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

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

N. Zagbayou¹⁻², 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 Houphouet 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 lvorian 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 nannofossils allowed a local nannostratigraphic 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 nannofossil 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 nannofossils 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 nannofossils indicate a catastrophic event at the end of the Cretaceous.

Keywords: Nannofossil, K/Pg Boundary, Biozonation, Maastrichien, 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 N1et N2. Ces analyses ont abouti à une reconstitution paléoenvironementale.

Les principales espèces stratigraphiques de nannofossiles ont permis une échelle nannostratigraphique 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 nannofossiles 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 nannofossiles 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 nannofossiles indiquent un événement catastrophique à la fin du Crétacé.

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

1 INTRODUCTION

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

Les études des nannofossiles 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:

- a) Comment l'analyse des nannofossiles pourrait-elle contribuer à l'amélioration de l'échelle biostratigraphique locale établie jusque-là grâce aux études de foraminifères
- b) la combinaison des donnés de nannofossiles avec celles de la lithologie, de la calcimétrie et de la géochimie, peutelle 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 paléotemparature 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 N1et N2 étudiées

2 MATERIEL ET METHODES

Le matériel utilisé est constitué exclusivement de déblais de forage sur lesquels une technique standard d'extraction des nannofossiles a été opéré 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 nannostratigraphiques 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 nannofossiles 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 nannostratigraphiques 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 nannofossiles 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 nannofossiles calcaires pourrait être due à la dissolution diagénetique 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.

	_			_	_	_	-	_	_	-	-	-	_	-	_		-	_	-		-	-	-	_		_	-		_	_	_	-		—	—	_	_	_	—	—	
E p e c e s	Coccolithus pelagicus	Coccolithus formosus	Coccolithus subpertus	Towenis rotondus	Toweins callossus	Cycligarcolithus alta	Cruciplacolithus intermedius	Discoaster salisburgensis	Zeugrhabdothus sig moides	Sphenolithus abies	Transversonpontis pukher	Watnawia barnesae	Micula staurophora	Quadrum trifidus	Coccolithus pelagicus	Chiastocygus bifarius	Prediscosphaera cretacea	Arckangelskiella cymformis	Eiffelithus turriseifeli	Gartnerago obliqum	Cribrosphaera ehrenbergii	Quadrum gothicus	Quadrum sissinghii	Biscutum ellipticum	Loxolithus armilla	Uniplanarius trifidus	Stradnerlithus crenulata	Lithraphidites quadratus	Microrhabdulus undosus	Helicolithus sp.cf.H trabeculathus	Lucian orha bdus capeuxi	Braarudosphaera bigelowi	Micula murus	Manivitella pemmatoidae	Micula concava	4rkangelkiella maastrichiana	Braarudosphaera bigelowi	Micula swastica	Micula sp. cf M.murus	Lucianorhabdus sp cf L. maleformis	
1464	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1			-	-	-	-	,		-	-	-	-		-						-				-		-		-	-	
1500	5	-	2	2	1	1	-	-	-																																
1518	20	1	2	-	2	-	3	1	1																																
1536	5	-	-		-		-	-		2	1																														
1572									1			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																																									1
1581																																									r
1590																																									
1608												9	6	1		1	1	1	1	L																					
1626																	6	i		1		4	9	2	1	1	3	1	2	3	1	1	1								
1653																																		1	1						
1671																																									
1680													7			1					1	1	. 5												1	1	1				
1698												2	-																									1	1		
1716																																									
1734																					_																			_	
1761																						1																			
1779																																									
1797																																									
1812																																									
1824							_																		1																
1836																										1											1				

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

E s p c c s	Coccolithus pelagicus	Coccolithus formosus	Coccolithus subpertus	Towenis rotondus	Toweius callossus	Cycligarcolithus alta	Cruciplacolithus intermedius	Discoaster salisburgensis	Zeugrhabdothus sigmoides	Sphenolithus abies	Transversonpontis pulcher	Watznauria barnesae	Micula staurophora	Quadrum trifidus	Coccolithus pelagicus	Chiastozygus bifarius	Prediscosphaera cretacea	Arckangelskiella cymformis	Eiffelithus turriseifeli	Gartnerago obliqum	Cribrosphaera ehrenbergii	Quadrum gothicus	Quadrum sissinghii	Biscutum ellipticum	Loxolithus armilla	Uniplanarius trifidus	Stradnerlithus crenulata	Lithraphidites quadratus	Microrhabdulus undosus	Helicolithus sp.cf.H trabeculathus	Lucianorhabdus cayeuxi	Braarudosphaera bigelowi	Micula murus	Manivitella pemmatoidae	Micula concava	Arkangelkiella maastrichiana	Braarudosphaera bigelowi	Micula swastica	Micula sp. cf M. murus	Lucianorhabdus sp cf L. maleform is	
1848																																									0
1860																																									0
1872																																									0
1884																																									0
1902																																									0
1920																																									0
1944																																									0
1962																																									0
1980																																									0
2004																																									0
2064																																									0
2094																																									0
2112																																									0
2130																																									0
2154																																									0
2172																																									0
2190																					1	5																		1	7
2214																																									0
2232																																									0
2250																																									0
2268																																									0
2292																																									0
2310																																									0
2340																																									0
2352											-		1												1																0
2364																																									0
2406								1	1		1		1						1	-	-					1															0
2418									1	1		F	T	F				1	1	1	1				1	T			F												0
2430							-	-	1		1		1						1	\vdash	-			-		1														-	0
2442								1	1		1		t	-				-	t	t	1			1	t	t	1		1										-	-	0
2460								-	-		-		-						1	+	-			-		1	-		-	-	-									-	0
2472							-	1	1	-	1	1	t	-	-		-	-	1	\vdash	-		-	1	t	t			1	-									-	\vdash	0

Tableau 1. Répartition verticale des populations d'espèces répertoriées dans l'intervalle (1848-2472) du puits N1 étudié 2/2

Dans le puits N2 l'intervalle 1362 -2019 m a fourni 122 espèces dont 55 ont été spécifiées et 25 laissées en nomenclature ouverte. Treize (13 espèces) ont été utilisées pour les découpages biostratigraphiques de l'intervalle d'étude.

La nannoflore de cet intervalle est abondante et consignée dans le Tableau 2.

Sur la base de ces deux biozonations, cet intervalle 1380 à 1790 m est daté du Maastrichtien. En effet, les espèces Watznauria barnesea, (Pl1/1) représente près de (80%) de l'effectif et d'autres espèces (*Cribrosphaerella ehrenbergii, Micula concava, Retecapsa crenulata* et *Quadrum sissinghii*) sont fortement présents.

La présence de *Quadrum sissinghii* et de *Quadrum trifidus* dans cette association permet d'attribuer aux sédiments de cet intervalle un âge pas plus jeune que maastrichtien inférieur.

una sta name decomenne a		+	-	+	•							-	-	T	T	T						-	T	T			Ħ		-		-						Т		-	-	-	T	_	-						-
innamod nanodosana i					(m	-	H				-	+	+	+	-	+	-			+	+	+	+	m	1 101	-		-	-	-	+	-	-			-	+	+	+	+	+	-	-	-						
olucitnon neodarcosilon 9			'n	+	-	-	H	ŝ	00	2	~ 1	~ .	0 -			. ~		-		+	+	+	+	-	1 4	_	m	9	9			4	-		_	+	-	_	+	+	-	-	-	⊢						
นกฤปนอนธอร ออบเอนุมช ฏ	Ι.	~ -		-	-	-				ব		-	-	-			_			_	_	+	+						_	_	_	_	-	_		_	+	+	+	-	-	-	-	-				_		
ninnsis ninosnios d		-		+	-	-			_	_	_	+	+	-	_	-	-			_	_	+	+	+	-	_			_	_	_	_	-		_	_	+	+	+	-	+	-	-	L				_		
2194ds 0220 J								_		_		_	+			_				_	_	_	+	-					_	_	_	_	_			_	_	+	+	_	_	_		L				_		
yticula murus	<u> </u>							-		-												_	1	_														_						L						
euinerotygus littlerarius				<u></u>	1																						-	-		-		1	-	-																
lis ning prins il	1	~		-	1																																													
Prediscosphaera grandis	1	~																																																
ühgnissis.Q. V. murhau Q		-	1	•						-																																								
ntavo nirun nata W		-		~	١													-			•	•	-	2	•																									
suiruljid su gyzoi suid.)		~ *	• •	- 4	2	Г			-			-	Т	Т	Т	Г	Г					•	Т	m	1			~			Т		Г				Т	Т	Т	Т	Т	Г	Г	Г						
androg suitibili 2		-	T	T	t		П				-	T	T			T	1					T	Т	1	-			~					T				T	T	t	T	1	1	T	F						
g pentana ellipticam		-	t	-	1					-	1	2		•	1	t	T			•	•	t	t	t	1	1					-	-	t			+	t	t	t	t	+	1	t	t				-		
nsounds manuel discosipiu d		-	t	t	t	1	H				+	+	t	t	+	t	1			+	t	t	t	t	+	1					+	+	t			+	t	t	t	t	+	t	t	t						
si uninger ta		~	+	+	t	+				-	+	+	t	+	+	+	-			+	+	t	t	-	•					-	+	+	t			+	+	+	+	+	+	+	t	1						
LI GINCOININ & MUDGCINITINS		2	+	-	•	+	H		-	+	+	+	t	t	+	t	t			+	•	•	t	t	t	-		-		+	+	+	t		-	+	+	÷	t	+	+	t	t	t						-
smodoca smu	-	-	+	+	⊢	+	H			-	+	+	÷	+	+	+	-			+	+	+	÷	+	+				-	-	+	+	÷		-	+	+	+	+	+	+	+	+	-				-		
2 www.www.www.	-	• •	•	+	-	-	H		-		-	-	-	-	•	+	-			+	+	+	+	+		-	-		-	+	+	+	⊢		-	+	+	+	+	+	-	+	⊢	-				-		-
si mulifun aluciM		σ		t 1.			-	N	un I	~	4		N -		-		-	m		-	+	+	+	~					-	-	+	-	-		_	+	+	+	+	+	-	-	-	-						
entron on entronport 2	H,		+	+	-	-	Н			_	_	+	+	+	+	-	-			+	+	+	╀	+	+	-				+	+	-	-		-	+	+	+	+	+	-	+	-	-				_		_
Crucinhuc olithus intermediae	\square	-	+	+	-	-	Н			_	_	+	+	+	+	-	-			_	+	+	+	-	-	-			-	+	+	-	-		-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	\square					_
n disan ficulta					_	-			_	_	_	+	+	-	_	-	-			_	_	+	+	-		-			_	_	-	_	-			_	+	+	+	-	_	-		-				_		_
an airloirt zaam all oidelog nada A					1	-	-		_	_	_	_	+	-	-	-	-			_			+						_	_			1		_	_	+	+	+	-	-	-	-	Ļ				_		_
sutorofradrihoup nes sugesoi soid.					1					_	_		+	_		_				_			1										_			_	_	_	_	_	_	_		L				_		_
smustored solutions N		-																																					1					L						
Matzu auria barn esea		3	1	1	1	5	4	'n	4	7	°,	5	2		4			^o			1	"	1	12	1	4	~	-	4		~	-		~	-	m	ſ	۹.												
Micula swastica		m			1					-																								-																
prediscosphaera cretacea		m -		2 4	1	1			٥		~	1	"	-	1	•	-						4	-	-	m	m	5	'n	1	1	4			-	1	1													
ligro droviho aroniqe ordir.C		2	۰.	1 12	9	-	2		~	-	-		7	-	1-										2		-		-																			-		
ntonqorunts nursibi		# F	3		-	-	2	-	4	4	4		n =	1	1	1	2										m	5			1			-																
рустр соисала	1	~ *	1	^	4					-					~	4	-									~																								
ds: nuovydsoo nuoy 1	m	•	•					-		-																																								
s juodos sa sutu 1	-	T	•	•	t	T	П				Ť	T	T	T	T	T	T			T	T	T	T	T	T	T					T	T	T			T	T	T	T	T	T	T	t	Г						-
Cruciplacolithus primus	2	+	+	T	t	T	П				1	T	t	T	1	t	T					t	T	t	T						T	1	T			+	t	t	t	t	+	T	t	t						
stiq τρ sə ψητο απο η	-	+	t	t	t	t	Н				+	t	t	t	1	t	t			+	+	t	t	t	t	1				1	t	1	t			+	t	t	t	t	+	t	t	t						
прини плугноворногу ор	2	+	+	t	t	t	H			+	+	t	t	t	+	t	t			+	+	t	t	t	t	1			-	+	+	+	t		-	+	+	t	t	+	+	t	t	t						_
sn moonwr y fords s numosdur y	-	+	+	+	⊢	+				+	+	+	t	+	+	+	-			+	+	+	t	+	+				-	-	+	+	t			+	+	+	+	+	-	+	t	+						
mmmuray manud song mo.()		+	+	+	⊢	+	Η		+	+	+	+	t	+	+	+	-			+	+	t	t	+	+	-			+	+	+	+	⊢		-	+	+	÷	+	+	+	+	t	t				-		
cownaubumb yryk avenau	-	+	+	+	⊢	+	Η			+	+	+	+	+	+	+	-			+	+	+	÷	+	+	-			+	+	+	+	⊢		-	+	+	+	+	+	+	+	⊢	-				-		
de nanudeo na t	-	+	+	+	⊢	+	H		-	-	+	+	+	+	+	┝	-			+	+	+	+	+	+	-	-		+	+	+	+	┝		-	+	+	+	+	+	-	┝	⊢	⊢				-		-
in disorder and the second sec	-	+	+	+	⊢	+	H			-	+	+	+	+	-	+	-			+	+	+	÷	+	+				-	-	+	+	⊢		_	+	+	+	+	+	-	+	⊢	-				-		
Comparison and a second	m	-	+	+	-	-	Н		+	-	+	+	+	+	┝	-	-			+	+	+	+	+	+	┝			+	+	+	-	┝		-	+	+	+	+	+	-	+	┝	-				_		_
Haboomhaan canteri		+	+	+	┝	-	H		-	-	+	+	+	+	-	+	-			+	+	+	+	+	-	-			-	+	+	-	┝		_	+	+	+	+	+	-	+	-	-				_		
angin como mutilo solarivar	4	+	+	+	⊢	-	H		-	-	+	+	+	+	-	+	-			+	+	+	÷	+	-	-			-	-	+	-	-		_	+	+	+	+	+	-	+	-	-						
int Bul solitilerunt 2	N	m	+	~		_				_	+	+	+	-	-	-	-			-	+	+	+	+	-	-			_	_	+	-	-		_	+	+	+	+	+	-	-	-	-						
səpi omnis smit opquanəZ	-	_	+	+	-	-	H		-	-	+	+	+	+	-	-	-			+	-	+	+	+	-	-			-	-	+	+	-		_	+	+	+	+	+	-	-	-	-				_		
si mroholom subd odronoi su L	~	_	_	+	-	-				_	_	+	+	-	_	-	_			_	_	+	+	+	-				_	_	-	_	-			_	+	+	+	-	_	-		L				_		
F ascicultitus tim paniformi s		_	_	_	1	-	Ш		_	_	_	_	+	-	_	-	_			_	_	+	+	+	-	_			_	_	_	_	-		_	_	+	+	+	+	_	-	L	Ļ				_		
proquiu m praniqaotno 9	-		_	_						_	_	_	_	_						_		_	_	_					_	_	_						_	_	1	_	_			L						
entitios sutition soit	-																						1															1					L	L						
R eticulofenestra umbi lica																																																		
nlin.Dlp.qr nronh qrob glibi(D	~																																																	
smuəqoad səqqqyozo avoə y	~																																																	
Cruciphacolithus temuis	2		1																																															
Cruciplacolithus intermedius	m																																																	
susignian pelagicus	F		Ť	Т	Γ	Γ	П		T		T	Ť	Ť	Т	T	Γ	Γ			Ť	Ť	T	Ť	Т	Г	Γ			T	Ť	Ť		Г				Т	Т	T	T	T	Г	Г	Γ						
H . A	1362	1380	9661	1410	1434	1452	1470	1488	1506	1524	23	7	199	1578	1596	1614	1623	1632	5	1650		1/01	1704	1722	1740	1749	1758	1767	1776	1785	1 002	1812	1821	1839	1851	1857	01001	1007	101	020	1938	1947	1956	1974	1983	1992	2001	2019	2028	2037
ł																																																		

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

lat of	•	9		2	0 #	4	4	4 5	4		00 U	1	0	nu.	m +	1	12	• •	4 0	° 9	2		4	2	E	24	0	<u>ب</u>	9 9	9	3	m =	4 0	~	0	•	9	0	•	•			•	•	
annan duna un un c		+	÷	+	÷	ŀ	•	-	• •	+	-	÷	•	4	÷	ŀ	•		÷	•	•	4	+	÷	÷	ŀ	•		•	• •	4	+	÷	-	· •	+	+	ŀ	•	•	÷		-	-	_
spana an manan dina a		+	+	+	-	-		_		+	-	-		+	+	-		_	+	_		-	+	+	+	-		_	-		-				-	-	-	-		_	-		\vdash	+	
supering supering and any	H	+	+	+	+	+		-		+	-	+		+	+	+			+			+	+	+	+	-		+	-		-	+	-		-	+	+	-		+	+	-	\vdash	+	-
n nadi patot nan ndrojala p.(5		+	+	+	+	t		-	++	+	-	-		+	+	+			+			-	+	t	+	-		-	N		+	+	+			+	+	-			+	-	\square	+	-
Calculita observus		Ť	t	t	t	t				+		t		+	t	t			t			+	t	t	t	t			m		+	t	-			Ť	+	t		+	+			Ť	-
snu unst ojdip s mopq nitnez			T			Г									T	T			T				T	Т	T	T		-			2	-	1								-			T	_
тораны д 5 протонд																												-																	
sutavo ya qid. Zi 2 sud tobda digu 5 Z															_				_				_		-							_				_									
Tegum entum stradneri		_	_	_	_	_		_		_	_			_	_	_			_	_		_	_	-	10				_		_		_		_	_	_			_	_			_	
s world offine set fored nie R		_	_	_	_	-		_		_	_	_		_	-	-			+	_		_	+			=			-		-	-	-		_	_	-	_		_			-	_	
yarpapar in second		+	+	+	+	-		_		+	-	-	-	+	+	-			+	_		+	+			-		-	-		-	+	-		-	+	+	-		-	+	-	\square	+	
valoritation (25) valoritation	H	+	+	+	+	÷		-	+	+	+	+		+	+	+			+			+	+	-	⊢	-		-	+		+		-		+	+	+	+		+	+	H	H	+	-
ds say puny up y		+	+	+	-	+		-	++	+		-		+	+	+			+			-		-	+	-			-		+	+	+			+	+	-			+	-	H	+	-
suton gi sub dadrozti Q			t	+	1	t						1			+	t			+				ľ	N	t	-			-		-	t	1			+					+	-		+	-
ensimos empensionas		T	Т	Т		Г						Т			Т	Т			Т				ľ	~	-							Т				T		Г					П	Т	
s nah mak qa su su bogand A																							-			-		-																	
ημιοβημιό ημηγησθυσιμγγ															_								-			-		_				_	_								_				
урсьон раран разрана С	\square	_	+	+	+	-		-	μ	_		-		_	-	-			_			_		_	-	-			_		1	_	-		_	\downarrow	-	_		_	+	1	Ц	_	_
Sentan popular and a province of the second se	\vdash	+	+	+	-	-		-	+	+	+	-		+	+	+			+			-		+	+	-		-	-		+	+	+		+	+	+	-		+	+	⊢	H	+	_
a do costa neira parteciana su angle internete su a constructiva	\vdash	+	+	+	+	⊢		+		+	+	+		+	+	+			+			-	-	-	+	-		-	+		+	+	+		+	+	+	-		+	+	⊢	H	+	-
wn ully n onyn oro	\vdash	+	+	+	+	\vdash			+			-	\square	+	+	+			+	-		-	+	+	+	-	-		-		+	+	+		+	+	+	-			+	\vdash	H	+	-
s united whiles either in a	H	+	$^{+}$	+	+	t		-	\square			+			+	+		+	+			-	+	+	t	1			-		+	+	\uparrow		+	+	+			+	+	t	H	+	
at alban oto o allovalloumit A			t																			-	Ť		• ••			1	-												T			Ť	
Predicosphere of P.Srandis																					-																								
sind satibunities R																				-																									
sublining sublidig 3		_	_	_	_	_		_		_	_	_		_	_	_						_	_	_	_	_		_	_		_	_	-		_	_	_	_		_	+			_	
ntroqid nitunnistaW		+	+	-	-	-		_		-	_	-		+	+	-			-			-	+	+	+	-		_	_		_	+	-		_	+	-	-		_				-	
num gers nonun oros		+	+	+	-	-		_		-	-	-		+	+	-			-	_		-	+	+	-	-			-		-	+				+	-	-		_			\square	+	
Disconta spectra warma		+	+	+	+	-		-	+	+	-	-		+	+	+			+			+	+	+	┝	-		-	-		+	+	+			+	+	-		+	+	-	\vdash	+	_
Maria and C W. orala	H	+	+	+	+	÷		-		+	+	+		+	+	+			+			+	+	+	+	-		-	-		+	+	+		-	+	+	-		+	+	-	\vdash	+	-
sution 3i sub darivosti Q		+	+	+	+	t				+	+	+			+	t	~	•	-			+	+	t	-				-		-	-	+			+	+	1		+	+	-		+	-
si suo oz sonny forma s			T	+	1	t									T	T		•	-			~	-	-	t	T						Ť				+		1			+			+	-
witeroor habdwhus decoratus																																													
susimosensid sudioldan degeos																	-			-		00			-	~	~	~			4														
Pred iscosphaera storeri		_	_	_	_			_		_	_			_	_		-		_	-		_	_	_				_			_	_	_			_	_			_	+			_	
Substitution of the second sec		_	+	-	-	-		_		_				_	+				+	_		_	-	+				-	_		_	+	-		_	_	-	_		_	+	-		_	_
s minia un incini poanty y		+	+	+	-	-		_		+				+	+	+		_	+	_		-	+	+	-	-		_	-		-	+	+		-	+	-	-		_	+	+	\vdash	+	
g recipients ab cig support		+	+	+	+	+		-		-	-	+		+	+	+				•		+	+	+				-	-		+	+	+			+	+	-		+	+		\square	+	
num gir. G Zərd v nin ornior B		+	+	+	+	t				-		-			t	t			+			+	+	t	t	1		-	-		+	t				+	+	+			+	-		+	-
цізбізодшо япцюрдизвног		Ť	Ť	Ť	T	t				~	N	T		-	T	t			T				Ť	T	t	T					Ť		•			Ť	T	T			t			T	-
uin mattil. D'paqt augyzota uid D										-																					-														_
snouport, Stephens spices								-	'	-																																			
Cretarh abdus conicus		_	_	_	_	_		-		_				4	_	_			_			_	4	_	-			_	_		_	_	1		_	_	_			_	+	\square		_	_
Biscutum coronum		_	+	_	_	-		~ ~		_		•		_	+	-		_	_	_		~	+	+	-	-		_	_		_	+	-		_	_	_	_		_	-	-		_	_
s w pulper y as snot pollog y	\vdash	+	+	+	+	-			\square		-	+		+	+	-			-			-	+	+	+	-		_	-		-	+	+		+	+	+	-		-	+	+	Η	+	_
nellien mar o rimellen		+	+	+	+	⊢				+	-	+	-	+	+	+			+			+	+	+	┝			-	-		+	+	+		-	+	+	-		-	+	-	\vdash	+	-
n ma ofina ni sugar a	\vdash	+	+	+	-	• ••		+	+	+	+	+			+	+		+		•		m	+	+	t	t		•			+	+	+		+	+	+			+	+	\vdash	H	+	-
Culculture spect C percents	H	+	+	+	-			+	+	+	+	+			$^{+}$	t		+	+			+	+	$^{+}$	t	1		+	+		+	$^{+}$	+		+	+	+	1		+	$^{+}$	H	H	+	-
Certato lithoid es sp.C.longissim us			T	•	• •	1									T	T			T				T	Т	T	T						T									-			T	_
Cerato lithoid es pricei					•																																								
susop nu sul ubdud vor siM					• •						_										_	-																			_				
Retection surveilla		_	_							_	m	_		-	_	_	-				-		4	-	_	_			_		_	_	-		_	_	_			_	_			_	
sumofinanti sila sila provina s		+	+		n	-				-	-	-	-	-	+	-			+	_		-	-		1 0		2	_	_		-	-	-			+	+	-		_	+	-	\square	-	_
s mmmos smm noms mm o		+	-	-	-	+		-		+	-	-		+	+	+			+			-	-	+	-	-		-	-		+	+	+		-	+	+	-		-	+	-	\vdash	+	
Quantum hij has	\vdash	+		-	~	-		+	+	+	-	+		+	+	+		\vdash	+	+-		-		-	~			+	+		+	+	+		+	+	+	-		+	+	+	H	+	-
in sond. A.b. qs au S(zinqua A		+	•	-	+	t		-		+	-	-		+	+	+			+			-	+	t	+	-		-	-	m	+	+	+			+	+	-			-	-		+	-
iismailooy fo ds snp quyto union y	Ħ	Ť	1	m	T	T		Ť	Ħ	1	t	T	Π		t	t			t				t	t	t	t	Π				Ť	t	t		T	t	t			1	t	Н	H	t	
qs zə pioitil otarə Ə		1	-																																										
s nog judio w snyroyd wo y		1	4 1		9 m	-	-	-	-	-		•			~		-																												_
i idgnis sis murbou Q	Ц			_	-	1			-	_	_			~	-	1				-		-		-	-	-			-		_	-			4					_	+	μ	Ц	_	
i ilə]]jə sirrut xudulə]]ji 3	01					1 104	-	20 10	• *		N -		20		-	1 04	_					2				5	5		7 01						01.1		2 2		10	-	-	-		20	-
× • • • • • •	136	2	5	1	15	12	4	12	122	12	15	2	157	159	19	19	164	165		168	2	2	Ē	2	12	E	178	6		182	8	28	187	189	190	6	102	194	195	161		200	201	202	2
<u> </u>															_									1								1					Ĺ								_

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

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	Coccolithus pelagicus	35	35
Espèces des eaux	Sphenolithus abies	2	
chaudes		1	3
	Discoaster sp.		

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



		Quantité	Total
Fanèces des eaux	Micula murus	2	
chaudes	Uniplanarius sissinghii	14	30
chaudes	Uniplanarius trifidus	2	
	Watznaueria barnasea	11	
	Cribrosphearella ehrenbergii	1	
	Micula concava	1	
Espèces des eaux	Micula staurophora	13	21
iroides	Prediscosphaera cretacea	7	

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

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%) réflétant les masses d'eaux chaudes dans cet étage.
- Au Crétacé : les espèces des eaux froides (Fig.5) sont dominés (53%) par *Prediscosphaera cretacea* (Pl1/2) et *Gartnerago segmentatum* (Pl2/8) 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

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	Tota
		22	
Espèces des eaux	Micula murus	23	
relativement chaudes	Uniplanarius sissinghii	18	415
relativement chaudes	Uniplanarius trifidus	9	
	Watznaueria barnasea	365	
	Cribrosphearella ehrenbergii	84	
Espàcos dos couv	Micula concava	11	
relativement froides	Micula staurophora	87	470
	Prediscosphaera cretacea	114	
	Kamptnerius magnificus	45	
	Ahmuerrella octoradiata	4	
	Gartnerago segmentatum	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, d'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].

Watznauria barneisae 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 *Watznauria barnesiae* augmente également dans des conditions de faible productivité [23].

L'interprétation des pourcentages de *Watznauria barnesae* 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. barnesae* 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). Biostratigraphique du sondage Ocelot-1, Léopard-1.non publié 28p.
- [5] Sissing W. (1977). Biostratigraphy of cretaceous calcareous nannoplanckton 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 paléoécologie de nannofossiles 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 nannofossiles calcaires du crétacé tardif et du ternissement Tertiaire : preuve expérimentale. Crétacé Res 1 : 165–176
- [11] Thibault N, Gardin S (2007) . Le récit de nannofossiles 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 nannofossiles 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 nannofossiles 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 nannofossiles 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 nanofossiles, 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 nanofossiles calcaires et paléoocéanographie de l'Océan Austral. Dans : Moguilevsky A, Microfossiles de Whatley R (eds) et environnements océaniques, pp 355–381
- [17] Fisher C.G, Hay w.w. (1999).Nannofossiles 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 nannofossiles 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 nannofossiles 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 nanofossiles calcaires à travers le Plenus Marls (dernier Cénomanien), Douvres, Angleterre. Implications pour la génération de l'événement de frontière Cénomanien – Turonien. Recherche sur les créatures 14, pp 143 –164
- [23] Erba, E., Whatkins, D., Mutterlose, J., (1995). Campanien nannofossiles 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 nannoflore 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



- 2- Prediscosphaera cretacea
- 3-Zeugrhabdotus diplogrammus (a,b,c-d)
- 4-Eiffellithus eximus

ANNEXE II. PLANCHE 2



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