

Contribution des nanfossiles dans la recherche pétrolière du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire : Essai de paléotempérature

[Contribution of nanofossils in oil research in the sedimentary basin of Côte d'Ivoire: Paleotemperature test]

N. Zagbayou^{1,2}, M. Ennin Tetchie², Z. B. Digbehi¹, and Traore Famoussa²

¹Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Université Felix Houphouët Boigny Cocody, 22 BP 801, Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Petroci, Centre d'Analyses et de Recherche (Car), BP V 194, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The analyzes carried out in this work relate to the biostratigraphy and paleotemperature, offshore geological formations of the Ivorian sedimentary basin. They are based on the study of 117 cuttings samples from the N1 and N2 wells. These analyzes led to a paleoenvironmental reconstruction. The main stratigraphic species of nanofossils allowed a local nanostratigraphic scale of the upper part of the Campanian and the late Maastrichtian and of the Maastrichtian Danian passage. In the different wells, the qualitative and quantitative analyzes show that at the Cretaceous / Paleogene limit, the nanofossil populations disappear with nearly 100% of their diversity and their overall numbers. However, we note that there was a slight warming in the Lower Maastrichtian followed by a cooling of the waters in the early Tertiary (Paleocene). The renewal of nanofossils does not begin until the Danian after the extinction resulting from the K / Pg crisis. In the wells, the sudden extinction (accompanied by a drop in CaCO₃) and the mode of renewal of nanofossils indicate a catastrophic event at the end of the Cretaceous.

KEYWORDS: Nanofossil, K/Pg Boundary, Biozonation, Maastrichtien, Danian , Campanien, offshore Bassin, Côte d'Ivoire.

RESUME: Les analyses effectuées dans ce travail portent sur la biostratigraphie et la paléotempérature, des formations géologiques offshore du bassin sédimentaire ivoirien. Elles s'appuient sur l'étude de 117 échantillons de déblais issus des puits N1 et N2. Ces analyses ont abouti à une reconstitution paléoenvironnementale.

Les principales espèces stratigraphiques de nanofossiles ont permis une échelle nanostratigraphique locale de la partie supérieure du Campanien et du Maastrichtien terminal et du passage Maastrichtien Danien.

Dans les différents puits, les analyses qualitatives et quantitatives montrent qu'à la limite Crétacé/Paléogène, les populations de nanofossiles disparaissent avec près de 100% de leur diversité et de leurs effectifs globaux. Toutefois, nous remarquons qu'il y a eu un léger réchauffement au Maastrichtien inférieur suivi d'un refroidissement des eaux au début du Tertiaire (Paléocène). Le renouvellement des nanofossiles ne débute qu'au Danien après l'extinction qui résulte de la crise K/Pg. Dans les puits, l'extinction brutale (accompagnée d'une chute de CaCO₃) et le mode de renouvellement des nanofossiles indiquent un événement catastrophique à la fin du Crétacé.

MOTS-CLEFS: Nanofossiles, limite K/Pg, Danien, Maastrichtien, Campanien, Bassin offshore, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Au cours de ces dernières décennies, de nombreuses études micropaléontologiques ont été menées à la fois onshore et offshore au niveau du bassin [1, 2, 3].

Les études des nanofossiles calcaires n'est généralement pas effectuée car cette étude est nouvelle et presque méconnue des géologues ivoiriens à part les rares travaux réalisés sur la Ride Ghana Côte d'Ivoire par [4].

Pourtant la disponibilité des microscopes optiques à haute résolution, l'amélioration des techniques de microscopie électronique, les études sur les sédiments profonds des océans grâce aux projets internationaux de forages océaniques DSDP, IPOD, ODP et IODP et l'exploration pétrolière ont fortement contribué à leur connaissance et utilisation.

Le présent travail vise à résoudre un certain nombre de questions scientifiques notamment:

- Comment l'analyse des nanofossiles pourrait-elle contribuer à l'amélioration de l'échelle biostratigraphique locale établie jusque-là grâce aux études de foraminifères
- la combinaison des données de nanofossiles avec celles de la lithologie, de la calcimétrie et de la géochimie, peut-elle préciser l'environnement de dépôt de ces sédiments au cours de la l'intervalle Campanien-Danien dans le bassin ivoirien ?

Cette étude vise à décrire avec précision, l'évolution des environnements de dépôt des formations présentes par le biais de la connaissance sur la paléotempérature des espèces rencontrés dans les puits N1 et N2.

Les puits N1 et N2 sont situés dans la marge d'Abidjan du bassin offshore ivoirien (fig.1).

Leur coordonnées géographiques se présentent comme suit :

N1 4°49'20,24''N 3°15' W

N2 4°59'58, 38''N 3°38'W

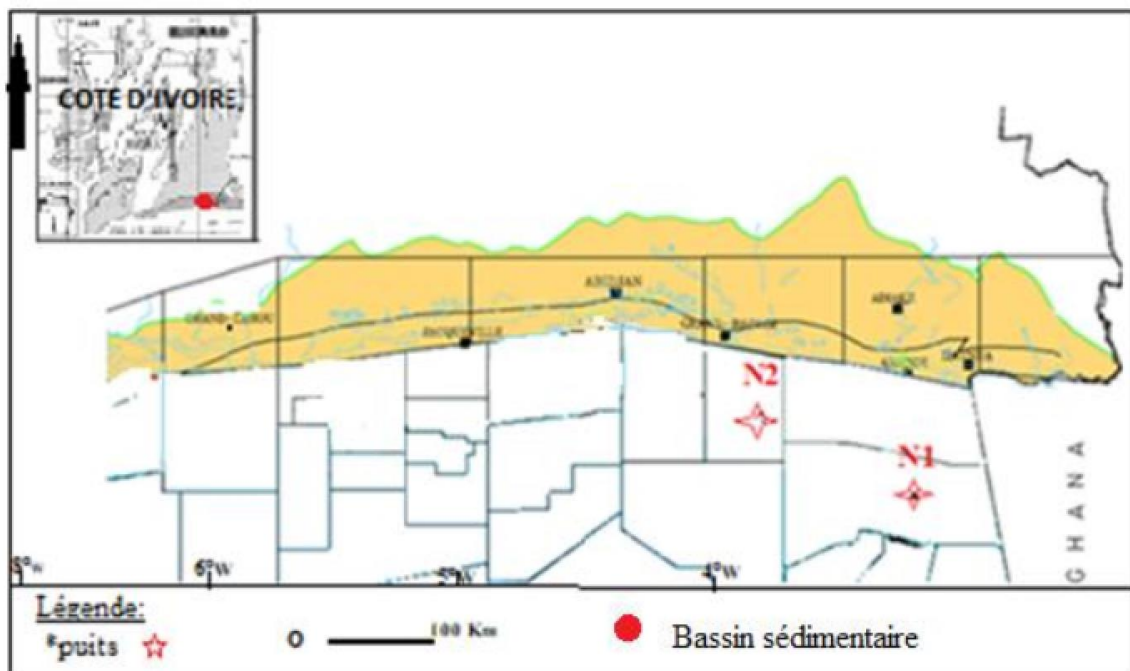


Fig. 1. Localisation géographique des puits N1 et N2 étudiées

2 MATERIEL ET METHODES

Le matériel utilisé est constitué exclusivement de déblais de forage sur lesquels une technique standard d'extraction des nanofossiles a été opérée en plusieurs étapes classiques.

Notamment répartition homogène de vaguelettes sur la lame ; recouvrement par une lamelle par le biais d'un adhésif (Loctite 835) et identification taxonomique au microscope pétrographique Nikon (Ellipse LV100POL).

Les interprétations nanostratigraphiques sont basés sur la première et la dernière apparition des espèces chronostratigraphiques et les biozones utilisées sont celle de [5, 6] sur le Crétacé et celle de [7] pour le Tertiaire.

3 RESULTATS

3.1 ETUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DES NANNOFOSSILES

Au niveau du puits N1-1X les nanfossiles ont été identifiés dans l'intervalle 1464 -2472 m dont trente-sept (37) ont été spécifiés et trois (3) ont été laissés en nomenclature ouverte. Dix (10) espèces d'entre elles ont servi aux découpages nanostratigraphiques de l'intervalle d'étude. Le tableau 1 présente la quantité d'espèces présents dans le puits N1.

Le passage Crétacé /Tertiaire est marquée par un intervalle de dissolution des nanfossiles qui pourrait être dû à une rapide acidification des eaux ou à un approfondissement du milieu.

Le début du Maastrichtien est marqué par à une présence d'espèces et se raréfiant à partir de la côte 1720 m, Cette absence de nanfossiles calcaires pourrait être due à la dissolution diagénétique ou chimique intense des carbonates probablement liées à une acidification des eaux enregistrée dans l'intervalle 1760-2460m ou absents. Le campanien n'a pu être identifié.

Tableau 1. Répartition verticale des populations d'espèces répertoriées dans l'intervalle (1464-1836 m) du puits N1 étudié 1/2

Prof (m)	<i>Coccolithus pelagicus</i>	<i>Coccolithus formosus</i>	<i>Coccolithus subpertus</i>	<i>Towienia rotundus</i>	<i>Towienia callosus</i>	<i>Cyrtococcolithus alta</i>	<i>Cruciplacolithus intermedius</i>	<i>Discoaster salisburgensis</i>	<i>Zenithodolus sigmoides</i>	<i>Sphenolithus abies</i>	<i>Transversopontis pikcher</i>	<i>Watznaueria barnesae</i>	<i>Micula staurophora</i>	<i>Quadrum trifidus</i>	<i>Coccolithus pelagicus</i>	<i>Chastococcus bifarius</i>	<i>Predcosphaera cretacea</i>	<i>Archangelicella cymiformis</i>	<i>Effelithus turrisfeldi</i>	<i>Gartnerago obliquum</i>	<i>Cribrosphaera ehrenbergii</i>	<i>Quadrum gothicus</i>	<i>Quadrum sissinghii</i>	<i>Baculum ellipticum</i>	<i>Loxolithus armilla</i>	<i>Uniplanarius trifidus</i>	<i>Sradnerithus crenulata</i>	<i>Lithraphidites quadratus</i>	<i>Microrhabdulus undosus</i>	<i>Helicolithus sp cf H trabeculatus</i>	<i>Lucianorhabdus coyeuxi</i>	<i>Braaridospaera bigelowi</i>	<i>Micula murus</i>	<i>Mannitella pemmatoidae</i>	<i>Micula concava</i>	<i>Arkangelicella maastrichtiana</i>	<i>Braaridospaera bigelowi</i>	<i>Micula swastica</i>	<i>Micula sp. cf M. murus</i>	<i>Lucianorhabdus sp cf L. maleiformis</i>													
1464	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0																																											
1500	5		2	2	1	1																																															
1518	20	1	2		2		3	1	1																																												
1536	5										2	1																																									
1572													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1572																																																					
1581																																																					
1590																																																					
1608												9	6	1			1	1	1	1																																	
1626																	6				1		4	9	2	1	1	3		1	2	3	3	1	1	1																	
1653																																							1														
1671																																																					
1680													7				1					1	1	5																													
1698													2																																								
1716																																											1										
1734																																																					
1761																																																					
1779																																																					
1797																																																					
1812																																																					
1824																																																					
1836																																																					

Tableau 2. Répartition verticale des populations d'espèces répertoriées dans l'intervalle (1362-2037) du puits N2 étudié 1/2

Prof(m)	E																	
	1362	1377	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	1380	
1362																		
1380																		
1398																		
1416																		
1425																		
1434																		
1452																		
1470																		
1488																		
1506																		
1524																		
1533																		
1542																		
1551																		
1560																		
1578																		
1596																		
1614																		
1623																		
1632																		
1641																		
1650																		
1668																		
1677																		
1686																		
1704																		
1722																		
1740																		
1749																		
1758																		
1767																		
1776																		
1785																		
1794																		
1803																		
1812																		
1821																		
1839																		
1851																		
1857																		
1875																		
1893																		
1902																		
1911																		
1929																		
1938																		
1947																		
1956																		
1974																		
1983																		
1992																		
2001																		
2019																		
2028																		
2037																		

3.2 PALÉOTEMPÉRATURE DES NANNOFOSSILES CALCAIRES

Les tableaux 3 et 4 présentent l'abondance relative des espèces en fonction de la température au Paléocène et au Crétacé supérieur.

- **Au Paléocène** : les espèces des eaux froides (Fig.2) sont plus abondantes (**92%**), avec une forte présence de *Coccolithus pelagicus*, que les espèces des eaux chaudes (**8%**). Nous pouvons conclure qu'au Paléocène les masses d'eaux se sont refroidies.
- **Au Crétacé** : le nombre d'espèce des eaux chaudes (Fig.3) est sensiblement égal (**59%**) à celui d'espèce des eaux froides. Les assemblages sont dominés par *Watznaueria barnasea* (Pl1/1) pour les espèces des eaux chaudes et *Quadrum sissinghii* donc ces masses d'eaux étaient plus ou moins froides.

Tableau 3. Nombre de spécimens des espèces du Tertiaire en fonction de la température du puit N1

		Quantité	Total
Espèces des eaux froides	<i>Coccolithus pelagicus</i>	35	35
Espèces des eaux chaudes	<i>Sphenolithus abies</i>	2	3
	<i>Discoaster sp.</i>	1	

Fig. 2. Distribution sectorielle des espèces du Paléocène en fonction de la température du milieu du puits N1

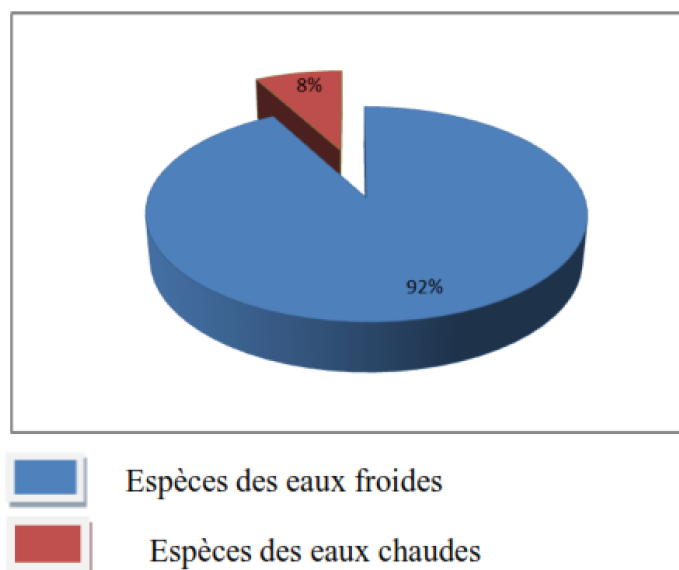
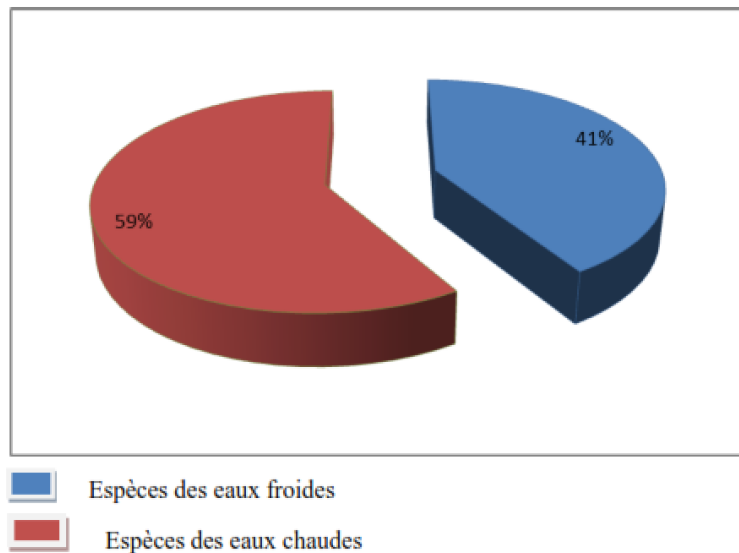


Tableau 4. Nombre de spécimen des espèces du Crétacé en fonction de la température du puits N1

		Quantité	Total
Espèces des eaux chaudes	<i>Micula murus</i>	2	30
	<i>Uniplanarius sissinghii</i>	14	
	<i>Uniplanarius trifidus</i>	2	
	<i>Watznaueria barnasea</i>	11	
Espèces des eaux froides	<i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i>	1	21
	<i>Micula concava</i>	1	
	<i>Micula staurophora</i>	13	
	<i>Prediscosphaera cretacea</i>	7	

Fig. 3. Distribution sectorielle des espèces du Crétacé en fonction de la température du milieu du puits N1



3.3 Puits N2

Les tableaux 5 et 6 présentent le nombre de spécimens en fonction de la température au cours du Paléocène et du Maastrichtien

- **Au Paléocène** : Les espèces des eaux froides (Fig.4) sont plus abondantes (95%), avec une forte présence de *Coccolithus pelagicus* au regard des espèces des eaux chaudes (5%) reflétant les masses d’eaux chaudes dans cet étage.
- **Au Crétacé** : les espèces des eaux froides (Fig.5) sont dominés (53%) par *Prediscosphaera cretacea* (P11/2) et *Gartnerago segmentatum* (P12/8) contre celles des eaux chaudes (47%). Essentiellement représenté par *Watznaueria barnasiea*. Il en résulte donc que les masses d’eaux étaient plus ou moins froides.

Tableau 5. Nombre de spécimen des espèces du Tertiaire en fonction de la température du puits N2

		Quantité	Total
Espèces des eaux relativement froides	<i>Coccolithus pelagicus</i>	77	84
	<i>Recticulofenestra sp</i>	7	
Espèces des eaux relativement chaudes	<i>Thoracosphaera sp</i>	3	4
	<i>Discoaster sp.</i>	1	

Fig. 4. Distribution sectorielle des espèces du Tertiaire en fonction de la température du milieu du puits N1

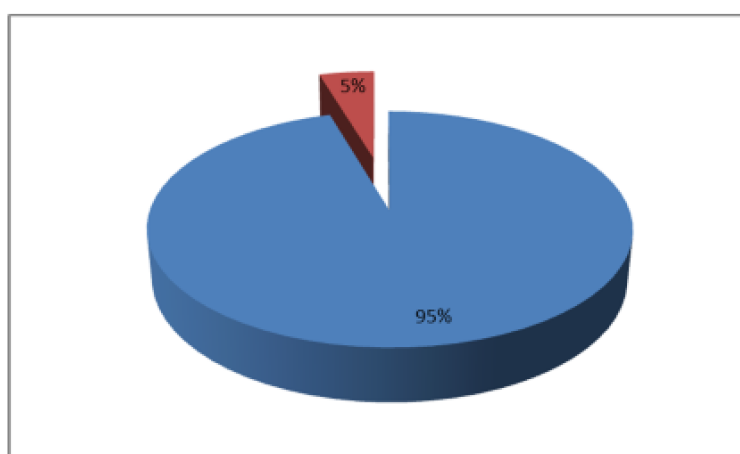
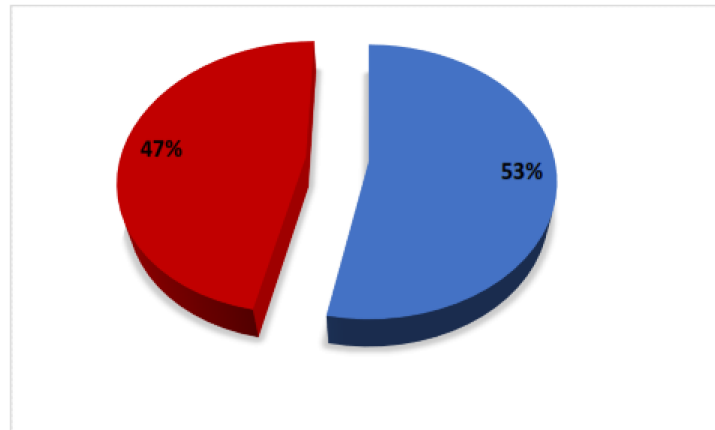


Tableau 6. Nombre de spécimen des espèces du Crétacé en fonction de la température du puits N2

		Nb. de spécimen	Total
Espèces des eaux relativement chaudes	<i>Micula murus</i>	23	415
	<i>Uniplanarius sissinghii</i>	18	
	<i>Uniplanarius trifidus</i>	9	
	<i>Watznaueria barnasea</i>	365	
Espèces des eaux relativement froides	<i>Cribrosphaerella ehrenbergii</i>	84	470
	<i>Micula concava</i>	11	
	<i>Micula staurophora</i>	87	
	<i>Prediscosphaera cretacea</i>	114	
	<i>Kamptnerius magnificus</i>	45	
	<i>Ahmuerrella octoradiata</i>	4	
	<i>Gartnerago segmentatum</i>	125	

Fig. 5. Distribution sectorielle des espèces du Tertiaire en fonction de la température du milieu du puits N2



4 DISCUSSION

Les travaux [8] menés dans le bassin de Demerara, (Brésil) témoignent d'un refroidissement accru au Maastrichtien, alors que nos travaux témoignent d'un réchauffement au cours du Maastrichtien.

Selon ces mêmes travaux il a été prouvé que la limite (K/Pg) a connu un réchauffement rapide et global [9] comme le montre dans ce travail la présence des espèces caractérisant une paléotempérature élevée relative à Maastrichtien.

De plus une étude détaillée des nannofossiles calcaires de la section Elles (Tunisie) a été étendue sur la limite K/Pg. Les assemblages de Maastrichtien sont riches et bien conservés. Des impulsions de refroidissement des eaux de surface, probablement liées à l'upwelling épisodique, sont révélées par l'augmentation de l'abondance des taxons d'eau froide principalement *Kamptnerius magnificus*, *Nephrolithus frequens*, *Ahmuellerella octoradiata*, *Gartnerago spp.* [10]

Les espèces *Micula murus* à eaux de surface tropicales chaudes [11,12] et *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Reinhardtites levis*, *Arkhangelskiella cymbiformis* opère dans les environnements oligotrophes tout comme *Watznaueria barnesiae* pour réchauffer les eaux de surface oligotrophes [14,15,16,17,18,19,20, 21].

Watznaueria barnesiae est considérée comme un bon taxon index pour indiquer une altération des assemblages [14 ,22] Cette espèce est l'un des nannofossiles du Crétacé les plus résistants à la dissolution et à la diagenèse ; par conséquent, les assemblages contenant plus de 40% de ses spécimens sont considérés comme fortement altérés [14]. Outre ces facteurs, il convient également de prendre en compte les hypothèses selon lesquelles *Watznaueria barnesiae* augmente également dans des conditions de faible productivité [23].

L'interprétation des pourcentages de *Watznaueria barnesiae* a également une implication plus complexe lorsque *Micula staurophora* est présente, comme dans les échantillons maastrichtiens [24] En effet, l'on sait que les deux espèces sont résistantes à la dissolution, mais elles sont liées à différents domaines paléolatitudinaux (*W. barnesiae* aux latitudes basses à moyennes et *M. decussata* aux latitudes élevées).

5 CONCLUSION

L'étude biostratigraphique et la paléotempérature des espèces des puits N1 et N2 a révélée qu'au Paléocène les espèces des eaux froides sont largement dominantes par contre au Crétacé ce sont les espèces des eaux chaudes qui sont dominantes.

Toutefois, nous remarquons qu'il y a eu un léger réchauffement au Maastrichtien inférieur suivi d'un refroidissement des eaux au début du Tertiaire (Paléocène).

Comme le montrent cette étude et celles de [8 ,11 ,12] les nannofossiles calcaires mettent en évidence une baisse globale de la valeur nutritive des eaux de surface tropicales à la fin du Maastrichtien.

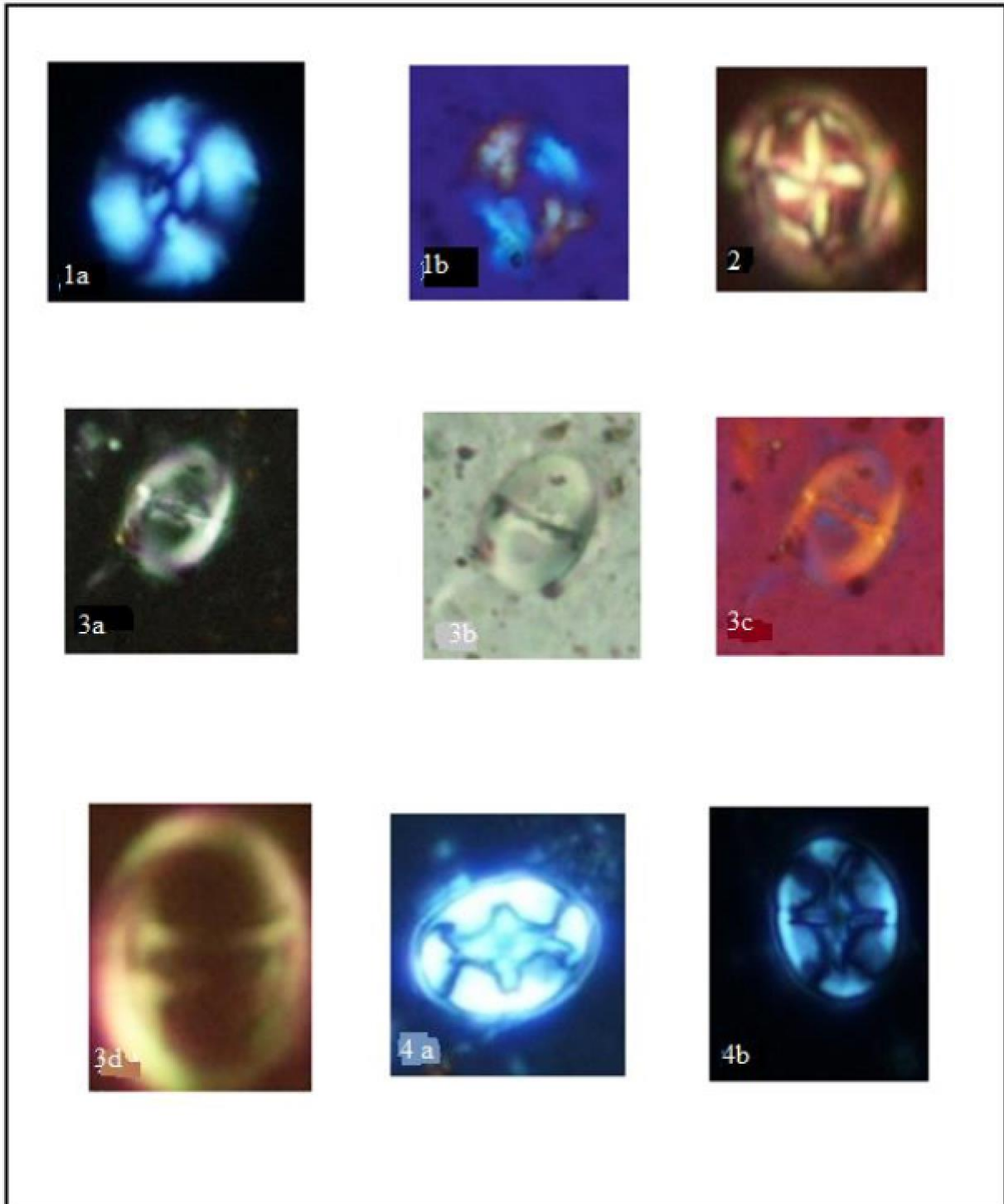
Cependant, dans la présente étude et dans de nombreuses sections à travers le monde (Pospichal 1996 ; Bown 2005 ; Jiang et al.,2010), les fluctuations climatiques et les perturbations environnementales associées au volcanisme du Deccan ont eu un impact relativement faible sur la diversité de la communauté de nannoplancton calcaire antérieurement à l'impact bolide K – Pg B.

REFERENCES

- [1] Bamba M. K., Digbehi B. Z., Sombo B. C., Goua T. E. & N'DA L. V. (2011). Foraminifères planctoniques, biostratigraphie et paleoenvironnement des dépôts albo - turoniens de la Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *Revue de Paleobiologie*, vol 30, pp. 1-11.
- [2] Guédé K. E., Slimani H., Louwye S., Asebriy L., Toufiq A., Ahmamou M. F., El Amrani, El Hassani I. E. & Digbehi Z. B. (2014). Kystes de dinoflagellés à parois organiques de la succession du Crétacé supérieur et du Paléocène inférieur dans le Rif externe occidental, Maroc nouvelle espèce et nouveaux résultats biostratigraphiques. *Geobios*, 47, pp 291-304.
- [3] Zoh D. A. B., Yao N. J-P., Yao M. N., Goha R. B., & Zeli B. D. (2016). Etude sédimentologique et palynologique des aquifères du Tertiaire des régions des lagunes (Abidjan) et du sud Comoé (Nouamou): implication paleoenvironnementale. *International Journal of Innovation and Applied Studies* vol. 17, n ° 3, pp. 915_ 926
- [4] Robertson (1998). Biostratigraphie du sondage Ocelot-1, Léopard-1. non publié 28p.
- [5] Sissing W. (1977). Biostratigraphy of cretaceous calcareous nannoplankton *Geologie en Mijnbouw*, V, 56 p36-65.
- [6] Perch-Nielsen, K. (1985) . Mesozoic calcareous nannofossils. In Bolli, H.M., Saunders, J.B., PerchNielsen, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, 329–427
- [7] Martini, E. (1971). Zonation du nannoplancton calcaire standard du Tertiaire et du Quaternaire. A. Farinacci (ed.), *Actes de la Conférence du plancton, Rome, 1970, 2, 739-85*
- [8] Thibault N, Gardin S (2006) Biostratigraphie et paléocéologie de nanfossiles calcaires maastrichtiens dans l'Atlantique équatorial (Demerara Rise, ODP Leg 207 Hole 1258A). *Rev Micropaléontol* 49 : 199-214
- [9] Li L, Keller G (1998). Réchauffement abrupt des profondeurs de la mer à la fin du crétacé. *Géologie* 26 : 995–998
- [10] Thierstein H.R. (1980) Dissolution sélective de nanfossiles calcaires du crétacé tardif et du tertiaire : preuve expérimentale. *Crétacé Res* 1 : 165–176
- [11] Thibault N, Gardin S (2007) . Le récit de nanfossiles de maastrichtien tardif concernant les changements climatiques dans le sud de l'Atlantique Sud, DSDP Hole 525A. *Mar Micropaleontol* 65 : 163–184
- [12] Thibault N, Gardin S (2010). La réponse des nanfossiles calcaires à la fin de la période chaude du Pacifique dans le Pacifique tropical. *Palaeogeogr Palaeoclimatol* 291 : 239
- [13] Erba E, Castradori D, Guasti G, Ripepe M (1992). Calcaire nanfossiles et cycles de Milankovitch l'exemple de l'Albian Formation de Gault Clay (sud de l'Angleterre). *Paleogeogr, Paleoclimato, Paleoecol* 93 (1–2) : 47–69
- [14] Roth, P.H., Krumbach, K.R., (1986). Biogéographie et conservation de nanfossiles calcaires du Crétacé moyen dans les océans Atlantique et Indien; implications pour la paléocéanographie. *Micropaléontologie marine* 10, 235 - 266.
- [15] Williams J. R, Bralower TJ (1995). Assemblages de nanfossiles, fraction fine isotopes stables et la paléocéanographie de la région valanginienne Barremian (Crétacé inférieur) Bassin de la Mer du Nord. *Paléocéanographie* 10 (4) : 815–839
- [16] Watkins D. K, Sage SW Jr, Pospichal JJ, Crux J (1996). Crétacé supérieur biostratigraphie des nanfossiles calcaires et paléocéanographie de l'Océan Austral. Dans : Mognilevsky A, Microfossiles de Whatley R (eds) et environnements océaniques, pp 355–381
- [17] Fisher C.G , Hay w.w. (1999). Nanfossiles calcaires en tant qu'indicateurs de la paléofertilité du Crétacé moyen le long d'un front de mer, U. S. Western Interior. Dans : Barrera E, Johnson CC (eds) *Evolution du système océan-climat du Crétacé*. *Geol Soc Am* 332: 161–180.
- [18] Lees, J.A., 2002. Calcareous nannofossil biogeography illustrates palaeoclimate change in the Late Cretaceous Indian Ocean. *Cretaceous Research* 23,537–634.
- [19] Watkins D.K, Self-Trail J. M (2005). Calcareous nannofossil evidence for the existence of the Gulf Stream during the late Maastrichtian. *Paleoceanography* 20(3) PA3006 (1-9)
- [20] Thibault N, Gardin S (2007). Le récit de nanfossiles de maastrichtien tardif concernant les changements climatiques dans le sud de l'Atlantique Sud, DSDP Hole 525A. *Mar Micropaleontol* 65 : 163–184
- [21] Sheldon E, Ineson J, Bown P (2010). Réchauffement de Maastrichtien tardif dans le royaume boréal : preuves de nanfossiles calcaires du Danemark. *Palaeogeogr Palaeoclimatol* 295: 55–75
- [22] Lamolda, M.A., Gorostidi, A., Paul, C.R.C., (1994) Estimations quantitatives de l'évolution des nanfossiles calcaires à travers le Plenus Marls (dernier Cénomaniens), Douvres, Angleterre. Implications pour la génération de l'événement de frontière Cénomaniens – Turonien. *Recherche sur les créatures* 14, pp 143 –164
- [23] Erba, E., Whatkins, D., Mutterlose, J., (1995). Campanien nanfossiles calcaires de Wodejebato Guyot. Dans : Haggerty, J. A., Premoli Silva, I., Rack, F., McNutt, M.K. (Eds.), *Actes du programme de forage océanique. Résultats scientifiques*, 144, 141-156
- [24] Gorostidi, A., Lamolda, M.A., (1995). La nanflore calcaire et le transit K/T de la section de Bidart (sud-ouest de la France). *Revue espagnole de Micropaleontologie N° Hommage au Dr. Guillermo Colom*, 153 - 168.

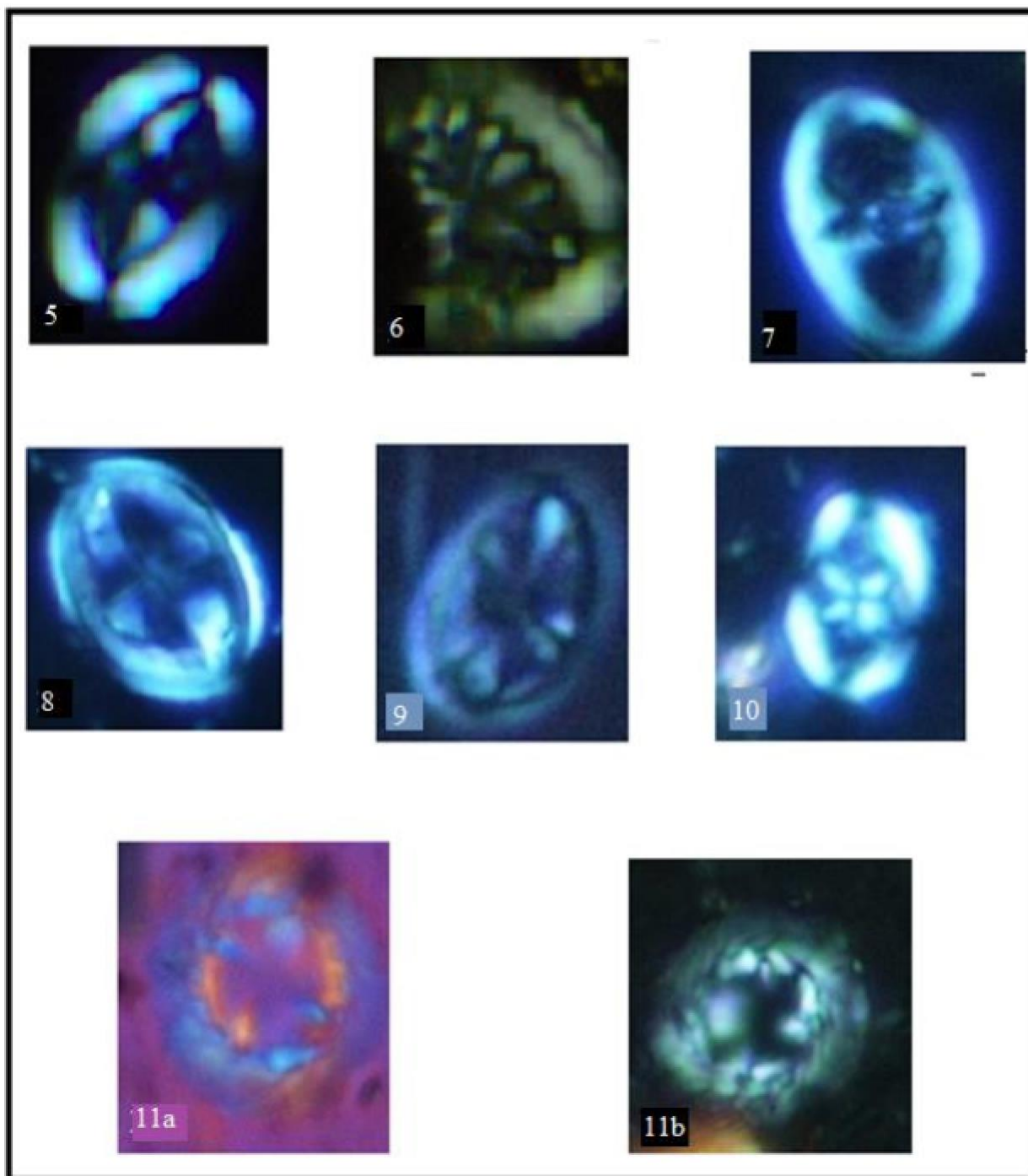
- [25] Pospichal, J.J., Wise, S.W., (1990). Nannofossile calcaire autour de la limite K / T, trou ODP 690C, montée de Maud, mer de Weddell. Actes du programme de forage océanique. Résultats scientifiques 113, 515 - 532.
- [26] Jiang S, TJ Bralower, ME Patzkowsky, Kump LR, JS Schueth (2010). Contrôles géographiques de l'extinction du nannoplancton à travers la limite Crétacé / Paléogène. Nat Geosci 3: 280– 285

ANNEXE I. PLANCHE 1



1 – *Watznauria barnesiae* (a,b)
2- *Prediscosphaera cretacea*
3-*Zeugrhabdotus diplogrammus* (a,b,c-d)
4-*Eiffellithus eximus*

ANNEXE II. PLANCHE 2



- 5- *Arkhangelskiella cymbiformis*
- 6- *Retecapsa surirella*
- 7- *Zeugrabdothus noelia*
- 8- *Gartenerago segmentatum*
- 9- *Ahmurerella octoradiata*
- 10- *Helicolithus trabeculatus*
- 11- *Prediscosphaera ponticula* (a et b)