

## Paleobathymetrie et paleohydrologie dans la coupe du Kef (Tunisie nord-orientale) entre le Maastrichtien et l'Ypresien sur la base des Ostracodes

J.P. PEYPOUQUET

Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine  
Université de Bordeaux, Talence

(manuscript received June 8, 1982  
accepted December 2, 1982)

KEY WORDS — Ostracoda, Paleohydrology, Maastrichtian-Ypresian, Tunisia, Africa.

**SOMMAIRE** — En 1982, une étude des ostracodes de la coupe du Kef (Tunisie nord-orientale) a été réalisée par Donze et al.. Elle a permis d'établir la systématique des faunes rencontrées, de dégager l'intérêt stratigraphique de certaines d'entre elles, de montrer les relations paléogéographiques que suggèrent certaines espèces, et de mettre en évidence les caractères généraux de l'environnement. Nous voulons ici préciser l'évolution paléobathymétrique et paléohydrologique du site entre la Maastrichtien et l'Ypresien.

1°) En ce qui concerne le premier point, le site évolue entre un domaine épibathyal supérieur à celui d'une plateforme externe dans le laps de temps considéré.

2°) L'utilisation des Krithe et Parakrithe, selon les méthodes préconisées par Peypouquet (1977-79), permet de suivre les vicissitudes (intensité et hauteur) de la zone à oxygène minimum, de déduire le fait hydrologique majeur qui sévit lors du passage Crétacé-Tertiaire, et de proposer un schéma d'évolution hypothétique des structures hydrologiques qui se sont succédées par la suite.

**ABSTRACT** — [Paleobathymetry and paleohydrology study based on ostracods in the Kef section (North Eastern Tunisia) between Maastrichtian and Ypresian stages] — An ostracod study carried out in the Kef section by Donze et al. (1982) helped to determine the classification of the fauna met, point out their stratigraphic interest, show the paleogeographic relationship among certain species, bring into light the general aspect of the environment.

In this paper, particular attention is paid to the paleobathymetric and paleohydrological evolution of the site between Maastrichtian and Ypresian stages.

1°) As far as the first point is concerned, the site evolves between an epibathyal domain than that of an outer shelf within the lapse of time considered.

2°) Krithe and Parakrithe used to the Peypouquet methods (1977-1979) helped to study the intensity and height of a minimum oxygen zone, deduce the major hydrological result during the Cretace-Tertiary transition and finally set a hypothetical evolution pattern concerning hydrological structures which occur later on.

**RIASSUNTO** — [Paleobathymetria e paleoidrologia della sezione del Kef (Tunisia nord-orientale) fra il Maastrichtiano e l'Ypresiano sulla base degli ostracodi] — Donze et al. hanno compiuto nel 1982 uno studio sugli ostracodi della sezione del Kef (Tunisia nord-orientale). Esso ha consentito di riconoscere la sistematica della fauna, di puntualizzarne il valore stratigrafico, di indicare le relazioni paleogeografiche di certe specie e di mettere in evidenza i caratteri generali dell'ambiente.

Nel presente studio è posta particolare attenzione all'evoluzione paleobathymetrica e paleoidrologica della zona fra il Maastrichtiano e l'Ypresiano.

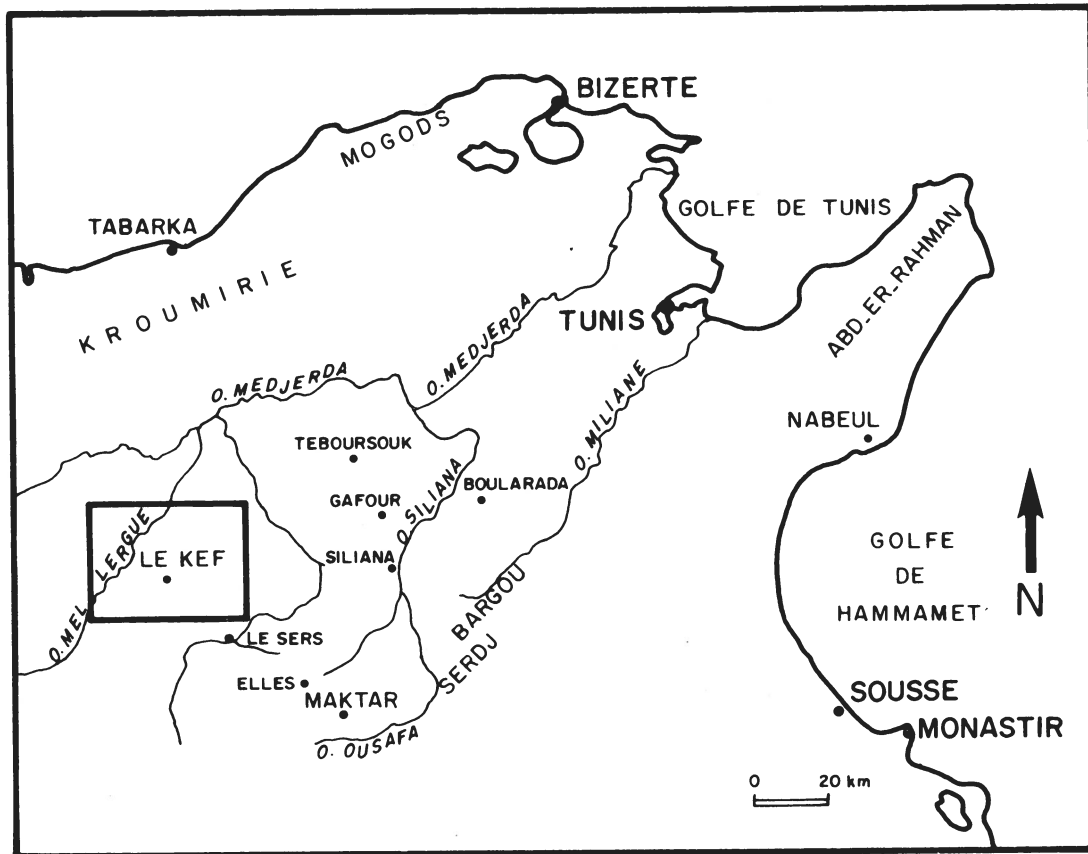
1°) Per quanto riguarda il primo punto, la zona si è evoluta da un dominio epibathyal superiore ad una piattaforma esterna.

2°) L'uso di Krithe e di Parakrithe secondo il metodo di Peypouquet (1977-79) permette di seguire l'intensità e l'altezza della zona ad ossigeno minimo, di dedurre l'avvenimento idrologico principale avvenuto al passaggio Cretaceo-Terziario e di proporre delle ipotesi sull'evoluzione delle strutture idrologiche successive.

### INTRODUCTION. BUT DE L'ETUDE

Des études des formations proches de la limite Crétacé-Tertiaire dans la région du Kef (Tunisie nord-orientale) ont été réalisées depuis de nombreuses années. A partir d'approches sédimentologiques, micro-

paléontologiques, géochimiques ou structurales, des résultats à caractères paléogéographiques ont permis de préciser la physiographie générale de la région (Dalbiez, 1956; Burolet, 1956; Salaj, 1980). En ce qui concerne les ostracodes, les travaux sont beaucoup plus récents: Esker (1968), Benson (1977), Said (1978).



Text-fig. 1 - Plan de situation.

Plus récemment encore Donze *et al.* (1982 en préparation) ont réalisé une étude dans la coupe dite du Kef (région au Sud-Ouest du Kef, proche de l'Oued Mellegue – voir text-fig. 1) qui a permis de:

- 1° - établir la systématique de la faune,
- 2° - dégager l'intérêt stratigraphique de certaines espèces,
- 3° - montrer les relations paléogéographiques de cette région avec diverses régions avoisinantes et l'Atlantique sud notamment,
- 4° - définir les caractères généraux du paléoenvironnement.

Notre but, ici, est de proposer un modèle hypothétique d'évolution du paléoenvironnement en intégrant interprétation paléobathymétrique et paléohydrologique, et en replaçant les résultats acquis dans un contexte général d'évolution paléoclimatique basé sur la bibliographie récente. Une focalisation sur le problème de la limite Crétacé-Tertiaire interviendra nécessairement.

Cette étude reprend certains résultats préliminaires obtenus récemment (Donze *et al.*, 1982, en prépara-

tion) et qui sont synthétisés ici dans la texte figure 2. L'interprétation est basée sur l'analyse des genres *Krithe* et *Parakrithe* selon une méthodologie explicitée par Peypouquet (1977-1979).

Très succinctement résumée, la méthode accorde une valeur à la grandeur du vestibule des *Krithe* comme témoin de la paléo-oxygénation moyenne du milieu hydrologique au niveau du fond bien entendu. Ainsi, les *Krithe* sp. F à grand vestibule vivent dans des milieux moins oxygénés que les *Krithe* sp. C22 à petits vestibules (voir Text-fig. 2).

Cette étude bien sûr est basée sur le principe de l'actualisme et si les valeurs absolues d'O<sub>2</sub> dissous au niveau du fond pourraient être éventuellement corrigées dans un sens ou dans l'autre, la tendance générale de la courbe au cours du temps ne saurait être modifiée.

A l'intérieur de la zonation stratigraphique de la série établie à partir des foraminifères planctoniques, nous avons réalisé un découpage en écozones numérotées de 1 à 8 (Text-fig. 2). Chacune d'entre elle est caractérisée par un environnement hydrologique particulier.

EVOLUTION DES PALEOENVIRONNEMENTS  
ET DES STRUCTURES HYDROLOGIQUES

## ECOZONE 1

La faune maestrichtienne de la zone à *Falsostuarti* est dominée essentiellement par des genres d'ostracodes appartenant généralement à l'environnement profond (*Krithe*, *Cytherella*, *Bairdia*, *Argilloecia*, *Macrocypris*). Cependant, il faut noter que de nombreux Cytheridae possèdent un tubercule oculaire relativement bien marqué. En accord avec les remarques de Benson (1975) à ce sujet, nous pensons que la limite maximale pour la profondeur de cet ensemble faunique est de l'ordre de 400-500 m. Donc, cette microfaune est située dans l'étage épibathyal. La zone à oxygène minimum (Z.O.M.) qui généralement occupe cette position bathymétrique, est ici relativement faible  $5 < O_2 < 4$  ml/l comme en témoigne le nombre important de *Krithe* sp. C22. Il existe une circulation océanique semi-profonde suffisante. Ce point est en accord avec la diminution générale des températures au niveau du fond (Saito et Van Donk, 1974; Savin, 1977) pendant le Campano-Maestrichtien.

Cette faune est d'ailleurs assez éloignée de celle inventoriée par Benson (1975 b) dans l'Atlantique sud au niveau de la Rio Grande Rise. A notre avis, pour deux raisons:

1) celle appartenant à l'Atlantique sud est, semble-t-il, plus profonde (aucun Cytheridae ne possède de tubercules oculaires);

2) les faunes de Tunisie ont un cachet sans aucun doute Thétysien, alors que les faunes profondes de l'Atlantique sud appartiennent à une province biogéographique différente marquée par des températures sensiblement plus basses (Savin, 1977; Boersma *et al.*, 1979).

## ECOZONE 2

Avec les zones à *Gansseri* et *Mayaroensis*, il semble que le site n'évolue pas sur le plan paléobathymétrique. Par contre, on remarque que toutes les *Krithe* identifiables appartenant au groupe des *Krithe* sp. C possèdent des vestibules plus grands (Text-fig. 3). Ce point indique une très légère baisse de l'oxygénation au niveau du fond. Celle-ci se situerait en moyenne vers 4,5 ml/l  $O_2$  dissous. Le reste de la microfaune étant plus riche et plus diversifiée, nous pensons qu'il faut attribuer cette baisse, à une faible augmentation de la production planctonique. Ce point pourrait être accrédité par la diminution sensible des températures tant en surface qu'au fond pendant le Maestrichtien supérieur (Douglas et Savin, 1973-1975; Saito et Van Donk, 1974). Un tel renforcement des circulations

océanique « froides » dans le modèle de Fischer et Arthur (1977) (stade oligotaxique) implique généralement des résurgences océaniques plus grandes et donc une productivité plus importante, susceptible d'expliquer l'augmentation numérique du Benthos (Peypouquet, 1979).

## ECOZONE 3

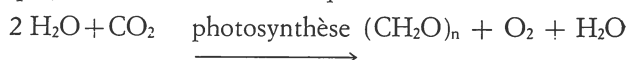
Avec l'approche de la limite Crétacé-Tertiaire (zone non nommée) la microfaune disparaît presque totalement. Les *Krithe* sp. C sont remplacées par les *Krithe* sp. F.

Dans l'Actuel et le Récent, les *Krithe* appartenant au groupe F vivent dans la région du Golfe du Bénin (Peypouquet, 1977-1979). Elles sont bien représentées dans les zones épibathyales supérieures donc dans des niveaux bathymétriques moins profonds que les *Krithe* sp. C. Ce point pourrait traduire un caractère régressif de l'environnement du site. C'est une hypothèse que nous ne pouvons exclure et qui serait en accord avec une grande majorité de chercheurs qui signalent une grande régression à la fin des temps mésozoïques.

En fait, nous pensons plutôt que le passage des *Krithe* sp. C aux *Krithe* sp. F traduit bien davantage une baisse de l'oxygénation très forte et très brusque au niveau du fond ( $O_2 < 2$  ml/l). Ce point est fondamental vis-à-vis des ostracodes.

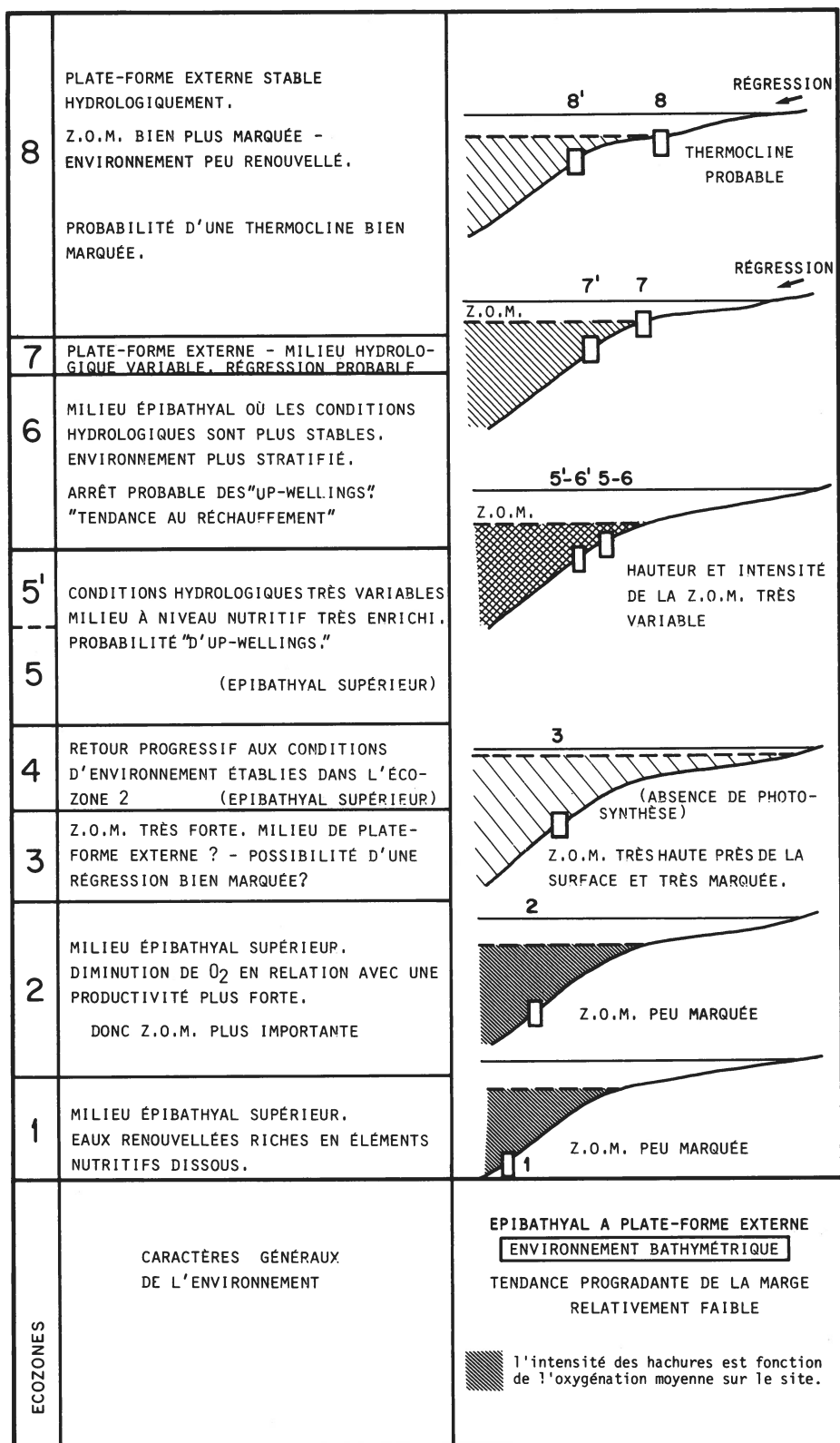
En effet, ces derniers offrent des capacités de résistance étonnantes vis-à-vis de la salinité ou de la température, par contre, il ne peuvent pas supporter une oxygénation inférieure à 1,5 ml/l. Ils sont souvent absents dans les zones à oxygène minimum très prononcées (zone épibathyale actuelle du Golfe du Bénin par exemple - Peypouquet, 1977-1979).

Pour expliquer cette baisse « catastrophique » de l'oxygénation au-dessus du site étudié, il nous paraît raisonnable de relier ce phénomène avec la disparition du monde phytoplanctonique à ce moment-là et de suivre les idées développées dans le modèle hypothétique de Tappan (1968). En effet, la photosynthèse réalisée par le phytoplancton assure l'oxygénation des couches proches de la surface dans le domaine océanique, selon la formule classique:



Si pour une raison quelconque l'équation photosynthétique du cycle du carbone ne s'effectue plus, on assistera à une diminution drastique de  $O_2$  dissous et simultanément  $p CO_2$  augmentera d'autant dans le milieu.

Il se produirait donc au Kef une augmentation très forte en *hauteur* et en *intensité* de la zone à oxygène minimum qui atteindrait les couches proches du niveau de surface de l'océan (Text-fig. 2).



Text-fig. 2 - Evolution des genres *Krithe* et *Parakrithe* et interprétation hypothétique de l'environnement s.l. dans la coupe du Kef entre le Maestrichtien et l'Yprésien.

Il n'est pas dans notre propos ici d'expliquer pourquoi le phytoplancton a subi une crise à cette époque. Les hypothèses à ce sujet ne manquent pas: Bramlette, 1965; Tappan, 1968; Worsley, 1964; Reid *et al.*, 1976; Gartner et Keany, 1978; Thierstein et Berger, 1978; Mc Lean, 1978; Gartner et McGuirk, 1979; Kyte *et al.*, 1980; Hsü, 1980; Smit et Hertogen, 1980; Alvarez *et al.*, 1980; Emiliani *et al.*, 1981; il est simplement question d'expliquer son rôle dans la disparition « momentanée » des ostracodes pendant la fin du Crétacé dans la coupe du Kef. En effet, bon nombre d'entre eux « réapparaissent » dans le Paléocène (zone à *Eugubina* et *Pseudobulloides*) sans subir de modifications et apparemment sans dommage: 14 espèces sur 29 dans la coupe de Kef (Donze *et al.*, 1982 en préparation). 19 espèces sur 26 dans la coupe d'Elles (Said, 1978). Parmi les espèces qui traversent la coupure Crétacé-Tertiaire, pratiquement toutes, appartiennent à des genres évoluant généralement dans le domaine profond. Ce constat nous autorise à penser que les espèces qui ont momentanément disparu pendant l'Ecozone III se sont réfugiées dans le domaine mésobathyal ou infrabathyal, c'est-à-dire hors de la zone à oxygène minimum. Cette idée nous semble accréditée par le fait que ce sont généralement les faunes profondes qui ont été les moins touchées par la crise, par rapport aux faunes littorales (Beckmann, 1960; Resig, 1976; Hooper et Jones, 1977; Stenestad, 1979).

L'hypothèse d'une zone à oxygène minimum très forte et proche de la surface nous semble accréditée par les résultats isotopiques du  $\delta C_{13}$  obtenus dans de nombreuses séries marines. Un décrochement vers les valeurs basses ou négatives a été enregistré dans la coupe de Gubbio (Italie) (Renard, 1979), sur la marge portugaise (Letolle, 1979; Arthur *et al.*, 1979), dans l'Atlantique nord (Boersma *et al.*, 1979), dans l'Atlantique sud (Thierstein et Berger, 1978).

Les résultats obtenus sur le site 384 du leg 43 (Boersma *et al.*, 1979) sont particulièrement instructifs. En effet, dans la zone la plus basale du Tertiaire, les foraminifères planctoniques montrent un  $\delta C_{13}$  inférieur à celui des foraminifères benthiques. Ce fait, totalement inconcevable dans l'Actuel et même dans l'ensemble des résultats isotopiques acquis jusqu'alors, pourrait être interprété comme rendant compte d'une oxygénation supérieure au fond (3000 m environ) par rapport à la zone proche de la surface.

Un tel mécanisme explique que les ostracodes qui ont pu se réfugier dans les zones bathyales ont survécu à la « crise » et poursuivi leur existence dans le Paléocène.

Il apparaît que cette hypothèse exclue la remontée de la C.C.D. jusque dans des zones proches de la surface comme le suggérait Worsley (1974). Les résultats

sédimentologiques acquis lors du leg 43 contredisent en effet les théories de Worsley (1974) à ce sujet (Thierstein et Okada, 1979).

Les remontées des températures tant au fond qu'en surface (Boersma *et al.*, 1979) établies sur les isotopes de l'oxygène pendant le laps de temps considéré, bien que très fortes, ne sont pas susceptibles de gêner considérablement les ostracodes, pas plus d'ailleurs que les variations de salinité qui auraient pu éventuellement se produire à ce moment-là dans le cas d'une interprétation du décrochage de  $\delta O^{18}$  en fonction de  $S_{\text{‰}}$  (Thierstein et Berger, 1978).

Pour conclure, les remarques concernant l'Ecozone 3, il apparaît très clairement dans cette étude que la crise Crétacé-Tertiaire se développe en dessous du Danien représenté par la zone à *Eugubina*.

#### ECOZONE 4

Avec la zone à *Eugubina*, l'optimum de la sous-oxygénation du milieu est passé puisque l'on retrouve des *Krithe* sp. C23 au sp. C24 en même temps que disparaissent les *Krithe* sp. F ( $O_2 \approx 3$  ml/l). Cependant le reste de la faune est encore sporadiquement développé et ceci prouve que des conditions hydrologiques moins favorables que dans l'Ecozone 2 sont établies.

Il semble que le « coup de chaleur » s'estompe rapidement comme en témoignent les courbes isotopiques de l'oxygène qui retournent vers des valeurs positives (au fond comme en surface). Cette hypothèse d'un « refroidissement » relativement rapide après la crise semble accréditée d'ailleurs par les résultats de Haq *et al.* (1977) qui considèrent que le tout début du Paléocène reflète un « cool climate » sur la foi du déplacement vers les basses latitudes des subbotinidae à spires basses.

Ces conditions climatiques plus fraîches sont donc de bonne augure pour la réinstallation de la faune « profonde » d'ostracodes sur le site.

Un décrochage similaire et homologue du  $\delta C_{13}$  vers des valeurs fortes et positives dans la zone à *Eugubina* (Boersma *et al.*, 1979) laisse à penser que le « coup d'anoxie » s'estompe tout aussi rapidement que le coup de chaleur.

#### ECOZONE 5

Les tendances signalées dans l'écozone précédente s'accroissent avec la zone à *Pseudobulloides*.

En effet, bien que sur le plan bathymétrique on se situe toujours en domaine épibathyal supérieur, la microfaune d'ostracode devient très riche et très diversifiée notamment chez les *Krithe*. Il faut noter également la présence des *Parakrithe* possédant des vesti-



bules. Tous ces points mettent en évidence un milieu très enrichi en éléments nutritifs dissous et très renouvelé sur le plan hydrologique, donc peu stable et peu stratifié. De toute évidence, l'oxygénation au niveau du fond montre une grande variabilité, mais elle est toujours suffisamment élevée pour permettre le développement intense de la vie ( $3 > O_2 > 5$  à 6 ml/l). Il n'est pas inopportun de spéculer sur des phénomènes d'upwelling au niveau du bord de la plateforme externe pour expliquer ces importantes variations.

Il est fort probable que cet épisode est un phénomène à caractère local. Néanmoins, il semble être important dans la région du Kef puisque dans la coupe d'Elles, R. Said (1978) a noté également un fort développement des espèces benthiques, tendance qui se prolongera dans la zone suivante.

#### ECOZONE 5

Avec la zone à *Trinidadensis*, l'environnement évolue relativement peu par rapport à l'écozone précédente. Cependant, la disparition des *Krithe* sp. C22 d'une part, l'apparition des *Krithe* sp. F d'autre part, et enfin la diminution des *Parakrithe* laisse à penser que le milieu se stabilise lentement. Ce phénomène est peut-être en rapport avec l'augmentation des températures des eaux de surface autour de 61-62 millions d'années notée par Boersma *et al.* (1979).

L'environnement océanique de cette époque pourrait devenir franchement « polytoxique » au sens de Fischer et Arthur (1977). Il a donc tendance à augmenter l'intensité de la zone à oxygène minimum.

#### ECOZONE 6

C'est effectivement ce qui se produit dans les zones à *Uncinata* et *Angulata*. La disparition des *Parakrithe* ajoutée à celle des nombreuses espèces largement développées dans les deux écozones précédentes (Donze *et al.*, 1982) accréditent l'hypothèse d'un milieu qui se renouvelle peu. L'oxygénation au niveau du fond semble se stabiliser entre 3 et 4 ml/l.

Ce fait doit être rapproché des résultats obtenus par Haq *et al.* (1977) qui estiment sur la base de la position des Subbotinidae à spire basse dans les hautes latitudes et l'apparition simultanée des Morozovellidae provenant des basses latitudes que le climat entre 63 et 60 millions d'années devient sensiblement plus chaud. Il est également en relation avec les décrochements en surface et au fond du  $\delta C_{13}$  noté dans la zone P<sub>2</sub> (Boersma *et al.*, 1979; fig. 3, p. 703).

#### ECOZONE 7

Avec le début du Thanetien, zone à *Pusilla*, il faut

noter la disparition définitive des *Krithe* sp. C d'une part et l'apparition des *Krithe* sp. F d'autre part.

Dans le reste de la microfaune d'ostracodes, quelques espèces profondes semblent également disparaître (Donze *et al.*, 1982 en préparation) et la première apparition de *Leguminocythereis* aff. *africana* espèce typique de plateaux continentaux, sont autant d'arguments qui nous incitent à penser qu'une tendance régressive se manifeste avec le début du Paléocène supérieur en accord d'ailleurs avec le schéma théorique des changements des niveaux marins établis par Vail *et al.* (1977). Du domaine épibathyal supérieur, l'environnement du site étudié devient celui d'une plateforme continentale externe.

Cette tendance régressive est d'ailleurs peut-être en relation avec le caractère froid repéré par Haq *et al.* aux alentours de 59 MY (zone à *Pusilla*).

ECOZONE 8 (fin de la zone à *Pusilla*, zone à *Pseudomnardii*, *Velascoensis* et *Subbotinae*).

La présence de *Krithe* sp. F associée aux genres *Costa*, *Paleocosta*, *Soudanella* et *Buntonia* renforce l'hypothèse d'un environnement de plateforme externe évoqué précédemment. Cette microfaune d'ostracodes relativement peu diversifiée est typique de plateaux continentaux supportant des zones à oxygène minimum fortes  $2 < O_2 < 3$  ml/l, souvent accompagnées de fortes thermoclines. Ce résultat est encore parfaitement en accord avec ceux de Haq *et al.* qui mettent en évidence un « Marked warming trend » à partir de 57 MY jusqu'au début de l'Eocène inférieur, et avec ceux de Boersma *et al.* (1979) qui suggèrent à partir de la zone P<sub>3</sub> sur la base des diverses valeurs du  $\delta O_{18}$  à « more intense thermocline barrier between water masses ». Nos résultats semblent également s'accorder avec la baisse relativement importante du  $\delta C_{13}$  enregistrée à la fin du Paléocène et au début de l'Eocène inférieur (Letolle et Renard, 1979) dans de nombreux sites D.S.D.P. de l'Atlantique nord.

#### CONCLUSIONS

1° - L'environnement de la coupe du Kef a oscillé entre un domaine épibathyal supérieur à la fin du Crétacé jusqu'à celui d'une plateforme externe au début de l'Ypresien. Pendant 20 millions d'années, le taux de sédimentation a pratiquement équilibré la subsidence. Donc la progradation a été relativement faible. Sur ce type de plateforme « stable », il est relativement facile de repérer les mouvements eustatiques des niveaux marins. Sur ce plan là, la régression fin Crétacé reste hypothétique et l'argumentation avec les ostracodes ne me paraît pas définitive. Par contre, la régression au passage Paléocène inférieur-supérieur est

à notre avis mieux marquée et en accord avec le schéma théorique de Vail *et al.* (1977).

2° - La position bathymétrique du site pendant le laps de temps considéré est particulièrement importante parce qu'il est situé dans le domaine privilégié de la Z.O.M.

L'examen des *Krithe*, *Parakrithe* et des faunes associées permet de suivre les vicissitudes de ce phénomène hydrologique.

Les variations en intensité et hauteur de la Z.O.M. ont déjà permis de suivre les variations climatiques, et celles des circulations océaniques pendant divers épisodes cénozoïques (Peypouquet, 1979).

Ici, il ressort les points fondamentaux suivants:

— le Maestrichtien est l'époque où la Z.O.M. était la moins intense, suggérant des circulations océaniques profondes relativement importantes dans la Téthys.

— le Crétacé terminal est l'épisode « catastrophique » pour le phytoplancton et les ostracodes les plus littoraux. C'est simplement un épisode « stressant » pour les ostracodes profonds. De toute façon, c'est un épisode soudain et à l'échelle géologique, apparemment non « prévisible » pour le benthos.

— Il se marque probablement par une augmentation brusque des températures au fond et en surface, et par le développement d'une zone à oxygène minimum très marquée  $O_2 \leq 2\text{ml/l}$  augmentant en hauteur, notamment jusqu'aux zones bathymétriques les plus proches de la surface.

Les ostracodes qui ont pu descendre dans le milieu bathyal inférieur ou moyen ont échappé à cette « crise ».

— Le retour à des conditions climatiques « plus fraîches » dès la zone à *Eugubina* a permis au cycle du carbone de redémarrer, et à la photosynthèse de s'établir à nouveau dans le domaine océanique, entraînant ainsi une diminution notable de la zone à oxygène minimum et la réoccupation des étages bathymétriques épibathyaux et de plateforme externe.

Mais l'épisode « cool » qui marque le Danien laisse place à un épisode beaucoup plus chaud qui va avoir pour effet de ralentir sensiblement les circulations océaniques vers la fin du Paléocène inférieur.

Mis à part un léger retour au « froid » vers 59 MY marqué par une tendance régressive assez bien marquée, l'augmentation sensible des températures de surface (essentiellement) va permettre la mise en place d'une thermocline qui va induire le développement d'une zone à oxygène minimum très marquée au-dessus de la plateforme continentale pendant la fin du Paléocène et le début de l'Eocène.

Dans la région du Kef, l'histoire se terminera par une nouvelle régression pendant la fin de l'Yprésien inférieur qui mettra en place un environnement de plateforme continentale interne.

## REMERCIEMENTS

Je remercie Dr. Donze pour m'avoir permis d'étudier les *Krithe* et *Parakrithe* des échantillons qu'il a récoltés et J.P. Colin pour ses critiques et suggestions.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALVAREZ, L. W., ALVAREZ, W., ASARO, F., MICHEL, H., 1980, Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction: *Sciences*, v. 208, pp. 1095-1108.
- ARTHUR, M. A., SCHOLLE, P. A., HASSON, P., 1979, Stable isotopes of oxygen and carbon in carbonates from sites 398 and 116 of the deep sea drilling project. In V. Von Rad, W. B. F. Ryan *et al.* (Eds.). Initial reports of the deep sea drilling project: v. 47, Washington (U.S. Government Printing Office), pp. 477-491.
- BECKMANN, J. P., 1960, Distribution of benthonic foraminifera at the cretaceous-tertiary boundary of Trinidad (West Indies): Report 21 st Geol. Congress Norden Part, vol. 57-69.
- BENSON, R. H., 1975a, Morphologic stability in ostracoda. In Symp. Biology and Paleobiology of ostracoda: Univ. Delaware, 1975. *Bull. American Paleontology*, v. 65.
- , 1975b, The origin of the Psychrosphere as recorded in changes of deep sea ostracodes assemblages: *Lethaia*, Oslo, v. 8, pp. 69-83.
- , 1977, Evolution of *Oblitacanthids* from *Paleocosta* (ostracoda: Trachyleberidae) during the Cenozoic in the Mediterranean and Atlantic: *Smith. Contr. Paleobiol.*, v. 33, pp. 1-48.
- BOERSMA, A., SHACKLETON, N., HALL, M., GIVEN, Q., 1979, Carbon and oxygen isotope. Records at D.S.D.P. site 384 (North Atlantic) and some Paleocene, Paleotemperatures and Carbon isotope. Variations in the Atlantic ocean. In B. E. Tucholke, P. R. Vogt *et al.* (Eds.). Initial reports of the deep sea drilling project: v. 43, Washington (U.S. Government Printing Office), pp. 695-717.
- BRAMLETTE, M., 1965, Mass extinctions in biota at the end of Mesozoic time: *Science*, v. 148, pp. 1696-1699.
- BUROLET, P. F., 1956, Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie centrale: *An. Mines Geol.*, v. 18, pp. 1-350 h.t.
- DALBIEZ, F., 1956, Etude sommaire des microfaunes de la région du Kef. In Notice explicative de la feuille au 1/50.000e n. 44, Le Kef: Imprimerie « La Rapide », Tunis, pp. 35-40.
- DONZE, P., COLIN, J. P., DAMOTTE, R., OERTLI, H. J., PEYPOUQUET, J. P., SAID, R., 1982, Les ostracodes du Campanien supérieur à l'Eocène inférieur de la coupe du Kef, Tunisie nord-orientale: (a paraître).
- DOUGLAS, R. G., SAVIN, S. M., 1973, Oxygen and carbon isotope analyses of cretaceous and tertiary foraminifera from the central north Pacific. In E. L. Winterer, J. I. Ewing, *et al.* (Eds.). Initial reports of the deep sea drilling project: vol. 17, pp. 591-605, Washington D.C. (U.S. Government Printing Office).
- , —, 1975, Oxygen and carbon isotope analyses of tertiary and cretaceous microfossils from Shatsky Rise and other sites in the north Pacific ocean. In R. L. Larson, R. Moberly *et al.* (Eds.). Initial reports of the deep sea drilling project: vol. 32, pp. 509-520, Washington D.C. (U.S. Government Printing Office).
- EMILIANI, C., KRAUS, E., SHOEMAKER, E., 1981, Sudden death at the end of the Mesozoic: Earth and Planetary Science Letters. v. 55, pp. 317-334.

- ESKER, G. C., 1968, Danian ostracodes from Tunisia: *Micro-paleontology*, v. 14 (3), pp. 319-333, pls. 1-4.
- FISCHER, A. G., ARTHUR, M. A., 1977, Secular variations in the pelagic realm. In H. E. Cook & P. Enos (Eds.). *Deep Water carbonate environments: Soc. Economic Paleontol. Mineralogists Spec. Publ. n. 25*, pp. 19-50.
- GARTNER, S., MC GUIRK, P., 1979, Terminal Cretaceous extinction. Scenario for a catastrophe: *Science*, v. 206, pp. 1272-1276.
- , KEANY, J., 1978, The terminal Cretaceous event: an oceanographic solution for a geological puzzle: *Geology*, v. 8, p. 708.
- HAQ, B. U., PREMOLI-SILVA, I., LOHMAN, G. P., 1977, Calcareous plankton, Paleobiogeographic evidence for major climatic fluctuations in the early cenozoic Atlantic ocean: *Jour. Geophys. Res.*, Washington D.C., v. 82, pp. 3861-3876.
- HOOPER, K., JONES, P., 1977, Preliminary report on benthonic foraminifera from the mid Atlantid ridge leg 37 DSDP. In F. Aumento, W. G. Melson *et al.* (Eds.). *Initial reports of the deep sea drilling project: v. 37*, Washington (U.S. Government Printing Office), pp. 963-965.
- HSÜ, K. J., 1980, Terrestrial catastrophe caused by cometary impact at the end of Cretaceous: *Nature*, v. 285, pp. 201-203.
- KYTE, F. T., ZHOU, Z., WASSON, J. T., 1980, Siderophile enriched sediments from the Cretaceous-Tertiary boundary: *Nature*, v. 288, 18/25, pp. 651-656, 2 figs., 3 tab.
- LETOLLE, R. R., 1979, Oxygen 18 and carbon 13 isotopes from bulk carbonate samples leg. 47 B. In V. Von Rad, W. B. F. Ryan *et al.* (Eds.). *Initial reports of the deep sea drilling project: v. 47*, Washington (U.S. Government Printing Office), pp. 493-496.
- MC LEAN, D. W., 1978, A terminal Mesozoic « Greenhouse » lessons from the past: *Science*, v. 201, pp. 401-406.
- PEYPOUQUET, J. P., 1977, Les ostracodes et la connaissance des paléomilieus profonds. Application au Cénozoïque de l'Atlantique nord-oriental: Thèse Doct. Etat, 1977, n. 552, Université de Bordeaux I, 443 pp.
- , 1979, Ostracodes et paléoenvironnements. Méthodologie et application aux domaines profonds du Cénozoïque: *Bull. B.R.G.M.* 1979, (2ème série), section IV, pp. 3-79, 34 figs.
- REID, G. C., ISAKSEN, I. S. A., HOLZER, T. E., CRUTZEN, P. J., 1976, Influence of ancient solar proton events on the evolution of life: *Nature*, v. 259, pp. 177-179.
- RENARD, M., 1979, Phénomènes géochimiques à la limite Crétacé/Tertiaire. Dans la coupe de Gubbio (Ombrie, Italie): In I. T. Birkelund & K. Christensen (Eds.), *Cretaceous-Tertiary boundary events Symposium*. University of Copenhagen, pp. 70.
- RESIG, J. M., 1976, Benthic foraminiferal stratigraphy eastern margin Nazca plate. In R. S. Yeais, S. R. Hart *et al.* (Eds.). *Initial reports of the deep sea drilling project: v. 34* (U.S. Government Printing Office), Washington D.C., pp. 743-751.
- SAID, R., 1978, Etude stratigraphique et micropaléontologique du passage Crétacé-Tertiaire du synclinal d'Elles (région Siliana-Sers), Tunisie centrale: Thèse Doct. 3e cycle, Université de Paris, pp. 1-275.
- SAITO, T., VAN DONK, J., 1974, Oxygen and carbon isotope measurements of late Cretaceous and early Tertiary foraminifera: *Micro-paleontology*, v. 20 (2), pp. 152-177, pls. 1-3.
- SALAJ, J., 1980, Microbiostratigraphie du Crétacé et du Paléogène de la Tunisie septentrionale et orientale (Hypostatotypes tunisiens): *Inst. Géol. de Dionyz Stur., Bratislava*, 238 pp., 62 figs., 64 pls.
- SAVIN, S. M., 1977, The history of the earth's surface temperature during the last 100 millions years. In F. A. Donath, F. G. Stehli & G. W. Wetherill (Eds.): *Ann. Rev. Earth Planet Sci.*, v. 5, pp. 319-355.
- SMIT, J., HERTOGEN, J., 1980, An extraterrestrial event at the Cretaceous-Tertiary boundary: *Nature*, v. 285, pp. 198-200.
- STENESTAD, E., 1979, Upper Maestrichtian foraminifera from the Danian basin. In I. T. Birkelund & R. G. Bromley (Eds.). *Cretaceous-Tertiary boundary events Symposium*. University of Copenhagen, pp. 101-107.
- TAPPAN, H., 1968, Primary production, isotopes extinctions and the atmosphere: *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, v. 4, pp. 187-210.
- THIERSTEIN, H. R., BERGER, W. R., 1978, Injection events in ocean history: *Nature*, v. 276, pp. 461-466.
- , OKADA, H., 1979, The Cretaceous-Tertiary boundary event in the north Atlantic. In B. E. Tucholke, P. R. Vogt *et al.* (Eds.). *Initial reports of the deep sea drilling project, v. 43*, Washington (U.S. Government Printing Office), pp. 601-616.
- VAIL, P. R., MITCHUM, R. M., JR., THOMPSON, S., 1977, Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap: *Am. Assoc. Petroleum Geol.*, v. 26, pp. 63-98.
- WORSLEY, T., 1974, The Cretaceous-Tertiary boundary event in the ocean: *Soc. Econ. Pal. Min. Special Publication*, n. 20, pp. 94-125, (Ed. Hay W.W.).

