

ESSAI DE CARACTÉRISATION MICROPALÉONTOLOGIQUE ET PALÉO-ENVIRONNEMENTALE ET MISE EN ÉVIDENCE DE L'EAO2 À L'INTERFACE CÉNOMANIEN/TURONIEN (C/T) DANS LE BASSIN SÉDIMENTAIRE DE CÔTE D'IVOIRE, AFRIQUE DE L'OUEST

**Kouamé Alfred KOUASSI^{1*}, N'goran Jean Paul YAO¹, Goha René BIE¹,
Zéli Bruno DIGBEHI¹, Moritié Kader BAMBA², Tokpa Emmanuel
GOUA² et Kouadio Cyrille YAO¹**

¹*UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM) Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

²*PETROCI, Centre d'analyse et de recherche (CAR), BP V 194 Abidjan, Côte d'Ivoire.*

* Correspondance, e-mail : kouassialf@yahoo.fr

RÉSUMÉ

En vue de mettre en évidence l'événement anoxique océanique 2 (EAO 2), au passage Cénomanien-Turonien dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, une double étude micropaléontologique et paléoenvironnementale a été effectuée grâce à 93 échantillons de déblais de deux forages pétrolier implantés dans l'offshore de la marge d'Abidjan. Ces échantillons, après leur description sédimentologique, ont fait l'objet d'un traitement micropaléontologique classique. La description lithologique des déblais et les taxons identifiés ont révélé l'EAO 2 en Côte d'Ivoire dans une sédimentation composée d'argiles en feuillets, alternant avec des lentilles de grès et de rares niveaux de calcaire. Cette sédimentation s'est réalisée dans un environnement marin de plate forme interne à moyen sous influence continentale sous un régime transgressif marqué par une déficience en oxygène sur les fonds marins. Ces conditions de dépôt ont défavorisé le développement des foraminifères benthiques au profit des formes essentiellement planctoniques dominées par les genres *Whiteinella*, *Heterohelix*, et *Hedbergella*, caractéristiques des milieux peu profonds. L'EAO 2, en Côte d'Ivoire est cependant marquée par une extinction de formes caractéristiques et plus spécifiquement le genre *Rotalipora*.

Mots-clés : *micropaléontologie, paléoenvironnement, cénomanien, turonien, anoxie, rotalipore.*

ABSTRACT**Micropaleontological and paleoenvironmental characterization test and AOE2 highlighting on Cenomanian/Turonian (C/T) interface in the sedimentary basin of Côte d'Ivoire, West Africa**

In order to highlight the oceanic anoxic event 2 (OAE 2), Cenomanian - Turonian transition in Côte d'Ivoire sedimentary basin, a double micropaleontological and paleoenvironmental study was conducted with 93 cuttings samples from two oil wells located offshore of the Abidjan margin. These samples, after their sedimentological description, have been treated with classic chemical micropaleontologic method. The cuttings lithological description and taxa identified have to realize that the EAO 2 true enough excited in Côte d'Ivoire basin and is characterized by a slip clays deposit alternating with thin layers of sandstone and rare levels limestone. This sedimentation is carried out in a marine environment of flat internal shape means continental influence that ruled a transgression phenomenon with poor seabed oxygen causing considerable variation in salinity. This environmental condition is disadvantaged to the development of benthic forms. Microfauna consisting essentially of planktonic (especially types *Whiteinella*, *Heterohelix*, and *Hedbergella*), characteristic of shallow areas. EAO 2, Côte d'Ivoire, however, is marked by the extinction of characteristic forms such as *Rotaliporegender* which seem to be replaced by much more forms of stress acclimated C/T portion.

Keywords : *micropaleontology, paleoenvironment, cenomanian, turonian, anoxic, rotalipore.*

I - INTRODUCTION

Les études géologiques menées pour une meilleure connaissance du bassin sédimentaire ivoirien ont débuté à grande échelle depuis la découverte des premiers indices du pétrole dans la région d'Eboinda, au Sud-est du pays, au début du siècle dernier. C'est ainsi que des études sédimentologiques et paléontologiques réalisées par SPENGLER et DELTEIL (1964), de CHARPY et NAHON (1978), SIMON et AMAKOU (1984) ont abouti à des essais de corrélations entre l'Est et l'Ouest de ce bassin. D'autres études micropaléontologique et palynologique plus récentes (GOUA, 1993 ; N'DA et al., 1995; DIGBEHI et al., 1997; SAINT MARC et N'DA, 1997; et GOUA, 1997) ont permis de subdiviser le Paléocène et le Crétacé en biozones. D'autres encore travaux, réalisés particulièrement en 2012 sur le Tertiaire,

ont permis de disposer de résultats plus récents. En effet, DIGBEHI et *al.* (2012) ont identifié l'Oligocène au Nord de la faille des lagunes grâce à un assemblage de dinoflagellés dominé par le genre *Lejeunecysta*. Cette même portion du bassin sédimentaire ivoirien a fait l'objet d'études biostratigraphie par GBAMGBOT et *al.*, (2012) qui ont identifié, grâce à des spores et grains de pollens le Miocène inférieur et l'Eocène supérieur dans les dépôts de subsurface des régions de Bingerville et d'Assinie. Quand BIE et *al.*, (2012), ont proposé une échelle palynologique locale de l'intervalle Maastrichtien-Eocène supérieur dans le bassin sédimentaire ivoirien. Les dépôts d'âge crétacé ont fait l'objet de nombreux travaux réalisés par des sociétés pétrolières, mais malheureusement sont restés non publiés; hors mis quelques rares études dont celle de BAMBBA et *al.*, (2011), effectuée à la PETROCI, où les auteurs ont décrit les dépôts d'âge albo-turonien d'un puits pétrolier implanté sur la marge d'Abidjan au triple plan lithologique, micropaléontologique et paléoenvironnemental. Ces résultats ont mis en évidence les environnements de dépôt qui varient du littoral sous influence continentale (de l'Albien inférieur à moyen) à la plate-forme externe (à la fin du Turonien).

Ils ont par ailleurs identifié le Cénomanién par des foraminifères planctoniques dominés par des *Hedbergellidae* des *Whiteinellidae* et des *Heterohelicidae*. D'autres travaux non publiés par les sociétés pétrolières ont porté sur l'interface Cénomanién/Turonien (C/T). Pourtant, selon les études de SCHLANGER et JENKYN, 1976; rapportées par GROSHENY et *al.*, (2005) le passage Cénomanién/Turonien (C/T) a été sujet d'événements particuliers dénommés Événements Anoxiques Océaniques 2 (EAO2) et qui ont impacté différemment la répartition des microfaunes. Cet EAO2, malgré son caractère planétaire (JENKYN, 1980) est très peu connu en Côte d'Ivoire. Seuls quelques rares travaux dont ceux de SAINT-MARC et N'DA (1997), BAMBBA et *al.* (2011), DIGBEHI et *al.* (2012), l'ont simplement évoqué. C'est donc pour tenter de connaître l'impact au double plan micropaléontologique et paléoenvironnemental de l'EAO2 dans le bassin sédimentaire ivoirien que l'Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM) de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, à travers son laboratoire de Biostratigraphie et en collaboration avec le Centre d'Analyse et de Recherche (CAR) de la Société Nationale des Opérations Pétrolières de Côte d'Ivoire (PETROCI) a entrepris la présente étude.

Elle s'appuie sur l'étude des microfaunes de 93 échantillons de déblais provenant de deux puits d'exploration pétrolière implantés dans le bassin

sédimentaire offshore de Côte d'Ivoire, sur la marge d'Abidjan (*Figure 1*) et dont les coordonnées géographiques sont indiquées dans le *Tableau 1*.

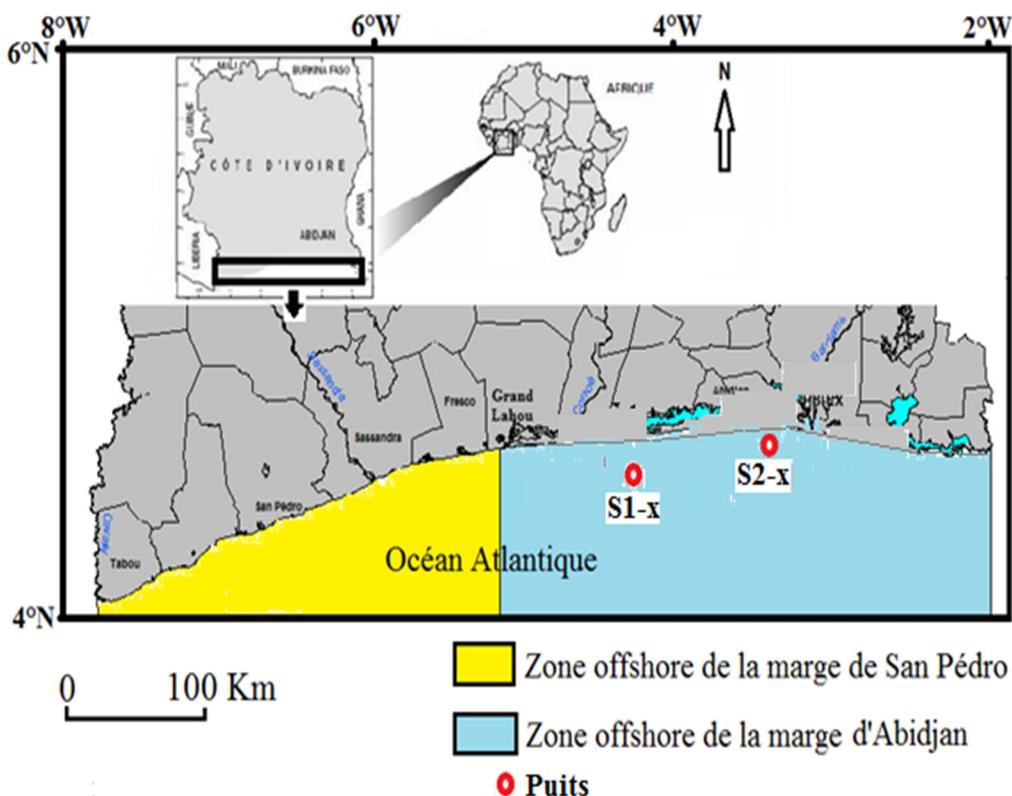


Figure 1 : Localisation géographique des puits d'étude

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des puits étudiés dans ce travail

Noms des puits	Latitude	Longitude
S1-x	5° 01' 21,320''N	4° 36'33,730''W
S2-x	5° 02' 55,215''N	3°53'02,100''W

II - CADRE GÉOLOGIQUE ET STRUCTURAL DU BASSIN SEDIMENTAIRE DE COTE D'IVOIRE.

Le bassin sédimentaire côtier de la Côte d'Ivoire est de « type ouvert » dont la plus grande partie est immergée. Il résulte de l'ouverture de l'Atlantique

sud au Crétacé inférieur (CHIERICI, 1996 ; DIGBEHI, 1987 ; BAMBA et al., 2011) et fait partie du « chapelet » des bassins sédimentaires bordant la côte atlantique depuis le Sud marocain jusqu'en Afrique du Sud (JARDINE et MAGLOIRE, 1965). L'histoire géologique de ce bassin géologique peut se résumer en quatre étapes telles que rapelées dans les récents travaux de DIGBEHI et al. (2012):

- une phase rift (Barrémien-Albien) à sédiments margino-fluviatiles;
- une phase de début d'expansion océanique marquée par des transgressions marines franches (Cénomaniens-Sénonien inférieur) qui ont permis le dépôt de calcaires à calcisphères et qui vont s'éroder au Sénonien inférieur;
- une phase d'expansion active et de subsidence (Campanien-Maastrichtien) qui dépose en transgression, des argiles marines franches sur des surfaces d'érosion affectant par endroits le Cénomaniens;
- une phase d'expansion maximale au cours du Tertiaire, durant laquelle survient une importante phase régressive qui dure de l'Eocène supérieur à l'Oligocène.

Ce bassin se caractérise par la présence de deux domaines distincts:

- Le domaine terrestre « onshore » de bassin, en forme décroissant, est affecté par un accident de socle dénommé « Faille des lagunes » qui longe la côte d'ouest en est avec un rejet vertical dépassant parfois 5000 m au niveau d'Abidjan (TASTET, 1979);
- Le domaine marin ou bassin « offshore » est plus profond et n'est généralement connu que grâce aux forages pétroliers.

III - MATÉRIEL ET MÉTHODES D'ÉTUDE

93 échantillons de déblais issus de deux (2) puits S1-x et S2-x situés sur la marge océanique d'Abidjan ont fait l'objet de la présente étude micropaléontologique couplée à une étude paléoenvironnementale. Après leur description lithologique, 40 grammes de ces déblais sont prélevés et traités selon la méthode d'extraction micropaléontologique standard (lavage à l'eau savonneuse, tamisage par voie humide sur une colonne de 3 tamis (200 µm, 125 µm et 63 µm), séchage à l'étuve et tri à la loupe binoculaire). La détermination de ces microfaunes s'est appuyée sur des ouvrages tels de spécialité CARON (1978; 1985), ROBASYNSKY et CARON, (1979; 1995); LOEBLICH et TAPPAN (1988) Elle a permis d'effectuer un comptage par points des formes dégagées de microfossiles. La détermination des environnements de dépôt s'appuie sur le modèle de MASSALA (1993) puis MASSALA et al. (1996).

IV - RÉSULTATS

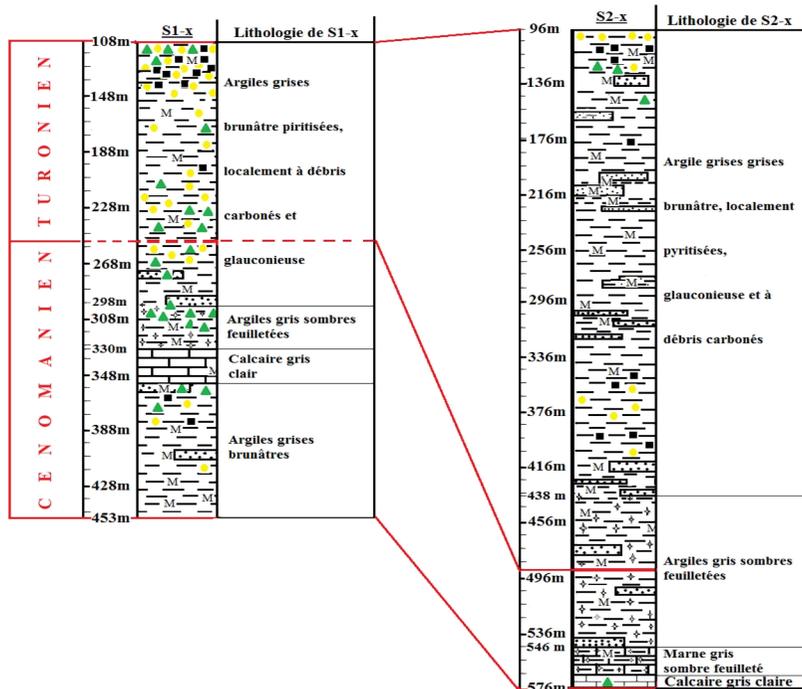
IV-1. Litho-stratigraphie

Le profil de corrélation de la **Figure 2** présente la synthèse lithologique de l'intervalle d'étude des deux puits S1-x et S2-x. Les logs lithologiques de synthèse indiquent une sédimentation dominée par trois faciès: (i) des argiles grises sombre dominantes dont celles observées dans les voisinages de la limite C/T sont feuilletées. Elles sont plus importantes dans S2-x; (ii) des grès à ciment calcaire (existants sous formes de lentilles) dans les deux puits, mais plus importants dans S2-x; (iii) des calcaires gris-clair mieux représentés dans S1-x que dans S2-x. Les minéraux accessoires (pyrite et glauconite) sont plus abondants dans S1-x (surtout entre les cotes 2245 à 2450 m) que dans S2-x.

Niveau moyen de l'Atlantique

OUEST

EST



Légende

	Argile		Argile en feuillée		Pyrite		Limite C/T
	Grès		Calcaire		Glauconite		Discordance
					Débris carbonés		

Figure 2 : Synthèse lithologique de l'intervalle d'étude des deux puits S1-x et S2-x

VI-2. Bio-stratigraphie

La détermination des étages a été basée sur les planctoniques exclusivement (voir Inex, pages 27 et 28).

VI-2-1. Puits S1-x

VI-2-1-1. Le Cénomanién (2390-2595 m)

La première apparition dans le sens du forage ou First Down Occurrence (FDO) des foraminifères tels que *Clavihedbergella simplicissima* et *Globigerinelloides cf bentonensis* indiquent le toit du Cénomanién à 2390 m de profondeur et donc le mur du Turonien; étage confirmé par la présence d'autres espèces comme *Clavihedbergella moremani*, et *Hedbergella/Globigerinelloides*, indiquant le Cénomanién respectivement à 2410 m et 2560 m. (**Figure 3**). Le mur de cet étage, dans ce puits est fixé à 2600 m de profondeur avec l'apparition des foraminifères de l'Albien tel que *Costellagerinalibyca*. Au delà de la rareté des formes benthiques indiquée plus haut, l'on a pu remarquer dans ce puits l'absence totale des foraminifères planctoniques du genre des *Rotalipores*, qui sont des morphotypes ayant colonisé les eaux marines, plus oxygénées jusqu'au Cénomanién supérieur (DESMARES et al., 2003). Cet étage est cependant marqué par une prolifération (remarquable aux deux extrémités de l'étage) des Hedbergelles; notamment *Hedbergelladelrioensis*, *Hedbergella* spp. et d'Heterohelidae tel que *Heterohelixglogulosa*, *H. reussi* et certaines espèces non identifiées de ces mêmes genres. La partie moyenne de ce Cénomanién étant pratiquement dépourvue de microfaunes. (**Figure 4**).

VI-2-1-2. Le Turonien (2245-2390 m)

Le toit du Turonien est suggéré à 2245 m sur la base de la FDO de l'espèce planctonique *Heterohelixmoremani* (indicateur du Turonien). Cet étage est confirmé par la présence *Hedbergella simplex* et *Praeglobotruncanagibba* à 2250 m et *Hedbergellaplanispira* à 2285 m. (**Figure 3**). Dans ce puits, les Hedbergelles et Heterohelix qui abondaient aux Cénomanién inférieur et supérieur sont relativement moins abondants dans cet étage. Le Turonien est cependant caractérisé par une abondance relative des genres *Whiteinella* (qui sont quasiment absents au Cénomanién), notamment *Whiteinellabaltica*, *W. archaeocretacea*, les genres Heterohelix en particulier *Heterohelixglobulosa* et Hedbergella dont *Hedbergelladelrioensis*, et d'autres espèces non identifiées d'Hedbergella. Le Turonien est aussi marqué par la First Downhole Abundant Occurrence (FDAO) de diverses autres espèces planctoniques *Clavihedbergellas implicissima*, *Globigerinelloides cf bentonensis*) ou benthiques agglutinées telles que: *Haplophragmoides* spp et *Marssonellaoxycona*. (**Figure 4**).

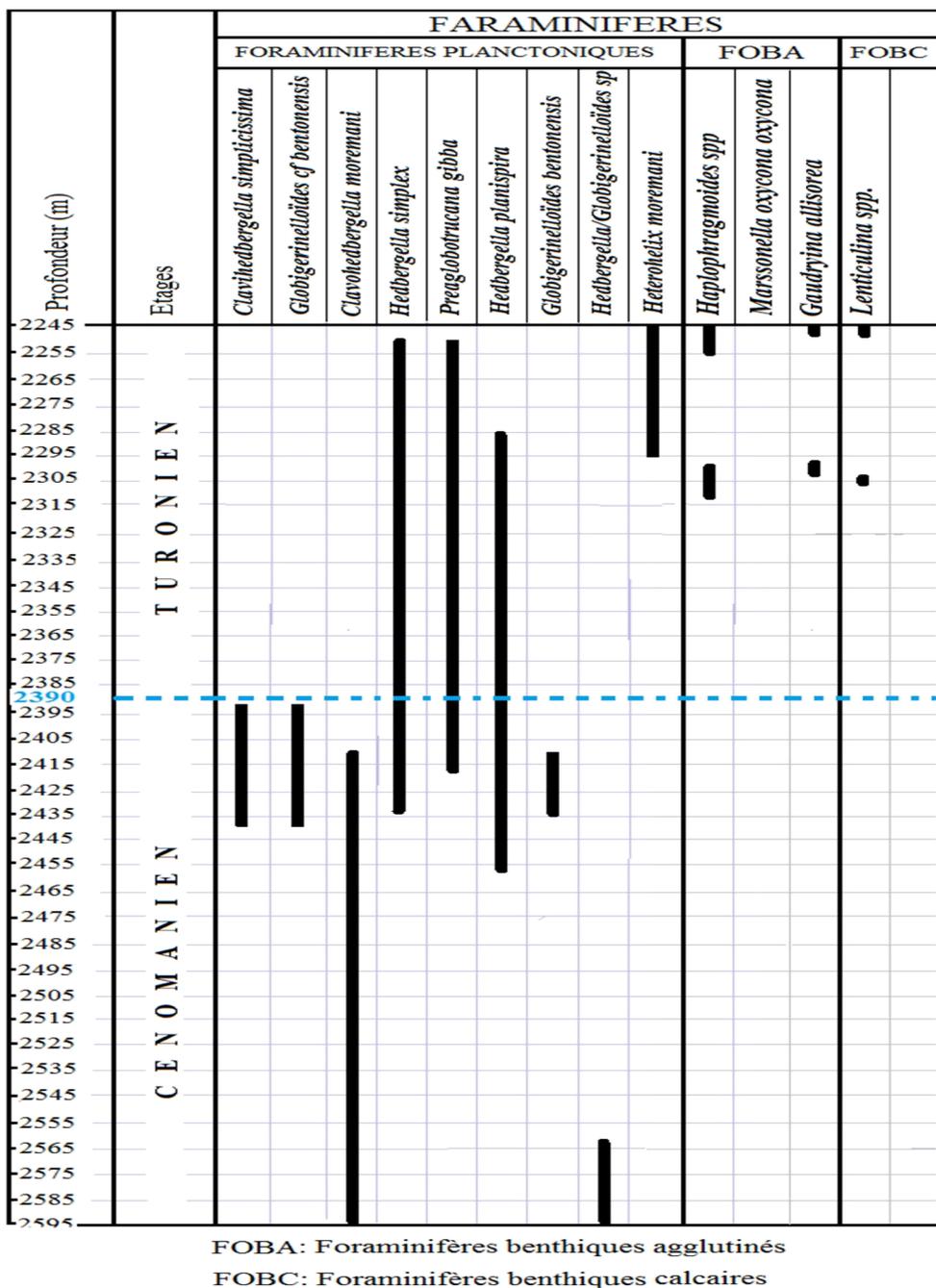


Figure 3 : Répartition stratigraphique des foraminifères caractéristiques du Cénomaniens et du Turonien du puits S1-x.

VI-2-2. Puits S2-x

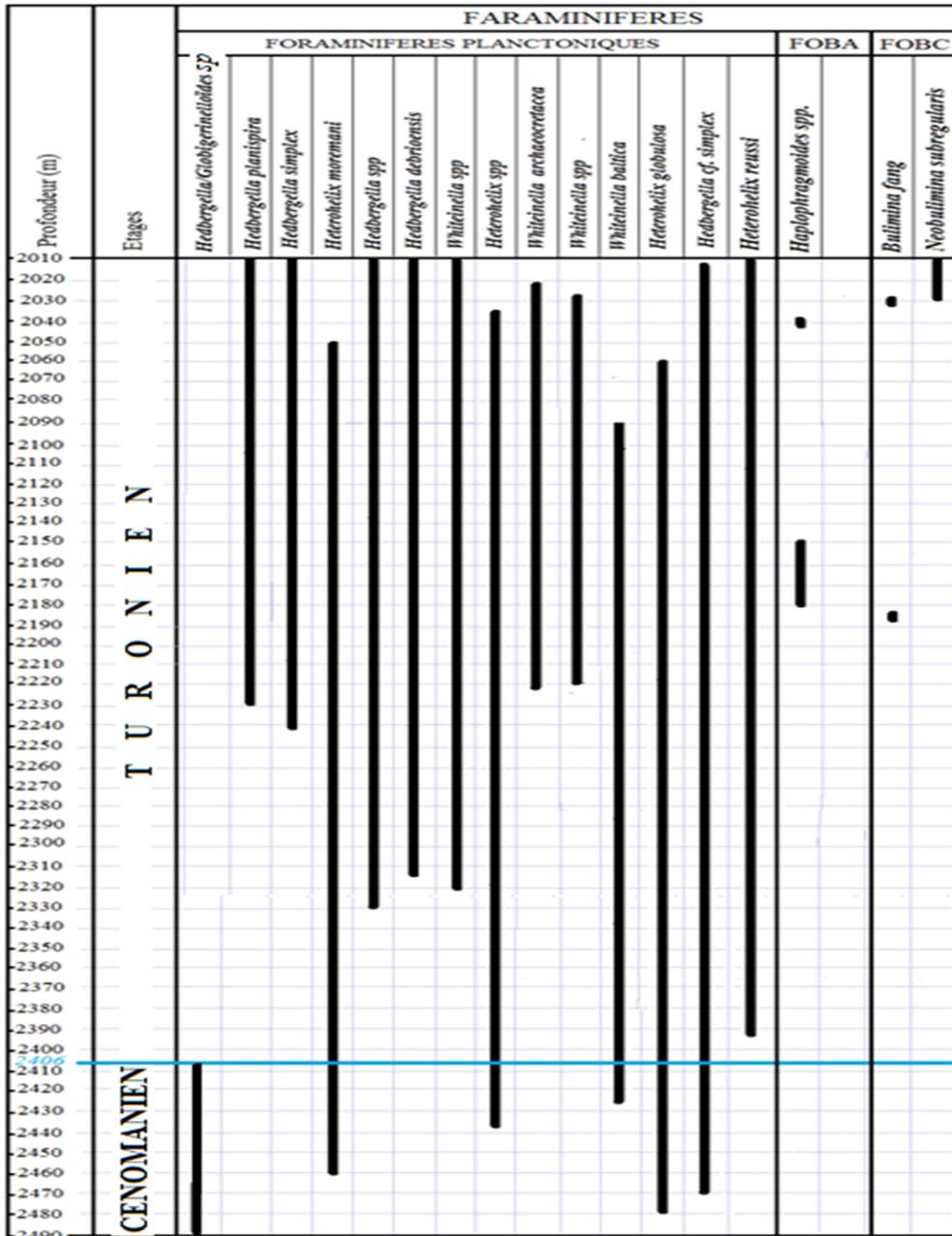
VI-2-2-1. Le Cénomanién

La FDO de l'indicateur taxonomique du Cénomanién (*Hedbergella/Globigerinelloides?*) a été localisé à 2406 m tandis que le mur de cet étage pourrait être fixé à 2490 m grâce aux formes caractéristiques de l'Albien dans le bassin ivoirien dont *Hedbergella gorbachikae* et *Hedbergella/Ticinella?*

Dans ce puits, les foraminifères en général sont peu nombreux avec l'absence totale des *Rotalipores*. (**Figure 5**). Cependant, les *Hedbergelles* abondent dans cet étage. Ils sont représentés par *Hedbergella delrioensis* (au Cénomanién inférieur et moyen), *Hedbergella planispira* (au Cénomanién inférieur), la forme hybride, *Hedbergella/Globigerinelloides* (au Cénomanién inférieur) et des espèces non identifiées, *Hedbergella*spp (au Cénomanién inférieur et moyen). Les Whiteinellidae et surtout les Heterohelidae, abondants au Cénomanién de S1-x sont très faiblement représentés dans le Cénomanién de ce puits S2-x voire absents dans la partie inférieure de cet étage. Il s'agit des espèces *Whiteinella baltica*, *W. archeocretacea*, *W. spp*, *Heterohelix globulosa*, *H. glabrana*, *H. reussi*, *H. moremani* et *H. spp* (**Figure 6**).

VI-2-2-2. Le Turonien

La «First downholecommon occurrence» (FDCO) ou encore, l'apparition commune des foraminifères planctoniques marqueurs du Turonien que sont *Hedbergella simplex* et *Hedbergella planispira* à 2010 m indique le toit du Turonien dans ce puits. Cet étage est caractérisé par une quasi-absence de foraminifères benthiques, sauf quelques individus du genre *Haplofragmoïdes*. Les foraminifères sont cependant représentés majoritairement par endroits par des *Heterohelix* et *Hedbergella* que sont *Heterohelix globulosa* (Turonien inférieur et supérieur), *H. reussi* (Turonien supérieur), *Hedbergella delrioensis* (Turonien inférieur et supérieur) et d'autres espèces non identifiées de ces deux genres aux deux extrémités de l'étage. Les autres espèces telles que *Whiteinella archaeocretacea*, *W. baltica*, *W. spp*, *Dicarinella primitiva*, *Marginotruncana sinuosa* sont certes faiblement représentées mais sont régulièrement réparties tout le long de l'étage turonien.



FOBA: Foraminifères benthiques agglutinés

FOBC: Foraminifères benthiques calcaires

Figure 5 : Répartition stratigraphique des foraminifères caractéristiques du Cénomanien et du Turonien du puits S2-x.

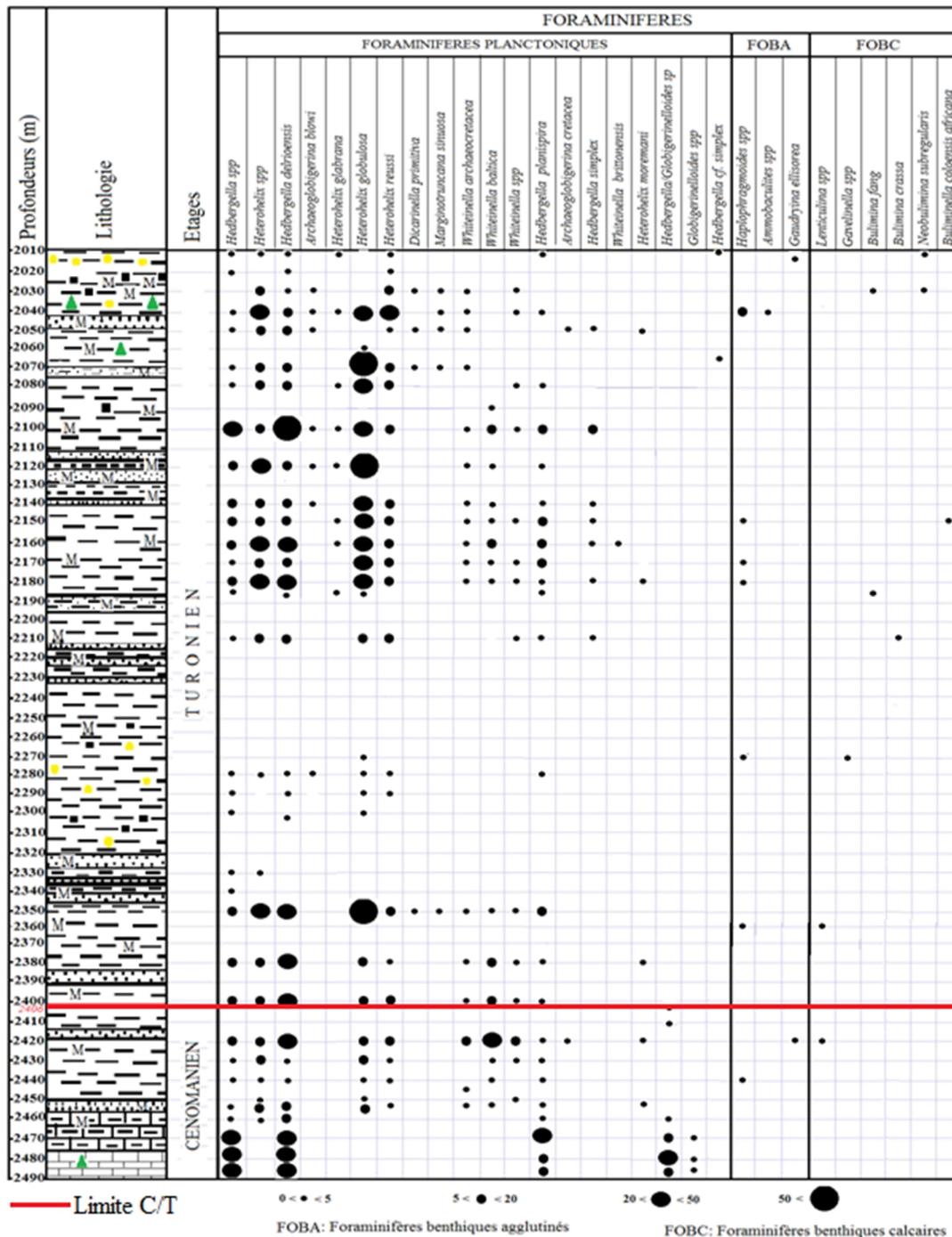


Figure 6 : Répartition stratigraphique et appréciation quantitative et qualitatives des foraminifères du S2-x

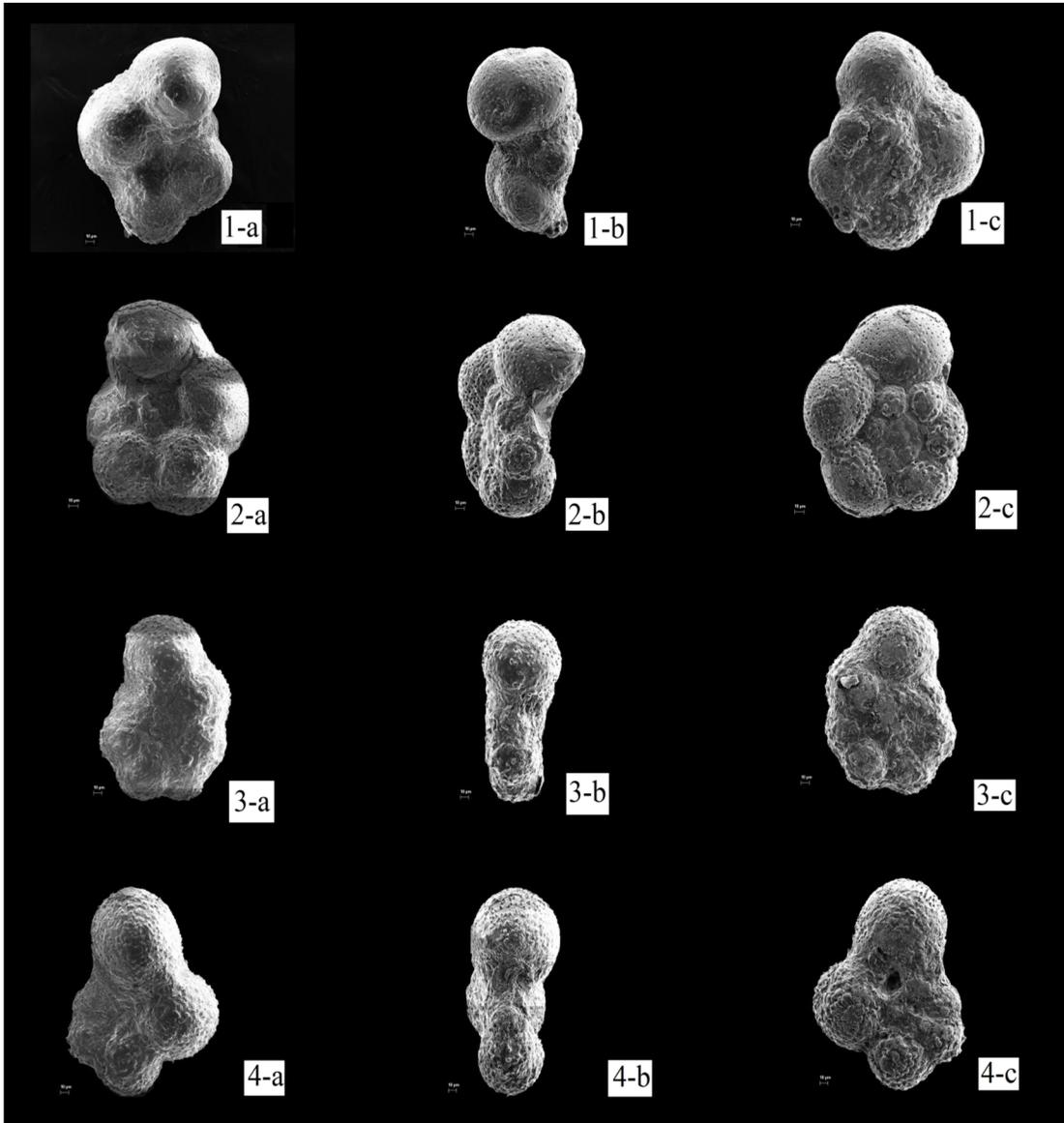


Planche 1 : *Quelques foraminifères planctoniques rencontrés dans l'intervalle d'étude*

(a-Face ombilicale b- Profil c- Face spirale)

1- Whiteinella baltica

2- Whiteinella archaeocretacea

2- 3- Hedbergella planispira

4- Hedbergella simplex

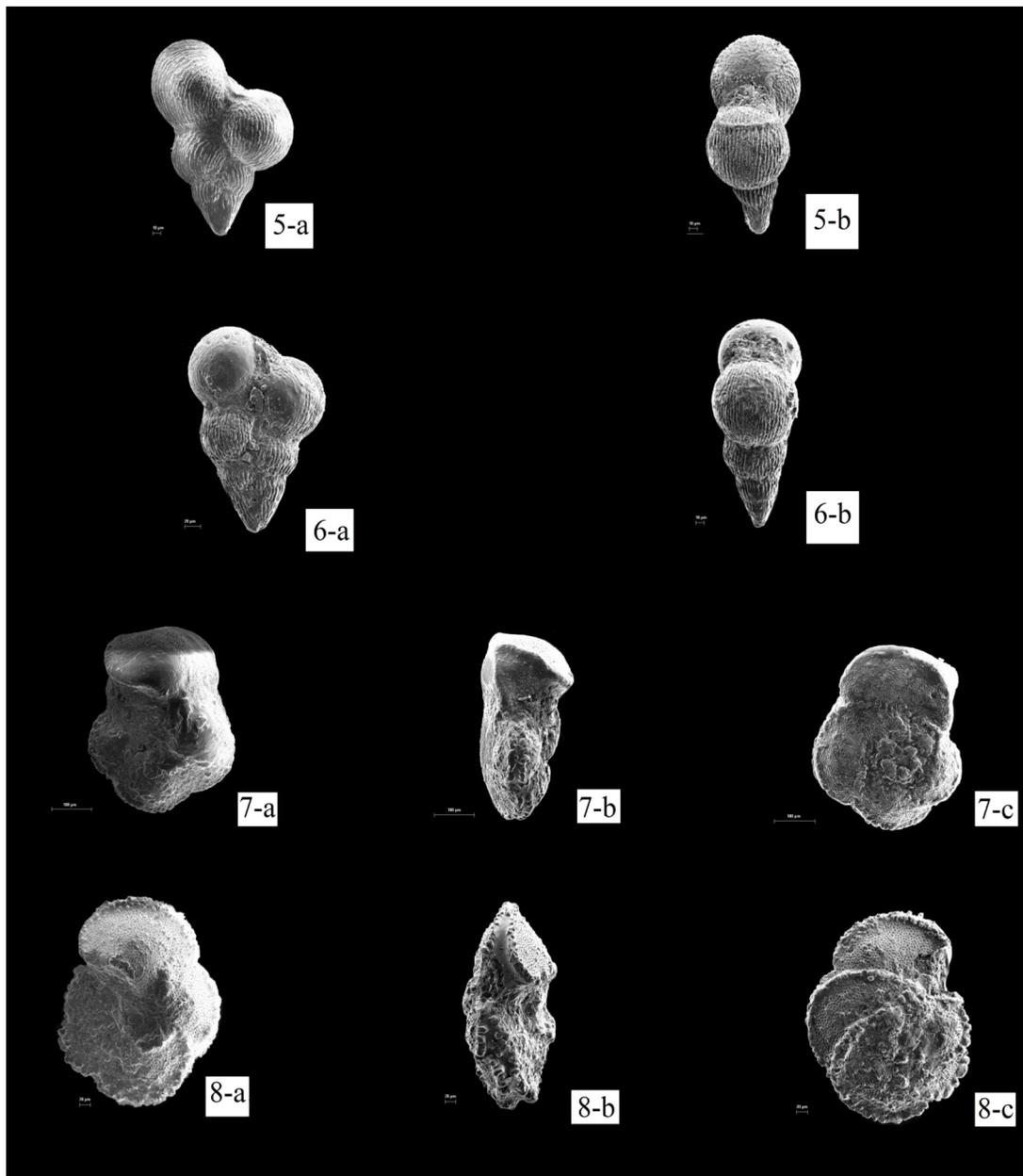


Planche 2 : *Quelques foraminifères planctoniques rencontrés dans l'intervalle d'étude*

(a-Face ombilicale

b- Profil

c- Face spirale)

5-*Heterohelix globulosa*;
7-*Dicarinella primitiva*;

6-*Heterohelix reussi*;
8-*Marginotruncana sinuosa*

VI-2-2-3. Paléo-environnement de dépôt

- **Le Cénomanién**

L'association de foraminifères planctoniques décrits dans le Cénomanién inférieur (*Heterohelidae Whiteinellidae* et *Hedbergellidae*) est caractéristique de milieu marin peu profond. Mais l'absence des formes benthiques (agglutinés et calcaires) suggère un milieu appauvri en oxygène, principalement au sur les fonds marins. La présence de rares grains de glauconite et de pyrite dans ces dépôts argileux (S1-x) et calcaires (S2-x) confirme un milieu de dépôt peu profond et pauvre en oxygène sur un plateau continental interne.

Le Cénomanién moyen constitué de calcaire et d'argiles sombres feuilletées. La population microfaunique dans ces dépôts à granulométrie fine diminue seulement entre 8 et 13 espèces dans les deux puits. Cela évoquerait un déficit d'oxygène dans le fond marin et une accentuation de l'eutrophisation du milieu marin. Cela se justifierait par la présence de plus en plus importante de glauconite et de pyrites. La présence de débris carbonés dans le milieu de dépôt, témoigne d'une influence continentale en l'occurrence sur un plateau continental interne à fond marin anoxique. **(Figure 5)**

Le Cénomanién supérieur est constitué principalement d'argile gris sombre localement feuilletée. L'assemblage micropaléontologique est similaire à celui observé au Cénomanién inférieur, La glauconite et la pyrite sont de plus en plus abondantes, surtout dans S1-x. L'on note cependant une absence de débris carbonés indiquant ainsi un relatif éloignement de la ligne de rivage. Cet assemblage traduit certainement un milieu de dépôt de type plateforme interne où l'anoxicité règne toujours dans le fond marin. . En définitive, le Cénomanién dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire est caractérisé par une absence presque totale de foraminifères benthiques, mais une abondance relative de formes planctoniques dominée par les genres *Hedbergellidae*, *Heterohelidae* et de *Whiteinellidae*, assemblage caractéristique d'un plateau continental interne à fond marin très peu ou pas oxygéné. L'absence des *Rotalipores* suggère des conditions de vie (anoxicité, eutrophisation) défavorables. Cet environnement de dépôt confiné est marqué par la présence simultanée de glauconite, de pyrite et de débris carbonés.

- **Le Turonien:**

L'assemblage microfaunistique de cet étage est similaire à celui du Cénomanién mais qui voit apparaître des formes carénées, telles que *Dicarinella* et *Marginotruncana*. Cela traduit un milieu relativement peu

profond. Le benthos, très rare indique l'anoxicité du fond marin qui voit l'apparition des espèces à test allongé telles que *Gaudryiana* spp. Cette association témoigne d'un environnement de plateau continental moyen. Cet approfondissement progressif pourrait évoquer un phénomène de transgression et de subsidence. De plus, la présence combinée de pyrite, de glauconite et de débris carbonés, confirme l'anoxicité du fond et l'influence du continent sur l'environnement de dépôt. L'absence des *Rotalipores* est compensée par l'apparition de formes planctoniques des genres *Marginotruncana*, *Globigerinelloides*, *Archaeoglobotruncana* et *Praeoglobotruncana*.

En conclusion, le Cénomaniens et le Turonien dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire sont caractérisés par des argiles feuilletés gris sombres, accumulées sous une mer où régnait un déficit d'oxygène. Mais, contrairement au Cénomaniens, au Turonien, il semble exister une mer relativement plus ouverte et plus profonde, due certainement à une transgression et une subsidence au Crétacé moyen. L'absence de *Rotalipores* semble être comblée par l'apparition de formes globuleuses des genres *Marginotruncana*, *Globigerinelloides*, *Archaeoglobotruncana* et *Praeoglobotruncana*.

V - DISCUSSION

Dans cette étude, sur le plan biostratigraphique, les associations micropaléontologiques qui ont permis d'identifier le Cénomaniens sont constituées de *Hedbergella/Globigerinelloides*, *Hedbergella planispira*, *H. simplex* et de *Whiteinella* (dans S1-x) mais aussi *Globigerinelloides bentonensis*, *Clavihedbergella moremani*, *C. simplicissima* (dans S2-x). En 2011, BAMBA et al. ont mis en évidence le Cénomaniens dans le bassin sédimentaire ivoirien grâce à l'association composée des espèces *Hedbergella planispira*, *Hedbergella delrioensis* et de petites formes indéterminées *Hedbergella* spp., *Globigerinelloides caseyiet G. bentonensis*. Les espèces *Clavihedbergella moremani* et *C. simplicissima*, identifiantes du Cénomaniens supérieur n'avaient pas été observées dans leur puits étudié. Néanmoins, l'espèce *Globigerinelloides bentonensis* leur a permis (comme dans le présent travail) d'identifier le Cénomaniens supérieur. Or, les travaux de CARON (1978) réalisés dans le bassin d'Angola ainsi que l'échelle biostratigraphique du même auteur, (1985), assignent l'espèce *Globigerinelloides bentonensis* à l'Albien et non au Cénomaniens. Dans le bassin du Western Interior américain, DESMARES et al. (2003) ont décrit une microfaune essentiellement planctonique et peu diversifiée au passages C/T et constitué principalement de morphotypes globuleux dont les *Whiteinellidae* et les *Heterohelidae*.

Ces résultats sont similaires à ceux de SAINT MARC et N'DA (1997) qui ont montré que dans le bassin ivoirien, entre l'Abien inférieur et le Maastrichien, la microfaune est essentiellement représentée par les foraminifères planctoniques ; les formes benthiques étant quasiment absentes. En effet, pour ces auteurs, entre l'Albien et le Cénomaniens, les genres rencontrés sont les *Hedbergella* et les *Praeglobotruncana* et du Turonien au Maastrichien, les formes essentielles sont des *Whiteinella*. De même les travaux de DIGBEHI et al. (1997) ainsi que ceux de KLASZ et al. (1995), repris par BAMBA et al., (2011) ont montré que le Cénomaniens respectivement dans les bassins de Côte d'Ivoire et du Sénégal comportent une faible diversité faunique d'*Hedbergella* dont l'espèce la plus caractéristique est *Hedbergella planispira* et les genres *Whiteinella* et *Heterohelix* sont plutôt abondants au Turonien.

Dans l'ensemble des deux puits S1-x et S2-x on a pu noter une prédominance des formes globuleuses des genres *Whiteinella*, *Hedbergella* et *Heterohelix*. Cette prédominance de ces trois genres entre le Cénomaniens et le Turonien a été aussi observée par RUAULT-DJERRAB et al., (2012), au niveau des coupes de chemla et des formations Fahdene, au Nord-Est de l'Algérie. Pour EICHER (1969), puis LECKIE (1987) ce phénomène est bien connu des dépôts marins du Crétacé moyen. En effet, selon eux, ces microorganismes vivent près de la surface et se développent en grand nombre dans les environnements de plate-forme continentale où ils supportent les variations de salinité et de température. Pour CAUS (1993); ROBASZYNKI et CARON (1995), repris par SOUA, (2005) et RUAULT-DJERRAB et al., (2012), ces foraminifères planctoniques du passage C/T de faciès pélagique sont qualifiés de formes opportunistes car ceux-ci ont envahi les eaux de mer à une période d'abondance de matière organique (servant de nourriture) du fait de la transgression marine qui a accumulé cette matière organique d'origine détritique dans les océans embryonnaires (JENKYN, 1997).

D'ailleurs, pour SOUA et TRIBOVILLARD (2007), cette période de dépôt de matières organiques marque l'événement d'inondation le plus intense au cours du Phanérozoïque. Selon DESMARES et al. (2003), ces petits foraminifères se reproduisent vite en grand nombre uniquement dans les eaux superficielles, profondeurs inférieures à 100 m (RUAULT-DJERRAB et al., 2012), et s'adaptent plus facilement aux conditions du milieu. C'est pourquoi elles sont les plus rencontrées dans cette zone de stress du passage C/T où, au déficit d'oxygénation s'ajoute une extrême salinité des eaux due certainement à la circulation des eaux hypersalées engendré par le lessivage des évaporites du Trias (SOUA et TRIBOVILLARD, 2007). Les résultats de nos travaux indiquent une raréfaction, voire une absence de foraminifères benthiques du Cénomaniens au Turonien. Selon de nombreux autres travaux

rapportés par BAMBÀ et al. (2011), cette quasi absence des foraminifères benthiques de l'Albien jusqu'au Sénonien inférieur s'expliquerait par des conditions de dépôt en milieux abrités (sous anoxie relative) sur un plateau continental interne, mais sous une influence continentale prépondérante. En effet, pour SAINT-MARC et N'DA (1997) et SOUA et TRIBOVILLARD (2007) cette mauvaise oxygénation du fond marin dans le proto-Atlantique, alors peu profond et peu ouvert de cette époque serait due à l'absence ou l'insuffisance d'un brassage des eaux par les courants marins. Ils estiment aussi que le très fort caractère réducteur du milieu de dépôt ou (et) l'arrivée d'eaux froides venant du Sud au cours de l'ouverture de l'Atlantique central pourraient expliquer cette élimination des tests calcaires (observée dans ce présent travail) et de test siliceux (selon les travaux de MUSAVU-MOUSSAVOU et al., 2007).

En outre, l'étude sur la réponse biotique des Radiolaires dans les niveaux Bonarelli, en Italie a montré que le passage C/T, marquée par l'absence d'oxygène et d'accumulation de la matière organique est aussi caractérisée par une extinction massive de Radiolaires estimée à 41%. Par ailleurs l'absence totale des Rotalipores, marqueurs du Cénomani (CARON, 1983) pourrait traduire une extinction qui coïnciderait avec l'apparition des genres *Globigerinelloides*, *Archaeoglobigerina*, *Pseudoplanoglobulina* et *Marginotruncana*. Ces formes nouvellement apparues sont très proches des *Rotalipores* disparus. Les travaux de CARON (1983) ont montré qu'après la disparition des Rotalipores, l'on a observé l'occurrence, de morphotypes de plus en plus complexes à partir de ces formes primitives au cours du Turonien (développement de 1 ou 2 carènes), rattachées aux genres *Dicarinella* et *Marginotruncana*. C'est pourquoi, l'étude menée sur les foraminifères par DESMARES et al. (2003), ne conclut pas à une extinction massive, mais plutôt à un changement adaptatif de la microfaune. En effet, pour l'auteur, les variations paléoenvironnementales conduisent à une sélection des espèces les mieux acclimatées.

La relative apparition de plus en plus importante du nombre de foraminifères benthiques au Turonien pourrait être liée à une transgression marine dont ont fait cas SPENGLER et DELTEIL (1964); GROSHENY et al. (2005) puis FRIEDRICH et al. (2006). En effet, pour eux le Turonien est caractérisé par une transgression marine au cours de laquelle la mer s'est étendue au-delà de la « faille des lagunes » et a favorisé une relative oxygénation du fond marin qui a permis la présence quasi-continue de foraminifères benthiques. (FRIEDRICH et al., 2006). C'est d'ailleurs ce qu'ont traduit SAINT-MARC et N'DA (1997), par le fait qu'à partir du Crétacé moyen jusqu'au supérieur l'élargissement du proto-Atlantique Sud, avec l'accroissement de la

profondeur, entraînant ainsi une prolifération progressive de formes planctoniques au Crétacé supérieur. D'ailleurs, pour REY (1983), un approfondissement a pour conséquence une augmentation du rapport Planctonique/Benthique, rapport dont les valeurs permettent d'estimer les paléo-profondeurs. Au plan lithologique, cette étude a identifié trois faciès (une prédominance d'argiles gris sombres en feuillets, les couches ou encore des lentilles de grès et du calcaire). Cette prédominance des argiles feuilletées sombres accumulées au Crétacé moyen et au-delà, traduit un milieu restreint relativement confiné tel que décrits par STRAND (1998) cités par BAMBA et al. (2011).

Ces résultats concordent avec ceux de plusieurs auteurs dont FRIEDRICH et al. (2006) qui n'ont décrit que des argilites noirs laminées dans les quatre (4) forages au cours du programme ODP (Leg 207, dans la partie occidentale de l'Atlantique). SAINT-MARC et N'DA (1997) ont également décrit dans le sondage D1-1X du bassin sédimentaire ivoirien une lithologie essentiellement détritique constituée d'argiles noires pyriteuses et de grès, avec une diminution progressive du détritisme grossier de l'Albien au Paléocène et la présence de niveaux calcaires à la base du Cénomanién. Ces niveaux calcaires pourraient constituer des repères stratigraphiques à l'échelle du golfe de Guinée. En effet, on note la présence de niveaux calcaires au passage Albien-Cénomanién dans le forage ODP-959 et durant le Crétacé supérieur dans le forage ODP-960 (MASCLE et al., 1995).

Plus au Nord-ouest du golfe de Guinée, dans le bassin sénégalais, les forages étudiés par N'ZOUSSI-M. (2003) ont montré que l'intervalle Cénomanién-Turonien est constitué d'une alternance de niveaux argilo-calcaires et de calcaires argileux, avec une microfaune relativement riche en foraminifères benthiques. Ce faciès correspond, selon l'auteur, au dépôt de plateau continental interne évoquant la zone de transition entre le domaine marin franc à l'ouest (distal), et un milieu littoral à l'Est (proximal). Les foraminifères planctoniques y sont rarement observés. Le taux de sédimentation est relativement élevé, traduisant l'influence des apports terrigènes. Pour COCCIONI et LUCIANI, (2004) cités par BAMBA et al. (2011), les modifications au plan biologique, sédimentologique et paléoenvironnemental sont dues à l'événement global dénommé Bonarelli (ou EAO 2) décrit en Italie, intervenu au passage Cénomanién/Turonien où les sédiments essentiellement argileux accumulés sont connus sous le nom de black shales particulièrement riche en matière organique. Cette conservation de la matière organique dans les sédiments pourrait être due à l'anoxicité du milieu mais aussi proviendrait de source primaire, car pour SAINT-MARC et N'DA (1997), au Crétacé moyen, les fonds de la mer,

encore embryonnaire du proto-Atlantique Sud était le siège d'une sédimentation clastique et un probable important apport de matière organique (spore, grains de pollen, bois...) en provenance des zones émergées proches où le climat chaud et humide permettait le développement d'une végétation luxuriante. Cet apport de matière organique d'origine détritique serait dû à la plus grande transgression des temps phanérozoïques, intervenue au Crétacé moyen (SOUA et TRIBOVILLAD, 2007); cette productivité primaire de la matière organique aurait même augmentée le manque d'oxygène durant l'EAO2. (FRIEDRICH, et *al.*, 2006) et SCHLANGER et JENKYNS (1976).

VI – CONCLUSION

La caractérisation micropaléontologique en vue de la mise en évidence d'extinction de microfaunes caractéristiques au passage Cénomancien/Turonien dans le bassin sédimentaire ivoirien a été possible grâce à l'étude de deux puits offshore (S1-x et S2-x). Elle a conduit à des résultats intéressants qui permettent une meilleure compréhension, dans le bassin ivoirien, d'un phénomène d'envergure planétaire: les modifications biologiques et paléoenvironnementales. En effet, dans une lithologie dominée par les argiles feuilletées grise sombre, s'observe une microfaune pauvre mais dominée par les foraminifères planctoniques représentés par les genres *Hedbergella*, *Heterohelix* et *Globigerinelloides*, avec une quasi-absence de formes benthiques. Ce faciès caractérise un environnement de dépôt de type plate forme interne à moyen sous influence continentale et pauvre en oxygène. L'extinction et donc l'absence des *Rotalipores* coïncidant avec l'occurrence de formes similaires ou plus complexes telles que les genres *Globotruncana*, *Dicarinella*, *Preaglobotruncana* et *Globigerinelloides* suggère que cette disparition de formes planctoniques traduit plutôt un changement adaptatif de la faune et des variations environnementales qui a conduit donc à une sélection des espèces qui s'acclimatent mieux.

Remerciements

Les auteurs, à travers ces mots tiennent à témoigner leur infinie reconnaissance à la Direction générale de la PETROCI qui a bien voulu leur faire confiance en leur confiant ce travail. Ils remercient plus particulièrement certains co-auteurs pour leur assistance, conseils et orientation assidue au cours de la réalisation de cette étude.

RÉFÉRENCES

- [1] – SPENGLER A. (de) et DELTEIL J.R., 1964 – Le bassin secondaire et tertiaire de Côte d'Ivoire : In : bassins sédimentaires du littoral africain, Annales des Serv.Géol. Afric., Paris, pp.99-113.
- [2] – CHARPY N., et NAHON D., 1978 – Contribution à l'étude lithostratigraphique et chronologique du Tertiaire de Côte d'Ivoire. Département des Sciences de la Terre, Univ. Abidjan, sér. Doc., 18,34 p.
- [3] - SIMON P. et AMAKOU B., 1984 – La discordance oligocène et les dépôts postérieurs à la discordance dans le bassin sédimentaire ivoirien. *Bull. Soc.. Géol. France.*, 26, pp.1117-1125
- [4] - GOUA T.E., 1993 – Biostratigraphie et milieux de dépôt dans le bassin sédimentaire ivoirien du Maastrichtien à l'Eocène inférieur. Région Yocoboué-N'zida : compartiment Nord de la partie terrestre du bassin. DESR. Univ. Bourgogne (Dijon), 73p.
- [5] - N'DA L. V., SAINT-MARC P., KLASZ I. (de), et GOUA T. E., 1995 – Données micropaléontologiques sur le passage Crétacé-Tertiaire de Côte d'Ivoire. *Rév. Esp. Micropal.*, vol.XXVII, n°3, pp.137-152.
- [6] - DIGBEHI Z. B. ; N'DA L.V.; YAO K.R. ; ATTEBA Y.A., 1997 – Principaux foraminifères et palynomorphes crétacés du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, Golfe de Guinée septentrional : propositions pour une échelle biostratigraphique locale. *Africa Geoscience Review*, Vol.4, N°3&4, pp. 467-479.
- [7] - SAINT-MARC P., et N'DA L. V., 1997– Biostratigraphie et environnements des dépôts crétacés au large d'Abidjan (Golfe de Guinée). *CretaceousResearch*, 18, pp.545-565.
- [8] - GOUA T.E., 1997 – Biostratigraphie et évolution paléoenvironnementale des séries maastrichtiennes et paléocènes dans le bassin sédimentaire côtier.Thèse d'Etat en géologie, Univ. Bourgogne, centre des sciences de la terre, 354p.
- [9] - DIGBEHI Z. B.,DOUKOURE M., TEA-YASSI J., YAO R. K., KANGAH K. D.& TAHIL., 2012-*Palynostratigraphy and palaeoenvironmental characterization and evidence of Oligocene in the terrestrial sedimentary basin, Bingerville area, Southern Côte d'Ivoire, Northern Gulf of Guinea. African Journal of Environment al Science and Technology*ISSN 1996-0786 ,Vol. 6 (1), pp. 28-42, January 2012.
- [10] - GBANGBOT J-M. K., DIGBEHI Z. B., YAO N. J-P ; MONDE S. & YAO A. N., 2012-Lithostratigraphie des Dépôts de Subsurface des Régions de Bingerville et d'Assinie, Sud et Sud-est, Basse Côte d'Ivoire. Essai de Comparaison des Environnements de Dépôts au Cours du Tertiaire. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X Vol. 86 No 1 September, 2012, pp.41-52.

- [11] - **BIE G. R., DIGBEHI Z. B., YAO K. R., TEA-Y. J., KANGA K. D. et TAHI I., 2012-** Stratigraphie palynologie du Maastrichtien supérieur-Eocène supérieur du bassin sédimentaire offshore de Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *Internation Journal of African Studies* PP. 40-57
- [12] - **BAMBA M. K., DIGBEHI Z. B., SOMBO B. C., GOUA T. E. et N'DA L. V., 2011-**Foraminifères planctoniques, biostratigraphie et paléoenvironnement des dépôts albo-turonien de la Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *Revue de Paléobiologie*, Genèse Vol. 30 N°1 PP:1-11
- [13] - **GROSHENY D., BEAUDOIN B., LAURENCE M., DESMARES D., 2005-** High-resolution biostratigraphy and chemostratigraphy of Cenomanian/Turonien boundary event in the vocontian basin, southeast France. *Cretaceous Research* 27 (2006) 629-640
- [14] - **JENKYN, H.C., 1980-**Cretaceous anoxic events: from continents to oceans. *Journal of the Geological Society*, London, **137**, 171-188.
- [15] - **CHIERICI M. A., 1996** – Stratigraphie, paléoenvironnements and geological evolution of Ivory cost-Ghana bassin : in Jardiné S., Klasz I.(de) & Debenay J.P.(Eds) – Géologie de l'Afrique et l'Atlantique sud, Actes des colloques d'Angers, Mém. 16. Elf Aquitaine, 16-20 Juillet 1994, p.293-303.
- [16] - **DIGBEHI Z.B., 1987** – Etudes comparées de la sédimentation des stades d'ouvertures de l'Atlantique-Golf de Guinée-Golf de Gascogne. Sédimentologie, biostratigraphie. Thèse de doctorat, univ. Pau, 366p.
- [17] - **JARDINE S. et MAGLOIRE L., 1965** – Palynologie et stratigraphie du Crétacé des bassins du Sénégal et de Côte d'Ivoire. Coll. Int. Micop.(Dakar, 1963). Mém. B.R.G.M., pp.187-245.
- [18] - **TASTET J.P., 1979** – Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du Golf de Guinée (Côte d'Ivoire, Togo, Bénin). Thèse de Doctorat Sc. Nat., Univ. BordeauxI, n°621, 175p.
- [19] - **CARON M., 1978-** Cretaceous planktonic foraminifers from DSDP Leg 40, Southeastern Atlantic Ocean. *Initial Report of Deep-Sea Drilling Project*, 40: 651-678
- [20] - **CARON M., 1985-** Cretaceous planktonic foraminifers. In: bollih.m., J.bSAunDers et K. perch-nielsen (Eds) *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Earth Science series, Cambridge University Press, 17-86.
- [21] - **ROBASZYNSKI F. et M. CARON (Coordinateurs) et Groupe de travail européen des foraminifères, 1979-**Atlas de foraminifères planctoniques du Crétacé moyen (Mer Boréale et Téthys). *Cahiers de Micropaléontologie*, Part 1: 1-85 Part 2: 1-185
- [22] - **ROBASZYNSKI F. et CARON M., 1995-** Foraminifères planctoniques du Crétacé: commentaire de la zonation Europe-Méditerranée. *Bull. Soc. Geol. France* 166, pp. 681-692.

- [23] - **LOEBLICH A. R. et H. TAPPAN, 1988-** Foraminiferal genera and their classification Van NorstrandReinhol Company, New York, Part 1: 970 p.; Part 2: 842 p.
- [24] - **MASSALA A., 1993-** Le Crétacé supérieur et le Tertiaire du bassin côtier congolais. Biochronologie et stratigraphie séquentielle. *Thèse Doctorat*, Université de Bourgogne, 326 p.
- [25] - **MASSALA A., J.P. BELLIER, F. MAGNIEZ-JANNIN et B. LAURIN, 1996-**Biostratigraphie (foraminifères planctoniques) et environnements du Crétacé supérieur d'après deux sondages du bassin côtier congolais: In : JARDINE S., I. De KLASZ I. et J-P DEBENAY (Eds), Géologie de l'Afrique et de l'Atlantique Sud. *Actes des colloques d'Anger, 16-20 Juillet 1994. Elf Aquitaine*, 16: 29-38
- [26] - **DESMARES D., GROSHENY. D., BEAUDOIN B., 2003-**Hétérochronies du développement *sensu* Gould chez les foraminifères planctoniques cénomaniens: exemple de néoténie dans le bassin du Western Interior américain. *C. R. Palevol*. 2 (2003) 587-595
- [27] - **RUAULT-DJERRAB M., FERRE B., et ROUF F., 2012-** Etude micropaléontologique du Cénomano-Turonien dans la région de Tébessa (N-E Algérie): implications paléoenvironnementales et recherche de l'empreinte de l'OAE2. *Revue de paléobiologie*, 31 (1): pp 127-144.
- [28] - **EICHER D.L., 1969a** – paleobathymetry of Cretaceous greenhorn sea in eastern colorado. *bull. am. ass. petrol. geol.*, 53(3): 1075-1090.
- [29] - **EICHER D.L., 1969b** – Cenomanian and Turonian planktonic foraminifera from the western interior of United States. *In: Brönnimann P. And RenzH.H.Eds., Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils*, pp.163-174.
- [30] - **LECKIE R. M., 1987** – Paleoeology of mid-Cretaceous planktonic foraminifera. A comparison of open ocean and sea assemblages.*Micropaleontology*, Vol. 33, pp.164-176.
- [31] - **SOUA M., 2005-**Biostratigraphie de haute résolution des foraminifères planctoniques du passage Cénomaniens-Turonien et impact de l'événement anoxique EAO-2 sur ce groupe dans la marge sud de la Thétyhs, exemple: région de Jerissa et Bargou. *Mastère en Dynamique Tectono-sédimentaire et Caractérisation des Réservoirs*. Univ de TUNIS El Manar, Faculté des Sciences de Tunis, 71p.
- [32] - **SOUAM. et TRIBOVILLARD N., 2007-** Modèle de sédimentation du passage Cénomaniens-Turonien pour les formations de Bahloul en Tunisie. *C.R. Geoscience* 339 (2007) pp. 692-701
- [33] - **MUSAVU-MOUSSAVOU B., DANELIAN T., BAUDIN F., COCCIONI R., FRÖHLICH F., 2007-** La réponse biotique des Radiolaires durant le OAE 2. Une étude à haute-résolution à travers le

- niveau Bonarelli à Bottaccione (Gubbio, Italie). *Revue de Micropaléontologie*, Vol 50 n° 3, pp 253-257
- [34] - **CARON M., 1983-** La spécialisation chez les foraminifères planctoniques: une réponse adaptée aux contraintes de l'environnement. *Zitteliana*, 10: 671-676
- [35] - **FRIEDRICH O., ERBACHER J. et MUTTERLOSE J., 2006 -** Paleoenvironmental changes across the Cenomanian/Turonian Boundary Event (Oceanic Anoxic 2) as indicated by benthic foraminifera from the Demerara Rise (ODP Leg 207). *Revue de Micropaléontologie* 49: 121-139.
- [36] - **REY J., 1983-** Biostratigraphie et lithologie: Principes fondamentaux, *Méthodes et Applications. Editions Technip, 181p.*
- [37] - **STRAND K., 1998-** Sedimentary facies and sediment composition changes in response to tectonics of Côte d'Ivoire - Ghana transform margin 1. In: MASCLE J., G.P. LOHMANN et M. MOULLADE (Eds), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 159: 113-123
- [38] - **N'ZOUSSI M. P., 2003-**Le Cénomano-Turonien de l'Atlantique nord (bassin du Sénégal): environnement de dépôt et évolution diagenétique ; implications pétrolières. Thèse *Doctorat, Université d'Orléans*, 238 p.
- [39] - **MASCLE J., LOHMANN G. P., CLIFT P., 1995-** La marge transformante ce Côte d'Ivoire –Ghana: premiers resultats de la campagne ODP 159 (janvier-février 1995). *CompteRendu, Académie des Sciences de Paris* 320, pp. 737-747.
- [40] - **COCCIONI R. et V. LUCIANI, 2004 –** Planktonic foraminifera and environmental changes across the Bonarelli event (OAE 2, Latest Cenomanian) in its type area: a high- resolution study from the tethyan reference bottaccione section (Gubbio, Central Italy). *The Journal of Foraminiferal Research*, 34(2): 109-129
- [41] - **SCHLANGER S. O. et JENKYN H. C., 1976-** Cretaceous oceanic anoxia events : causes and consequences. *Géologie en Mijnbouw*, 55, n° 3-4, p. 179-184