

La coupe d'Ouled Haddou (Rif externe oriental) : un affleurement continu de la transition Crétacé–Paléogène au Maroc, révélé par les Foraminifères planctoniques

Abdelkabar Toufiq^{a,*}, Jean-Pierre Bellier^b, Mohamed Boutakiout^c, Hugues Feinberg^d

^a Département de géologie, faculté des sciences, université Chouaib-Doukkali, BP 20, 24000, El Jadida, Maroc

^b Département de géologie sédimentaire, université Pierre-et-Marie-Curie & CNRS FRE 2400, 4, place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France

^c Département de géologie, faculté des sciences, université Mohammed-V, BP 1014, Rabat, Maroc

^d Département de géologie, École normale supérieure, 24, rue Lhomond, 75231 Paris cedex 05, France

Reçu le 4 mars 2002 ; accepté le 23 septembre 2002

Présenté par Jean Dercourt

Abstract – The Ouled Haddou section (oriental external Rif): a continuous outcrop of the Cretaceous–Palaeogene transition in Morocco, revealed by planktonic Foraminifera. In the Ouled Haddou section, deposits of the Uppermost Maastrichtian correspond to the *Abathomphalus mayaroensis* Biozone. The index species is regularly present until the Cretaceous–Palaeogene boundary, which is marked by a mass extinction affecting 41 species (large and complex). Some Cretaceous small species persist in the Lowermost Danian. The first levels of the Danian are assigned to the *Guembeltria cretacea* Biozone, in which the species index persist without being affected, and the first species of the Tertiary appear. The upper part of the Lower Danian corresponds to the succession of *Parvularugoglobigerina eugubina*, *Parasubbotina pseudobulloides*, and *Subbotina triloculinoides* Biozones. From the *P. eugubina* Biozone, associations of Danian vary to undergo a complete renewal in the upper zones. The Ouled Haddou section, described for the first time, presents, according to planktonic Foraminifera, a complete record of the Cretaceous–Palaeogene transition. **To cite this article: A. Toufiq et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 995–1001.**

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Cretaceous–Palaeogene transition / Planktonic foraminifera / Oriental external Rif / Morocco

Résumé – Dans la coupe d'Ouled Haddou, les dépôts du Maastrichtien terminal correspondent à la Biozone à *Abathomphalus mayaroensis*. L'espèce index est régulièrement présente jusqu'à la limite Crétacé–Paléogène, marquée par une extinction en masse affectant 41 espèces, de morphologies complexes. De petites espèces crétacées persistent dans le Danien basal. Le Danien débute par la Biozone à *Guembeltria cretacea*, dans laquelle l'espèce index persiste régulièrement et les premières espèces du Tertiaire apparaissent. Le reste du Danien inférieur correspond à la succession des biozones à *Parvularugoglobigerina eugubina*, à *Parasubbotina pseudobulloides* et à *Subbotina triloculinoides*. Au cours de cette succession, des changements aboutiront à un renouvellement complet des associations. La coupe d'Ouled Haddou, décrite pour la première fois, présente donc, d'après les Foraminifères planctoniques, un enregistrement complet de la transition Crétacé–Paléogène. **Pour citer cet article : A. Toufiq et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 995–1001.**

© 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Transition Crétacé–Paléogène / Foraminifères planctoniques / Rif externe oriental / Maroc

* Correspondance et tirés à part.

Adresses e-mail : toufiq@ucd.ac.ma, abdelkabirtoufiq@hotmail.com (A. Toufiq).

Abridged version

1. Introduction

In the western Mediterranean area (particularly in Spain and Tunisia), several outcrops of the Cretaceous–Palaeogene transition (K–P) have been recognised and planktonic foraminifera studied in detail [11, 20, 21, 25]. In order to understand the events of the end of the Cretaceous, different extinction patterns have been established. A catastrophic extinction [25] would be associated to the extraterrestrial event of the end of the Cretaceous [1], testified by the fine iridium layer found in several sites, particularly in the El Kef section [24]. After Keller [11, 12] and Keller et al. [14], extinctions are selective and gradual, beginning at the top of the Maastrichtian and ending at the base of the Danian. This opinion, without rejecting the hypothesis of a meteoritic impact, puts in a first position the palaeogeographic and geologic events.

In the oriental external Rif (northern Morocco), the planktonic foraminiferal zonation allows to follow the transition from the Uppermost Maastrichtian to the Palaeocene in pelagic sediments [9]. In this note, a complete outcrop through the Cretaceous–Palaeogene boundary is described for the first time: the Ouled Haddou section, situated 48 km to the north of Taza (Fig. 1).

2. Biostratigraphic analysis

The marly deposits are rich in foraminifera and a detailed sampling (one sample every 5 to 10 cm) permits to recognise all characteristic biozones of the K–P transition. Distribution of planktonic Foraminifera (> 63 µm) and biozonation are shown in Fig. 2.

The *Abathomphalus mayaroensis* Zone represents the uppermost part of the Maastrichtian. *A. mayaroensis* is regularly present until the end of the Cretaceous; its disappearance coincides with the disappearance of all other species of Globotruncanids and the large Heterohelicids.

The *Guembelitra cretacea* Zone corresponds to the first levels of the Danian, behind the appearance of *Parvularugoglobigerina eugubina*. In the first 10 cm of this interval, the first small Danian species appear. The P0 Zone [25] makes some problems of correlations relative to different taxonomic conceptions and environments. The P0 Zone of Smit represents the lower part of the *G. cretacea* Zone as used in this study, in equivalence with the P0 of Keller [11] (Fig. 3).

The bases of the *Parvularugoglobigerina eugubina*, *Parasubbotina pseudobulloides*, and *Subbotina triloculinoides* Zones are placed respectively at the first appearances of the zonal markers.

3. Extinctions during the Cretaceous–Palaeogene transition

Several studies show that planktonic foraminifera suffered a drastic extinction at the end of the Cretaceous, es-

pecially affecting the large, complex morphotypes of the low latitudes. The conclusion of the last detailed study of Planktonic foraminifera of the K–P transition at El Kef [3] was a catastrophic extinction pattern. The index *A. mayaroensis* is irregularly present in the last levels of the Maastrichtian in several regions [4, 6, 11]; its ‘resurgence’ has been observed in the Uppermost Maastrichtian at Zumaya and at Aïn Settara [8, 21]. In the Ouled Haddou section, *A. mayaroensis* is regularly present in the last metres of the Maastrichtian, its disappearance accompanies those of all Globotruncanids and the large species of Heterohelicids: 41 species disappear simultaneously at the K–P boundary (Fig. 2). Small species of Heterohelicids and of *Hedbergella* and *Globigerinelloides* genus cross this limit and disappear during the Lowermost Danian. *Guembelitra cretacea* is the only Cretaceous species that persists regularly above the mass extinction.

4. First appearances at the base of the Danian

The origin, the classification and the phylogeny of the Danian species [6, 7, 16–19, 23] arouse disagreements, and differences in taxonomic conceptions drive difficulties of correlations in detailed zonations. Two main stages of appearances are observed in the Lowermost Danian [11, 22]: appearances of small simple morphology species, followed by appearances of bigger-sized species with complex morphologies. The first Danian species appear within the *Guembelitra cretacea* zone. In the Ouled Haddou section, with *Globoconusa* and *Woodringina*, the genus *Parvularugoglobigerina* appears and varies quite rapidly since the basal part of the Danian. A second stage of renewal starts within the *P. eugubina* Zone and expresses distinctly in the *Parasubbotina pseudobulloides* Zone. This interval shows a progressive diversification of associations, with the appearance of the first *Eoglobigerina* and *Globanomalina*. Diversification of *Parasubbotina*, *Praemurica*, and *Subbotina* marks the evolution to the classic associations of the Lower Danian.

5. Conclusion

The Ouled Haddou section, the first K–P section described in Morocco, represents a complete registration of the Cretaceous–Palaeogene transition. The disappearance of 41 species of planktonic foraminifera marks the top of the *A. mayaroensis* Zone, at the K–P boundary. Small species of Heterohelicidae and *Hedbergella* are affected and disappear at the basis of the Danian. In the Lowermost Danian, the *Guembelitra cretacea* Zone corresponds to the interval that precedes the apparition of *P. eugubina*. In this interval, the first Tertiary genus, *Parvularugoglobigerina*, and *Globoconusa* are dominant. The remainder of the Lower Danian shows the succession of the *P. eugubina*, *P. pseudobulloides* and *S. triloculinoides* Zones.

1. Introduction

Les séries les plus complètes du passage Crétacé–Tertiaire ont été décrites dans des sites de la Méditerranée occidentale, dans des dépôts à faciès marneux ou marno-calcaires de plate-forme externe. Les coupes les mieux connues et les plus étudiées affleurent dans l'Atlas tunisien et dans les Cordillères bétiques, en Espagne. Dans ces coupes, les Foraminifères planctoniques constituent l'outil principal d'analyses micropaléontologique et biostratigraphique de haute résolution [3, 11, 20, 21, 25], susceptibles d'élucider les événements géologiques, paléogéographiques (et cosmiques) survenus à la fin du Crétacé.

Dans la coupe stratotypique d'El Kef (Tunisie), la limite Crétacé–Paléogène est indiquée par une fine couche de goëthite, à anomalie d'iridium et riche en spinelles nickélicifères [24], témoignant en faveur de l'hypothèse d'un événement extraterrestre à la fin du Crétacé [1]. Cette couche est directement surmontée par quelques centimètres d'argiles noires, qui constituent la base du Danien. Les diverses études micropaléontologiques effectuées sur cette coupe ont suscité une controverse quant au mode d'extinction des Foraminifères planctoniques : à un modèle d'extinction catastrophique associée à une chute météoritique [25] s'oppose un modèle où les extinctions seraient sélectives et graduelles [11, 12, 14]. Ce dernier modèle met en première ligne des événements paléogéogra-

phiques et géologiques sans rejeter l'hypothèse d'un impact météoritique.

Dans le Rif externe oriental, les dépôts pélagiques du Paléogène affleurent largement dans des nappes à base généralement composée de marnes du Campanien et/ou du Maastrichtien. Une série paléogène complète a été mise en évidence à l'aide de la succession des biozones de Foraminifères planctoniques [9]. Toutefois, à la transition Maastrichtien–Danien, des difficultés d'analyses biostratigraphiques sont généralement liées à la qualité de l'affleurement ou à des complications tectoniques. Après examen de plusieurs coupes appartenant à des unités structurales différentes du Rif externe oriental, un affleurement continu de la transition Crétacé–Paléogène a été reconnu au niveau du Jbel Bou Izerzene, dans l'unité de Dar Caïd-Medboh, élément de la nappe de Bou-Haddoud [15].

2. Localisation et description de la coupe

Cette coupe est située dans le flanc nord du Jbel Bou Izerzene, sur la route reliant Aknoul à Mezguitem (Fig. 1), à 48 km au nord de Taza et à 25 km au sud d'Aknoul. Elle se trouve dans une unité structurale qui est un élément de la nappe de Bou Haddoud, d'origine intrarifaine [15]. Les dépôts du Maastrichtien terminal et du Paléocène sont disposés en strates

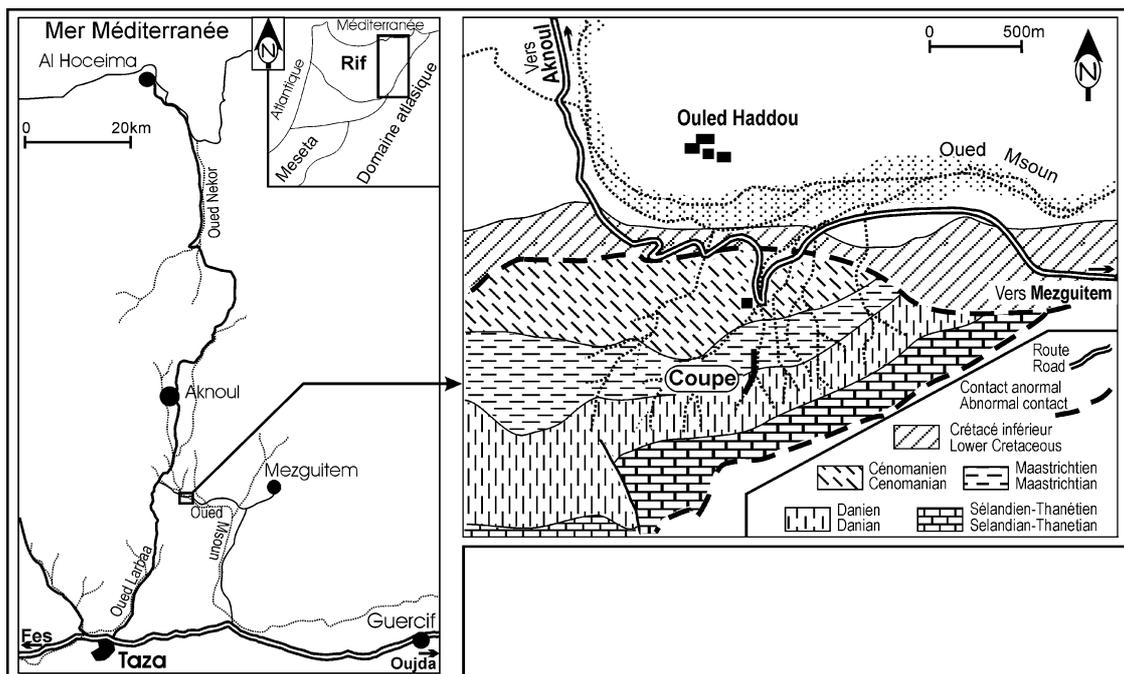


Figure 1. Localisation et contexte géologique de la coupe d'Ouled Haddou.

Figure 1. Location map and geological setting of the Ouled Haddou section.

subverticales de direction est–ouest ; ils affleurent largement dans des ravins assez profonds qui les recourent et qui débouchent sur l’oued Msoun, au niveau des maisons d’Ouled Haddou. La partie supérieure du Maastrichtien est représentée par des marnes, parfois indurées, avec des intercalations de bancs marnocalcaires ; les derniers niveaux du Maastrichtien correspondent à des marnes grises, assez argileuses et friables. Le Danien débute par quelques décimètres de marnes argileuses, surmontées de 2 m de marnes massives, auxquelles succèdent des marnes à intercalations calcaires décimétriques.

3. Analyse biostratigraphique à la transition Crétacé–Paléogène

L’étude des foraminifères planctoniques est basée sur un échantillonnage détaillé de maille décimétrique dans le Maastrichtien terminal et dans la partie basale du Danien. Dans les résidus de lavage ($> 63 \mu\text{m}$), les Foraminifères sont d’une richesse constante et sont bien conservés. La Fig. 2 montre la distribution verticale des Foraminifères planctoniques et le découpage biozonal ainsi établi.

3.1. Zone à *Abathomphalus mayaroensis*

La partie sommitale du Maastrichtien est représentée par cette zone, où l’on note une grande diversité de Globotruncanidae et d’Heterohelicidae, typiques des associations du Maastrichtien terminal des basses latitudes. *Abathomphalus mayaroensis* est régulièrement présent dans les derniers niveaux du Maastrichtien et sa disparition, à la fin du Crétacé, accompagne celles de tous les Globotruncanidae et des grandes espèces d’Heterohelicidae.

3.2. Zone à *Guembelitra cretacea*

Elle correspond aux premiers niveaux du Danien, compris entre la disparition de *A. mayaroensis* et l’apparition de *Parvularugoglobigerina eugubina*. Dans les dix premiers centimètres de cet intervalle (qui couvre environ 50 cm de dépôts de marnes argileuses) apparaissent de petites espèces des genres *Parvularugoglobigerina* et *Globoconusa*. Ces deux genres dominent dans cette zone, où le marqueur *G. cretacea* persiste régulièrement. À des niveaux élevés de cette zone, l’apparition de *Globoconusa daubjergensis* et du genre *Woodringina* s’accompagne d’une diversification du genre *Parvularugoglobigerina*. Les associations comportent également de petits Heterohelicidae et des spécimens (assez rares) appartenant aux genres *Hedbergella* et *Globigerinelloides*. La Zone à *G. cretacea* (= P0), initialement décrite dans les coupes de Caravaca (10 cm d’épaisseur) et d’El Kef (25 cm

d’épaisseur) [25], pose des problèmes de corrélation liés, d’une part, aux conceptions taxonomiques et, d’autre part, aux environnements de dépôt. Dans cette étude, nous suivons les mises au point apportées par Molina et al. [20] et par Arenillas et Arz [2] ; nous utiliserons l’apparition de *P. eugubina* pour définir la limite supérieure de la Zone à *G. cretacea*. La Zone P0 de Smit représente donc la base de la Zone à *G. cretacea* telle qu’elle a été utilisée dans notre étude, en équivalence avec la Zone P0 de Keller [11] (Fig. 3).

3.3. Zone à *Parvularugoglobigerina eugubina*

Cette zone couvre l’intervalle compris entre l’apparition de *P. eugubina* et l’apparition de *Parasubbotina pseudobulloides*. Elle est utilisée ici dans son sens classique [18], en tenant compte de la distinction entre les espèces *P. eugubina* (Luterbacher et Premoli Silva) et *P. longiapertura* (Blow). Dès la base de cette zone, les associations commencent à s’enrichir par la diversification du genre *Chiloguembelina* et par l’apparition des premières espèces des genres *Eoglobigerina* et *Globanomalina*.

3.4. Zone à *Parasubbotina pseudobulloides*

Cette zone couvre l’intervalle compris entre l’apparition du marqueur *P. pseudobulloides* et l’apparition de *Subbotina triloculinoides*. À sa base, l’association *P. eugubina*–*P. pseudobulloides* s’étend sur une faible extension. C’est à partir de cette zone que s’observe le développement des grandes espèces du Paléocène, appartenant aux genres *Parasubbotina* et *Eoglobigerina*. À l’exception de *G. cretacea*, toutes les espèces issues du Crétacé disparaissent dans la partie inférieure de cette zone.

3.5. Zone à *Subbotina triloculinoides*

Cette zone correspond à l’intervalle compris entre l’apparition du marqueur et l’apparition de *Praemurica inconstans*. Dans cet intervalle se diversifient les grandes espèces appartenant aux genres *Eoglobigerina*, *Parasubbotina*, *Praemurica* et *Subbotina*.

4. Les extinctions de la transition Crétacé–Paléogène

Chez les Foraminifères planctoniques, l’extinction de la fin du Crétacé a affecté particulièrement les morphotypes grands, complexes, des régions tropicales à subtropicales. Les spécialistes restent partagés quant au modèle d’extinction, catastrophique ou non, brusque ou graduel ? Une controverse a suscité l’organisation de *blind tests*, à l’issue desquels les résultats divergent et la polémique continue [10]. L’un des

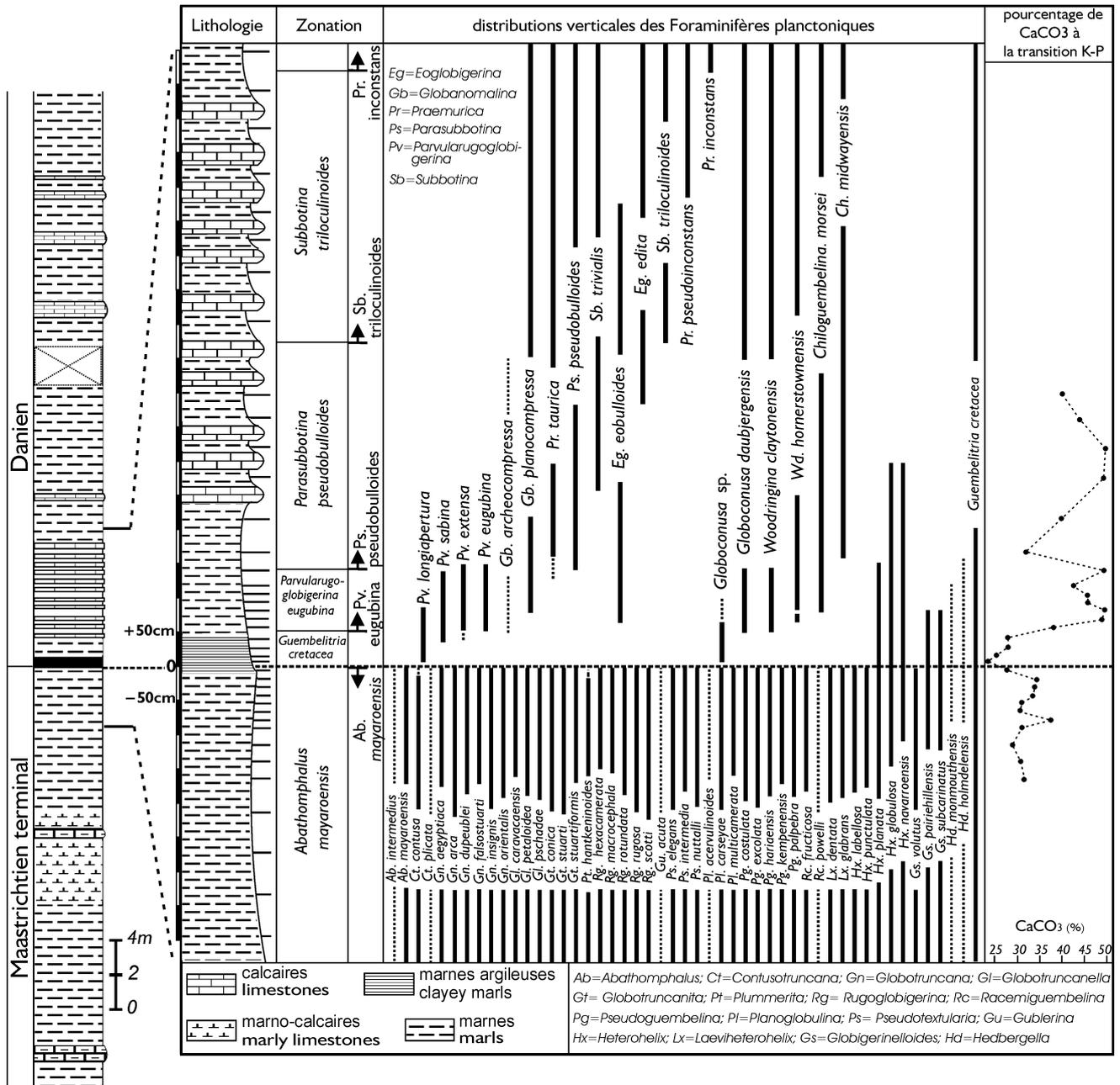


Figure 2. Lithologie, calcimétrie, biozonation et distribution des Foraminifères planctoniques à la transition Crétacé–Paléogène dans la coupe d’Ouled Haddou.

Figure 2. Lithology, calcimetry, biozonation and distribution of planktonic foraminifera at the Cretaceous–Palaeogene transition in the Ouled Haddou section.

principaux problèmes qui se posent est lié aux différences de conceptions taxonomiques : il en résulte des difficultés pour établir le nombre d’espèces ayant disparu exactement à la limite Crétacé–Paléogène. Par ailleurs, des problèmes liés aux remaniements et/ou à la qualité d’échantillonnage sont évoqués pour défendre l’une ou l’autre opinion. La dernière étude détaillée des Foraminifères planctoniques de la transition K–P à El Kef [3] conclut à un modèle d’extinction catastrophique : 75% des espèces disparaissent à

la limite K–P, la disparition des 25% restants s’achevant au cours du Danien basal.

La composition des associations du Maastrichtien sommital est contrôlée par les variations océanographiques, latitudinales et des environnements de dépôt. Le marqueur *A. mayaroensis*, par exemple, est irrégulièrement présent dans les derniers niveaux du Maastrichtien, dans plusieurs régions [4, 6, 11]. Sa « réapparition » a été mise en évidence au Maastrichtien sommital à Zumaya et à Aïn Settara [8, 21] ; son

Présente étude		Molina et al. (1996)	Keller (1988)	Smit (1982)	Berggren et al. (1995)
Biohorizons	Zones				
<i>Pr. inconstans</i> ▲		<i>Globanomalina compressa</i>		P1d	P1c
	<i>Subbotina triloculinoïdes</i>				P1b
<i>Sb. triloculinoïdes</i> ▲		<i>Parasubbotina pseudobulloïdes</i>		P1c	P1a
<i>Pv. eugubina</i> ▼					
<i>Ps. pseudobulloïdes</i> ▲				P1b	P1b
<i>Pr. taurica</i> ▲		<i>Parvularugoglobigerina eugubina</i>			Pα
<i>Pv. longiapertura</i> ▼				P1a	
<i>Pv. eugubina</i> ▲					
<i>Pv. extensa</i> ▲				P0b	
<i>Pv. longiapertura</i> ▲	<i>Guembelitra cretacea</i>	<i>Guembelitra cretacea</i>		P0a	P0
<i>Ab. mayaroensis</i> ▼	<i>Abathomphalus mayaroensis</i>	<i>Plummerita hantkeninoïdes</i>	<i>Ptx. deformatis</i>	M3	

Figure 3. Principaux biohorizons et biozonation à l'aide des Foraminifères planctoniques à la transition Crétacé–Paléogène dans la coupe d'Ouled Haddou, et comparaison avec les zonations standard et celles des régions méditerranéennes [5].

Figure 3. The main biohorizons and planktonic foraminiferal biozonation at the Cretaceous–Paleogene transition in the Ouled Haddou section, and comparison with the standard and the Mediterranean area zonations [5].

extension jusqu'à la limite K/T a été observée également dans la coupe d'Ellès [26].

Dans la coupe d'Ouled Haddou, *A. mayaroensis* est présent plus régulièrement dans les derniers mètres du Maastrichtien qu'à certains niveaux sous-jacents. Sa disparition s'accompagne de celles de tous les Globotruncanidae et de la majorité des espèces d'Heterohelicidae. La fin du Crétacé est nettement marquée par une extinction en masse, affectant 41 espèces, de morphologies complexes (Fig. 2). Dans les tout derniers niveaux du Maastrichtien, les espèces *Contusotruncana contusa*, *C. plicata* et *Plummerita hantkeninoïdes* sont irrégulièrement présentes. Plusieurs espèces du Crétacé se retrouvent au-dessus de la limite K–P, indiquée par l'extinction en masse des Foraminifères. Certaines de ces espèces sont considérées comme remaniées (*G. aegyptiaca*, *G. caravacaensis*, *G. petaloidea*, *R. macrocephala*, *R. scotti*, *P. costulata* et *P. hantkeninoïdes*), car elles deviennent très rares et sporadiquement présentes dans la zone à *Guembelitra cretacea*. D'autres espèces, bien qu'elles soient affectées d'une remarquable réduction quantitative à la limite K–P, se retrouvent à la base du Danien, où elles disparaissent progressivement. Il s'agit de morphotypes simples et cosmopolites d'Heterohelicidae et des genres *Hedbergella* et *Globigerinelloides*.

Guembelitra cretacea est la seule espèce qui semble ne pas avoir été affectée par la crise de la limite K–P.

5. Les apparitions au Danien basal

L'origine, la classification et la phylogénie des premières espèces du Danien, bien qu'elles aient été discutées et éclaircies par divers auteurs [6, 7, 16–19, 23], font encore l'objet de désaccords. Les variations écophénotypiques et les différences dans les conceptions taxonomiques rendent alors difficiles les corrélations biozonales.

Deux principaux stades d'apparitions s'observent au Danien basal [11, 22] : un premier stade, caractérisé par les apparitions de petites espèces de morphologies simples, suivi d'un second, au cours duquel apparaissent de plus grands morphotypes. Les premières espèces daniennes appartiennent aux genres *Globoconusa*, *Parvularugoglobigerina*, *Chiloguembelina* et *Woodringina*. Elles apparaissent au sein de la Zone à *Guembelitra cretacea*, qui correspond à un intervalle caractérisé par des conditions d'instabilité et de faible productivité océaniques [13]. Dans plusieurs coupes, les espèces des genres *Globoconusa* et *Parvularugoglobigerina* montrent de très courtes distributions verticales [3, 20]. Dans la coupe d'Ouled Haddou, à côté des apparitions de petites espèces appartenant aux genres *Globoconusa* et *Woodringina*, le genre *Parvularugoglobigerina* se diversifie rapidement dès la partie tout à fait basale du Danien. On assiste aux apparitions successives des espèces *P. longiapertura*, *P. sabina*, *P. extensa* et *P. eugubina*. La rapide chronologie des apparitions et les courtes distributions verticales de ces taxons constituent les premières tentatives de renouvellement chez les Foraminifères à la base du Tertiaire. Une deuxième étape de renouvellement s'amorce au sein de la Zone à *P. eugubina* et s'exprime nettement à partir de la Zone à *Parasubbotina pseudobulloïdes*. Une diversification des associations débute avec les apparitions des premières espèces des genres *Eoglobigerina* et *Globanomalina*. Les apparitions et les diversifications des genres *Parasubbotina*, *Praemurica* et *Subbotina* marquent le passage aux associations classiques du Danien inférieur. Ces associations résulteraient de l'installation de nouvelles conditions océanographiques plus productives ; une augmentation du taux de CaCO₃ est ainsi observée dès la Zone à *P. eugubina*, à Agost [20], à El Kef [3] et dans la coupe d'Ouled Haddou.

6. Conclusion

La coupe d'Ouled Haddou présente un enregistrement complet de la transition Crétacé–Paléogène, d'après l'étude des Foraminifères planctoniques. Au

Maastrichtien terminal, les associations montrent une grande diversité de Globotruncanidae et d'Heterohelicidae, typiques des basses latitudes. La limite supérieure de la Zone à *Abathomphalus mayaroensis* est nettement marquée par une extinction en masse et brutale de tous les Globotruncanidae et de la majorité des espèces d'Heterohelicidae. La disparition d'un total de 41 espèces coïncide ainsi avec la limite K–P. De petites espèces du Crétacé ne disparaissent complètement que dans la partie basale du Danien, où l'espèce *Guembelitra cretacea* semble persister réguliè-

rement. Au Danien basal, la Zone à *Guembelitra cretacea* couvre l'intervalle qui précède l'apparition de *Parvularugoglobigerina eugubina*. Au sein de cette zone apparaissent les premiers genres du Danien et le genre *Parvularugoglobigerina* se diversifie dans sa partie supérieure. Le reste du Danien inférieur montre la succession des Zones à *Parvularugoglobigerina eugubina*, à *Parasubbotina pseudobulloides* et à *Subbotina triloculinoides*. Un renouvellement progressif conduira à l'installation des associations typiques du Paléocène.

Références

- [1] L.W. Alvarez, W. Alvarez, F. Asaro, H.V. Michel, Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction, *Science* 208 (1980) 1095–1108.
- [2] I. Arenillas, J.A. Arz, *Parvularugoglobigerina eugubina* type-sample at Ceselli (Italy): planktic foraminiferal assemblage and Lowermost Danian biostratigraphic implications, *Riv. Ital. Paleontol. Strat.* 106 (2000) 379–390.
- [3] I. Arenillas, J.A. Arz, E. Molina, C. Dupuis, An independent test of planktic foraminiferal turnover across the Cretaceous/Paleogene (K/P) boundary at El Kef, Tunisia, Catastrophic mass extinction and possible survivorship, *Micropaleontology* 46 (2000) 31–49.
- [4] J.-P. Bellier, Foraminifères planctoniques du Crétacé de Tunisie septentrionale : systématique, biozonation, utilisation stratigraphique de l'Albien au Maastrichtien, thèse d'État, université Paris-6, 1983, 250 p., 24 pl.
- [5] W.A. Berggren, D.V. Kent, C.C. Swisher III, M.P. Aubry, A revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy, in: W.A. Berggren, D.V. Kent, M.P. Aubry, J. Hardenbol (Eds.), *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*, *Soc. Sedim. Geol. Spec. Publ.* 54 (1995) 129–212.
- [6] W.H. Blow, *The Cainozoic Globigerinida*, 3 vols, E.J. Brill, Leiden, 1979, 1413 p.
- [7] S. D'Hondt, Phylogenetic and stratigraphic analysis of Earliest Paleocene biserial and triserial planktonic foraminifera, *J. Foraminiferal Res.* 21 (1991) 168–181.
- [8] C. Dupuis, E. Steurbaut, E. Molina, R. Rauscher, M. Schuler, N. Tribouillard, I. Arenillas, J.A. Arz, F. Robaszynski, M. Caron, E. Robin, R. Rocchia, I. Lefèvre, The Cretaceous/Paleogene (K/P) boundary in the Aïn Settara section (Kalaat Senan, Central Tunisia): lithological, micropaleontological and geochemical evidence, *Bull. Inst. R. Sci. Nat. Belg., Sci. Terre* 71 (2001) 169–190.
- [9] H. Feinberg, Les séries tertiaires des zones externes du Rif (Maroc), *Biostratigraphie, paléogéographie et aperçu tectonique*, *Notes Mém. Serv. Géol. Maroc* 315 (1986) 1–192.
- [10] R.N. Ginsburg, Perspectives on the blind test, *Mar. Micropaleontol.* 29 (1997) 101–103.
- [11] G. Keller, Extinction, Survivorship and evolution of planktic foraminifera across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Kef, Tunisia, *Mar. Micropaleontol.* 13 (1988) 239–263.
- [12] G. Keller, Extended period of extinctions across the Cretaceous/Tertiary boundary in planktonic foraminifera of continental shelf sections: implication for impact and volcanism theories, *Geol. Soc. Am. Bull.* 101 (1989) 1408–1419.
- [13] G. Keller, M. Lindinger, Stable isotope, TOC and CaCO₃ records across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Kef, Tunisia, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 73 (1989) 243–265.
- [14] G. Keller, L. Li, N. MacLeod, The Cretaceous/Tertiary boundary stratotype section at El Kef, Tunisia, how catastrophic was the mass extinction?, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 119 (1995) 221–254.
- [15] D. Leblanc, Les nappes intrarifaines du Rif oriental (Maroc). Mise au point sur leurs différentes unités, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D* 276 (1973) 2241–2244.
- [16] C. Liu, R.K. Olsson, Evolutionary radiation of microperforate planktonic foraminifera following the K/T mass extinction event, *J. Foraminiferal Res.* 22 (1992) 328–346.
- [17] C. Liu, R.K. Olsson, On the origin of Danian normal perforate planktonic foraminifera from Hedbergella, *J. Foraminiferal Res.* 24 (1994) 61–74.
- [18] H.P. Luterbacher, I. Premoli Silva, Biostratigrafia del limite Cretaceo-Terziario nell'Appennino centrale, *Riv. Ital. Paleontol.* 70 (1964) 67–128.
- [19] N. MacLeod, The Maastrichtian–Danian radiation of triserial and biserial planktic foraminifera, Testing phylogenetic and adaptational hypothesis in the (micro)fossil record, *Mar. Micropaleontol.* 21 (1993) 47–100.
- [20] E. Molina, I. Arenillas, J.A. Arz, The Cretaceous-Tertiary boundary mass extinction in Planktic foraminifera at Agost, Spain, *Rev. Micropaléontol.* 39 (1996) 225–243.
- [21] E. Molina, I. Arenillas, J.A. Arz, Mass extinction in planktic foraminifera at the Cretaceous/Tertiary boundary in subtropical and temperate latitudes, *Bull. Soc. géol. France* 169 (1998) 351–363.
- [22] R.K. Olsson, C. Liu, Controversis on the placement of Cretaceous–Paleogene boundary and the K/P mass extinction of planktonic foraminifera, *Palaios* 8 (1993) 127–139.
- [23] R.K. Olsson, C. Hemleben, W.A. Berggren, B.T. Huber (Eds.), *Atlas of Paleocene Planktonic Foraminifera*, *Smithsonian, Contrib. Paleobiol.* 85 (1999) 1–252.
- [24] E. Robin, R. Rocchia, Ni-rich spinel at the Cretaceous-Tertiary boundary of El Kef, Tunisia, *Bull. Soc. géol. France* 169 (1998) 365–372.
- [25] J. Smit, Extinction and evolution of planktonic foraminifera after a major impact at the Cretaceous/Tertiary boundary, *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 190 (1982) 329–352.
- [26] D. Zaghib-Turki, N. Karoui-Yaakoub, R. Rocchia, E. Robin, H. Belayouni, Enregistrement des événements remarquables de la limite Crétacé–Tertiaire dans la coupe d'Ellès (Tunisie), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA* 331 (2000) 141–149.