

Géologie/Geology
(Géodynamique/Geodynamics)

Le sous-bassin nord-lusitanien (Portugal) du Trias au Jurassique moyen : histoire d'un « rift avorté »

Antonio F. SOARES, Rogério B. ROCHA, Serge ELMi, Maria Helena HENRIQUES,
René MOUTERDE, Yves ALMERAS, Christiane RUGET, Julio MARQUES,
Luis DUARTE, Maria Cristina CARAPITO et José Carlos KULLBERG

Résumé – Le sous-bassin nord-lusitanien a subi une évolution complexe qui peut être divisée en cinq principaux épisodes : 1. *Phase de distension triasique* avec la différenciation de l'axe Arunca-Montemor ; 2. *Rifting pendant le Lias inférieur* avec développement de formes endémiques d'ammonites (Sinémurien supérieur) ; 3. *Subsidence différentielle* (Lias moyen à Aalénien inférieur) : l'accélération de la distension contrarie les effets de l'eustatisme ; 4. *Progradation d'une plateforme carbonatée* (Aalénien moyen – Bathonien inférieur) qui se stabilise pendant le Bathonien moyen-Callovien inférieur ; 5. *Cicatrisation* à partir du Callovien moyen, accompagnée par des émergences.

The North-Lusitanian Subbasin (Portugal) from the Triassic to the Middle Jurassic: a model of an "aborted rift"

Abstract – The North-Lusitanian Subbasin has sustained a complex evolution which can be divided into five main stages: 1. Liassic Distension leading to the differentiation of the Arunca-Montemor lineament; 2. Lower Liassic Rifting with development of endemic ammonites-faunas (Upper Sinemurian); 3. Differential Subsidence (Middle Liassic to Lower Aalenian): eustatic changes were complicated by a strong acceleration of the differential subsidence; 4. Progradation of a carbonate platform (Middle Aalenian to Lower Callovian); 5. The closure of the subbasin began during the Middle Callovian and was followed by emergences.

Abridged English Version – The western border of the Hesperic Massif is included into the "Lusitanian-Furrow" where 5,000 m of triassic-jurassic sediments have been accumulated. The subsidence was controlled by the motions of two main groups of faults (fig. 1) bound to the evolution of a passive margin (Boillot, 1990; Vanney *et al.*, 1981; Soares *et al.*, 1984). The mesozoic structural network is made of three sectors. The present Note is focussed on the study of the sedimentary sequences and of their discontinuities in the northern part of the basin (North Lusitanian Subbasin, limited southwards by the Nazaré fault).

The main events are recorded by a succession of megasequences, limited by discontinuities bound to negative phases of the sedimentation.

1. *Triassic distension*. – The Megasequence A (Conraria Beds; Ladinian?-Lowermost Norian) evidences the differentiation of an eastern alluvial basin whose subsidence exaggerated during the times. The sedimentation rate does not balance the subsidence and the eastwards thickening suggests a tilting-block dynamic. The Megasequence B (Castelo Viegas Beds and Lower Pereiros Beds = Dagorda Marls *pro-parte*; mainly Rhetian (Rocha *et al.*, 1990) has been developed during the individualization of the Arunca-Montemor lineament, limiting eastwards the extension of the Dagorda Marls.

2. *Lower Liassic rifting* (Megasequence C = main part of the Pereiros Beds = Dagorda Marls *pro-parte* + Coimbra Beds *s. l.*: Lower Liassic to Lowermost Carixian). – The environment was continental or restricted marine at the beginning; then, an important flooding occurred during

Note présentée par Jean DERCOURT.

0764-4450/93/03171659 \$ 2.00 © Académie des Sciences

C. R., 1993, 2^e Semestre (T. 317)

Série II – 123

the Late Sinemurian permitting the development of endemic ammonites followed by the deposit of bituminous shales (Dommergues *et al.*, 1987).

3. *Differential subsidence*. – The Megasequence D (Eiras Marls and Loreto Limestones in the East; Lower Carixian to Lowermost Toarcian) has recorded, at its beginning, a tectonic deepening which was a late consequence of the rifting (shouldering and flexuration stage). Ammonites-faunas were influenced alternatively by NW european or by tethyan inputs. Bituminous shales were accumulated during short episodes ranging from the Middle Carixian to the Early Domerian. The Megasequence E (Adémia Marls and base of Pedrulha Limestones in the East; Toarcian-Lower Aalenian) begins locally by a ravinement discontinuity (Duarte, 1990) followed by strong downing and deepening during the *Serpentinus* zone. A slope developed along the Choisinha-Brasfemes Lineament. It moved westwards to the Cantanhede- São Gião area during the *Gradata* zone and it began to fade during the Late Toarcian (first stages of the progradation of a carbonate platform). Ammonites faunas were essentially tethyan.

4. *Progradation of the carbonate platform*. – During the development of the Megasequence F (Pedrulha Limestones, upper part; Middle and Upper Aalenian), generalization of the calcareous facies occurred, even in the most subsiding parts of the subs basin (Cabo Mondego). The Megasequence G (in the East: Ançã Limestones changing westwards to the marls and marly limestones of the Cabo Mondego Formation). A shallow carbonate ramp was developed in the East dipping westwards to an outer platform. During the Megasequence H (Cabo Mondego Fm, Upper Part; Middle Bathonian-Callovian), the hemipelagic sedimentation was limited to a western residual gulf in the Mondego area. Bituminous shales were deposited during the Latest Bathonian. The last ammonites beds are dated from the end of the Middle Callovian (topmost *Coronatum* zone of Cabo Mondego) and from the Upper Callovian slightly southwards (*Athleta* zone of Pedrogão).

5. *Closure of the basin*. – Westwards, the neoformation of oceanic crust in the Atlantic was the result of a strong distension which provoked the blockage of the previous stretching which was the cause of the subsidence in the Lusitanian Basin. The North-Lusitanian Basin emerged probably before the end of the Callovian.

I. INTRODUCTION. – La bordure mésocénozoïque occidentale du massif hespérique correspond à une unité morphostructurale découpée par un réseau de fractures tardihercyniennes liées à l'évolution d'une marge passive (Boillot, 1990). Elle appartient à la « fosse lusitanienne » où environ 5 000 m de sédiments, dont 50 à 70 % de dépôts triasiques et jurassiques, se sont accumulés grâce au jeu de deux grandes familles de fractures (fig. 1). Les unes sont méridiennes ou sub-méridiennes, comme la faille de Coimbra et les axes des principales aires diapiriques allongées (« vallées typhoniques »); les autres, orientées NE-SW (faille de Nazaré par exemple), se sont « converties en directions transformantes » (Vanney *et al.*, 1981), limitant des panneaux effondrés au cours des premières phases de l'ouverture de l'Atlantique. On peut reconnaître trois secteurs (sous-bassins) (Soares *et al.*, 1984) (fig. 1):

- a) le secteur septentrional, limité au Sud par la faille de Nazaré;
- b) le secteur central, entre les failles de Nazaré et de Montejunto-Serra d'Aire;
- c) le secteur méridional.

Ce travail a pour but d'analyser l'organisation des corps sédimentaires, leurs discontinuités et leurs rythmes, dans le seul secteur septentrional (sous-bassin nord-lusitanien) où l'histoire triasico-jurassique du bassin est enregistrée depuis son

individualisation (Trias) jusqu'à sa « cicatrisation » (Jurassique moyen). Les principaux alignements structuraux (1 à 6, *fig. 1*), de direction méridienne, déterminent des blocs allongés méridiennement dont la largeur (2 à 16 km) semble augmenter d'Est en Ouest et du Sud vers le Nord.

Les grands événements se traduisent par une succession de mégaséquences séparées par des discontinuités qui correspondent presque toujours à des surfaces (« surface durcie », ravinements). Les enchaînements horizontaux et verticaux illustrent les principales étapes de l'histoire du sous-bassin (*fig. 2*).

II. DISTENSION TRIASIQUE. – 1. *Discontinuité 1 : base de la mégaséquence A* (Palain, 1976). – Elle marque le début de la sédimentation mésozoïque après les érosions et ravinements qui affectent le substratum. On peut la paralléliser avec la discontinuité de base des Grands Bancs (230 Ma) (Hubbard, 1988). A cette époque, une activité filonienne basique affecte la Meseta (226 ± 2 Ma) (Portugal-Ferreira *et al.*, 1979) et souligne le début de la distension qui va provoquer l'individualisation du bassin lusitanien.

2. *Mégaséquence A (Couches de Conraria : Ladinien ?-base du Norien)*. – Un bassin alluvial s'installe à l'Est; sa subsidence s'accroît au cours du temps. Les faciès présentent des caractères de plus en plus distaux dans un paysage dominé par des reliefs rajeunis à l'Est. Les accumulations ne compensent pas la subsidence. L'épaississement se fait, dans chaque compartiment, vers l'Est, ce qui suggère le jeu de blocs basculés, limités par des failles méridiennes.

3. *Discontinuité 2 : base de la mégaséquence B* (Palain, 1976). – Elle est soulignée par des remaniements qui pourraient correspondre à une lacune du sommet du Norien et de la base du Rhétien. Ce pourrait être aussi l'équivalent d'événements enregistrés dans la Meseta (filons basiques datés de 222 ± 4 Ma) et dans les Grands Bancs (base de la séquence rhétienne).

4. *Mégaséquence B (Couches de Castelo Vigeas + base des Couches de Pereiros = Marnes de Dagorda pro parte ; essentiellement Rhétien)*. – Cette mégaséquence enregistre l'extension du bassin vers l'Ouest. L'axe d'Arunca-Montemor (4, *fig. 1*) comme à se dessiner et il va limiter vers l'Est le dépôt des *Marnes de Dagorda* dont la disposition aggradante témoigne d'une transgression concomitante. Les séquences élémentaires, plus ou moins tronquées, illustrent des conditions de plaine alluviale peut-être plus étendues vers l'Ouest, dépassant les limites du dépôt de A. L'axe préférentiel d'accumulation tend à se déplacer vers l'Ouest, mais l'accélération progressive de la subsidence est compensée par la sédimentation. Des environnements évaporitiques commencent alors à s'installer, comme en témoignent les niveaux de gypse et de sel développés au sein des *Marnes de Dagorda* et qui peuvent localement commencer plus tôt et être partiellement l'équivalent latéral des *Grès à Voltzia* du sommet des *Couches de Conraria* (mégaséquence A). Des conditions plus franchement marines se sont brièvement développées, peut-être en réponse à des sollicitations distensives.

III. LE RIFTING PENDANT LE LIAS INFÉRIEUR. – 1. *Discontinuité 3 : base de la mégaséquence C* (Palain, 1976). – Elle se place au sommet du « niveau à *Promathildia* et *Isocyprina* » (base cartographique de l'Hettangien). Des filons basiques, probablement contemporains (200 à 206 Ma), sont connus sur la Meseta.

2. *Mégaséquence C (partie principale des Couches de Pereiros + Couches de Coimbra s.s. = Marnes de Dagorda pars + Couches de Coimbra s.l. : Lias inférieur à base du Carixien)*. – L'influence de l'axe d'Arunca-Montemor va s'accroître au début de la mégaséquence. Les *Marnes de Dagorda* (plus de 600 m; avec évaporites) se développent

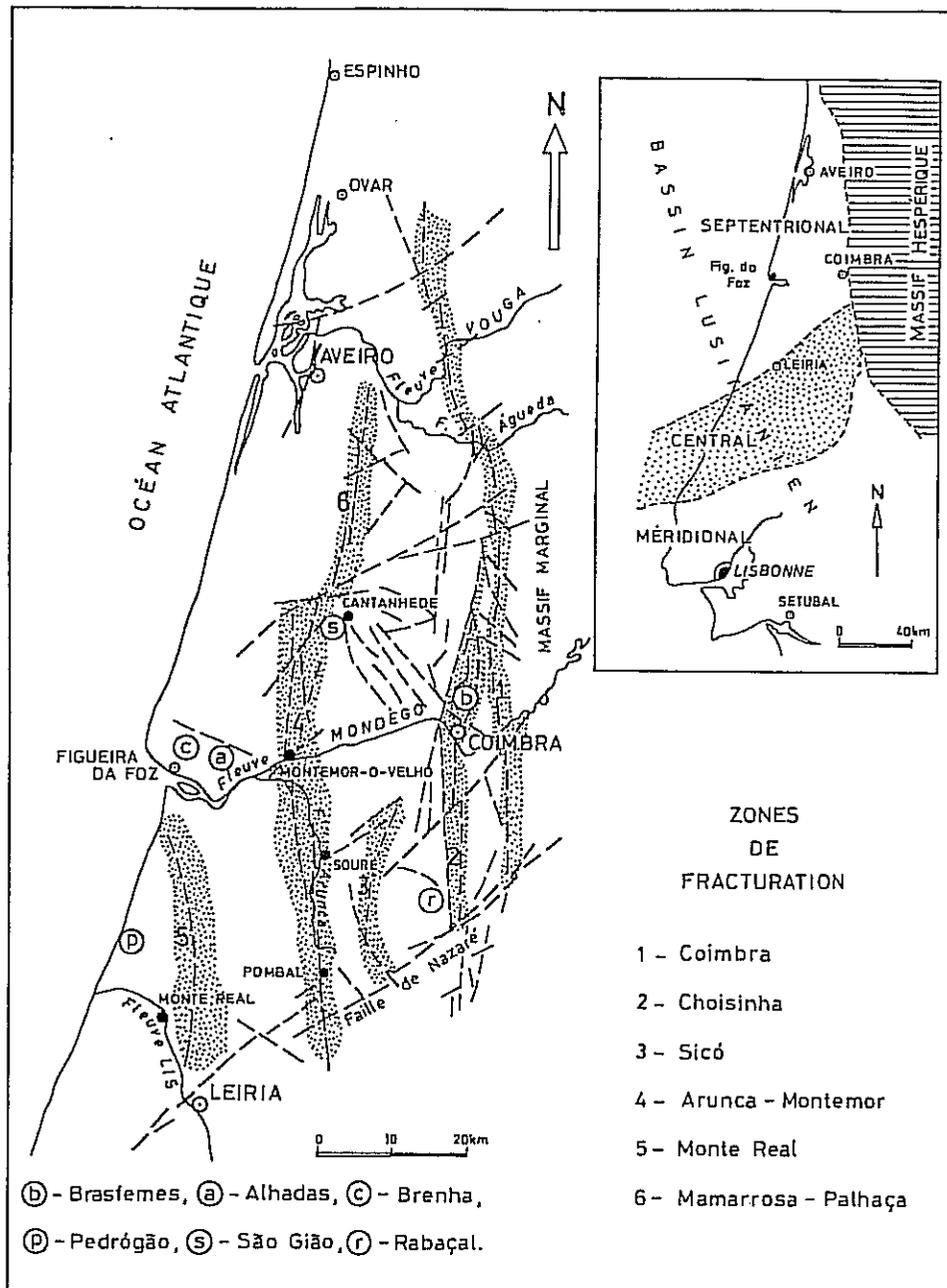


Fig. 1. - Schéma structural du sous-bassin nord-lusitanien. Les zones de fracturation sont indiquées en pointillé. En encart : les trois secteurs (septentrional, central et méridional) du bassin lusitanien.
 Fig. 1. - Structural sketch of the north-lusitanian subbasin. Dotted: faulted lineaments.

LÉGENDE DE LA FIGURE 2

Fig. 2. - Tableau synthétique des formations du Jurassique inférieur et moyen du sous-bassin nord-lusitanien.
 Fig. 2. - General chart of the Lower and Middle Jurassic Formations of the North-Lusitanian Subbasin.

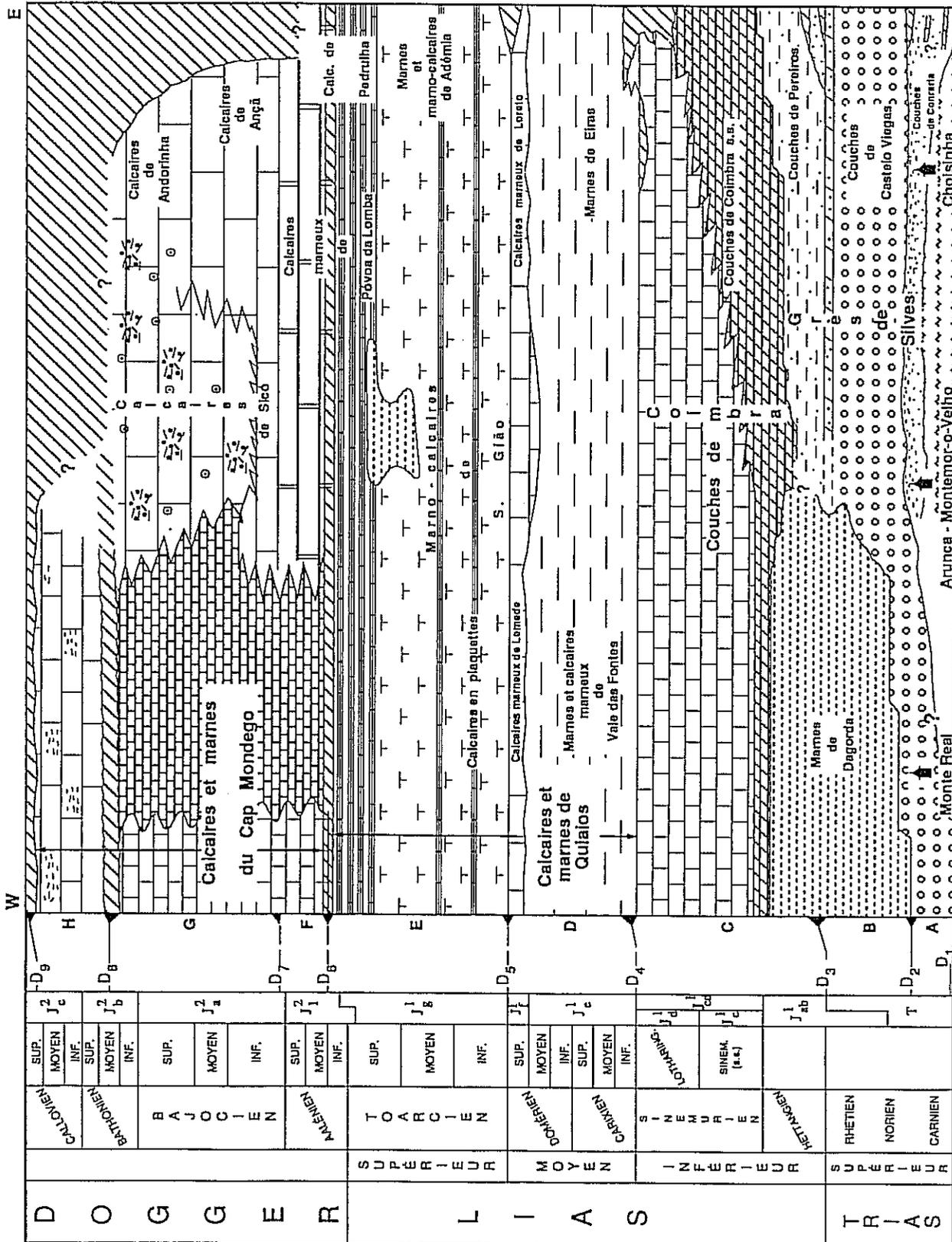


Fig. 2

à l'Ouest, alors que les *Couches de Pereiros* (200 à 340 m; avec croûtes carbonatées) s'étendent à l'Est. Pendant le Sinémurien, le rôle de l'axe Arunca-Montemor s'efface partiellement; les sédiments d'abord dolomitiques, deviennent graduellement plus calcaires, et ils s'harmonisent sur le secteur, bien que les calcaires semblent apparaître plus tôt à l'Ouest. Au début du Sinémurien supérieur (Lotharingien), les premières ammonites connues sont endémiques (Dommergues et al., 1987). A la fin de l'étage, un confinement des fonds marins conduit à la formation de niveaux bitumineux précédant un épisode plus calcaire.

3. *Discontinuité 4*: « *Lotharingien supérieur* » - *Carixien inférieur (C/D)*. - A l'Est, elle est marquée par une condensation d'extension variable (intéressant la presque totalité de la zone à Jamesoni) et localement par des perturbations et des érosions synsédimentaires. Vers l'Ouest, elle est difficile à mettre en évidence; on note seulement quelques surfaces durcies (Mouterde et al., 1978), au sommet des *Couches de Coimbra* (Lotharingien supérieur). Une discontinuité équivalente a été reconnue en Estremadura où elle terminerait la phase initiale de rifting (Vanney et al., 1981; Mougenot et al., 1979). La condensation de la zone à Jamesoni peut être considérée comme un intervalle transgressif succédant à une phase de comblement se terminant vers la fin du Sinémurien.

IV. LA SUBSIDENCE DIFFÉRENTIELLE: COMPARTIMENTAGE DU SOUS-BASSIN ET ANTAGONISME TECTONIQUE-EUSTATISME. - 1. *Mégaséquence D* (à l'Est: *Marnes de Eiras + Calcaires marneux de Loreto*; = à l'Ouest: *Marnes et calcaires marneux de Vale das Fontes + Calcaire marneux de Lemedé*; = *partie inférieure des Calcaires et marnes de Quiaios*; « *Lias moyen* »: *Carixien inférieur à moyen à la base*; *sommet: Domérien supérieur/base du Toarcien*). - Elle correspond essentiellement à un corps sédimentaire allant d'un pôle marneux et/ou marno-calcaire vers un pôle calcaire plus ou moins biodétritique. Le début correspond à une hausse du niveau relatif, induite, en partie, par la tectonique et qui est peut-être responsable des isolements et de certaines endémismes qui affectent la faune jusque dans la zone à Ibex. Le confinement sédimentaire continue épisodiquement comme l'indiquent les passées des schistes bitumineux qui s'étendent du Carixien moyen jusqu'au Domérien inférieur. La différenciation entre points hauts et gouttières s'exagère; il semble que ce soit le résultat tardif du rifting initial. Les faunes deviennent ensuite plus cosmopolites et subissent des alternances d'influences, tantôt NW-européennes, tantôt téthysiennes.

2. *Discontinuité 5*: *Domérien - Toarcien (D/E)*. - Elle est bien marquée à l'Est, dans la partie inférieure de la zone à Polymorphum. A Coimbra et, plus au Sud, à Maria Pares (Rabaçal), elle correspond à une surface durcie développée au toit des *Calcaires marneux de Loreto*. Localement (Outeiro Negro, Pousada), elle est difficile à situer à cause d'une forte condensation de la mégaséquence D. Cette discontinuité n'a pas été reconnue à l'Ouest dans les coupes de la Serra de Boa Viagem.

3. *Mégaséquence E* (*Marnes et marno-calcaires d'Adémia + base des Calcaires de Pedrulha*; = *Marno-calcaires de São Gião + base des Calcaires marneux de Povia da Lomba*; = *partie supérieure des Calcaires et marnes de Quiaios*; *Toarcien-Aalénien inférieur*). - La base de la mégaséquence se place à la reprise de la sédimentation argileuse pendant la zone à Polymorphum, qui correspond à une séquence de transition. La séquence superposée (« *Calcaires en plaquettes* ») commence au-dessus d'une discontinuité ravinante (Duarte, 1990) et se développe au cours de la zone à *Serpentinus*. La pente bordant le bassin semble alors se situer à l'Est, le long de l'alignement Choisinha-Brasfemes et elle est jalonnée par des gisements de brachiopodes (Rabaçal). L'axe de subsidence se déplace

vers l'Ouest pendant le reste du Toarcien pour gagner la région de Cantanhede-São João. L'axe Arunca-Montemor joue fortement à partir de la sous-zone à Reynesi, induisant le développement d'une gouttière subsidente (Cantanhede): fortes épaisseurs des marnes, faunes abondantes mais monotones d'ammonites et de brachiopodes. A la fin du Toarcien, la zone de pente commence à être ennoyée par la progradation des calcaires de plate-forme externe. En résumé, la mégaséquence E commence par des rajustements tectoniques (zone à Polymorphum = à Semicelatum) après le comblement de la fin du Domérien. Pendant la zone à Serpentinum, la montée du niveau marin relatif doit être rapportée à des causes eustatiques; elle est contemporaine à un cortège transgressif, ici compliqué à son début par la discontinuité 5.

V. LA PROGRADATION DE LA PLATE-FORME. – 1. *Discontinuité 6: Aalénien inférieur (E/F)*. – Elle se traduit par une lacune plus ou moins généralisée de la base de la zone à Murchisonae. C'est l'écho local d'un événement sensible en Europe moyenne et en Téthys et que l'on peut interpréter comme la fin d'un cortège transgressif (Gonnin *et al.*, 1992).

2. *Mégaséquence F (Calcaires marneux de Povoá da Lomba pars; = Calcaires de Pedrulha pars; Aalénien moyen et supérieur)*. – Elle est marquée par une grande instabilité illustrée par la progradation d'Est en Ouest d'une plate-forme carbonatée protégée. La sédimentation devient plus carbonatée dans les secteurs les plus profonds. L'axe Arunca-Montemor s'efface.

3. *Discontinuité 7: Aalénien-Bajocien (F/G)*. – A l'Est, dans la Serra de Rabaçal, la transition Aalénien-Bajocien est marquée par une surface durcie et par des variations significatives des lithofaciès: passage de calcaires micritiques de plate-forme externe à des calcaires oolithiques de barrière (grainstone) (*Calcaires de Sico*). A l'Ouest, au Cap Mondego (au Nord de Figueira da Foz), la limite est marquée par un ensemble de séquences décimétriques riches en ammonites.

4. *Mégaséquence G (essentiellement Calcaires d'Ançã + Calcaires d'Andorinha et, en partie, Calcaires et marnes du Cap Mondego; Bajocien-Bathonien inférieur)*. – La progradation de la plate-forme carbonatée s'accroît. Il y a alors opposition entre une plate-forme externe occidentale et une rampe carbonatée peu profonde, à l'Est; sur cette dernière, des faciès de mer ouverte se développent momentanément (ammonites du faciès d'Ançã; Bajocien inférieur). Au Bathonien inférieur, une plate-forme externe résiduelle subsiste seulement à l'Ouest (Cap Mondego).

5. *Discontinuité 8: Bathonien moyen (G/H)*. – Elle a été repérée (sur des arguments paléontologiques) au Cap Mondego où elle correspond à la lacune des sous-zones à Orbigny, à Subcontractus et de la base de celle à Morrisi (Mangold, 1990). Elle peut être corrélée avec la limite inférieure de la séquence intra-bathonienne des Grands Bancs.

6. *Mégaséquence H (Calcaires et marnes du Cap Mondego pars; Bathonien moyen-Callovien)*. – Des niveaux bitumineux apparaissent au Bathonien supérieur en conséquence du rétrécissement du bassin. Ces dépôts jalonnent un golfe résiduel situé sur le secteur du Cap Mondego.

VI. LA « CICATRISATION ». – Elle est marquée par la *discontinuité Callovien-Oxfordien (fin de la séquence H)*. – La région septentrionale émerge probablement avant la fin du Callovien, sous l'effet de nouvelles phases distensives qui interviennent plus à l'Ouest avec formation de croûte océanique (Ribeiro *et al.*, 1980). Cette dynamique suit le même développement que celui qui est connu dans d'autres bassins de la façade atlantique, en particulier au Maroc où le blocage final est hétérochrone (Bajocien supérieur à Bathonien dans le Moyen et le Haut-Atlas).

VII. CONCLUSION. — Une comparaison de la succession des événements reconnus dans le bassin nord-lusitanien avec celle d'autres régions (France, Maghreb) peut fournir d'utiles éléments de vérification de la succession de séquences à valeur chronologique proposée par Haq et al. (1987). Certains événements sont aisément comparables (discontinuités 5, 6). D'autres, en revanche, semblent décalés dans le temps (discontinuité 7) en raison, soit du caractère encore provisoire du standard proposé, soit du télescopage des enregistrements (discontinuités 4 et 6), soit enfin du fort contrôle tectonique. Le bassin nord-lusitanien se crée d'Est en Ouest, selon une dynamique qui rappelle celle des bassins marocains.

Travaux effectués dans le cadre de la convention d'échange CNRS/INIC ; « Relations entre cadre stratigraphique, évolution séquentielle et paléotectonique ».

Note remise le 21 septembre 1993, acceptée après révision le 4 novembre 1993.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- G. BOILLOT, *Géologie des marges continentales*, Masson, Paris, 1990, 3^e éd., 135 p.
- J. L. DOMMERGUES et R. MOUTERDE, The endemic trends of liassic ammonite faunas of Portugal as the result of the opening of a narrow epicontinental basin, *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 58, 1987, p. 129-137.
- L. V. DUARTE, *Estudo sedimentológico das unidades calco-margosas toarcianas na região Rabaçal-Condeixa*, Centro Geociênc. Univ. Coimbra (INIC), 1990, 168 p.
- C. GONNIN, E. CARIOU et P. BRANGER, Les facteurs du contrôle de la sédimentation au début du Jurassique moyen sur le seuil du Poitou et ses abords, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 235, série II, 1992, p. 853-859.
- F. GUERY, C. MONTENAT et D. VACHARD, Évolution tectono-sédimentaire du bassin portugais au Mésozoïque, suivant la transversale de Peniche (Estrémadure), *Bull. Centres Rech. Expl.-Prod. Elf-Aquitaine*, 10, 1, 1986, p. 83-94.
- B. U. HAQ, J. HARDENBOL et P. R. VAIL, Chronology of fluctuating sea levels since the Trias, *Science*, 235, 1987, p. 1156-1167.
- M. H. HUBBARD, Age and significance of sequence boundaries on Jurassic and Cretaceous rifted continental margins, *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, 72, 1, 1988, p. 49-72.
- C. MANGOLD, Le Bathonien du Cap Mondego (N de Figuera da Foz, Portugal), *Cahiers Univ. Cathol. Lyon, Série Sciences*, 4, 1990, p. 89-105.
- D. MOUGENOT, J. H. MONTEIRO, P. A. DUPEUBLE et J. A. MALOD, La marge continentale sud-portugaise : évolution structurale et sédimentaire, *Ciências da Terra*, (UNL), 5, 1979, p. 223-246.
- R. MOUTERDE, R. B. ROCHA et Ch. RUGET, Stratigraphie et faune du Lias et de la base du Dogger au Nord du Mondego (Quiaios et Brenha), *Comm. Serv. Geol. Portugal*, 63, 1978, p. 83-103.
- C. PALAIN, Une série détritique terrigène, les « Grès de Silves » : Trias et Lias inférieur du Portugal, *Mem. Serv. Geol. Portugal*, N.S., 25, 1976, 377 p.
- M. PORTUGAL FERREIRA et R. MACEDO, Actividade magmática durante o Mesózoico : I Acheva para a datação K-Ar das rochas filoníticas básicas intrusivas na Zona Centro-Ibérica (Portugal), *Mem. Notícias*, Coimbra, 87, 1979, p. 29-49.
- A. RIBEIRO, M. T. ANTUNES, M. P. FERREIRA, R. B. ROCHA, A. F. SOARES, G. ZBYSZEWSKI, F. M. ALMEIDA, D. CARVALHO et J. H. MONTEIRO, Portugal in *Géologie des Pays européens Espagne, Grèce, Italie, Portugal, Yougoslavie*, Dunod, Paris, 1980, p. 55-172.
- R. ROCHA, J. MARQUES et A. F. SOARES, Les unités lithostratigraphiques du Bassin lusitanien au Nord de l'accident de Nazaré (Trias-Aalénien), *Cahiers Univ. Cathol. Lyon, Sér. Sciences*, 4, 1990, p. 121-126.
- J. VANNEY et D. MOUGENOT, La plate-forme continentale du Portugal et les provinces adjacentes : analyse géomorphologique, *Mem. Serv. Geol. Portugal*, 28, 1981, 86 p.

A. F. S., M. H. H., J. M. et L. D. : *Universidade de Coimbra, Laboratório Mineralógico e Geológico, 3049 Coimbra Codex, Portugal* ;

R. B. R. et J. C. K. : *Universidade Nova Lisboa, Centro de Estratigrafia e Paleobiologia, 2825 Monte da Caparica, Portugal* ;

S. E. et Y. A. : *Université Lyon-I, et URA n° 11 du CNRS, 69622 Villeurbanne Cedex, France* ;

R. M. et C. R. : *Université catholique, Laboratoire de Géologie, 69288 Lyon Cedex, France et URA n° 11 du CNRS* ;

M. C. C. : *Universidade de Aveiro, Dep. Geociências, 3800 Aveiro, Portugal*.