

La dynamique sédimentaire des Bassins Lusitanien et de l'Algarve au Crétacé Inférieur

J. Rey

Laboratoire de Conservation du Patrimoine, Université Paul-Sabatier, 39 allées Jules Guesde,
31062 Toulouse Cedex (France). jacques.rey3@free.fr

Abstract

Key-words: Lower Cretaceous, Lusitanian Basin, Algarve, Portugal, geodynamic evolution

The comparison of the sedimentary recording in the Lusitanian Basin and in Algarve during the Early Cretaceous (nature of deposits, detritic influx, local unconformities, reefal build-ups, sequential arrangements, thickness) points out a strong analogy of the evolution in these basins from the basal Cretaceous to the Early Aptian, in relation to the spreading northward of the Atlantic opening. From the Late Aptian, the sedimentary dynamic diverges: the major crisis identified in the Lusitanian Basin is only expressed in Algarve by an increasing subsidence.

Résumé

Mots-clés: Crétacé Inférieur, Bassin Lusitanien, Algarve, Portugal, évolution géodynamique

La comparaison de l'enregistrement sédimentaire dans le Bassin Lusitanien et en Algarve au Crétacé Inférieur (nature du remplissage, flux détritiques, discordances locales, bioconstructions récifales, organisations séquentielles, épaisseurs) met en évidence une forte analogie dans l'évolution de ces bassins depuis la base du Crétacé jusqu'à l'Aptien Inférieur, en relation avec la propagation vers le Nord de l'ouverture de l'Océan Atlantique. A partir de l'Aptien Supérieur, la dynamique sédimentaire diverge, la crise majeure identifiée dans le Bassin Lusitanien ne s'exprimant en Algarve que par une subsidence accrue.

1. Introduction

Le Crétacé Inférieur constitue une période cruciale pour les bassins sédimentaires qui ourlent les bordures occidentale et méridionale de la péninsule ibérique (fig. 1), puisque apparaissent alors les premiers fonds océaniques dans l'Atlantique Nord. Les travaux menés au cours des quarante dernières années sur la Bassin Lusitanien (Ramalho, 1971; Rey, 1972, 1979, 1992, 1993; Rey *et al.*, 1977; Dinis, 1999, 2001; Dinis *et al.*, 2002; Rey *et al.*, 2003; Rey, 2006a; Rey *et al.*, 2006; Dinis *et al.*, 2008) et en Algarve (Rey & Ramalho,

1973-74; Rey *et al.*, 1974; Ramalho & Rey, 1981; Rey, 1982, 1983; Berthou *et al.*, 1983; Rey, 1986; Damotte *et al.*, 1988; Correia, 1989; Berthou & Leereveld, 1990; Cabral, 1995; Heimhofer *et al.*, 2003; Heimhofer *et al.*, 2007; Rey, 2006b, 2009) ont permis d'aboutir à une homogénéisation de l'état des connaissances sur les deux bassins, à une normalisation des informations stratigraphiques et à une interprétation cohérente de leurs évolutions respectives au Crétacé Inférieur. Nous nous proposons donc de faire ici le point sur les divers facteurs et événements qui ont marqué la dynamique sédimentaire durant cette période.

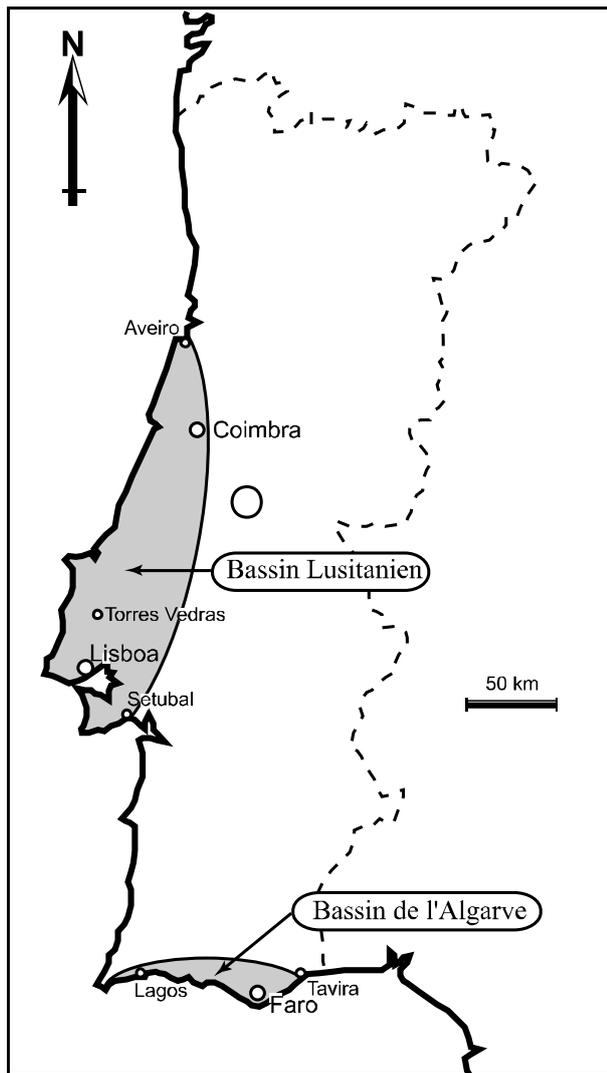


Fig. 1 – Les bassins sédimentaires portugais, au Mésozoïque.

2. Le remplissage sédimentaire: corrélations entre les unités lithostratigraphiques du Bassin Lusitanien et de l'Algarve

Les dépôts du Crétacé Inférieur portugais ont pour principale spécificité leur sédimentation mixte, carbonatée et silico-clastique, favorisant une bonne différenciation des unités lithostratigraphiques et une meilleure lecture des événements tectono-sédimentaires.

2.1. Bassin Lusitanien

Nous n'évoquons ici que les séries crétacées de la partie sud-occidentale du Bassin Lusitanien, où la sédimentation marine est dominante et l'enregistrement sédimentaire relativement continu, permettant de mieux identifier et dater différentes étapes de l'évolution géodynamique. Dix formations se sont succédées du Berriasien à l'Albien dans la région de Cascais, dépôt-centre du bassin (fig. 2). Leurs datations sont argumentées par leurs contenus paléontologiques (ammonites, échinides, rudistes, algues, foraminifères, calpionellidés ...), confortées et affinées par la

reconnaissance des séquences de dépôt de 3^{ème} ordre (Rey, 2006a) calées sur le diagramme des cycles eustatiques des bassins sédimentaires européens (De Graciansky *et al.*, 1998). Les environnements de dépôt s'étendent de la plate-forme marine externe au domaine fluvial. Les milieux de plate-forme protégée sont prédominants (Formations de Serradão, Guia, Guincho, Crismina et Galé), mais des dépôts laguno-lacustres sont connus à la base du Crétacé (Formation de Farta Pão *pro parte*), et des sédiments fluviaux au Berriasien Supérieur – Valanginien Inférieur (Formation de Vale de Lobos), au Barrémien Supérieur (Formation de Regatão) et à l'Aptien terminal – Albien Inférieur (Formation de Rodízio). La région de Cascais montre par ailleurs des milieux marins ouverts à l'Hauterivien Inférieur, suivis de l'édification de barrières récifales au cours de l'Hauterivien.

2.2. Algarve occidental et central

En Algarve occidentale et central, la sédimentation est discontinue, dans des environnements lagunaires dominants. Les datations – fondées sur les foraminifères, algues et charophytes – sont relativement imprécises pour le Néocomien. Les attributions stratigraphiques des dépôts du Barrémien terminal, Aptien et Albien sont mieux assurées avec la présence d'orbitolinidés, dinoflagellés, ammonites. Huit unités lithostratigraphiques ont été définies et récemment formalisées (Rey, 2006b) dans l'Algarve occidentale et dans l'Algarve central. On notera essentiellement

- la présence de dépôts laguno-lacustres (faciès purbeckien) au passage Jurassique-Crétacé, comme en Estremadura;
- une formation terrigène dans le Berriasien Supérieur de l'Algarve central (Formation de Fontes da Matosa) comparable à la Formation de Vale de Lobos du Bassin Lusitanien;
- les importantes lacunes stratigraphiques dans l'intervalle Valanginien Inférieur – Barrémien Supérieur;
- les dépôts mixtes, silico-clastiques et carbonatés du Barrémien Supérieur – base de l'Aptien (Formation de Barrancão) présentant de grandes analogies avec la Formation de Regatão connue dans le Bassin Lusitanien;
- les faciès plus franchement marins de l'Aptien–Albien, avec des formations aisément corrélables avec les unités lithostratigraphiques de la région de Lisbonne.

2.3. Algarve orientale

Le Crétacé de l'Algarve orientale se caractérise par une grande diversité de faciès, par un caractère marin plus affirmé qu'en Algarve occidentale au Néocomien où la présence de calpionelles et d'ammonites permet des datations fiables (Durand-Delga & Rey, 1982; Correia, 1989), par des dépôts similaires à ceux reconnus en Algarve occidentale et central durant

l’Aptien–Albien. Onze unités lithostratigraphiques ont été formellement définies. Nous noterons (Rey, 2009): l’existence d’importantes lacunes stratigraphiques locales au Néocomien; la possibilité de bonnes corrélations stratigraphiques avec les formations du Bassin Lusitanien

pour l’intervalle Berriasien Moyen–Hauterivien; ainsi que d’importants dépôts terrigènes et fluviatiles (faciès wealdien) qui peuvent être rapportés au Barrémien Supérieur–Aptien basal par passage latéral de faciès avec la Formation de Barrancão de l’Algarve central.

AGES	ALGARVE OCCIDENTAL	ALGARVE CENTRAL	ALGARVE ORIENTAL	BASSIN LUSITANIEN
ALBIEN	sup.	PORTO DE MÓS	CALIÇOS	GALE
	moy.		?	
	inf.		PORTO DE MÓS	
APTIEN	sup.	LUZ	LUZ	RODÍZIO
	inf.	BURGAU	BURGAU	CRISMINA
BARREMIEN	sup.	BARRANCÃO	WEALDIEN	REGATÃO
	inf.	SALEMA		GUINCHO
HAUTERIVIEN	sup.	?	?	CABO RASO
	inf.		COSTA LONGA	MACEIRA
VALANGINIEN	sup.		ESTÓI	GUIA
	inf.	PORCHES	BIAS	VALE DE SERRADÃO LOBOS
		BELO ROMÃO		
BERRIASIEN	sup.	FONTES DA MATOSA	BIAS DO NORTE	
	moy.	?	ALMÁDENA	
	inf.	ALMÁDENA		FARTA PÃO
TITHONIEN <i>pro-parte</i>	?	PURBECKIEN		
		?		

Fig. 2 – Les unités lithostratigraphiques du Crétacé Inférieur dans le Bassin Lusitanien et en Algarve.

3. Les événements tectoniques

3.1. Bassin Lusitanien

Des événements tectoniques, exprimés par des discordances locales probablement liées à des basculements de blocs et chacun suivi d’une sédimentation silico-clastique ont été reconnus (fig. 3):

- au Berriasien Supérieur, sur la bordure orientale du Bassin Lusitanien (environs de Cercal, extrémité orientale du synclinorium de Terres-Vedras). Cette phase correspond à la «crise néocimmérienne»;
- au cours de l’Aptien Supérieur, dans la région de Cercal.

Ces deux épisodes peuvent être aussi identifiés dans la partie septentrionale du Bassin Lusitanien où de très importantes lacunes stratigraphiques s’accompagnent de discordances angulaires (Dinis, 1999, 2001).

3.2. Algarve

Les falaises côtières de l’Algarve occidentale montrent deux discordances angulaires (Rey, 2006b):

- la première entre le Valanginien basal (Formation de Porches) et l’Hauterivien Supérieur (Formation de Salema). Si l’on admettait (pure hypothèse!) que la mise en place des conglomérats d’Estói, en Algarve orientale est un événement synchrone témoignant d’une orogénèse suivie d’une glyptogénèse en bordure de la faille d’Estói – Faro, on pourrait plus précisément dater cette phase tectonique du Valanginien Supérieur;
- la seconde intra-barrémienne, entre les Formations de Salema et de Barrancão. Elle est suivie, dans tout l’Algarve, de l’accumulation de dépôts fluviatiles et silico-clastiques.

L’une de ces deux discordances (ou les deux discordances amalgamées) s’exprime aussi en Algarve central où la Formation de Barrancão tronque la Formation de Porches.

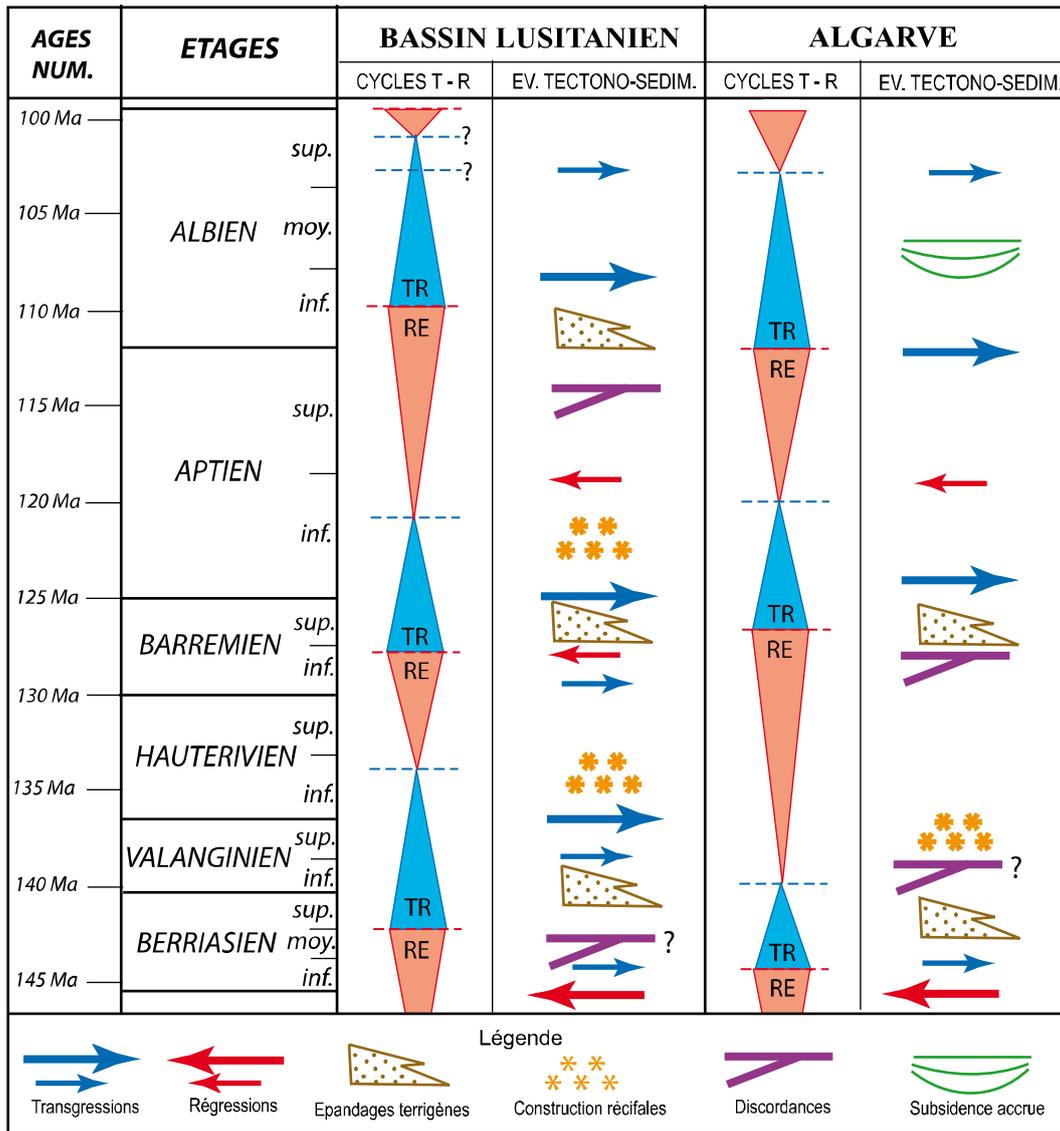


Fig. 3 – Les événements tectono-sédimentaires dans le Bassin Lusitanien et en Algarve, au Crétacé Inférieur.

4. Les épandages terrigènes

4.1. Bassin Lusitanien

On distingue trois groupes de dépôts à dominante silico-clastique intercalés dans les séries carbonatées et marines du Crétacé Inférieur dans toute la partie méridionale du Bassin Lusitanien (fig. 3):

- la Formation de Vale de Lobos, estuarienne à fluviale, sédimentée dans l’intervalle Berriasien Supérieur–Valanginien (Valanginien terminal exclu);
- la Formation de Regatão, lagunaire à estuarienne, datant essentiellement du Barrémien Supérieur;
- la Formation de Rodízio, composée de sédiments détritiques grossiers, exclusivement fluviaux, rapportée à l’Aptien terminal–Albien Inférieur.

4.2. Algarve

En Algarve – où les paléogéographies sont très contrastées et où l’enregistrement sédimentaire est

discontinu – deux épisodes d’épandage détritique peuvent être localement observés:

- le premier au Berriasien Supérieur, connu exclusivement en Algarve central avec la Formation de Fontes da Matosa. Cette unité fluviale est bien datée par les formations carbonatées encaissantes;
- le second rapporté au Barrémien Supérieur–base de l’Aptien, identifié dans tout l’Algarve. Il est représenté en Algarve occidentale et central par la Formation de Barrancão dont l’âge est déduit de sa flore de charophytes et de la superposition d’une formation carbonatée et marine (Formation de Burgau) indiscutablement déposée durant l’Aptien Inférieur. En Algarve occidentale, le milieu de dépôt est lagunaire à estuarien. En Algarve central, le faciès est nettement plus détritique, dans un environnement similaire. En Algarve orientale, cet épisode est représenté par une formation de faciès wealdien surmontée par les dépôts marins de la Formation de Burgau. Son attribution stratigraphique au Barrémien Supérieur–base de l’Aptien n’est

argumentée que par le passage latéral de faciès avec les dépôts de l'Algarve central et par la superposition de la Formation de Burgau. L'hypothèse que ce faciès wealdien débute plus tôt en Algarve oriental ne peut pas être exclue, en l'absence de tout argument paléontologique direct.

5. Les transgressions et régressions

5.1. Bassin Lusitanien

A la suite des dépôts lagunaires («faciès purbeckien») de la Formation de Farta Pão qui clôturent la régression amorcée au Jurassique Supérieur, les sédiments du Crétacé Inférieur s'organisent en trois cycles transgressifs – régressifs de 2^{ème} ordre (fig. 3):

- un cycle du Berriasien Supérieur–Barrémien Inférieur qui succède à la crise néocimmérienne et qui s'achève par une émergence généralisée de la fin du Barrémien Inférieur. Le maximum de transgression est atteint au cours de l'Hauterivien Inférieur;
- un cycle du Barrémien Supérieur–Albien Inférieur, succédant à la phase émergitive intra-barrémienne, présentant un pic transgressif au cours de l'Aptien Inférieur (zone à *Deshayesi*) puis une régression généralisée avec les décharges détritiques et fluviales de l'Aptien terminal–Albien Inférieur;
- un cycle albien, débutant par une transgression progressive et diachrone durant l'Albien Inférieur à Moyen, un maximum de transgression au cours de l'Aptien Supérieur (banc à *Knemiceras uhligi* ou niveau à *Favusella washitensis*), et une discontinuité majeure à la limite Albien–Cénomane.

5.2. Algarve

Le caractère très discontinu de la sédimentation en Algarve rend hypothétique le découpage en cycles de 2^{ème} ordre de l'empilement sédimentaire au Crétacé Inférieur. En prenant pour référence la succession la plus complète de l'Algarve oriental complétée par quelques données de l'Algarve occidentale, il est possible de proposer le découpage suivant:

- un cycle transgressif – régressif du Berriasien Moyen–Barrémien Inférieur succédant aux dépôts lagunaires ou lacunes de la base du Crétacé et s'achevant – sous la discordance intra-barrémienne – avec les dépôts lagunaires, finement détritiques ou dolomitiques, des Formations de Costa Longa et de Salema. Le maximum de transgression serait atteint à la base du Valanginien (Formation de Belo Romão);
- un cycle transgressif – régressif du Barrémien Supérieur–Aptien, essentiellement marqué, au-dessus des dépôts fluviaux du faciès wealdien, par le retour progressif à des conditions marines au cours du Barrémien Supérieur, par un pic de transgression au cours de l'Aptien Inférieur et par un retour à des conditions lagunaires à l'Aptien Supérieur;

- un cycle transgressif – régressif albien, présentant un maximum de transgression à l'Albien Supérieur (niveau à *Knemiceras uhligi*, dans la Formation de Porto de Mós), puis une tendance régressive avec la Formation dolomitique de Caliços.

6. Les bioconstructions récifales

6.1. Bassin Lusitanien

Si quelques madréporaires coloniaux sont connus au Valanginien Supérieur dans la région de Cascais (Formation de Guia), les bioconstructions récifales composées de stromatoporoidés et madréporaires associés à des rudistes se rencontrent à l'Hauterivien (Formation de Cabo Raso) et à l'Aptien Inférieur (Formation de Crismina) au Sud de la Serra de Sintra, lors des inondations maximales du domaine marin (fig. 3).

6.2. Algarve

Des bioconstructions récifales sont très ponctuellement représentées en Algarve oriental, à l'Est de Faro (Formation de Bias). Les travaux de Correia (1989) ont prouvé qu'elles doivent être rapportées au Valanginien Supérieur. Elles sont donc plus précoces en Algarve que dans le Bassin Lusitanien, alors que les conditions bathymétriques paraissent similaires.

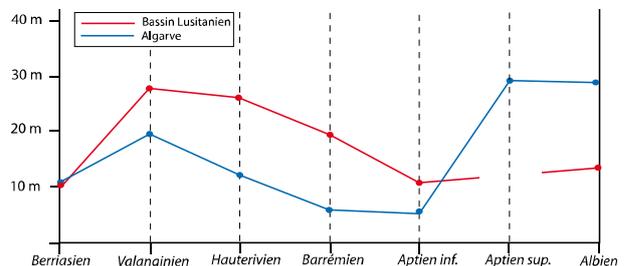


Fig. 4 – Courbes des épaisseurs de sédiments compactés par million d'années dans le Bassin Lusitanien et en Algarve, au Crétacé Inférieur.

7. Les variations de la subsidence

S'il est difficile, par manque de données fiables, de proposer une véritable courbe de la variation de la subsidence au cours du Crétacé Inférieur, une tendance générale peut être déduite de la courbe d'épaisseur des sédiments compactés par million d'années (fig. 4), dans la mesure où, globalement, la lithologie ne change guère de la base au sommet de la pile sédimentaire et où les milieux de sédimentation restent comparables. On remarquera essentiellement que les courbes du Bassin Lusitanien et de l'Algarve sont similaires du Berriasien à l'Aptien Inférieur, avec un maximum d'épaisseur au Valanginien, puis une diminution progressive de la puissance des dépôts entre l'Hauterivien et l'Aptien Inférieur. Par contre, les deux courbes s'opposent à l'Aptien Supérieur: alors que, dans le Bassin Lusitanien, l'épaisseur des sédiments compactés reste faible et sans

modification notable, on assiste en Algarve à un accroissement brusque et très élevé de la sédimentation sur une plate-forme littorale protégée. Ceci témoignerait de l'accélération de la subsidence par détumescence thermique marquant la fin du rifting sur la marge passive sud-ibérique (Mougenot, 1989).

8. Conclusions

Aux incertitudes d'attributions stratigraphiques près, les séries sédimentaires du Bassin Lusitanien et de l'Algarve témoignent d'une évolution comparable de la base du Crétacé à l'Aptien Inférieur: 1°) mise en place d'environnements lagunaires au passage Jurassique-Crétacé («faciès purbeckien»), suivie d'un léger épisode transgressif au Berriasien Inférieur et Moyen; 2°) manifestations de la crise néocimmérienne s'exprimant par des épandages détritiques fluviales (Formation de Fontes da Matosa de l'Algarve central, Formation de Vale de Lobos d' Estremadura), par des lacunes stratigraphiques par érosion ou non sédimentation en Algarve et par des discordances locales – qui semblent toutefois plus précoces dans le Bassin Lusitanien (Berriasien Supérieur?) qu'en Algarve (Valanginien Supérieur?); 3°) rupture sédimentaire majeure intra-barrémienne révélée en Algarve occidental par la discordance angulaire entre les Formations de Salema et Barrancão, de même âge que de la phase émergée reconnue dans la région de Lisbonne entre les Formations de Guincho et de Regatão; elle est suivie dans les deux bassins d'épandages fluviales; 4°) existence d'un cycle transgressif – régressif de 2^{ème} ordre s'étendant du Berriasien au Barrémien; 5°) transgression marine du Barrémien terminal – Aptien Inférieur, illustrée par la Formation de Crismina dans le

Bassin Lusitanien et par la Formation de Burgau en Algarve central et occidental.

Par contre, à partir de l'Aptien Supérieur, l'évolution des deux bassins diffère notablement, avec l'enregistrement d'une crise sédimentaire majeure au cours de l'Aptien Supérieur dans le Bassin Lusitanien alors que s'amorce en Algarve un accroissement de la subsidence qui s'accroît au cours de l'Albien. La transgression eustatique albienne est toutefois perceptible dans ces deux régions.

L'histoire des bassins sédimentaires portugais au cours du Crétacé Inférieur paraît rythmée par les différentes étapes de la propagation vers le Nord de l'ouverture de l'Océan Atlantique: la crise néocimmérienne pourrait être mise en relation avec l'amorce de la création d'une croûte océanique dans le segment du Tage (Pinheiro *et al.*, 1992), avec l'initiation de l'exhumation du manteau dans le segment ibérique (Dean *et al.*, 2000) et avec le climax du rifting dans la partie septentrionale du segment ibérique (Wilson *et al.*, 2001) et dans le segment de Galice (Reston, 2005). La crise intra-barrémienne serait associée au début de l'expansion océanique dans le segment ibérique (Whitmarsh & Wallace, 2001; Shillington *et al.*, 2004) et par le début de l'exhumation du manteau dans le segment de Galice. Si la crise de l'Aptien Supérieur – qui serait liée à l'apparition du premier plancher océanique dans le secteur de Galice (Schärer *et al.*, 2000) – est particulièrement bien marquée dans le Bassin Lusitanien, elle ne se manifeste que par une accélération de la subsidence dans le Bassin de l'Algarve bien plus éloigné de la marge nord occidentale de l'Ibérie.

Références bibliographiques

- BERTHOU P. Y., CORREIA F., PRATES S. & TAUGOURDEAU J. (1983) – Essai de synthèse du Crétacé de l'Algarve: biostratigraphie, paléogéographie, sédimentation argileuse. Première étude: biostratigraphie, paléogéographie. *Bull. Inf. Géol. Bass. Parisien* 20 (2), 3-24.
- BERTHOU P. Y. & LEEREVELD H. (1990) – Stratigraphic implications of palynological studies on Berriasian to Albian deposits from western and southern Portugal. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 66, 591-594.
- CABRAL M. C. S. (1995) – *Ostracodos do Cretácico inferior do Algarve e da região de Lisboa. Sistemática, biostratigrafia, aspectos paleontológicos e paleobiogeográficos.* Tese Univ. Lisboa (unpubl.), 442 p.
- CORREIA F. (1989) – *Estudo biostratigráfico e microfácies do Cretácico carbonatado da bacia sedimentar meridional portuguesa (Algarve).* Tese Univ. Lisboa (unpubl.), 377 p.
- DAMOTTE R., RAMALHO M. M. & REY J. (1988) – Les Ostracodes aptiens de l'Algarve occidental (Portugal). *Rev. Micropal.* 31 (1), 38-48.
- DEAN S. M., MINSHULL T. A., WHITMARSH R. B. & LOUDEN K. E. (2000) – Deep-structure of the ocean-continent transition in the southern Iberia Abyssal Plain from seismic refraction profiles: the IAM-9 transect at 40°20'N. *Journal Geophysical Research* 105, 5859-5886.

- DINIS J. L. (1999) – *Estratigrafia e sedimentologia da Formação de Figueira da Foz. Aptiano a Cenomaniano do sector norte da Bacia Lusitânica*. Tese Univ. Coimbra (unpubl.), 381 p.
- (2001) – Definição da Formação da Figueira da Foz – Aptiano a Cenomaniano – do sector central da margem oeste ibérica. *Comun. Inst. Geol. Mineiro* 88, 127-160.
- DINIS J. L., REY J., CUNHA P. P., CALLAPEZ P. & REIS R. P. (2008) – Stratigraphy and allogenic controls of the western Portugal Cretaceous: an updated synthesis. *Cretaceous Research* 29, 772-780.
- DINIS J. L., REY J. & GRACIANSKY P. C. DE (2002) – Le Bassin lusitanien (Portugal) à l’Aptien supérieur – Albien: organisation séquentielle, proposition de corrélations, évolution. *C. R. Geoscience* 334, 757 – 764.
- DURAND-DELGA M. & REY J. (1982) – Découverte de Calpionelles dans le Jurassique terminal et le Crétacé basal de l’Algarve (Portugal). *C. R. Acad. Sciences Paris II*, 265, 237-242.
- GRACIANSKY P. C. DE, HARDENBOL J., JACQUIN TH., FARLEY M. & VAIL P. R. (1998) – Mesozoic – Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. *Soc. Econ. Paleont. Miner.*, sp. pub. 60, 786 p.
- HEIMHOFER U., HOCHULI P. A., BURLA S., ANDERSEN N. & WEISSERT H. (2003) – Terrestrial carbo-isotope records from coastal deposits (Algarve, Portugal): a tool for chemostratigraphic correlation on an intrabasinal and global scale. *Terra Nova* 15, 8-13.
- HEIMHOFER U., HOCHULI P. A., BURLA S. & WEISSERT H. (2007) – New records of Early Cretaceous angiosperme pollens from portuguese coastal deposits: implications for the timing of the early angiosperm radiation. *Rev. Palaeobotany Palynology* 144 (1-2), 39-76.
- MOUGENOT D. (1989) – Geologia da margem portuguesa. *Doc. técnicos Inst. Hidrográfico*, Lisboa, 259 p.
- PINHEIRO L. M., WHITMARSH R. B. & MILES P. R. (1992) – The ocean-continent boundary off the western continental margin of Iberia, II. Crustal structure in the Tagus Abyssal Plain. *Geophysical Journal International* 109, 106-124.
- RAMALHO M. (1971) – 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. 19, 212 p.
- RAMALHO M. M. & REY J. (1981) – Réflexions sur la formation crétacée de Porto de Mós (Algarve, Portugal). *Comun. Serv. Geol. Portugal* 67, 149-152.
- RESTON T. J. (2005) – Polyphase faulting during the development of the west Galicia rifted margin. *Earth Planetary Science Letters* 237, 561-576.
- REY J. (1972) – Recherches géologiques sur le Crétacé inférieur de l’Estremadura (Portugal). *Mem. Serv. Geol. Portugal* N.S. 21, 477 p.
- (1979) – Le Crétacé inférieur de la marge atlantique portugaise: biostratigraphie, organisation séquentielle, évolution paléogéographique. *Ciências Terra* 5, 97-121.
- (1982) – Le Crétacé dans la région de Faro (Algarve, Portugal). *Comun. Serv. Geol. Portugal* 68, 225-236.
- (1983) – Le Crétacé de l’Algarve: Essai de synthèse. *Comun. Serv. Geol. Portugal* 69, 87-101.
- (1986) – Micropaleontological assemblages, paleoenvironments and sedimentary evolution of Cretaceous deposits in the Algarve (Southern Portugal). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.* 55, 233–246.
- (1992) – Les unités lithostratigraphiques du Crétacé inférieur de la région de Lisbonne. *Comun. Serv. Geol. Portugal* 78, 103-124.
- (1993) – Stratigraphie séquentielle sur une plate-forme à sédimentation mixte: exemple du Crétacé inférieur du Bassin Lusitanien. *Comun. Inst. Geol. Mineiro* 79, 87-97.
- (2006a) – Stratigraphie séquentielle et séquences de dépôt dans le Crétacé inférieur du Bassin Lusitanien. *Ciências Terra* vol. sp. VI, 120 p.
- (2006b) – Les formations crétacées de l’Algarve occidentale et central. *Comun. Geológicas* 93, 39-80.
- (2009) – Les formations crétacées de l’Algarve oriental. *Comun. Geológicas* 96, 19-38.
- REY J., BILOTTE M. & PEYBERNES B. (1977) – Analyse biostratigraphique et paléontologique de l’Albien d’Estremadura (Portugal). *Géobios* 10, 369-393.
- REY J., DINIS J. L., CALLAPEZ P. & CUNHA P. P. (2006) – Da rotura continental à margem passiva. Composição e evolução do Crétácico de Portugal. *Cadernos Geologia Portugal*, 53 p.
- REY J., GRACIANSKY P. C. DE & JACQUIN TH. (2003) – Les séquences de dépôt dans le Crétacé inférieur du Bassin Lusitanien. *Comun. Inst. Geol. Mineiro* 90, 15-42.
- REY J., GRAMBAST L. & RAMALHO M. M. (1974) – Données stratigraphiques sur le Crétacé inférieur des environs de Lagos (Algarve, Portugal). *C. R. Somm. Soc. Géol. France* XVI (4), 100-101.
- REY J. & RAMALHO M. M. (1973-74) – Le Crétacé inférieur de l’Algarve occidentale (Portugal). *Comun. Serv. Geol. Portugal* 57, 155-181.
- SCHÄRER U., GIRARDEAU J., CORNEN G. & BOILLOT G. (2000) – 138-121 Ma asthenospheric magmatism prior to continental break-up in the North Atlantic and geodynamic implications. *Earth Planetary Science Letters* 181, 555-572.

- SHILLINGTON D. J., HOLBROOK W. S., TUCHOLKE B. E., HOPPER J. R., LOUDEN K. E., LARSEN H. C., VAN AVENDONK H. J. A., DEEMER S. & HALL J. (2004) – Data report: Marine geophysical data on the Newfoundland nonvolcanic rifted margin around SCREECH transect 2. *In*: TUCHOLKE B. E., SIBUET J.-C., KLAUS A. *et al.*, *Proceed. Ocean Drilling Project*, Initial Reports 210, 1-36.
- WHITMARSH R. B. & WALLACE P. J. (2001) – The rift-to-drift development of the west Iberia nonvolcanic continental margin: a summary and review of the contribution of Ocean Drilling program Leg 173. *In*: BESLIER M.-O., WHITMARSH R. B., WALLACE P. J. & GIRARDEAU J. (Eds.), *Proceed. Ocean Drilling Project*, Scientific Results 173, 1-36.
- WILSON R. C. L., MANATSCHAL G. & WISE S. (2001) – Rifting along non-volcanic passive margins: stratigraphic and seismic evidence from the Mesozoic of the Alps. *In*: WILSON R. C. L., WHITMARSH R. B., TAYLOR B. & FROITZHEIM N. (Eds.), *Non-volcanic rifting of continental margins: a comparison of evidence from land and sea*. Geological Society, London Sp. Pub. 187, 429-452.