes et internes subégaux.

La forme du test et le dessin des ambulacres ne sont pas sans évoquer ceux d'*Heteraster constrictus* FOURTAU, Echinide de l'Aptien. Cependant, l'hétérogénéité plus faible de l'ambulacre impair et l'inégalité moins grande entre les zones antérieures et postérieures des pétales antérieurs pairs suffisent pour l'en distinguer.

Répartition stratigraphique et gisements

Heteraster algueirensis a été trouvé, associé à *Heteraster corvensis*, dans les calcaires de l'Hauterivien supérieur, 400 m à l'W d'Algueirão.

Diagnose

Forme oblongue et relativement renflée. Face inférieure convexe. Ambulacre impair de type «Enallaster» à zygopores faiblement hétérogènes. Ambulacres antérieurs pairs flexueux, ouverts distalement, à zones antérieures assez larges, constituées de pores internes oblongs et de pores externes peu allongés, à zones postérieures proches des zones antérieures et composées de pores longs, les externes étant beaucoup plus grands. Ambulacres postérieurs pairs divergents, à pores externes et internes égaux, oblongs dans les zones antérieures régulièrement arquées, faiblement allongés dans les zones postérieures flexueuses. Périprocte ovale longitudinal. Péristome pentagonal et transverse. Plastron mal individualisé. Appareil apical postérieur et compact.

Holotype: échantillon n° Alg 51.

DEGRÉ D'ÉVOLUTION ET PHYLOGÉNIE DES HETERASTER DE L'HAUTERIVIEN

Nous avons vu que, durant l'Hauterivien, la famille des *Toxasteridae* s'orientait vers une spécialisation des podias ambulacraires: les uns, cylindriques, conservent et affirment un rôle sensoriel; ils correspondent à des pores ronds. Les autres, élargis, acquièrent une fonction respiratoire; ils traversent le test par des pores longs. Dans le genre *Toxaster* la différenciation fonctionnelle des pieds ambulacraires affecte les différents pétales ou les deux zones d'un même ambulacre, mais les zygopores d'une même zone sont égaux. Le genre *Heteraster*, lui, réalise un second mode de spécialisation: la différenciation se fait, non seulement au niveau de l'ambulacre ou des zones ambulacraires, mais aussi au niveau des zygopores d'une même zone: des paires de grands pores alternent avec des paires de petits pores. Cette tendance se manifeste essentiellement dans l'ambulacre impair mais elle s'observe en outre, dès la naissance du genre, dans les zones antérieures des pétales pairs *(Heteraster corvensis)*.

On peut estimer que, dans cette évolution des Spatangidés primitifs, les espèces portugaises *sabugensis, corvensis* et *algueirensis* représentent un jalon entre les *Toxaster* et les *Heteraster*. L'inégalité, faible mais effective, des zygopores de l'ambulacre impair prouve que ces trois Echinides sont soumis à la poussée évolutive des *Heteraster*. Ils doivent donc être rapportés, non au genre *Toxaster* [DE LORIOL, 1887-1888], mais au genre *Heteraster* dont ils constituent les plus anciens représentants connus au monde. Par différents caractères primitifs ils sont cependant encore proches des *Toxaster:* citons, outre la faible hétérogénéité des zygopores à l'ambulacre impair, les zones antérieures et postérieures des pétales pairs peu différentes, le sillon antérieur peu profond, l'appareil apical compact ou allongé, à génitales 1 et 4 accolées. Il est par conséquent logique de penser que les *Heteraster* hauteriviens du Portugal descendent directement de *Toxaster*.

Heteraster sabugensis, H. corvensis et *H. algueirensis* sont trois Echinides bien différents les uns des autres par leur forme. Le genre *Heteraster* semble déjà subdivisé à ses débuts en trois rameaux distincts. On peut donc supposer, soit que chaque lignée a pris naissance à partir d'une forme différente de *Toxaster*, soit qu'une individualisation très rapide de chaque rameau s'est effectuée par différenciation morphologique d'une seule souche de *Toxaster*. Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible de citer dans le Néocomien portugais trois espèces différentes de *Toxaster* ancêtres des trois *Heteraster*. Le développement des *Heteraster* à partir d'une seule espèce de *Toxaster* semble être plus plausible. Je crois que, dans cette dernière hypothèse, il faudrait rechercher l'espèce-souche dans la lignée de *Toxaster exilis*, Echinide légèrement plus ancien que ces *Heteraster* primitifs. En effet, dans *Toxaster exilis* s'amorcent — aux ambulacres pairs et suivant les individus — diverses tendances évolutives qui s'affirment dans le genre *Heteraster* (l'ambulacre antérieur pair de *H. corvensis* est du type B observé sur quelques *T. exilis;* celui de *H. sabugensis* et *H. algueirensis* est du type D). Par ailleurs, l'ambulacre impair de *T. exilis*, encore primitif, à pores courts, est disponible pour toute différenciation ultérieure. *T. exilis* semble donc marquer à l'Hauterivien l'entrée des Spatangidés dans une période d'ébranlement, de recherche de nouvelles structures. *H. sabugensis, H. corvensis* et *H. algueirensis* auraient vécu plus tardivement dans cette même phase d'instabilité; ils illustrent sous trois aspects morphologiques différents une nouvelle étape dans l'évolution du groupe marquée par l'apparition d'une hétérogénéité des zygopores à l'ambulacre impair.

Les diverses formes distinguées à l'origine du genre *Heteraster* seraient chacune à la base de lignées sur lesquelles se placeraient un certain nombre d'*Heteraster* plus récents du bassin lusitanien.

En conclusion, j'estime que *les* Heteraster *de l'Hauterivien supérieur du Portugal forment le trait d'union entre les* Toxaster *et les* Heteraster. *Issus du genre* Toxaster, *ils pourraient être à l'origine de divers rameaux d'*Heteraster *connus au Portugal.*

HETERASTER DU BARRÉMIEN

HETERASTER LEPIDUS DE LORIOL 1888
(fig. 148 à 153; pl XXI, fig. 1 à 13)

1888. *Enallaster lepidus*, DE LORIOL (1887-1888, p. 91, pl. 15, fig. 4).
1888. *Toxaster broucoensis*, DE LORIOL (1887-1888, p. 93, pl. 17, fig. 3-4).
1960. *Heteraster lepidus*. A. DEVRIÈS (1960 a, p. 78).

Description

MATÉRIEL. — Plus de 60 individus ont été recueillis. Leur longueur varie entre 13,7 et 33 mm; la dimension moyenne est de 21 à 25 mm.

FORME. — Contour cordiforme, élargi à l'avant, rétréci à l'arrière, faiblement échancré au bord antérieur, légèrement tronqué au bord postérieur. Face supérieure déprimée, déclive vers l'avant et vers l'arrière. Le sommet du test se place en arrière du sommet ambulacraire. Troncature postérieure subverticale. Face inférieure plane ou convexe, très faiblement déprimée au péristome. Plastron légèrement renflé, bien individualisé. Le sillon antérieur est, sur toute sa longueur, très peu profond; ses bords sont adoucis.

AMBULACRES. — Long pétale impair composé, sur l'adulte, de 35 à 40 paires de pores. La structure est du type *Heteraster* (*fig.* 148 b à 148 e); tous les pores internes, oblongs ou arrondis, sont dans le même alignement; les pores externes qui font face aux pores internes ronds sont courts en fente, et, au stade adulte, décalés vers l'intérieur; ils sont séparés du pore interne par un renflement granuliforme oblique; ceux qui sont associés à un pore interne oblong sont plus longs et plus écartés. L'alternance entre grands et petits zygopores est extrêmement variable d'un individu à l'autre.

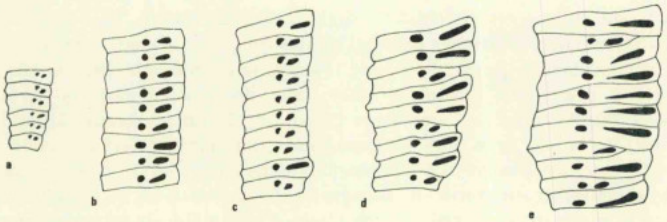


FIGURE 148. — *Heteraster lepidus* DE LORIOL. Ambulacre impair; × 10 environ. Forme jeune (a) et échantillons n° Ma U321 (b), Ma U317 (c), Ma U39 (d) et Car U42 (e).

Ambulacres antérieurs pairs larges, superficiels ou très légèrement déprimés, relativement éloignés de l'ambulacre impair, formés de zones lentement et progressivement divergentes. Les pétales, ouverts à leur extrémité distale, atteignent presque l'ambitus. Les zones antérieures, presque droites, manifestent une hétérogénéité remarquable *(fig.* 149 à 149 d): des paires à pore interne punctiforme et pore externe allongé alternent avec des paires à pores plus rapprochés, l'externe étant alors oblong. On compte en général une paire de petits pores pour deux à trois paires de grands pores. Les zones postérieures sont arquées et formées d'un pore interne oblong, d'un pore externe très allongé. D'une manière générale, le pore externe de la zone postérieure est deux fois plus long que celui de la zone antérieure. Dans le milieu du pétale, la zone postérieure est un peu plus étroite que l'espace interporifère. Il y a 35 à 40 zygopores pour un individu de taille moyenne.

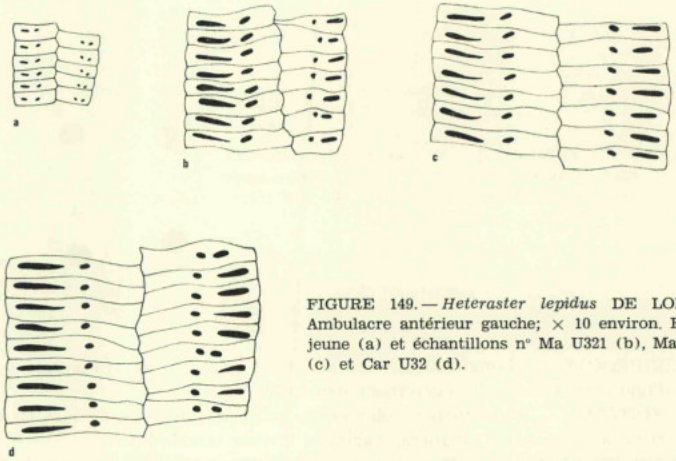


FIGURE 149. — *Heteraster lepidus* DE LORIOL. Ambulacre antérieur gauche; × 10 environ. Forme jeune (a) et échantillons n° Ma U321 (b), Ma U317 (c) et Car U32 (d).

Ambulacres postérieurs pairs courts, à fleur de test, écartés l'un de l'autre. La zone antérieure est régulièrement arquée; la zone postérieure, flexueuse et lancéolée, s'en éloigne progressivement. Le pétale s'ouvre largement à son extrémité. Les pores internes sont punctiformes et les externes allongés *(fig.* 150 b et 150 c). Le pore externe de la zone postérieure est toutefois un peu plus long que celui de la zone antérieure. Une très faible hétérogénéité se décèle sur quelques individus. Chaque pétale porte 22 à 25 zygopores par zone.

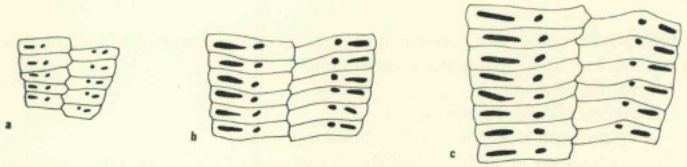


FIGURE 150. — *Heteraster lepidus* DE LORIOL. Ambulacre postérieur gauche; × 10 environ. Forme jeune (a) et échantillons n° Ma U321 (b) et Car U42 (c).

APPAREIL APICAL. — Subcentral ou postérieur, compact *(fig.* 151). Les 4 pores génitaux occupent les sommets d'un carré. Le corps madréporique ne sépare jamais les deux plaques génitales postérieures.

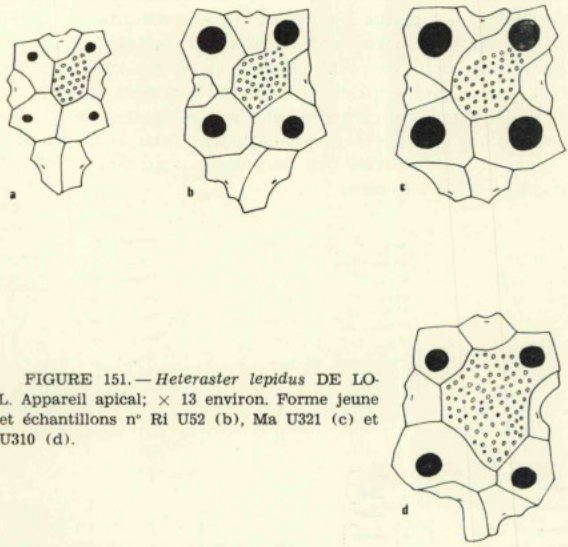


FIGURE 151. — *Heteraster lepidus* DE LORIOL. Appareil apical; × 13 environ. Forme jeune (a) et échantillons n° Ri U52 (b), Ma U321 (c) et Ma U310 (d).

PÉRIPROCTE. — Longitudinal, très rarement arrondi ou transverse, placé au sommet d'une aréa sous-anale légèrement déprimée.

PÉRISTOME. — Relativement éloigné du bord antérieur (il s'ouvre en moyenne aux 29/100 de la longueur). De forme variable, il n'est jamais labié.

ORNEMENTATION. — Face supérieure à petits granules, denses et homogènes, et fins tubercules crénelés, perforés et scrobiculés, espacés, garnissant ambulacres et interambulacres. Sillon impair granuleux, portant parfois deux rangées régulières de très petits tubercules bordant à l'intérieur les zones porifères. Les tubercules deviennent plus gros et plus denses à la face inférieure, en particulier sur le plastron; ils n'ornent pas les ambulacres du côté oral; les granules, plus épars, forment des cercles autour de chaque scrobicule.

Variations individuelles au stade adulte

Heteraster lepidus fait preuve d'un très grand polymorphisme. Les fluctuations, indépendantes les unes des autres, affectent:

— la forme générale;
— la structure du système apical;
— la disposition des pores à l'ambulacre impair;
— la disposition et la longueur des pores aux ambulacres antérieurs pairs;
— la forme des ambulacres postérieurs;
— la forme du péristome.

1° *Forme générale.*

3 formes peuvent être distinguées:

— *Forme A :* contour cordiforme et largeur égale à la longueur. Troncature postérieure nette mais étroite, le test se rétrécissant fortement à l'arrière. Interambulacre impair à légère carène sur la face supérieure. Hauteur relativement élevée. Pourtour arrondi. Face inférieure renflée, à plastron bien individualisé. Apex postérieur, aux 60/100 de la longueur;

— *Forme B:* test très arrondi, à largeur égale à la longueur. Troncature postérieure peu apparente. Face supérieure déprimée *(fig.* 152), presque plane et dépourvue de carène à l'interambulacre postérieur. Face inférieure plane, à plastron peu marqué. Pourtour arrondi mais non renflé. Apex postérieur, aux 60/100 de la longueur. L'holotype de l'espèce appartient à cette forme;

— *Forme C:* contour étroit, à largeur nettement inférieure à la longueur *(fig.* 153). Flancs rétrécis vers l'arrière, presque rectilignes. Troncature postérieure bien marquée. Face supérieure élevée, à interambulacre postérieur caréné. Face inférieure plane. Pourtour arrondi. Plastron peu renflé. Appareil apical subcentral ou très légèrement postérieur.

Ces formes ne peuvent être érigées en variétés ou espèces différentes (*) car tous les stades intermédiaires existent entre des types apparemment éloignés *(fig.* 152 et 153) et les autres caractères fluctuent indépendamment de celui-ci.

2° *Structure de l'appareil apical.*

Le corps madréporique est plus moins étendu, de sorte que la génitale 2 est, soit limitée latéralement par les génitales 3 et 4, soit en contact en un point avec l'ocellaire IV, soit largement bordée par cette ocellaire *(fig.* 151).

3° *Disposition des pores à l'ambulacre impair.*

A dimensions égales, on peut observer, d'un individu à l'autre, de notables variations concernant la longueur relative des pores et la fréquence des deux types de zygopores. La longueur du pore externe des petits zygopores est égale aux 2/3, à la moitié ou au 1/4 de la longueur des pores externes des grands zygopores. Deux modes d'association des petites et grandes paires peuvent être distingués: la plupart des échantillons possèdent 1 à 5 paires à pores longs pour 1 paire à pores courts *(fig.* 148 d et 148 e). D'autres exemplaires ont des petits zygopores predominants; 1 grand zygopore apparaît toutes les 7 à 8 paires *(fig.* 148 b et 148 c). Les deux zones, droite et gauche, d'un même ambulacre, sont très dissemblables: les petits zygopores sont plus nombreux d'un côté, les grands de l'autre. A ce stade de l'évolution des *Heteraster*, le mode d'alternance des pores à l'ambulacre impair n'est donc pas un critère de différenciation des espèces.

(*) Telle était aussi l'opinion de DE LORIOL, exprimée dans un manuscrit conservé aux Services Géologiques du Portugal.

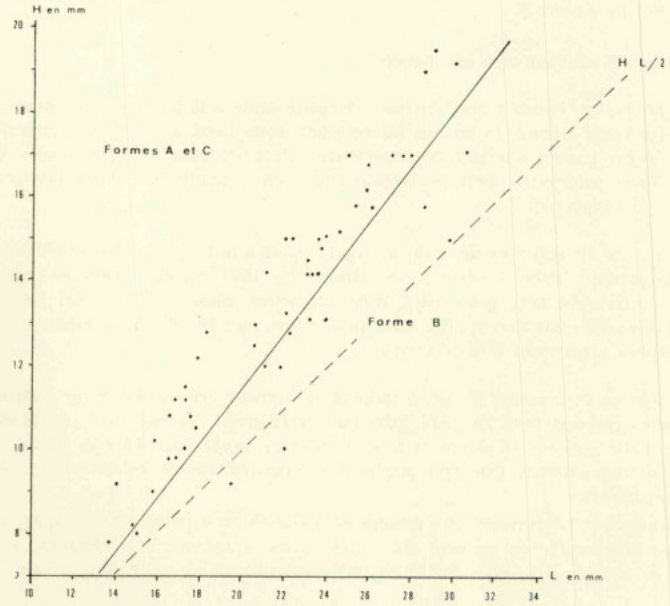


FIGURE 152. — *Heteraster lepidus* DE LORIOL. Rapport entre la longueur et la hauteur.

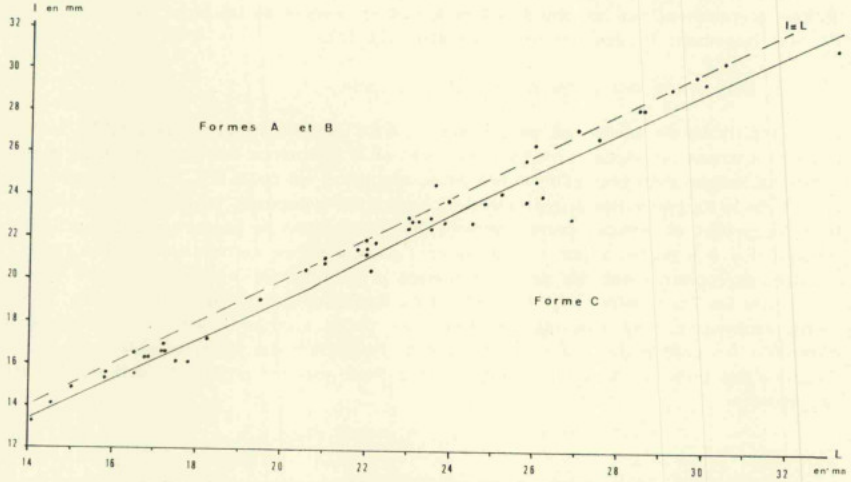


FIGURE 153. — *Heteraster lepidus* DE LORIOL. Rapport entre la longueur et la largeur.

4° *Disposition et longueur des pores aux ambulacres antérieurs pairs.*

Les pores externes des zones antérieures sont de longueur variable: dans la majorité des cas, ils sont deux fois plus courts que les pores externes des zones postérieures *(fig.* 149 b). Cependant, quelques individus possèdent des pores externes antérieurs et postérieurs faiblement inégaux *(fig.* 149 c).

L'hétérogénéité des zones antérieures est plus ou moins accusée. D'une manière générale, elle est d'autant plus forte que les zygopores du pétale impair sont plus inégaux.

5° *Forme des ambulacres postérieurs pairs.*

Les deux pétales sont plus ou moins dirigés vers l'arrière. La zone antérieure est arquée ou rectiligne, la zone postérieure est plus ou moins flexueuse.

6° *Forme du péristome.*

Le péristome est arrondi, ovale ou pentagonal. Dans les deux derniers cas, il est transverse, oblique ou longitudinal. Le péristome transverse prédomine chez les formes à test large (formes A et B), le péristome longitudinal chez les formes étroites (forme C).

Modifications au cours de la croissance

Certains caractères évoluent en fonction de la taille de l'Echinide. Citons:

— la structure de l'appareil apical;
— la structure de l'ambulacre impair;
— la structure des ambulacres antérieurs pairs;
— la structure des ambulacres postérieurs pairs.

1° *Structure de l'appareil apical.*

Les formes jeunes possèdent un corps madréporique étroit, atteignant tout juste le milieu du système; l'ocellaire IV est exserte *(fig.* 151 a). L'extension plus ou moins importante du madréporite au cours du développement aboutit aux différents types d'apex définis chez l'adulte.

2° *Structure de l'ambulacre impair.*

Le pétale impair se compose de plaques toutes égales lorsque la longueur du test est inférieure à 16 mm. L'hétérogénéité est cependant visible à ce stade: le pore interne est punctiforme, l'externe arrondi ou oblong *(fig.* 148 a) Les Echinides de longueur comprise entre 16 et 28 mm possèdent des plaques entières *(fig.* 148 b à 148 d); l'inégalité des zones porifères s'accentue et les plaques à grand zygopores sont plus larges et plus étendues vers l'extérieur que les plaques à petits zygopores. Les individus de plus de 28 mm de long présentent, dans la partie médiane de l'ambulacre impair, des demi-plaques à paires de pores courts *(fig.* 148 e). On voit donc que *la structure de type* Heteraster *est réalisée par allongement des plaques à grands zygopores vers l'extérieur de l'aire ambulacraire. Cet allongement déplace latéralement le pore externe et l'éloigne du pore interne. Par contre, les plaques à petits zygopores s'accroissent plus lentement et toute extension vers le bord externe de l'ambulacre est rapidement interdite par le dé-*

veloppement des plaques à grands zygopores. On aboutit ainsi à l'alignement des pores sur trois rangs. Ces observations et conclusions rejoignent celles faites par A. DEVRIÈS sur *Heteraster oblongus* (1960 a, p. 77).

3° *Structure des ambulacres antérieurs pairs.*

Chaque ambulacre antérieur pair est composé, au stade jeune, d'une zone antérieure à pores punctiformes et d'une zone postérieure à pores externes allongés et pores internes oblongs. L'hétérogénéité de la zone antérieure est déjà sensible. Le pore externe de la zone antérieure s'allonge rapidement sur les individus de 15 à 18 mm de long *(fig.* 149).

4° *Structure des ambulacres postérieurs pairs.*

Les exemplaires de moins de 15 mm ont des zones subégales, à pores internes punctiformes et pores externes oblongs. L'allongement est proportionnellement identique pour les différents pores au cours de la croissance *(fig.* 150).

Le problème d'Heteraster broucoensis

DE LORIOL créa, en même temps qu'*Heteraster lepidus*, une autre espèce, *Toxaster broucoensis*, rapportée depuis lors au genre *Heteraster*. Je ne vois pas en quoi cette seconde espèce diffère de la première: la forme du test, la structure et la position de l'appareil apical, la composition et le dessin des ambulacres pairs sont identiques. Le seul caractère distinctif notable d'*Heteraster broucoensis* aurait été la faible inégalité des zygopores à l'ambulacre impair. Or, le pétale impair n'est pas conservé sur l'un des deux types de l'espèce (correspondant à la figure 3 de la planche 17, DE LORIOL, 1887-1888): cet individu est, en réalité, un *Heteraster lepidus*. L'autre type *(fig.* 4 de la *pl.* 17), très usé et fragmentaire, offre des zygopores peu inégaux au pétale impair; l'usure du test peut être partiellement la cause de cette faible hétérogénéité, comme elle est responsable de la faible longueur des pores externes des ambulacres pairs. De plus, l'inégalité plus ou moins grande des zygopores de l'ambulacre impair ne peut être considérée comme un critère de distinction spécifique certain: j'ai rencontré dans les populations d'*Heteraster lepidus* des Echinides à ambulacre impair très faiblement hétérogènes qui ne peuvent cependant pas être séparés des formes typiques de l'espèce *(pl.* XXI, *fig.* 8 et 9).

J'estime donc qu'*Heteraster broucoensis* tombe en synonymie avec *Heteraster lepidus*.

Rapports et différences

Heteraster couloni (AGASSIZ) diffère d'*Heterastar lepidus* par sa forme plus haute, plus renflée, par son sillon antérieur plus profond, et par ses ambulacres pairs à zones postérieures très larges, pourvues de pores externes très allongés.

Heteraster oblongus (BRONGNIART) possède un pourtour moins cordiforme, un sillon antérieur plus profond, un apex plus excentrique vers l'arrière. Les ambulacres antérieurs pairs sont plus proches de l'ambulacre impair, plus flexueux, et leurs pores postérieurs externes sont plus longs.

Les formes jeunes d'*Heteraster lepidus* offrent de nombreux points de ressemblance avec *Toxaster exilis:* forme du test, structure de l'apex, composition des ambu-

lacres pairs. Cependant, l'ambulacre impair à pores hétérogènes et les pétales antérieurs pairs pus flexueux individualisent nettement *H. lepidus*.

Repartition stratigraphique et gisements

Heteraster lepidus avait été rapporté par DE LORIOL [1887-1888, p. 92] au Cénomanien, d'après la nature de la gangue. A. DEVRIÈS [1960 a, p. 98] émit par la suite des doutes sur cette datation, estimant cet Echinide plus ancien. CHOFFAT [1904, p. 30] cita *H. lepidus* dans l'Aptien supérieur-Albien d'Ericeira. En réalité, l'analyse stratigraphique détaillée de cette contrée m'a permis de démontrer que les couches à *H. lepidus* dataient du Barrémien inférieur. L'espèce a été retrouvée dans des niveaux synchrones à Sobreiro, Longo da Vila, Carregueira et Brouco. Des Echinides mal conservés rapportés avec quelques doutes à *H. lepidus*, ont été recueillis au Cap Espichel.

Heteraster broucoensis que je mets en synonymie avec *H. lepidus* est aussi barrémien. Certes, DE LORIOL [1887-1888, p. 94] indiqua la présence de ce fossile dans l'Hauterivien à «faciès de Carregueira» (c'est-à-dire l'Hauterivien inférieur) de Brouco, Sabugo et Camara. Je n'ai retrouvé aucun *Heteraster* en place dans ces gisements. Comme *H. lepidus* existe à Carregueira et à Brouco dans des formations plus récentes, topographiquement plus élevées, je pense que les individus attribués à *H. broucoensis* se trouvaient à la surface de l'Hauterivien par suite d'un déplacement sur le sol, suivant la pente. On peut d'ailleurs remarquer que CHOFFAT [1904, p. 29] a seulement cité *H. broucoensis* à Ericeira, dans des assises depuis lors rapportées au Barrémien.

En résumé, *Heteraster lepidus* paraît être un très bon marqueur du Barrémien inférieur portugais.

HETERASTER COULONI (AGASSIZ) 1839

(fig. 154; *pl.* XX, *fig.* 12 à 14)

1839, *Holaster couloni*, AGASSIZ (1839-1840), I, p. 22, pl. 9, fig. 9-10).
1855. *Heteraster couloni*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 179, pl. 848).
1857. *Toxaster couloni*, DESOR (1855-1858), p. 356).
1873. *Heteraster couloni*, DE LORIOL (p. 357, pl. 29, fig. 9).

Description

MATÉRIEL. — 2 Echinides de 30 mm et 35 mm de long, entiers et bien conservés quoique un peu empâtés.

FORME. — Test cordiforme, presque ovale, large. Vu de dessus, le bord postérieur est arondi; de dessous, il est nettement tronqué. La plus grande largeur se situe près du centre. Face supérieure assez renflée (H/L — 0,60) et légèrement carénée à l'interambulacre postérieur, de sorte que le sommet du test se place en arrière de l'appareil apical. Troncature postérieure verticale. Face inférieure faiblement convexe. Plastron peu renflé. Pourtour très arrondi. Sillon antérieur assez étroit mais profond, échancrant très fortement l'ambitus.

AMBULACRES. — Pétale impair de type «*Heteraster*», à 38 paires de pores. Grands zygopores à pore interne oblong et pore externe en fente. Petits zygopores à pore interne arrondi, situé dans le même alignement que les autres, et pore externe deux fois plus courts que dans les grandes paires, un peu plus rapprochés de la série

interne. On compte 1 paire de petits pores tous les 3 à 8 zygopores. Les plaques portant les pores courts sont toutes occluses.

Ambulacres antérieurs pairs larges, très légèrement déprimés et assez éloignés de l'ambulacre impair. Les deux zones, très flexueuses, divergent régulièrement depuis le sommet jusqu'à l'extrémité distale ouverte. La zone antérieure possède des pores externes courts, en fente, et des pores internes arrondis. Quelques zygopores sont légèrement plus petits. La zone postérieure est formée de pores internes oblongs et de pores externes deux fois plus longs que ceux des zones antérieures. L'espace intermédiaire est un peu plus large que la zone postérieure dans la partie médiane du pétale. Il y a une quarantaine de paires de pores par zone.

Ambulacres postérieurs pairs assez longs (26 zygopores à la zone postérieure) et écartés l'un de l'autre. Les deux zones sont fortement divergentes. La zone antérieure est oblique, presque droite; la zone postérieure est très flexueuse et lancéolée. Les pores sont comparables à ceux des pétales antérieurs.

APPAREIL APICAL. — Légèrement excentrique vers l'arrière, aux 57/100 de la longueur, compat, à corps madréporique assez étendu et ocellaire IV inserte (*fig.* 154).

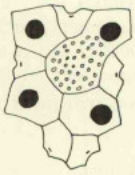


FIGURE 154. — *Heteraster couloni* (AGASSIZ). Appareil apical; × 10 environ. Echantillon n° Gu 62.

PÉRIPROCTE. — Ovale, longitudinal, ouvert au sommet d'une aréa sous-anale déprimée.

PÉRISTOME. — Subpentagonal, dépourvu de labrum et assez eloigné du bord antérieur (aux 34/100 de la longueur).

ORNEMENTATION. — Elle n'est pas visible.

Rapports et différences

Les différences avec *Heteraster lepidus* ont été analysées lors de l'étude de cette dernière espèce. Rappelons, notamment, le sillon antérieur beaucoup plus profond et les ambulacres pairs plus flexueux.

Heteraster couloni se distingue d'*Heteraster oblongus* par son apex plus proche du centre; par son test plus renflé; par son ambulacre impair à pores externes courts bien moins décalés vers l'intérieur par rapport aux pores externes longs; par ses pétales antérieurs pairs plus éloignés de l'ambulacre impair; par ses pétales postérieurs plus longs, moins transverses; par son péristome plus central.

Répartition stratigraphique et gisements

Heteraster couloni ne semble avoir été cité jusqu'à présent que dans le Barrémien des Alpes, du Jura et de Provence.

Les exemplaires portugais proviennent du Barrémien moyen de Guincho et du Cap Espichel.

DEGRÉ D'ÉVOLUTION ET PHYLOGÉNIE DES HETERASTER DU BARRÉMIEN

Le genre *Heteraster* est représenté dans le Barrémien du Portugal par deux espèces, *Heteraster lepidus* et *Heteraster couloni.*

Heteraster lepidus est apparu au Barrémien inférieur. Il se distingue des Echinides hauteriviens par des caractères plus évolués: le madréporite peut être très étendu; l'ambulacre impair, à hétérogénéité très nette, possède au stade adulte des plaques occluses; l'inégalité entre pores internes et pores externes s'accentue aux ambulacres pairs; le plastron se renfle légèrement. Cependant, trait le plus frappant de l'espèce, tous les individus n'atteignent pas ce degré d'évolution et certains conservent encore, sous forme de caractères individuels, des structures primitives: corps madréporique étroit; ambulacre impair à pores très faiblement hétérogènes et plaques toutes entières; pores internes et externes des pétales pairs peu inégaux. Une certaine instabilité se manifeste donc, comme si les Spatangidés n'étaient pas encore sortis de l'ère d'ébranlement dans laquelle ils sont entrés au cours de l'Hauterivien. Les caractères du genre *Heteraster* sont définitivement acquis mais, à l'intérieur de l'espèce, ils se marquent plus ou moins profondément selon les individus. Ainsi s'explique l'intense polymorphisme d'*Heteraster lepidus*, Echinide où se trouvent simultanément matérialisés plusieurs stades de l'évolution des Spatangidés.

Je ne pense pas que l'on puisse situer l'origine d'*Heteraster lepidus* dans un des *Heteraster* de l'Hauterivien portugais. Par contre, la très grande ressemblance qui existe entre *Toxaster exilis* et les formes jeunes d'*Heteraster lepidus* incite à placer les deux espèces sur la même lignée. La différenciation des zones antérieures et postérieures des ambulacres pairs qui s'amorçait sur *Toxaster exilis* s'accuse chez *Heteraster lepidus* tandis que les pores de l'ambulacre impair qui étaient homogènes chez *T. exilis* deviendraient inégaux chez *H. lepidus.*

Les caractères évolués se stabilisent et persistent seuls chez *Heteraster couloni*, apparu au Barrémien moyen. Cet Echinide laisse percevoir en outre une meilleure adaptation à la vie fouisseuse par approfondissement du sillon impair. Les analogies qui se font jour entre *Heteraster couloni* et *H. lepidus* dans la forme du test, la position de l'apex et la structure des ambulacres incitent à penser qu'au Portugal *H. couloni* succéderait, sur le même rameau évolutif, à *H. lepidus.*

HETERASTER DE L'APTIEN

HETERASTER aff. *COULONI* (AGASSIZ) 1839

(*fig.* 155: *pl.* XXII, *fig.* 1 et 2)

Description

L'Echinide ainsi désigné est proche d'*Heteraster couloni* par son contour cordiforme; sa face supérieure assez renflée; son sillon antérieur profond, échancrant fortement l'ambitus; son apex légèrement postérieur; ses ambulacres antérieurs pairs écartés de l'ambulacre impair; ses ambulacres postérieurs nettement infléchis vers l'arrière et relativement longs.

Quelques traits, cependant, lui confèrent une individualité certaine:

— *l'ambulacre impair* présente une structure intermédiaire entre les types «*Heteraster*» et «*Enallaster*» (*fig.* 155 c): les pores internes arrondis sont légèrement décalés vers l'extérieur par rapport aux pores internes oblongs; les pores externes courts

sont 2 à 3 fois plus petits que les pores externes longs et beaucoup plus rapprochés du pore interne. Les paires à pores courts sont nombreuses: il y en a une pour une ou deux paires à pores longs. Toutes les plaques à petits zygopores sont occluses;

— *les ambulacres antérieurs pairs* sont légèrement déprimés. Les pores postérieurs externes sont trois fois plus longs que les pores antérieurs externes *(fig.* 155 b). Une hétérogénéité très accusée affecte les zones antérieures; une paire à petits pores rapprochés alterne avec 3 à 4 paires de pores longs, plus écartés;

— *les ambulacres postérieurs* sont déprimés et composés de pores identiques à ceux des pétales antérieurs. La zone antérieure est droite; la zone postérieure est arqué et très lancéolée (*fig.* 155 d);

— *le périprocte* ovale, longitudinal, s'ouvre au sommet d'une aréa sous-anale bien délimitée et profondément déprimée;

— *la face inférieure* est renflée, principalement au plastron, et le péristome, ovale et transverse, se place très près du bord antérieur (aux 27/100 de la longueur).

Notons enfin que cet Echinide possède un appareil apical compact à madréporite peu étendu (*fig.* 155 a). L'ocellaire IV est exserte.

Répartition stratigraphique et gisements

Heteraster aff. *couloni* a été recueilli dans les couches à Orbitolines et *Heteraster oblongus* du passage Barrémien-Aptien, au signal de Calhau do Corvo.

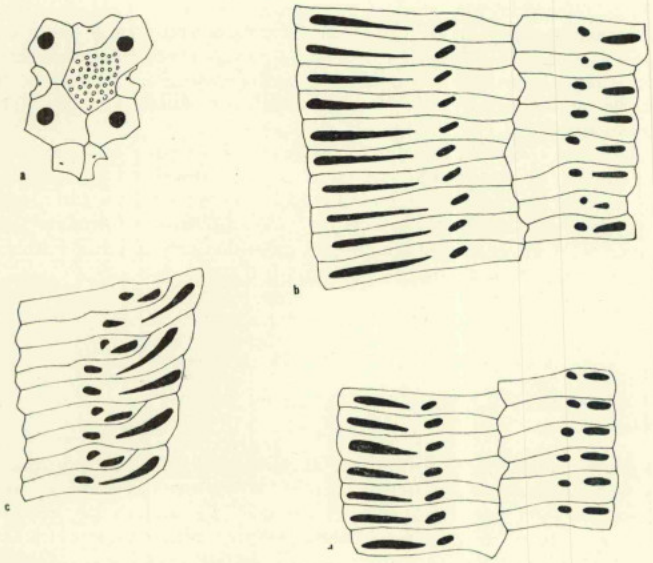


FIGURE 155. — *Heteraster* aff. *couloni* (AGASSIZ). Echantillon n° CC 371.

a: appareil apical; × 10 environ.
b: ambulacre antérieur gauche; × 10 environ.
c: ambulacre impair; × 10 environ.
d: ambulacre postérieur gauche; × 10 environ

Degré d'évolution et phylogénie

Heteraster aff. *couloni*, plus récent que *H. couloni*, paraît en accentuer les caractères: les pores postérieurs externes des pétales pairs s'allongent, la différenciation entre zones antérieures et postérieures s'accuse, les paires à petits pores du pétale impair augmentent en nombre et deviennent beaucoup plus petites que les paires à grands pores, l'aréa sous-anale se creuse, le plastron se renfle. Ces transformations traduisent une plus forte différenciation fonctionnelle des podias et une meilleure adaption au mode de vie enfoui. Il est donc probable que cet Echinide procède directement d'*Heteraster couloni* dont il constitue une variété plus évoluée.

HETERASTER DELGADOI DE LORIOL 1884

(*fig.* 156)

1884. *Enallaster delgadoi*, DE LORIOL (p. 619, pl. 34, fig. 1-4).
1887. *Enallaster delgadoi*, DE LORIOL (p. 377, pl. 16, fig. 4-5).
1888. *Enallaster delgadoi*, DE LORIOL (1887-1888, p. 87, pl. 16, fig. 1-4).
1893. *Enallaster delgadoi*, COTTEAU (p. 357).
1902. *Heteraster delgadoi*, LAMBERT (p. 19, pl. 1, fig. 16).
1922. *Heteraster delgadoi*, LAMBERT (. 16).
1960. *Heteraster delgadoi*, A. DEVRIÈS (1960 a, p. 79).

Description

Cette espèce fut créée au Portugal, puis rapidement reconnue en divers points de la Mésogée (Espagne, Syrie, Liban). Elle a donc été décrite en détail. Je rappellerai, parmi ses caractères distinctifs essentiels; l'apex légèrement excentrique vers l'arrière, compact, élargi transversalement, à ocellaire IV exserte et madréporite en contact, soit avec les génitales 1 et 4, soit avec les ocellaires postérieures (*fig.* 156); le sillon impair large et profond; l'ambulacre impair de type «Enallaster» avec alternance régulière, de 2 en 2, de grands et petits zygopores, ces derniers portés par des plaques amincies au bord externe; les ambulacres antérieurs pairs flexueux, à zones antérieures composées de paires espacées de pores punctiformes et zones postérieures à pores externes très allongés et pores internes oblongs; les ambulacres postérieurs ovales, lancéolés, courts, à pores externes allongés dans les deux zones; le périprocte transverse.

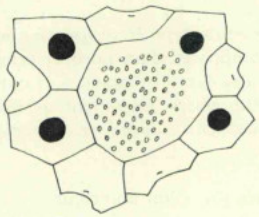
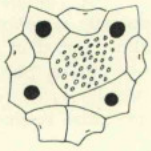


FIGURE 156. — *Heteraster delgadoi* DE LORIOL. Structures de l'appareil apical; × 13 environ. Echantillons du Barrémien supérieur de Crismina.



Répartition stratigraphique et gisements

Heteraster delgadoi abonde au Cénomanien. L'espèce est cependant connue dès le Crétacé inférieur: j'en ai recueilli divers exemplaires dans le Barrémien supérieur

du fort de Crismina et dans l'Aptien de Lopas. Ces individus ne diffèrent en rien des représentants plus récents. L'appareil apical, notamment, est identique (*fig.* 156).

HETERASTER CONSTRICTUS FOURTAU 1921

(*fig.* 157; *pl.* XXII, *fig.* 3 à 6)

1921. *Enallaster constrictus*, FOURTAU (p. 78, pl. 9, fig. 9).
1960. *Heteraster constrictus*, A. DEVRÈS (1960 a, p. 63, pl. 9, fig. 10-17).

Description

Une dizaine d'individus longs de 25 à 30 mm ont été recueillis au Portugal. De l'espèce *constrictus*, ces Echinides possèdent essentiellement:

— *la forme générale* allongée, étroite (1/L varie de 0,91 à 0,93), trapézoïdale à subrectangulaire, élargie à l'avant, tronquée postérieurement, déprimée à la face supérieure, bombée à la face inférieure (H/L est compris entre 0,48 et 0,55);

— *les ambulacres antérieurs* pairs légèrement flexueux, à zones antérieures composées de paires espacées de pores punctiformes et zones postérieures larges, à zygopores serrés, pores internes oblongs et pores externes allongés (*fig.* 157 d);

— *l'appareil apical* faiblement postérieur (aux 60/100 de la longueur), compact, à ocellaire IV exserte et madréporite s'enfonçant assez profondément entre les génitales 1 et 4 sans atteindre les ocellaires postérieures (*fig.* 157 a et 157 b);

— *le plastron* peu renflé;

— *le péristome* pantagonal, trés excentrique vers l'avant (aux 25/100 de la longueur).

La forme portugaise se différencie cependant du type de l'espèce par certains caractères:

— *le sillon impair*, long et peu marqué à la face supérieure, se resserre et s'approfondit à l'ambitus;

— *l'ambulacre impair* possède une structure plus proche du type *Heteraster*» que du type «*Enallaster*» (*fig.* 157 c): les grandes paires sont composées d'un pore externe allongé et d'un pore interne oblong; les petites paires, portées par des plaques occluses, ont un pore interne arrondi et un pore externe en fente, court, fortement décalé vers l'intérieur de l'aire. Tous les pores internes sont alignés. On compte en général une paire secondaire pour deux paires principales;

— *les ambulacres antérieurs pairs* sont très rapprochés du sillon antérieur;

— *les ambulacres postérieurs* sont courts, plus ou moins flexueux et plus ou moins écartés l'un de l'autre. Les pores de la zone antérieure sont punctiformes, très petits; la zone postérieure montre des pores internes oblongs et des pores externes en fente moins allongés que dans les pétales antérieurs (*fig.* 157 e);

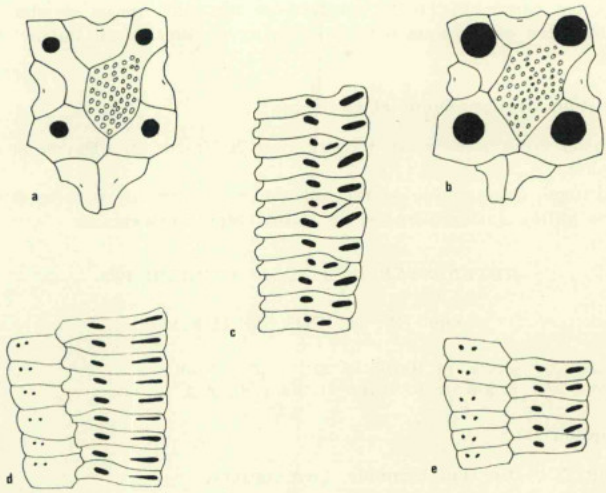


FIGURE 157. — *Heteraster constrictus* FOURTAU.

a: appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° Ca 811.
b: appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° Go 811.
c: ambulacre impair; × 10 environ. Echantillon n° Ca 811.
d: ambulacre antérieur droit; × 10 environ. Echantillon n° Ca 11.
e: ambulacre postérieur droit; × 10 environ. Echantillon n° Ca 811.

— *le périprocte* possède une forme variable, fonction de la forme du test: il est généralement arrondi, mais aussi longitudinal chez les Echinides à face supérieure élevée, et transverse sur les exemplaires aplatis.

Malgré ces différences, je ne pense pas que ces Echinides puissent être séparés d'*Heteraster constrictus* (*). Les quelques nuances décrites sont dûes à un développement dans un bassin différent. Ils illustrent, sous une forme générale identique, un degré d'évolution comparable matérialisé par des structures très voisines.

Rapports et différences

Heteraster constrictus se distingue d'*Heteraster oblongus* par sa forme plus étroite, par son appareil apical moins postérieur, à ocellaire IV toujours exserte et madréporite étendu vers l'arrière, ainsi que par les pores antérieurs punctiformes aux ambulacres pairs.

(*) J'ai pu comparer, avec l'aide de M. le Professor A. DEVRIÈS, les formes portugaises et algériennes. Cette observation a confirmé que tous ces Echinides appartenaient à une seule et même espèce.

Heteraster peroni FICHEUR possède un test plus renflé et plus arrondi, un appareil apical très excentrique vers l'arrière et un ambulacre impair de structure «*Enallaster*».

Répartition stratigraphique et gisements

Heteraster constrictus a été reconnu dans le Vraconien d'Egypte et dans le Gargasien d'Algérie.

Au Portugal, cette espèce se rencontre dans l'Aptien inférieur des environs d'Ericeira (fort de Milregos, Carvoeira) et de Mafra (Monte Godel).

HETERASTER aff. *POMELI* FICHEUR 1900

(*fig.* 158; *pl.* XXII, *fig.* 12 à 15)

1900. *Enallaster pomeli*, FICHEUR (p. 592, pl. 10, fig. 5-8).
1960. *Heteraster pomeli*, A. DEVRIÈS (1960 a, p. 61, pl. 2, fig. 9-15).

Description

MATÉRIEL. — Un seul Echinide, bien conservé.

DIMENSIONS.

L	l	l/L	H	H/L	L ap	L ap/L
25 mm	22,5 mm	0,90	18 mm	0,72	16 mm	0,64

FORME. — Test cordiforme, allongé, élargi au milieu et nettement tronqué à l'arrière. Face supérieure élevée et convexe. Troncature postérieure subverticale. Le sommet du test se place légèrement en arrière de l'appareil apical. Interambulacre impair caréné. Face inférieure très bombée, pourvue d'un fort plastron. Pourtour très arrondi. Sillon impair large et peu profond à la face supérieure, échancrant nettement l'ambitus.

AMBULACRES. — Pétale impair du type «*Enallaster*» (*fig.* 158 d): de grandes paires à pores écartés, l'interne oblong, l'externe allongé, alternent régulièrement avec de petites paires à pores rapprochés, l'interne rond, l'externe oblong. Toutes les plaques sont entières et égales. On compte 30 zygopores par zone.

Les 4 pétales pairs se coupent à angle droit. Ils s'ouvrent à fleur de test. Ambulacres antérieurs pairs proches du pétale impair, peu flexueux. Zones antérieures droites à paires serrées de pores arrondis, les uns punctiformes, les autres plus gros (*fig.* 158 b). Zone postérieure arquée, légèrement lancéolée et recourbée dans les 4 paires les plus proches de l'ambitus, à pores internes oblongs et pores externes allongés. L'espace interporifère et la zone postérieure ont la même largeur dans la partie moyenne de l'aire. Il y a 33 zygopores dans chaque zone.

Ambulacres postérieurs relativement longs et arqués mais non flexueux, les deux zones d'un même ambulacre sont régulièrement divergentes de sorte que les pétales sont ouverts distalement. Zones antérieures à pores arrondis, assez gros, égaux dans chaque paire et homogènes d'un zygopore à l'autre (*fig.* 158 c). Zones postérieures à pores internes oblongs et pores externes un peu plus courts que dans les pétales antérieurs. Il y a 20 paires de pores par zone.

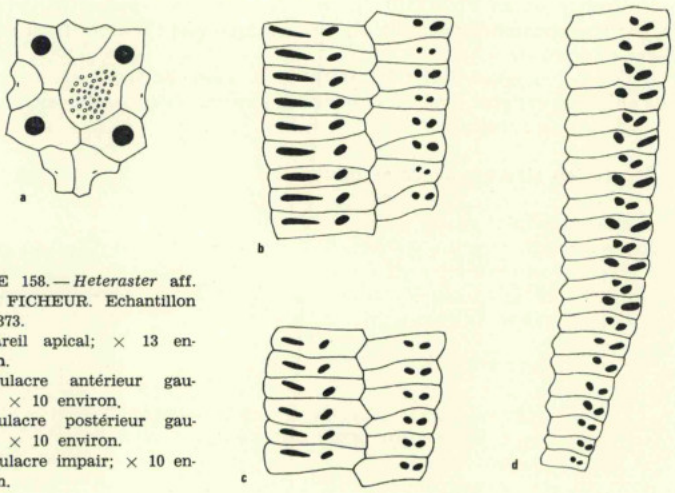


FIGURE 158. — *Heteraster* aff. *pomeli* FICHEUR. Echantillon n° CC 373.
a: appareil apical; × 13 environ.
b: ambulacre antérieur gauche; × 10 environ.
c: ambulacre postérieur gauche; × 10 environ.
d: ambulacre impair; × 10 environ.

APPAREIL APICAL. — Assez excentrique vers l'arrière, compact, les 4 pores génitaux occupant les sommets d'un carré *(fig.* 158 a). Corps madréporique moyennement étendu, limité postérieurement par les génitales 1 et 4. Ocellaire IV exserte.

PÉRIPROCTE. — Longitudinal, situé au sommet d'une aréa sous-anale bien delimitée, déprimée à l'ambitus.

PÉRISTOME. — Il semble proche du bord antérieur.

ORNEMENTATION. — Une fine granulation accompagne de gros tubercules crénelés et perforés, irrégulièrement dispersés, garnissant notamment les espaces interporifères des pétales pairs.

Attribution spécifique

Par divers traits (forme du test, forme et composition des pétales) cet Echinide est très proche d'*Heteraster pomeli.* Un certain nombre de caractères empêche cependant une assimilation totale à l'espèce: *Heteraster pomeli,* plus grand, possède un contour plus cordiforme et polygonal; ses pétales pairs sont plus flexueux; les pores externes des zones antérieures sont légèrement allongés et non punctiformes.

Rapports et différences

Heteraster constrictus est moins arrondi à l'ambitus; sa face supérieure est déprimée et son plastron moins développé; son périprocte est transverse; ses ambulacres pairs sont bien plus flexueux.

Heteraster peroni FICHEUR diffère d'*Heteraster* aff. *pomeli* par son test moins renflé, par son appareil apical bien plus excentrique vers l'arrière et par son sillon impair large et profond.

Heteraster subquadratus GAUTHIER n'est guère échancré antérieurement; son contour antérieur est plus large et arrondi; les zones antérieures et postérieures des ambulacres pairs sont subégales.

Répartition stratigraphique et gisements

Heteraster pomeli est un Echinide de l'Aptien d'Algérie.

Heteraster aff. *pomeli* a été recueilli au passage Barrémien-Aptien, associé à *Heteraster oblongus* et *Heteraster* aff. *couloni*, dans les falaises du signal de Calhau do Corvo. Un Echinide mal fossilisé pouvant appartenir à la même espèce a été trouve dans l'Aptien de Falcão (région d'Ericeira).

HETERASTER OBLONGUS (BRONGNIART) 1821
(pl. XXII, *fig.* 7 à 11)

1821. *Spatangus oblongus*, BRONGNIART (p. 255, pl. 7, fig. A, B, C).
1853. *Heteraster oblongus*, D'ORBIGNY (1853-1860, p. 176, pl. 847).
1857. *Toxaster oblongus*, DESOR (1855-1858, p. 355, pl. 40, fig. 8-9).
1858. *Heteraster oblongus*, PICTET et RENEVIER (p. 152, pl. 21, fig. 3-6).
1873. *Heteraster oblongus*, DE LORIOL (p. 355, pl. 29, fig. 8).
1876. *Heteraster oblongus*, COTTEAU, PÉRON et GAUTHIER (1873-1884, p. 20).
1887. *Heteraster oblongus*, MALLADA (p. 151, pl. 14, fig. 1-5).
1920. *Heteraster oblongus*, LAMBERT (1920 b, p. 23).
1960. *Heteraster oblongus*, A. DEVRIÈS (1960 a, p. 61, pl. 9, fig. 1-6; pl. 14, fig. 10, pl. 17, fig. 1-16 et 26-30, pl. 35, fig. 6).

Description

Les caractères de cette espèce très répandue dans le Crétacé inférieur mésogéen sont bien connus:

— test oblong, subcordiforme, à face supérieure assez déprimée, troncature postérieure subverticale, sillon impair large, peu profond, échancrant fortement l'ambitus et face inférieure plane ou peu renflée, à plastron mal différencié;

— pétale impair de structure «*Heteraster*» typique avec pores internes tous alignés, soit oblongs et égaux, soit, sur quelques individus, arrondis dans les petites paires. Zygopores secondaires généralement portés par des plaques occluses. On compte le plus souvent une petite paire pour deux grandes, mais cette alternance souffre beaucoup d'irrégularités;

— ambulacres antérieurs pairs très longs et flexueux. Zones antérieures extrêmement étroites, à pores très petits, l'interne punctiforme, l'externe punctiforme, oblong ou transverse. Une hétérogénéité très nette des zygopores antérieurs apparaît sur presque tous les individus. Zones postérieures à pores internes oblongs, larges, et pores externes en fente, très allongés;

— ambulacres postérieurs très flexueux et courts, percés de pores identiques à ceux des ambulacres antérieurs: L'inégalité des zygopores antérieurs est, ici aussi, très fréquente;

— appareil apical très excentrique vers l'arrière, compact ou très légèrement allongé, à madréporite limité postérieurement par les génitales 1 et 4. Ocellaire IV soit inserte, soit exserte;

— périprocte transverse;

— péristome rond ou ovale et transverse, très proche de l'ambitus.

Une vingtaine d'exemplaires, de longueur comprise entre 22 et 45 mm, ont été recueillis au Portugal. Les grands échantillons montrent tous les caractères de l'espèce. Cependant, comme en Espagne [LAMBERT, 1902, p. 18], la majorité des individus possède une taille inférieure à la moyenne communément citée; ils se raprochent quelque peu d'*Heteraster peroni* par leur forme plus courte et leur pétale impair à structure voisine du type *«Enallaster»*. L'aspect général évoque cependant plus *H. oblongus* que *H. peroni;* il a guidé ma détermination.

Répartition stratigraphique et gisements

Heteraster oblongus a été cité dans le Barrémien supérieur et l'Aptien des Alpes, de Provence et de Tunisie, dans l'Aptien d'Espagne, de Syrie, du Liban et d'Egypte. Il serait connu en Algérie depuis le Barrémien inférieur jusqu'à l'Aptien.

Au Portugal, les représentants de l'espèce sont nombreux au passage Barrémien-Aptien et dans le Bédoulien du fort de Crismina. D'autres échantillons ont été recueillis dans des formations contemporaines au N de Praia do Guincho, à Cobre, au signal de Calhau do Corvo et à Ericeira.

HETERASTER PERONI FICHEUR 1900
(fig 159)

1900. *Enallaster peroni*, FICHEUR (p. 590, pl. 10, fig. 1-4).
1960. *Heteraster peroni*, A. DEVRIÈS (1960 a, p. 61, pl. 10, fig. 9-16; pl. 14, fig. 1-9).
1960. *Heteraster peroni*, A. DEVRIÈS (1960 b, p. 74).

Description

Je désigne ainsi un groupe d'Echinides qui se rattachent à *Heteraster peroni* par le test cordiforme, élargi antérieurement et tronqué postérieurement; par le périprocte transverse; par le péristome rond ou pentagonal; par l'appareil apical compact, de petite taille, à madréporite peu étendu, ocellaire IV exserte et génitales 1 et 4 contiguës (*fig.* 159 a); par l'ambulacre impair de type *«Enallaster»*, à plaques toutes entières portant, les unes de grandes paires à pores très écartés, les autres de petites paires à pores très rapprochés et séparés par un granule (*fig.* 159 b); par les ambulacres antérieurs pairs longs, flexueux, ouverts à leur extrémité, composés d'une zone antérieure à pores punctiformes très petits, en circonflexe (*) et d'une zone postérieure à pores externes très allongés et pores internes oblongs (*fig.* 159 c); par les ambulacres postérieurs courts très divergents l'un par rapport à l'autre, presque transverses, ouverts distalement, à zones antérieures arquées constituées de pores beaucoup plus développés que dans les pétales antérieurs, et zones postérieures flexueuses (*fig.* 159 d).

(*) L'un des échantillons (Er 853) possède une dissymétrie remarquable des ambulacres: le pétale antérieur droit montre une zone externe à pores punctiformes égaux; le pétale antérieur gauche présente une zone externe à pores hétérogènes: certains pores sont punctiformes et d'autres très petits mais allongés. Plusieurs plaques ne sont pas perforées.

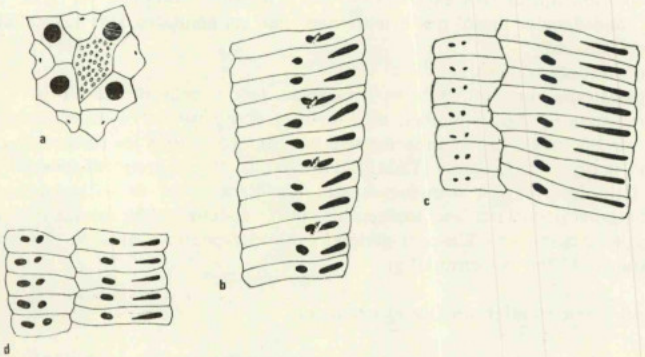


FIGURE 159. — *Heteraster peroni* FICHEUR.
a: appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° Fa 111.
b: ambulacre impair; × 10 environ. Echantillon n° Er 853.
c: ambulacre antérieur droit; × 10 environ. Echantillon n° Er 853.
d: ambulacre postérieur droit; × 10 environ. Echantillon n° Er 853.

Variations

Plusieurs formes jeunes, à plaques génitales perforées, ont été recueillies. Elles ne se distinguent des adultes, outre la taille, que par un apex moins postérieur et par une hétérogénéité moins accusée des zygopores de l'ambulacre impair. L'évolution de ce pétale avec l'âge, déjà décrite par A. DEVRIÈS [1960 a, p. 77, pl. 14, fig. 1-6; 1960 b, p. 75] a pu être observée: sur les individus les plus jeunes les pores externes des grandes paires sont proportionnellement beaucoup plus proches l'un de l'autre que sur les adultes; *le structure* «Enallaster» *de l'ambulacre impair semble donc acquise par le développement latéral des plaques, tant vers le milieu de l'aire que vers le bord externe de l'ambulacre, à partir de l'espace compris entre les deux pores de chaque paire.*

Attribution spécifique

Ces individus s'écartent de l'*Heterastter peroni* typique et diffèrent les uns des autres par leur forme générale, ainsi que par la position de l'apex et du péristome: l'un d'eux (Cr 273) se caractérise par un appareil apical très excentrique vers l'arrière, une face supérieure conique et fortement déclive vers l'avant et par une gouttière antérieure profonde. Deux autres exemplaires possèdent un apex faiblement postérieur; la face supérieure est déprimée chez l'un (Er 853) et assez renflée chez l'autre (Fa 111) qui, de plus, présente un péristome relativement éloigné de l'ambitus. Toutes ces formes appartiennent cependant au groupe d'*Heteraster peroni*, comme l'a prouvée la comparaison avec des représentants typiques de l'espèce appartenant à M. le Professeur A. DEVRIÈS.

Rapports et différences

Heteraster peroni diffère *d'Heteraster oblongus* par son ambulacre impair de type *«Enallaster»* et par son sillon antérieur plus profond.

Répartition stratigraphique et gisements

Heteraster peroni est un Echinide de l'Aptien d'Algérie.

Cette espèce a été découverte au Portugal dans l'Aptien du fort de Crismina et de la région d'Ericeira (village d'Ericeira, falaises de Falcão, São Julião, fort de Milregos et Carvoeira).

HETERASTER CRISMINENSIS DE LORIOL 1888
(*fig.* 160)

1888. *Enallaster crisminensis*, DE LORIOL (1887-1888, p. 90, pl. 16, fig. 5).
1960. *Heteraster crisminensis*, A. DEVRIÈS (1960 a, p. 79).

Description

Un seul Echinide, ayant servi d'holotype, était connu jusqu'ici. Ses caractères sont les suivants:

— test cordiforme, peu arrondi, très rétréci et tronqué à l'arrière;

— face supérieure subconique;

— appareil apical excentrique vers l'avant, assez allongé, à ocellaire IV exserte et madréporite limité postérieurement par les génitales 1 et 4 (*fig.* 160 a);

— sillon impair peu profond;

— ambulacre impair à structure «*Heteraster*» comportant une petite paire tous les 3 zygopores (*fig.* 160 c);

— pétales antérieurs pairs dirigés vers l'avant, arqués, à zones antérieures composées de petits pores punctiformes et zones postérieures à pores internes oblongs, pores externes allongés (*fig.* 160 d);

— pétales postérieurs ovales, à zones arquées, percés de pores identiques à ceux des pétales antérieurs (*fig.* 160 e).

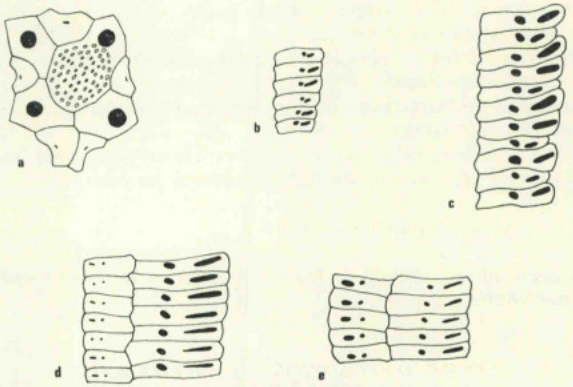


FIGURE 160. — *Heteraster crisminensis* DE LORIOL.
a: appareil apical; × 13 environ. Echantillon n° Cr 503.
b: ambulacre impair d'une forme jeune; × 10 environ. Echantillon n° Cr 501.
c: ambulacre impair d'une forme adulte; × 10 environ. Echantillon n° Cr 503.
d: ambulacre antérieur droit; × 10 environ. Echantillon n° Cr 503.
e: ambulacre postérieur droit; × 10 environ. Echantillon n° Cr 503.

J'ai recueilli un petit Echinide fragmentaire, de 12 mm de long, appartenant à la même espèce. La forme et la composition de l'appareil apical et des ambulacres pairs ne diffèrent en rien de ceux de l'holotype. L'ambulacre impair présente les caractères d'une forme jeune: les pores sont encore très rapprochés dans une même paire et séparés par un renflement granuliforme; toutes les plaques sont entières; on distingue cependant fort bien des pores externes courts et d'autres plus longs (*fig.* 160 b). La différence la plus notable avec l'holotype concerne la forme, probablement indépendante du stade de croissance: la face supérieure est assez déprimée, nettement moins déclive et plus arrondie vers l'avant que dans l'échantillon décrit par DE LORIOL.

Je possède un autre exemplaire de 17 mm de long qui paraît montrer tous les caractères de l'espèce, telle qu'elle fut définie par DE LORIOL, à l'exception de la position légèrement postérieure du sommet ambulacraire, de la forme carrée du système apical et de la face supérieure plutôt convexe et arrondie que conique.

Ces nouvelles observations me permettent de proposer la diagnose suivante:

Contour cordiforme, à troncature postérieure nette. Sillon impair peu profond. Appareil apical tétrabasal à ocellaire IV exserte et génitales 1 et 4 contiguës. Ambulacre impair de type «Heteraster». *Pétales antérieurs pairs peu arqués, presque droits, à zones antérieures très étroites. Pétales postérieurs ovales et non flexueux.* Il conviendrait peut-être d'ajouter la position subcentrale, légèrement antérieure ou légèrement postérieure, de l'appareil apical.

Rapports et différences

Cette petite espèce semble bien individualisée par rapport aux formes jeunes des autres *Heteraster* connus au Portugal.

Elle diffère d'*Heteraster peroni* par son ambulacre impair de type *«Heteraster»* et par ses ambulacres pairs bien moins flexueux et moins ouverts distalement.

Elle se distingue d'*Heteraster oblongus* par son sommet ambulacraire subcentral.

Le contour d'*Heteraster couloni* et *H.* aff. *couloni* est plus arrondi; ces deux espèces ont des ambulacres plus flexueux.

Heteraster constrictus est plus étroit; sa face supérieure est plus déprimée; l'apex est postérieur; l'ambulacre impair est du type *«Enallaster»*.

La composition de l'ambulacre impair permet aussi de distinguer *Heteraster crisminensis* d'*Heteraster* aff. *pomeli*.

Enfin, *Heteraster lepidus* s'écarte d'*Heteraster crisminensis* par ses zones antérieures et postérieures bien moins inégales aux ambulacres pairs.

Répartition stratigraphique et gisements

Un seul gisement est connu à ce jour: il se situe au fort de Crismina et date du passage Barrémien-Aptien.

DEGRÉ D'ÉVOLUTION ET PHYLOGÉNIE DES HETERASTER DE L'APTIEN

Le genre *Heteraster* est représenté dans l'Aptien portugais par 7 espèces: *H.* aff. *couloni*, *H. constrictus*, *H.* aff. *pomeli*, *H. oblongus*, *H. peroni*, *H. crisminensis* et *H. delgadoi* (cette dernière apparue au Barrémien terminal).

Deux tendances évolutives avaient été notées dès l'apparition du groupe:

— tendance à la différenciation des zones antérieures et postérieures dans les pétales pairs;

— tendance à la différenciation des zygopores dans le pétale impair et dans les zones antérieures des pétales pairs.

Elles se maintiennent ou s'accusent à l'Aptien.

1° *Différenciation des zones antérieures dans les pétales pairs.*

La différenciation des zones antérieures des pétales pairs, traduisant une spécialisation des pieds ambulacraires, s'accentue à l'Aptien: les pores des zones antérieures, laissant le passage à des podias sensitifs (un podia par paire de pores) deviennent très petits, punctiformes; les pores des zones postérieures s'allongent fortement, principalement le pore externe, et permettent une augmentation de surface des podias branchiaux. Cette hétéropodie se marque plus fortement aux ambulacres antérieurs qu'aux ambulacres postérieurs où les deux zones sont moins inégales.

2° *Différenciation des zygopores de l'ambulacre impair et des zones antérieures des ambulacres pairs.*

L'hétérogénéité du pétale impair, liée à une différenciation fonctionnelle des podias, est parfaitement réalisée à l'Aptien. On distingue deux types de zygopores: les uns, à pores externes peu étendus, proche des pores internes, correspondent à des podias ayant plus ou moins conservé le rôle tactile et préhenseur primitifs; les autres possèdent des pores externes très allongés, éloignés des pores internes et traversés par des podias à fonction respiratoire. Cette hétérogénéité peut s'effectuer de deux manières:

— soit par alignement des pores sur 3 rangs; c'est la structure *«Heteraster»* connue chez *H.* aff. *couloni, H. constrictus, H. oblongs* et *H. crisminensis;*

— soit par alignement des pores sur 4 rangs; c'est la structure *«Enallaster»* que l'on recontre chez *H. delgadoi, H.*aff. *pomeli* et *H. peroni.*

Ces deux types d'organisation paraissent devoir s'expliquer par deux modes d'allongement différents des plaques à grands zygopores: dans la structure *«Heteraster»* la plaque et le pore externe se développent latéralement vers l'xtérieur de l'aire ambulacraire; dans la structure *«Enallaster»* la plaque s'étend à la fois vers l'extérieur et vers l'axe du pétale; le pore interne se déplace alors vers l'intérieur, l'externe vers l'extérieur et l'espace séparant les deux pores s'élargit. Des stades intermédiaires existent entre ces deux structures. La subdivision des *Heteraster* en deux groupes séparés se plaçant sur deux rameaux évolutifs distincts ne se justifie donc pas.

Les zones antérieures des pétales pairs présentent la même différenciation des zygopores que l'ambulacre impair. Par conséquent, elles sont soumises à deux tendances évolutives différentes et même opposées: diminution de la taille des pores et hétérogénisation des paires de pores. En fait, ce deuxième phénomène, quoique encore perceptible à l'Aptien, ne s'accentue pas et se trouve dominé par le premier, de sorte que l'inégalité des zygopores antérieurs pairs observée sur les *Heteraster* hauteriviens et barrémiens persiste chez les Echinides aptiens, mais elle paraît plus faible car elle affecte des pores de très petite dimension.

D'autres caractères soumis à l'évolution peuvent être notés chez les Spatangidés de l'Aptien:

3° Une meilleure adaptation à la vie fouisseuse se traduit par un approfondissement de la gouttière antérieure. Ce trait est particulièrement net chez *H.* aff *couloni, H. delgadoi, H. constrictus, H. peroni* et *H. oblongus.*

4° L'appareil apical montre à l'Aptien diverses structures:
— apex alongé, à ocellaire IV inserte ou exserte, connu, à titre individuel, *chez H. oblongus;*
— apex légèrement alongé, à ocellaire IV exserte, de l'holotype de *H. crisminensis;*
— apex compact, à ocellaire IV exserte et génitales 1 et 4 contigües; cette structure, la plus répandue, se présente chez *H.* aff. *couloni, H. constrictus, H.* aff. *pomeli, H. peroni,* et chez quelques exemplaires de *H. oblongus* et *H. crisminensis;*
— apex élargi, à madréporite limité postérieurement, soit par les deux génitales postérieures, soit par les ocellaires I et V. Cette structure apparaît dès le Barrémien terminal chez *H. delgadoi.* Elle correspond à un stade plus évolué qui prendra toute son extension à l'Albien et au Cénomanien [A. DEVRIÈS, 1960 a, p. 83].

Il est assez illusoire de vouloir établir la filiation de ces différents *Heteraster.* Certains cas, cependant, paraissent clairs:

— Nous avons vu que *H.* aff. *couloni* ne représente qu'un stade plus évolué de *H. couloni.*

— *Toxaster exilis* et *Heteraster crisminensis* sont très proches l'un de l'autre par la forme du test, le dessin des ambulacres et la position de l'appareil apical. Les seuls caractères qui les séparent sont ceux soumis à l'évolution: différenciation entre zones antérieures et postérieures des pétales pairs et hétérogénéité de l'ambulacre impair. On peut donc penser qu'*Heteraster crisminensis* procède directement de *Toxaster exilis.*

— La ressemblance est grande entre *Heteraster lepidus* et *H. delgadoi:* forme du test, forme et disposition des pétales, situation de l'apex sont tout à fait comparables. L'inégalité plus accusée des zones de chaque pétale pair chez *H. delgadoi* peut s'expliquer par une position plus élevée du second sur l'axe évolutif. Enfin, l'ambulacre impair est du type *«Heteraster»* chez *H. lepidus,* du type *«Enallaster»* chez *H. delgaloi;* nous avons vu que ce trait n'était pas la preuve d'un développement évolutif sur deux rameaux distincts. Je pense donc que *H. lepidus* et *H. delgadoi* ont leur origine dans un tronc commun.

Plus délicate à reconstituer est la phylogénie de *H.* aff. *pomeli, H. constrictus, H. peroni* et *H. oblongus.* Cependant, de simples modifications effectuées dans le sens d'une évolution plus poussée pourrait permettre, semble-t-il, le passage des *Heteraster* hauteriviens (*H. algueirensis, H. corvensis, H. sabugensis*) à ces Echinides aptiens. Si la forme du test et des ambulacres constituait un caractère permanent le long d'une même lignée (et l'analyse de *Toxaster exilis* et *Heteraster crisminensis* paraît le prouver), on pourrait relier *H. constrictus* et *H. constrictus* et *H.* aff. *pomeli* à *H. algueirensis, H. peroni* et *H. oblongus* à *H. corvensis* ou *H. sabugensis.* Ce ne sont cependant là que des hypothèses difficiles à confirmer en l'absence de jalons intermédiaires.

L'ÉVOLUTION DES TOXASTERIDAE

DANS LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR PORTUGAIS

Retraçons brièvement le schéma évolutif des *Toxasteridae* au Portugal tel que nous l'avons élaboré, pas à pas, au cours de l'étude des différentes espèces (*tableau* 23):

Les premiers Spatangidés datent du Valanginien supérieur et de l'Hauterivien inférieur (*Toxaster casterasi, T.* aff. *subcavatus, T. granosus*). Ces Echinides, très différents les uns des autres, se placent probablement sur diverses lignées. Ils matérialisent

un même degré d'évolution principalement défini par une égalité des zones antérieures et postérieures aux pétales pairs. Ils pourraient descendre de *Toxaster rochi*, Echinide du Berriasien marocain.

A l'Hauterivien supérieur apparaissent, dans le prolongement de *Toxaster granosus*, *T. retusus*, d'une part, et *T. exilis*, d'autre part. Cette dernière espèce est une forme-clé dans l'évolution des *Toxasteridae* portugais; elle montre en effet une tendance à divers modes d'hétéropodie préfigurant les structures du genre *Heteraster*. On peut donc penser que *Toxaster exilis* se situerait sur l'axe d'où se détache le genre *Heteraster*. Un stade primitif de l'espèce aurait donné naissance aux *Heteraster* de l'Hauterivien terminal à hétérogénéité des zygopores du pétale impair encore faible et inégalité des zones ambulacraires paires peu accusée, *H. algueirensis*, *H. corvensis* et *H. sabugensis*.

Deux modes d'organisation des *Toxasteridae* coexistent au Barrémien:
— le mode *Toxaster*, réalisé dans *T.* aff. *ricordeaui*, forme proche de *T. exilis* dont il pourrait procéder;
— le mode *Heteraster* qui tend à s'affirmer. Les caractères en sont encore instables au Barrémien inférieur: *Heteraster lepidus* présente de grandes variations intraspécifiques; certains individus ont une organisation avancée; d'autres ont conservé des structures primitives. *H. lepidus* pourrait être issu de *Toxaster exilis*. Il donnerait naissance, au Barrémien moyen et supérieur, à des formes stables offrant des caractères génériques très marqués et des variations individuelles limitées, *Heteraster couloni* et *H. delgadoi*.

Il n'y a pas de *Toxaster* dans l'Aptien du Portugal. Le genre *Heteraster*, par contre, est représenté par un nombre relativement élevé d'espèces qui pourraient provenir, soit directement de *Toxaster exilis* (*Heteraster criminensis*), soit d'*Heteraster couloni* (*H.* aff. *couloni*), soit des *Heteraster* primitifs hauteriviens (*H.* aff. *pomeli*, *H. constrictus*, *H. oblongus*, *H. peroni*). La différenciation des pores, des zones et des ambulacres est extrêmement accusée. L'ambulacre impair se présente sous deux formes: soit avec la structure «*Heteraster* s.s.» (*H.* aff. *couloni*, *H. constrictus*, *H. oblongus*, *H. crisminensis*), soit avec la structure «*Enallaster*» (*H. delgadoi*, *H. peroni*, *H.* aff. *pomeli*); il n'y a pas cloisonnement entre ces deux structures connues depuis l'Hauterivien terminal; elles ne matérialisent pas des lignés distinctes.

L'analyse de cette succession et des caractères des diverses espèces appelle un certain nombre de remarques:

1° *Les* Toxasteridae *ont suivi au Portugal la même évolution que dans les autres contrées du monde*, telle l'Algérie [A. DEVRIÈS, 1960 a]. *Les mêmes étapes ont été approximativement franchies aux mêmes époques*. Cette évolution permet essentiellement à l'organisme de mieux répondre aux exigences d'une vie enfouie. C'est ainsi que la gouttière antérieure tend à s'approfondir, que le plastron se renfle et, surtout, que les podias ambulacraires se spécialisent: les uns s'élargissent pour développer une fonction respiratoire; les autres, cylindriques, ont une fonction sensitivé et tactile. Ainsi, les zygopores ambulacraires deviement dissemblables: les uns sont composés de pores ronds, les autres de pores en fentes. Cette différenciation entraîne une hétérogénisation, soit des divers pétales ambulacraires, soit des deux zones de chaque ambulacre, soit des zygopores d'une même zone ambulacraire. Elle est au cours des temps de plus en plus forte, de plus en plus complexe et de plus en plus étendue. Elle tend, d'une manière générale, à

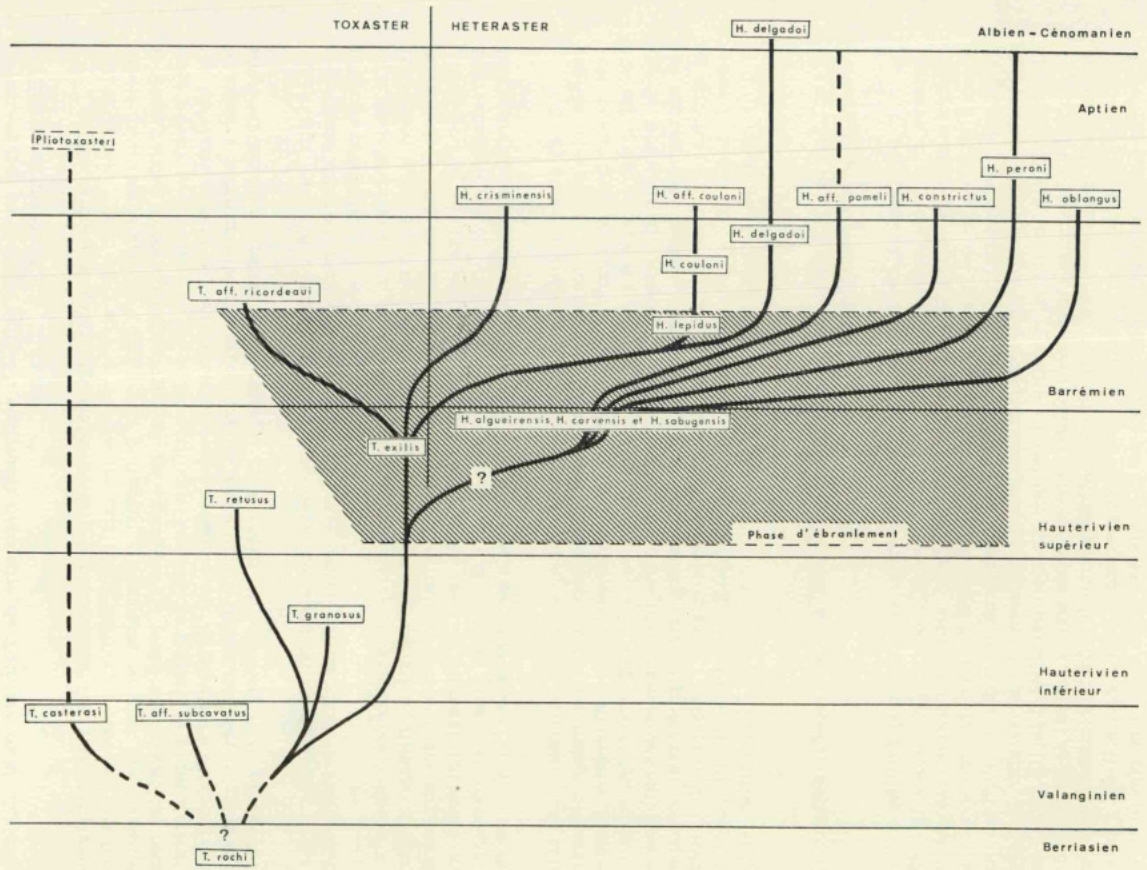


TABLEAU 23 — *Essai de reconstitution de la phylogénie des* Toxasteridae *dans le Crétacé inférieur du Portugal.*

accorder un rôle respiratoire aux podias des zones postérieures des pétales pairs et un rôle sensoriel et préhenseur aux podias des zones antérieures des pétales pairs, ainsi qu'à tout ou partie du pétale impair. Par exemple, les pétales sont subégaux au Valanginien supérieur et à l'Hauterivien avec, parfois, un ambulacre impair et des zones antérieures d'ambulacres pairs légèrement plus étroits; tous les zygopores d'une même zone sont identiques. Par ailleurs, les pores internes sont un peu plus courts que les externes. C'est le cas de *Toxaster casterasi*, *T.* aff. *subcavatus*, *T. granosus* et *T. retusus*. A la fin de l'Hauterivien, l'inégalité entre pétale impair et pétales pairs, zones antérieures et zones postérieures, s'accentue chez toutes les espèces de la famille. Certaines, du genre *Toxaster*, possèdent encore un ambulacre impair homogène (*T. exilis*). Chez d'autres apparaît un dimorphisme des zygopores de l'ambulacre impair et des zones antérieures des ambulacres pairs, propre au genre *Heteraster* (*H. algueirensis*, *H. corvensis*, *H. subugensis*). Le Barrémien et l'Aptien voient s'exagérer cette différenciation des ambulacres, des zones, des zygopores et des pores.

A. DEVRIÈS [1960 a] a par ailleurs décrit une évolution de l'appareil apical, d'abord allongé à ocellaire IV rentrant, puis allongé à ocellaire IV exsert, compact à génitales 1 et 4 contiguës et, enfin, compact é génitales 1 et 4 séparées. Ce sens général d'évolution se retrouve chez les *Toxasteridae* du Crétacé inférieur portugais: l'appareil est allongé, à madréporite peu étendu, chez les espèces primitives; il devient ensuite compact et le corps madréporique se développe vers le centre, le bord gauche et le bord postérieur du système apical. On ne doit cependant pas donner un sens absolu et catégorique à cette transformation du sommet ambulacraire: le corps madréporique peut être vaste et séparer les génitales postérieures chez des *Toxasteridae* anciens (*Toxaster* aff. *subcavatus* du Valanginien); il est par contre relativement étroit chez des formes plus récentes (*Heteraster constrictus*); d'importantes variations individuelles peuvent, en outre, être observées (*Heteraster lepidus*).

2° *Cette évolution affecte une faune de* Toxasteridae *spécifiquement lusitanienne.* 19 formes sont connues dans le Crétacé inférieur lusitanien. Sur ce nombre, 8 sont propres au Portugal (*Toxaster casterasi*, *Toxaster exilis*, *Toxaster exilis* var. *ribamarensis*, *Heteraster sabugensis*, *Heteraster corvensis*, *Heteraster algueirensis*, *Heteraster lepidus*, *Heteraster crisminensis*). Une espèce (*Heteraster delgadoi*) a pris naissance au Portugal et s'est disséminée tardivement dans la Mésogée. 4 se rapprochent d'espèces décrites en d'autres points du globe (Alpes, Bassin de Paris, Afrique du Nord...) mais diffèrent des holotypes par quelques points essentiels (*Toxaster* aff. *subcavatus*, *Toxaster* aff. *ricordeaui*, *Heteraster* aff. *couloni*, *Heteraster* aff. *pomeli*). 6 Echinides, enfin, appartiennent à des espèces citées ailleurs, soit en Europe, soit en Afrique du Nord (*Toxaster granosus*, *Toxaster retusus*, *Heteraster couloni*, *Heteraster constrictus*, *Heteraster oblongus*, *Heteraster peroni*). Mais on admet pour ces derniers Oursins un important polymorphisme et quelques nuances les séparent généralement d'un bassin à l'autre. Une apparition sur place de certaines de ces espèces me paraît donc concevable (*): le nombre de formes possibles et de structures réalisables est relativement limité chez les *Toxasteridae;* comme, de plus, l'évolution est similaire dans les différentes régions du monde, l'existence de deux Echinides identiques dans deux bassins différents pourrait être le fait, non de migrations mais de «convergences» de forme: ces deux Oursins matérialisent un même stade évolutif réalisé sous deux formes identiques à

(*) Cette idée fut déjà avancée par A. DEVRIÈS [1960 a, p. 99].

partir d'une proche ascendance différente, sur deux rameaux parallèles mais non confondus (*). Ainsi, la présence d'*Heteraster oblongus* au Portugal ne serait pas dûe à un apport depuis les Alpes, l'Afrique du Nord ou l'Espagne, mais à une évolution sur place: *H. oblongus* pourrait être issu au Portugal d'*Heteraster sabugensis* ou *H. corvensis*, tandis qu'il descendrait en Afrique du Nord d'un *Heteraster oblongus* très primitif [A. DEVRIÈS, 1960 a, p. 92]. Ces types ancestraux du Portugal et d'Algérie possèdent des formes très comparables. On peut donc admettre que leurs évolutions suivant les mêmes règles et atteignant un même degré aboutissent à deux *Heteraster oblongus* très voisins. L'hypothèse ainsi avancée ne doit cependant pas être érigée en loi absolue ni systématiquement apliquée. Il est bien certain qu'il ne faut pas exclure la possibilité de migrations. J'estime seulement qu'un deuxième mode d'apparition d'espèces en un lieu donné peut, dans quelques cas précis, être envisagé.

3° *Le passage du genre* Toxaster *au genre* Heteraster *s'est effectué au Portugal par l'intermédiaire de jalons propres à ce bassin,* à savoir *Toxaster exilis, Heteraster algueirensis, Heteraster corvensis* et *Heteraster sabugensis.* Le lien entre les deux genres est différent dans les autres régions: il serait matérialisé dans le domaine américain par *Toxaster roulini,* dans le domaine alpin par *Toxaster verrani,* dans le domaine africain par des formes voisines de *Toxaster rochi.* La conclusion que l'on peut dégager fut déjà énoncée par A. DEVRIÈS [1960 a, p. 99]: «la naissance sur place et dans des régions bien délimitées du genre *Heteraster* n'est pas invraissemblable».

4° *Les* Toxasteridae *ont vécu, en alternance, des phases de crise au cours desquelles se sont manifestées de nouvelles tendances évolutives et prirent naissance des modes nouveaux d'organisation, et des phases de stabilité durant lesquelles les structures précédemment créées s'affirmèrent et se développèrent.* Autrement dit, des périodes à évolution cladogénétique prédominante alternent avec des périodes à évolution purement anagénétique (**). C'est ainsi qu'au Portugal un certain nombre de lignées bien différenciées sont connues au Valanginien et à l'Hauterivien inférieur, période calme, d'anagenèses. L'une de ces lignées est soumise, à l'Hauterivien supérieur et au Barrémien inférieur, à un «ébranlement» [DOUBININE, 1953]: des cladogenèses déterminent l'apparition des divers rameaux du genre *Heteraster* (***). Aucune autre lignée ne se crée au Barrémien supérieur et à l'Aptien, nouvelle période de stabilité durant laquelle se maintiennent différents axes préétablis.

Ces diverses remarques me permettent d'avancer la conclusion suivante:

Le développement des Toxasteridae *dans un bassin relativement isolé, sans apports extérieurs importants, revêt quelques aspects particuliers mais il est soumis aux lois générales de l'évolution de la famille. Les principales étapes sont franchies presque simultanément dans le monde, au cours de phases de crise, avec des jalons différents suivant les régions. A un même âge correspond dans les divers bassins un même degré d'évolution traduit par des formes similaires.*

(*) Il convient de rappeler en outre combien sont limitées les données que nous possédons sur ces espèces paléontologiques. Une connaissance plus complète des organismes — et notamment des parties molles — permettrait peu-être de distinguer plusieurs espèces zoologiques dans des formes identiques par leurs tests et issues de bassins différents.

(**) Les termes de cladogenèse et d'anagenèse étant employés dans le sens donné par J. S. HUXLEY [1958] et repris par H. TINTANT [1970].

(***) Une phase de crise analogue aurait pu provoquer au Berriasien ou au Valanginien inférieur l'apparition des diverses structures du genre *Toxaster*. Il n'en reste cependant aucun témoin au Portugal.

CHAPITRE TROISIÈME

BIOSTRATIGRAPHIE ET ÉCOLOGIE DES ÉCHINIDES

J'ai étudié dans ce travail 69 Echinides du Crétacé inférieur. 39 d'entre eux sont cités pour la première fois au Portugal (tableaux 24 et 25). Il convient d'ajouter à cette liste des faunes portugaises 6 espèces décrites par DE LORIOL [1887-1888] et que je n'ai pu retrouver: *Rhabdocidaris lacertosa* DE LORIOL, *Rhabdocidaris insueta* DE LORIOL), *Phymosoma microstomum* (DE LORIOL), *Pedina rotularis* (DE LORIOL), *Trochotiara delgadoi* (DE LORIOL), provenant toutes de l'Hauterivien de Mexilhoeira, et *Psephechinus camarensis* (DE LORIOL) de l'Hauterivien de Casais da Cambra. La distribution de ces Echinides dans l'espace et dans le temps appelle un certain nombre de commentaires.

I. — RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE ET GÉOGRAPHIQUE DES ÉCHINIDES PORTUGAIS

La répartition stratigraphique et géographique des grands groupes d'Echinides est, pour une part, fonction des exigences écologiques de chacun d'eux. L'analyse de la distribution des faunes doit donc apporter quelques indications sur leur milieu de vie.

Les assises du **Berriasien** et du **Valanginien inférieur** n'ont fourni, à ce jour, aucun test entier d'Echinides. Ces animaux n'ont cependant pas été totalement absents du Portugal, puisque l'on trouve quelques radioles dans les résidus de lavage. L'extrême rareté des Oursins au Berriasien s'explique par le fait que les formations de cet âge sont riches en Characées et témoignent d'une sédimentation en eaux saumâtres, laguno-lacustres. Or, on sait que les Echinides sont des organismes sténohalins, poecilosmotiques [H. et G. TERMIER, 1952, p. 137]. Un milieu à salinité faible ou variable leur est donc défavorable.

Les dépôts du Valanginien inférieur sont, à l'W du méridien de Presa, marins, peu profonds, riches et Dasycladacées; ils paraissent, par conséquent, propices à la vie et au développement des Echinides. La quasi-absence de ces animaux ne s'explique donc guère.

Les tests d'Echinodermes apparaissent au **Valanginien supérieur** (*fig.* 161) en deux gisements principaux: dans les falaises de Mexilhoeira-Guia et au Cap Espichel (anse de Lagosteiros). Les espèces y sont multiples (20) et variées, appartenant aux familles des *Cidaridae* (7 espèces), *Salenidae* (1 espèce), *Pseudodiadematidae* (1 espèce), *Phymosomatidae* (1 espèce), *Orthopsidae* (1 espèce), *Holectypidae* (2 espèces), *Echinobrissidae* (4 espèces), *Holasteridae* (1 espèce), *Toxasteridae* (2 espèces). Aucune espèce ne prédomine sur les autres par le nombre des représentants recueillis. Les oursins sont associés à une faune extrêmement riche parmi laquelle on remarque, notamment, la présence d'Ammonoidés, Gastéropodes, Lamellibranches et Polypiers

isolés. La roche encaissante renferme en abondance du fer généralement concentré sous forme d'oolithes ferrugineuses. Tout indique une sédimentation dans un bassin ouvert soumis à l'influence de courants sublittoraux.

Les dépôts marneux envahissent au début de l'**Hauterivien inférieur** (*fig.* 161) une grande partie de l'Estremadura, du Cap Espichel à Ericeira. Sur les fonds vaseux prolifèrent les *Toxasteridae*. Deux espèces seulement sont représentées (*Toxaster granosus* et *T. retusus*) mais les individus sont très nombreux. Quelques *Holectypidae* et *Echinobrissidae* les accompagnent. Les Echinides étendent leur domaine géographique vers l'E et vers le N mais ils n'atteignent cependant pas au N la région d'Ericeira.

A la fin de l'Hauterivien inférieur se mettent en place entre Cascais, Brouco et le signal de Calhau do Corvo (au N du Cap da Roca) des calcaires pararécifaux. De tels sédiments témoignent d'un milieu favorable au développement des Echinides: 23 espèces sont connues, représentant des familles variées. Deux prédominent par l'extrême abondance de leurs représentants, *Holectypus almeidae* et *Collyropsis ovulum*. La surface de sédimentation, tapissée de boues calcaires rapidement durcies, était par contre assez contraire au mode de vie des *Toxasteridae;* ceux-ci sont donc rares.

L'**Hauterivien supérieur** (*fig.* 161) est marqué par l'installation d'édifices coralliens dans la région de Cascais, de Brouco et du signal de Calhau do Corvo. Les Oursins se raréfient dans ces domaines. J'ai principalement recueilli des radioles ou débris de quelques Echinides réguliers, principalement de *Cidaridae*. Les calcaires et marno-calcaires des zones d'arrière récif renferment quelques *Echinobrissidae* (au signal de Calhau do Corvo) et *Toxasteridae* (les *Heteraster* primitifs d'Algueirão et de Sabugo), groupés en nids extrêmement localisés.

Dans le même temps, la région d'Ericeira, plus au N, est le théâtre d'accumulations marneuses. Les Echinides abondent sur le fond vaseux relativement isolé et abrité, mais ils sont peu variés: les *Toxasteridae (Toxaster exilis)* sont associés à une espèce de *Pseudodiadematidae (Trochotiara bourgueti)*.

Le **Barrémien inférieur** (*fig.* 162) se compose d'une alternance de calcaires et de marnes qui se sont déposés dans un milieu marin interne probablement limité à l'W par une importante barrière récifale. Les espèces sont peu nombreuses dans ces eaux confinées: il y en a 6, appartenant aux familles des *Pseudodiadematidae* (*Trochotiara sculptilis), Echinobrissidae (Nucleodites piveteaui, N. teixeirae*) et *Toxasteridae* (*Toxaster* aff. *ricordeau, Heteraster lepidus, H. couloni*) (*). Un examen du nombre des individus des diverses familles dans chaque gisement montre que les *Pseudodiadematidae* abondent à l'W, à proximité des structures récifales. Au contraire, les *Toxasteridae* prédominent largement vers l'intérieur, à certaine distance des récifs, dans les sols meubles riches en Algues (dans la contrée de Mafra, par exemple). Les milieux très littoraux et détritiques de Camarões n'ont permis que le développement d'une faune naine de *Pseudodiadematidae* et d'*Echinobrissidae*. Le domaine d'extension de certaines

(*) J'explique donc la diminution brusque du nombre des espèces par une modification des conditions écologiques. D'autres facteurs, plus généraux, pourraient cependant intervenir. En effet, cette alternance de périodes à nombreuses espèces et de périodes à espèces rares a déjà été observée dans le Mésozoïque marocain par M. L. PETITOT [1959, p. 158, tabl. 19] dans des dépôts apparemment bien différents de ceux connus au Portugal. A ma connaissance, ce phénomène n'a reçu aucune explication.

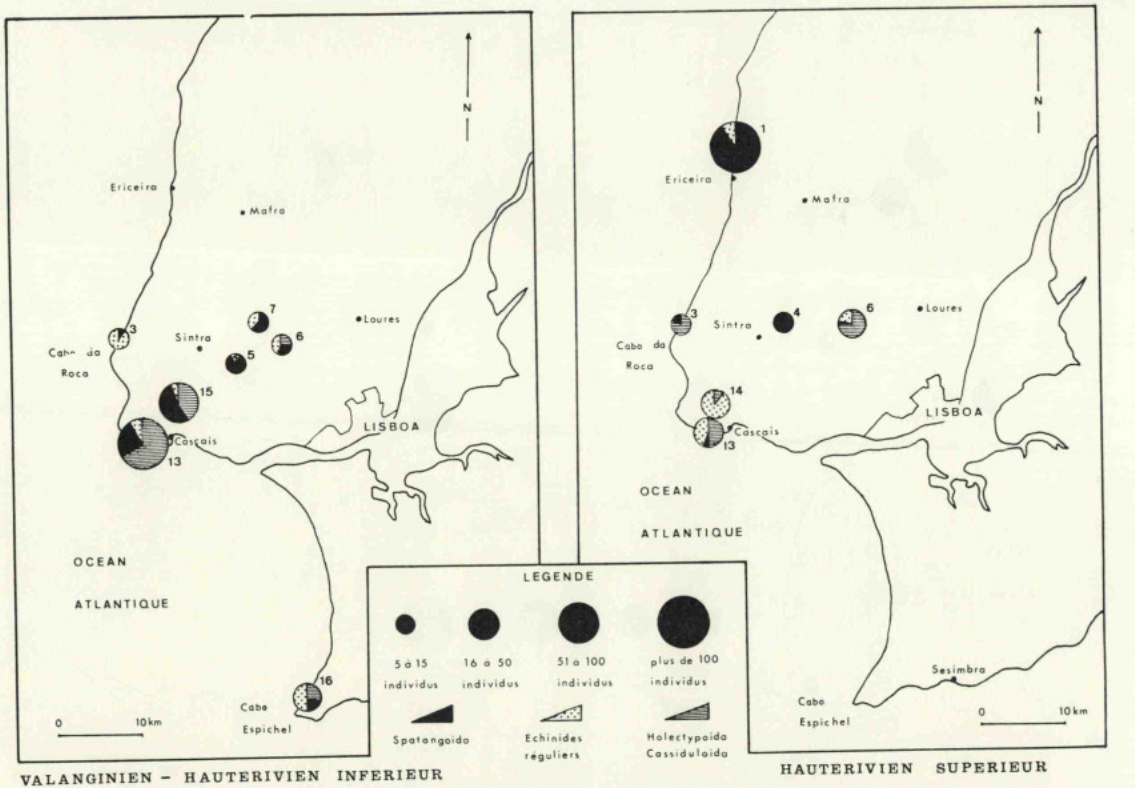


FIG. 161 — *Carte des principaux gisements d'Echinides au Valanginien – Hauterivien inférieur et à l'Hauterivien supérieur.* 1: Ribamar (Praia dos Coxos); 3: Calhau do Corvo; 4: Algueirão; 5: Presa; 6: Carregueira 7: Sabugo; 13: Mexilhoeira; 14: Birre; 15: Murches – Alcabideche; 16: N. Cap Espichel.

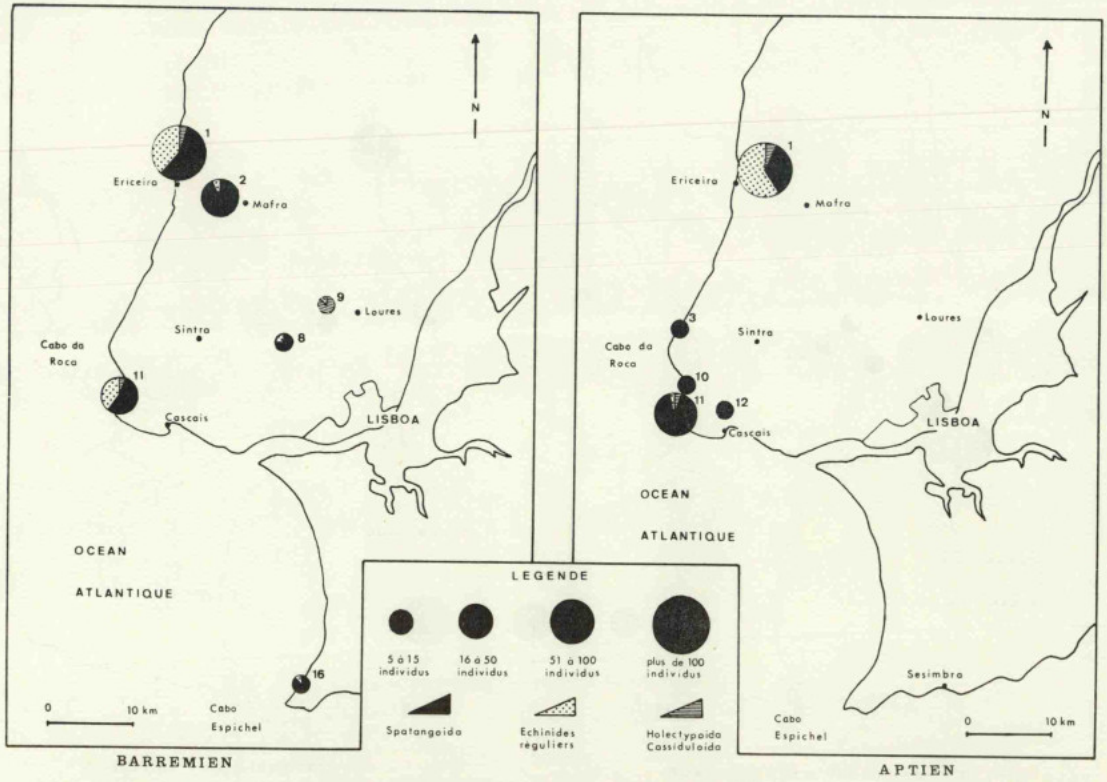


FIG. 162 — Cartes des principaux gisements d'Echinides au Barrémien et à l'Aptien 1: région d'Ericeira; 2: région de Mafra; 3: Calhau do Corvo; 8: Brouco; 9: Camarões; 10: Guincho; 11: Crismim; 12: Cobre; 16: N. Cap Espichel.

espèces de *Toxasteridae* et d'*Echinobrissidae* paraît très limité: ainsi, *Heteraster couloni* n'est connu qu'à Guincho et Crismina. *Heteraster lepidus* abonde à Ericeira mais se rencontre rarement à Brouco et au Cap Espichel; il est absent à Crismina et Guincho. Les *Pseudodiadematidae*, au contraire, semblent avoir peuplé tout le bassin grâce à *Trochotiara sculptilis*.

Le Bédoulien (*fig.* 162) se caractérise par une diversification des faciès dans l'espace et dans le temps. Les espèces d'Echinides sont à nouveau nombreuses (19). Si les ensembles coralliens de Crismina, Murches-Cabreiro et Ericeira ne m'ont fourni aucun Oursin, les assises intercalées avec les noyaux construits ou les surmontant renferment un grand nombre de *Salenidae*, *Pseudodiadematidae*, *Arbacidae*. Les formations marneuses ou marno-calcaires précédant la mise en place des récifs sont relativement riches en *Toxasteridae*.

L'examen de la répartition des faunes permet de reconnaître, au Bédoulien, deux aires de peuplement différentes:

— l'aire de Crismina-Guincho, Cobre, Praia Grande, est principalement définie par la présence d'*Heteraster peroni*, *H. delgadoi*, *H.* aff. *couloni* et *H. crisminensis;*

— l'aire d'Ericeira possède en exclusivité *Salenia* aff. *prestensis*, *S. grasi*, *Tetragramma raulini*, *Goniopygus peltatus* var. *levis Coenholectygus similis* et *Heteraster constrictus;*

Les seules espèces communes aux deux contrées sont *Salenia mamillata*, *Pyrina pygoea* et *Heteraster oblongus*.

Peut-être certains facteurs gênaient-ils l'échange de faunes entre les deux aires, ride ou, plus probablement, courants défavorables? On ne peut trouver de réponse dans l'analyse stratigraphique car les deux groupes de gisements — aux lithofaciès très comparables — sont séparés par le Crétacé supérieur occupant le coeur du synclinal de Pero Pinheiro.

*
* *

En conclusion, on voit que dans le Crétacé inférieur portugais:

— les *Cidaridae* sont les seuls Echinides à accepter la vie en milieu récifal;

— les *Salenidae*, *Arbacidae*, *Holectypidae*, *Echinobrissidae* sont abondants sur les fonds durcis précédant la mise en place des récifs ou leur succédant, de même qu'à la périphérie des édifices coralliens. Les *Echinobrissidae* se localisent en quelques rares nids. Les *Salenidae*, *Arbacidae* et *Holectypidae* ont une plus grande répartition géographique;

— les *Pseudodiadematidae* se rencontrent en milieux variés: aires pararécifales, fonds vaseux, zones côtières à apports détritiques. Ils se dispersent sur une surface de peuplement étendue;

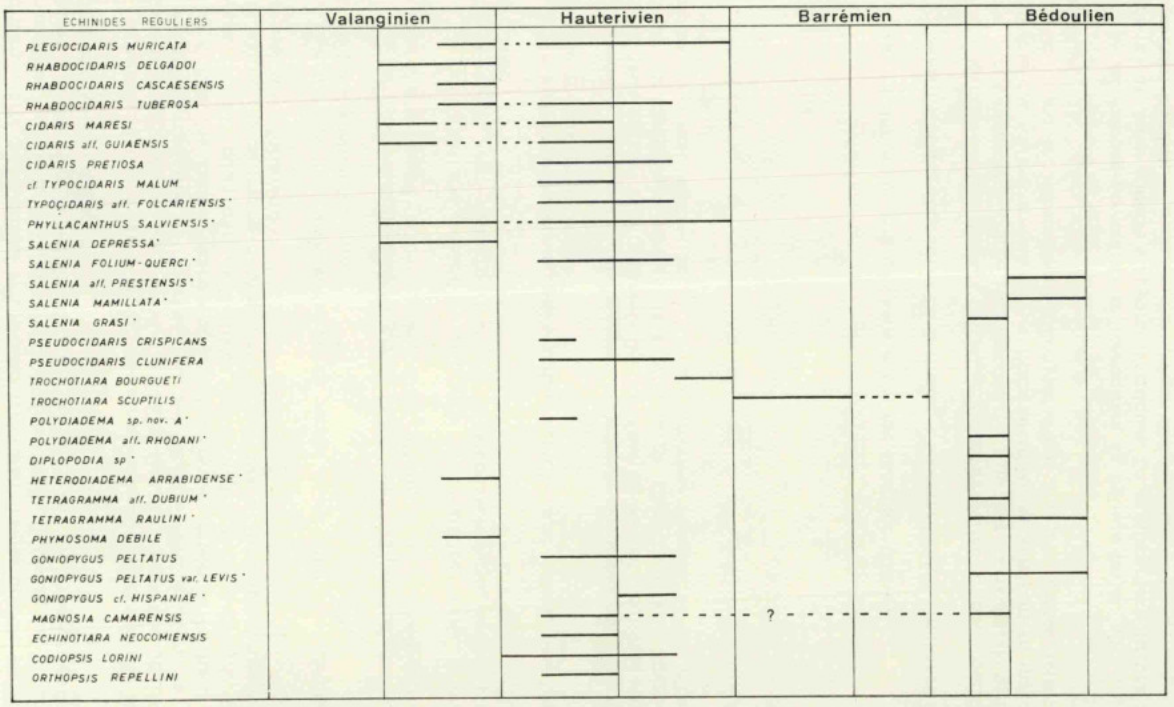


TABLEAU 24. — *Tableau de répartition stratigraphique des Echinides réguliers dans le Crétacé inférieur de l'Estremadura.*

Les espèces marquées d'une astérisque sont citées pour la première fois au Portugal.

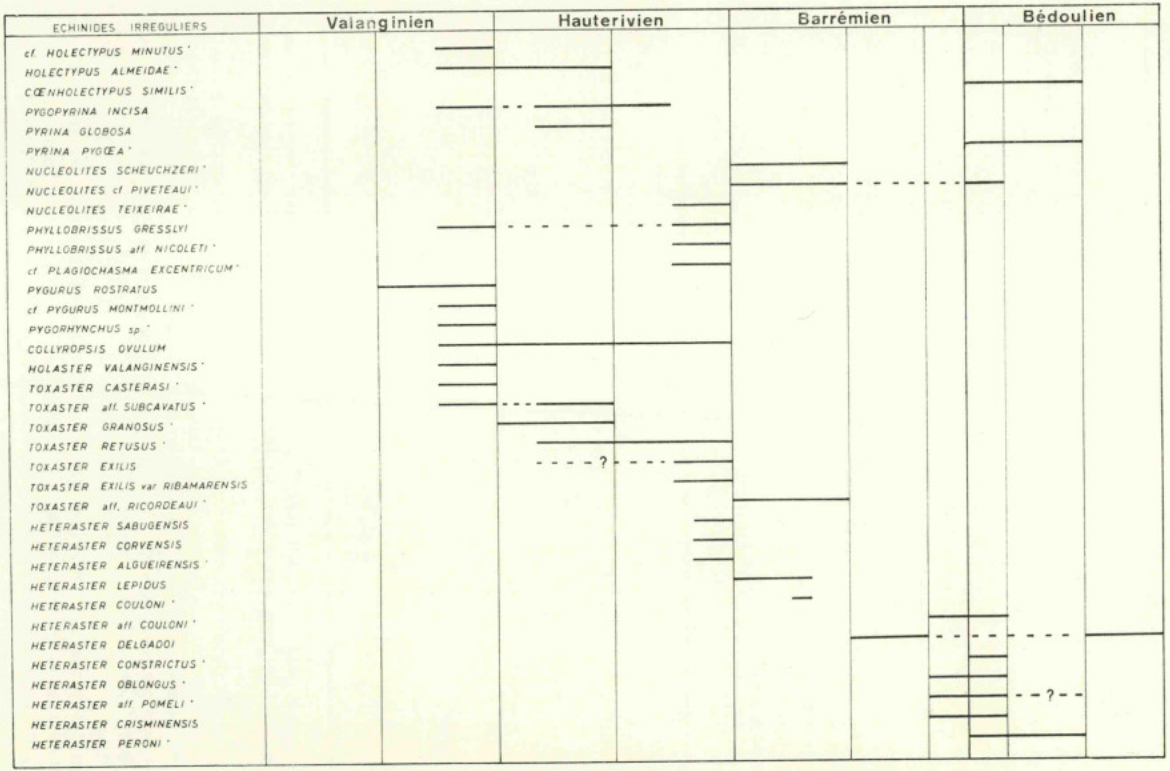


TABLEAU 25. — *Tableau de répartition stratigraphique des Echinides irréguliers dans le Crétacé inférieur de l'Estremadura.*

Les espèces marquées d'une astérisque sont citées pour la première fois au Portugal.

— les *Toxasteridae* prolifèrent sur les fonds vaseux, calmes et abrités, riches en Algues, de la zone d'arrière-récif. La distribution géographique de chaque espèce est souvent limitée;

— les faciès pararécifaux sont riches en espèces diversifiés;

— les faciès de lagons sont pauvres en espèces mais riches en individus; ces derniers sont souvent de dimensions inférieures aux dimensions moyennes de l'espèce.

Ces divers résultats s'accordent aux données que nous possédons sur la biologie des Echinides actuels [H. et G. TERMIER, 1952, p. 135].

II. — RELATIONS ENTRE LES ÉCHINIDES PORTUGAIS ET LES ÉCHINIDES D'EUROPE ET D'AFRIQUE DU NORD

La répartition des Echinides portugais en fonction de leur présence en d'autres gisements du globe a été résumée dans le tableau 26.

Quelques faits essentiels se dégagent:

— la faune portugaise d'Echinides possède une individualité certaine;

— quelques espèces très répandues, paraissant avoir peuplé une grande partie de la Mésogée, se retrouvent au Portugal;

TABLEAU 26

	Espèces d'Echinides réguliers	Espèces d'*Holectypoida Cassiduloida*	Espèces de *Spatangoida*	Total
Echinides d'Europe connus au Portugal	6 et 4 aff.	7 et 1 aff.	2 et 2 aff.	15 et 7 aff.
Echinides d'Afrique du Nord connus au Portugal	1	1 aff.	2 et 2 aff.	3 et 3 aff.
Echinides d'Europe et d'Afrique du Nord connus au Portugal	7 et 1 aff.	2	5	14 et 1 aff.
Echinides connus uniquement au Portugal	11 et 5 décrits par DE LORIOL	3	7	26

— d'assez nombreux Echinides que l'on pouvait considérer jusqu'à ce jour comme propres au Jura, aux Alpes, au Bassin de Paris ou à l'Espagne existent aussi au Portugal;

— très peu de formes typiquement algériennes ou marocaines ont été recueillis dans le bassin portugais. Comme les Echinides d'Afrique du Nord ont été très étudiés, certainement autant que ceux d'Europe, on doit en déduire que les faibles analogies entre les faunes lusitanienne et nord-africaine sont effectives et non pas dûes à une connaissance imparfaite des peuplements.

Les raisons de cette distribution doivent être recherchées dans les modalités de la vie larvaire au cours de laquelle s'effectue principalement la migration des Echinodermes. Certes, les larves sont généralement pélagiques [L. CUENOT, 1948; C. DAWIDOFF, 1948], mais nous avons vu dans les pages précédentes que nombre d'espèces

ont vécu, au Portugal, dans un milieu d'arrière-récif. Les larves éprouvaient peut-être de grandes difficultés pour franchir la barrière récifale et le domaine de répartition géographique des espèces n'a pu s'étendre. Ainsi peut s'expliquer l'existence d'une faune typiquement portugaise. Ce fait s'observe surtout dans l'ordre des *Spatangoida*, Echinides vivant enfouis dans les vases du lagon: leur pouvoir de dispersion était si réduit que, dans de nombreux cas, ils n'ont même pas peuplé l'ensemble du bassin lusitanien; les similitudes entre formes de *Toxasteridae* du Portugal et d'autres domaines sont donc rares et quand, exceptionnellement, elles existent, nous avons cru devoir les expliquer par l'hypothèse des «convergences d'espèces».

Les larves d'Echinides vivant en milieu pararécifal ont atteint plus aisément la haute mer. Il en est ainsi de nombre d'Oursins réguliers, d'*Holectypoida* et de *Cassiduloida*. Le sens du déplacement des larves est lié aux directions des courants et la durée de vie est conditionnée par la température de l'eau: elle est plus longue en mer chaude qu'en mer froide [H. et C. TERMIER, 1952, p. 140; 1956, p. 36]. Nos connaissances actuelles sur la paléogéographie du Crétacé inférieur montrent que des communications existaient entre les domaines marins d'Europe, d'Afrique du Nord et du Portugal. Par ailleurs, les indications thermiques apportées par les faunes associées aux Echinides et, notamment, par les Madréporaires, prouvent que l'eau était chaude, permettant aux larves de vivre longtemps et, donc, de se déplacer sur de grandes distances. Par conséquent, les conditions étalent réunies pour favoriser des échanges entre les faunes des Alpes, du Jura, du Bassin de Paris, d'Espagne, d'Afrique du Nord et du Portugal. Or, les relations paraissent avoir été plus intenses avec le domaine européen qu'avec le domaine africain. Il semble qu'il faille en rechercher la raison, soit dans l'influence de courants plus ou moins favorables, soit dans une modification depuis le Crétacé inférieur de la position géographique de ces différentes contrées (déplacements latéraux des socles).

III. — L'ÉTUDE DES ÉCHINIDES ET LA STRATIGRAPHIE

Cette analyse des Echinides crétacés du Portugal nous montre que l'étude des Oursins offre, pour les recherches stratigraphique, un triple intérêt:

— elle peut contribuer à la définition des milieux de dépôt par l'examen des différentes familles, de leurs proportions relatives et par la détermination du nombre d'espèces et d'individus en un point donné;

— elle apporte quelques données sur les relations pouvant exister entre différents bassins par l'étude de l'extension géographique des espèces;

— elle permet, par l'utilisation des associations de faune, de dater avec une certaine précision, les formations qui les renferment; la présence de quelques espèces très répandues dans le monde favorise les corrélations stratigraphiques. L'analyse du degré d'évolution des espèces à l'intérieur d'une famille (telle celle des *Toxasteridae*) ou des relais d'espèces dans un genre donné (comme, au Portugal, les genres *Salenia*, *Goniopygus* et *Trochotiara*) apporte des indications supplémentaires sur la succession dans l'espace et dans le temps des formations fossilifères. Il convient cependant de toujours tenir compte des exigences écologiques très strictes des Echinides car un léger changement des conditions de vie peut être la cause d'un renouvellement complet de la faune et donner l'impression de profondes coupures stratigraphiques pour ce qui ne représente qu'une faible variation de milieu. Les Echinides sont donc plus favorables à l'établissement d'une zonation précise dans un bassin déterminé (tableaux 24 et 25) qu'à l'élaboration d'une échelle stratigraphique internationale.

LISTE DES ÉCHINIDES DÉCRITS

	Pages	Figures	Planches
Genre: *COENHOLECTYPUS*			
Cœnholectypus similis	370	101	
Genre: *CIDARIS*			
Cidaris aff. *guiaensis*	320		
Cidaris maresi	319		
Cidaris pretiosa	320		
Genre:*CODIOPSIS*			
Codiopsis lorini	362	95	XV, fig. 17
Genre: *COLLYROPSIS*			
Collyropsis ovulum	391	123 à 126	XVIII, fig. 3 à 6
Genre: *DIPLOPODIA*			
Diplopodia sp.	345		
Genre: *ECHINOTIARA*			
Echinotiara neocomiensis	353	90	
Genre: GONIOPYGUS			
Goniopygus cf. *hispaniae*	360		XVI, fig. 3 à 6
Goniopygus peltatus	356	91	XVI, fig. 1, 2
Goniopygus peltatus var. *levis*	357	92, 93	XVI, fig. 7 à 10
Genre:*HETERASTER*			
Heteraster algueirensis	422	147	XX, fig. 7 à 11
Heteraster constrictus	438	157	XXII, fig. 3 à 6
Heteraster corvensis	418	143, 144	XX, fig. 1 à 3
Heteraster couloni	433	154	XX, fig. 12 à 14
Heteraster aff. *couloni*	435	155	XXII, fig. 1, 2
Heteraster crisminensis	445	160	
Heteraster delgadoi	437	156	
Heteraster lepidus	426	148 à 153	XXI, fig. 1 à 13
Heteraster oblongus	442		XXII, fig. 7 à 11
Heteraster peroni	443	159	
Heteraster aff. *pomeli*	440	158	XXII, fig. 12 à 15
Heteraster sabugensis	420	145, 146	XX, fig. 4 à 6
Genre: *HETERODIADEMA*			
Heterodiadema arrabidense	349	89	XV, fig. 1 à 6
Genre: *HOLASTER*			
Holaster valanginiensis	394	127	XVIII, fig. 7 à 9
Genre: *HOLECTYPUS*			
Holectypus almeidae	365	96 à 100	XVI, fig. 11 à 21
cf. *Holectypus minutus*	370		
Genre: *MAGNOSIA*			
Magnosia camarensis	361	94	
Genre: *NUCLEOLITES*			
Nucleolites teixeirae	381	112, 113	XVII, fig. 14 à 20
Nucleolites cf. *piveteaui*	377	108, 109	XVII, fig. 9 à 13
Nucleolites scheuchzeri	380	110, 111	
Genre: *ORTHOPSIS*			
Orthopsis repellini	364		
Genre: *PHYLLACANTHUS*			
Phyllacanthus salviensis	323		XIII, fig. 1 à 4
Genre: *PHYLLOBRISSUS*			
Phyllobrisus gresslyi	384	114, 115	
Phyllobrissus aff. *nicoleti*	385	118, 119	
Genre: *PHYMOSOMA*			
Phymosoma debile	352		

	Pages	Figures	Planches
Genre: *PLAGIOCHASMA*			
cf. *Plagiochasma excentricum*	385	116, 117	
Genre: *PLEGIOCIDARIS*			
Plegiocidaris muricata	320		
Genre: *POLYDIADEMA*			
Polydiadema aff. *rhodani*	343		
Polydiadema sp. nov. A	344		XV, fig. 7 à 12
Genre: *PSEUDOCIDARIS*			
Pseudocidaris clunifera	335		
Pseudocidaris crispicans	335		
Genre: *PYGOPYRINA*			
Pygopyrina incisa	375	104, 105	
Genre: *PYGORHYNCHUS*			
Pygorhynchus sp.	391		
Genre: *PYGURUS*			
cf. *Pygurus montmollini*	389	122	
Pygurus rostratus	387	120, 121	XVIII, fig. 1, 2
Genre: *PYRINA*			
Pyrina globosa	372	102, 103	XVII, fig. 1 à 4
Pyrina pygoea	373	106, 107	XVII, fig. 5 à 8
Genre: *RHABDOCIDARIS*			
Rhabdocidaris cascaesensis	326		
Rhabdocidaris delgadoi	325		
Rhabdocidaris tuberosa	326		
Genre: *SALENIA*			
Salenia depressa	327		XIII, fig. 8
Salenia folium-querci	328		XIII, fig. 9 à 11
Salenia grasi	333		XIII, fig. 12
Salenia mamillata	329	81, 82	XIII, fig. 13 à 17
Salenia aff. *prestensis*	332		
Genre: *TETRAGRAMMA*			
Tetragramma aff. *dubium*	346		
Tetragramma raulini	347		XV, fig. 13 à 16
Genre: *TOXASTER*			
Toxaster casterasi	398	128, 129	XVIII, fig. 10 à 14
Toxaster exilis	406	134 à 141	XIX, fig. 7 à 16
Toxaster exilis var. *ribamarensis*	410	134, 137 à 142	XIX, fig. 17 à 19
Toxaster granosus	402	131 à 133	XIX, fig. 1, 2
Toxaster retusus	405		XIX, fig. 3, 4
Toxaster aff. *ricordeaui*	416		
Toxaster aff. *subcavatus*	399	130	XIX, fig. 5, 6
Genre: *TROCHOTIARA*			
Trochotiara bourgueti	335	83, 86 à 88	XIV, fig. 1 à 7
Trochotiara sculptilis	338	84 à 88	XIV, fig. 8 à 17
Genre: *TYPOCIDARIS*			
Typocidaris aff. *folcariensis*	321		XIII, fig. 5 à 7
cf. *Typocidaris malum*	322		

BIBLIOGRAPHIE

Seuls sont indiqués dans cette liste les ouvrages cités dans le texte.

STRATIGRAPHIE, MICROPALÉONTOLOGIE

ALLEN P. (1963): L'âge du Purbecko-Wealdien d'Angleterre. «Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon». *Mém. B. R. G. M.*, n° 34, pp. 321-326.

BARBIER R. et THIEULOY J.-P. (1963): Rapports: la série néocomienne; étage berriasien. «Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon». *Mém. B. R. G. M.*, n° 34, pp. 69-77.

BERTHOU P. Y. (1966): Quelques précisions stratigraphiques sur l'Albien et le Cénomanien de la région de Lisbonne. *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 1, p. 13.

— (1968): La limite Albien-Cénomanien dans la région de Lisbonne (Portugal). *C. R. Acad. Sciences*, t. 266, pp. 980-983.

— (1971): Le Crétacé supérieur de l'Estremadura portugaise. *Thèse Sc. Nat. Paris.* 472 p., 53 pl., 44 fig., 5 tabl.

BIROT P. (1950): Le Portugal. Etude de géographie régionale. 222 p., 21 cartes. *A. Colin éd.*, Paris.

BONHOMME M., MENDES F., VIALETE Y. (1961): Ages absolus par la méthode au strontium des granites de Sintra et de Castro Daire au Portugal. *C. R. Acad. Sciences*, t. 252, pp. 3305-3306.

BOUREAU E. (1949): *Dadoxylon (Araucaroxylon) teixeirae* n. sp., bois fossile du Jurassique supérieur portugais. *Comm. Serv. Geol. Portugal*, t. 29, pp. 1-12, pl. I-II.

— (1957): Sur le *«Protopodocarpoxylon teixeirae»* BOUREAU. Affinités. Répartition géographique. Signification stratigraphique. *Comm. Serv. Geol. Portugal*, t. 38, pp. 423-430, 11 fig.

BOUREAU E. et MOITINHO DE ALMEIDA F. (1951): Sur l'âge du *«Dadoxylon (Araucaroxylon) teixeirae* BOUREAU de Cadriceira (Portugal). *Comm. Serv. Geol. Portugal*, t. 32, pp. 5-6, 1 pl.

BOUROULLEC J., CANÉROT J., DERÈS F. (1970): Données nouvelles sur le Néocomien et le Barrémien pro-parte de la Sierra de Valdancha (Province de Castellon, Espagne). *Bull. Centre Rech. Pau - S.N.P.A.*, vol. 4, n° 2, pp. 431-451, 4 fig., 2 pl., 2 tabl.

BOUROULLEC J., DELOFFRE R. (1968): Les Algues du Néocomien d'Aquitaine. *Bull. Centre Rech. Pau - S.N.P.A.*, vol. 2, n° 2, pp. 213-261, 3 fig., 6 pl., 9 tabl.

— (1970): Interprétation sédimentologique et paléogéographique, par microfaciès, du Crétacé inférieur basal d'Aquitaine Sud-Ouest. *Bull. Centre Rech. Pau - S.N.P.A.*, vol. 4, n° 2, pp. 381-429, 15 fig., 7 pl.

BRÖNNIMANN P. et CONRAD M. A. (1968): Remarks on the morphology and occurence of *Pseudotextulariella? scarsellai* (DE CASTRO) in the lower Cretaceous of the Geneva region. *Geologica romana*, vol. 7, pp. 95-106, 4 fig., 2 pl.

CAROZZI R. (1948): Etude stratigraphique et micrographique du Purbeckien du Jura Suisse. *Thèse Genève*, 175 p., 56 fig., 4 pl. *Kundig éd.*, Genève.

Carte géologique du Portugal au 1/50 000. Feuilles de Tôrres Vedras (1955), Peniche (1960), Caldas da Rainha (1960), Lourinhã (1961), Setúbal (1965), Alenquer (1965), Bombarral (1966), Tôrres Novas (sous presse). *Serv. Geol. Portugal.*

Carte géologique des environs de Lisbonne au 1/50 000. Feuilles de Loures (1944), Cascais (1955), Sintra (1961). *Serv. Geol. Portugal.*

CASEY R. (1963): The dawn of the cretaceous period in Britain. *South-Eastern Union Sc. Soc. Bull.*, n° 97, 15 p., 3 fig.

CHAROLLAIS J., BRÖNNIMANN P. et ZANINETTI L. (1966): Troisième note sur les Foraminifères du Crétacé inférieur de la région genevoise. Remarques stratigraphiques et description de *Pseudotextulariella salevensis* n. sp.; *Haplophragmoides joukowskyi* n. sp.; *Citaella ? favrei* n. sp. *Archives des Sciences*, vol. 19, fasc. 1, pp. 23-48, 6 fig., 5 pl.

CHOFFAT P. (1885): Recueil de monographies stratigraphiques sur le système crétacique du Portugal. 1re étude: contrée de Cintra, de Bellas et de Lisbonne. *Mém. Com. Serv. Geol. Portugal*, 68 p., 3 pl.

CHOFFAT P. (1885): Age du granite de Sintra. *Commun. Trab. Geol. Portugal*, t. I, pp. 155-158.

— (1891): Note sur le Crétacique des environs de Tôrres Vedras, de Peniche et de Cercal. *Commun. Trab. Geol. Portugal*, t. II, fasc. 2, pp. 171-215.

— (1901): Notice préliminaire sur la limite entre le Jurassique et le Crétacique en Portugal. *Bull. Soc. Belge Geol. Pal. Hydrol.*, t. XV, pp. 111-140.
— (1904): Le Crétacique dans l'Arrábida et dans la contrée d'Ericeira. *Commun. Com. Serv. Geol. Portugal*, t. VI, fasc. 1, pp. 1-51.
— (1908): Essai sur la tectonique de la chaine de l'Arrábida. *Mem. Com. Serv. Geol. Portugal*, 89 p., 20 fig., 10 cartes.
— (1928): Carta et cortes geológicos dos arredores de Torres Vedras. *Serv. Geol. Portugal.*

CIRY R. (1954): Sur divers types de transgressions marines. *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tome en hommage à E. HERNÁNDEZ-PACHECO, pp. 161-166.

CONRAD M. A. (1969): Les calcaires urgoniens dans la région entourant Genève. *Eclogae Geol. Helv.*, vol. 62, fasc. 1, pp. 1-79, 7 pl., 25 fig.

DONZE P. (1958): Les couches de passage du Jurassique au Crétacé dans le Jura français et sur les pourtours de la «fosse vocontienne». *Thèse Sc. Nat. Lyon*, 221 p., 32 fig., 5 pl.
— (1964): Ostracodes berriasiens des massifs subalpins septentrionaux (Bauges et Chartreuse). *Trav. Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon*, N. S., n° 11, pp. 103-158, 9 pl.

DONZE P. et LE HEGARAT G. (1966): Observations nouvelles sur le Tithonique terminal et le Berriasien de la région de Luc-en-Diois (Drôme). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, VII[e] série, t. 8, pp. 353-358, 1 fig.

FABRE-TAXY S., MOULLADE M., THOMEL G. (1963): Le Bédoulien dans sa région type, La Bédoule-Cassis (B.-du-R.). «Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon». *Mém. B. R. G. M.*, n° 34, p. 173-199, 9 fig.

FERREIRA G. C. (1958): Subsidio para o conhecimento do Cretácico inferior da região a Norte de Tôrres Vedras. *Comm. Serv. Geol. Portugal*, t. 42, pp. 151-161, 2 cartes.

FOURCADE E. (1970): Le Jurassique et le Crétacé aux confins des chaînes bétiques et ibériques (SE de l'Espagne). *Thèse Sc. Nat. Paris*. 427 p., 37 pl., 57 fig.

FREIRE DE ANDRADE C. (1937): Os vales submarinos portugueses e o diastrofismo das Berlengas e da Estremadura. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, 235 p., 9 pl., 97 fig.

GALOPIM DE CARVALHO A. M. (1968): Contribuição para o conhecimento geologico da Bacia terciária do Tejo. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, N. S., n° 15, 210 p., 26 fig., 20 pl., 1 tabl., 1 carte.

GOMES J. N. et ROCHA A. T. (1964): Sobre a provável idade das camadas com *Iberina lusitanica* (EGGER) emend. MAYNC na região do Freixial. *Bol. Mus. Lab. Geol. Fac. Ciências Lisboa*, n° 10, fasc. 1, pp. 58-64.

GROOT J. J. et GROOT C. R. (1962): Plant microfossils from Aptian, Albian and Cenomanian deposits of Portugal. *Comm. Serv. Geol. Portugal*, t. 46, pp. 133-171, 10 pl.

GUILLAUME S. (1966): Le Crétacé inférieur du Jura français. *Bull. B. R. G. M.*, n° 1, 2, 3, 4, 5, 297 p., 95 fig., 6 pl.

HÄFELI C. (1966): Die Jura/Kreide-Grenschichten im Bielerseegebier (Kt. Bern). *Eclogae Geol. Helv.*, vol. 59, fasc. 2, pp. 565-695, 40 fig., 17 tabl., 2 pl.

HEER O. (1881): Contributions à la flore fossile du Portugal. *Mém. Section Trab. Geol. Portugal*, avec «coupe du Crétacé à Belas» par C. RIBEIRO, 51 p.

HOTTINGER L. (1967): Foraminifères imperforés du Mézozoïque marocain. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 209, 168 p., 20 pl., 61 fig.

LAPPARENT A. F. DE et ZBYSZEWSKI G. (1957): Les Dinosauriens du Portugal. *Mém. Serv. Geol. Portugal*, N. S., n° 2, 63 p., 36 pl.

MACFADYEN W. A. (1970): Geological highlights of the west country, 296 p., 26 fig., *Butterworth éd.*, Londres.

MASSE J. P. (1966): Etude lithologique et palocéanographique de la série marine d'Orgon (B.-du-R.) (Hauterivien moyen et sup., Barrémien). *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, Bull. 40, fasc. 56, pp. 267-297, 10 pl., 8 phot.

MASSE J. P. et POIGNANT A. F. (1971): Contribution à l'étude des Algues du Crétacé inférieur provençal. Intérêt stratigraphique. *Revue de Micropal.*, vol. 13, n° 4, pp. 258-266, 2 pl., 1 tabl.

MAYNC W. (1949): The foraminiferal genus *Choffatella* SCHLUMBERGER in the lower Cretaceous (Urgonian) of the Carribean region (Venezuela, Cuba, Mexico and Florida). *Eclogae Geol. Helv.*, vol. 42, n° 2, pp. 35-56.
— (1958): *Feurtillia frequens* n. gen., n. sp., a new genus of Lituolid Foraminifera. *Contrib. Cushman found. Foram. Research*, vol. IX, part. 1, pp. 1-3, 2 pl.
— (1959): The foraminiferal genera *Spirocyclina* and *Iberina*. *Micropaleontology*, n° 5, fasc. 1, pp. 33-68.

MENDES F. J. (1961): Determinação, pelo método do estrôncio, da idade absoluta de algumas rochas e minerais de Portugal Continental e Ultramarino. *Garcia da Orta*, vol. 9, n° 4, pp. 767-778, 1 pl.

MOULLADE M. (1960): Les *Orbitolinidae* des microfaciès barrémiens de la Drôme. *Revue de Micropal.*, vol. 3, n° 3, pp. 188-198, 3 pl.
— (1966): Etude stratigraphique et micropaléontologique de Crétacé inférieur de la «fosse vocontienne». *Doc. Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon*, n° 15, 369 p., 27 fig., 17 pl.

NEUMANN M. (1967): Manuel de Micropaléontologie des Foraminifères. t. I, 297 p., 182 fig., 60 pl., *Gauthier-Villars éd.*, Paris.

OERTLI H. J. (1963): Ostracodes du «Purbeckien» du Bassin Parisien. *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, vol. 18, n° 1, pp. 5-39, 5 pl.

— (1966): Die Gattung *Protocythere* (Ostracoda) und verwandte Formen im Valanginien des zentralen Schweizer Jura. *Eclogae Geol. Helv.*, vol. 59, n° 1, pp. 87-127, 4 fig., 7 pl., 2 tabl.

PRIEM H. N. A., BOELRIJK N. A. I. M., VERSCHURE R. H. et HEBEDA E. H. (1965): Isotopic ages of two granites on the iberian continental margin: the Traba granite (Spain) and the Berlenga granite (Portugal). *«Geologie en Mijnbouw»*, n° 10, Géologie 2, pp. 353-354.

RAMALHO M. (1969): Quelques observations sur les *Lituolidae* (Foraminifera) du Malm Portugais. *Bol. Soc. Geol. Portugal*, vol. 17, pp. 37-50, 2 pl.

RAMALHO M. et REY J. (1969): Corrélations stratigraphiques dans les couches de passage du Jurassique au Crétacé du Portugal. *Bol. Soc. Geol. Portugal*, vol. 17, pp. 31-36.

RAT P. (1957): Les pays crétacés basco-cantabriques. *Thèse Sc. Nat. Dijon.* 258 p., 68 fig., 5 pl., 2 cartes.

— (1963): Formations non marines du Crétacé inférieur français. «Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon». *Mém. B.R.G.M.*, n° 34, pp. 333-343.

REY J. (1966) a: Sur l'âge des «couches d'Almargem» dans la région de Cascais (Portugal). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 2, p. 83.

— (1966) b: Sur les variations latérales des «couches d'Almargem» dans la contrée de Cascais et de Belas (Portugal). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 9, p. 364.

— (1967): Sur l'âge barrémien du gisement du type de *Choffatella decipiens* SCHLUMB. à Porto do Cavalinho (Portugal). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 4, p. 136.

— (1969) a: Le Crétacé inférieur de la «Serra da Arrábida» (Portugal). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 1, p. 14.

— (1969) b: Les grés albo-aptiens et la paléogéographie du Crétacé inférieur portugais. *C. R. Acad. Sc.*, t. 269, pp. 1827-1830.

— (1970): Remarques sur le Crétacé inférieur de Tôrres Vedras (Portugal). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 1, p. 11, 1 fig.

— (1971): Le Berriasien du Portugal. Comparaisons avec les couches de passage du Jurassique au Crétacé sur la bordure nord de la Mésogée. *96e Congrès Sociétés Savantes*, Toulouse. *A l'impression.*

REY J. et BUSNARDO R. (1969): Sur la limite entre le Valanginien et l'Hauterivien dans le bassin crétacé du Tage (Portugal). *C. R. Acad. Sc.*, t. 268, série D, pp. 1165-1167.

REY J., GRAMBAST L., OERTLI H. J. et RAMALHO M. (1968): Les couches de passage du Jurassique au Crétacé au Nord du Tage (Portugal). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 5, p. 153.

RIBEIRO C. (1857): Reconhecimento geológico e hydrológico dos terrenos das vizinhanças de Lisboa. *Acad. Real Sc. Lisboa*, vol. 1, part. 1, 153 p., 1 carte.

RIBEIRO C. et NERY DELGADO J. F. (1876): Carte géologique du Portugal au 1/500 000. *Serv. Geol. Portugal.*

ROCHA A. T. et GOMES J. N. (1964): Note preliminar sobre a distribuição de *Iberina lusitanica* (EGGER, 1902) emend. MAYNC, 1959. *Bol. Soc. Port. Ciencias Nat.*, 2ª série, vol. 10, pp. 91-99.

— (1967): Ensaio critico sobre a morfologica et occorência de *Iberina lusitanica* (EGGER) (Foraminifero). *Comm. Serv. Geol. Portugal*, t. 51, pp. 169-220, 23 pl., 4 fig.

RUGET-PERROT C. (1961): Etudes stratigraphiques sur le Dogger et le Malm inférieur du Portugal au Nord du Tage; Bajocien, Bathonien, Callovien, Lusitanien. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, N. S., n° 7, 197 p., 45 fig., 11 pl., 3 cartes, 5 tabl.

SAPORTA G. DE (1894): Flore fossile du Portugal. Nouvelles contributions à la flore fossile Mésozoïque (accompagné d'une notice stratigraphique par P. CHOFFAT). *Mem. Dir. Trav. Geol. Portugal*, 288 p., 40 pl.

SCHLUMBERGER Ch. (1904): Note sur le genre *Choffatella* n. g. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, t. IV, pp. 763-764, 1 pl.

SCHLUMBERGER Ch. et CHOFFAT P. (1904): Note sur le genre *Spirocyclina* MUNIER-CHALMAS et quelques autres genres du même auteur. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, t. IV, pp. 358-368, 1 pl.

SCHROEDER R. (1963): Les connaissances acquises sur les *Orbitolinidae* rencontrées dans le Crétacé inférieur du Sud-Ouest de l'Europe. «Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon». *Mém. B.R.G.M.*, n° 34, pp. 525-530, 1 fig., 1 tabl.

SEIFERT H. (1963): Beiräge zur Geologie der Serra da Arrábida in Portugal. *Geol. jahrb.*, vol. 81, pp. 277-344, 9 fig., 3 pl., 1 carte.

SHARPE D. (1850): On the Secondary district of Portugal which lies on the North of the Tagus. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, vol. VI, pp. 136-201, 8 fig., pl. 14-25.

STEINHAUSER N. et CHAROLLAIS J. (1971): Obseravations nouvelles et réflexions sur la stratigraphie du «Valanginien» de la région neuchateloise et ses rapports avec le Jura méridional. *Geobios*, vol. 4, fasc. 1, pp. 7-59, 19 fig.

TEIXEIRA C. (1948): Flora mesozóica portuguesa, 1° part. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, 119 p., 45 pl.

THADEU D. (1956): Notice explicative de la carte géologique du Portugal; échelle 1/1 000 000. «Lexique stratigraphique international», vol. 1, fasc. 10 *a*. Congrès géologique international, Mexico. *C.N.R.S. éd.*, Paris.

WIEDMANN J. (1963): Sur la possibilité d'une subdivison et des corrélations du Crétacé inférieur ibérique. «Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon». *Mém. B.R.G.M.*, n° 34, pp. 819-823.

ZBYSZEWSKI G. (1959): Etude structural de l'aire typhonique de Caldas da Rainha. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, N. S., n° 3, 184 p., 3 fig., 11 pl., 2 tabl., 1 carte.

— (1964): Resenha geológica do Concelho de Cascais. *Câmara municipal de Cascais*, 20 p., 4 pl.

SÉDIMENTOLOGIE

BIROT P. (1970): L'influence du climat sur la sédimentation continentale, 219 p., 8 fig. *Centre de Documentation universitaire éd.*, Paris.

CAILLEUX A. et TRICART J. (1963): Initiation à l'étude des sables et des galets. 3 tomes, 765 p., 69 fig. *Centre de Documentation universitaire éd.*, Pairs.

DUFF P. Mcl. D., HALLAM A. et WALTON E. K. (1967): Cyclic sedimentation. *in* «Developments in sedimentology», t. 10, 280 p., 91 fig. *Elsevier éd.*, Amsterdam, Londres, New-York.

ERHART H. (1967): La genèse des sols en tant que phénomène géologique, 2e édition, 90 p., *Masson éd.*, Paris.

FOLK R. L. (1962): Spectral subdivision of limestone types, *in* «Classification of carbonate rocks», pp. 62-84, 7 fig., 2 tabl., 1 pl. *W. E. Ham éd.*, Tulsa.

FRIEDMAN G. M. et SANDERS J. E. (1967): Origin and occurence of dolostones. *in* «Developments in Sedimentology», t. 9 A, pp. 267-348. *Elsevier éd.*, Amsterdam, Londres, New-York.

GUILCHER A. (1954): Morphologie littorale et sous-marine. 216 p., 40 fig., 8 pl. *P.U.F. éd.*, Paris.

IRWIN M. L. (1965): General theory of the epeiric clear water sedimentation. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, vol. 49, n.° 4, pp. 445-459, 12 fig.

KUENEN Ph. (1950): Marine geology. 568 p., 245 fig., 2 pl., *Wiley and Son éd.*, New-York.

LE FOURNIER J. (1969): La série du Zarzaïtine (Sahara central). Analyse architecturale des dépôts et interprétation sédimentologique sur les bases de la sédimentation actuelle. *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, vol. 24, n° 5, pp. 579-614, 14 fig., 9 pl.

LOMBARD A. (1956): Géologie sédimentaire; les séries marines, 722 p., 180 fig., 13 pl., *Masson éd.*, Paris.

— (1958): Observations lithologiques et tectoniques dans le Sud du Portugal. I: séquences et lithofaciès du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur. *Comm. Serv. Geol. Portugal*, t. 42, pp. 57-112.

LUCAS G. (1970): Formations construites. Essai de classification et d'interprétation. *C. R. Acad. Sc.*, t. 270, p. 1417.

MANGIN J. P. (1964): La séquence unité et les séries sédimentaires. *in* «Deltaic and shallow marine deposits», p. 269. *Elsevier éd.*, Amsterdam, Londres, New-York.

MILLOT G. (1964): Géologie des argiles. 499 p., 75 fig., 15 tabl., 10 pl., *Masson éd.*, Paris.

OTTMANN F. (1965): Introduction à la géologie marine et littorale. 259 p., 124 fig., 1 pl. *Masson éd.*, Paris.

PÉRÈS J. M. (1961): Océanographie biologique et biologie marine. T. I. 541 p., 35 fig. *P. U. F. éd.*, Paris.

PERRIAUX J. (1961): Contribution à la Géologie des Vosges gréseuses. *Thèse Sc. Nat. Nancy*, 216 p., 27 fig., 46 tabl., 10 pl.

PLUMLEY W. J., RISLEY G. A., GRAVES R. W. et KALEY M. E. (1962): Energy index for limestone interpretation and classification. *in* «Classification of carbonate rocks», pp. 85-107, 5 pl., 5 fig., *W. E. Ham éd.*, Tulsa.

SHINN E. A., LLOYD R. M. et GINSBURG R. N. (1969): Anatomy of a modern carbonate tidal-flat, Andros Island, Bahamas. *Journ. Sedim. Petrol.*, vol. 39, n° 3, pp. 1202-1228, 37 fig.

STRAKHOV N. M. (1958): Méthodes d'étude des roches sédimentaires. (Traduction de J. P. de SAINT-AUBIN, A. VATAN et al.). *Annales B. R. G. M.*, n° 35, 2 tomes, 1077 p., 51 pl.

VATAN A. (1967): Manuel de sédimentologie. 397 p. *Technip éd.*, Paris.

VISHER G. S. (1965): Use of vertical profil in environmental reconstruction. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, vol. 49, n° 1, pp. 41-61, 16 fig.

WILLIAMS P. F. et RUST B. R. (1969): The sedimentology of a braided river. *Journ. Sedim. Petrol.*, vol. 39, n° 2, pp. 649-679, 28 fig.

YAPAUDJIAN L. (1970): Une approche actualiste en géologie sédimentaire (Quelques données d'interprétation des séquences de plateforme). «Colloque Méthodes et tendances de la stratigraphie. Orsay», *preprint*.

PALÉONTOLOGIE DES ÉCHINIDES

AGASSIZ L. (1838): Monographies d'Echinodermes, Salénies. *Neuchâtel*.

— (1839-1840): Description des Echinodermes fossiles de la Suisse.
(1839): 1re partie. Spatangoïdes et Clypeastroïdes. *Nouv. Mém. Soc. Helv. Sc. Nat.*, vol. III, 101 p., 14 pl.
(1840): 2e partie. Cidaridés. *Nouv. Mém. Soc. Helv. Sc. Nat.*, vol. IV, 107 p., 10 pl.

AGASSIZ L. et DESOR E. (1846-1847): Catalogue raisonné des Echinides. *Annales Sc. Nat. Zool.*, 3e série, t. VI, VII et VIII.

BEURLEN K. (1934): Monographie der Echinoiden. Familie Collyritidae D'ORB. *Paleontographica*, t. 80, pp. 41-194.

BRONGNIART A. (1821): Caractères zoologiques des formations. *Annales des Mines*, t. VI.

COQUAND H. (1865): Monographie de l'étage aptien d'Espagne. 221 p., pl. *Marseille*.

COTTEAU G. (1849-1878): Etude sur les Echinides fossiles du département de l'Yvonne. *Paris.*
(1849-1856): t. I. Terrain jurassique, 345 p., 46 pl.
(1857-1878): t. II. Terrain crétacé, 518 p.,. 37 pl.
— (1851): Catalogue méthodique des Echinides recueillis dans l'étage néocomien de l'Yonne *Bull. Soc. Sc. Historiques et Nat. Yonne*, t. V, p. 281.
— (1858-1893): Echinides nouveaux ou peu connus. *Bull. Soc. Zool. France.*
(1858-1880): 1re série.
(1882-1893): 2e série.
— (1861-1867): Paléontologie Française. Terrains crétacés. T. VII, Echinides réguliers, 892 p., 197 pl. *Masson éd.* Paris.
— (1963): Echinides fossiles des Pyrénées. *Congrès Scientifique de France.* 28e Session, Bordeaux, t. III, pp. 163 320, 9 pl.
— (1879): Note sur les Echinides urgoniens recueillis par M. Barrois dans la province d'Oviedo. *Annales Sc. Géol.*, t. X, 8 p., 9 pl.
— (1882): Echinides jurassiques, crétacés et tertiaires du Sud-Ouest de la France. *Annales Soc. Sc. Nat. Charentes inférieures*, n° 19, pp. 45-253, 12 pl.
— (1893): Sur quelques espèces d'Echinides du Liban. *Assoc. Fr. Avanc. Sc.*, 22e Session, Besançon, pp. 346-360, pl. 1-2.

COTTEAU G., PÉRON A. et GAUTHIER V. (1873-1884): Echinides fossiles d'Algérie, terrains secondaires. *Masson éd.* Paris.
(1873): fasc. I, réimprimé et complété en 1883.
(1875): fasc. II, réimprimé et complété en 1884.
(1876): fasc. III.
(1878): fasc. IV.
(1879): fasc. V.

CUENOT L. (1948): Anatomie, éthologie et systématique des Echinodermes. Traité de zoologie publié sous la direction de P. P. GRASSÉ, t. XI. *Masson éd.* Paris.

DAWIDOFF C. (1948): Embryologie des Echinodermes. Traité de zoologie publié sous la direction de P. P. GRASSÉ, t. XI. *Masson éd.* Paris.

DENIZOT G. (1934): Description des Massifs de Marseilleveyre et de Pujet. *Annales Musée Hist. Nat. Marseille*, t. 26, mém. 5.

DESOR E. (1842): Monographies d'Echinodermes. Dysaster.
— (1855-1858): Synopsis des Echinides fossiles. 940 p., 44 pl. *Paris.*

DEVRIÈS A. (1955): Note sur le genre *Heteraster. Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6e série, t. V, pp. 315 323, 2 fig., 1 tabl.
— (1960) a: Contribution à l'étude de quelques groupes d'Echinides fossiles d'Algérie. *Serv. Carte Géol. Algérie*, nlle série, Paléontologie, mém, n° 3, 278 p., 31 tabl., 39 pl.
— (1960) b: Contribution à l'étude de l'ontogénie de quelques formes d'Echinides fossiles. *Serv. Carte Géol. Algérie*, nlle série, Paléontologie, mém. n° 5, pp. 64-104, 7 fig., 1 pl.
— (1963): Intérêt stratigraphique des caractères chez les Echinides Spatangoida au Crétacé inférieur (et au Crétacé en général). «Colloque sur le Crétacé inférieur, Lyon». *Mém. B. R. G. M.*, n° 34, pp. 419-427.
— (1967):Etude sur les Echinides fossiles de Turquie. *Trav. Inst. Géol. Anthropol. Préhist. Fac. Sc. Poitiers*, t. VIII, p. 163-200, 5 pl.

DOUBININE V. B. (1953): La notion d'espèce en zoologie. *Journal de Zoologie*, t. 32, vol. 6, Inst. Zool. Ac. Sc. U.R.S.S. (trad. B.R.G.M. Paris).

FICHEUR E. (1900): Note sur quelques Echinides nouveaux de l'Aptien d'Algérie. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, t. 28, pp. 590-596, pl. 10-11.

FOURTAU R. (1913): Echinides aptiens d'Egypte et de Syrie. *Bull. Inst. Egypte*, 5e série, vol. VII, pp. 42-58.
— (1921): Catalogue des Invertébrés fossiles de l'Egypte. Terrains crétacés. Supplément. *Geological Survey of Egypt.*, n° 5.

GAUTHIER V. (1880): Sur les Echinides du département des Bouches-du-Rhône. *Assoc. Fr. Avanc. Sc.*, 9e session, Reims, pp. 518 528.
— (1890): Note sur quelques Echinides de l'Yonne. *Bull. Soc. Sc. Historiques et Nat. Yonne*, t. 44, pp. 75-96, 2 pl.

GRAS A. (1848): Description des Oursins fossiles du département de l'Isère. 96 p., 6 pl. *Masson éd.* Paris.
— (1852): Catalogue des corps organisés fossiles qui se rencontrent dans le département de l'Isère. *Bull. Soc. Statistique Isère*, 2e série, t. II, 52 p., 4 pl.

HAWKINS (1912): Classification, morphology and evolution of the Echinoida Holectypoida. *Proc. Zool. Soc. London*, pp. 440-497, 7 fig.

HUMBERT S. (1964): Sur un Echinide fossile des calcaires blancs valanginiens de la Nerthe (Bouches-du-Rhône). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 7, p. 267.
— (1965): Etat de nos connaissances sur la répartition stratigraphique des Echinides du Crétacé inférieur du Sud-Est de la France. *Annales Fac. Sc. Marseille*, t. 37, pp. 57-70.

HUXLEY J. S. (1958): Evolutionary process and taxinomy, with special reference to grades. *Uppsala Universitets arsskrift*, t. 6, pp. 21-38.

KARAKASCH N. I. (1907): Le Crétacé inférieur de la Crimée et sa faune. *Trav. Soc. Impériale Naturaliste St. Petersbourg*, t. 32, livr. 5, 482 p., 28 pl.

KIER P. M. (1962): Revision of the Cassiduloid Echinoids. *Smithsonian miscellaneous collections*, vol. 144, n° 3, 262 p., 44 pl., 170 fig.

LAMARCK A. DE (1816): Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. Echinides, t. III, pp. 194-473.

LAMBERT J. (1892): Recherches sur les Echinides de l'Aptien de Grandpré. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, t. 20, pp. 38-100, pl. II-IV.

— (1895): *in* KILIAN et LEENHART: Sur le Néocomien des environs de Moustiers-Sainte-Marie. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, t. 28, p. 973.

— (1901): Note sur quelques Oursins bajociens de Comberjon (Haute-Saône). *In* PETITCLERC P.: Contribution à l'étude du Bajocien dans le Nord de la Franche-Comté, pp. 233-245. *Vesoul.*

— (1902): Description des Echinides fossiles de la province de Barcelone. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, n° 9, 57 p., 4 pl., 5 fig.

— (1916) a: Sur l'existence de l'étage valengien dans l'Aube et dans l'Yonne. *Mém. Soc. Acad. Agriculture, Sciences, Arts et Belles Lettres Aube*, t. 90.

— (1916) b: Note sur quelques Holasteridae. *Bull. Soc. Sc. Historiques et Nat. Yonne*, vol. 70, pp. 191-223.

— (1920): a: Echinides fossiles des environs de Santander recueillis par M. Mengaud. *Annales Soc. Linéenne Lyon*, t. 66, 61 p., 3 pl.

— (1920) b: Etude sur quelques formes primitives de Spatangidés. *Bull. Soc. Historiques et Nat. Yonne*, 5e série, vol. 73, 41 p.

— (1920) c: Note sur quelques Echinides du Crétacé inférieur de la Provence. *Notes paléontologiques*, n° 11, 24 p., 4 pl.

— (1922): Echinides fossiles de la Province de Santander. *Trabajos Museo Nacional Ciencias Naturales*, série géologie, n° 28, 26 p., 2 pl.

— (1927): Révision des Echinides fossiles de la Catalogne. *Memorias Museo Nacional Ciencias Naturales Barcelona*, vol. I, n° 1, 102 p., 4 pl.

— (1931-1932): Etude sur les Echinides fossiles du Nord de l'Afrique. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, nlle série, t. VII, fasc. 2 (1931) et 4 (1932); mém. n° 16, 228 p., 8 pl.

— (1933-1937): Echinides fossiles du Maroc. *Notes et mémoires Serv. Mines Carte Géol. Maroc*, n° 27 (1933), 79 p., 3 pl. et n° 29 (1937), 109 p., 4 pl.

— (1935): Echinides crétacés d'Espagne. *Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. 35, pp. 513-526, pl. 57-58.

LAMBERT J. et THIÉRY P. 1909-1925): Essai de nomenclature raisonnée des Echinides. 607 p., 15 pl. *Chaumont.*

LORIOL P. DE (1873): Echinologie helvétique. Description des Echinides des terrains crétacés de la Suisse. *In* F. J. PICTET: Matériaux pour la paléontologie suisse, 6e série, 144 p., 15 pl.

— (1884): Notes pour servir à l'étude des Echinodermes, 1re série, fasc. 1. *Recueil zool. Suisse*, t. I.

— (1887): Notes pour servir à l'étude des Echinodermes, 1re série, fasc. 2. *Recueil zool. Suisse*, t. IV.

LORIOL P. DE (1887-1888): Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal. Vol. II: Description des Echinodermes. *Comm. Trav. Géol. Portugal*, 122 p., 22 pl.

— 1904): Notes pour servir à l'étude des Echinodermes, 2e série, fasc. 2. *Bâle.*

— (1905): Notes pour servir à l'étude des Echinodermes. 2e série, fasc. 3. *Berlin.*

MALLADA L. (1887): Sinopsis de las especies fossiles que se han encontrado en España, t. III; Crétacé inférieur. *Bull. Com. Mapa Geol. de España.*

MOORE R. C. (1966): Treatise on invertebrate paleontology. Part U: Echinodermata 3, vol. 1 et 2. *Geological Society of America and University of Kansas Press.*

MORTENSEN Th. (1928-1951): A monograph on the Echinoidea. *C.A. Reitzel éd.* Copenhagen.

(1928): t. I: *Cidaroïdea.*

(1935): t. II: *Bothriocidaroïda, Meloechinoïda, Lepidocentroïda* and *Stirodonta.*

(1940): t. III-1: *Aulodonta.*

(1943): t. III-2 et III-3: *Camarodonta.*

(1948): t. IV-1: *Holectypoïda, Cassiduloïda.*

(1951): t. V-1 et V-2: *Spatangoïda.*

NEUMAYR H. (1881): Ueber *Loriolia*, eine neue Echiniden gattung. *Z. D. Geol. Gesellsch.*, t. 33, p. 570.

ORBIGNY A. d' (1853-1860): Paléontologie Française. Terrains crétacés. T. VI, Echinides irréguliers, 597 p., 205 pl. *Masson éd.* Paris.

PETITOT M. L. (1959): Contribution à l'étude des Echinides fossiles du Maroc (Jurassique et Crétacé). *Notes Serv. Géol. Maroc*, n° 146, 183 p., 6 fig., 17 pl.

PICTET F. J. et RENEVIER E. (1858): Description des fossiles du terrain aptien de la perte du Rhône et des environs de Sainte-Croix. *In* PICTET F. J.: Matériaux pour la Paléontologie suisse, 1re série, 184 p., 23 pl.

POMEL A. (1883): Classification méthodique et Genera des Echinides vivants et fossiles. *Thèse Sciences Paris*, 131 p.

REY J. (1966): Sur un Echinide nouveau de l'Hauterivien portugais: *Holectypus almeidae*. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 102, pp. 295-300, pl. 2, fig. 1-2.

— (1967): Caractères morphologiques et répartition stratigraphique d'*Holectypus almeidae* REY. *Comm. Serv. Geol. Portugal*, t. 51, pp. 25-35, pl. 1, fig. 1-2.

SAVIN L. (1902): Catalogue raisonné des Echinides fossiles du département de la Savoie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Savoie*, 2e série, t. VIII, 195 p., 3 pl.

— (1905): Révision des Echinides fossiles du département de l'Isére. *Bull. Soc. Statistique Isère*, 4e série, t. VIII, 211 p., 8 pl.

TERMIER H. et G. (1952): Histoire géologique de la Biosphère. *Masson éd.* Paris.

— (1956): La notion de migration en paléontologie. *Geologischen Rundschau*, vol. 45, n° 1, pp. 26-42.

TINTAN H. (1970): La conception biologique de l'espèce et son application en stratigraphie. «Colloque Méthodes et tendances de la stratigraphie, Orsay», *preprint*.

LISTE DES FIGURES

FIG. 1. — Esquisse géologique du Portugal 10
FIG. 2. — Carte géologique simplifiée de l'Estremadura 15
FIG. 3. — Carte géologique des affleurements crétacés à la périphérie du massif de Sintra 16/17
FIG. 4. — Les domaines de sédimentation en mer épicontinentale 22
FIG. 5. — Les couches de passage du Jurassique au Crétacé d'Aldeia de Juzo. Croquis de situation 32
FIG. 6. — Les couches de passage du Jurassique au Crétacé de Brouco. Croquis de situation 35
FIG. 7. — Coupe des couches de passage du Jurassique au Crétacé de Brouco et répartition verticale des microorganismes 37
FIG. 8. — Les alternances de calcaires et de marnes dans le Berriasien de la Quinta do Pisão 42
FIG. 9. — Le Berriasien au N de Praia da Adraga. Croquis de situation 45
FIG. 10. — Coupe du dôme de Mata 48
FIG. 11. — Carte géologique du dôme de Brouco et de ses abords 48/49
FIG. 12. — Le Berriasien de Porto da Calada. Exemple de ravinement 55
FIG. 13. — Coupe du Berriasien de Porto da Calada 56
FIG. 14. — Le Crétacé inférieur au N du Cap Espichel. Carte géologique 62
FIG. 15. — Coupe du Berriasien de Praia dos Lagosteiros 63
FIG. 16. — Coupe du Berriasien de Serreira 72
FIG. 17. — Carte des directions des stratifications entrecroisées dans les grès berriasiens 74
FIG. 18. — Carte de répartition du centile des galets dans les grès berriasiens 75
FIG. 19. — Carte de répartition des médianes des indices d'émoussé et d'aplatissement des galets dans les grès berriasiens 75
FIG. 20. — Histogrammes de répartition des indices d'émoussé des galets berriasiens à Casal do Gago et à la butte de Tarejo 76
FIG. 21. — Représentation conjuguée des médianes des indices d'émoussé et d'aplatissement des galets berriasiens 76
FIG. 22. — Courbes cumulatives dans les grès berriasiens 78
FIG. 23. — Esquise paléogéographique de l'Estremadura au Berriasien 82
FIG. 24. — La partie occidentale des falaises de Mexilhoeira, près de Cascais 88
FIG. 25. — Coupe du Valanginien de Mexilhoeira 89
FIG. 26. — Schéma montrant l'évolution vers l'W du Valanginien terminal et de l'Hauterivien basal dans les falaises de Mexilhoeira 91
FIG. 27. — Le Valanginien au N de Praia da Adraga. Croquis de situation 97
FIG. 28. — Les variations de faciès dans le Valanginien au S et à l'E du massif de Sintra 100
FIG. 29. — Schéma montrant l'ensablement vers l'E des termes de base du Valanginien dans le dôme de Brouco 103
FIG. 30. — Le contact des calcaires oxfordiens et des grès valanginiens à Portela de São Martinho (lambeau de Cercal) 112
FIG. 31. — Coupe du Valanginien du Fort de Forca, près de Tôrres Vedras 116
FIG. 32. — Carte des directions des stratifications entrecroisés dans les grès valanginiens 119
FIG. 33. — Carte de répartition du centile des galets dans les grès valangéniens 120
FIG. 34. — Carte de répartition des médianes des indices d'émoussé et d'aplatissement des galets dans les grès valanginiens 121
FIG. 35. — Histogrammes de répartition des indices d'émoussé des galets valanginiens à Quinta de Vale de Amor et dans le bassin de Galiota 122
FIG. 36. — Courbes cumulatives dans les grès valanginiens 123
FIG. 37. — Esquisse paléogéographique de l'Estremadura au Valanginien 126
FIG. 38. — Carte géologique du flanc S du synclinal d'Alcabideche à l'W de Cascais 133
FIG. 39. — La partie orientale des falaises de Mexilhoeira, près de Cascais 134
FIG. 40. — Schéma montrant l'evolution des termes inférieurs de l'Hauterivien entre Cascais et Cabo Raso 135
FIG. 41. — Les marnes à *Toxaster* et les calcaires récifaux inférieurs. Schéma montrant les variations de faciès du S au N, entre Cabo Raso et Calhau do Corvo 146
FIG. 42. — Les marnes à *Toxaster* et les calcaires récifaux inférieurs. Schéma montrant les variations de faciès de l'W vers l'E, entre Cabo Raso et Brouco 149
FIG. 43. — Carte géologique du brachyanticlinal de Caneças 159
FIG. 44. — L'Hauterivien et le Barrémien inférieur au N d'Ericeira. Schéma indiquant la situation et la composition des différents niveaux 161

FIG. 45. — L'Hauterivien et le Barrémien inférieur dans le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro. Schéma montrant les variations de faciès de l'W vers l'E, entre Ericeira et Alverca 167
FIG. 46. — Corrélations stratigraphiques proposées dans l'Hauterivien et le Barrémien inférieur d'Ericeira, d'Alcabideche et du N du Cap Espichel 172
FIG. 47. — L'Hauterivien et le Barrémien inférieur de São Sebastião (bassin de Runa) 178
FIG. 48. — Carte géologique du bassin de Tôrres Vedras 180/181
FIG. 49. — L'Hauterivien et le Barrémien inférieur dans le bassin de Tôrres Vedras 183
FIG. 50. — Coupe du Barrémien inférieur à Lugar d'Alem 188
FIG. 51. — Carte des directions des stratifications entrecroisés dans les grès du Barrémien inférieur 189
FIG. 52. — Histogrammes de répartition des indices d'émoussé des galets du Barrémien inférieur à Felgueira et à Olhos de Agua 191
FIG. 53. — Esquisse paléogéographique de l'Estremadura à l'Hauterivien supérieur 197
FIG. 54. — Esquisse paléogéographique de l'Estremadura au Barrémien inférieur 199
FIG. 55. — Les couches d'Almargem à Crismina. Schéma montrant la situation et la composition des différents niveaux 206
FIG. 56. — Coupe des couches d'Almargem de Praia Grande do Rodisio 211
FIG. 57. — Les couches d'Almargem de Praia Grande do Rodisio. Croquis de situation 211
FIG. 58. — Carte géologique des environs de Rinchoa, Algueirão, Meleças 219
FIG. 59. — Profil des couches d'Almargem à Parada 220
FIG. 60. — Les variations de faciès des couches d'Almargem au S du massif de Sintra et du dôme de Brouco 226
FIG. 61. — Coupe synthétique des couches d'Almargem d'Ericeira 230
FIG. 62. — Carte géologique des environs d'Ericeira 230
FIG. 63. — Les couches d'Almargem dans le flanc N du synclinal de Pero Pinheiro. Schéma montrant les variations de faciès de l'W vers l'E, entre Ericeira et Freixial 233
FIG. 64. — Les grès supérieurs d'Almargem. Coupes de Rinchoa et de Parada 239
FIG. 65. — Les variations de faciès des grès supérieurs d'Almargem au S du massif de Sintra et du dôme de Brouco 243
FIG. 66. — L'architecture des grès et conglomérats médians à Praia Grande et au N de Belas 244
FIG. 67. — Carte géologique du lambeau de Cercal 255
FIG. 68. — Schéma montrant les relations des différents étages du Jurassique et du Crétacé dans le lambeau de Cercal 256
FIG. 69. — Carte des directions des stratifications entrecroisées dans les grès d'Almargem inférieurs 259
FIG. 70. — Carte des directions des stratifications entrecroisées dans les grès d'Almargem supérieurs 260
FIG. 71. — Carte de répartition du centile des galets dans les grès d'Almargem superieurs ... 261
FIG. 72. — Carte de répartition des médianes des indices d'émoussé et d'aplatissement des galets dans les grès d'Almargem supérieurs 262
FIG. 73. — Histogrammes de répartition des indices d'émoussé et de dissymétrie dans les galets des grès d'Almargem supérieurs à Praia Grande et au N de Belas 264
FIG. 74. — Courbes cumulatives dans les grès d'Almargem supérieurs 266
FIG. 75. — Esquisse paléogéographique de l'Estremadura au Barrémien supérieur 269
FIG. 76. — Esquisse paléogéographique de l'Estremadura au Bédoulien 270
FIG. 77. — Esquisse paléogéographique de l'Estremadura au Gargasien 272
FIG. 78. — Dispositif schématique des grands ensembles paléogéographiques au N de l'Estremadura. Profil interprétatif 293
FIG. 79. — Les affleurements crétacés et le cadre structural de l'Estremadura actuelle 296
FIG. 80. — Les fluctuations d la mer en Estremadura au Crétacé inférieur 298

La liste des figures incluses dans l'analyse paléontologique (*fig.* 81 à 162) est présentée à la p. 461.

LISTE DES TABLEAUX

TABL. 1. — Corrélations stratigraphiques dans les couches de passage du Jurassique au Crétacé en Europe 52/53
TABL. 2. — Les unités stratigraphiques dans les principaux affleurements de Crétacé inférieur de l'Estremadura. Essai de corrélations 280
TABL. 3. — Tableau de répartition stratigraphique des principales espèces de Foraminifères dans le Crétacé inférieur de l'Estremadura 287
TABL. 4. — Tableau de répartition stratigraphique des principales espèces d'Algues et d'Ostracodes dans le Crétacé inférieur de l'Estremadura 288
TABL. 5. — Les stratifications entrecroisées dans les grès berriasiens 304
TABL. 6. — Les stratifications entrecroisées dans les grès valanginiens 304/305
TABL. 7. — Les stratifications entrecroisées dans les grès du Barrémien inférieur 306
TABL. 8. — Les stratifications entrecroisées dans les grès d'Almargem inférieurs 306
TABL. 9. — Les stratifications entrecroisées dans les grès d'Almargem supérieurs et dans les grès d'Almargem indifférenciés 307
TABL. 10. — Centile des galets dans les grès berriasiens 308
TABL. 11. — Centile des galets dans les grès valanginiens 308
TABL. 12. — Centile des galets dans les grès du Barrémien inférieur 309
TABL. 13. — Centile des galets dans les grès d'Almargem inférieurs 309
TABL. 14. — Centile des galets dans les grès d'Almargem supérieurs et grès d'Almargem indifférenciés 309
TABL. 15. — Morphométrie des galets dans les grès berriasiens 310
TABL. 16. — Morphométrie des galets dans les grès valanginiens 311
TABL. 17. — Morphométrie des galets dans les grès du Barrémien inférieur 311
TABL. 18. — Morphométrie des galets dans les grès d'Almargem supérieurs 312
TABL. 19. — Granulométrie des grès berriasiens 313
TABL. 20. — Granulométrie des grès valanginiens 313
TABL. 21. — Granulométrie des grès d'Almargem inférieurs 314
TABL. 22. — Granulométrie des grès d'Almargem supérieurs 314
TABL. 23. — Essai de reconstitution de la phylogénie des *Toxasteridae* dans le Crétacé inférieur du Portugal 450
TABL. 24. — Tableau de répartition stratigraphique des Echinides réguliers dans le Crétacé inférieur de l'Estremadura 458
TABL. 25. — Tableau de répartition stratigraphique des Echinides irréguliers dans le Crétacé inférieur de l'Estremadura 459
TABL. 26. — Relations entre les Echinides portugais et les Echinides d'Europe et d'Afrique du Nord 460

LISTE DES PLANCHES

PAYSAGES ET AFFLEUREMENTS

PLANCHE I. — Le Crétacé inférieur au N du Cap Espichel. Le Bédoulien du fort de Crismina.
PLANCHE II. — Le Néocomien de Mexilhoeira. Les couches d'Almargem de Praia Grande do Rodísio
PLANCHE III. — Le Bédoulien de Murches-Cabreiro. Le Crétacé inférieur des environs d'Ericeira.
PLANCHE IV. — Le Valanginien de Vale de Lobos. Le Néocomien de Cercal et de Runa.
PLANCHE V. — Quelques grès du Crétacé inférieur.
PLANCHE VI. — Quelques figures sédimentaires.

MICROFACIÈS ET MICROFOSSILES

PLANCHE VII. — Les microfaciès du Jurassique terminal et du Berriasien.
PLANCHE VIII. — Les microfaciès du Valanginien.
PLANCHE IX. — Les microfaunes du Jurassique supérieur et du Néocomien.
PLANCHE X. — Les microfaciès de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur.
PLANCHE XI. — Les microfaciès du Barrémien.
PLANCHE XII. — Les microfaciès du Bédoulien. Les microfaunes du Barrémien et du Bédoulien.

ECHINIDES

PLANCHE XIII. — *Cidaridae, Saleniidae.*
PLANCHE XIV. — *Pseudodiadematidae.*
PLANCHE XV. — *Pseudodiadematidae, Arbacidae.*
PLANCHE XVI. — *Arbacidae, Holectypidae.*

PLANCHE XVII. — *Echinoneidae, Echinobrissidae.*
PLANCHE XVIII. — *Echinobrissidae, Holasteridae, Toxasteridae (Toxaster).*
PLANCHE XIX. — *Toxasteridae (Toxaster).*
PLANCHE XX. — *Toxasteridae (Heteraster).*
PLANCHE XXI. — *Toxasteridae (Heteraster).*
PLANCHE XXII. — *Toxasteridae (Heteraster).*

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La région étudiée 9
L'objet des recherches. Méthodes et tecniques de travail 18

PREMIÈRE PARTIE: *ANALYSE STRATIGRAPHIQUE*

Chapitre premier. — LES COUCHES DE PASSAGE DU JURASSIQUE AU CRÉTACÉ

Historique 29
Description de détail 31
Analyse stratigraphique des «couches à *Anchispirocyclina lusitanica*» 31
Le Berriasien calcaire 40
Le Berriasien calcaréo-détritique 54
Le Berriasien détritique 65
Résumé stratigraphique 79
Synthèse paléogéographique 80

Chapitre deuxième. — LE VALANGINIEN

Historique 85
Description de détail 86
Le Valanginien à prédominance calcaire 86
Le Valanginien à prédominance détritique 102
Résumé stratigraphique 125
Synthèse paléogéographique 127

Chapitre troisième. — L'HAUTERIVIEN ET LE BARRÉMIEN INFÉRIEUR

Historique 131
Description de détail 132
L'Hauterivien et le Barrémien inférieur calcaires et marneux 132
L'Hauterivien et le Barrémien inférieur calcaréo-détritiques 158
L'Hauterivien et le Barrémien inférieur détritiques 177
Résumé stratigraphique 194
Synthèse paléogéographique 195

Chapitre quatrième. — LES COUCHES D'ALMARGEM (Barrémien supérieur — Aptien)

Historique 203
Description de détail 204
Les couches d'Almargem à intercalations calcaires 205
Les couches d'Almargem exclusivement détritiques 249
Remarques sédimentologiques 258
Résumé stratigraphique 267
Synthèse paléogéographique 269

Chapitre cinquième. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES A L'ANALYSE STRATIGRAPHIQUE

Les unités stratigraphiques 277
Les données biostratigraphiques 286
Les milieux de dépôt 291
Le cadre et l'évolution paléogéographique 293

Chapitre sixième. — ANNEXE: LES VALEURS SÉDIMENTOLOGIQUES

Stratifications entrecroisées 304
Centile des galets 308
Morphométrie des galets 310
Granulométrie 312

DEUXIÈME PARTIE: *ANALYSE PALÉONTOLOGIQUE*

(LES ÉCHINIDES DU CRÉTACÉ INFÉRIEUR PORTUGAIS)

Introduction 317

Chapitre premier. — ECHINIDES RÉGULIERS

Cidaroida 319
Stirodonta 327
Camarodonta 364

Chapitre deuxième. — ECHINIDES IRRÉGULIERS

Holectypoida 365
Cassiduloida 377
Spatangoida 391

Chapitre troisième. — BIOSTRATIGRAPHIE ET ÉCOLOGIE DES ECHINIDES

Répartition stratigraphique et géographique des Echinides portugais 453
Relations entre les Echinides portugais et les Echinides d'Europe et d'Afrique du Nord 460
L'étude des Echinides et la stratigraphie 461
Liste des Echinides décrits 463

Bibliographie 465
Liste des figures 473
Liste des tableaux 475
Liste des planches 475

PAYSAGES
ET AFFLEUREMENTS

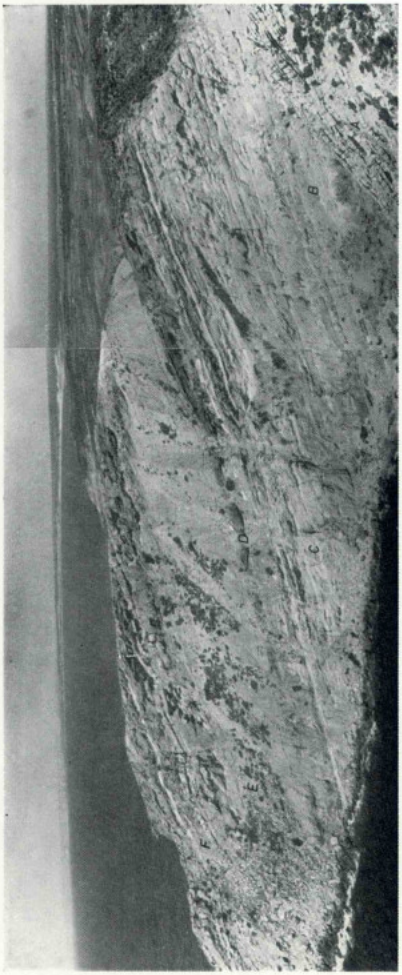
PLANCHE I

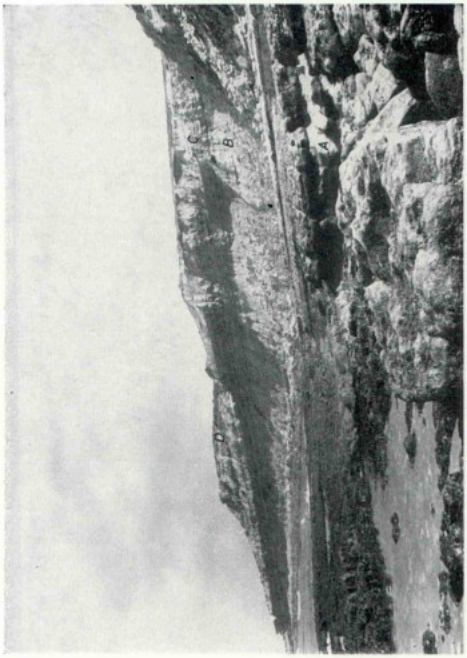
1. — Calcaire à débris coquilliers lités et partiellement grano-classés du Bédoulien de Crismina (niveau 10 b de la coupe décrite dans le texte). Cette formation s'est accumulée à la bordure externe du bioherme de Murches-Cabreiro (les lettres *B* et *H* indiquent les parties inférieure et supérieure de l'échantilon).

2. — Le Néocomien de Praia dos Lagosteiros, au N du Cap Espichel. Au-dessus des calcaires portlandiens *(A)* se succèdent, de bas en haut, plongeant vers le N, les argiles versicolores et grès fins du Berriasien *(B)*, les grès blancs du Valanginien inférieur *(C)*, les «calcaires roux» du Valanginien supérieur *(D)*, les «marnes à *Toxaster*» *(E)* et les «calcaires à Polypiers» *(F)* de l'Hauterivien. Les barques de pêcheurs échouées sur la plage en bas et à droite de la photographie peuvent servir d'échelle.

3. — Le Bédoulien du fort de Crismina (les ruines du fort apparaissent sur la falaise, à droite de la photographie), de bas en haut se superposent les «marno-calcaires à *Heteraster oblongus*» (niveaux 6 et 7) et les «calcaires récifaux supérieurs» (niveau 8). Les couches, plongeant au N sur le flanc S du synclinal d'Alcabideche, sont entrecoupées de filons verticaux de roches volcaniques. A l'horizon, la terminaison occidentale du Massif de Sintra plonge dans l'Atlantique en dessinant le Cabo da Roca.

4. — Le Barrémien de Boca do Chapim, au N du Cap Espichel. Du premier au dernier plan et de bas en haut se suivent, plongeant au NW, les «calcaires et marnes à Choffatelles», formant les entablements découverts à marée basse *(A)*, les «grès à Dinosauriens», série tendre marneuse et finement gréseuse *(B)*, les «calcaires à Rudistes de Boca do Chapim», légèrement en relief *(C)* surmontés par les «grès de Regatão» *(D)*.


B
C
D
E
F


A
B
C
D


A
B

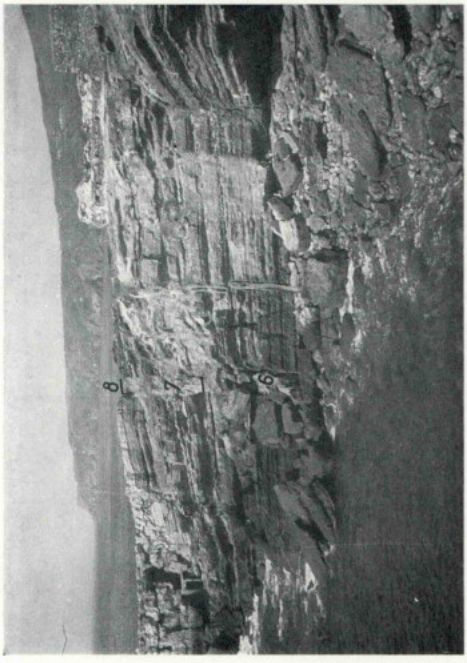

A
6
7
8

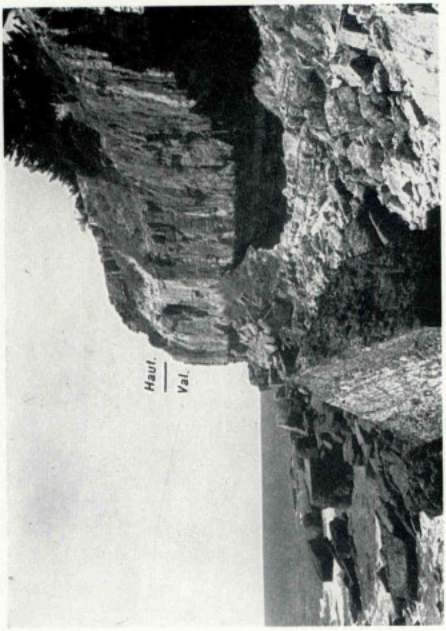
PLANCHE II

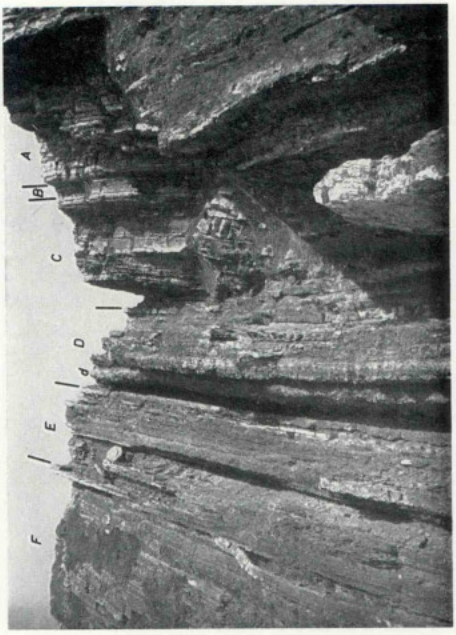
1. — L'Hauterivien de Boca do Inferno, à la partie orientale des falaises de Mexilhoeira. Les calcaires et marnes dolomitiques de l'Hauterivien inférieur qui affleurent au niveau de l'Océan sont surmontés par un puissant ensemble de calcaires dolomitiques massifs et compacts, pararécifaux, profondément lapiazés sur le plateau.

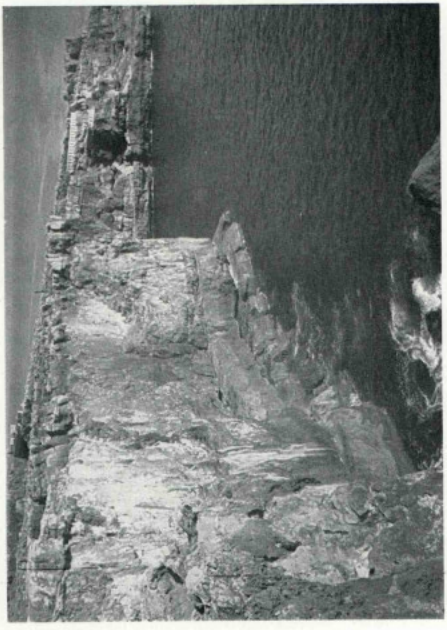
2. — Les termes de passage du Valanginien à l'Hauterivien dans les falaises de Guia (série de Mexilhoeira). De la base au sommet se succèdent le Valanginien supérieur (entablement calcaire du niveau 1 s'enfonçant dans l'Océan; rentrant des niveaux 2, 3, 4, 5, 6 et 7, tendres, marneux et gréseux; corniche des niveaux calcaires 8 et 9) et l'Hauterivien inférieur (replat des «marnes à *Toxaster*» supportant un entablement de calcaires marneux).

3. — Structures noduleuses dans les marnes et calcaires marneux du Bédoulien à Praia Grande do Rodísio (niveau 6 de la coupe décrite dans le texte). On voit nettement, de la droite vers la gauche — de la base au sommet d'un banc vertical — le passage de calcaires renfermant des passées onduleuses discontinues plus marneuses à des marnes calcareuses à nodules calcaires progressivement moins denses vers le haut. La polarité est donc ici négative.

4. — Le Barrémien supérieur à Praia Grande do Rodisio. De la droite vers la gauche, de la base au sommet de la série, se succèdent les «Calcaires à Choffatelles et Dasycladacées» du Barrémien inférieur *(A)*, les «grès d'Almargem inférieurs», d'âge barrémien supérieur (*B*, *C* et *D*, correspondant aux niveaux 1, 2 et 3 de la coupe décrite dans le texte, avec l'assise conglomératique repère *d*), les termes de base des «assises à Orbitolines» (*E* et *F*, correspondant aux niveaux 4 et 5). Sur le flanc N du Massif de Sintra les assises sont redressées à la verticale, sinon même déversées.


Haut.
Val.


A
B
C
D
d
E
F



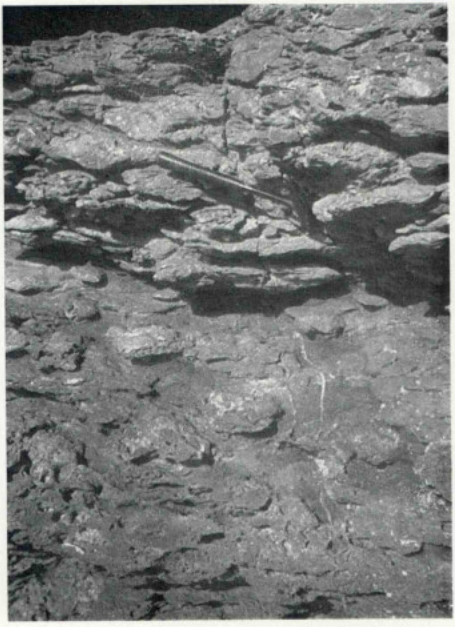


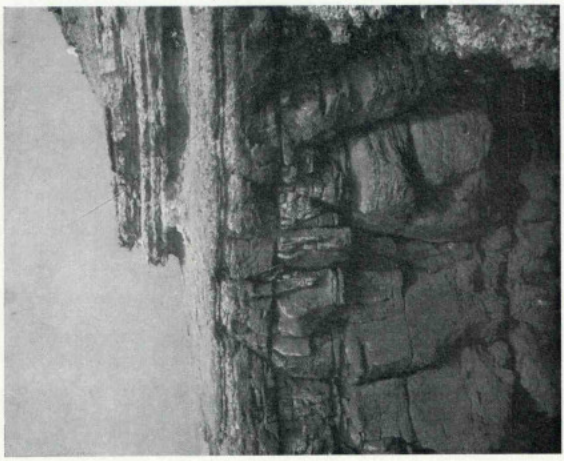
PLANCHE III

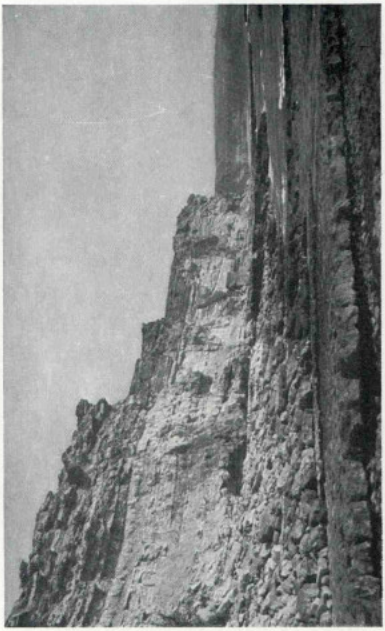
1. — Le Néocomien de Porto da Calada (région d'Ericeira). Des grès à stratifications entrecroisées alternent avec des argiles noires, silts et dolomies à stratifications horizontales. La sédimentation s'est faite dans la zone de rivage. Le Berriasien *(A)*, le Valanginien *(B)* et l'Hauterivien *(C)* sont représentés.

2. — Les «calcaires récifaux supérieurs», bédouliens, dans les falaises de São Julião (région d'Ericeira). Les calcaires massifs et compacts, pararécifaux, du niveau 10 a passent progressivement aux marnes à nodules calcaires du niveau 10 b.

3. — Le bioherme bédoulien de Murches-Cabreiro dans la vallée de Ribeira das Vinhas. On voit essentiellement surgir dans la lande la barre des calcaires blancs, récifaux, lenticulaires, du Bédoulien, plongeant vers le S, et, au loin, les calcaires cénomaniens subhorizontaux du coeur du synclinal d'Alcabideche.

4. — L'unité barrémienne des «calcaires et marnes à Choffatelles» dans la région d'Ericeira. C'est dans ces falaises, 3 km au N d'Ericeira, que les bancs marneux et calcaréo-marneux, plongeant faiblement vers le S, ont fourni le type de *Choffatella decipiens*.


10b
10a




C
B
A
10m
0

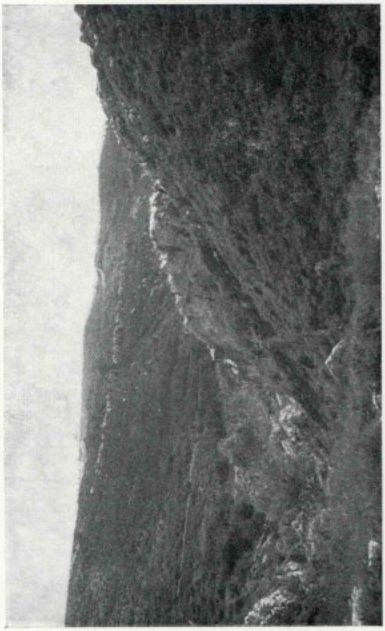


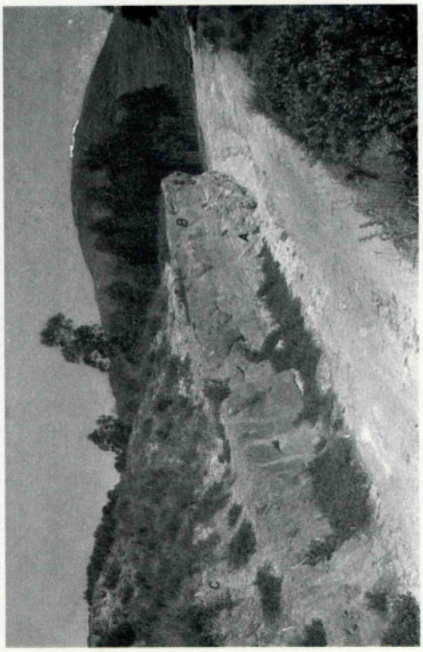
PLANCHE IV

1. — L'Hauterivien inférieur du lambeau de Cercal. Des silts gris cendré alternent en bancs subhorizontaux avec des grès fins et des argiles feuilletées à débris végétaux. Ce niveau affleure 300 m au S de Rocha Forte, sur le bord de la route E.N.115.1.

2. — L'Hauterivien inférieur du bassin de Runa. A l'extrémité méridionale du bassin, 500 m au N du village de São Sebastião, au pied de la colline volcanique de Senhora do Socorro visible à l'arrière-plan, un sentier tracé sur le toit des grès blancs valanginiens est bordé par les termes de base de l'Hauterivien. On distingue les argiles bleutées inférieures *(A)*, les grès bruns médians *(B)*, les silts et argiles supérieurs *(C)*.

3. — Les grès valanginiens de Vale do Lobos. Les bancs de grès blancs à stratifications internes entrecroisées sont intercalés de minces lits subhorizontaux d'argiles à Foraminifères. Le milieu de dépôt est estuarien.

4. — Le contact Oxfordien-Valanginien à Portela de São Martinho (lambeau de Cercal), La route E.N.115.1 entaille les calcaires oxfordiens *(A)*, blancs, massifs, à surface supérieure très irrégulière. Les poches ainsi formées sont emplies par les grès jaunes du Valanginien *(B)*.


B
A
C


B
B
A
B
A
B
B
A



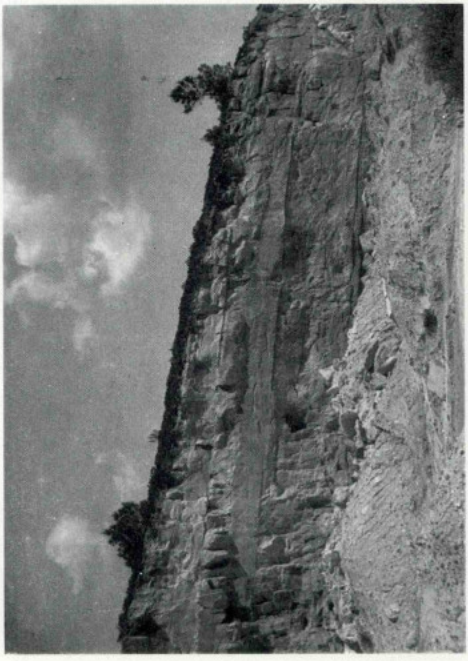


PLANCHE V

1. — Stratifications entrecroisées dans les grès blancs valanginiens, fluviatiles, du moulin de Frade (Serra da Arrábida). Les galets et granules de quartz qui jalonnent certains des feuillets élémentaires soulignent les stratifications. Les argiles rouges sous-jacentes sont rapportées au Berriasien.

2. — Bancs lenticulaires dans les grès valanginiens au N d'Azoia (Serra da Arrábida). On voit nettement alterner des bancs de grès fins, de silts et de microconglomérats. De telles lentilles permettent de définir le sens d'écoulement des courants. Le milieu de dépôt est fluviatile.

3. — Les «grès d'Almargem supérieurs» (gargasiens) dans le brachysynclinal de Rinchoa. L'unité des «argiles, grès et lignites inférieurs», formée de bancs à stratifications horizontales, est surmontée par l'unité plus massive et blanche des «grès et conglomérats médians».

4. — Composition des «grès et conglomérats médians» (ensemble des «grès d'Almargem supérieurs») au N de Belas. Des galets de quartz sont dispersés, sans orientations préférentielles, dans une gangue gréseuse à ciment argileux peu abondant. Ce sédiment fluviatile s'est déposé à faible distance des zones d'apport.







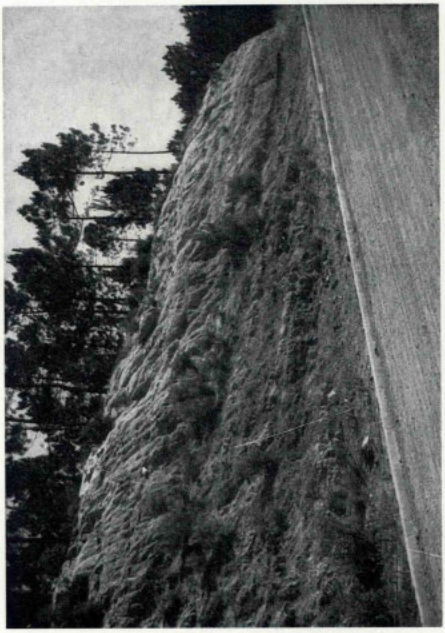


PLANCHE VI

1. — Terriers dans des calcaires gréseux barrémiens (unité des «grès à Trigonies» de Porto do Cavalinho, au N d'Ericeira). La photographie a été prise sur la surface d'un banc.

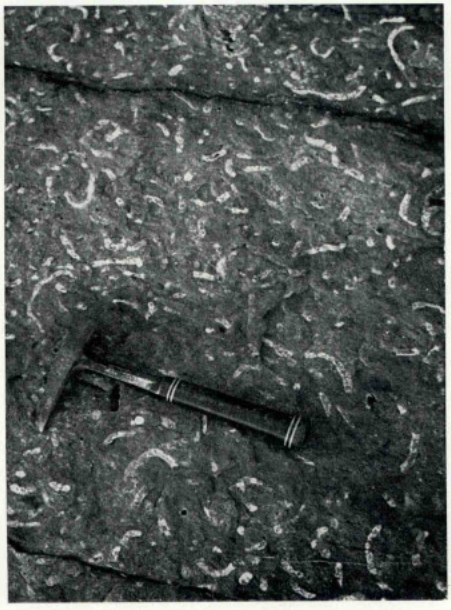
2. — «Convolute laminations» dans les silts et argiles berriasiens de Porto da Calada. Cette formation s'est mise en place en milieu très littoral, probablement supratidal.

3. — Banc de grès fin à stratification oblique intercalé dans les «calcaires et marnes à Choffatelles», barrémiens, de Porto do Cavalinho. Le milieu de dépôt est marin, très confiné, probablement intertidal.

4. — «Rhizoconcrétions» dans les «grès d'Almargem inférieurs» du fort de Milregos, 2 km au N d'Ericeira. Un banc de grès rougeâtre repose sur un grès plus clair. Les tubulures pénétrant dans le banc inférieur perpendiculairement au plan de stratification sont emplies du même grès rouge que le banc supérieur. La sédimentation s'est faite dans une vasière littorale, en zone supratidale.








50cm
0

MICROFACIÈS
ET MICROFOSSILES

PLANCHE VII

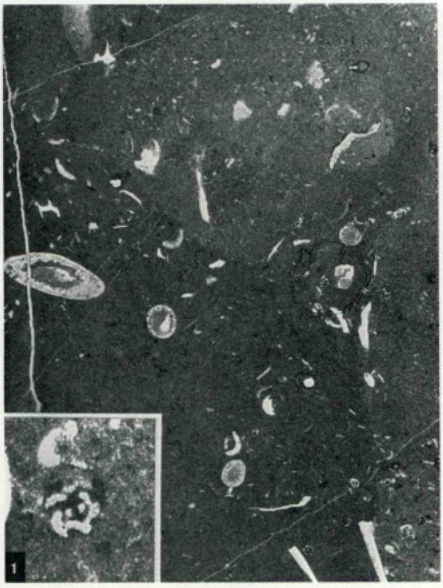
Les microfaciès du Jurassique terminal et du Berriasien

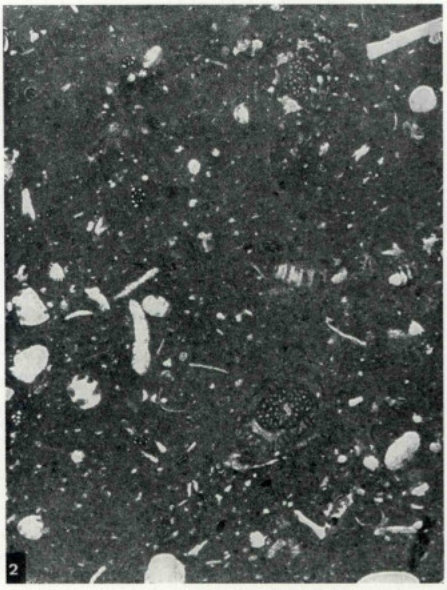
FIG. 1. — Calcaire cryptocristallin à *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN), *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), Codiacées; × 6.
Dans l'angle inférieur gauche, *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN); × 25.
Milieu marin confiné; étage infralittoral.
Aldeia de Juzo.
KIMMERIDGIEN SUPERIEUR - PORTLANDIEN.

FIG. 2. — Calcaire cryptocristallin et grumeleux, à nombreux éléments bioclastiques, avec *Pseudocyclammina lituus* (YOK), *Trocholina elongata* (LEUP.), *Trocholina alpina* (LEUP.), *Miliolidae;* × 13.
Milieu laguno-marin; étage infralittoral.
Mancebas (dôme d'Olela).
BERRIASIEN (unité des «calcaires et marnes à Trocholines»).

FIG. 3. — Calcaire argileux et cryptocristallin à gyrogonites de Charas et *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER); × 11.
La stratification est soulignée par des microlits plus argileux. Quelques cristaux de pyrite sont dispersés.
Milieu laguno-lacustre.
Praia da Adraga.
BERRIASIEN (unité des «marno-calcaires à *Mantelliana purbeckensis*»).

FIG. 4. — Calcaire organo-détritique à ciment cryptocristallin et grumeleux, très riche en *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER); × 7.
Milieu laguno-marin; étage infralittoral.
Praia da Adraga.
BERRIASIEN (unité des «marnes à Anchispirocyclines»).







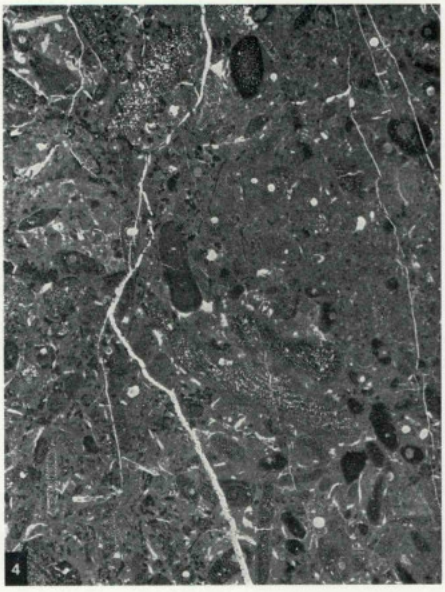


PLANCHE VIII

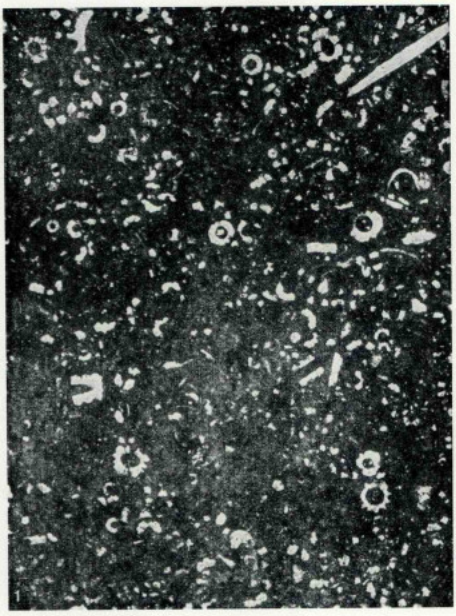
Les microfaciès du Valanginien

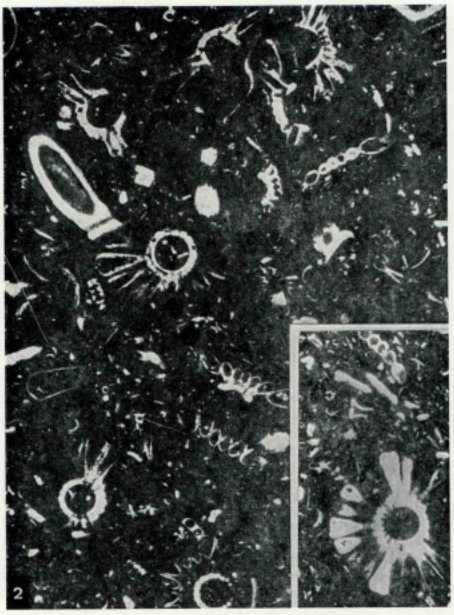
FIG. 1. — Calcaire microclastique à *Pianella annulata* (CAROZZI); × 9.
Milieu marin; étage infralittoral.
Boa Vista.
VALANGINIEN (unité des «marno-calcaires à *Leviathania leviathan*»).

FIG. 2. — Calcaire cryptocristallin et microclastique à *Clypeina lucasi* EMBERGER; × 10
Milieu marin; étage infralittoral.
Aldeia de Juzo.
VALANGINIEN (unité des «marno-calcaires à *Leviathania leviathan*»).

FIG. 3. — Calcaire gréseux; × 10.
Le ciment se compose de calcite cristalline et de limonite. Les éléments hétérométriques de quartz, émoussés et cariés, présentent des microfissurations soulignées par des imprégnations de fer, et sont recouverts de croûtes ferrugineuses.
Milieu marin, côtier.
Praia dos Lagosteiros.
VALANGINIEN (unité des «calcaires roux»).

FIG. 4. — Calcaires graveleux à ciment cristallin; × 10.
Les gravelles homométriques, imprégnées ou enduites de limonite, correspondent à des éléments bioclastiques émoussés. Une faible fraction est oolithique. On y reconnaît de nombreuses Lenticulines accompagnées de quelques Trocholines et débris d'Echinides.
Milieu marin; étage circalittoral.
Aldeia de Juzo.
VALANGINIEN (unité des «calcaires roux»).







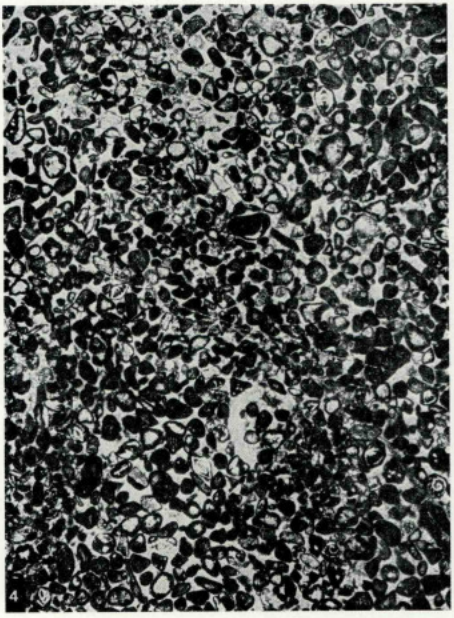


PLANCHE IX

Les microfaunes du Jurassique supérieur et du Néocomien

FIG. 1 et 2. — *Pseudocyclammina lituus* (YOK.).
1: Coupe équatoriale non centrée; × 28.
2: Coupe subaxiale; × 28.
Exemplaires du Portlandien d'Aldeia de Juzo.
KIMMERIDGIEN - VALANGINIEN.

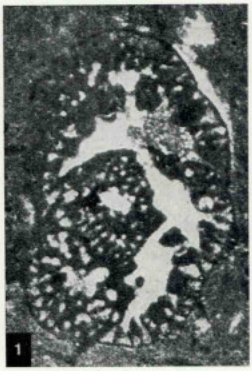
FIG. 3 et 4. — *Pseudospirocyclina maynci* (HOTT.).
3: Coupe équatoriale; × 28.
4: Coupe subaxiale; × 28.
Exemplaires du Kimméridgien supérieur - Portlandien d'Aldeia de Juzo.
KIMMERIDGIEN - PORTLANDIEN.

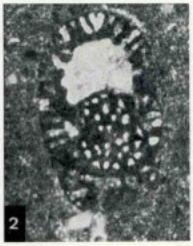
FIG. 5 et 6. — *Choffatella* sp.
5: Coupe équatoriale non centrée; × 32.
6: Coupe subaxiale; × 32.
Exemplaires du Valanginien supérieur d'Aldeia de Juzo.
VALANGINIEN.

FIG. 7 à 9. — *«Mayncina»* sp.
7: Coupe axiale; × 32.
8: Coupe équatoriale; × 28.
9: Coupe transverse subéquatoriale; × 28.
Exemplaires du Barrémien inférieur de Calhau do Corvo.
VALANGINIEN - BEDOULIEN.

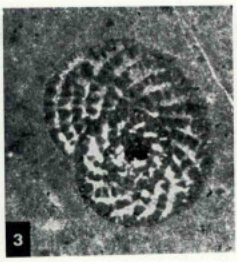
FIG. 10. — *Trocholina elongata* (LEUP.).
Coupe axiale; × 28.
Exemplaires du Portlandien d'Aldeia de Juzo.
JURASSIQUE SUPERIEUR - VALANGINIEN.

FIG. 11 et 12. — *Feurtillia frequens* (MAYNC).
11: Coupes équatoriales; × 28.
12: Coupes axiales et subaxiales; × 28.
Exemplaires du Valanginien d'Aldeia de Juzo.
PORTLANDIEN - VALANGINIEN.


1


2

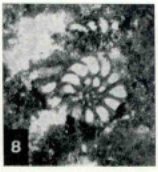

7

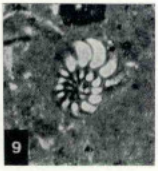

3


4

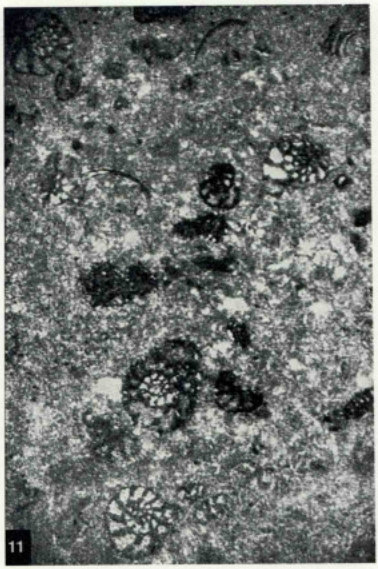

5


6


8


9


10


11

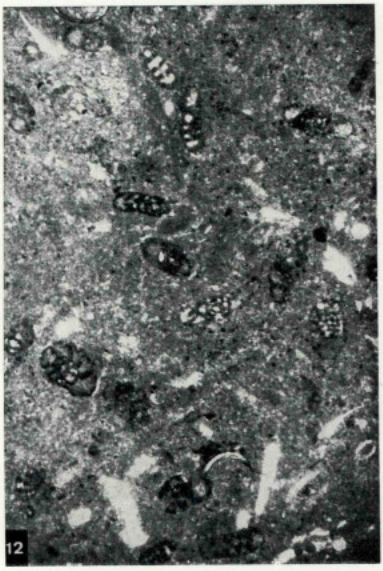

12

PLANCHE X

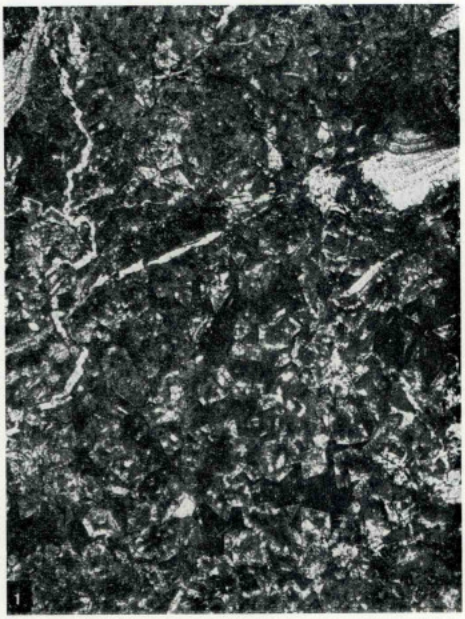
Les microfaciès de l'Hauterivien et du Barrémien inférieur

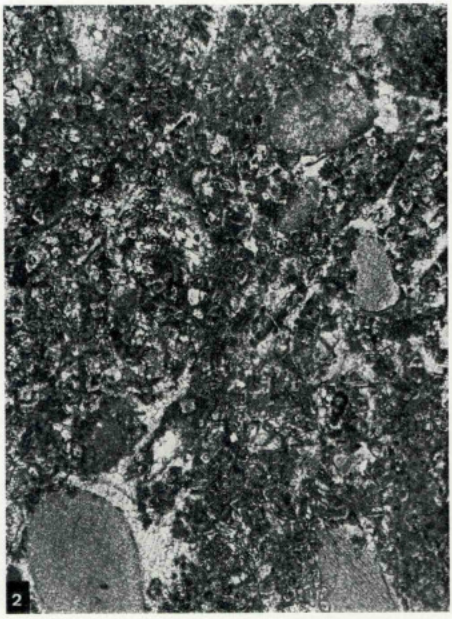
FIG. 1. — Calcaire cryptocristallin à nombreux et larges rhomboèdres de dolomite, avec quelques sections de Lamellibranches; × 10.
Milieu marin; zone supratidale.
Moulin de Frade.
HAUTERIVIEN.

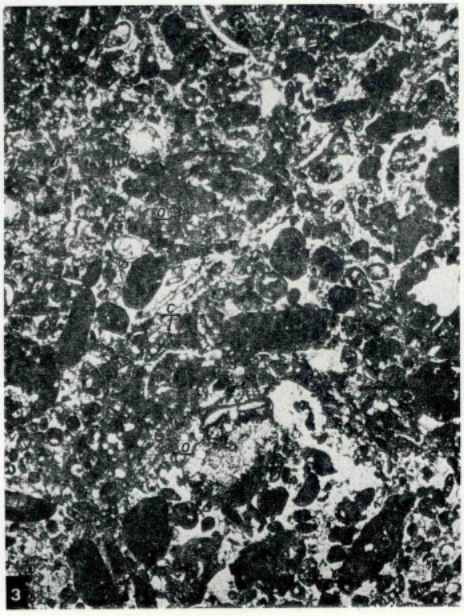
FIG. 2. — Dolomie cristalline du *domaine récifal;* × 10.
De larges rhomboèdres de dolomite se développent dans un fond cristallin à microcristallin mal dé lavé. Des débris d'Echinodermes sont visibles.
Récif-barrière de Cabo Raso.
HAUTERIVIEN (unité des «calcaires récifaux inférieurs»).

FIG. 3. — Calcaire cristallin et grumeleux à éléments bioclastiques et lithoclastiques émoussés, hétérométriques, avec *Orbitolinopsis* gr. *flandrini* MOULLADE *(O), Choffatella decipiens* SCHLUMB. *(C), Textulariidae*, gros Arénacé; × 9.
Milieu marin interne, proche du domaine récifal.
Fort de Crismina.
BARREMIEN INFERIEUR (unité des «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées»).

FIG. 4. — Calcaire cristallin à gros éléments bioclastiques et lithoclastiques émoussés; × 10.
On reconnaît, parmi les débris organiques, des sections de Gastéropodes.
Dépôt de bordure d'édifice corallien (noyau construit de Cabo Raso).
Fort de Guincho.
HAUTERIVIEN (unité des «calcaires récifaux inférieurs»).


1


2


3

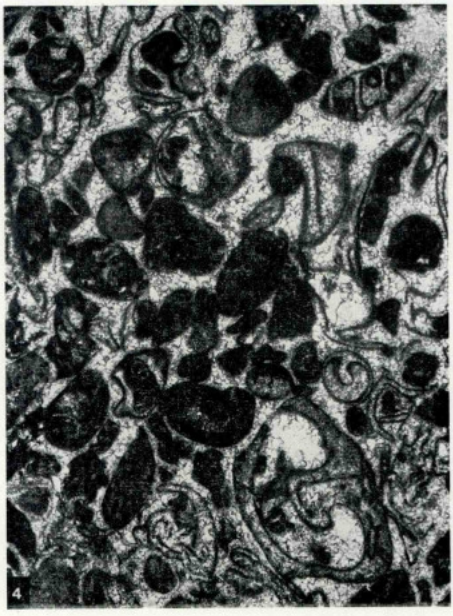

4

PLANCHE XI

Les microfaciès du Barrémien

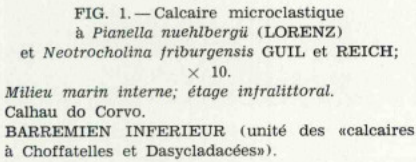


FIG. 1. — Calcaire microclastique à *Pianella nuehlbergü* (LORENZ) et *Neotrocholina friburgensis* GUIL et REICH; × 10.
Milieu marin interne; étage infralittoral.
Calhau do Corvo.
BARREMIEN INFERIEUR (unité des «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées»).

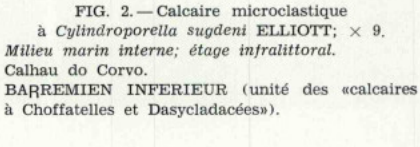


FIG. 2. — Calcaire microclastique à *Cylindroporella sugdeni* ELLIOTT; × 9.
Milieu marin interne; étage infralittoral.
Calhau do Corvo.
BARREMIEN INFERIEUR (unité des «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées»).

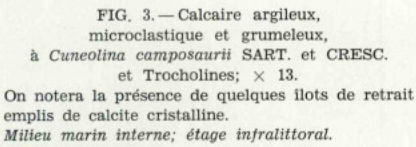


FIG. 3. — Calcaire argileux, microclastique et grumeleux, à *Cuneolina camposaurii* SART. et CRESC. et Trocholines; × 13.
On notera la présence de quelques îlots de retrait emplis de calcite cristalline.
Milieu marin interne; étage infralittoral.
Calhau do Corvo.
BARREMIEN INFERIEUR (unité des «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées»).

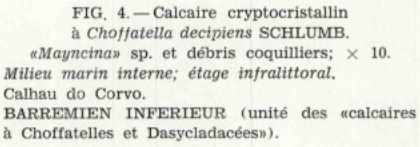
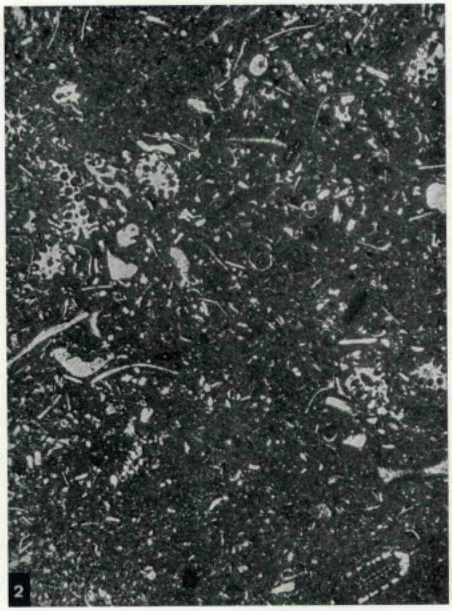
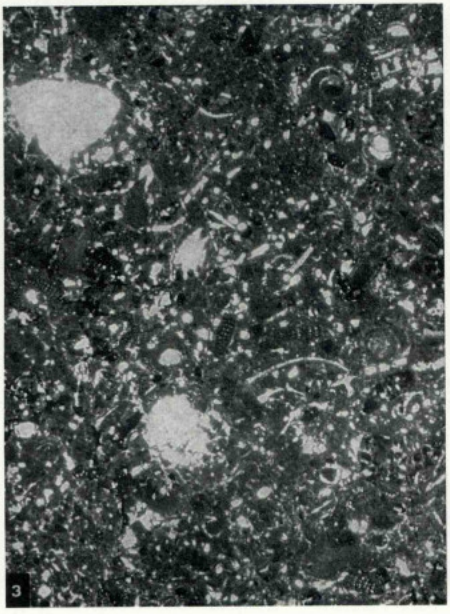


FIG. 4. — Calcaire cryptocristallin à *Choffatella decipiens* SCHLUMB. «*Mayncina*» sp. et débris coquilliers; × 10.
Milieu marin interne; étage infralittoral.
Calhau do Corvo.
BARREMIEN INFERIEUR (unité des «calcaires à Choffatelles et Dasycladacées»).


1


2


3

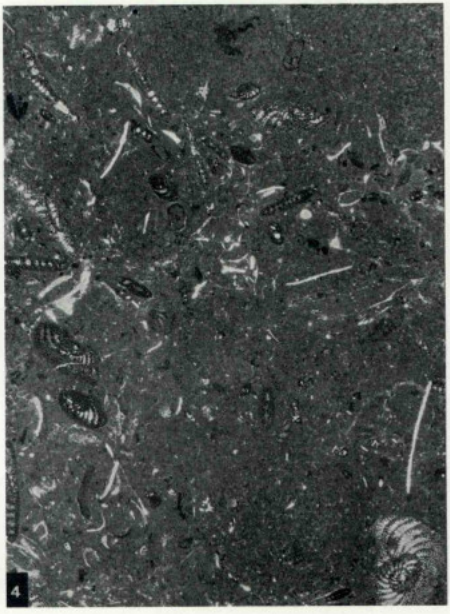

4

PLANCHE XII

Les microfaciès du Bédoulien

Les microfaunes du Barrémien et du Bédoulien

FIG. 1. — Calcaire organogène à ciment cristallin, très riche en Orbitolines; × 10.
Milieu marin périrécifal.
Aldeia de Juzo.
BEDOULIEN (unité des «calcaires récifaux supérieurs»).

FIG. 2. — Calcaire microcristallin à nombreux débris bioclastiques, avec *Choffatella decipiens* SCHLUMB. et *Palorbitolina lenticularis* (BLUM.); × 10.
Milieu marin restreint; zone subtidale.
Parada.
BEDOULIEN (unité des «marnes à Huitres»).

FIG. 3. — *Palorbitolina lenticularis* (BLUM.).
Section axiale; × 26.
Exemplaire du Bédoulien de Praia Grande do Rodisio.
BEDOULIEN.

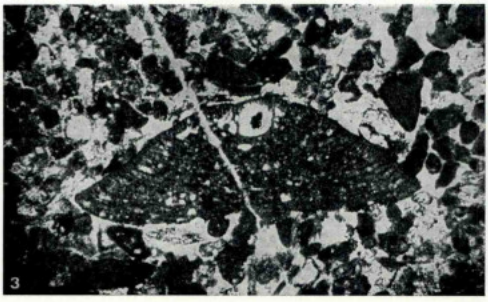
FIG. 4. — *Choffatella decipiens* SCHLUMB.
Section équatoriale; × 28.
Exemplaire du Barrémien inférieur de Calhau do Corvo.
HAUTERIVIEN SUPERIEUR - BEDOULIEN.

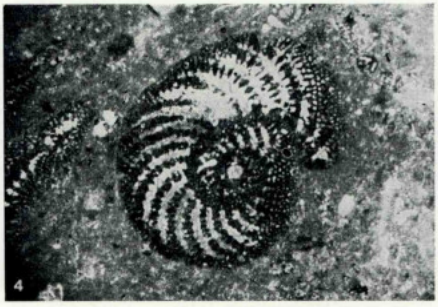
FIG. 5. — *Pseudotextulariella scarsellai* (DE CASTRO).
Sections axiales et tangentielles; × 35.
Exemplaires du Barrémien inférieur de Calhau do Corvo.
BARREMIEN.

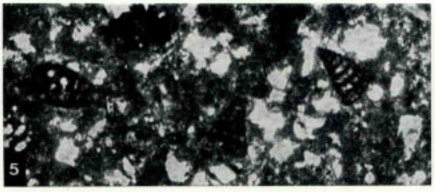
FIG. 6 et 7. — *Textulariella* sp.
Sections axiales; × 35.
Exemplaires du Bédoulien d'Aldeia de Juzo.
BEDOULIEN.

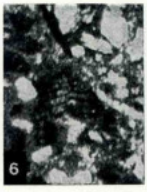

1

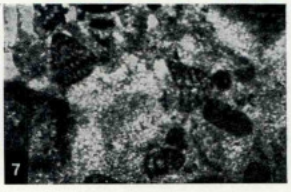

2


3


4


5


6


7

ÉCHINIDES

PLANCHE XIII

FIG. 1 à 4. — *Phyllacanthus salviensis* (COTTEAU).
1: Profil; grandeur nature.
Echantillon n° Sa 171.
2: Détail de l'ornementation à la face inférieure; × 2.
3: Détail de l'ornementation à la face supérieure; × 2.
4: Face supérieure; grandeur nature.
Echantillon n° CC 672.

FIG. 5 à 7. — *Typocidaris folcariensis* GAUTHIER.
5: Profil; × 2.
6: Profil: grandeur nature.
7: Détail de l'ornementation à la face inférieure; × 4.
Echantillon n° Ca 1851.

FIG. 8. — *Saleniadepressa* GRAS.
Appareil apical; × 2.
Echantillon n° Me 851.

FIG. 9 à 11. — *Salenia folium-querci* DESOR.
9: Appareil apical; × 2.
Echantillon n° Mx 1432.

10: Face supérieur; × 2.
11: Profil; × 2.
Echantillon n° Mx 1433.

FIG. 12. — *Salenia grasi* COTTEAU.
Appareil apical; × 2.
Echantillon n° Er 881.

FIG. 13 à 17. — *Salenia mamillata* COTTEAU
13: Profil: grandeur nature.
14: Profil; × 2.
15: Face supérieur; × 2.
16: Face inférieure; × 2.
17: Détail de l'ornementation à l'ambitus; × 3.
Echantillon n° C Er 116.

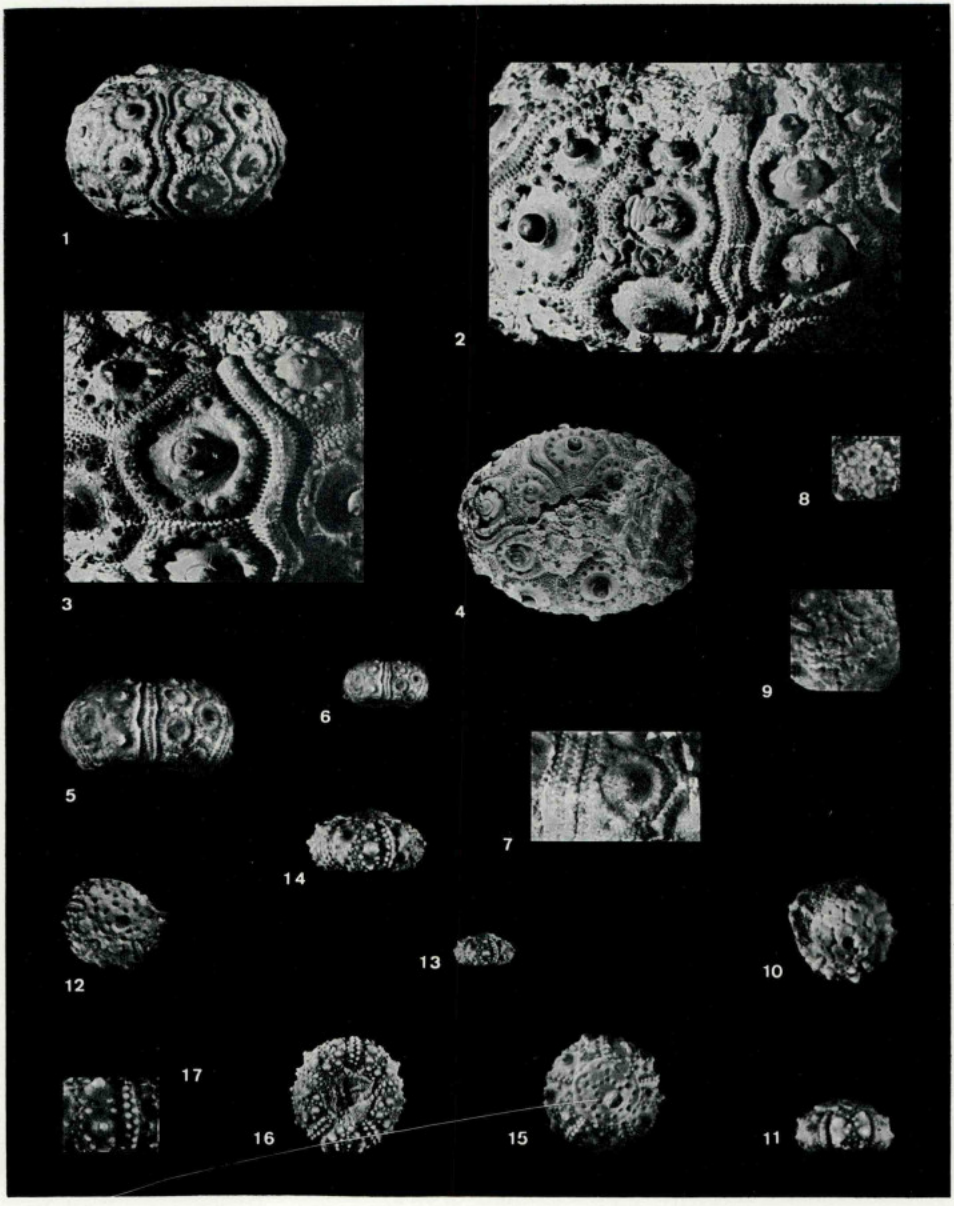

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

PLANCHE XIV

FIG. 1 à 7. — *Trochotiara bourgueti* (DESOR).
1: Profil; grandeur nature.
Echantillon n° Cx 151.

2: Profil; × 2.
3: Profil; grandeur nature.
4: Face inférieur; × 2.
5: Face supérieur; × 2.
6: Détail de l'ornementation à l'ambitus; × 3.
Echantillon n° Cx 152.

7: Face inférieur; × 3.
Echantillon Cx n° 153.

FIG. 8 à 14. — *Trochotiara sculptilis* (DE LORIOL) variété A.
8: Profil; grandeur nature.
9: Profil; × 2.
Echantillon n° PC 91.

10: Profil; grandeur nature.
11: Profil; × 2.
12: Détail de l'ornementation à l'ambitus; × 3.
13: Face supérieur; × 2.
14: Face inférieure; × 2.
Echantillon n° PC 92

FIG. 15 à 17. — *Trochotiara sculptilis* (DE LORIOL) variété B.
15: Face supérieur; × 2.
Echantillon n° PC 93.

16: Face inférieure; × 2.
Echantillon n° PC 94.

17: Détail d'une face inférieure pourvue de radioles; × 3.
Echantillon n° PC 95.

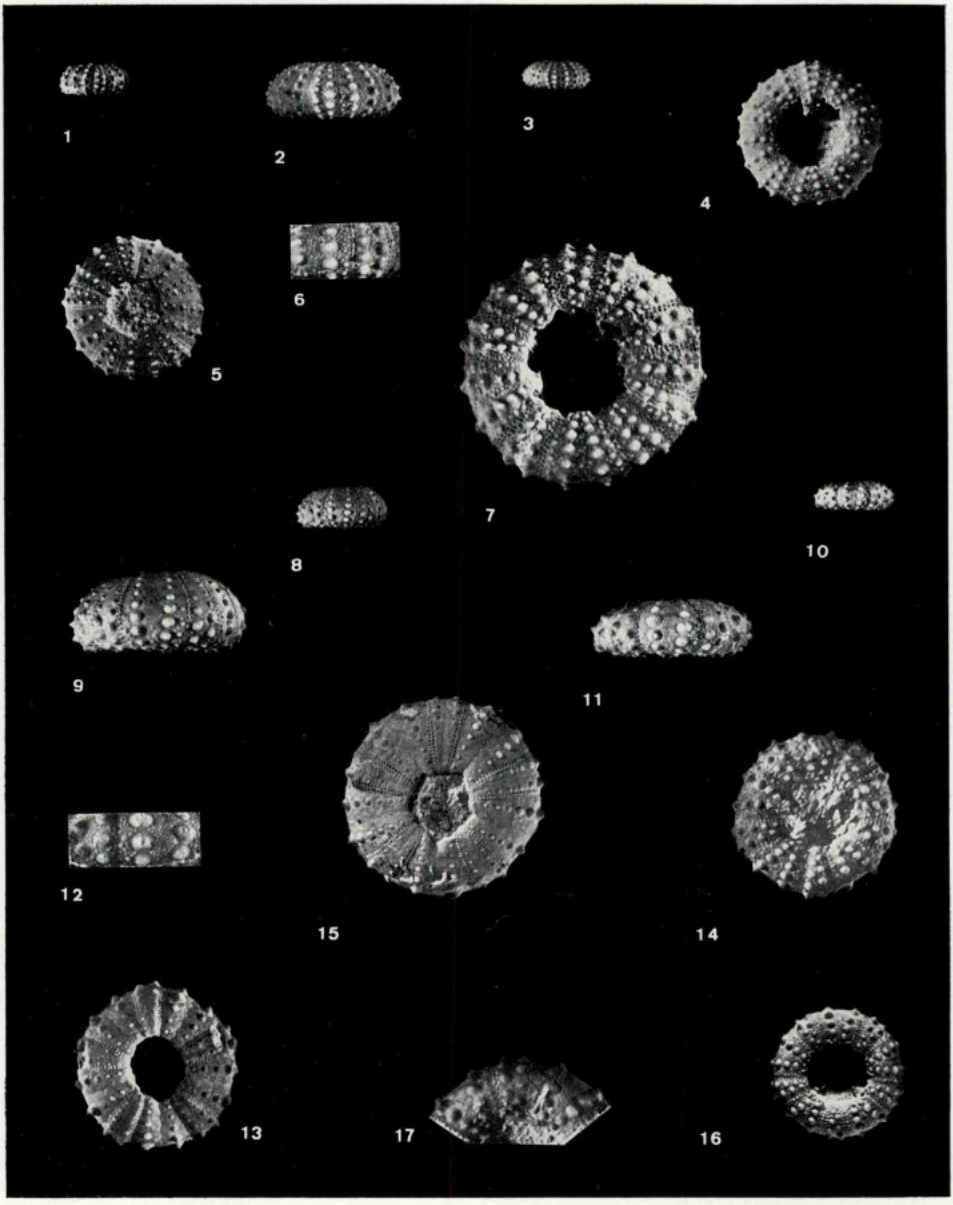

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

PLANCHE XV

FIG. 1 à 6. — *Heterodiadema arrabidense* nov. sp.
1: Face supérieure; × 2.
2: Face inférieure; × 2.
3: Détail de l'ornementation à la face inférieure; × 3.
4: Profil; grandeur nature.
5: Profil; × 2.
6: Détail de l'ornementation à l'ambitus et à la face supérieur; × 3.
Echantillon n° CE 181 (holotype).

FIG. 7 à 12. — *Polydiadema* sp. nov. A.
7: Profil; grandeur nature.
8: Profil; × 3.
9: Face supérieure; grandeur nature.
10: Face inférieure; grandeur nature.
Echantillon n° Me 1184.

11: Détail de l'ornementation à l'ambitus et à la face supérieure; × 3.
Echantillon n° Me 1188.

12: Détail de l'ornementation à la face inférieure; × 3.
Echantillon n° Me 1186.

FIG. 13 à 16. — *Tetragramma raulini* (DESOR).
13: Profil; grandeur nature.
14: Profil; × 2.
15: Face supérieure; × 2.
16: Face inférieure; × 2.
Echantillon n° Er 1111.

FIG. 17. — *Codiopsis lorini* COTTEAU.
Appareil apical; × 3.
Echantillon n° Ca 1811.

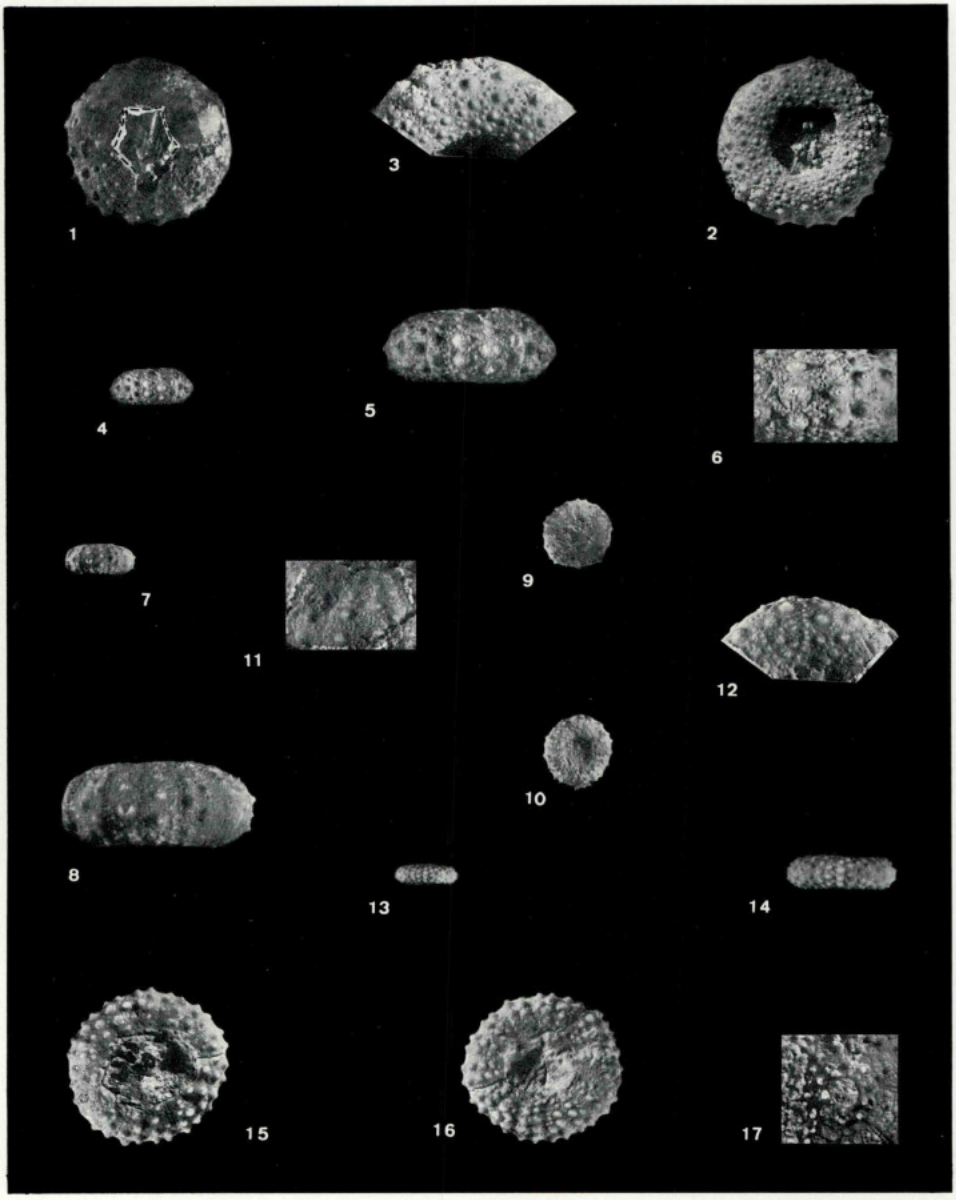

1
3
2
4
5
6
7
9
11
12
10
8
13
14
15
16
17

PLANCHE XVI

FIG. 1 et 2. — *Goniopygus peltatus* AGASSIZ.
1: Appareil apical; × 3.

Echantillon n° CC 621.
2: Détail de l'ornementation à l'ambitus et à la face supérieure; × 2.
Echantillon n° RLS 171.

FIG. 3 à 6. — *Goniopygus* cf. *hispaniae* COTTEAU.
3: Profil; grandeur nature.
4: Profil; × 2.
5: Détail de l'ornementation à l'ambitus et à la face supérieure; × 3.
6: Face supérieure; × 3.
Echantillon n° CC 624.

FIG. 7 à 10. — *Goniopygus peltatus* var. *levis* nov. var.
7: Profil; grandeur nature.
8: Profil; × 2.
9: Face supérieure d'une forme adulte; × 2.
Echantillon n° CEr 1151.
10: Face supérieure d'une forme jeune; × 2.
Echantillon n° CEr 1152.

FIG. 11 à 21. — *Holectypus almeidae* REY.
11: Profil; grandeur nature.
12: Profil; × 2.
13: Face supérieure; × 2.
14: Appareil apical; × 5.
15: Ornementation de l'interambulacre à la face supérieure; × 5.
16: Ornementation de l'ambulacre à la face supérieure; × 5.
Echantillon n° Mx 111 (holotype).

17: Profil; grandeur nature.
18: Face inférieure; × 2.
Echantillon n° Mx 113.
19: Face supérieure; × 2.
Echantillon n° Mx 112.
20: Face inférieure; × 2.
Echantillon n° Mx 115.
21: Détail de l'ornementation à la face inférieure; × 7,5.
Echantillon n° Mx 116.

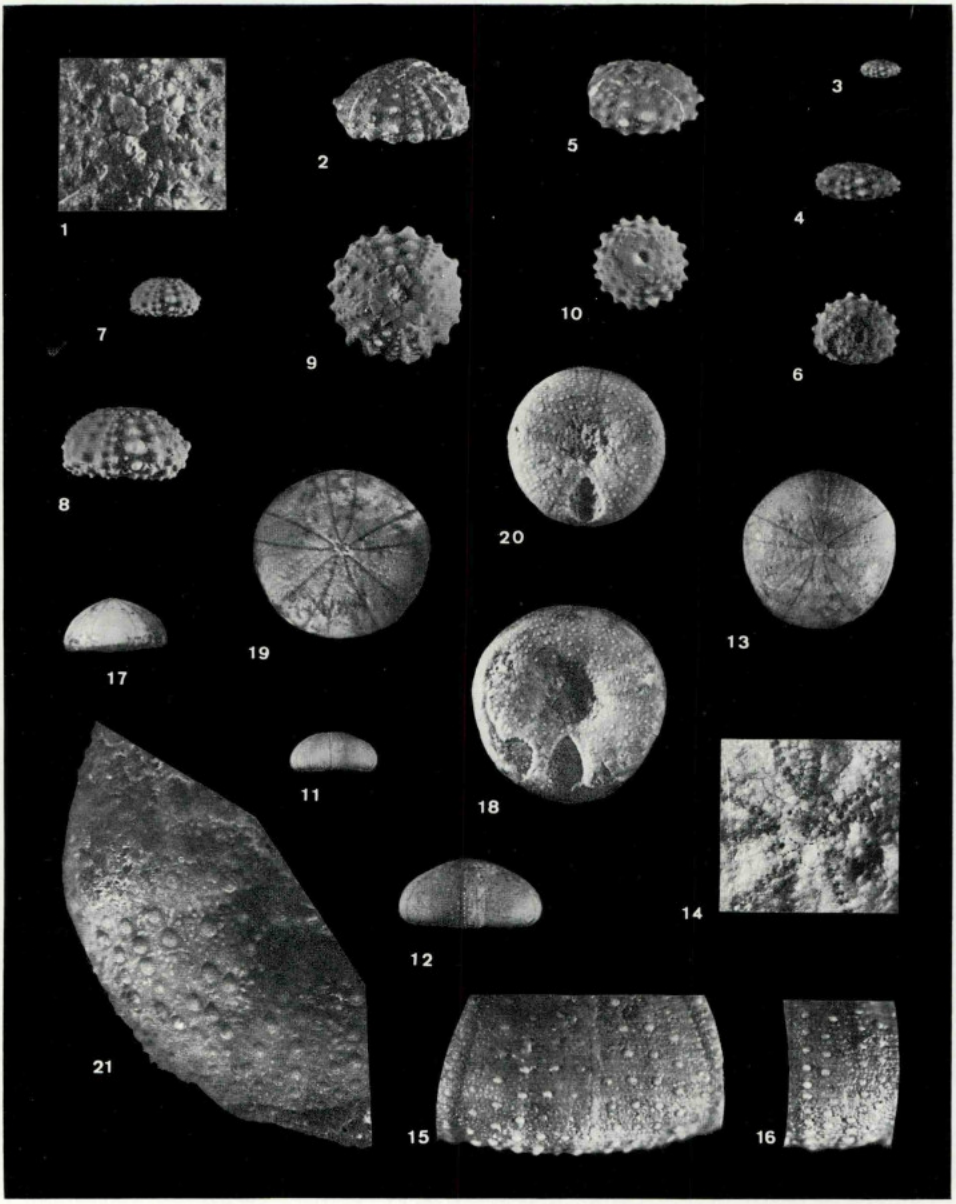

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

PLANCHE XVII

FIG. 1 à 4. — *Pyrina globosa* DE LORIOL.
1: Profil côté droit; grandeur nature.
2: Face supérieure; grandeur nature.
3: Face inférieure; grandeur nature.
6: Face postérieure; grandeur nature.
Echantillon n° TM 1122.

FIG. 5 à 8. — *Pyrina pygoea* (AGASSIZ).
5: Face supérieure; grandeur nature.
Echantillon n° Car 92.

6; Face inférieure; grandeur nature.
7: Profil côté droit; grandeur nature.
8: Face postérieure; grandeur nature.
Echantillon n° Car 93.

FIG. 9 à 13. — *Nucleolites* cf. *piveteaui* (LAMBERT).
9: Face supérieure; × 2.
10: Face supérieur; grandeur nature.
11: Face inférieure; grandeur nature.
12: Face inférieure; × 2.
Echantillon n° Er U 21.

13: Profil côté droit; grandeur nature.
Echantillon n° Ca 113.

FIG. 14 à 20. — *Nucleolites teixeirae* nov. sp.
14: Face supérieure; grandeur nature.
15: Face inférieure; grandeur nature.
16: Face postérieure; grandeur nature.
17: Profil côté gauche; grandeur nature.
Echantillon n° CC 582 (holotype)

18: Face supérieure; × 2.
19: Face supérieure; grandeur nature.
20: Profil côté gauche; grandeur nature.
Echantillon n° CC 589.

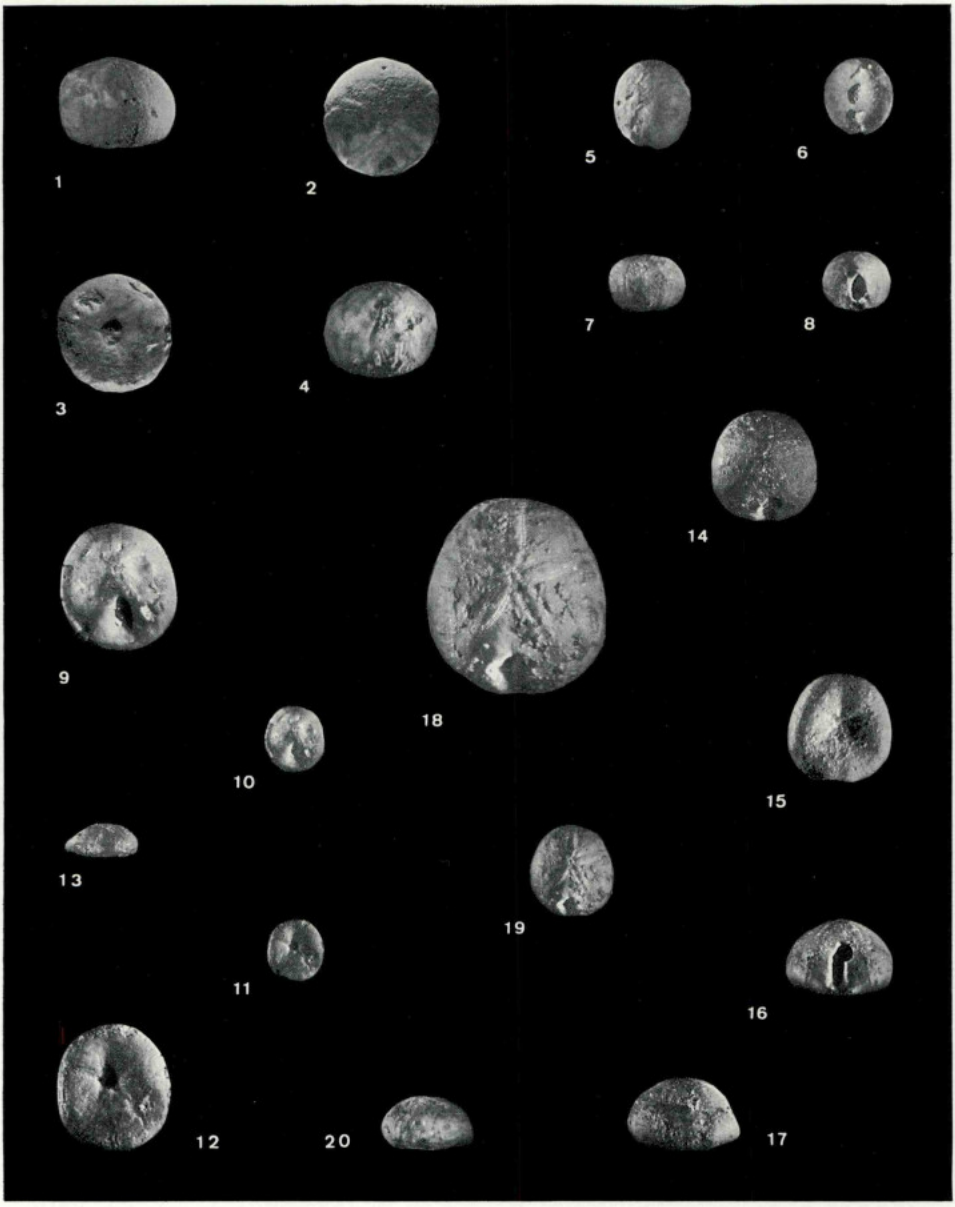

1
2
5
6
3
4
7
8
14
9
18
10
15
13
19
11
16
12
20
17

PLANCHE XVIII

FIG. 1 et 2. — *Pygurus rostratus* AGASSIZ.
1: Profil côté droit; grandeur nature.
2: Face supérieure; grandeur nature.

Echantillon n° CE 211.

FIG. 3 à 6. — *Collyropsis ovulum* (DESOR).
3: Face supérieure; grandeur nature.
4: Profil gauche; grandeur nature.

Echantillon n° Mx 111.

5: Face supérieure; grandeur nature.
6: Profil côté droit; grandeur nature.

Echantillon n° Mx 114.

FIG. 7 à 9. — *Holaster valanginiensis* LAMBERT.
7: Face supérieure; × 1,5.
8: Face supérieure; grandeur nature.
9: Profil côté gauche; × 1,5.

Echantillon n° TM 931.

FIG. 10 à 14. — *Toxaster casterasi* nov. sp.
10: Face supérieure; grandeur nature.
11: Face supérieure; × 1,5.
12: Profil côté droit; × 1,5.
13: Face inférieure; × 1,5.

Echantillon n° CE 211 (holotype).

14: Face supérieure; × 1,5.

Echantillon n° TM 920.

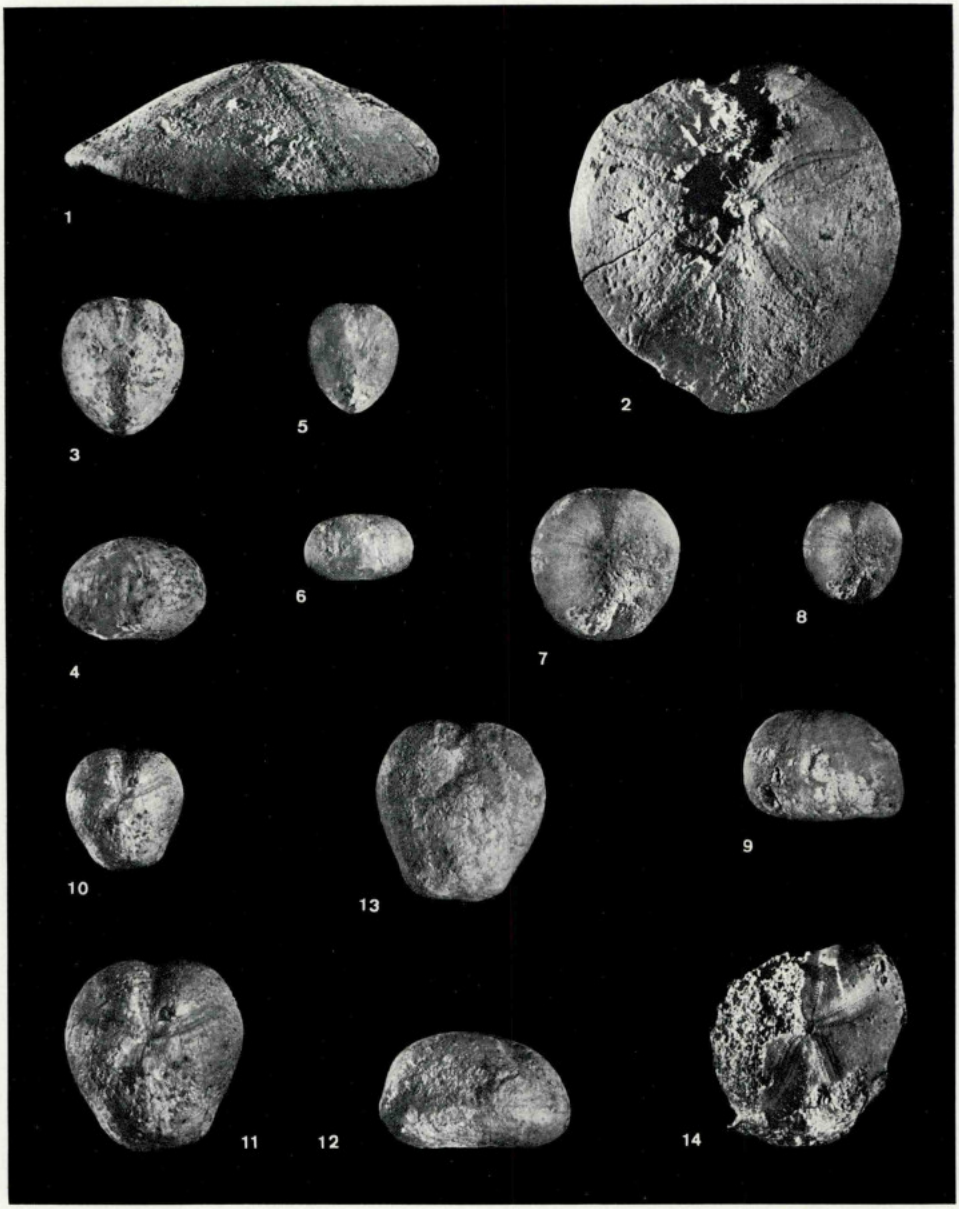

1
2
3
5
4
6
7
8
10
13
9
11
12
14

PLANCHE XIX

FIG. 1 et 2. — *Toxaster granosus* D'ORBIGNY.
1: Face supérieure; grandeur nature.
Echantillon n° AJ 177.
2: Profil côté droit; grandeur nature.
Echantillon n° AJ 172.

FIG. 3 et 4. — *Toxaster retusus* (LAMARCK).
3: Face supérieure; grandeur nature.
4: Profil côté droit; grandeur nature.
Echantillon n° Pis 1.

FIG. 5 et 6. — *Toxaster* aff. *subcavatus* GAUTHIER.
5: Profil côté gauche; grandeur nature.
6: Face supérieure; grandeur nature.
Echantillon n° Mx 1122.

FIG. 7 à 16. — *Toxaster exilis* DE LORIOL.
7: Face supérieure; grandeur nature.
8: Face supérieure; × 2.
9: Profil côté gauche; grandeur nature.
10: Profil côté gauche; × 2.
Echantillon n° Ri 151.
11: Face supérieure; × 2.
Echantillon n° Ri 154.
12: Face supérieure; × 2.
Echantillon n° Ri 153.
13: Face inférieure; × 2.
Echantillon n° Ri 152.
14: Profil côté gauche; × 2.
Echantillon n° Ri 157.
15: Face inférieure; × 2. (L'emplacement de la fig. 16 est indiqué en pointillé.)
16: Détail de la face inférieure montrant quelques radioles; × 3.
Echantillon n° Ri 155.

FIG. 17 à 19. — *Toxaster exilis* var. *ribamaresis* DE LORIOL.
17: Face supérieure; grandeur nature.
18: Face supérieure; × 1,5.
19: Profil côté droit; × 1,5.
Echantillon n° Ri 156.

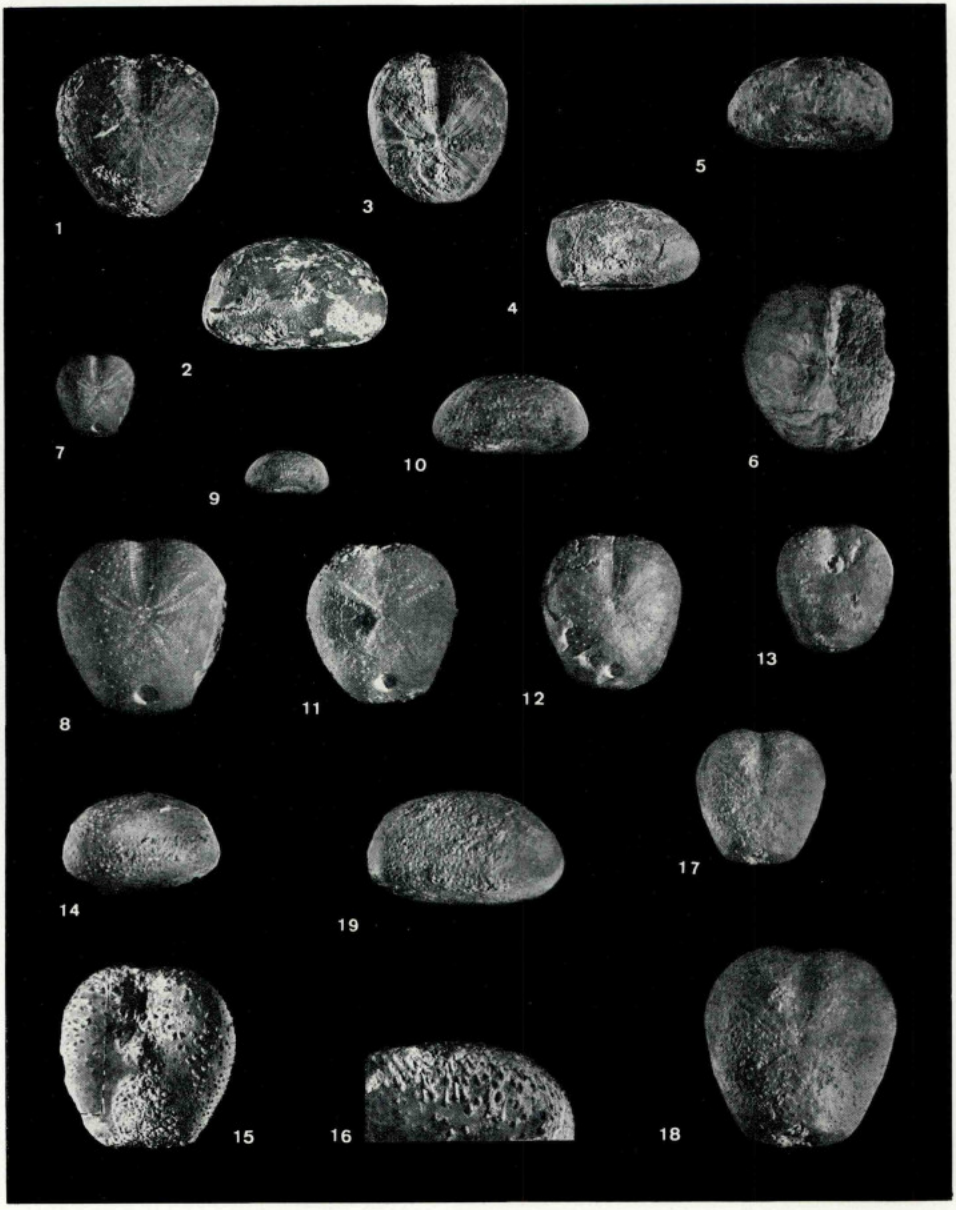

1
3
5
4
2
7
10
6
9
8
11
12
13
14
19
17
15
16
18

PLANCHE XX

FIG. 1 à 3. — *Heteraster corvensis* (DE LORIOL).
1: Face supérieure; grandeur nature.
2: Face supérieure; × 1,5.
3: Profil côté gauche; × 1,5.

Echantillon n° Alg. 53.

FIG. 4 à 6. — *Heteraster sabugensis* (DE LORIOL).
4: Face supérieure; grandeur nature.
5: Face supérieure; × 1,5.
6: Profil côté droit; × 1,5.

Echantillon n° Sa 51.

FIG. 7 à 11. — *Heteraster algueirensis* nov. sp.
7: Face supérieure; grandeur nature.
8: Face supérieure; × 1,5.
9: Face inférieure; × 1,5.
10: Face postérieure; × 1,5.
11: Profil côté droit; × 1,5.

Echantillon n° Alg. 51.

FIG. 12 à 14. — *Heteraster couloni* (AGASSIZ).
12: Face supérieure; grandeur nature.
13: Face inférieure; grandeur nature.
14: Profil côté droit; grandeur nature.

Echantillon n° Gu 62.

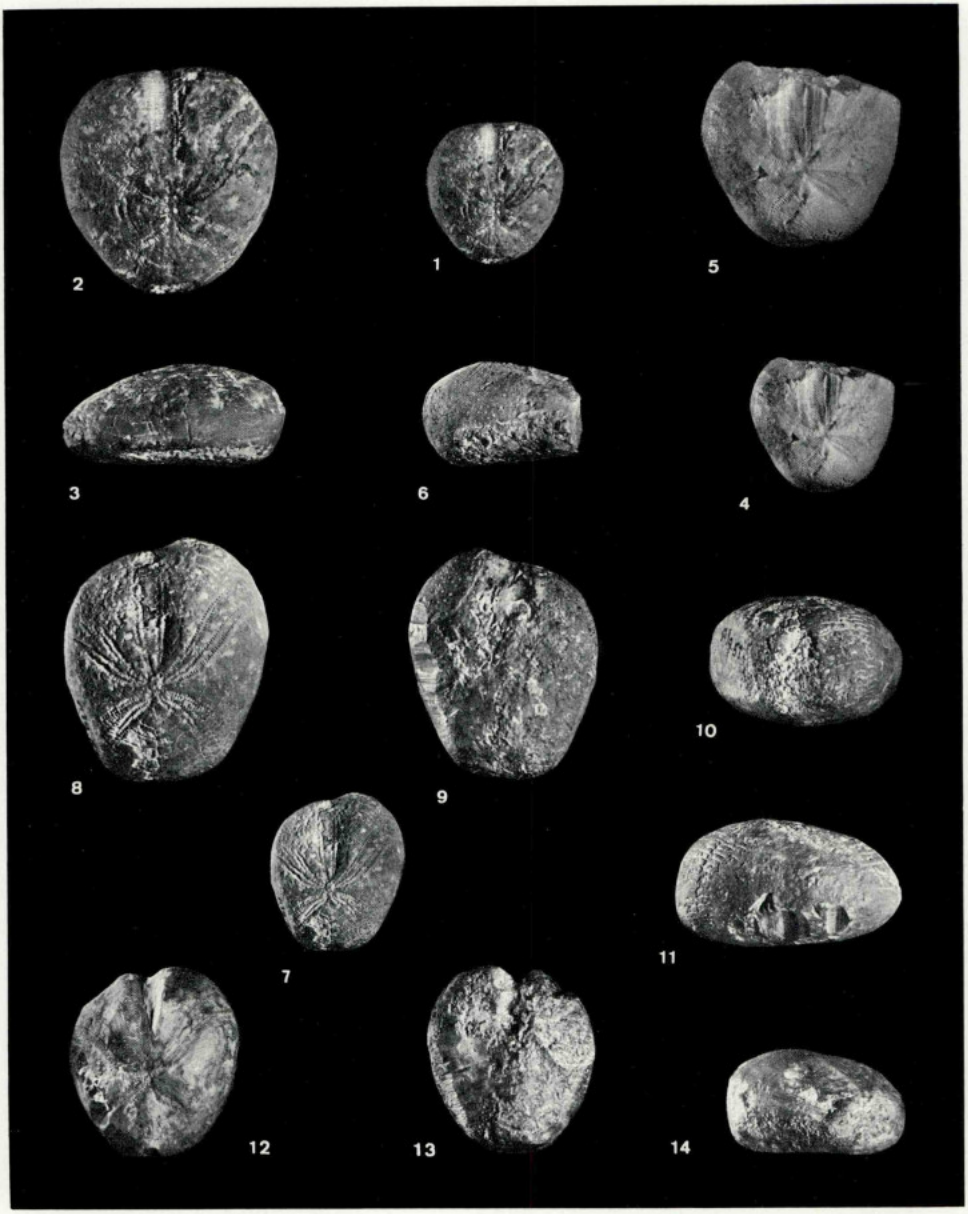

2
1
5
3
6
4
8
9
10
7
11
12
13
14

PLANCHE XXI

Heteraster lepidus DE LORIOL

FIG. 1 à 7. — Forme B.
1: Face supérieure; grandeur nature.
2: Face supérieure; × 1,5.
3: Face inférieure; × 1,5.
4: Profil côté gauche; × 1,5.
5: Face postérieure; × 1,5.

Echantillon n° Ma U 317.

6: Face supérieure; × 1,5.
7: Profil côté droit; × 1,5.

Echantillon n° Ri U 52.

FIG. 8 à 9. — Forme A à faible hétérogénéité des zygopores de l'ambulacre impair (= «*Toxaster broucoensis*» DE LORIOL).
8: Face supérieure; × 1,5.
9: Profil côté droit; × 1,5.

Echantillon n° Ma U 324.

FIG. 10 et 11. — Forme C.
10: Face supérieure; × 1,5.
11: Profil côté droit; × 1,5.

Echantillon n° LV U 45.

FIG. 12 et 13. — Forme A.
12: Face supérieure; × 1,5.
13: Profil côté gauche; × 1,5.

Echantillon n° Car U 42.

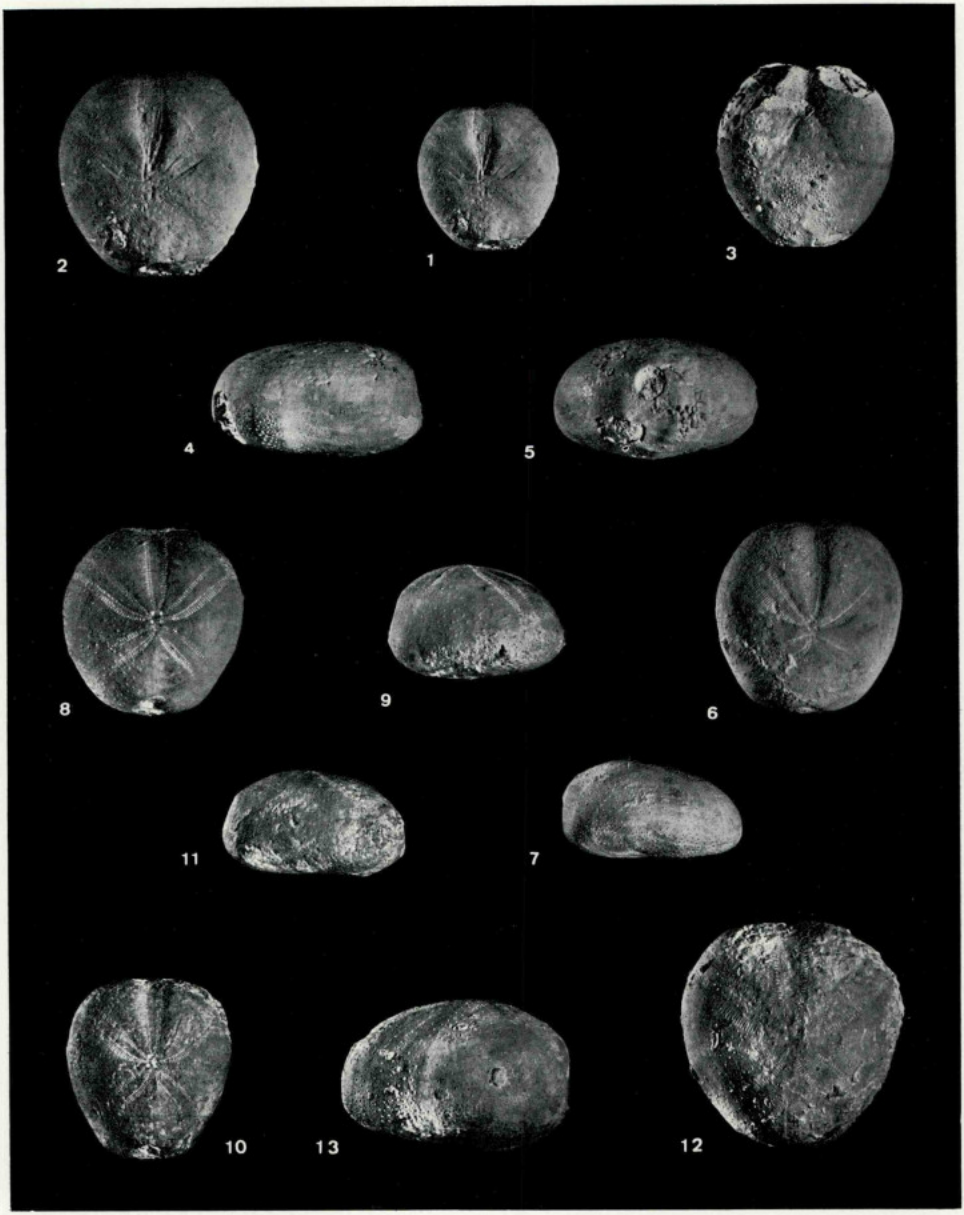

2
1
3
4
5
8
9
6
11
7
10
13
12

PLANCHE XXII

FIG. 1 et 2. — *Heteraster* aff. *couloni* (AGASSIZ).
1: Face supérieure; grandeur nature.
2: Profil côté droit; grandeur nature.
Echantillon n° CC 371.

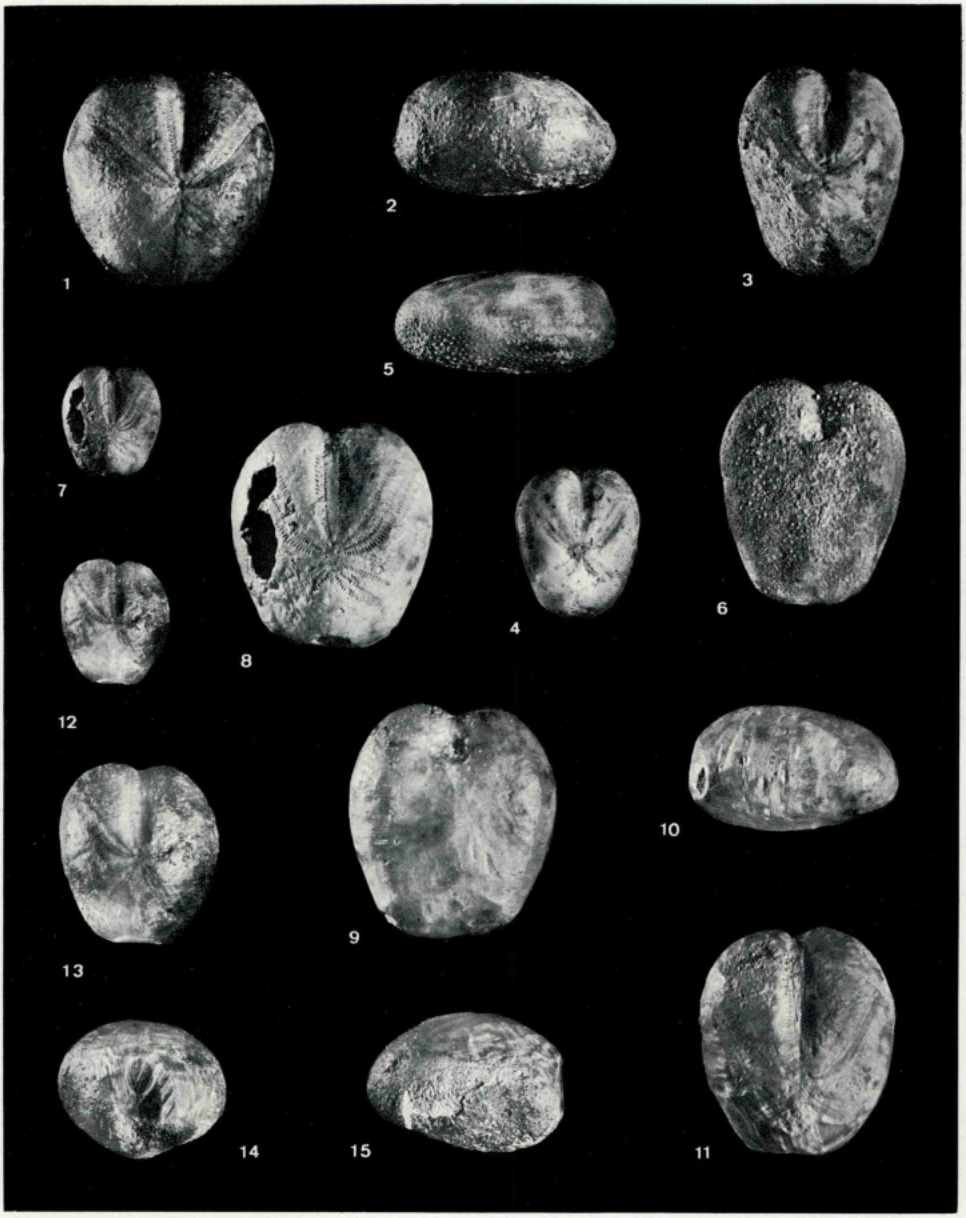
FIG. 3 à 6. — *Heteraster constrictus* FOURTAU.
3: Face supérieure; × 1,5.
Echantillon n° Ca 811.

4: Face supérieure; grandeur nature.
5: Profil côté gauche; × 1,5.
6: Face inférieure; × 1,5.
Echantillon n° Ca 812.

FIG. 7 à 11. — *Heteraster oblongus* (BRONGNIART).
7: Face supérieure; grandeur nature.
8: Face supérieure; × 1,5.
9: Face inférieure; × 1,5.
10: Profil côté droit; × 1,5.
Echantillon n° Cr 502.

11: Face supérieure; grandeur nature
Echantillon n° Cr 521.

FIG. 12 à 15. — *Heteraster* aff. *pomeli* FICHEUR.
12: Face supérieure; grandeur nature.
13: Face supérieure; × 1,5.
14: Face postérieure; × 1,5.
15: Profil côté gauche; × 1,5.
Echantillon n° CC 373.


1
2
3
5
7
8
4
6
12
13
9
10
14
15
11

MEMÓRIAS DA DIRECÇÃO DOS TRABALHOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (1892-1899)

1898 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal; — Classe des Cephalopodes. 1ère série. Ammonites du Lusitanien de la contrée de Torres Vedras.* 82 p., 20 est. Esgotada.

1893 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal; — Mollusques lamellibranches. Premier ordre. Siphonida.* 1ère livraison. 30 est. Esgotada.

1894 — SAPORTA, M. — *Flore fossile du Portugal; — Nouvelles contributions à la flore mésozoïque.* Accompagnés d'une notice stratigraphique par PAUL CHOFFAT. 238 p., 40 est. Esgotada.

1896 — LORIOL, P. DE — *Description des Echinodermes tertiaires du Portugal.* Accompagnée d'un tableau stratigraphique par J. C. BERKELEY COTTER. 50 p., 13 est. Esgotada.

1897 — NERY DELGADO, J. F. — *Fauna silúrica de Portugal; — Novas observações acerca de* Lichas (Uralichas) ribeiroi. 35 p., 4 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

1897-98 — SAUVAGE, H. E. — *Vertébrés fossiles du Portugal; — Contributions, à l'étude des poissons et des reptiles du Jurassique et du Crétacique.* 48 p., 10 est. Esgotada.

1898 — CHOFFAT, P. — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal; — Vol. I. Espèces nouvelles ou peu connues.* 2ème série: — *Les Ammonnées du Bellasien des couches à* Neolobites Vibrayeanus, *du Turonien et du Sénonien.* 46 p., 20 est. Esgotada.

MEMÓRIAS DA DIRECÇÃO DOS SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (1899-1901)

1900 — CHOFFAT, P. — *Recueil de monographies stratigraphiques sur le système crétacique du Portugal; — Deuxième étude; — Crétacique supérieur au Nord du Tage.* 287 p., 11 est. Esgotada.

MEMÓRIAS DA COMISSÃO DO SERVIÇO GEOLÓGICO DE PORTUGAL (1901-1918)

1901-1902 — CHOFFAT, P. — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal, Vol. I. Espèces nouvelles ou peu connues.* 3ème série: — *Mollusques du Sénonien à facies fluvio-marin.* 18 p., 2 est.; 4ème série — *Espèces diverses et table des quatre séries.* 67 p., 16 est. Esgotada.

1903 — CHOFFAT, P. — *Contributions à la connaissance géologique des colonies portugaises d'Afrique. I; — Le Crétacique Conducia.* 31 p., 9 est Esgotada.

1903-1904 — DOLLFUS, G. F., BERKELEY COTTER, J. C. & GOMES, J. P. — *Mollusques tertiaires du Portugal; — Planches de Céphalopodes, Gastéropodes et Pélécypodes, laissées par* F. A. PEREIRA DA COSTA, *accompagnés d'une explication sommaire et d'une esquisse géologique.* 120 p., 1 quadro estratigráfico, 1 retrato e 27 est.

1904-1905 — KOBY, F. — *Description de la faune jurassique du Portugal; — Polypiers du Jurassique supérieur.* Avec notice stratigraphique par P. CHOFFAT. 168 p., 30 est. Esgotada.

1905 — CHOFFAT, P. — *Contribution à la connaissance géologique des colonies portugaises d'Afrique. II; — Nouvelles données sur la zone littorale d'Angola.* 48 p., 4 est. Esgotada.

1907 — ROMAN, F. & TORRES, A. — *Le Néogène continental dans la basse vallée du Tage* (rive droite). Avec une note sur les empreintes végétales de Pernes par M. FLICHE. 109 p., 6 est. Esgotada.

1908 — CHOFFAT, P. — *Essai sur la tectonique de la chaîne de l'Arrabida.* 89 p., 10 est. Esgotada.

1908 — NERY DELGADO, J. F. — *Système silurique du Portugal: — Étude de stratigraphie paléontologique.* 247 p., 8 est. 1 quadro estratigrático. Esgotada.

1909 — DOLLFUS, G. & BERKELEY COTTER, J. C. — *Mollusques tertiaires du Portugal: — Le Pliocène au Nord du Tage (Plaisancien). 1ère partie, Pelecipoda Précédé d'une notice géologique.* 103 p., 9 est. Esgotada.

1910 — NERY DELGADO, J. F. — *Terrains paléozoïques du Portugal: — Étude sur les fossiles des schistes à Néréites de San Domingos et des Schistes à Néréites et à Graptolites de Barrancos.* (Obra póstuma). 68 p., 51 est. Esgotada.

1911 — CHOFFAT, P. & BENSAÚDE, A. — *Études sur le séisme du Ribatejo du 23 avril 1909.* 146 p., 4 est. 2 cartas. Esgotada.

1912 — CHOFFAT, P. & BENSAÚDE, A. — *Estudos sobre o sismo do Ribatejo de 23 de Abril de 1909.* (Versão do original francês). Esgotada.

MEMÓRIAS DOS SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (1918-1952)

1919 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *O terramoto do 1.º de Novembro de 1755 em Portugal e um estudo demografico, Vol. 1 Distritos de Faro, Beja e Évora.* p. 1 a 278, 7 est. Esgotada.

1919 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Idem, Vol. II. Distritos de Santarém e Portalegre.* p. 279 a 474, 5 est. Esgotada

MEMÓRIAS DA COMISSÃO GEOLÓGICA DE PORTUGAL (1857-1869)

1865 — GOMES, B. A. — *Vegetais fosseis; — Flora fossil do terreno carbonifero das vizinhanças do Porto, Serra do Bussaco e Moinho d'Ordem, próximo de Alcacer do Sal.* 46 p., 6 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

1865 — PEREIRA DA COSTA, F. A. — *Da existencia do homem em epochas remotas no valle do Tejo; — Noticia sobre os esqueletos humanos descobertos no Cabeço da Arruda.* 40 p., 7 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

1866 — RIBEIRO, C. — *Estudos geologicos; — Descripção do terreno quaternário das bacias dos rios Tejo e Sado.* 164 p., 1 carta (com versão francesa por Dalhunty). Esgotada.

1866-67 — PEREIRA DA COSTA, F. A. — *Molluscos fosseis; — Gasteropodes dos depositos terciarios de Portugal.* 2 fasc. 263 p., 28 est. (Com versão francesa por Dalhunty). Esgotada.

1867 — NERY DELGADO, J. F. — *Estudos geologicos; — Da existencia do homem no nosso solo em tempos mui remotos provada pelo estudo das cavernas; — Noticia ácerca das grutas de Cesareda.* 133 p., 3 est. (Com versão francesa por Dalhunty). Esgotada.

1867 — RIBEIRO, C. — *Estudos geológicos; — Memória sobre o abastecimento de Lisboa com águas da nascente e água do rio.* 119 p. Esgotada.

1868 — PEREIRA DA COSTA, F. A. — *Monumentos prehistoricos; — Descripção de alguns dolmens ou antas de Portugal.* 97 p., 3 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

MEMÓRIAS DA SECÇÃO DOS TRABALHOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (1869-1886)

1871 — RIBEIRO, C. — *Descripção de alguns silex e quartzites lascados encontrados nas camadas dos terrenos terciário e quaternário das bacias do Tejo e Sado.* 57 p., 10 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

1876 — NERY DELGADO, J. F. — *Terrenos paleozoicos de Portugal; — Sobre a existencia do terreno siluriano no Baixo Alentejo.* 35 p., 2 est., 1 carta (Com tradução em francês). Esgotada.

1878 — RIBEIRO, C — *Estudos prehistoricos em Portugal; — Noticia de algumas estações e monumentos prehistóricos,* 1.º vol. 72 p., 21 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

1880 — Idem — *Idem, 2.º vol.* 86 p., 7 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

1880 — CHOFFAT, P. — *Étude stratigraphique et paléontologique des terrains jurassiques du Portugal; — Le Lias et le Dogger au Nord du Tage.* (XII + 72) p.

1881 — VASCONCELOS PEREIRA CABRAL, F. A. DE — *Estudos de depósitos superficiais da bacia do Douro.* 88 p., 3 est.

1881 — HEER, O. — *Contribution à la flore fossile du Portugal.* 51 p., 29 est. Esgotada

1885 — CHOFFAT, P. — *Recueil de monographies stratigraphiques sur le système crétacique du Portugal. Première étude; — Contrées de Cintra, Belas et de Lisbonne,* 76 p., 3 est. Esgotada.

1885 — NERY DELGADO, J. F. — *Terrenos paleozoicos de Portugal; Estudo sobre os Bilobites e outros fosseis das quartzites da base do systema silurico de Portugal.* 111 p., 43 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

1886 — CHOFFAT, P. — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal. Vol. I; — Espèces nouvelles ou peu connues.* 1ère série, 40 p. 18 est. Esgotada.

MEMÓRIAS DA COMMISSÃO DOS TRABALHOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (1886-1892)

1885-88 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal; — Mollusques lamellibranches. Deuxième ordre. Asiphonidae.* 1ème et 2ère livraison, 76 p., 19 est. Esgotada.

1887-88 — LORIOL, P. DE — *Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal. Vol. II; — Description des Echinodermes.* 2 fasc., 124 p., 22 est. Esgotada.

1887-88 — NERY DELGADO, J. F. — *Terrenos paleozoicos de Portugal; — Estudo sobre os Bilobites e outros fosseis das quartzites da base do systema silurico de Portugal.* Suplemento — 76 p., 12 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

1888 — LIMA, W. DE — *Flora fossil de Portugal; — Monographia do género* Dicranophyllum (*Sistema Carbonico*). 14 p., 3 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

1889 — CHOFFAT, P. — *Étude géologique du tunnel du Rocio. Contribution à la connaissance du sous-sol de Lisbonne.* Avec un article paléontologique par J. C. BERKELEY COTTER et un article zoologique par ALBERT GIRARD. 106 p., 7 est. Esgotada.

1890-91 — LORIOL, P. DE — *Description de la faune jurassique du Portugal; — Embranchement des Echinodermes.* 179 p., 29 est. Esgotada.

1892 — NERY DELGADO, J. F. — *Fauna silurica de Portugal; — Descripção de uma forma nova de Trilobite,* Lichas (Uralichas) ribeiro. 31 p., 6 est. (Com tradução em francês). Esgotada.

1928 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Idem. Vol. III. Distrito de Lisboa.* p. 475 a 950, 5 grav. e 6 est.

1932 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Idem. Vol. IV. Distritos de Leiria, Castelo Branco, Coimbra, Guarda, Aveiro e Viseu.* p. 951 a 1014 (Com uma notícia necrológica sobre o autor).

1937-38 — FREIRE DE ANDRADE, C. — *Os vales submarinos portugueses e o diastrofismo das Berlengas e da Estremadura.* 249 p., 7 esb. geol., 1 carta tectónica na escala de 1:1 000 000. (Com um sumário em inglês à parte).

1945 — TEIXEIRA, C. — *Nymphéacées fossiles du Portugal.* 13 p., 4 est.

1947 — CHOFFAT, P. — *Description de la faune jurassique du Portugal: — Brachiopodes.* 46 p., 19 est. Publicação póstuma. (Coordenação e preâmbulo por C. TEIXEIRA).

1948 — TEIXEIRA, C. — *Flora mesozóica portuguesa.* I.ª parte. 119 p., 45 est.

1949 — RIBEIRO, C. — *Vues de la côte portugaise entre l'estuaire de la rivière de Maceira et Pedra do Frade à l'Ouest de Cezimbra.* 3 p., 13 est. Publicação póstuma. (Coordenação e texto de G. ZBYSZEWSKI). Esgotada.

1949 — ZBYSZEWSKI, G. — *Les vértébrés du Burdigalien supérieur de Lisbonne.* 77 p., 22 est.

1949 — MENDES CORREIA, A. & TEIXEIRA, C. — *A jazida pré-histórica de Eira Pedrinha (Condeixa).* 65 p., 16 est.

1950 — TEIXEIRA, C. — *Flora mesozóica portuguesa.* II.ª parte. 33 p., 13 est.

1951 — CHOFFAT, P. — *Planches et coupes géologiques de la région éruptive au Nord du Tage.* 3 p., 23 est. 1 carte. Publicação póstuma. (Coordenada e apresentada por A. DE CASTELO BRANCO).

1952 — PEREIRA DE SOUSA, F. L. — *Esboços geológicos da parte ocidental de Angola.* Publicação póstuma. (Texto explicativo por M. MONTENEGRO DE ANDRADE). 12 p., 8 est., 2 cartas.

MEMÓRIAS DOS SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL (Nova Série)

1953 — BERGOUNIOUX, F. M., ZBYSZEWSKI, G. & CROUZEL, F. — *Les Mastodontes miocènes du Portugal.* 139 p., 60 est. (Mem. n.º 1).

1957 — LAPPARENT, A. F. DE & ZBYSZEWSKI, G. — *Les Dinosauriens du Portugal* — 64 p., 36 est. (Mem. n.º 2).

1959 — ZBYSZEWSKI, G. — *Étude structurale de l'aire typhonique de Caldas da Rainha.* 184 p., 11 est., 1 carta geológ. (Mem n.º 3).

1959 — CASTELO BRANCO, A. DE, ZBYSZEWSKI, G., MOITINHO DE ALMEIDA, F., VEIGA FERREIRA, O. DA, TORRE DE ASSUNÇÃO, C. F., MACHADO, F., NASCIMENTO, J. M., DENIZ, A. F. & TAZIEFF, H. — *Le Volcanisme de l'Ile de Faial et l'éruption du Volcan de Capelinhos.* 104 p., 5 quadros, 2 cartas geológ. (Mem. n.º 4). Contém, em carteira, *Notícia explicativa da folha Faial (Açores) da Carta Geológica de Portugal na escala de 1:25 000* por G. ZBYSZEWSKI, F. MOITINHO DE ALMEIDA, O. DA VEIGA FERREIRA & C. TORRE DE ASSUNÇÃO.

1959 — REAL, F. — *Intrusões Kimberlíticas da Lunda. Contribuição para o conhecimento do Karroo de Angola.* 118 p., II fig., 36 est. Contém, em carteira, 3 esboços geológicos. (Mem. n.º 5).

1960 — SUNAGAWA, I. — *Growth and etch features of hematite crystals from the Azores Islands, Portugal.* 47 p., 17 fig., 21 est. (Mem. n.º 6).

1961 — RUGET-PERROT, CH. — *Études stratigraphiques sur le Dogger et le Malm inférieur du Portugal au nord du Tage.* 197 p., 11 est., 3 cartas. (Mem. n.º 7).

1961 — LEISNER, V., ZBYSZEWSKI, G. & VEIGA FERREIRA, O. DA — *Les grottes artificielles de Casal Pardo (Palmela) et la culture du vase campaniforme.* 62 p., 22 est. (Mem. n.º 8).

1962 — CUNHA, J. C., MACHADO, F., RICHARDS, A. F., HERSEY, J. B., MC GUINESS, W. T., ZBYSZEWSKI, G., VEIGA FERREIRA, O. DA, CAMPOS, V. S. & GARCIA, J. A. S. — *Le Volcanisme de l'Ile de Faial et l'éruption du Volcan de Capelinhos (Deuxième partie).* 54 p., 11 fig., 13 est. (Mem. n.º 9).

1962 — ASSUNÇÃO, C. F. TORRE DE — *Rochas graníticas do Minho e Douro. Novos elementos para o seu conhecimento.* 73 p., 12 est. (Mem. n.º 10).

1965 — CARVALHOSA, A. BARROS — *Contribuição para o conhecimento geológico da região entre Portel e Ficalho (Alentejo).* 132 p., 9 fig., 1 carta, 9 est. (Mem. n.º 11).

1966 — FERREIRA, O. DA VEIGA — *La culture du vase campaniforme au Portugal.* 123 p., 16 fig., 24 est. (Mem. n.º 12).

1967 — ANTUNES, M. TELLES — *Um Mesosuquiano do Liásico de Tomar (Portugal). Considerações sobre a origem dos Crocodilos.* 66 p., 10 fig., 6 est. (Mem. n.º 13).

1968 — KÜHNE, W. G. & KREBS, B. — *Contribuição para a fauna do Kimeridgiano da mina de lignito Guimarota (Leiria, Portugal).* I Parte 53 p., 25 fig. (Mem. n.º 14).

1968 — CARVALHO, A. M. GALOPIM DE — *Contribuição para o conhecimento geológico da bacia terciária do Tejo.* 217 p., 26 fig., 20 est. (Mem. n.º 15).

1969 — LEISNER, V., ZBYSZEWSKI, G., FERREIRA, O. V. — *Les Monuments préhistoriques de Praia das Maçãs et de Casainhos.* 100 p., 36 est. (Mem. n.º 16).

1971 — HAHN, G., HELMDACH, F. F. — *Contribuição para o conhecimento da fauna do Kimeridgiano da mina de lignito Guimarota (Leiria, Portugal).* II Parte. III — *The dentition of the Paulchoffatiidae (Multituberculata, Upper Jurassic).* IV — *Stratigraphy and Ostracod — Fauna from the Coal Mine Guimarota (Upper Jurassic).* (88 p., 43 fig., 4 est., 4 estend. (Mem. n.º 17).

1971 — GONÇALVES, FRANCISCO — *Subsídios para o Conhecimento Geológico do Nordeste Alentejano.* 62 pag., 4 fig., 2 estend., VII est. (Mem. n.º 18).

1971 — Ramalho, Miguel M. — *Contribution à l'étude micropaléontologique et stratigraphique du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur des environs de Lisbonne (Portugal).* 218 p., 11 fig., 7 estend., 39 est. (Mem. n.° 19).

1972 — Anthonioz, P. M. — *Les complexes polymétamorphiques precambriens de Morais et Bragança (N-E du Portugal): étude pétrographique et structurale.* 192 p., 57 fig., 8 estend., 12 est. (Mem. n.° 20).

22 est. (Mem. n.° 21).

1972 — Rey, J. — *Recherches geologiques sur le Crétacé inférieur de l'Estremadura (Portugal).* 477 p., 162 fig., 22 est. (Mem. n.° 21).

2.000 ex. — 5-75 — SIEL