



# Foraminiferal Biostratigraphy and Palaeoenvironmental Reconstruction of the Paleocene–Eocene Transition at the Kharrouba Section, Tunisia (Southern Tethys Margin)

LAMIA ZILI & DALILA ZAGHBIB-TURKI

Unité de recherche GEODPS (UR: 02/UR/10–02), Département de Géologie,  
Faculté des Sciences de Tunis. 1060 El Manar II, Tunisie  
(E-mail: dalila.turki@yahoo.fr ; dalila.zaghibib@fst.rnu.tn)

Received 01 April 2009; revised typescript receipt 04 August 2009; accepted 07 August 2009

**Abstract:** At Kharrouba (near Tunis City in northern Tunisia), on the southern margin of the Tethyan realm, the Paleocene–Eocene (P–E) transition interval deposition is continuous and complete. Based on high-resolution analysis and quantitative data of planktonic and benthic foraminifera at the Kharrouba section, this transition interval records expanded deposition of the relevant standard planktonic foraminiferal biozones with indicative index species i.e.: *Morozovella velascoensis* for the latest Paleocene P5 zone, and *Acarinina sibaiyaensis* for the earliest Eocene E1 zone, *Pseudohastigerina wilcoxensis* for the E2 zone, *Morozovella marginodentata* for the E3 zone and *Morozovella formosa* for the E4 zone.

This complete section contains benthic foraminiferal assemblages which include calcareous and agglutinated cosmopolitan deep-water species (DWBF). Among the calcareous deep benthic foraminifera *Aragonia velascoensis*, *Anomalinoidea rubiginosus*, *Oridorsalis umbonatus*, *Nuttallides truempyi*, *Pullenia coryelli* and *Tappanina selmensis*, are relatively abundant. These species are the main representatives of the Velasco fauna indicative of a bathyal-abyssal environment. Moreover, within this section, the agglutinated species e.g., *Glomospira charoides*, *Karrerulina horrida*, *Rzehakina epigona*, *Ammodiscus* spp. and *Gaudryina pyramidata*, assumed to be restricted to deep-sea palaeoenvironments, constitute an important proportion of the benthic foraminiferal assemblages. Therefore, during the Paleocene–Eocene transitional period, the Kharrouba area hosted many cosmopolitan deep-sea benthic foraminiferal species as was the case at Zumaya and several DSDP sites.

The depth range tolerances of these deep-marine taxa, both with calcareous and agglutinated test, indicate that close to the P/E boundary, the Kharrouba area was located in the lower bathyal environment in the southern Tethys margin.

**Key Words:** benthic foraminifera, palaeobathymetry, Paleocene–Eocene, agglutinated, Southern Tethys margin

## Kharrouba Kesitinde (Tunus, Güney Tetis Kenarı) Paleosen–Eosen Geçişinin Foraminifer Biyostratigrafisi ve Paleoortamsal Rekonstrüksiyonu

**Özet:** Tetis bölgesinin güney kenarında yeralan Kharrouba’da (Tunus şehri yakınları, Kuzey Tunus) Paleosen–Eosen (P–E) geçişini temsil eden döneme ait çökeller devamlı ve tamamdır. Yüksek çözünürlü analizler ile Kharrouba kesitindeki planktonik ve bentik foraminiferlerin sayısal verilerine göre bu geçiş dönemi standard planktonik foraminifera biyozonlarını gösterir indeks türlerini de (örneğin: en geç Paleosen P5 Zonu için *Morozovella velascoensis*, en erken Eosen E1 zonu için *Acarinina sibaiyaensis*, E2 zonu için *Pseudohastigerina wilcoxensis*, *Morozovella* E3 zonu için *marginodentata* ve E4 zonu için *Morozovella formosa*) içeren genişletilmiş çökeller ile temsil edilir.

Bu tamamlanmış kesit kalkerli ve aglutine kozmopolit derin deniz türlerini de içeren bentik foraminifer (DDBF) topluluklarını içerir. Kalkerli derin deniz bentik foraminiferleri arasında *Aragonia velascoensis*, *Anomalinoidea rubiginosus*, *Oridorsalis umbonatus*, *Nuttallides truempyi*, *Pullenia coryelli* ve *Tappanina selmensis* göreceli olarak en yaygın türlerdir. Bu türler batiyal-abisal ortama işaret eden Valesco faunasının ana temsilcileridir. Bundan başka, kesitteki *Glomospira charoides*, *Karrerulina horrida*, *Rzehakina epigona*, *Ammodiscus* spp. ve *Gaudryina pyramidata* gibi derin deniz paleoortamlara ait olduğu varsayılan aglutine türler bentik foraminifer topluluğunun önemli bir

bölümünü temsil ederler. Bu yüzden, Paleosen–Eosen geçiş döneminde, Kharrouba bölgesi Zumaya örneği ile bir çok DSDP bölgesinde olduğu gibi kozmopolit derin deniz foraminifer türlerini barındırmıştır.

Bu kalkerli ve aglutine olmuş derin deniz taksonunun tolera ettiği derinlik Kharrouba bölgesinin P/E sınırına yakın bir dönemde güney Tetis'e ait batıyal ortamda olduğuna işaret etmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** bentik foraminiferler, paleobatimetri, Paleosen–Eosen, yapıştırılmış/aglutine olmuş, güney Tetis kenarı

## Introduction

Deep-sea benthic foraminifera are the most widespread dwellers on earth and constitute an important part of the biomass in the bathyal and abyssal deep sea floor (Tjalsma & Lohman 1983; Thomas 2007). However, they still are one of the least known fauna. They form diverse assemblages with low density and high species diversity (Levin *et al.* 2001). Several authors thought that there is a relationship between diversity, bathymetric and latitude gradients (Culver & Buzas 2000; Levin *et al.* 2001; Rex *et al.* 2005). Many benthic foraminiferal species are cosmopolitan (e.g., *Globocassidulina subglobosa*, *Glomospira charoides*, *Cibicidoides hyphalus*, *Tappanina selmensis*) permitting a correlation between different oceanic assemblages. In addition, several benthic foraminiferal species are considered to be good palaeobathymetric markers. The depth range and palaeogeographic distribution of some species have also been widely discussed (Berggren & Aubert 1975; Tjalsma & Lohmann 1983; van Morkhoven *et al.* 1986; Berggren & Miller 1989; Kuhnt *et al.* 1989; Murray 1991; Derbel-Damak 1993; Kaminski & Gradstein 2005).

However, only a few studies based on benthic foraminiferal assemblages have been carried out around the Paleocene–Eocene transition in the Tethyan Realm similar to those in the Pacific and Atlantic oceans, or of Cretaceous and Early Palaeogene age. In Spain, Ortiz (1995) is among those who studied benthic foraminifera from the northwestern Tethys margin (Caravaca and Zumaya sections). In the northeastern Peri-Tethys area (Austria), Egger *et al.* (2003) detailed agglutinated foraminiferal assemblages and concluded that they indicated a deep-sea environment. Radionova *et al.* (2001) pointed out that *Bulimina trigonalis* and associated species in Kazakhstan indicated a shallow sea there. Also, many authors working on Egyptian

and Tunisian sections (e.g., Aubert & Berggren 1976; Said 1978; Speijer 1994; Alegret *et al.* 2005; Guasti *et al.* 2005; Alegret & Ortiz 2006; Ernst *et al.* 2006; Karoui-Yaakoub 2006) hold that benthic fauna in these locations along the southern Tethys margin indicate shallower environments. However, apart from Kaminski *et al.* (1996), who worked on agglutinated benthic foraminifera from the Numidian Flysch in the Rif area (Morocco), deep sea benthic foraminiferal fauna from the southern Tethys margin remain insufficiently studied. Both calcareous and agglutinated foraminiferal assemblages close to the P/E boundary have been poorly documented.

In this paper, we detail calcareous and agglutinated foraminiferal assemblages from the Paleocene–Eocene transition deposits outcropping at the Kharrouba section (northern Tunisia) in the southern Tethys margin and we attempt to reconstruct the palaeoenvironmental conditions prevailing close to the P/E boundary.

## Materials and Methods

In Northern Tunisia, very few series in the Paleocene–Eocene transition interval are exposed. Often, this interval is included in the upper part of the Paleocene clayey deposits of the El Haria Formation (Burolet 1956). Due to erosion, it is masked by carbonate detritus originating from the overlying Eocene beds of the Bou Dabbous Formation (Fournié 1978). In the Tunis area, about 3 km south of Tunis City (Figure 1), and underneath the lower Eocene (Ypresian) carbonate bar of the Bou Dabbous Formation, an expanded interval deposition across the Paleocene–Eocene transition permitted high resolution sampling. The 29-m-thick investigated interval forms the upper part of the El Haria Formation. It is mainly composed of marl and limestone alternations providing a gradual transition

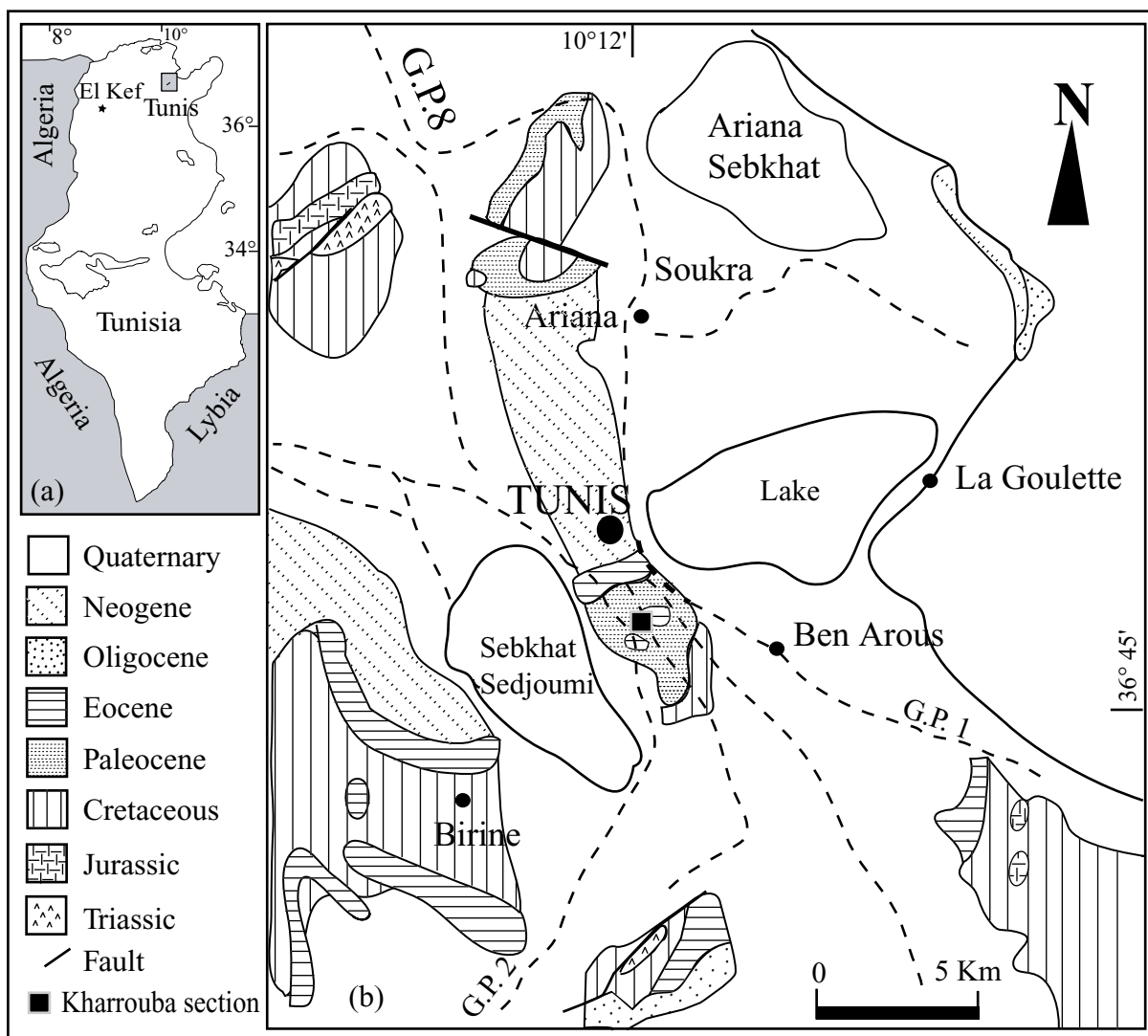


Figure 1. Location of the Kharrouba section. (a) Geographical setting. (b) Geological setting. The geological outcrops are from the geological map of Tunisia, scale: 1/500,000, edited by O.N.M. (1985 and modified).

to the carbonate bar of the Bou Dabbous Formation. In detail, at the Kharrouba section, five successive *lithological units* (Figures 2 & 3) have been distinguished:

*Unit U1*: grey marls (2.30 m) at the base rich in well-preserved planktonic and benthic foraminifera.

*Unit U2*: massive grey calcareous beds (1.20 m) with less abundant foraminifera.

*Unit U3*: grey marls (3.15 m) which contain more abundant and well-preserved planktonic and benthic foraminifera.

*Unit U4*: starting with dark clays, it is mainly composed of grey clays (18 m). In this unit, planktonic and benthic foraminifera are variably abundant. Towards the base and in the dark clays (i.e. from Kh20.20 to Kh18.70), planktonic foraminifera are present and benthic foraminifera are rare and less diversified. The calcareous foraminiferal tests show a partial dissolution. In the rest of this unit, planktonic and benthic foraminifera become more abundant and diversified.

*Unit U5*: comprises grey marls including thin clayey limestone intercalations (3.95 m). These marls

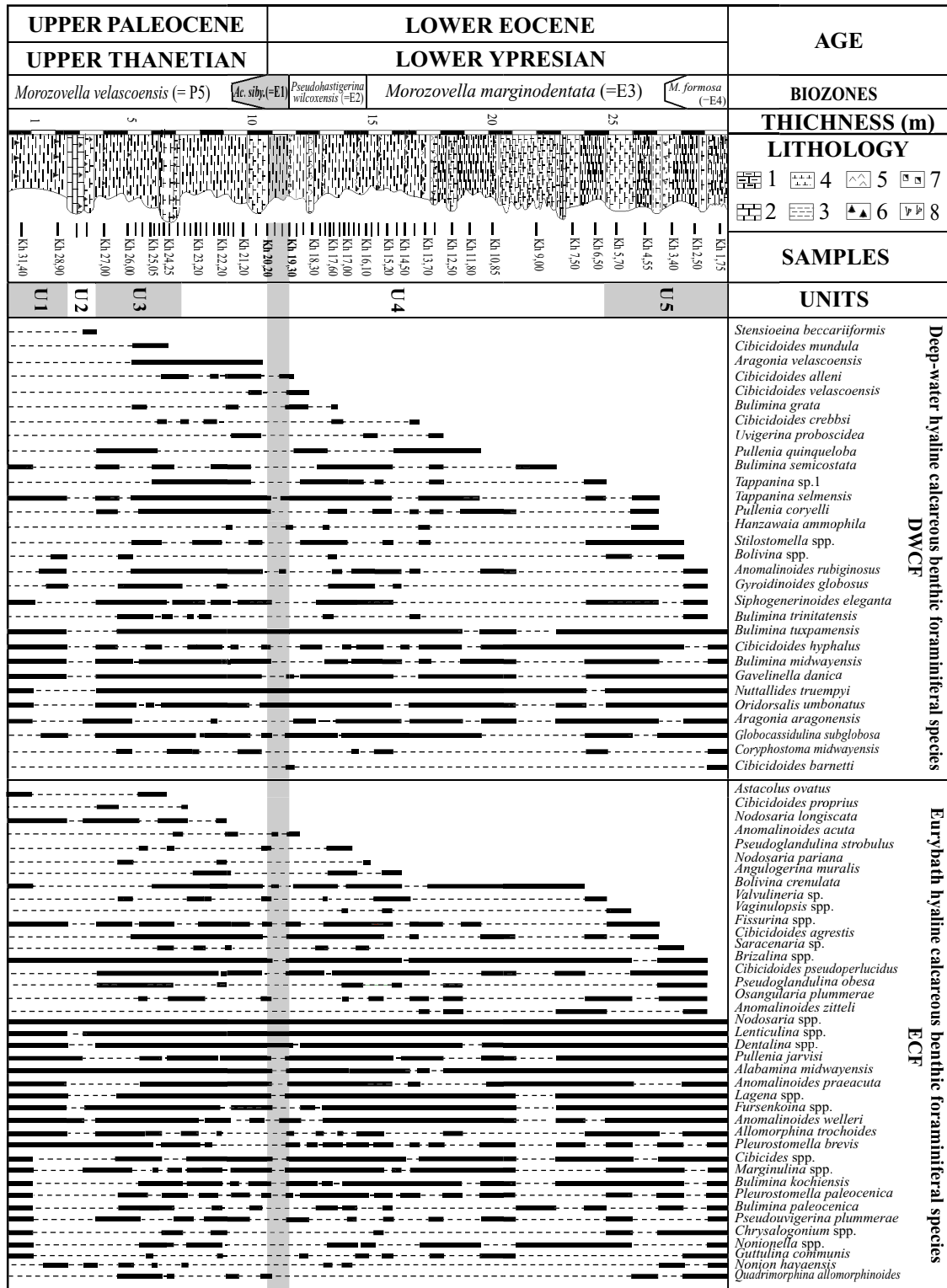
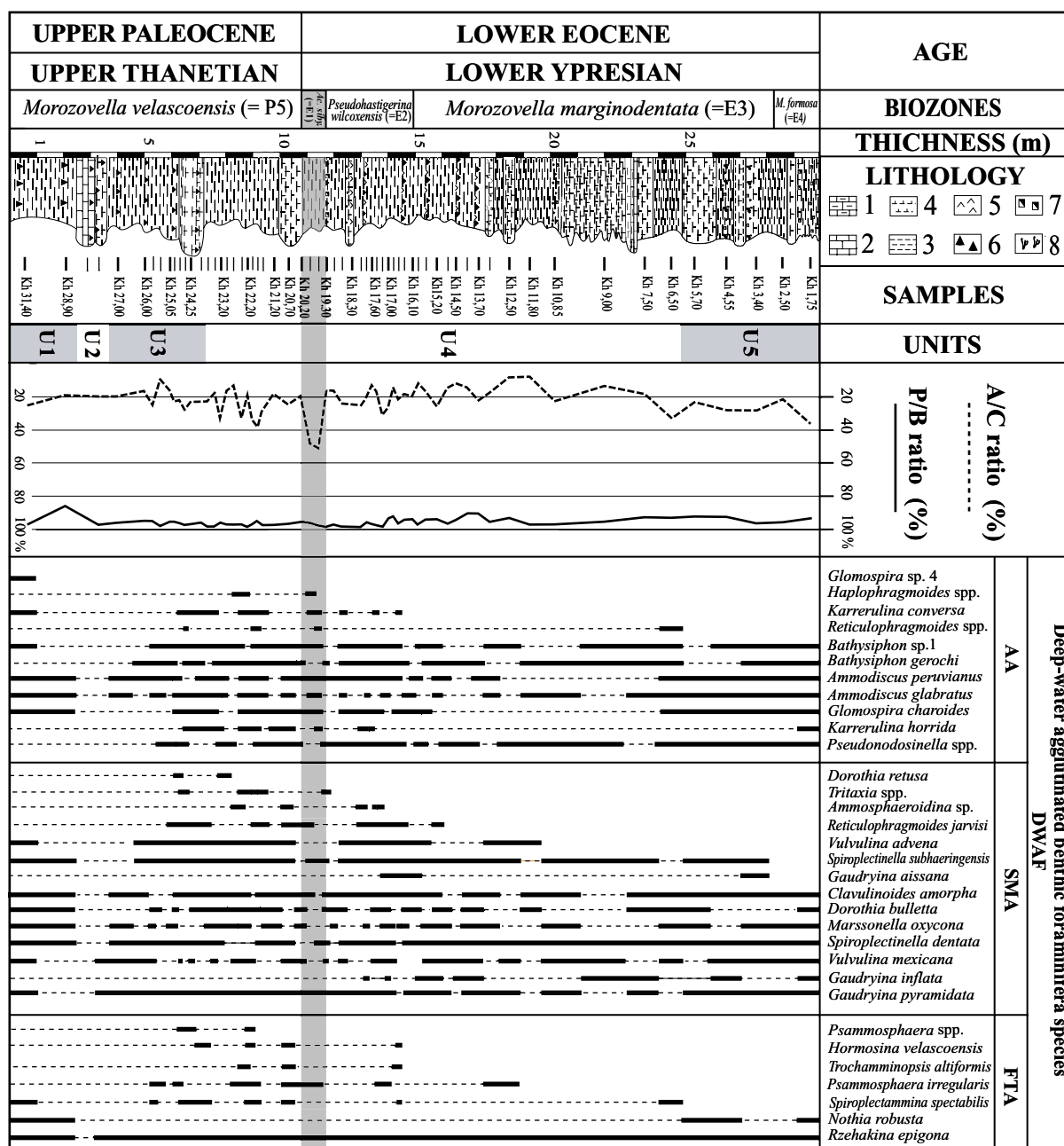


Figure 2. Deep-water hyaline calcareous benthic foraminiferal (DWCF) and hyaline calcareous eurybath (ECF) species range across the Paleocene-Eocene transition in the Kharrouba section. 1- clayey limestone; 2- limestone; 3- clay; 4- marl; 5- gypsum crystals; 6- iron concretions; 7- pyrite crystals; 8- bioturbations.



**Figure 3.** Planktonic/benthic foraminiferal ratio (P/B) and agglutinated/hyaline calcareous foraminiferal ratio for the A/C and deep-water agglutinated benthic foraminiferal (DWAF) species range across the Paleocene-Eocene transition in the Kharrouba section. AA- Abyssal Assemblage; FTA- Flysch-type Assemblages; SMA- Slop Marl Assemblage (for 1-8 see Figure 2).

contain abundant and well-preserved planktonic and benthic foraminifera.

Sixty two samples (62) were collected from the Kharrouba section, spaced at 20 cm intervals close to

the P/E boundary (first half of U4) and at 50 cm to 1 m intervals below and above it. All samples were washed through two sieves (315  $\mu$ m and 63  $\mu$ m) and the obtained residues were dried in a stove at 50  $^{\circ}$ C

for a few days. Exceptionally, rich carbonate samples were heated to boiling point. For quantitative analyses, at least 300 specimens of benthic foraminifera were recovered from sized fractions > 63 µm, using an 'Otto' micro-splitter to obtain a suitable fraction with non-selective grain size. The calculated relative abundance data are plotted on Table 1. All the counted species were mounted on micro-slides for a permanent record and deposited in the Invertebrate Palaeontology, Palaeoecology and Biostratigraphy Laboratory Research Unit (DPS): 02/UR/10-02 at the Tunis Faculty of Sciences.

Some of the identified species were photographed using a reflected light microscope and a scanning electronic microscope SEM (Plate 1). Identification of benthic foraminiferal species is mainly based on the Ellis & Messina Micropalaeontology Catalogue (1940 to present) and several works illustrating and discussing benthic foraminifera (e.g., Berggren & Aubert 1975; Tjalsma & Lohmann 1983; Van Morkhoven *et al.* 1986; Bolli *et al.* 1994; Alegret & Thomas 2001; Kaminski & Gradstein 2005; Alegret & Ortiz 2006; Ortiz 2006).

### Biostratigraphy

At the Kharrouba section, the planktonic foraminifera are abundant and diversified. In this section, the main marker species used to define standard biozones of the Paleocene–Eocene transition are recognized. Our biostratigraphic analysis is based on planktonic foraminiferal biozonation by Berggren & Pearson (2005) and Pearson *et al.* (2006). These authors utilized an alphanumeric notation using the prefix 'P' for the Paleocene zones and 'E' for the Eocene ones. Therefore, in the studied Paleocene–Eocene transition interval five biozones have been recognized:

#### *Morozovella celascoensis* Zone (P5)

This zone is based on the Partial Range of the nominate Zone taxon (Berggren & Pearson 2005). It corresponds to the interval between highest occurrence (HO) of *Globanomalina pseudomenardii*

(Bolli 1957) and lowest occurrence (LO) of *Acarinina sibaiaensis* (Molina *et al.* 1999; Pardo *et al.* 1999). In the Kharrouba section, the P5 Zone interval containing the marker and many other planktonic species (e.g., *Globanomalina ovalis*, *Acarinina coalingensis*, *Morozovella velascoensis*, *M. aequa*, *M. acuta*, *Subbotina velascoensis*) was investigated in its upper part (11.2 m). Its lower part is not covered by this work.

#### *Acarinina sibaiaensis* Zone (E1)

The base of this Interval Range Zone is defined by the lowest occurrence (LO) of *Acarinina sibaiaensis* (Molina *et al.* 1999; Pardo *et al.* 1999). The lowest occurrence (LO) of *Pseudohastigerina wilcoxensis* marks the top of this zone (Molina *et al.* 1999; Pardo *et al.* 1999). In the Kharrouba section, this zone is 90 cm thick. Within it, the marker species (i.e. *A. sibaiaensis*) is common and associated with *Acarinina africana*, *Morozovella allisonensis*, *M. velascoensis* and *Chiloguembelina trinitatensis*. However, in the Kharrouba section, this zone is thinner than in the Dababiya section in Egypt (GSSP for the P/E boundary), which is ~2.20 m thick (Berggren & Ouda 2003). The E1 Zone is documented to contain the stratigraphic record of isotopic shifts (e.g., Carbon Isotope Excursion CIE) related to the Initial Eocene Thermal Maximum IETM (about 55 Myr ago). Indeed, in the Dababiya section, the base of this zone coincides with the onset of a  $\delta^{13}\text{C}$  excursion (Alegret *et al.* 2005; Berggren & Pearson 2005; Alegret & Ortiz 2006; Aubry *et al.* 2007) which indicates the P/E boundary.

#### *Pseudohastigerina wilcoxensis* / *Morozovella velascoensis* Zone (E2)

This interval Zone starts at the lowest occurrence (LO) of *Pseudohastigerina wilcoxensis* and ends at the highest occurrence (HO) of *Morozovella velascoensis* (Bolli 1957; Berggren *et al.* 1995). In the Kharrouba section, within this 3.2-m-thick E2 Zone, the biozone biomarker is associated with *Subbotina velascoensis*, *Morozovella pasionensis*, *M. acuta*, *M. apantesma*, *M. occlusa*, *M. velascoensis* and *Chiloguembelina trinitatensis*.

**Table 1 and Continues (a, b, c, d, e & f).** Relative abundance of benthic foraminiferal species in the Kharrouba section calculated from about 300 specimens contained in > 63 µm fraction of clayey samples. Low values calculated in clayey samples Kh19.90, Kh19.60, Kh19.30 and Kh19 are representative of E1 Bizone. Low values calculated in calcareous samples are indicated by (\*).

Samples	Kh 31,40	Kh 28,90	Kh 28,10	Kh 27,70	Kh 27,00	Kh 26,00	Kh 25,60	Kh 25,35	Kh 25,05	Kh 24,85	Kh 24,65	Kh 24,45	Kh 24,25	Kh 23,85	Kh 23,60	Kh 23,40	Kh 23,20	Kh 23,00	Kh 22,70	Kh 22,30	Kh 22,20	Kh 22,05
<i>Alabamina midwayensis</i>	4,33	4,33	11,11	3,51	3,99	0,98	3,32	2,33	1,00	2,75	0,33	0,65	2,62	4,23	0,00	2,81	0,33	0,67	1,32	1,33	2,19	0,00
<i>Allomorpha trochoides</i>	0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33	0,00	0,33	0,31	0,00	0,00	0,00	0,33	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00
<i>Ammodiscus glabratus</i>	3,00	0,33	0,00	0,00	1,99	0,00	0,66	0,00	0,00	1,22	1,00	1,95	0,66	1,81	1,99	0,31	5,30	1,00	0,00	5,33	0,31	4,09
<i>Ammodiscus peruvianus</i>	3,67	1,33	0,00	0,00	0,33	0,65	1,66	0,00	0,67	0,00	0,00	0,97	0,00	1,21	1,99	0,63	0,99	0,00	0,00	2,33	0,94	5,03
<i>Ammosphaeroidina sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00
<i>Angulogerina muralis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	1,26
<i>Anomalinoidea acuta</i>	0,33	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Anomalinoidea praeacuta</i>	3,33	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,51	0,00	3,75	1,99	1,67	0,00	1,00	0,00	1,57
<i>Anomalinoidea rubiginosus</i>	0,00	1,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,66	0,33	2,14	1,66	0,00	0,98	1,21	0,33	2,81	0,00	1,00	0,66	0,33	0,31	0,31
<i>Anomalinoidea welleri</i>	1,00	0,33	11,11	0,00	3,99	1,63	4,32	2,66	1,67	2,75	3,99	4,87	1,64	1,51	4,97	0,00	0,99	0,00	1,32	0,00	1,25	5,66
<i>Anomalinoidea zitteli</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Aragonia aragonensis</i>	2,00	0,00	0,00	1,75	0,33	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00
<i>Aragonia velascoensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,33	0,33	0,31	0,00	1,30	0,66	0,00	1,66	0,31	0,33	1,00	0,33	0,33	1,88	0,00
<i>Anomalinoidea spp.</i>	4,33	0,67	0,00	1,75	1,66	1,96	0,66	1,66	2,67	1,22	2,66	0,00	2,62	2,11	1,99	0,00	1,99	2,00	0,00	0,33	2,51	0,63
<i>Astacolus ovatus</i>	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bathysiphon gerochi</i>	1,67	4,00	0,00	1,75	5,65	3,59	4,32	1,00	1,00	0,61	0,00	4,87	0,33	1,21	0,00	1,88	3,31	1,67	2,63	1,33	1,25	2,52
<i>Bathysiphon sp.1</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	1,66	0,00	2,00	4,59	4,98	0,00	1,97	0,60	2,32	0,00	1,99	0,67	0,66	5,00	0,00	3,46
<i>Bolivina crenulata</i>	2,00	1,33	0,00	0,00	4,65	1,63	0,33	0,66	0,00	2,14	2,33	11,36	0,33	3,63	15,23	0,31	0,00	2,67	2,63	2,67	0,63	2,20
<i>Bolivina spp.</i>	0,00	6,00	0,00	0,00	0,33	5,23	0,00	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Brizalina spp.</i>	1,33	7,67	0,00	1,75	5,98	6,54	4,98	5,98	3,33	3,06	0,00	5,52	4,92	3,32	4,64	9,69	8,28	7,67	4,61	2,00	7,84	1,57
<i>Bulimina grata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bulimina kochiensis</i>	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	1,64	0,00	0,33	0,31	0,33	1,00	1,64	0,00	2,51	0,00
<i>Bulimina midwayensis</i>	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	0,00	0,33	0,91	0,99	0,00	0,66	0,33	0,99	1,00	0,63	0,00
<i>Bulimina paleocenica</i>	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,65	0,66	0,66	1,33	0,31	0,00	0,32	0,33	0,00	0,00	0,00	1,32	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00
<i>Bulimina semicostata</i>	1,00	0,00	0,00	0,00	1,66	0,00	0,00	0,00	0,00	2,45	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	4,33	0,00	0,00	0,94
<i>Bulimina trinitatensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,66	0,67	0,00	0,00	0,32	0,33	0,00	0,94	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Bulimina tuxpamensis</i>	7,00	8,33	0,00	0,00	0,33	1,96	2,66	7,31	13,00	4,89	6,64	7,47	3,93	4,23	4,30	3,13	2,32	3,33	5,26	7,67	9,40	5,35
<i>Bulimina spp.</i>	0,67	4,33	22,22	7,02	1,66	3,27	0,00	7,31	2,33	2,75	0,00	0,00	1,31	0,91	0,00	0,00	0,33	0,67	2,96	1,33	0,94	0,00
<i>Chrysalogonium spp.</i>	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,31	0,00
<i>Cibicides spp.</i>	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	2,29	1,33	1,99	4,00	6,12	2,33	1,30	0,00	0,00	3,13	2,98	8,00	8,22	2,00	4,39	0,63	0,31
<i>Cibicides agrestis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,99	0,00	0,98	0,00	1,66	0,00	0,66	0,33	0,33	1,33	0,00	0,94
<i>Cibicides alleni</i>	0,67	0,00	0,00	0,00	1,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,95	0,00	1,51	2,65	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicides barnetti</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicides crebbii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	1,33	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicides hyphalus</i>	2,67	3,67	0,00	0,00	1,33	0,00	1,00	0,00	1,67	0,00	1,66	0,32	0,00	0,00	0,31	0,33	1,67	1,64	0,67	2,19	0,00	0,00
<i>Cibicides mundula</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicides proprius</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicides pseudoperlucida</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,66	0,65	2,66	1,33	0,67	3,36	1,99	0,00	2,62	2,11	0,00	4,38	0,00	4,33	0,00	0,00	3,45	0,00
<i>Cibicides velascoensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicides spp.</i>	4,33	3,00	33,33	7,02	0,33	3,92	6,64	8,31	14,33	10,40	6,64	2,92	7,21	10,27	5,63	10,31	0,00	4,67	1,32	5,67	3,76	8,18
<i>Clavulinoides amorpha</i>	1,00	0,33	0,00	0,00	1,66	3,27	1,00	0,00	0,00	0,61	0,33	1,30	1,64	2,11	2,32	1,88	3,64	2,00	1,64	0,00	0,63	0,00
<i>Coryphostoma midwayensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	2,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,30	0,30	0,00	0,00	1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Coryphostoma sp.</i>	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Dentalina spp.</i>	3,67	3,00	0,00	1,75	9,30	8,17	4,32	4,65	7,00	3,36	8,31	11,69	9,18	5,44	2,98	4,69	10,93	5,67	6,58	6,00	7,84	11,95
<i>Dorothyia bulletta</i>	1,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,66	0,00	0,92	1,66	0,00	2,95	0,30	0,33	0,63	0,00	0,33	0,99	0,00	0,94	0,00
<i>Dorothyia retusa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Dorothyia spp.</i>	0,00	0,00	0,00	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Fissurina spp.</i>	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	1,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00
<i>Fursenkoina spp.</i>	0,33	0,67	0,00	12,28	4,98	1,96	0,00	6,98	0,67	0,61	0,33	0,00	2,30	0,00	0,33	1,56	2,32	0,33	3,29	0,00	0,00	0,00
<i>Gaudryina aissana</i>	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gaudryina inflata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gaudryina pyramidata</i>	0,67	2,00	0,00	1,75	2,66	0,65	1,33	0,33	2,00	2,14	1,99	1,30	0,00	1,51	0,99	0,94	1,32	1,67	1,32	1,33	1,25	0,94
<i>Gaudryina spp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gavelinella danica</i>	1,67	0,33	0,00	0,00	1,99	0,65	0,66	1,00	0,33	1,22	1,99	0,65	1,31	1,51	0,66	2,81	0,66	2,00	2,96	1,00	1,25	0,94
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	0,00	1,33	0,00	0,00	0,00	0,33	1,33	0,66														

Table 1b.

Samples	Kh 21,80	Kh 21,60	Kh 21,20	Kh 20,70	Kh 20,20	Kh 19,90	Kh 19,60	Kh 19,30	Kh 19,00	Kh 18,70	Kh 18,00	Kh 17,80	Kh 17,60	Kh 17,40	Kh 17,20	Kh 17,00	Kh 16,80	Kh 16,60	Kh 16,40	Kh 16,30	Kh 16,10	Kh 15,90
<i>Alabamina midwayensis</i>	0,33	2,00	2,95	0,99	2,33	0,00	0,00	0,00	1,14	2,33	0,99	0,66	1,67	2,65	0,32	0,00	1,33	0,52	1,29	2,33	0,32	0,33
<i>Allomorpha trochoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,32	0,00
<i>Ammodiscus glabratus</i>	4,00	1,33	0,00	2,96	0,00	6,38	5,06	0,00	0,00	0,33	0,00	1,33	0,00	0,33	0,00	2,24	0,33	0,00	0,32	0,33	0,32	0,00
<i>Ammodiscus peruvianus</i>	2,00	1,33	0,00	1,32	0,33	4,26	3,80	0,41	0,57	0,33	1,97	1,00	0,00	0,66	1,59	0,96	0,00	2,85	2,25	0,00	0,32	1,00
<i>Ammosphaeroidina sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,66	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Angulogerina muralis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,32	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Anomalinoidea acuta</i>	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	1,06	0,00	0,82	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Anomalinoidea praecuta</i>	1,67	0,33	1,64	4,28	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,99	1,66	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	1,29	0,00	0,00	0,00
<i>Anomalinoidea rubiginosus</i>	0,00	0,67	1,64	0,99	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,33	0,00	1,33
<i>Anomalinoidea welleri</i>	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	1,63	3,41	0,00	0,00	0,33	2,67	1,66	2,55	2,24	3,67	2,33	2,57	1,33	1,61	1,99
<i>Anomalinoidea zitteli</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Aragonia aragonensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	1,70	0,33	0,00	0,66	1,00	0,00	0,32	0,32	0,67	0,78	1,29	1,00	0,32	2,33
<i>Aragonia velascoensis</i>	0,67	0,67	0,66	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Anomalinoidea spp.</i>	0,00	2,00	4,92	0,00	2,67	0,00	0,00	0,41	1,70	0,00	1,32	0,00	1,00	1,32	2,87	1,60	2,33	1,30	2,25	0,00	4,18	4,32
<i>Astacolus ovatus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bathysiphon gerochi</i>	1,33	3,33	0,33	0,99	0,33	6,38	8,86	2,45	0,00	0,66	1,97	1,99	1,00	0,33	5,41	1,92	1,33	2,85	0,32	2,00	4,18	0,00
<i>Bathysiphon sp.1</i>	8,67	1,67	1,31	0,33	0,67	11,70	11,39	0,00	0,00	3,65	4,28	1,66	1,00	0,33	0,96	0,96	0,33	1,55	0,00	0,00	0,00	0,33
<i>Bolivina crenulata</i>	3,00	0,00	0,66	6,91	0,00	3,19	4,43	0,41	1,70	0,00	1,64	1,99	0,00	1,32	0,00	0,00	1,33	0,52	2,57	0,33	1,61	1,99
<i>Bolivina spp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Brizalina spp.</i>	3,67	2,67	4,26	7,89	3,00	0,00	2,53	9,80	9,09	6,31	3,29	5,65	13,67	2,32	0,96	4,49	5,67	6,74	8,68	2,67	5,47	8,31
<i>Bulimina grata</i>	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bulimina kochiensis</i>	0,00	1,00	0,00	0,99	2,33	0,00	0,00	1,63	2,27	0,66	0,00	1,00	3,33	0,00	0,32	2,24	2,00	0,78	3,86	0,00	0,32	1,33
<i>Bulimina midwayensis</i>	0,00	2,00	0,33	0,66	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,66	0,64	0,32	0,00	1,04	0,32	0,33	0,64	1,33
<i>Bulimina paleoecica</i>	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,33	0,00	0,99	0,00	0,32	0,67	0,52	0,00	0,33	0,00	0,00
<i>Bulimina semicostata</i>	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,29	5,32	1,00	0,66	0,64	0,64	0,00	0,52	2,89	0,00	1,61	0,66
<i>Bulimina trinitatensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bulimina tuxpamensis</i>	5,67	6,00	5,57	1,97	9,67	14,89	3,80	6,12	1,14	1,33	4,61	2,99	3,00	2,65	4,46	1,28	2,00	1,30	1,93	1,33	0,64	1,99
<i>Bulimina spp.</i>	1,00	0,00	0,98	0,00	0,67	1,06	0,00	0,00	3,98	1,99	0,00	0,33	3,33	0,00	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	2,99
<i>Chrysalogonium spp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicides spp.</i>	0,00	4,33	3,28	0,00	2,33	1,06	1,27	7,76	3,41	1,00	1,97	3,65	1,67	5,63	2,23	2,88	4,67	7,77	5,14	6,00	1,61	4,32
<i>Cibicoides agrestis</i>	4,33	1,00	0,00	1,32	0,00	0,00	0,00	0,82	2,27	1,33	0,00	2,99	3,67	2,98	2,87	0,00	3,67	0,00	0,00	0,33	2,25	0,33
<i>Cibicoides allenii</i>	0,67	0,00	1,97	2,63	0,00	0,00	0,00	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides barnetti</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides crebbsi</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,38	2,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides hyphalus</i>	0,00	1,67	0,00	0,00	0,67	0,00	0,63	1,22	6,82	0,33	0,33	0,66	0,00	0,00	0,96	0,96	1,33	0,00	1,93	2,00	0,96	0,33
<i>Cibicoides mundula</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides proprius</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides pseudoperlicidus</i>	2,67	6,00	2,30	1,97	3,33	0,00	0,00	4,90	5,68	1,00	0,99	0,00	0,00	2,32	0,64	1,92	4,00	0,52	0,96	0,00	1,93	0,00
<i>Cibicoides velascoensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides spp.</i>	2,33	6,33	5,57	6,25	9,33	4,26	0,00	6,53	7,39	11,96	11,18	8,31	4,67	6,95	4,78	6,73	4,67	11,92	4,50	10,33	6,11	6,31
<i>Clavulinoides amorphia</i>	3,67	2,00	1,97	2,30	1,00	2,13	0,63	2,04	2,27	1,66	3,62	2,66	0,67	1,32	2,55	2,56	2,33	1,81	1,61	4,00	2,57	2,66
<i>Coryphostoma midwayensis</i>	0,00	0,00	0,66	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Coryphostoma sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Dentalina spp.</i>	6,00	4,00	5,90	6,91	3,33	3,19	13,92	4,90	0,00	9,30	6,91	5,32	2,33	3,97	11,46	7,37	7,33	8,03	5,79	3,33	8,04	4,98
<i>Dorothia bulletta</i>	0,00	0,67	0,66	0,00	2,33	0,00	0,00	0,82	1,14	1,00	0,00	0,00	0,00	1,32	0,00	0,64	0,00	0,64	0,67	0,96	0,33	0,00
<i>Dorothia retusa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Dorothia spp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Fissurina spp.</i>	0,00	1,00	0,33	0,00	1,33	0,00	0,00	0,41	1,14	0,00	0,00	0,33	1,33	0,99	0,00	1,28	0,33	0,00	0,64	0,00	0,64	1,00
<i>Fursenkoina spp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,33	5,00	0,66	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	2,25	0,00
<i>Gaudryina aissana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,23	1,60	0,00	0,26	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00
<i>Gaudryina inflata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	2,87	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gaudryina pyramidata</i>	2,33	6,33	2,30	0,99	3,00	1,06	0,63	2,04	2,84	3,32	5,26	2,99	0,00	1,32	2,23	1,92	1,00	2,07	0,00	1,33	0,64	1,00
<i>Gaudryina spp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gavelinella danica</i>	2,00	3,33	1,31	1,32	2,33	0,00	1,27	4,49	0,00	1,33	0,00	2,33	0,67	0,66	1,91	1,92	0,67	0,52	1,29	1,00	0,64	1,99
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	2,33	0,67	0,66	0,00	0,33	0,00	0,63	1,63	0,00	0,33	1,97	0,33	1,33	1,99	0,00	0,00	0,40	0,96	2			



Table 1c.

Samples	Kh 15,60	Kh 15,20	Kh 14,80	Kh 14,50	Kh 14,10	Kh 13,70	Kh 13,35	Kh 12,50	Kh 11,80	Kh 10,85	Kh 9,00	Kh 7,50	Kh 6,50	Kh 5,70	Kh 4,55	Kh 3,40	Kh 2,50	Kh 1,75
<i>Alabama midwayensis</i>	1,00	0,66	1,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,33	1,33	0,66	5,95	3,33	4,30	2,25	4,00	1,00	2,61	1,14
<i>Allomorpha trochoides</i>	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,32	1,00	0,67	0,00	1,14
<i>Ammodiscus glabratus</i>	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,33	0,33	0,00	0,67	2,65	0,32	2,00	1,67	0,98	2,84
<i>Ammodiscus peruvianus</i>	0,00	2,98	0,33	0,00	0,00	0,33	1,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,66	0,64	0,67	1,33	1,63	1,99
<i>Ammosphaeroidina</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Angulogerina muralis</i>	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Anomalinoidea acuta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Anomalinoidea praecuta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	1,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Anomalinoidea rubiginosus</i>	0,33	0,66	0,66	0,33	1,67	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
<i>Anomalinoidea welleri</i>	3,32	2,98	2,33	1,00	3,00	5,33	4,22	3,33	4,00	5,32	0,00	5,67	0,66	2,57	6,67	4,00	5,56	2,84
<i>Anomalinoidea zitteli</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	1,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
<i>Aragonia aragonensis</i>	1,99	1,66	1,66	0,67	0,67	7,00	0,32	0,67	0,00	1,00	0,00	0,33	2,65	2,57	0,33	0,00	1,31	1,14
<i>Aragonia velascoensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Anomalinoidea</i> spp.	4,32	3,97	3,65	2,33	1,67	1,33	1,62	0,00	4,00	3,32	10,71	2,00	0,00	0,00	2,67	0,00	0,00	0,00
<i>Astacolus ovatus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bathysiphon gerochi</i>	1,66	0,99	1,00	2,67	0,67	0,33	0,00	0,00	2,67	1,00	1,19	4,33	6,95	0,00	0,00	7,33	5,23	3,98
<i>Bathysiphon</i> sp.1	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	2,27	0,33	0,00	0,00	1,19	1,33	2,98	0,00	3,00	0,33	1,96	1,99
<i>Bolivina crenulata</i>	0,33	0,33	1,00	4,33	0,33	0,33	0,97	1,67	3,67	0,66	1,19	0,67	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bolivina</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	0,00	0,67	0,00	3,22	0,00	1,33	0,00	0,00
<i>Brizalina</i> spp.	6,98	4,30	4,98	4,00	3,33	1,67	7,14	9,33	7,67	0,33	2,38	3,33	1,99	3,22	0,00	1,00	5,56	0,00
<i>Bulimina grata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bulimina kochiensis</i>	1,66	0,33	2,33	0,67	1,67	0,33	1,95	2,67	0,00	0,33	0,00	2,33	0,66	2,25	1,00	0,67	0,00	3,41
<i>Bulimina midwayensis</i>	0,00	1,32	0,00	0,33	0,33	0,67	0,00	0,00	1,67	1,00	0,00	2,33	0,66	0,32	0,67	0,00	0,00	0,57
<i>Bulimina paleococata</i>	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19	0,00	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,28
<i>Bulimina semicocata</i>	1,66	1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,33	0,00	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bulimina trinitatensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
<i>Bulimina tuxpamensis</i>	2,33	3,31	1,66	6,33	5,67	3,33	1,95	9,00	7,33	3,32	0,00	3,00	1,99	1,93	2,00	2,00	0,65	2,84
<i>Bulimina</i> spp.	1,33	0,00	0,00	2,33	1,00	0,00	0,65	5,00	6,00	1,00	4,76	3,00	0,99	0,00	0,00	1,00	1,31	0,00
<i>Chrysalogonium</i> spp.	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,67	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,33	0,65	0,85
<i>Cibicides</i> spp.	1,99	3,64	5,32	2,33	2,00	2,00	4,55	2,67	0,67	1,66	0,00	2,33	5,96	4,82	0,00	3,67	3,27	4,55
<i>Cibicoides agrestis</i>	0,33	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,31	0,00	0,00	0,66	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides alleni</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides barnetti</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57
<i>Cibicoides crebbisi</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides hyphalus</i>	0,33	0,00	1,00	3,00	2,00	3,33	2,60	1,67	2,00	3,65	2,38	1,00	3,97	1,93	1,33	3,00	0,00	1,42
<i>Cibicoides mundula</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides proprius</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides pseudoperlucida</i>	0,66	3,64	1,33	2,33	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	2,33	0,00	0,33	0,33	0,00	0,67	5,00	3,59	0,00
<i>Cibicoides velascoensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicoides</i> spp.	9,30	5,63	7,64	5,00	13,67	10,67	11,04	9,67	7,67	7,97	13,10	4,00	7,28	11,25	14,33	7,67	13,40	7,67
<i>Clavulinoides amorphia</i>	0,33	2,98	0,66	0,00	2,33	1,33	2,27	0,00	0,33	1,66	0,00	1,00	1,32	3,54	2,00	2,00	0,98	3,13
<i>Coryphostoma midwayensis</i>	0,66	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	2,27
<i>Coryphostoma</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Dentalina</i> spp.	3,65	7,95	9,97	15,00	12,33	4,33	4,22	4,67	2,00	5,32	7,14	5,67	9,60	7,72	2,33	11,00	6,21	7,95
<i>Dorothia bulletta</i>	0,00	0,33	0,66	0,67	0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,33	0,33	0,96	0,00	0,00	0,00	2,56
<i>Dorothia retusa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Dorothia</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Fissurina</i> spp.	0,00	1,32	0,00	0,00	0,33	0,00	1,30	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Fursenkoina</i> spp.	0,66	0,66	0,00	5,67	5,00	1,00	2,92	0,67	5,67	2,99	0,00	1,67	0,66	1,61	0,00	0,67	0,00	0,85
<i>Gaudryina aissana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00
<i>Gaudryina inflata</i>	1,00	0,33	0,33	0,67	0,33	1,67	0,00	0,33	0,00	0,00	1,19	1,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,57
<i>Gaudryina pyramidata</i>	0,33	3,31	1,00	0,00	1,00	2,67	1,30	1,67	0,00	0,33	0,00	1,00	0,33	0,96	3,67	0,67	1,31	0,85
<i>Gaudryina</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gavelinella danica</i>	1,00	2,32	0,00	0,00	0,00	2,00	1,62	0,33	2,00	0,66	0,00	0,33	3,31	0,32	0,67	1,00	3,27	1,14
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	1,00	0,00	0,33	0,00	0,67	0,33	2,60	0,67	0,67	0,00	0,00	0,67	0,66	1,61	0,00	2,00	0,65	0,57
<i>Glomospira charoides</i>	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	2,32	1,29	1,33	1,33	3,27	3,69
<i>Glomospira</i> sp.4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Guttulina communis</i>	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,14
<i>Gyroidinoides globosus</i>	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
<i>Gyroidinoides</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99	1,19	0,67	0,33	1,93	0,00	1,00	0,00	0,00
<i>Hanzawaia ammophila</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Haplophragmoides</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Hormosina velascoensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Karrerulina conversa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Karrerulina horrida</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85
<i>Lagena</i> spp.	2,66	3,31	4,65	2,00	2,33	3,00	3,90	2,00	2,33	1,66	0,00	0,33	0,33	1,93	1,33	1,67	2,61	

Table 1d.

Samples	Kh 31,40	Kh 28,90	Kh 28,10	Kh 27,70	Kh 27,00	Kh 26,00	Kh 25,60	Kh 25,35	Kh 25,05	Kh 24,85	Kh 24,65	Kh 24,45	Kh 24,25	Kh 23,85	Kh 23,60	Kh 23,40	Kh 23,20	Kh 23,00	Kh 22,70	Kh 22,30	Kh 22,20	Kh 22,05
<i>Nodosaria longiscata</i>	1,00	0,67	0,00	1,75	2,99	0,98	2,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,33	0,30	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,83
<i>Nodosaria pariana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63
<i>Nodosaria</i> spp.	5,33	1,67	11,11	8,77	3,99	6,54	6,64	6,98	3,00	4,89	3,99	3,90	1,64	3,93	2,98	3,75	3,31	1,33	6,25	2,33	1,25	5,03
<i>Nonion havaensis</i>	0,00	0,33	0,00	1,75	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nonionella</i> spp.	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	1,00	0,31	0,33	0,00	0,66	0,00	0,00	0,31	0,00	1,00	0,33	0,00	0,31	0,00
<i>Nothia robusta</i>	1,67	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nuttallides truempyi</i>	6,00	4,33	0,00	1,75	1,99	5,23	8,31	5,65	3,33	3,67	4,32	6,17	7,87	12,39	10,60	6,25	3,31	7,67	6,91	3,33	3,13	5,03
<i>Oridosalis umbonatus</i>	3,33	0,33	0,00	0,00	1,99	0,33	1,66	0,33	1,67	0,00	0,66	0,32	0,66	0,60	0,33	0,31	2,32	2,33	5,92	1,00	2,19	0,94
<i>Osangularia plummerae</i>	0,00	0,00	0,00	1,75	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,30	0,66	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurostomella brevis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,66	1,63	0,33	3,32	0,00	1,83	0,00	0,32	1,31	1,21	1,32	0,31	2,32	0,67	1,32	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurostomella paleocenica</i>	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	3,59	1,33	0,33	0,00	0,00	0,00	1,62	0,33	0,91	0,99	0,31	0,66	3,33	1,32	1,33	3,13	0,00
<i>Pleurostomella</i> spp.	1,67	1,67	0,00	0,00	0,33	0,65	0,00	1,66	2,33	0,00	4,98	0,00	0,00	0,00	0,00	1,88	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudoglandulina obesa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00
<i>Pseudoglandulina strobulus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudoglandulina</i> spp.	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Psammosphaera irregularis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,31	0,00
<i>Psammosphaera</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31
<i>Pseudonodosinella</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,33	0,33	0,31	0,66	1,95	0,00	0,00	0,33	0,00	3,31	1,33	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Pullenia coryelli</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	1,25	0,66	0,00	0,67	0,31	0,00	0,00
<i>Pullenia jarvisi</i>	1,33	1,33	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	2,45	1,99	0,00	0,98	1,21	0,66	0,63	0,33	2,33	0,99	1,00	0,63	0,00
<i>Pullenia quinqueloba</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,61	1,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pullenia</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Fissurina</i> spp.	0,67	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Quadrirorphina allomorphinoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00
<i>Recurviroides retroseptus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Reticulophragmoides jarvisi</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,66	0,97	0,66	0,60	1,32	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Reticulophragmoides</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94
<i>Rzehakina epigona</i>	4,67	3,00	0,00	3,51	3,32	2,61	5,32	2,99	5,67	7,95	3,99	5,19	4,92	3,02	5,63	5,63	6,62	4,00	3,29	2,67	5,96	0,94
<i>Saccamina</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Saracenaria</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Siphogenerinoides eleganta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	1,63	0,00	1,33	0,33	0,00	0,66	0,32	0,00	0,00	0,33	0,94	5,63	0,00	0,67	0,00	1,57	0,00
<i>Spiroplectamina spectabilis</i>	0,67	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,60	0,66	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	4,09	0,00
<i>Spiroplectamina</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Spiroplectinella dentata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,92	1,33	1,62	5,90	4,53	2,98	0,00	2,98	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Spiroplectinella subhaeringensis</i>	0,33	0,67	0,00	0,00	0,33	3,59	6,64	3,65	4,00	1,53	0,66	0,65	1,64	0,91	0,33	2,19	0,66	0,67	0,00	1,33	1,88	2,52
<i>Stensioeina beccartiformis</i>	0,00	0,00	0,00	1,75	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Stilosomella</i> spp.	0,67	0,00	0,00	0,00	1,99	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	1,32	0,00	0,99	1,00	0,00	0,00	0,00
<i>Tappanina selmensis</i>	1,67	4,67	0,00	0,00	1,33	0,00	0,66	0,33	0,31	1,33	0,32	0,98	1,21	0,00	0,31	0,66	0,00	0,00	0,00	3,13	0,00	0,00
<i>Tappanina</i> sp.1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,92	0,00	1,95	0,00	0,00	1,32	1,56	0,99	0,00	0,00	0,33	0,31	0,31	0,00
<i>Tritaxia</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00
<i>Trochamminopsis altiformis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Uvigerina proboscidea</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Unknown species</i>	1,67	1,00	0,00	24,56	2,33	1,31	2,33	1,66	0,00	3,67	1,66	0,00	0,00	0,60	0,66	0,00	0,33	0,00	3,29	2,00	0,00	0,00
<i>Vaginulopsis</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Valvulinera</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Vulvulina mexicana</i>	0,67	0,00	0,00	1,75	1,66	1,31	0,66	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,33	0,00	0,31	0,66	0,00	0,66	0,67	1,57	0,31	0,00
<i>Vulvulina advena</i>	2,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,61	0,33	0,32	0,66	1,51	0,00	0,94	0,00	0,33	0,00	1,57	0,31	0,00
<b>Total specimens</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>9*</b>	<b>57*</b>	<b>301</b>	<b>306</b>	<b>301</b>	<b>301</b>	<b>300</b>	<b>327</b>	<b>301</b>	<b>308</b>	<b>305</b>	<b>331</b>	<b>302</b>	<b>320</b>	<b>302</b>	<b>300</b>	<b>304</b>	<b>300</b>	<b>319</b>	<b>318</b>

*Morozovella Marginodentata* Zone (E3)

It is a Partial Range Zone. The HO of *Morozovella velascoensis* marks its base and the LO of *Morozovella formosa* indicates its top (Pearson *et al.* 2006). In the Kharrouba section, across the 13.6-m-thick E3 Zone, the nominate zone taxon is associated with *M. subbotinae*, *M. aequa*, *Subbotina roesnaesensis*, *Chiloguembelina wilcoxensis* and *Subbotina pseudoeocaena*.

*Morozovella Formosa* Zone (E4)

This spans the interval between the LO of *Morozovella formosa* and the LO of *Morozovella*

*aragonensis*. In the Kharrouba section, only the lower part of this zone (~2 m) has been investigated in this work. In it, the zone biomarker is associated with *Chiloguembelina wilcoxensis* and diverse *Morozovellids* (e.g., *Morozovella marginodentata*, *M. formosa*, *M. lensiformis*, *M. subbotinae*) and *Acarininids* (e.g. *Acarinina interposita*, *A. quetra*).

**Benthic Foraminifera**

Through the Cretaceous and Cenozoic periods, benthic foraminifera with calcareous and agglutinated tests make up different assemblages, depending on their palaeodepth habitats, oxygen and nutrients supply. About the palaeodepth, based on

Table 1e.

Samples	Kh 21,80	Kh 21,60	Kh 21,20	Kh 20,70	Kh 20,20	Kh 19,90	Kh 19,60	Kh 19,30	Kh 19,00	Kh 18,70	Kh 18,00	Kh 17,80	Kh 17,60	Kh 17,40	Kh 17,20	Kh 17,00	Kh 16,80	Kh 16,60	Kh 16,40	Kh 16,30	Kh 16,10	Kh 15,90	
<i>Nodosaria longiscata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nodosaria pariana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00
<i>Nodosaria</i> spp.	9,67	6,33	5,90	4,61	3,67	3,19	3,16	0,41	5,68	1,99	4,93	5,32	2,00	10,60	4,14	6,73	4,00	9,84	4,18	13,00	5,14	3,65	
<i>Nonion havaensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nonionella</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,33	0,64	0,00	0,67	0,26	0,96	1,00	0,00	1,00	
<i>Nothia robusta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nuttallides truempyi</i>	4,00	2,33	8,85	11,51	6,67	3,19	4,43	8,98	5,11	7,64	4,93	6,64	3,67	9,60	2,23	3,85	6,67	4,66	5,47	3,67	4,82	6,98	
<i>Oridorsalis umbonatus</i>	2,33	1,00	1,64	0,00	0,67	1,06	0,63	1,22	1,14	0,33	0,33	1,00	1,00	1,66	4,46	5,13	2,00	1,30	3,22	2,00	3,86	4,65	
<i>Osangularia plummerae</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurostomella brevis</i>	0,67	0,67	0,66	1,64	0,00	0,00	0,00	0,82	1,14	0,00	1,32	0,00	0,33	0,00	1,91	0,00	1,33	0,26	0,00	2,33	1,61	0,00	
<i>Pleurostomella paleocenica</i>	0,33	2,33	1,97	1,64	0,67	0,00	0,63	1,22	0,57	1,33	0,33	1,99	5,33	1,66	1,59	1,28	5,00	0,78	2,89	0,67	2,89	1,00	
<i>Pleurostomella</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	3,98	3,65	1,97	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	4,65	
<i>Pseudoglandulina obesa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,26	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudoglandulina strobulus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,33	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudoglandulina</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Psamosphaera irregularis</i>	0,67	0,00	0,00	0,66	0,33	2,13	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Psamosphaera</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudonodosinella</i> spp.	1,33	2,00	1,97	0,33	1,33	0,00	0,00	0,41	5,11	1,99	0,00	0,33	0,00	0,66	1,91	0,96	0,00	1,30	3,22	2,33	0,00	0,00	0,00
<i>Pullenia corvelli</i>	0,00	0,67	0,33	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,32	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pullenia jarvisi</i>	0,67	1,33	1,97	0,00	0,33	0,00	0,00	0,41	0,57	1,99	0,99	1,00	1,33	1,66	2,55	1,60	1,67	0,26	1,29	2,00	0,96	1,00	
<i>Pullenia quinqueloba</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pullenia</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Fissurina</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Quadrinorhina allomorphinoides</i>	0,00	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Recurviroides retroseptus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Reticulophragmoides jarvisi</i>	2,67	0,00	0,00	0,66	0,67	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,67	0,00	0,32	0,32	0,00	0,78	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Reticulophragmoides</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rzehakina epigona</i>	1,67	2,33	5,57	7,24	6,67	3,19	2,53	3,67	3,41	6,31	2,62	2,66	4,00	3,31	4,14	4,49	5,00	2,07	6,11	2,00	4,82	1,66	
<i>Saccammina</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Saracenaria</i> sp.	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,64	0,00	
<i>Siphogenerinoides eleganta</i>	0,67	0,00	1,64	0,66	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,33	1,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,67	0,32	0,00	
<i>Spiropectamina spectabilis</i>	1,33	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Spiropectamina</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Spiroplectinella dentata</i>	1,00	3,00	0,33	2,30	0,00	0,00	3,16	0,41	0,00	0,33	1,32	0,33	2,00	1,66	2,55	1,92	1,00	0,00	0,96	0,67	2,25	1,33	
<i>Spiroplectinella subhaeringensis</i>	0,00	1,33	1,31	0,33	0,00	1,06	0,00	2,45	0,00	1,99	0,99	2,99	1,33	2,32	0,96	3,21	2,00	1,81	3,86	2,67	1,93	2,99	
<i>Stensioeina beccartiiformis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Stilostomella</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	1,06	0,63	0,00	0,00	1,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,64	0,32	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Tappanina selmenis</i>	0,67	0,33	4,92	0,99	0,33	1,06	0,00	4,49	2,84	3,99	8,22	4,65	8,33	3,64	0,64	0,64	0,67	2,07	0,64	1,33	0,96	0,66	
<i>Tappanina</i> sp.1	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	1,33	0,26	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Tritaxia</i> spp.	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Trochamminopsis altiformis</i>	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Uvigerina proboscidea</i>	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
<i>Unknown species</i>	0,33	0,00	1,97	0,00	3,33	1,06	0,00	0,41	1,14	0,00	1,32	0,00	0,00	0,99	2,55	1,60	2,00	0,00	0,96	1,00	0,32	0,00	0,00
<i>Vaginulopsis</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Valvulineria</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Vulvulina mexicana</i>	0,00	0,00	0,00	0,33	2,00	1,06	0,63	1,22	0,00	1,00	0,00	0,00	0,67	1,32	1,27	0,00	0,00	1,81	0,00	1,33	0,96	0,00	0,00
<i>Vulvulina advena</i>	0,00	1,67	0,66	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,33	0,66	0,33	1,32	0,32	1,60	0,67	0,00	0,32	0,00	0,32	0,33	0,00
<b>Total specimens</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>305</b>	<b>304</b>	<b>300</b>	<b>94</b>	<b>158</b>	<b>245</b>	<b>176</b>	<b>301</b>	<b>304</b>	<b>301</b>	<b>300</b>	<b>302</b>	<b>314</b>	<b>312</b>	<b>300</b>	<b>386</b>	<b>311</b>	<b>300</b>	<b>311</b>	<b>301</b>	

calcareous or agglutinated species composition of these assemblages, the authors (Berggren & Aubert 1975; Tjalsma 1977; Tjalsma & Lohmann 1983; Van Morkhoven *et al.* 1986; Kaminski & Gradstein 2005) have defined distinct faunas or type of assemblages e.g., Midway Fauna (MF: indicative of shallow marine environment, including calcareous and agglutinated species), Velasco Fauna (VF: indicative of bathyal and abyssal environment and based only on calcareous species), agglutinated Abyssal Assemblage (AA), Flysch-type Assemblage (FTA) and Slope Marl Assemblage (SMA).

In the Kharrouba section, the studied deposits are rich in benthic foraminifera belonging to more than

102 species. At least, 60% of these species are assumed to be cosmopolitan in the deep sea during the Paleocene and Eocene periods. They are composed of species with agglutinated and calcareous tests showing varied relative abundance across the Paleocene–Eocene transition interval, enabling us to reconstruct the palaeodepth at the Kharrouba location.

#### *Calcareous Hyaline Benthic Foraminifera*

Benthic foraminiferal assemblages from the Kharrouba section contain abundant representatives of cosmopolitan calcareous species. A total of 70

Table 1f.

Samples	Kh 15,60	Kh 15,20	Kh 14,80	Kh 14,50	Kh 14,10	Kh 13,70	Kh 13,35	Kh 12,50	Kh 11,80	Kh 10,85	Kh 9,00	Kh 7,50	Kh 6,50	Kh 5,70	Kh 4,55	Kh 3,40	Kh 2,50	Kh 1,75
<i>Nodosaria longiscata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nodosaria pariana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nodosaria</i> spp.	5,32	2,65	4,65	1,67	3,67	3,00	4,55	8,67	7,67	3,32	1,19	2,33	3,31	2,25	11,33	4,33	6,86	2,56
<i>Nonion havaensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,28
<i>Nonionella</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,30	1,67	0,33	0,00	1,19	1,00	0,66	0,96	0,00	0,00	0,00	0,57
<i>Nothia robusta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,29	2,00	0,00	0,00	1,42
<i>Nuttallides truempyi</i>	7,31	5,63	10,30	5,67	3,33	2,67	4,55	6,67	4,00	3,99	17,86	5,00	0,00	2,57	5,00	1,33	1,63	1,42
<i>Oridorsalis umbonatus</i>	5,32	2,65	3,65	1,00	1,67	3,67	3,57	2,33	1,33	1,33	0,00	5,00	0,33	0,96	1,67	3,33	1,31	1,42
<i>Osangularia plummerae</i>	0,33	0,00	0,00	0,33	1,00	1,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	1,00	1,99	0,32	0,00	0,33	1,63	0,00
<i>Pleurostomella brevis</i>	0,33	0,33	0,66	0,00	0,33	0,00	3,57	0,00	1,33	0,33	0,00	1,00	0,99	3,54	0,00	0,33	0,00	1,14
<i>Pleurostomella paleocena</i>	2,66	1,32	0,00	2,33	2,00	0,00	0,32	1,67	1,00	1,66	0,00	0,00	0,33	2,57	0,00	1,67	0,00	0,85
<i>Pleurostomella</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67	0,00	0,00	1,19	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00	2,29	0,00
<i>Pseudoglandulina obesa</i>	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00
<i>Pseudoglandulina strobulus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudoglandulina</i> spp.	1,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Psammosphaera irregularis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Psammosphaera</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudonodosinella</i> spp.	0,33	0,00	1,66	1,33	1,00	2,33	0,00	0,67	1,00	1,00	2,38	0,00	1,99	0,64	2,67	1,67	0,65	0,85
<i>Pullenia coryelli</i>	0,33	0,33	0,00	0,33	0,00	0,67	0,00	0,00	0,33	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00
<i>Pullenia jarvisi</i>	2,33	0,99	0,00	0,67	1,33	2,33	1,30	0,00	0,00	1,00	0,00	1,33	1,32	1,93	0,67	1,33	2,94	1,42
<i>Pullenia quinqueloba</i>	0,00	0,00	1,00	0,00	0,67	0,00	1,62	1,67	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pullenia</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Fissurina</i> spp.	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Quadrirhina allomorhinoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,33	0,85
<i>Recurvoides retroseptus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Reticulophragmoides jarvisi</i>	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Reticulophragmoides</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rzehakina epigona</i>	5,98	3,97	2,66	1,33	4,67	5,00	2,27	2,67	2,00	6,98	5,95	5,00	7,62	9,00	5,00	6,00	1,31	6,53
<i>Saccamina</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14
<i>Saracenaria</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00
<i>Siphogenerinoides eleganta</i>	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00
<i>Spiroplectamina spectabilis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Spiroplectamina</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Spiroplectinella dentata</i>	2,99	3,31	1,33	3,00	1,00	2,33	2,27	1,33	0,67	3,32	0,00	1,00	1,32	2,25	3,33	2,33	2,61	1,99
<i>Spiroplectinella subhaeringensis</i>	1,99	2,98	2,33	1,67	2,33	1,33	3,57	0,33	0,33	6,64	0,00	2,00	0,00	1,29	0,67	2,00	0,00	0,00
<i>Stensioeina beccariiiformis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Stilostomella</i> spp.	0,00	0,66	0,00	0,67	0,00	1,67	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,99	1,61	0,33	0,67	0,00	0,00
<i>Tappanina selmensis</i>	0,00	0,99	0,00	0,33	0,00	0,33	0,97	1,33	1,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
<i>Tappanina</i> sp.1	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Tritaxia</i> spp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Trochamminopsis altiformis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Uvigerina proboscidea</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Unknown species</i>	1,00	0,99	2,99	6,67	2,33	0,33	0,97	0,00	4,33	0,66	5,95	5,67	0,99	0,00	0,67	0,33	0,65	1,70
<i>Vaginulopsis</i> spp.	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Valvulinera</i> sp.	1,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Vulvulina mexicana</i>	0,33	1,32	2,33	1,00	0,33	1,33	0,00	0,67	0,00	1,66	1,19	0,00	0,33	0,00	1,33	1,33	0,98	1,42
<i>Vulvulina advena</i>	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total specimens</b>	<b>301</b>	<b>302</b>	<b>301</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>308</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>301</b>	<b>84*</b>	<b>300</b>	<b>302</b>	<b>311</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>306</b>	<b>352</b>

calcareous species are recognized. Among these calcareous species, 30 are typical of the Velasco-fauna (VF) (Figure 2) as defined firstly by Tjalsma (1977) and in more detail by Tjalsma & Lohmann (1983) and Van Morkhoven *et al.* (1986). In this section, the indicative species of the Velasco fauna (VF) represent ~71% of the total calcareous foraminifera. They are divided into three successive assemblages (Figure 2).

The oldest one (spanning the P5 zone), is the most diversified in VF species (e.g., *Globocassidulina subglobosa*, *Nuttallides truempyi*, *Cibicidoides* spp., *Oridorsalis umbonatus*, *Anomalinoidea* spp.,

*Gyroidinoides* spp., *Tappanina selmensis*, *Bulimina* spp.). In this Paleocene assemblage, especially *Aragonia velascoensis*, *Stensioeina beccariiiformis*, and *Cibicidoides mundula* disappeared before reaching the base of earliest Eocene zone (E1).

The medium assemblage includes inherited VF species from the oldest assemblage. Several of them gradually disappear during the E1-E3 interval deposition (e.g., *Anomalinoidea rubiginosus*, *Bulimina trinitatensis*, *Bolivina* spp., *Bulimina grata*, *Bulimina semicostata*, *Cibicidoides crebbi*, *Cibicidoides velascoensis*, *Cibicidoides alleni*, *Gyroidinoides globosus*, *Pullenia coryelli*, *Pullenia*

*quinqueloba*, *Hanzawaia ammophila*, *Uvigerina proboscidea*, *Stilostomella* spp., *Siphogenerinoides eleganta*, *Tappanina selmensis*, *Tappanina* sp.1).

The youngest assemblage, spanning the E4 zone, becomes reduced in VF. Therefore, at the base of this zone the assemblage is composed of *Aragonia aragonensis*, *Bulimina midwayensis*, *Bulimina tuxpamensis*, *Cibicidoides hyphalus*, *Cibicidoides barnetti*, *Coryphostoma midwayensis*, *Globocassidulina subglobosa*, *Gavelinella danica*, *Oridorsalis umbonatus* and *Nuttallides truempyi*.

Other recognized hyaline calcareous species in the Kharrouba section (40) are assumed to be eurybath (ECF) and are less useful indicators of palaeodepth e.g., *Anomalinoidea praeacuta*, *A. acuta*, *Pleurostomella brevis*, *P. paleocenica*, *Pullenia jarvisi*, *Alabamina midwayensis*, *Allomorphina trochoides*, *Cibicidoides pseudoperlucidus*, *Saracenaria* sp. (Figure 2).

#### Agglutinated Benthic Foraminifera

In the Kharrouba section, 32 out of a total of 102 benthic foraminifera are agglutinated species. They show varied relative abundances (Figures 3 & 4). All are representatives of the deep sea agglutinated benthic foraminiferal assemblages. Among them, eleven species (11) suggest the Abyssal Assemblage (AA) by Kaminski & Gradstein (2005), such as *Ammodiscus glabratus*, *A. peruvianus*, *Karrerulina horrida*, *K. conversa*, *Bathysiphon* spp. (e.g., *B. gerochi* and *B.* sp.1), *Reticulophragmoides* spp., *Pseudonodosinella* spp., *Haplophragmoides* spp., associated with *Glomospira charoides* and *Reticulophragmoides jarvisi*. However, seven (7) species suggest the Flysch-type Assemblage (FTA) by Kaminski & Gradstein (*idem.*), e.g., *Spiroplectammina spectabilis*, *Hormosina velascoensis*, *Trochamminopsis altiformis*, *Psammospaera* spp., *P. irregularis*, *Nothia robusta*, *Rzehakina epigona*. Fifteen (14) other species suggest the Slope Marls Assemblage (SMA) by Kaminski & Gradstein (*ibid.*), e.g. *Spiroplectinella subhaeringensis*, *S. dentata*, *Clavulinoides amorpha*, *Dorothyia bulletta*, *D. retusa*, *Gaudryina inflata*, *G. aissana*, *G. pyramidata*, *Marssonella oxycona*, *Tritaxia* spp., *Vulvulina advena*, *V. mexicana*, *Ammosphaeroidina* sp., *Reticulophragmoides jarvisi*.

#### Supplementary Palaeobathymetric Proxies

##### Planktonic /Benthic Ratio (P/B)

This ratio is calculated as following:  $P / (P + B) \times 100$ . In all clayey samples from the Kharrouba section, the P/B ratio values exceed 90%, with an average of ~95% (Figure 3). This result corroborates our palaeodepth interpretation. Therefore, with reference to the modern oceans, high P/B ratio values are also indicative of deep sea environments (Mackensen *et al.* 1993; Gage & Brey 1994; Sen Gupta 2000).

##### Agglutinated/Calcareous Ratio (A/C)

This ratio is calculated as following:  $\text{Agglutinated specimens} / (\text{Agglutinated specimens} + \text{Calcareous specimens}) \times 100$ . In the Kharrouba section, the values of this ratio in the studied samples vary from 8% to 38% with an average of ~21% (Figure 3). Except for samples Kh19.90 and Kh19.60 from the E1 Zone (Figure 3), this ratio shows an important increase and reaches higher values (respectively 48.94% and 51.9%). The abrupt change in this ratio coincides with an interval of partially dissolved calcareous tests which may indicate more corrosive and acidic water at the sea floor (Green *et al.* 1993).

#### Discussion

Based on the planktonic foraminiferal biozones, we illustrate that the Kharrouba section contains one of the most complete Paleocene–Eocene transition intervals. It records all the standard biozones in this interval with the relevant marker species. Compared with the Dababiya section, which is the Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the Paleocene/Eocene boundary, the Kharrouba section shows that the Paleocene also ends with the *M. velascoensis* Zone (=P5, Berggren & Pearson 2005). However, as in the Dababiya section, the Eocene interval starts with the first occurrence of the *Acarinina sibaiyaensis* marker of the E1 Zone (Berggren & Pearson 2005). The base of this nominate zone marks the Paleocene/Eocene (P/E) boundary. Our results show that in the Kharrouba section, this lowest Eocene zone (E1) is developed, but it is more condensed than in the Dababiya

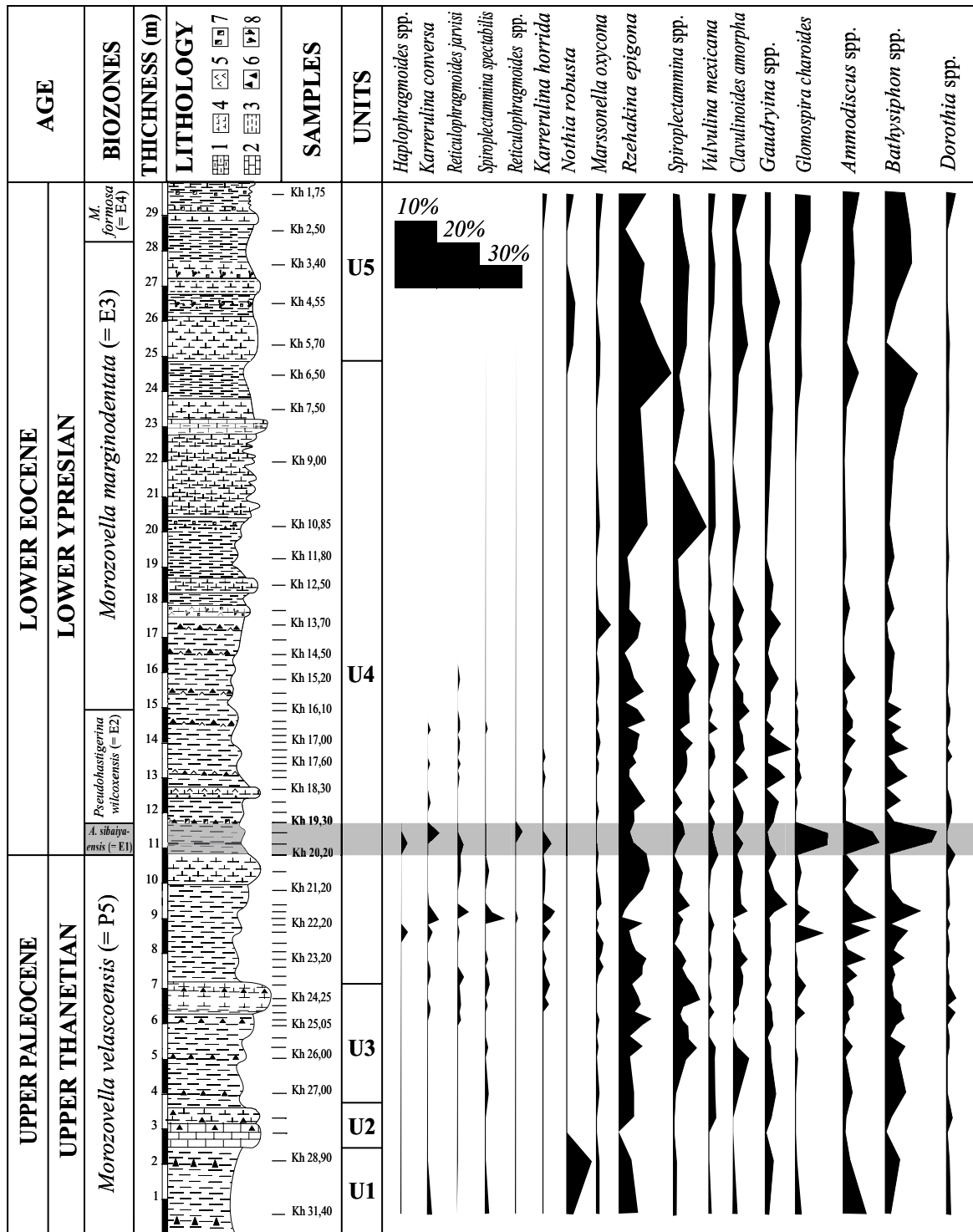


Figure 4. Relative abundance of the most characteristic deep-water agglutinated benthic foraminiferal species (DWAf) (> 1%) across the Paleocene–Eocene transition interval in the Kharrouba section (for 1–8 see Figure 2).

section (90 cm in the Kharrouba section *vs.* ~2.20 m in the Dababiya section). Hence we contend that the Kharrouba section shows a continuous and complete Paleocene–Eocene transition. In the *Pseudohastigerina wilcoxensis/Morozovella velascoensis* Zone (=E2), it is also more condensed (~3.2 cm) than in the Dababiya section (~13.25 cm) (Berggren & Ouda 2003; Aubry *et al.* 2007).

In this Tunisian complete section, the calculated Planktonic/Benthic ratio (P/B) in the clayey studied samples (> 90%) indicates an open sea and deep water palaeoenvironment (Premoli-Silva & Bolli 1973; Derbel-Damak 1993). The decrease of the P/B ratio values observed in calcareous beds (e.g., Kh28.90 and Kh28.10) may be related to environmental instability and a probable temporary sea shallowing as suggested by Boris (2003) elsewhere. However, the Agglutinated/Calcareous ratio (A/C) calculated in the Kharrouba sections show that in most samples, the values range between 8% and 38% (Figure 3). These values, are higher than those calculated in the northern Sinai (Egypt) by El-Nady (2005) for coeval deposits (5% to 14%). However, the sudden increase of this ratio (from 19.67% in sample Kh20.20 to 48.94% in sample Kh19.90), coincides with the P/E boundary and the base of the *Acarinina sibaiyaensis* Zone (E1) (Figure 3). Several authors contend that a global warming event starting at the earliest Eocene, the Initial Eocene thermal maximum (IETM), initiated acidification and corrosivity in deep water (Zachos *et al.* 2005; Higgins & Schrag 2006; Zili *et al.* 2009). Such acidification, suggesting low pH values in deep water (Parker & Athearn 1959; Hunger 1966; Green *et al.* 1993), is corroborated in the Kharrouba section by the increase in the A/C ratio values and the partial dissolution features in calcareous tests.

The estimated frequency values average of planktonic foraminifera (~95%), of agglutinated benthic foraminifera (~0.92%), and of calcareous benthic foraminifera (~3.87%), placed on a triangular plot by Bignot (2001), allow the plausible palaeodepth in the Kharrouba section to be deduced. By this method, we confirm that during the Paleocene–Eocene transition interval, the Kharrouba area was located in a deep marine environment, above the CCD and the lysocline (Figure 6).

Moreover, the benthic foraminiferal species content in this complete section, with both calcareous and agglutinated tests, provides consistent information on the seafloor palaeodepth of the Kharrouba location. In the lower part of the section, the calcareous benthic foraminiferal species, suggesting the deep sea Velasco-type fauna (Figure 5), are frequent (e.g., *Aragonia velascoensis*, *Cibicoides velascoensis*, *Stensioeina beccariiiformis*, *Nuttallides truempyi*, *Anomalinoidea rubiginosus*, *Bulimina trinitatensis*, *Gyroidinoides globosus*). These species indicate a lower bathyal to abyssal environment (Berggren & Aubert 1975; Tjalsma & Lohmann 1983; Alegret *et al.* 2001; Katz *et al.* 2001; Alegret & Thomas 2007). However, *Cibicoides hypphalus*, *Pullenia coryelli*, *Oridorsalis umbonatus*, are assumed to inhabit a less deep middle bathyal environment (Tjalsma & Lohmann 1983; Van Morkhoven *et al.* 1986; Alegret *et al.* 2001, 2003).

The upper part of the Kharrouba section contains also deep sea species (e.g., *Aragonia aragonensis*, *B. midwayensis*, *B. grata*, *B. semicostata*, *Cibicoides dayi*, *C. crebbisi*, *C. mundula*, *C. barnetti*, *Coryphostoma midwayensis*, *Gavelinella danica*, *Globocassidulina subglobosa*, *Hanzawaia ammophila*, *P. quinqueloba*, *Uvigerina proboscidea*, *Siphogerinoides eleganta*). Most of these species are documented in the bathyal DSDP Hole in the Atlantic Ocean (Berggren & Aubert 1975; Tjalsma 1977; Tjalsma & Lohmann 1983; Van Morkhoven *et al.* 1986). They suggest a lower bathyal environment exceeding 1000 m in palaeodepth. Other calcareous benthic foraminiferal species present in the Kharrouba section, assumed to be deep sea dwellers (e.g., *Pullenia coryelli* and *Aragonia* spp.), were observed also in the Zumaya section in the North Atlantic. There, the estimated environment is lower bathyal (Ortiz 1995). Compared with Zumaya section, in the Kharrouba section the assemblages are richer in calcareous species and poorer in species indicative of palaeodepth exceeding 1500 m. Therefore, Kharrouba assemblages also suggest a lower bathyal environment like that in the Zumaya section (Zili *et al.* 2009), but presumably slightly shallower.

During the lower Eocene, the assemblages in the Kharrouba section are dominated by *N. truempyi*,

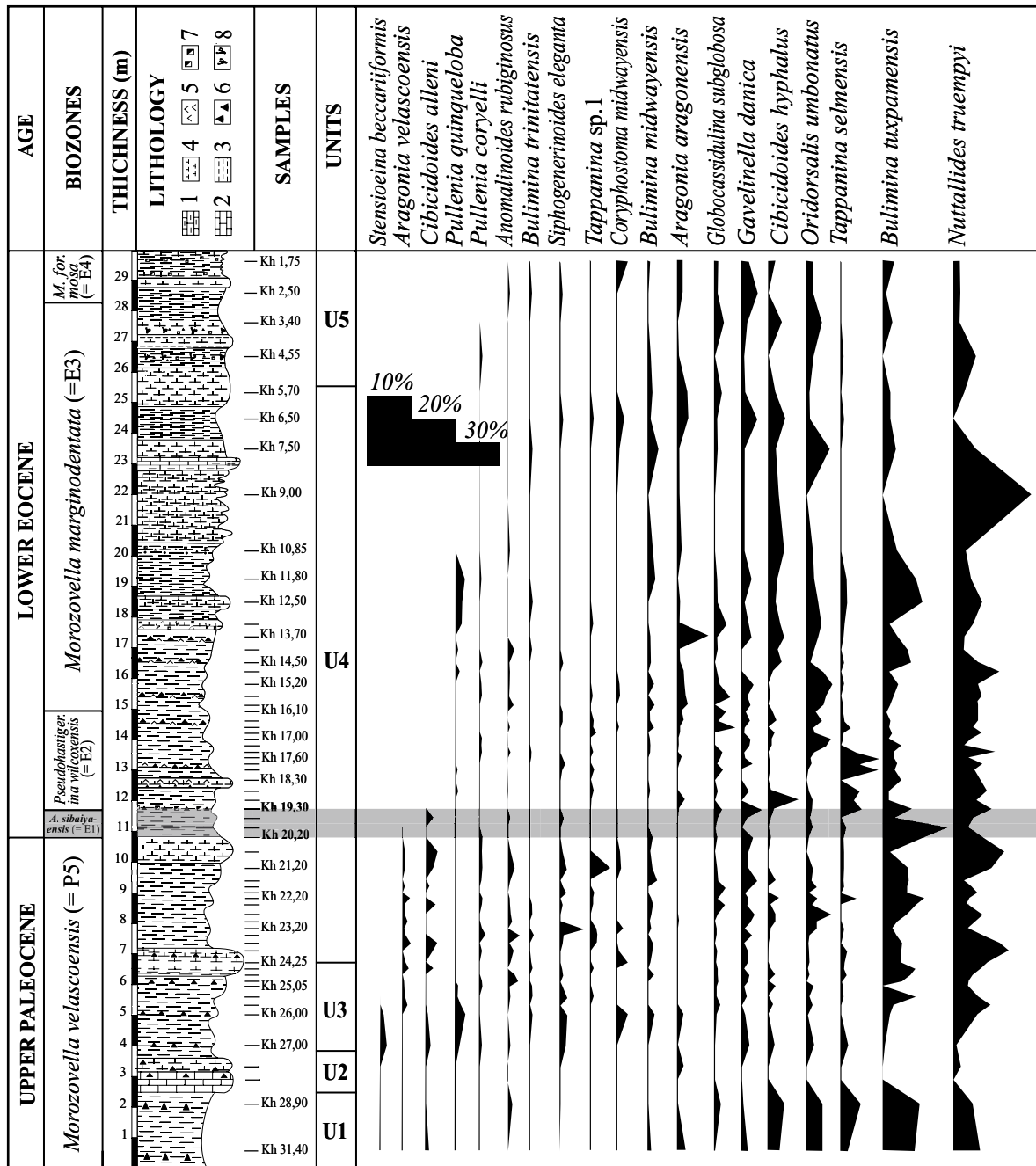
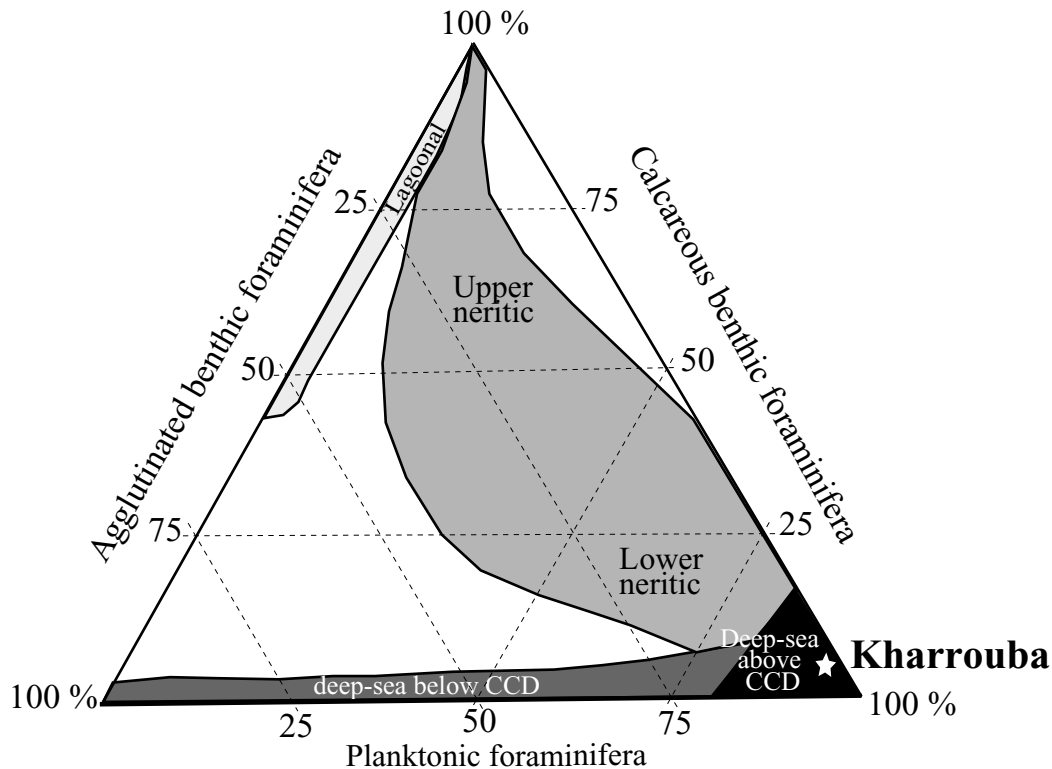


Figure 5. Relative abundance of the most characteristic deep-water hyaline calcareous benthic foraminiferal species DWCF (> 1%) across the Paleocene–Eocene transition interval in the Kharrouba section (for 1–8 see Figure 2).

*Cibicoides* spp., *T. selmensis* and *A. Aragonensis*, as in several DSDP Sites (Thomas & Shackleton 1996), e.g., Site 762 (indicative of 1000–1500 m depth) and Site 747 (indicative of 2000–3000 m depth). The dominance of *N. truempyi* is also mentioned in the

Pacific Site 577 (indicative of 1500 m depth). In contrast, in the shallower sites, such as Site 748 (indicative of 600–2000 m depth) and Site 752 (indicative of 500–1000 m depth), the assemblages are dominated by *Stilostomella* spp., *Lenticulina* spp.,





**Figure 6.** Estimated paleoenvironment of the Kharrouba section based on calculated frequencies of Planktonic foraminifera, Calcareous benthic foraminifera and Agglutinated benthic foraminifera placed on a triangular plot by Bignot (2001).

*Anomalinoidea capitatus* / *A. danicus* (synonym of *G. danica* in work) and *Cibicidoides* spp. These shallower species are rare to absent in the Kharrouba section. In the Caravaca section (southern Spain), the assemblages are dominated by *Bulimina thanetensis*, *B. macilenta*, *B. callahani*, *B. alazanensis* and *B. bradburyi* (Canudo *et al.* 1995). These species, indicative of a yet shallower environment (200–1000 m depth) according to Ortiz (1995) and Canudo *et al.* (1995), are exclusively absent at the Kharrouba section.

In the southern Tethys margin, in the Dababiya section, indicative of an outer shelf environment (150–200 m depth) (see Alegret *et al.* 2005; Ernst *et al.* 2006), the assemblages contain abundant representatives of shallow water, e.g., *Loxostomoides applinae*, *Valvulineria scrobiculata*, *Osangularia plummerae* (Alegret *et al.* 2005; Alegret & Ortiz 2006). Further south, at Gebel Duwi (Egypt), the calcareous benthic foraminiferal assemblages reveal a middle neritic environment (75–100 m depth).

They are characterized by large *Fronidularia* taxa indicative of outer neritic to upper bathyal environments (Speijer *et al.* 1996). All these shallow dwelling taxa (e.g., *Loxostomoides applinae*, *Fronidularia*) are also absent from the Kharrouba section but they are present in central Tunisia (Aubert & Berggren 1976; Salaj 1980; Karoui-Yaakoub 2006).

However, the high abundance of *Tappanina selmensis* leads to some controversy. This species is assumed to be outer neritic (Van Morkhoven *et al.* 1986; Olsson & Wise 1987; Liu *et al.* 1997) or bathyal (Thomas 1990; Speijer & van der Zwaan 1994). In fact, this oligotrophic cosmopolitan species became opportunistic under low oxygen and/or high productivity conditions (Speijer & van der Zwaan 1994; Kuhnt *et al.* 1996; Thomas 2003). In our view, the dominance of this species in the deep assemblages should not be related to palaeodepth changes but rather to changing oxygen and trophic conditions triggered by the Initial Eocene Thermal

Maximum (IETM). This response suggests an intensified flux of organic carbon from the ocean surface to the deep ocean and its subsequent burial through biochemical feedback mechanisms (Bains *et al.* 2000).

In short, in this complete section, the benthic foraminifera provide more information to reconstruct environmental conditions in northern Tunisia. Most of the recognised species, both with calcareous and agglutinated tests, are cosmopolitan and restricted to particular depth/trophic conditions.

In addition, the species assemblages provide accurate information on the palaeoenvironments in the Kharrouba section, located at the southern Tethys margin, referring to depth range tolerance of some agglutinated species.

In the lower part of the Kharrouba section the assemblage contains *Glomospira charoides* with an average of (~1%), *Bathysiphon* (~3.5%) and *Ammodiscus* (~2.5%). This assemblage suggests a Flysch to Abyssal fauna (Kaminski & Gradstein 2005). The *Rzehakina epigona* species (~4%) is considered to be a deep marine dweller (Tjalsma & Lohmann 1983; Van Morkhoven *et al.* 1986; Killips *et al.* 2000). Therefore, the *Ammodiscus*-*Glomospira*-*Rzehakina* assemblage from the Kharrouba section recalls the 'Biofacies B' (Kuhnt *et al.* 1989) in the North Atlantic, indicative also of an abyssal environment. Nevertheless, other specimens belonging to the *Dorothia*, *Gaudryina*, *Saccammina* and *Nothia* genera, present in the Kharrouba section, are elsewhere assumed to be typical Flysch fauna (Ortiz 1995; Kaminski & Gradstein 2005). The representatives of these two genera are described in the Anthering section (Austria) on the northern Tethys margin and are also considered to be typical of an abyssal environment (Egger *et al.* 2000, 2003). In addition, *Dorothia* spp., *Spiroplectammina spectabilis*, *Reticulophragmoides* spp., *Nothia robusta*, *Marssonella oxycona*, *Haplophragmoides* spp., *Karrerulina horrida*, *K. conversa* are present but less dominant (Figure 4). Recent *Karrerulina* representatives are common in the Atlantic abyssal plains (Kuhnt *et al.* 2000; Kaminski & Gradstein 2005). *Gaudryina pyramidata* is assumed to be among the bathyal species, reaching depths

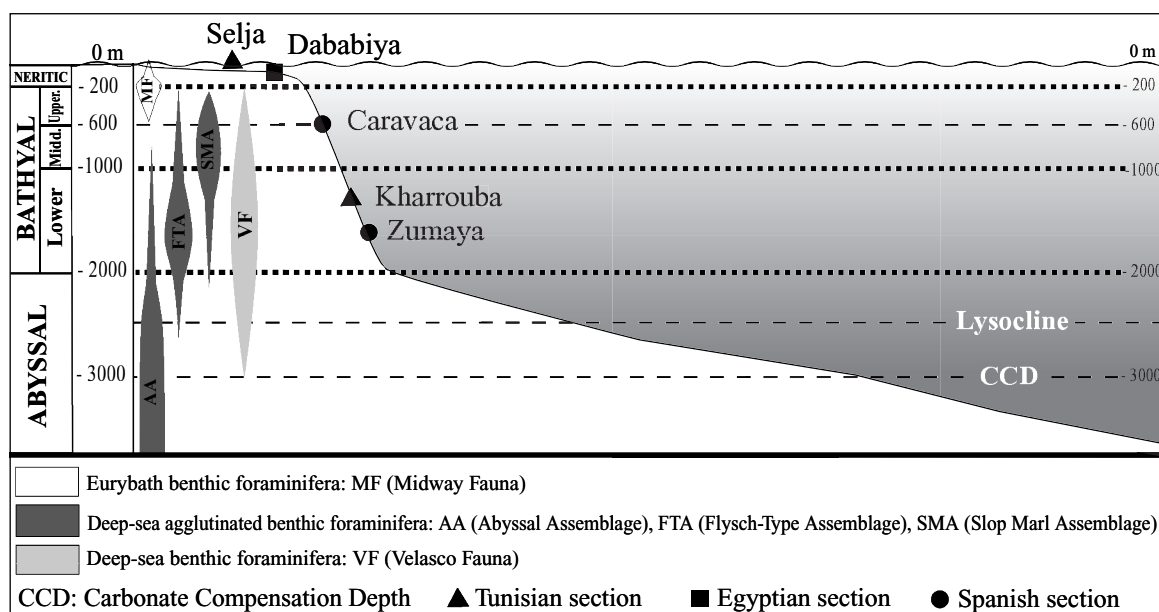
exceeding 1000 m and even 2000 m (Tjalsma & Lohmann 1983; Katz *et al.* 2001). According to Tjalsma & Lohmann (1983) and Kaminski & Gradstein (2005), most of these deep species are indicative of a bathyal environment. The estimated palaeodepth may be around 1500 m.

In the Kharrouba section, from the earliest Eocene, significant quantitative changes in deep sea benthic foraminifera are observed. Therefore, within the dark clay interval between samples Kh19.90 to Kh18.00 (Figure 4) across the E1 biozone interval, several bioevents must be taken into account: (1) sudden increase in the relative abundance of *Ammodiscus* spp., *Bathysiphon* spp., *Glomospira charoides*; (2) slight increase in the relative abundance of *Haplophragmoides* spp., *Karrerulina conversa*, *Reticulophragmoides jarvisi*, *Reticulophragmoides* spp., *Spiroplectammina* spp.; (3) important decrease in the relative abundance of *Rzehakina epigona*; (4) slight decrease in the relative abundance of *Spiroplectammina spectabilis*, *Marssonella oxycona*. The 'Glomospira event' was documented elsewhere in the Tethys Realm as well as in the North Atlantic Ocean (Kaminski & Gradstein 2005). These benthic foraminiferal events coincide also with the *Acarinina sibaiaensis* Zone (E1) interval and are markers of the P/E boundary. A coeval and similar disturbance in agglutinated benthic foraminifera across the P/E boundary was also noted by several authors (Ortiz 1995; Alegret *et al.* 2005; Kaminski & Gradstein 2005; Zili *et al.* 2008) elsewhere in Spain (Zumaya and Caravaca sections) and in Egypt (Dababiya section).

In summary, taking in account the tolerance depth of the all benthic species collected from the Kharrouba section, we estimate that this location was in a deep environment above CCD and the lysocline, at between 1200 m and 1500 m palaeodepth. It means that the Kharrouba section is more similar to Zumaya than the other studied sections (Figure 7).

## Conclusion

In the Kharrouba section, all the standard planktonic foraminiferal biozones of the Paleocene–Eocene transition are present and expanded, as in the Dababiya section. The uppermost Paleocene Zone



**Figure 7.** Estimated palaeodepth of Kharrouba (Northern Tunisia) compared with those of Selja (Southern Tunisia), Zumaya and Caravaca (Spain) and Dababiya (Egypt). AA– Abyssal Assemblage; FTA– Flyscht-type Assemblages; SMA– Slope Marl Assemblage, MF– Midway Fauna; VF– Velasco Fauna.

(P5) is succeeded by the initial Eocene Zone (E1). This E1 Zone is noted for the first time in Tunisia and spans 90 cm in the Kharrouba section. This confirms that this section is continuous and complete across the P–E transition. This complete section shows that the deep sea benthic foraminifera (DWBF) diversified during this period. The high P/B ratio and the high relative abundance of deep sea benthic foraminiferal species with calcareous and agglutinated tests suggest a lower bathyal environment above the CCD and the lysocline. Many calcareous species present in the Kharrouba section are among those comprising the Velasco Fauna. These species are restricted to bathyal-abyssal habitats.

An amalgamated fauna of deep sea dwellers with agglutinated taxa suggesting slope, flysch and even abyssal assemblages are also present. Therefore, both calcareous and agglutinated deep sea species suggest a lower bathyal environment above the lysocline at depths of 1200–1500 m. This estimated depth consolidates the palaeogeographical map proposed by Dercourt *et al.* (1985) and Meulenkamp *et al.* (2000) for the northern Tunisia area included in the southern margin of the Tethys Ocean during the early Eocene.

At the P/E boundary, a severe disturbance affected this deep sea fauna. With ultimate disaster conditions, with oxygen decrease and/or nutrient supply increase, *T. selmensis* became the most dominant deep sea dweller. This cosmopolitan species behaved as an opportunist species under the stressful conditions at the P/E boundary triggered by a global warming event.

### Acknowledgments

This work was funded by the Research Unit (DPS): UR: 02/UR/10–02. The authors thank Pr. Mohamed Moncef Turki from the University of Tunis El Manar, Faculty of Sciences of Tunis and leader of the Research Unit (DPS), for his help during the field missions and for his encouragement and his constructive suggestions to improve the initial version of our manuscript. The authors are grateful to Pr. Eustoquio Molina from the University of Zaragoza, for his constructive comments allowing us to improving the initial version of our manuscript. They thank Pr. Habib Ajroud, from the University of Mannouba, for improving the English language of our manuscript. The English of the final text is edited by John A. Winchester.

## References

- ALEGRET, L. & THOMAS, E. 2001. Upper Cretaceous and lower Paleogene benthic foraminifera from northeastern Mexico. *Micropaleontology* **47**, 269–316.
- ALEGRET, L., MOLINA, E. & THOMAS, E. 2001. Benthic foraminifera at the Cretaceous/Tertiary boundary around the Gulf of Mexico. *Geology* **29**, 891–894.
- ALEGRET, L., MOLINA, E. & THOMAS, E. 2003. Benthic foraminiferal turnover across the Cretaceous/Paleogene boundary at Agost (southeastern Spain): paleoenvironmental inferences. *Marine Micropaleontology* **48**, 251–279.
- ALEGRET, L. & ORTIZ, S. 2006. Global extinction event in benthic foraminifera across the Paleocene/Eocene boundary at the Dababiya Stratotype section. *Micropaleontology* **52**, 48–63.
- ALEGRET, L., ORTIZ, S., ARENILLAS, I. & MOLINA, E. 2005. Paleoenvironmental turnover across the Paleocene/Eocene boundary at the Stratotype section in Dababiya (Egypt) based on benthic foraminifera. *Terra Nova* **17**, 526–536.
- ALEGRET, L. & THOMAS, E. 2007. Deep-sea environments across the Cretaceous/Paleogene boundary in the eastern South Atlantic Ocean (ODP Leg 208, Walvis Ridge). *Marine Micropaleontology* **64**, 1–17.
- AUBERT, J. & BERGGREN, W.A. 1976. Paleocene benthonic foraminiferal biostratigraphy and paleoecology of Tunisia. *Bulletin du Centre de Recherche Pau–SNPA* **10**, 379–469.
- AUBRY, M.P., OUDA, K., DUPUIS, C., BERGGREN, W.A., VAN COUVERING, J.A., ALI, J., BRINKHUIS, H., GINGERICH, P.R., HEILMANN-CLAUSEN, C., HOOKER, J., KENT, D.V., KING, C., KNOX, R.W.O.B., LAGA, P., MOLINA, E., SCHMITZ, B., STEURBAUT, E. & WARD, D.R. 2007. The Global Standard Stratotype-section and Point (GSSP) for the base of the Eocene Series in the Dababiya section (Egypt). *Episodes* **30**, 271–286.
- BAINS, S.R., NORRIS, R.D., CORIFELS, R. & FAUL, K.L. 2000. Termination of global warmth at the Paleocene/Eocene boundary through productivity feedback. *Nature* **407**, 171–174.
- BERGGREN, W.A. & AUBERT, J. 1975. Paleocene benthonic foraminiferal biostratigraphy, biogeography and paleoecology of Atlantic-Tethyan regions: midway-type fauna. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **18**, 73–192.
- BERGGREN, W.A. & MILLER, K.G. 1989. Cenozoic bathyal and abyssal calcareous benthic foraminiferal zonation. *Micropaleontology* **35**, 308–320.
- BERGGREN, W.A. & OUDA, K. 2003. Upper Paleocene–Lower Eocene planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Dababiya section, Upper Nile Valley (Egypt). *Micropaleontology* **49**, 61–92.
- BERGGREN, W.A. & PEARSON, P.N. 2005. A revised tropical to subtropical Paleogene planktonic foraminiferal zonation. *Journal of Foraminiferal Research* **35**, 279–298.
- BERGGREN, W.A., KENT, D.V., SWISHER, C.C. & AUBRY, M.P. 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: BERGGREN, W.A., KENT, D.V. & HARDENBOL, J. (eds), *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlations: A Unified Temporal Framework for an Historical Geology*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Volume **54**, 129–212.
- BIGNOT, G. 2001. *Introduction à la micropaléontologie*. Collection Géosciences. Cordon and Breach-Éditions des archives contemporaines, 1–258.
- BOLLI, H.M. 1957. The genera Globigerina and Globorotalia in the Paleocene–Lower Eocene Lizard Springs Formation of Trinidad, B.W.I. *Bulletin of the U.S. National Museum* **215**, 61–82.
- BOLLI, H.M., BECKMANN, J.P. & SAUNDERS, J.B. 1994. *Benthic Foraminiferal Biostratigraphy of the South Caribbean Region*. Cambridge University Press.
- BORIS, V. 2003. On the Potential of small benthic foraminifera as paleoecological indicators: Recent advances. *Geology and Geophysics* **46**, 189–194.
- BUROLLET, P.F. 1956. Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie centrale. *Annales des mines et de la géologie* **18**, 32–181.
- CANUDO, J.I., KELLER, G., MOLINA, E. & ORTIZ, N. 1995. Planktic foraminiferal turnover and  $\delta^{13}\text{C}$  isotopes across the Paleocene–Eocene transition at Caravaca and Zumaya, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **114**, 75–100.
- CULVER, S.J. & BUZAS, M.A. 2000. Global latitudinal species diversity Gradient in deep-sea foraminifera. *Deep-sea Research* **147**, 259–275.
- DERBEL-DAMAK, F. 1993. *Biostratigraphie, sédimentologie et paléoenvironnement du passage Mio–Pliocène de la région Nabeul–Hammamet (Cap–Bon–Tunisie)*. PhD Thesis, Tunis University, Tunis-Tunisia [unpublished].
- DERCOURT, J., ZONENSHAIN, L.P., RICOU, L.E., KAZMIN, V.G., LE PICHON, X., KNIPPER, A., GRANDJAQUET, C., SOROCHTIN, O., GEYSSANT, J., LEVRIER, C., SBORSHCHIKOV, V., BOULIN, I. J., BIJU-DUVAL, B., SIBUET, J. C., SAVOSTIN, V., WESTPHAL, M. & LAUER, J.P. 1985. Présentation de 9 cartes paléogéographiques au 1/20 000 000<sup>e</sup>, s'étendant de l'Atlantique au Pamir pour la période du Lias à l'Actuel. *Bulletin de la Société géologique de France* **8**, 637–652.
- ELLIS, B.F. & MESSINA, A.R. 1940. *Catalogues of Micropalaeontology: Foraminifera, Ostracoda, Diatoms*. New York Paleontology Press.
- EL-NADY, H. 2005. The impact of Paleocene/Eocene (P/E) boundary events in northern Sinai, Egypt, Planktonic foraminiferal biostratigraphy and faunal turnovers. *Revue de Paléobiologie* **24**, 1–16.

- EGGER, H., HEILMANN-CLAUSEN, C. & SCHMITZ, B. 2000. The Paleocene/Eocene boundary interval of a Tethyan deep-sea section (Austria) and its correlation with the North Sea basin. *Bulletin de la Société géologique de France* **171**, 207–216.
- EGGER, H., FENNER, J., HEILMANN-CLAUSEN, C., RÖGL, F., SACHSENHOFER, R.F. & SCHMITZ, B. 2003. Paleoproductivity of the northwestern Tethyan margin (Anthering Section, Austria) across the Paleocene–Eocene transition. *Geological Society of America, Special Paper* **369**, 133–146.
- ERNST, S.R., GUASTI, E., DUPUIS, C. & SPEIJER R.P. 2006. Environmental perturbation in the southern Tethys across the Paleocene/Eocene boundary (Dababiya, Egypt): Foraminiferal and clay mineral records. *Marine Micropaleontology* **60**, 89–111.
- FOURNIÉ, D. 1978. Nomenclature lithostratigraphique des séries du Crétacé supérieur au Tertiaire de Tunis. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration–Production Elf–Aquitaine* **2**, 97–148.
- GAGE, J.D. & BREY, T. 1994. P/B ratios in deep-sea brittle stars. In : DAVID, B., GUILLE, A., FÉRAL, J.P., ROUX, M. (eds), *Echinoderms Through Time*. AA Balkema, Rotterdam, 421–426.
- GREEN, M.A., ALLER, R.C. & ALLER, J.Y. 1993. Carbonate dissolution and temporal abundances of foraminifera in Long Island Sound sediments. *Limnology and Oceanography* **38**, 331–345.
- GUASTI, E., KOUWENHOVEN, T.J., BRINKHUIS, H. & SPEIJER, R.P. 2005. Paleocene sea-level and productivity changes at the southern Tethyan margin (El Kef, Tunisia). *Marine Micropaleontology* **55**, 1–17.
- HIGGINS, J.A. & SCHRAG, D.P. 2006. Beyond methane: Towards a theory for the Paleocene–Eocene Thermal Maximum. *Earth and Planetary Science Letters* **245**, 523–537.
- HUNGER, A.A. 1966. *Distribution of foraminifera*. Netarts Bay, Oregon State University, 1–123.
- KAROUI-YAAKOUB, N. 2006. Effet du réchauffement climatique global sur le comportement des foraminifères benthiques de l'intervalle du passage Paléocène–Éocène de la coupe d'Ellès (Tunisie). *Revue de Paléobiologie* **25**, 575–591.
- KAMINSKI, M.A. & GRADSTEIN, F.M. 2005. *Atlas of Paleogene Cosmopolitan Deep-water Agglutinated Foraminifera*. Grzybowski Foundation, Special Publication **10**.
- KAMINSKI, M.A., KUHNT, W. & RADLEY, J.D. 1996. Paleocene–Eocene deep water agglutinated foraminifera from the Numidian Flysch (Rif, Northern Morocco): their significance for paleoceanography of the Gibraltar gateway. *Journal of Micropaleontology* **15**, 1–19.
- KATZ, M.E., CRAMER, B.S., MOUNTAIN, G.S., KATZ, S. & MILLER, K.G. 2001. Uncorking the bottle: What triggered the Paleocene/Eocene thermal maximum methane release? *Paleoceanography* **16**, 549–562.
- KILLOPS, S.D., HOLLIS, C.J., MORGANS, H.E.G., SUTHERLAND, R., FIELD, B.D. & LECKIE, D.A. 2000. Paleoceanographic significance of Late Paleocene dysaerobia at the shelf/slope break around New Zealand. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **156**, 51–70.
- KUHNT, W., COLLINS, C. & SCOTT, D.B. 2000. Deep-water agglutinated foraminiferal assemblages across the Gulf Stream: distribution patterns and taphonomy. In: HART, M.B., KAMINSKI, M.A. & SMART, C.W. (eds), *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Workshop on Agglutinated Foraminifera (IWAFF V)*. Grzybowski Foundation, Special Publication **7**, 261–298.
- KUHNT, W., KAMINSKI, M.A. & MOULLARD, M. 1989. Late Cretaceous deep-water agglutinated foraminiferal assemblages from the North Atlantic and its marginal seas. *Geologische Rundschau* **78**, 1121–1140.
- KUHNT, W., MOULLARD, M. & KAMINSKI, M.A. 1996. Ecological structuring and evolution of deep sea agglutinated foraminifera – a review. *Revue de Micropaléontologie* **39**, 271–281.
- LEVIN, L.A., ETTER, R.J., REX, M.A., GOODAY, A.J., SMITH, C.R., PINEDA, J., STUART, C.T., HESSLER, R.R. & PAWSON, D. 2001. Environmental influences on regional deep-sea species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* **32**, 51–93.
- LIU, C., BROWNING, J.V., MILLER, K.G. & OLSSON, R.K. 1997. Paleocene benthic foraminiferal biofacies and sequence stratigraphy, Island Beach borehole, New Jersey. In: MILLER, K.G., NEWELL, W. & SNYDER, S.W. (eds), *Proceedings of ODP, Science Results, 150X*. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 267–275.
- MACKENSEN, A., HUBBERTEN, H.W., BICKERT, FISCHER, G. & FÜTTERER, D.K. 1993. The  $d^{13}C$  in benthic foraminiferal tests of *Fontbotia wuellerstorfi* (Schwager) relative to the  $d^{13}C$  of dissolved inorganic carbon in southern ocean deep water: implications for glacial ocean circulation models. *Paleoceanography* **8**, 587–610.
- MEULENKAMP, J.E., SISSINGH, W., CALVO, J.P., DAAMS, R., LONDEIX, L., CAHUZAC, B., KOVAC, M., NAGYMAROSY, A., BADESCU, D., RUSU, A., STUDENCKA, B., BENIAMOVSKII, V.N., SCHERBA, I.G., ROGER, J., PLATEL, J.P., HIRSCH, F., SADEK, A., ABDEL-GAWAD, G.I., ZAGHBIB-TURKI, D., BEN ISMAIL-LATTRACHE, K., BOUAZIZ, S., KAROUI-YAAKOUB, N. & YAICH, C. 2000. Early to Middle Ypresian (55–51 Ma). In: DERCOURT, J., GAETANI, M., VRIELYNCK, B., BARRIER, É., BIJU-DUVAL, B., BRUNET, M.F., CADET, J.P., CRASQUIN, S. & SANDULESCU, M. (eds), *Atlas Peri-Tethys, Palaeogeographical maps*. CCGM/CGMW, Paris 155–162.
- MOLINA, E., ARENILLAS, I. & PARDO, E. 1999. High resolution planktic foraminiferal biostratigraphy and correlation across the Paleocene/Eocene boundary in the Tethys. *Bulletin de la Société géologique de France* **174**, 521–530.
- MURRAY, J.W. 1991. *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera*. Longman, Harlow, 1–343.
- OLSSON, R.K. & WISE, S.W. 1987. Upper Paleocene to middle Eocene depositional sequences and hiatuses in the New Jersey Atlantic Margin. In: ROSS, C. & HAMAN, D. (eds), *Timing and Depositional History of Eustatic Sequences: Constraints on Seismic Stratigraphy*. Cushman Foundation for Foraminiferal Research Publication **24**, 99–112.

- ORTIZ, N. 1995. Differential patterns of benthic foraminiferal extinctions near the Paleocene/Eocene boundary in the North Atlantic and the western Tethys. *Marine Micropaleontology* **26**, 341–359.
- ORTIZ, S. 2006. *Análisis de eventos del Paleógeno con foraminíferos bentónicos. Taxonomía, reconstrucción paleoambiental y aplicación cronoestratigráfica*. PhD Thesis, Zaragoza University, Zaragoza, Spain [unpublished].
- PARDO, A., KELLER, G. & OBERHÄNSLI, H. 1999. Paleocologic and paleo-oceanographic evolution of the tethyan realm during the Paleocene–Eocene transition. *Journal of Foraminiferal Research* **29**, 37–57.
- PARKER, F.L. & ATHEARN, W.D. 1959. Ecology of marsh foraminifera in Poponneset Bay, Massachusetts. *Journal of Paleontology* **33**, 333–343.
- PEARSON, P.N., OLSSON, R.K., HEMLEBEN, C., HUBER, B.T. & BERGGREN, W.A. 2006. *Atlas of Eocene Planktonic Foraminifera*. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication.
- PREMOLI-SILVA, I. & BOLLI, H.M. 1973. Late Cretaceous to Eocene planktonic foraminifera and stratigraphy of Legs 15 sites in the Caribbean Sea. *Initial Report of the Deep Sea Drilling Project* **15**, 449–547.
- RADIONOVA, E.P., KHOKHLOVA, I.E., BENIAMOVSKILL, V.N., SHCHERBININA, E.A., IAKOVLEVA, A.I. & SADCHIKOVA, T.A. 2001. Paleocene/Eocene transition in the northeastern Peri-Tethys area: Sokolovskii key section of the Turgay Passage (Kazakhstan). *Bulletin de la Société géologique de France* **172**, 245–256.
- REX, M.A., MCCLAIN, C.R., JOHNSON, N.A., ETTER, R.J., ALLEN, J.A., BOUCHET, P. & WARÉN, A. 2005. A source-sink hypothesis for abyssal biodiversity. *American Naturalist* **165**, 163–178.
- SAID, R. 1978. *Etude stratigraphique et micropaléontologique du passage Crétacé–Tertiaire du synclinal d'Ellès (région Siliana-Sers) Tunisie centrale*. PhD Thesis, Pierre et Marie Curie University, Paris, France [unpublished].
- SALAJ, J. 1980. *Microbiostratigraphie du Crétacé et du Paléogène de la Tunisie septentrionale et orientale (Hypostra-totypes Tunisiens)*. Institut Géologique de Dionyz Stur, Bratislava, 1–238.
- SEN GUPTA, B.K. 2000. *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publication.
- SPEIJER, R.P. 1994. Extinction and Recovery Patterns in Benthic Foraminiferal paleocommunities across the Cretaceous/Paleogene and Paleocene/Eocene Boundaries. *Geologica Ultraiectina* **124**, 1–191.
- SPEIJER, R.P. & VAN DER ZWAAN, G.J. 1994. The differential effect of the Paleocene/Eocene boundary event: extinction and survivorship in shallow to deep water Egyptian benthic foraminiferal assemblages. In: SPEIJER, R.P. (ed), *Extinction and Recovery Patterns in Benthic Foraminiferal Paleocommunities Across the Cretaceous–Paleogene and Paleogene–Eocene Boundaries*. *Geologica Ultraiectina* **124**, 121–168.
- SPEIJER, R.P., VAN DER ZWAAN, G.J. & SCHMITZ, B. 1996. The impact of Paleocene–Eocene boundary events on middle neritic benthic foraminiferal assemblages from Egypt. *Marine Micropaleontology* **28**, 99–132.
- THOMAS, E. 1990. Late Cretaceous–early Eocene mass extinctions in the deep sea. In: SHARPTON, V.L. & WARD, P.D. (eds), *Global Catastrophes in Earth History: An Interdisciplinary Conference on Impacts, Volcanism, and Mass Mortality*. Geological Society of America, Special Paper **247**, 481–495.
- THOMAS, E. 2003. Extinction and food at the sea floor: a high-resolution benthic foraminiferal record across the Initial Eocene Thermal Maximum, Southern Ocean Site 690. In: WING, S.L., GINGERICH, P., SCHMITZ, B. & THOMAS, E. (eds), *Causes and Consequences of Globally Warm Climates in the Early Paleogene*. Geological Society of America, Special Paper **369**, 319–332.
- THOMAS, E. 2007. Cenozoic mass extinctions in the deep sea; what disturbs the largest habitat on Earth? In: MONECHI, S., COCCIONI R. & RAMPINO, M. (eds), *Large Ecosystem Perturbations: Causes and Consequences*. Geological Society of America, Special Paper **424**, 1– 424.
- THOMAS, E. & SHACKLETON, N.J. 1996. The Paleocene–Eocene benthic foraminiferal extinction and stable isotopic anomalies. In: KNOX, R.W.O'B., CORFIELD, R.M. & DUNAY, R.E. (eds), *Correlation of the Early Paleogene in Northwest Europe*. Geological Society, London, Special Publications **101**, 401–441.
- TJALSMA, R.C. 1977. Cenozoic Foraminifera from the South Atlantic, DSDP leg 36. In: BARKER DALZIEL, P., I.W.D., DINKELMAN, M.G., ELLIOTT, D.H., GOMBOS, J.A.M., LONARDI, A., PLAFKER, G., TARNEY, J., THOMPSON, R.W., TJALSMA, R.C., VON DER BORCH, C.C. & WISE, J.S.W. (eds), *Initial Report of the Deep Sea Drilling Project* **36**, 493–518.
- TJALSMA, R.C. & LOHMANN, G.P. 1983. Paleocene–Eocene bathyal and abyssal benthic foraminifera from the Atlantic Ocean. *Micropaleontology, Special Publication* **4**, 1–90.
- VAN MORKHOVEN, E.P.C.M., BERGGREN, W.A. & EDWARDS, A.S. 1986. Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic foraminifera. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine* **11**, 1– 421.
- ZACHOS, J.C., RÖHL, U., SCHELLENBERG, S.A., SLUIJS, A., HODELL, D.A., KELLY, D.C., THOMAS, E., NICOLO, M., RAFFI, I., LOURENS, L.J., MCCARREN, H. & KROON, D. 2005. Rapid acidification of the ocean during the Paleocene–Eocene thermal maximum. *Science* **308**, 1611–1615.
- ZILI, L., ZAGHBIB-TURKI, D., ALEGRET, L., ARENILLAS, I. & MOLINA, E. 2009. Foraminiferal turnover across the Paleocene/Eocene boundary at the Zumaya section, Spain: record of a bathyal gradual mass extinction. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* **26**, 729–744.
- ZILI, L., ZAGHBIB-TURKI, D. & ARENILLAS, I. 2008. Planktic foraminiferal biostratigraphy and eventstratigraphy across the Paleocene/Eocene boundary at Kharrouba (Tunisia). *Geotemas* **10**, 1285–1288 [in Spanish with English abstract].

PLATE I

X is used to indicate magnification. SEM: Scanning Electronic Microscope. LM: Light Microscope.

- 1– *Bathysiphon gerochi*; X100; SEM; sample Kh 25.65;
- 2– *Bathysiphon* sp.1; X 71; LM; Kh 22.30;
- 3– *Ammodiscus peruvianus*; X 80; LM; sample Kh 31.40;
- 4– *Ammodiscus glabratus*; X 220; LM; sample Kh 22.30;
- 5– *Glomospira charoides*; X 150; SEM; sample Kh 25.65;
- 6– *Rzehakina epigona*; X 100; LM; sample Kh 31.40;
- 7– *Ammosphaeroidina* sp. ; X152; LM; sample Kh 22.30;
- 8– *Spiroplectinella subhaeringensis*; X106; LM; sample Kh 17.80;
- 9– *Vulvulina advena*; X75; LM; sample Kh 17.80;
- 10– *Spiroplectammina spectabilis*; X57; LM; sample Kh 31.40;
- 11– *Clavulinoides amorpha* ; X100; LM; sample Kh 31.40;
- 12– *Marssonella oxycona*; X100; SEM; sample Kh 2.50;
- 13– *Dorothia bulletta*; X61; LM; sample Kh 31.40;
- 14– *Gaudryina pyramidata*; X100; LM; sample Kh 22.20;
- 15– *Bulimina tuxpamensis*; X62; LM; sample Kh 31.40;
- 16– *Bulimina trinitatensis*; X60; LM; sample Kh 17.80;
- 17– *Bulimina midwayensis*; X200; SEM; sample Kh 24.25;
- 18– *Aragonia aragonensis*; X100; SEM; sample Kh 27.00;
- 19– *Siphogenerinoides eleganta*; X150; SEM; sample Kh 22.20;
- 20– *Tappanina selmensis*; X750; SEM; sample Kh23.20;
- 21– *Gavelinella danica*; umbilical view; X100; SEM; sample Kh 24.20;
- 22– *Gavelinella danica*; lateral view; X100; SEM; sample Kh 24.20;
- 23– *Gavelinella danica*; spiral view; X100; SEM; sample Kh 24.20;
- 24– *Cibicidoides alleni*; spiral view; X100; SEM; sample Kh 24.20;
- 25– *Cibicidoides alleni*; lateral view; X100; SEM; sample Kh 24.20;
- 26– *Cibicidoides alleni*; X100; SEM; sample Kh 24.20;
- 27– *Pullenia coryelli*; lateral view; X150; SEM; sample Kh31.40;
- 28– *Pullenia coryelli*; umbilical view; X150; SEM; sample Kh 31.40.

