

**La limite Paléocène-Eocène dans le Bassin de Douala (Cameroun).
Biostratigraphie et essai de reconstitution des paléoenvironnements
par l'étude des Dinoflagellés.**

**The Paleocene-Eocene boundary in the Douala Basin (Cameroon)
Dinocysts biostratigraphy and tentative of Paleoenvironmental reconstruction.**

Cécile-Olive MBESSE ⁽¹⁾, Emile ROCHE ⁽²⁾ & Simon NGOS III ⁽³⁾

Abstract : This paper presents an analysis of the phytoplankton recorded in various wells from oil exploration that go through the Nkapa Formation in the Douala Basin, Cameroon. The distribution of about thirty stratigraphically significant taxa in the sedimentary layers of the Moulongo, North Matanda and Mamiwater wells enabled to draw up a biostratigraphy of the Early Tertiary and to clarify the Paleocene-Eocene boundary in comparison with surrounding basins. The study highlights a diachronism between two *Apectodinium* acme; the first one, before the CIE (Carbon Isotopic Excursion) in the Late Paleocene of the Douala Basin; the second one occurring during the PETM (Paleocene-Eocene Thermal Maximum) in the Early Eocene of various Northern basins reviewed in the paper. Jointly of the biostratigraphical analysis is suggested a paleoenvironmental reconstruction based on dinocysts' ecology and on the evolution of the Dinoflagellates/Pollen-Spores' ratio in the studied sequences.

Key words: Cameroon, Douala Basin, Nkapa Formation, Dinoflagellates, Biostratigraphy, Paleocene - Eocene boundary, Paleoenvironments.

Résumé : Cet article présente une analyse du phytoplancton recensé dans divers puits de prospection pétrolière ayant traversé la Formation de Nkapa dans le Bassin de Douala au Cameroun. La distribution verticale d'une trentaine de taxons marqueurs dans les sondages de Moulongo, Nord Matanda et Mamiwater a permis d'établir une biostratigraphie du Tertiaire inférieur du bassin et d'y préciser la limite Paléocène-Eocène sur base d'une comparaison avec les bassins sédimentaires avoisinants. L'étude a mis en évidence l'existence d'un diachronisme entre deux acmés d'*Apectodinium*, celui pré-CIE (Carbon Isotopic Excursion) observé au Paléocène supérieur dans le Bassin de Douala et celui contemporain du PETM (Paleocene-Eocene Thermal maximum) dans l'Eocène basal de divers bassins nordiques passés en revue dans le travail. En parallèle de l'analyse biostratigraphique est proposée une reconstitution paléoenvironnementale basée sur l'écologie des dinokystes et sur l'évolution du ratio Dinoflagellés/Pollen et Spores dans les différentes séquences étudiées.

Mots-clés: Cameroun, Bassin de Douala, Formation de Nkapa, Dinoflagellés, Biostratigraphie, Limite Paléocène -Eocène, Paléoenvironnements.

INTRODUCTION

Les bassins sédimentaires d'Afrique de l'ouest dont l'intérêt économique est lié à l'exploitation pétrolière ont fait l'objet de nombreuses études dans divers domaines de la géologie (géologie structurale, tectonique, stratigraphie).

En biostratigraphie, les études palynologiques ont été particulièrement développées au Nigéria mais aussi au Sénégal, en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Gabon et au Congo (BELSKY et al., 1965 ; BOLTENHAGEN, 1965 ; JARDINE & MAGLOIRE, 1965 ; VAN HOEKEN-KLINKENBERG, 1966 ; GERMERAAD et al., 1968 ; BOLTENHAGEN, 1976, 1977 ; JAN DU CHENE & SALAMI, 1978 ; JAN DU CHENE et al., 1978a ; JAN DU CHENE et al., 1978b ; JAN DU CHENE et al., 1978c ; KIESER & JAN DU CHENE, 1979 ; M'BORO, 1980 ; JAN DU CHENE & ADEDIRAN, 1984, 1985 ; BOLTENHAGEN & SALARD-CHEBOLDAEFF, 1980 ; OLOTO, 1989, 1990, 1992 ; EDET, 1992 ; EDET & NYONG, 1994 ; BIO-LOKOTO et al.1998 ; GREGG, 1998 ; OBOH-IKUENOBE et al., 1998 ; ATTA-PETERS & SALAMI, 2004a, 2004b, 2006 ; BANKOLE et al., 2007

⁽¹⁾ Assistante à l'Université de Douala, Cameroun. bessong.olive@gmail.com

⁽²⁾ Maître de Conférences à l'Université de Liège (Belgique). Unité de Paléobiogéologie-Paléobotanique-Paléopalynologie. rocheemile@yahoo.fr

⁽³⁾ Head of Laboratory of Sedimentary and Petroleum Geology – University of Yaounde (Cameroon) sngos@yahoo.com

ANTOLINEZ-DELGADO & OBO-IKUENOBE, 2007 ; AJAEGWU et al., 2008 ; LUCAS & ISCHIEKWENE, 2010a, 2010b ; OGALA et al., 2009 ; DIGBEHI et al., 2011 ; DIGBEHI et al., 2012 ; ADEGOKE, 2012 ; ADEONPEKUM et al., 2012 ; CHIAGHANAM et al., 2012)

La plupart de ces travaux concernent le Crétacé, probablement en raison de l'intérêt qu'y présentent les roches réservoirs en hydrocarbures.

Au Cameroun, le Bassin de Douala a fait l'objet de quelques études palynologiques dont la plus détaillée est celle de SALARD-CHEBOLDAEFF (1976, 1977, 1978, 1979, 1981, 1990) couvrant largement la série Tertiaire au puits Kwa-Kwa du Crétacé supérieur au Miocène (situation : Figure 1). On notera aussi les travaux de NIJKE (2004) sur le Crétacé de l'Est du Bassin et, plus récemment, de KENFACK et al. (2012) sur des affleurements « onshore » du Tertiaire inférieur des localités de Kompina, Miang et Fiko situées dans la région de Souza (Nkapa), à 25 km environ au Nord-Ouest de Douala (situation : Figure 1).

De ceci, il résulte que la base du Tertiaire représentée par la Formation de Nkapa reste encore peu explorée du point de vue palynostratigraphique ; les travaux de NIJKE ne concernant que le Crétacé alors que SALARD n'a abordé le sujet que partiellement par l'analyse sporopollinique, englobant en un tout le Paléocène et l'Eocène inférieur et que KENFACK et al. n'ont recensé que 16 espèces de dinoflagellés auxquelles ils attribuent une valeur stratigraphique, situant leurs dépôts à la limite Crétacé-Tertiaire.

C'est dans la Formation de Nkapa que la limite Paléocène/Eocène a été définie par les géologues pétroliers sur base de la lithologie, de la sismique, de la diagraphie et d'une étude des foraminifères planctoniques (SNH, 2005).

A l'échelle de la planète, la limite Paléocène/Eocène n'est pas soulignée par un événement paléo-biologique majeur de renouvellement des flores et des faunes caractérisant les « catastrophes globales » qui jalonnent l'échelle des temps géologiques et dont la plus connue, celle de la limite Crétacé-Tertiaire est marquée par l'extinction des dinosaures. Toutefois, deux techniques biostratigraphiques, l'une basée sur l'étude des foraminifères (P), l'autre sur celle des nannofossiles calcaires (NP), couplées aux méthodes palynostratigraphiques (Pollen, Spores, Dinoflagellés), affinées ces dernières décennies, ont permis d'avancer certains critères situant la limite Paléocène/Eocène à divers niveaux de l'intervalle 56,2 – 53,6 MA de l'échelle chronométrique (DUPUIS, 2005). Plus récemment, la chémostratigraphie a mis en évidence une anomalie isotopique du carbone (SINHA et al., 1996 ; SINHA, 1997) ou « Carbone Isotope Excursion » (CIE) se situant à 55,8 MA (vers la base des faciès sparnaciens) résultant d'un déséquilibre dans le ratio isotopique naturel ^{12}C - ^{13}C dû à une libération brutale de carbone ^{12}C dans l'atmosphère et le milieu marin, avec comme effet une augmentation brusque de la température globale (KENNETT & STOTT, 1991 ; ZACHOS et al., 2003). Ce phénomène hyperthermique, couplé à la CIE a été voté comme situant la limite entre le Paléocène et l'Eocène et comme marquant le début d'un court intervalle de 150 000-200 000 ans à l'échelle géologique (RÖHL et al., 2000) connue sous l'appellation « Paleocene-Eocene Thermal Maximum » (PETM). Cette limite correspond à un changement des flores terrestres (WING et al., 2005) déjà signalé par SCHIMPER (1874) dans le Sparnacien du Bassin de Paris alors que, dans le milieu marin, on assiste à une extinction massive de foraminifères benthiques (KENNETT & STOTT, 1991).

La coupe de référence choisie pour établir la limite Paléocène-Eocène internationalement reconnue est celle des « Dababiya Quarry Beds » à Louxor, en Egypte. La coupure Paléocène-Eocène a été fixée au début de cette séquence dans laquelle des variations lithologiques et des événements paléo-biologiques ont été identifiés par rapport à la CIE et au PETM, notamment l'extinction des foraminifères benthiques à sa base et, en son sein, la présence d'une association typique de nanofossiles calcaires avec leurs acmés caractéristiques (DUPUIS et al., 2003 ; AUBRY et al., 2007).

La CIE et le PETM ont été enregistrés dans deux autres sites africains, l'un dans une zone côtière du Sud-Est de la Tanzanie, l'autre dans la région de Lagos au Nigeria.

En Tanzanie, au site TDP 14 appartenant au « Kilwa Group Outcrop », la limite Paléocène-Eocène initialement déterminée par biostratigraphie a été confirmée par le repérage de la CIE. Une étude basée sur des indicateurs minéralogiques et des biomarqueurs (HANDLEY et al., 2012) suggère que le PETM y correspondait à un climat régional plutôt sec à précipitations saisonnières intenses ce qui infirme l'opinion généralement admise d'associer le PETM à une humidification globale du climat (BOWEN et al., 2004).

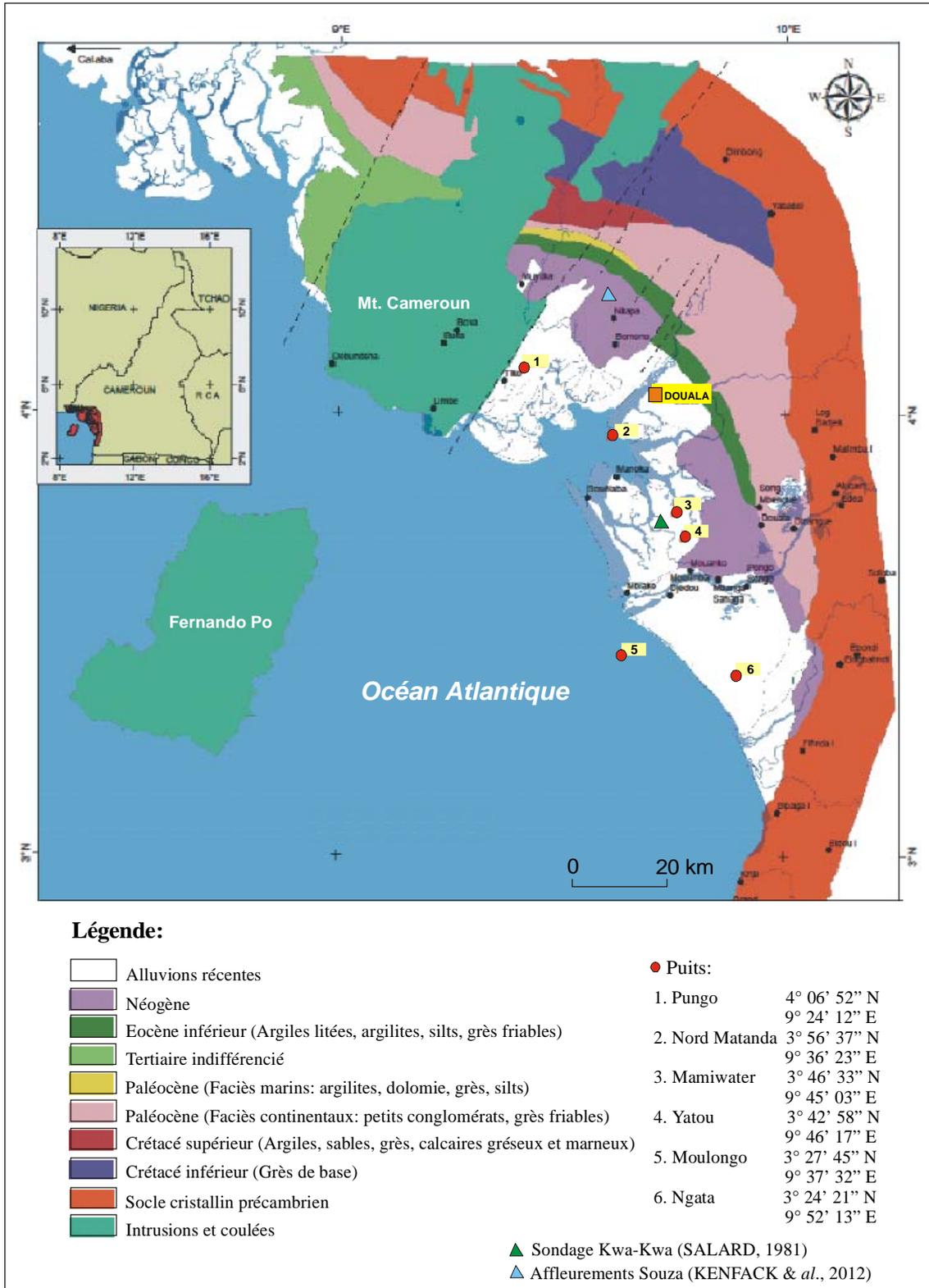


Figure 1: Esquisse géologique du bassin de Douala et situation des sondages (d'après: HOURCQ, 1955 / SALARD-CHEBOLDAEFF, 1981)

Au Nigeria, dans une recherche en cours (FRIELING *et al.*, 2011) relative à l'hydrologie et à la paléocécologie du PETM a été abordée l'analyse de l'évolution des assemblages de Dinoflagellés, non seulement du point de vue biostratigraphique mais aussi en termes de niveau marin, de température et

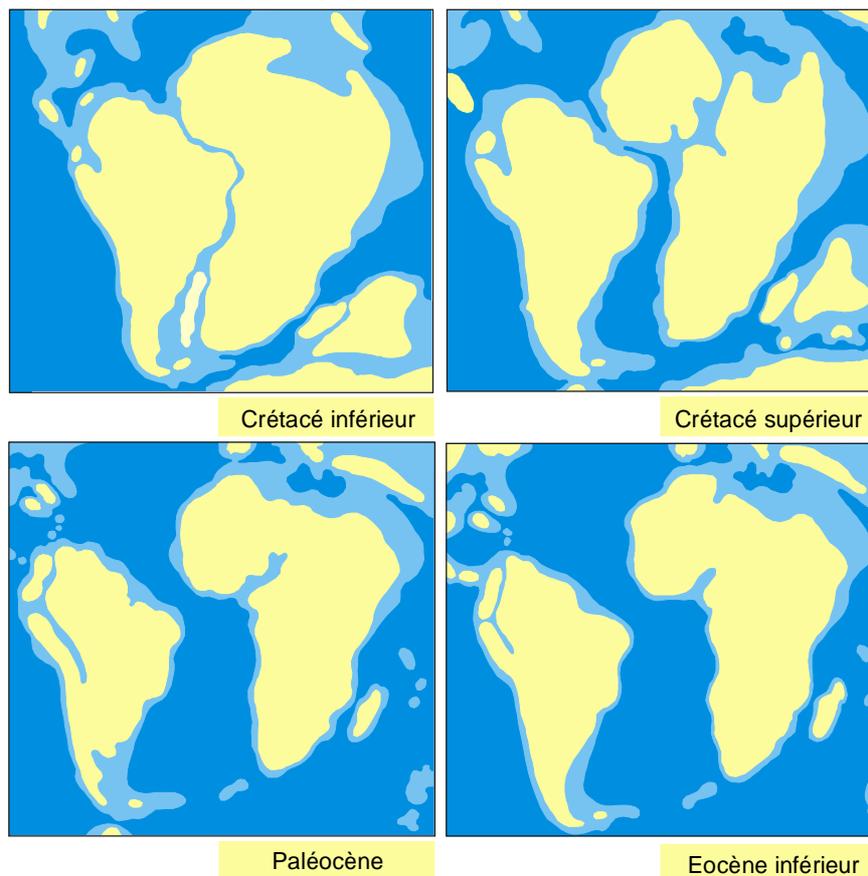


Figure 2 : Paléogéographie de l'Atlantique sud (Crétacé - Tertiaire inférieur)

d'après: PALEOMAP Project [C.R.Scotese (2001)]

Phase de rift - Phase de séparation I (Drift I)

Crétacé inférieur: dépôt de la Formation de Mundek

Phase de séparation II (Drift II)

Crétacé supérieur: dépôts des Formations de Logbadjeck et de Logbaba

Paléocène-Eocène: dépôt de la Formation de Nkapa

d'après: Lawrence et *al.*, 2002

Ntamak-Nida et *al.*, 2010

de salinité. En ce qui concerne plus particulièrement le genre *Apectodinium*, sa position stratigraphique particulière par rapport à la CIE a été soulevée.

Avec le début de la CIE coïnciderait, à l'échelle globale, une progression dans les assemblages de dinokystes du genre *Apectodinium* dont la phase d'abondance serait associée au PETM (CROUCH et *al.*, 2001 ; CROUCH et *al.*, 2003). D'après les travaux préliminaires de FRIELING, cette assertion pourrait être remise en question pour ce qui concerne le Paléogène inférieur des bassins sédimentaires tropicaux de l'Ouest africain ; au Nigeria, *Apectodinium* semblant connaître une expansion pré-CIE.

Dans le Bassin de Douala, on ne dispose pas de séquence sédimentaire avec enregistrement de la CIE. La limite Paléocène-Eocène y a été établie au puits Moulongo par une analyse biostratigraphique de la Formation de Nkapa basée, notamment, sur l'étude des foraminifères planctoniques (SNH, 2005).

Le présent travail a pour objectif de faire l'inventaire des dinoflagellés présents dans cette formation traversée par divers sondages et de mettre en relief la distribution des espèces à caractère stratigraphique avec le puits Moulongo comme séquence de référence. Une comparaison sera établie avec des analyses faites dans différents bassins de l'Afrique de l'Ouest et, en ce qui concerne le genre

Apectodinium, de tenter une mise en parallèle avec sa position stratigraphique par rapport à la CIE telle que suggérée au Nigeria.

LE BASSIN DE DOUALA

Cadre géographique

Au Cameroun, le long de la marge atlantique, deux bassins sédimentaires sont séparés par le massif volcanique du Cameroun : le Bassin du Rio del Rey représentant l'extension sud-est du delta du Niger et le Bassin de Douala/Kribi-Campo, grande dépression épicontinentale de marge passive, née de l'ouverture de l'Atlantique sud, qui s'étend le long du Golfe de Guinée (SNH, 2005) et qui appartient au système des bassins salifères de l'Ouest Africain regroupés, d'après leurs caractéristiques structurales, dans la Province côtière du Centre-Ouest s'étendant du Cameroun à la Namibie (BROWNFIELD & CHARPENTIER, 2006).

Le Bassin de Douala (Figure 1) couvre une superficie totale de 19 000 km² dont 7 000 km² sont émergés. Le bassin *s.l.* qui se prolonge sous les eaux du Golfe de Guinée par une plate-forme continentale d'une largeur de 25 km (NGUENE et *al.*, 1992) comprend deux sous-bassins : le Bassin de Douala *s.s.* limité au Nord par la ligne volcanique du Cameroun et au Sud par le fleuve Nyong et le Bassin de Kribi-Campo situé entre ce dernier au Nord et le fleuve Ntem au Sud.

Contexte géologique

L'histoire géologique du Bassin de Douala (Figure 2) débute au Crétacé inférieur par la cassure marquant la séparation de l'Amérique du sud et de l'Afrique. Le comblement du bassin commence pendant cette phase de rift initiale avec la mise en place des premiers dépôts de la Formation Mundeck inférieur (REGNOULT, 1986 ; NGENE et *al.*, 1992). Ce comblement s'amorce au Barrémien dans le sous-bassin de Kribi-Campo et à l'Aptien dans le sous-bassin de Douala (NGUENE et *al.*, 1992 ; TAMFU et *al.*, 1995). Les dépôts continentaux du Mundeck inférieur sont constitués de conglomérat, de grès (Grès de base), d'argile schisteuse gris foncé, de marne riche en matière organique et de minces lits de calcaire (NTAMAK-NIDA et *al.*, 2010). A la fin de l'Aptien, au cours d'une période de transition, les premières incursions marines développent des séries salifères qui vont s'accumuler depuis le Cameroun jusqu'à l'Angola (GIRESSE, 1990).

A cette phase de transition succèdent trois intervalles de séparation allant de l'Albien à l'actuel au cours desquels une marge passive s'est formée par accumulation de dépôts sédimentaires en discordance, séparés par des coupures dues à des phases d'orogénèse (LAWRENCE et *al.*, 2002 ; NTAMAK-NIDA et *al.*, 2010).

A l'Albien, l'importante transgression marine de la phase de séparation I (Drift I) amène à la formation des couches du Mundeck supérieur, ensemble de grès, d'argilite, d'argile litée organique et de passées carbonatées. Cette succession se termine généralement par la « Discordance du Cénomanién », conséquence de l'amorce d'une régression se poursuivant au Turonien (BATUPE, 1966).

La phase de séparation II (Drift II), liée à l'épisode tectonique du Santonien est séparée de la phase I (Drift I) par une discontinuité résultant de cet événement. A la suite de ce dernier, s'amorce déjà au Santonien et se poursuit au Campanien inférieur le dépôt de la Formation de Logbadjek, faite de microconglomérat, de sable, de grès moyen à grossier et de rares intercalations calcaires et argileuses. A celle-ci fait suite, au Campanien supérieur et au Maastrichtien, l'épaisse Formation de Logbaba formée de sédiments marins d'eau profonde : grès, sable et argilite fossilifère (REGNOULT, 1986 ; SNH, 2005).

Dans l'ensemble des bassins de l'Ouest Africain, le passage Crétacé-Tertiaire est souligné par la lacune du Maastrichtien terminal et du Danien. Dans le Bassin de Douala, la sédimentation tertiaire commence par le dépôt de la Formation de Nkapa par simple subsidence de la marge passive. D'âge Paléocène-Eocène inférieur, cette formation est constituée d'argile litée, d'argilite, de grès friable fin à grossier, de silt, de lentilles de sable et de dolomie (DUMORT, 1968 ; SNH, 2005).

La sédimentation est stoppée brutalement au cours de l'Eocène par l'épisode majeur de soulèvement du Tertiaire moyen créant la grande lacune stratigraphique de l'Eocène supérieur-Oligocène. La Formation de Souellaba, oligo-miocène, produit d'une subsidence et débutant en même

temps que la phase de séparation III (Drift III) à la fin de l'Oligocène (LAWRENCE *et al.*, 2002) repose en discordance sur la Formation de Nkapa ; elle est caractérisée par des marnes, des grès, des silts et des argiles avec des lentilles de sable interstratifié et occasionnellement des calcaires coquillers.

Après une dernière lacune stratigraphique située à la fin du Miocène, la série cénozoïque se termine par les Formations de Matanda (Pliocène) et de Wouri (Pléistocène) faites de sable grossier à fin, d'argile bariolée et de tuf volcanique.

La limite Paléocène- Eocène

La Formation de Nkapa, objet de cette étude, est formée de dépôts d'âge Paléocène-Eocène (NGUENE *et al.*, 1992 ; ECL, 2001 ; LAWRENCE *et al.*, 2002) ; elle est marquée à sa base par la discordance du Crétacé supérieur et, à son sommet, par la lacune intra-Eocène due à un phénomène tectonique observé dans la plupart des bassins ouest africains (LAWRENCE *et al.*, 2002).

En général, pour le Bassin de Douala, on considère que le Paléocène est transgressif alors que l'Eocène est régressif. Une étude de géologues pétroliers de la SNH Cameroun basée sur la lithologie, la sismique, la diagraphie ainsi que sur l'analyse biostratigraphique d'une distribution des foraminifères planctoniques, situe la limite P/E dans le sondage de Moulongo à -2362 m ; par ailleurs, le Paléocène inférieur se situerait entre -3025 m et -2572 m, le Paléocène supérieur entre -2572 m et -2362 m et l'Eocène inférieur entre -2362 m et -2120 m. C'est la seule séquence de référence et le seul repère dont on dispose à ce jour pour supporter des études palynostratigraphiques menées sur le Paléogène inférieur du Bassin et établir des corrélations au sein de celui-ci.

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage

Le matériel utilisé pour l'étude palynologique de la Formation de Nkapa provient de six forages pétroliers effectués dans le sous bassin de Douala. Au total, 96 échantillons issus de ces six sondages ont été analysés. La localisation des six puits est reprise à la figure 1 ; à titre d'information, on y a positionné aussi le sondage Kwa-Kwa étudié antérieurement par SALARD (1977) et les affleurements étudiés par KENFACK *et al.* (2012).

La variation spatiale de la sédimentation au sein du sous bassin se traduit par une extension et des profondeurs différentes des dépôts du Tertiaire inférieur selon les sondages.

Le puits de référence où la position de la limite Paléocène-Eocène a été définie est celui offshore de Moulongo. La Formation de Nkapa y atteint une épaisseur de 904 m (-2120 à -3024 m). C'est toutefois au sondage onshore de Ngata qu'elle est la plus importante, 1180 m (-570 à -1750 m) ; viennent ensuite les sites de Nord Matanda et de Mamiwater, ce dernier situé à 5,6 km au NNE de Kwa-Kwa, où l'épaisseur de la formation atteint respectivement 682 m (-1941 à -2623 m) et 355 m (-828 à -1183 m). Cette épaisseur est la plus faible aux puits de Pungo et de Yatou, soit 20 et 70 m seulement.

Globalement, les sédiments traversés sont à dominance d'argilite et d'argile litée au sein desquelles on peut observer des passées gréseuses et dolomitiques. Les différentes séquences relevées dans la zone d'étude sont décrites en détail à la figure 3.

Traitement des échantillons

Les échantillons prélevés sur les séquences sédimentaires doivent subir un traitement chimique préalable à l'observation au microscope. Un prélèvement de 25 g de sédiment, initialement lavé à l'eau courante, puis séché à l'étuve est concassé dans un mortier avant d'être traité chimiquement. Le traitement chimique consiste en une première attaque à l'HCl (30 %) pour éliminer les carbonates ; celle-ci est suivie, après rinçage à l'eau distillée, d'une attaque à l'HF (40 %) afin de dissoudre le matériel minéral. Un second traitement à l'HCl est alors appliqué, mais à chaud. Après filtration sur un tamis en nylon à maille de 12 µm on procède, pendant 2' à une oxydation à l'HNO₃ permettant de dégager les dinoflagellés de la masse de matière organique.

Tableau 1

Dinoflagellés	Pungo	Nord Matanda	Mamiwater	Yatou	Moulongo	Ngata
<i>Achomosphaera</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Adnatosphaeridium multispinosum</i> Williams & Downie 1966	x	x	x		x	x
<i>Adnatosphaeridium</i> sp.	x	x	x	x	x	
<i>Andalusiella gabonensis</i> Wrenn & Hart 1988		x				
<i>Andalusiella</i> sp.		x			x	x
<i>Apectodinium homomorphum</i> Lentin & Williams 1977	x	x	x		x	
<i>Apectodinium hyperacanthum</i> Lentin & Williams 1977	x	x	x			
<i>Apectodinium paniculatum</i> Lentin & Williams 1977	x		x			
<i>Apectodinium parvum</i> Lentin & Williams 1977			x			
<i>Apectodinium quinquelatum</i> Costa & Downie 1979	x	x	x			
<i>Apectodinium</i> sp.	x		x		x	x
<i>Areoligera coronata</i> Lejeune-Carpentier 1938		x	x	x	x	x
<i>Areoligera</i> sp.		x	x	x	x	x
<i>Cerodinium boloniense</i> Lentin & Williams 1989		x				
<i>Cerodinium diebelii</i> Lentin & Williams 1987		x	x	x	x	
<i>Cerodinium wardenense</i> Lentin & Williams 1987		x	x		x	x
<i>Cleistosphaeridium</i> sp.					x	
<i>Cordosphaeridium fibrospinosum</i> Davey & Williams 1966	x		x	x	x	x
<i>Cordosphaeridium inodes</i> Eisenack 1963	x	x	x	x	x	x
<i>Cordosphaeridium cf. minimum</i>	x	x	x			
<i>Cordosphaeridium multispinosum</i> Davey & Williams 1966			x	x	x	x
<i>Cordosphaeridium</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Dapsilidium</i> sp.			x			
<i>Deflandrea denticulata</i> Alberti 1959	x	x	x			
<i>Deflandrea oebisfeldensis</i> Alberti 1959		x	x			
<i>Deflandrea</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Diphyes cf. spinulum</i>	x	x	x		x	
<i>Diphyes spinulum</i> Stover & Evitt 1978		x				
<i>Diphyes colligerum</i> Cookson 1965	x	x	x			x
<i>Eocladopyxis peniculata</i> Morgenroth 1966	x	x	x	x	x	x
<i>Fibrocysta bipolaris</i> Stover & Evitt 1978	x	x	x	x	x	x
<i>Fibrocysta</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Fibrocysta vectensis</i> Stover & Evitt 1978	x	x	x		x	
<i>Glaphyrocysta ordinata</i> Stover & Evitt 1978	x	x	x	x	x	
<i>Glaphyrocysta</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Hafniasphaera septata</i> Hansen 1977	x	x	x	x	x	x
<i>Hafniasphaera</i> sp.					x	
<i>Homotryblum abbreviatum</i> Eaton 1976			x		x	
<i>Homotryblum cf. tenuispinosum</i>			x		x	
<i>Homotryblum</i> sp.					x	
<i>Hystrichokolpoma rigaudiae</i> Deflandre & Cookson 1955			x		x	
<i>Hystrichokolpoma</i> sp.	x	x			x	x
<i>Hystrichokolpoma unispinum</i> Bujak 1980		x				
<i>Hystrichosphaeridium</i> sp.				x		
<i>Hystrichosphaeridium tubiferum</i> Deflandre 1937	x	x	x	x	x	
<i>Ifecysta pachyderma</i> Jan Du Chêne & Adediran 1985	x		x	x		
<i>Kallosphaeridium</i> sp.					x	x
<i>Kallosphaeridium yorubaense</i> Jan Du Chêne & Adediran 1985	x	x	x		x	x
<i>Kenleyia pachycerata</i> Cookson & Eisenack 1965				x		
<i>Kenleyia</i> sp.	x	x	x	x	x	
<i>Lejeunecysta cf. beninensis</i>			x		x	
<i>Lejeunecysta hyalina</i> Sarjeant 1984		x	x	x	x	
<i>Lejeunecysta cf. lata</i>		x	x		x	
<i>Lejeunecysta</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Lingulodinium machaerophorum</i> Wall 1967	x	x	x	x	x	
<i>Lingulodinium</i> sp.	x	x	x	x	x	
<i>Milloudodinium</i> sp.	x		x	x		
<i>Operculodinium</i> sp.					x	
<i>Palaeocystodinium australinum</i> Lentin & Williams 1976		x	x	x		
<i>Palaeocystodinium golzowense</i> Alberti 1961		x	x	x	x	x
<i>Palaeocystodinium</i> sp.						x
<i>Phelodinium cf. magnificum</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Phelodinium magnificum</i> Stover & Evitt 1978		x	x	x	x	x
<i>Phelodinium</i> sp.1	x	x	x	x	x	
<i>Phelodinium</i> sp.2			x			
<i>Polysphaeridium</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Polysphaeridium subtile</i> Davey & Williams 1966	x	x	x		x	x
<i>Polysphaeridium zoharyi</i> Rossignol 1966	x	x	x	x	x	
<i>Senegalinium laevigatum</i> Bujack & Davies 1983		x		x		
<i>Senegalinium orei</i> Stover & Williams 1987		x	x	x	x	x
<i>Senegalinium</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Spiniferites cf. ramosus</i>			x		x	x
<i>Spiniferites</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Thalassiphora patula</i> Stover & Evitt 1978			x	x		
<i>Thalassiphora</i> sp.						x
<i>Wetzeliella</i> sp.		x	x			
<i>Wilsonidium nigeriaense</i> Jan Du Chêne & Adediran 1985		x	x		x	

Distribution des dinoflagellés dans les différentes séquences étudiées

Tableau 2

Taxons	Age	Localisation
<i>Adnatosphaeridium multispinosum.</i>	Crétacé supérieur – Eocène inférieur	Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria.
<i>Andalusiella gabonensis</i>	Crétacé supérieur - Paléocène inférieur	Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria.
<i>Apectodinium homomorphum</i>	Paléocène – Eocène inférieur	Nigeria
<i>Apectodinium hyperacanthum</i>	Paléocène supérieur – Eocène inférieur	Nigeria
<i>Apectodinium paniculatum</i>	Paléocène supérieur - Eocène inférieur	Nigeria
<i>Apectodinium quinquelatum</i>	Paléocène supérieur - Eocène inférieur	Nigeria
<i>Areoligera coronata</i>	Crétacé supérieur - Paléocène	Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria.
<i>Cerodinium diebelii</i>	Crétacé supérieur - Paléocène inférieur	Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, Gabon.
<i>Cerodinium wardenense</i>	Paléocène supérieur – Eocène inférieur	Nigeria
<i>Cordosphaeridium inodes</i>	Crétacé supérieur - Paléocène	Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, Gabon.
<i>Cordosphaeridium minimum</i>	Crétacé supérieur - Eocène	Côte d'Ivoire, Nigeria.
<i>Cordosphaeridium multispinosum</i>	Paléocène – Eocène inférieur.	Nigeria, Gabon.
<i>Deflandrea denticulata</i>	Paléocène supérieur	Nigeria
<i>Eocladopyxis peniculata</i>	Paléocène supérieur – Eocène inférieur	Nigeria.
<i>Fibrocysta vectensis</i>	Paléocène inférieur - Eocène inférieur	Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria.
<i>Glaphyrocysta ordinata</i>	Paléocène inférieur- Eocène inférieur	Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria.
<i>Hafniasphaera septata</i>	Crétacé supérieur – Eocène inférieur	Ghana, Nigeria.
<i>Homotryblium tenuispinosum</i>	Paléocène supérieur - Eocène	Côte d'Ivoire, Nigeria.
<i>Hystriochosphaeridium tubiferum</i>	Eocène	Nigeria
<i>Kallosphaeridium yorubaense</i>	Paléocène-Eocène	Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria.
<i>Lejeunecysta beninensis</i>	Paléocène	Nigeria
<i>Lejeunecysta hyalina</i>	Crétacé supérieur- Paléocène inférieur	Nigeria
<i>Palaeocystodinium australinum</i>	Crétacé supérieur – Paléocène inférieur	Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria.
<i>Palaeocystodinium golzowense</i>	Crétacé supérieur – Eocène inférieur	Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, Gabon.
<i>Phelodinium magnificum</i>	Paléocène-Eocène inférieur	Nigeria
<i>Polysphaeridium subtile</i>	Eocène inférieur	Nigeria
<i>Senegalinium orei</i>	Paléocène supérieur – Eocène inférieur	Nigeria
<i>Wilsonidium nigeriaense</i>	Paléocène supérieur – Eocène inférieur	Nigeria
<i>Wetzeliella sp.</i>	Eocène	Nigeria
<i>Apectodinium sp.</i>	Paléocène supérieur – Eocène inférieur	Nigeria
<i>Deflandrea cf. oebisfeldensis</i>	Paléocène-Eocène	-

Tableau des âges définis dans les travaux antérieurs en Afrique (Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, Gabon) pour les espèces sélectionnées de la formation de Nkapa

Après rinçage, le matériel est monté sur lames pour l'observation. Ce montage consiste à disperser un microvolume de sédiment dans de l'HEC (Hydroxy-Ethyl-Cellulose) étalé sur un couvre-objet qui est ensuite collé sur une lame à l'aide d'une résine (Eukit).

Observation au microscope

L'observation des dinoflagellés a été réalisée sous microscope photonique Zeiss Jenaval (objectif 100 à immersion ; oculaires 10x). On a procédé ensuite au balayage des lames à l'objectif 40x afin de recenser l'ensemble des taxons présents. Dans chacun des sondages, deux lames par niveau ont été examinées et un minimum de 250 individus a été compté.

L'identification de nos formes a été effectuée sur base de comparaisons avec des espèces figurées et décrites dans des publications relatives à l'Afrique (BOLTENHAGEN, 1977 ; JAN DU CHENE & ADEDIRAN, 1984 ; OLOTO, 1990, 1992 ; ATTA-PETERS & SALAMI, 2004a, 2006 ; BANKOLE *et al.*, 2007), mais aussi dans des publications généralistes (POWELL, 1992 ; STOVER *et al.*, 1996 ; FENSOME *et al.*, 2009b) ou encore dans certaines parmi les plus significatives hors Afrique ciblant au mieux notre recherche (COSTA & DOWNIE, 1976 ; DE CONINCK, 1968, 1975, 1988, 1996 ; GREGORY & HART, 1995 ; IAKOVLEVA *et al.*, 2000, 2001 ; MANUM *et al.* 1989 ; YEPES, 2001). Nous avons pu aussi bénéficier des judicieux conseils de A. IAKOVLEVA (Geological Institute – Russian Academy of Sciences) et de J. DE CONINCK (U.Gent, Belgium) pour vérifier certaines de nos déterminations.

Les proportions comptées de chaque taxon pour les niveaux analysés sont consignées dans des tableaux numériques. Elles sont ensuite exprimées en fréquences relatives, c'est-à-dire en pourcentages par rapport au total des dinoflagellés comptés, soit un minimum de 250 par niveau.

Dans les graphiques (Figures 4 et 5) présentés ici, la fréquence relative des taxons est figurée par des traits dont l'épaisseur varie selon la simple présence (3 %<) jusqu'à l'abondance (>40 %). Les espèces reprises dans ces graphiques ont été retenues pour leur caractère particulier, lié à l'évolution séquentielle qu'elles présentent dans les dépôts analysés et pour la reconnaissance dans les bassins voisins de leur valeur biostratigraphique.

RÉSULTATS

L'inventaire des Dinoflagellés a été dressé sur les six puits ayant traversé la Formation de Nkapa. Cet inventaire figure au Tableau 1. Cependant, dans les puits Pungo et Yatou l'épaisseur des dépôts était trop faible que pour réaliser un échantillonnage et une analyse biostratigraphique significatifs. Par ailleurs, les dépôts du puits onshore de Ngata se sont révélés riches en Pollen et Spores et très pauvres en Dinoflagellés. Ainsi donc, seules les trois séquences de Nord Matanda, Mamiwater et Moulongo se sont prêtées à l'établissement d'une échelle stratigraphique basée sur l'étude de ces derniers. Ainsi que déjà signalé, c'est le puits offshore de Moulongo où la limite Paléocène/Eocène a été repérée qui a servi de référence pour déterminer la distribution des taxons sur la séquence, par rapport à cette limite ; les corrélations avec les deux autres séquences étant ensuite établies par comparaison.

Moulongo (03°27'45'' N – 09°37'32'' E)

La séquence analysée couvre 300 m d'épaisseur de la Formation de Nkapa entre -2140 m et -2540 m de profondeur, où la relative abondance des sédiments en dinoflagellés se prête à une analyse statistique alors que sous 2600 m, les dépôts en sont peu fournis, et donc difficiles à inventorier.

Quatre zones principales (Zd1 à Zd4) ont été mises en évidence selon la distribution et l'évolution en pourcentage des différentes espèces représentatives dans le diagramme biostratigraphique (Figure 4). Deux de ces zones (Zd3 et Zd4) ont été ensuite découpées en deux sous-zones en fonction de l'évolution de leurs principales composantes.

Zone 1 (Zd1 : de -2540 à -2440 m)

Dans cette zone, on remarque principalement la dominance d'*Hafniasphaera septata* dont la zone d'expansion se situe entre -2500 et -2440 m ainsi que la présence d'*Andalusiella* sp. limitée à cette partie de la séquence. Comme autres espèces à caractère stratigraphique propres à la Zone 1, on notera aussi la présence de *Cerodinium diebelii*, *Cerodinium wardenense*, *Lejeunecysta hyalina* et *Palaeocystodinium golzowense*, ces deux dernières espèces connaissant une légère expansion, respectivement entre -2530 et -2500 m et entre -2500 et -2480 m. Cinq espèces font leur apparition dans la zone: *Phelodinium cf magnificum*, *Glaphyrocysta ordinata*, *Areoligera coronata*, *Adnatosphaeridium multispinosum* et une espèce d'*Achomosphaera*.

Zone 2 (Zd2 : -2440 à -2400 m)

Dans la zone 2, outre la progression de *Glaphyrocysta ordinata* on remarque un acmé de *Areoligera coronata* et de *Adnatosphaeridium multispinosum*, cette dernière espèce étant la plus importante des trois. A côté de ces espèces dominantes, on note la présence régulière de *Achomosphaera* sp., *Cerodinium wardenense*, *Hafniasphaera septata*, *Lejeunecysta hyalina*, *Palaeocystodinium golzowense* et *Phelodinium cf magnificum*. A ce niveau apparaissent *Cordosphaeridium cf inodes*, *Eocladopyxis paniculata*, *Kallosphaeridium yorubaense*, *Senegalinium orei* ainsi que *Apectodinium homomorphum* et *Cordosphaeridium cf multispinosum*, ces deux dernières espèces étant plutôt sporadiques. Au sommet de la zone 2, on enregistre la disparition de *Cerodinium diebelii*.

Zone 3 (Zd3 : -2400 à -2360 m)

La zone 3 a été subdivisée en deux sous-zones (Zd3a et Zd3b) sur base de la dominance de *Glaphyrocysta ordinata* et de *Areoligera coronata* dans la première et d'espèces du genre *Apectodinium* dans la seconde.

Dans la sous-zone 3a, *Areoligera ordinata*, quoique en légère régression et *Glaphyrocysta ordinata*, à la fin de son acmé, sont les espèces dominantes à ce niveau où on note la disparition de *Lejeunecysta hyalina* en fin de zone.

Dans la sous-zone 3b, la présence d'*Apectodinium* sp. est bien marquée alors qu'*Apectodinium homomorphum* est à son optimum d'expansion. En additionnant les taux de présence des deux espèces, le genre *Apectodinium* est nettement dominant dans Zd3b. *Cerodinium wardenense*, par contre, y est proche de sa disparition.

D'une façon plus générale, la Zone 3 se caractérise par la présence régulière d'*Achomosphaera* sp., de *Cordosphaeridium cf multispinosum*, d'*Eocladopyxis paniculata*, d'*Hafniasphaera septata* et de *Senegalinium orei*, ce dernier en légère progression, tandis que sont faiblement représentés, voire sporadiques : *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Kallosphaeridium yorubaense*, *Palaeocystodinium golzowense*, *Phelodinium cf magnificum*, et *Polysphaeridium subtile*. On enregistre aussi, dans cette zone, l'apparition de *Fibrocysta vectensis*, *Homotryblium tenuispinosum* et *Kallosphaeridium* sp.

A noter que le sommet de la Zone 3 correspond à la limite Paléocène/Eocène reconnue dans le sous bassin de Douala (SNH, 2005).

Zone 4 (Zd4 : -2360 à -2140 m)

Deux sous-zones se différencient nettement dans la zone 4, par l'évolution de la distribution des espèces au passage de la limite de -2360 m et par leur extension spatiale dans la partie supérieure de la séquence étudiée (25 m pour la première ; 195 m pour la seconde)

La spécificité de la première sous-zone Zd4a (-2360 à -2335 m) relève de la disparition dans celle-ci, notamment, de quasi toutes les espèces ayant connu leur expansion sous la barre des 2360 m.

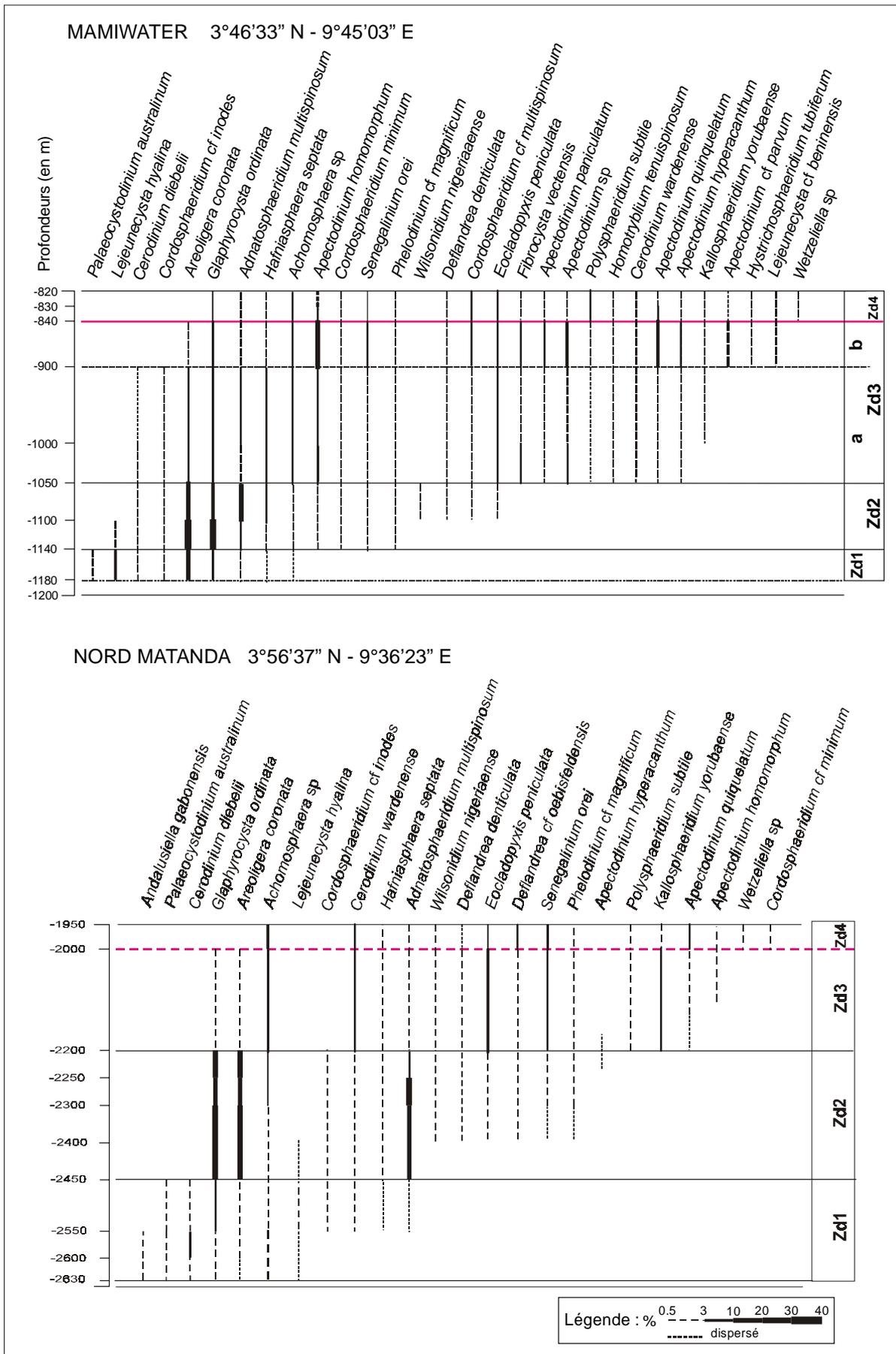


Figure 5: Distribution stratigraphique des espèces recensées dans les séquences de Mamiwater et Nord Matanda

- La Zd2 (-2440 à - 2400 m) se signale par les acmés de *Glaphyrocysta ordinata*, *Areoligera coronata* et *Adnatosphaeridium multispinosum*.

- Ces trois espèces entament leur régression dans la Zd3a (-2400 à -2380 m) alors que la Zd3b (-2380 à -2360 m) correspond aux acmés d'*Apectodinium homomorphum* et d'*Apectodinium* sp. Au sommet de la Zd3 se situe la fin de la période paléocène.

Par ailleurs, la Zd4a (-2360 à -2335 m) qui constitue la base de l'Eocène, se caractérise par la régression rapide, suivie de leur disparition, d'un lot d'espèces qui ont surtout marqué leur présence au Paléocène. Dans la Zd4b (-2335 à - 2140 m) se retrouvent quelques taxons au caractère biostratigraphique moins affirmé.

La biozonation des Dinoflagellés ainsi établie sur une séquence de référence de la Formation de Nkapa datée au préalable peut servir de base à l'analyse d'autres puits à l'étude dans le sous-bassin de Douala.

Mamiwater (03°46'33'' N – 09°45'03'' E)

La séquence étudiée couvre une épaisseur de 380 m de la Formation de Nkapa, ce qui n'en constitue qu'une partie, le forage n'ayant pas atteint sa base.

Quatre zones principales ressortent de l'analyse effectuée selon les mêmes principes que pour Moulongo : examen des extensions verticales des différentes espèces inventoriées et de la succession des acmés des taxons les plus significatifs.

Zone 1 (Zd1 : de - 1180 à -1140 m)

Dans la zone 1, on enregistre une présence marquée de *Areoligera coronata*, *Glaphyrocysta ordinata* et *Lejeunecysta hyalina*. Comme espèces compagnes, on note la présence de *Achomosphaera* sp., *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Cerodinium diebelii*, *Cordosphaeridium* cf *inodes*, *Hafniasphaera septata* et *Palaeocystodinium australinum*.

Zone 2 (Zd2 : de -1140 à - 1050 m)

La Zone 2 se distingue par les acmés de *Areoligera coronata* et de *Glaphyrocysta ordinata* auxquels succède celui de *Adnatosphaeridium multispinosum*. *Achomosphaera* sp., *Cerodinium diebelii* et *Cordosphaeridium* cf *inodes* sont faiblement représentés dans cette zone alors que *Hafniasphaera septata* y connaît une légère progression.

Côté apparitions, citons celles de *Apectodinium homomorphum*, *Cordosphaeridium minimum*, *Cordosphaeridium* cf *multispinosum*, *Deflandrea denticulata*, *Eocladopyxis peniculata*, *Phelodinium* cf *magnificum*, *Senegalinium orei*, *Wilsonidium nigeriaense*.

Enfin, à signaler deux disparitions ; *Palaeocystodinium australinum* au sommet de Zd1 et *Lejeunecysta hyalina* dans Zd2.

Zone 3 (Zd3 : de -1050 à - 840 m)

La Zone 3 se subdivise en deux sous-zones soulignant deux phases distinctes d'évolution dans les assemblages de Dinoflagellés.

La sous-zone 3a (-1050 à -900 m) est déterminée par la situation des divers taxons inventoriés à ce niveau. Certaines espèces restent stables par rapport à leur situation dans Zd2 : *Cordosphaeridium* cf *inodes*, *Cordosphaeridium* cf *multispinosum*, *Cordosphaeridium minimum*, *Deflandrea denticulata*, *Hafniasphaera septata*, *Phelodinium* cf *magnificum* et *Senegalinium orei*. D'autres sont en progression, comme *Achomosphaera* sp., *Apectodinium homomorphum* et *Eocladopyxis peniculata*. Entrent en régression : *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Areoligera coronata*, *Cerodinium diebelii*, *Glaphyrocysta ordinata* et *Wilsonidium nigeriaense*. Un lot d'espèces non négligeable fait son apparition dans cette sous-zone : *Apectodinium hyperacanthum*, *Apectodinium paniculatum*,

Apectodinium sp., *Cerodinium wardenense*, *Fibrocysta vectensis*, *Homotryblium tenuispinosum*, *Kallosphaeridium yorubaense*, *Polysphaeridium subtile*.

La sous-zone 3b (-900 à -840 m) est celle de l'expansion généralisée des *Apectodinium*. On y observe les acmés d'*Apectodinium homomorphum* d'*Apectodinium quinquelatum* et d'*Apectodinium* sp ainsi que la progression d'autres taxons du genre, comme *Apectodinium hyperacanthum* et *Apectodinium paniculatum* alors qu'on note aussi la présence d'*Apectodinium parvum*. Globalement, le genre *Apectodinium*, en expansion, domine largement les autres taxons parmi lesquels *Cordosphaeridium* cf *multispinosum*, *Fibrocysta vectensis* et *Senegalium orei* connaissent une faible progression. Sont encore régulièrement présents dans la sous-zone 3b *Achomosphaera* sp., *Eocladopyxis peniculata* et *Glaphyrocysta ordinata* alors qu'y sont faiblement représentés *Cerodinium wardenense*, *Cordosphaeridium minimum*, *Deflandrea denticulata*, *Homotryblium tenuispinosum*, *Kallosphaeridium yorubaense*, *Phelodinium* cf *magnificum* et *Polysphaeridium subtile*.

Apparaissent à ce niveau *Apectodinium parvum*, *Hystrichosphaeridium tubiferum* et *Lejeunecysta* cf *beninensis* alors que sont en recul *Areoligera coronata* et *Hafniasphaera septata* et que disparaissent *Cerodinium diebelii* et *Cordosphaeridium* cf *inodes*.

Zone 4 (Zd4 : de -840 à - 820 m)

Dans cette dernière zone, le genre *Apectodinium* est en régression. Si *Apectodinium hyperacanthum* et *Apectodinium parvum* se maintiennent, mais en faibles pourcentages, les autres espèces sont en recul : *Apectodinium homomorphum*, *Apectodinium paniculatum*, *Apectodinium quinquelatum* et *Apectodinium* sp. Avec le tassement du genre *Apectodinium*, on enregistre aussi celui de *Fibrocysta vectensis* et de *Glaphyrocysta ordinata*. Sont encore régulièrement présents dans la Zone 4 : *Achomosphaera* sp., *Cordosphaeridium* cf *multispinosum*, *Eocladopyxis peniculata* et *Senegalium orei* ; le sont aussi mais à des taux de représentativité moindres : *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Cerodinium wardenense*, *Cordosphaeridium minimum*, *Deflandrea denticulata*, *Hafniasphaera septata*, *Homotryblium tenuispinosum*, *Hystrichosphaeridium tubiferum*, *Kallosphaeridium yorubaense*, *Lejeunecysta* cf *beninensis*, *Phelodinium* cf *magnificum* et *Polysphaeridium subtile*. On note également dans la Zd4 l'apparition du genre *Wetzeliella* et la disparition de *Areoligera coronata*.

Par un système de déductions analogue à celui appliqué à Moulongo, la séquence de Mamiwater a été subdivisée en quatre biozones principales (Zd1 à Zd4) délimitées par le jeu des apparitions-disparitions des espèces de dinoflagellés et le positionnement des acmés des taxons les plus significatifs.

L'évolution de la biozotation peut être synthétisée comme suit (v. Figure 5) :

- La première Zone (Zd1 : -1180 à -1140 m), a été déterminée par la présence de trois espèces marquantes : *Areoligera coronata*, *Glaphyrocysta ordinata* et *Lejeunecysta hyalina*
- A la zone 2 (Zd2 : -1140 à -1050 m) correspondent les acmés de *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Areoligera coronata* et *Glaphyrocysta ordinata*.
- La spécificité de la Zone 3a (Zd3a : -1050 à -900 m) consiste en l'apparition d'un lot d'espèces nouvelles au sein d'un assemblage diversifié et en la présence affirmée de certains taxons.
- La Zone 3b (Zd3b : -900 à -840 m) est marquée par la progression généralisée du Genre *Apectodinium* en général et par les acmés d'*Apectodinium homomorphum* et d'*Apectodinium quinquelatum* en particulier.
- La Zone 4 (Zd4 : -840 à -820 m) se signale par la régression du genre *Apectodinium* dans son ensemble et par l'apparition modérée mais significative du genre *Wetzeliella*.

Nord Matanda (03°56'37'' N – 09°36'23'' E)

La séquence de Nord Matanda présente une épaisseur de 680 m. Ici aussi, quatre zones principales apparaissent à l'examen.

Zone 1 (Zd1 : de - 2630 à - 2450 m)

Les deux principales espèces recensées à ce niveau sont *Cerodinium diebelii* et *Glaphyrocysta*

ordinata ; elles font partie d'un ensemble comprenant : *Achomosphaera* sp., *Andalusiella gabonensis*, *Areoligera coronata*, *Lejeunecysta hyalina*, *Palaeocystodinium australinum*. Apparaissent dans cette première zone : *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Cerodinium wardenense*, *Cordosphaeridium* cf *inodes* et *Hafniasphaera septata*.

Zone 2 (Zd2 : de -2450 à -2200 m)

Le caractère particulier de la zone 2 réside dans les acmés de *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Areoligera coronata* et *Glaphyrocysta ordinata*. Ces espèces dominent celles qui poursuivent leur extension dans la zone comme *Achomosphaera* sp., *Cerodinium wardenense*, *Cordosphaeridium* cf *inodes* et *Hafniasphaera septata* ou y apparaissent, telles *Deflandrea denticulata*, *Deflandrea* cf *oebisfeldensis*, *Eocladopyxis peniculata*, *Phelodinium* cf *magnificum*, *Senegalinium orei*, *Wilsonidium nigeriaense*. A signaler la disparition dans Zd2 de *Lejeunecysta hyalina*.

Zone 3 (Zd3 : de -2200 à -2000 m)

Dans cette zone, cinq espèces se démarquent des autres par leur progression; toutefois, leur taux de représentativité reste plutôt modeste. Ces cinq espèces, *Achomosphaera* sp., *Cerodinium wardenense*, *Eocladopyxis peniculata*, *Kallosphaeridium yorubaense*, *Senegalinium orei* font partie d'un ensemble, déjà présent dans la zone 2, où on recense la présence de *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Areoligera coronata*, *Deflandrea denticulata*, *Deflandrea* cf *oebisfeldensis*, *Glaphyrocysta ordinata*, *Hafniasphaera septata*, *Phelodinium* cf *magnificum* et *Wilsonidium nigeriaense*. Le Genre *Apectodinium* représenté par les espèces *homomorphum* et *quinquelatum* ont des taux confidentiels alors que *Apectodinium hyperacanthum*, à peine apparu au sommet de la Zone 2 disparaît déjà à la base de la zone 3. Avec les deux premières espèces d'*Apectodinium* précitées apparaît *Polysphaeridium subtile*. Les espèces *Areoligera coronata* et *Glaphyrocysta ordinata* qui ont connu un acmé dans la zone 2, sont en régression et atteignent leur limite au sommet de la zone 3.

Zone 4 (Zd4 : de -2000 à -1950 m)

La Zone 4 se signale par la progression d'une série d'espèces dont l'avancée est toutefois relativement modérée. Il s'agit d'*Achomosphaera* sp., *Apectodinium quinquelatum*, *Cerodinium wardenense*, *Deflandrea* cf *oebisfeldensis* et *Senegalinium orei*. Les autres espèces de l'assemblage précédent se maintiennent sauf *Deflandrea denticulata* qui régresse alors que *Areoligera coronata* et *Glaphyrocysta ordinata* ont disparu. On notera particulièrement ici l'apparition du Genre *Wetzeliella* et de *Cordosphaeridium* cf *minimum*.

Dans la séquence de Nord-Matanda, les quatre zones biostratigraphiques (Zd1 à Zd4) ont été délimitées principalement par les apparitions-disparitions des espèces et par leurs fluctuations plutôt que par les acmés de certaines d'entre-elles. Par exemple, on ne dispose pas ici du repère « *Apectodinium* » existant dans les deux autres puits.

L'évolution de la biozonation se présente comme suit (v. Figure 5) :

- La première zone (Zd1 : -2630 à - 2450 m) a été déterminée par la présence de deux espèces légèrement dominantes, *Cerodinium diebelii* et *Glaphyrocysta ordinata* associées à *Areoligera coronata*.

- Le début et la fin de trois acmés fixent les limites de la Zone 2 (Zd2 : - 2450 à - 2200 m) : ceux de *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Areoligera coronata* et *Glaphyrocysta ordinata*. Dans cette zone apparaissent six nouvelles espèces.

- Quatre taxons déjà présents dans la Zone 2 sont en progression dans la Zone 3 (Zd3 : -2200 à - 2000 m) mais cette progression ne constitue pas un élément distinctif spécialement déterminant dans l'ensemble des taxons de la zone. Quatre nouvelles espèces, dont *Kallosphaeridium yorubaense* est la plus marquante, apparaissent dans la zone 3 ; les deux *Apectodinium* dont la présence est plutôt anecdotique, sont cités à titre informatif.

- Parmi les éléments en progrès dans la Zone 4 (Zd4 : - 2000 à - 1950 m), ou qui y apparaissent, le Genre *Wetzeliella* et l'espèce *Cordosphaeridium cf minimum* sont les plus significatifs.

CORRELATIONS

Du point de vue de leur composition, les deux premières zones présentent des analogies évidentes dans les trois séquences étudiées.

Ainsi, dans la Zone 1 (Zd1), sept espèces distinctives de Dinoflagellés sont présentes à des taux divers dans les trois sites, à savoir : *Achomosphaera* sp., *Adnatosphaeridium cf multispinosum*, *Areoligera coronata*, *Cerodinium diebelii*, *Glaphyrocysta ordinata*, *Hafniasphaera septata* et *Lejeunecysta hyalina*.

Dans l'ensemble, la présence la plus nette dans les trois puits est celle de *Glaphyrocysta ordinata* ; celle d'*Areoligera coronata* est plus marquée dans Mamiwater et Moulongo que dans Nord Matanda alors que *Lejeunecysta hyalina* est davantage présente dans Mamiwater. Les autres taxons oscillent entre présence régulière ou sporadique. Le genre *Palaeocystodinium* est présent dans les trois séquences mais à Mamiwater et Nord Matanda, il s'agit de l'espèce *Palaeocystodinium australinum* alors qu'à Moulongo c'est *Palaeocystodinium golzowense* qui a été recensé. Certaines espèces ne sont présentes que dans deux sites sur les trois ; c'est le cas de l'espèce *Cerodinium wardenense* et du genre *Andalusiella* (respectivement *Andalusiella* sp. et *Andalusiella gabonensis*) à Moulongo et Nord Matanda et de *Cordosphaeridium cf inodes* à Mamiwater et Nord Matanda. Quant à l'espèce *Phelodinium cf magnificum*, elle n'apparaît qu'à Moulongo.

Les Zones 2 (Zd2) des trois diagrammes se distinguent par les acmés de trois taxons : *Areoligera coronata*, *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Glaphyrocysta ordinata*. Bien que les acmés présentent un léger décalage dans leur évolution, leur début et leur fin constituent un élément majeur pour la délimitation de la Zone 2 dans les trois puits. Si *Achomosphaera* sp. enregistre une modeste progression partout, celle-ci est limitée à Mamiwater et Nord Matanda pour *Hafniasphaera septata*. Concernant les apparitions dans les Zones 2 respectives, on citera : *Cordosphaeridium cf multispinosum*, *Eocladopyxis paniculata*, *Senegalinium orei* et *Wilsonidium nigeriaense*. *Apectodinium homomorphum* apparaît à Moulongo et Mamiwater et *Deflandrea denticulata* à Mamiwater et Nord Matanda. Parmi les disparitions, on notera celles de *Palaeocystodinium australinum* et du genre *Andalusiella*. Encore dispersé à Moulongo, *Lejeunecysta hyalina* disparaît déjà à Mamiwater et Nord Matanda.

Si les deux premières zones présentent des similitudes dans les trois sites, c'est moins évident pour les Zones 3 (Zd3). Pour Moulongo et Mamiwater on a encore une concordance bien perceptible mais pour Nord Matanda, c'est moins net. Deux sous-zones peuvent se dégager des Zones 3 de Moulongo et de Mamiwater, ce qui n'est pas le cas pour Nord Matanda où on ne dispose pas de repères particuliers, notamment du repère « *Apectodinium* », pour une subdivision en deux sous-zones.

Globalement, on constate pour les différentes Zones 3 une progression de *Achomosphaera* sp., *Eocladopyxis paniculata* et *Senegalinium orei* alors que, conjointement, sont en recul *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Areoligera coronata* et *Glaphyrocysta ordinata* ; ces deux dernières espèces atteignant leur limite de répartition à Nord Matanda. Parmi les progressions, on remarque celles des espèces d'*Apectodinium* à Moulongo et Mamiwater alors qu'il s'agit seulement d'apparitions à Nord Matanda. Parmi les espèces quasiment stationnaires, on relève *Cerodinium wardenense*, *Kallosphaeridium yorubaense* et *Phelodinium cf magnificum*. Côté disparitions, on citera celles de *Cerodinium diebelii* et *Cordosphaeridium inodes*.

Les sous-zones Zd3a et Zd3b de Moulongo et de Mamiwater doivent leurs similitudes principalement au notable développement du genre *Apectodinium* dont les espèces enregistrées dans les deux sites connaissent une progression dans les sous-zones 3a et des acmés dans les sous-zones 3b. A côté de ce fait majeur on enregistre d'autres faits moins marquants, mais analogues aux deux séquences : une progression modérée de *Cordosphaeridium cf multispinosum* et de *Fibrocysta vectensis*, les progrès ou la stabilité de *Homotryblium tenuispinosum*, de *Polysphaeridium subtile* et de *Senegalinium orei*, la constance de *Achomosphaera* sp., *Eocladopyxis paniculata*, *Kallosphaeridium yorubaense*, *Phelodinium magnificum* ou le tassement de certains taxons comme *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Areoligera coronata* et *Glaphyrocysta ordinata*.

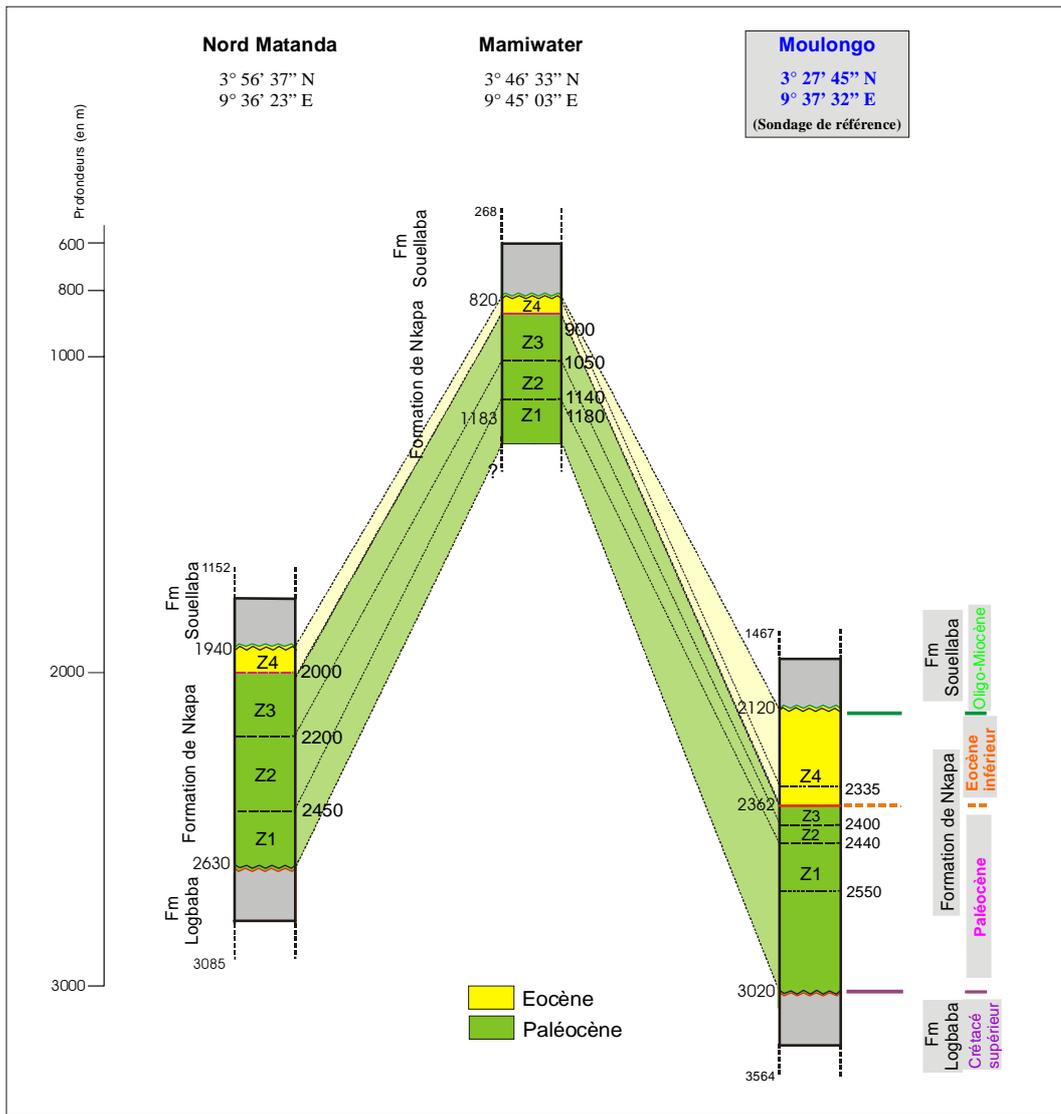


Figure 6 : Corrélations stratigraphiques entre les différentes séquences étudiées

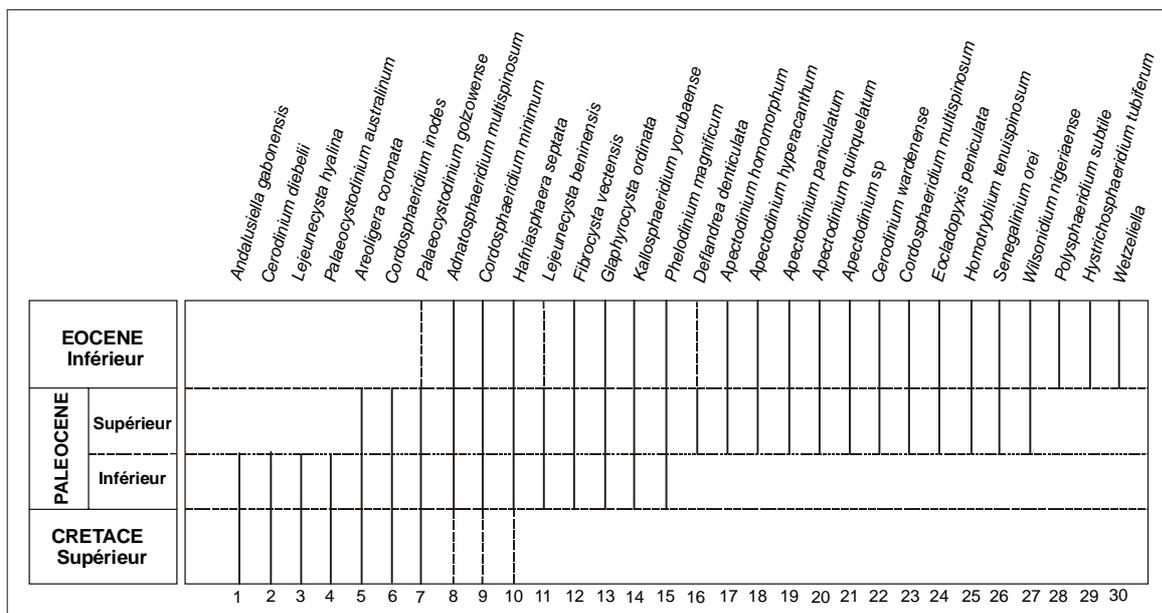


Figure 7 : Extension temporelle des principales espèces à caractère biostratigraphique de la Formation de Nkapa en référence à leur distribution dans divers bassins d'Afrique de l'Ouest.

Etant donné les analogies décelées dans les deux séquences, on peut considérer que, par comparaison avec Moulongo où la fin de l'acmé d'*Apectodinium* se situe au sommet de Zd3b, à une limite Paléocène-Eocène préétablie (SNH, 2005), le sommet de Zd3b à Mamiwater peut raisonnablement être aussi considéré comme la limite Paléocène-Eocène. On sera plus réservé pour fixer celle-ci au sommet de la Zd3 à Nord Matanda, par manque de repères indiscutables, tout en admettant toutefois que cette proposition serait très vraisemblable.

Pour les zones 4 (Zd4), les traits communs sont plus évidents entre la Zd4a de Moulongo et la Zd4 de Mamiwater qu'entre les Zd4 de ces deux sites et la Zd4 de Nord Matanda. La Zd4b de Moulongo ne se retrouve ni à Mamiwater, ni à Nord Matanda, vraisemblablement à cause d'évolutions sédimentaires distinctes dues, lors de la régression marine de l'Eocène inférieur, à la position géographique des sites au sein du bassin.

Le fait principal constaté à Moulongo et à Mamiwater est le recul généralisé des espèces du genre *Apectodinium* après leur acmé enregistré dans Zd3b. Parmi les autres taxons recensés dans les deux sites, certains sont stables ou en léger progrès comme *Achomosphaera* sp, *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Cordosphaeridium multispinosum*, *Eocladopyxis peniculata*, *Kallosphaeridium yorubaense*, *Polysphaeridium subtile* ; d'autres sont stables ou subissent un tassement tels *Fibrocysta vectensis*, *Glaphyrocysta ordinata*, *Hafniasphaera septata*, *Homotryblium tenuispinosum*, *Phelodinium cf magnificum*, *Senegalinium orei*. Parmi les disparitions, à signaler celles de *Areoligera coronata* et de *Cerodinium wardenense*.

Malgré l'absence à Nord Matanda de repère indubitable, des correspondances peuvent s'observer entre la Zd4 de ce site et celles de Moulongo et de Mamiwater. Les taxons inventoriés ont, pour la plupart, un comportement similaire dans les différentes séquences, soit qu'ils soient stables, légèrement progressifs ou légèrement régressifs. Le fait le plus significatif est, à Nord Matanda comme à Mamiwater, l'apparition du Genre *Wetzelia*.

Enfin, dans la Zd4b de Moulongo où la concentration en Dynocystes se raréfie progressivement, on recense encore la présence de *Achomosphaera* sp., *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Cordosphaeridium cf multispinosum*, *Homotryblium tenuispinosum* et *Polysphaeridium subtile*.

Les corrélations discutées ci-dessus sont reprises à la Figure 6 qui en constitue la synthèse.

DISCUSSION

Biostratigraphie

Des investigations bibliographiques relatives à la distribution stratigraphique dans divers bassins d'Afrique de l'Ouest, voisins de celui de Douala, des trente taxons ayant servi à définir les biozones de la Formation de Nkapa dans les forages de Moulongo, Mamiwater et Nord Matanda, ont permis de les positionner dans une échelle chronologique envisagée au sens large (Figure 7).

Majoritairement, les informations proviennent de travaux entrepris sur le proche bassin du Nigeria (JAN DU CHENE & ADEDIRAN, 1984 ; OLOTO, 1989 ; EDET & NYONG, 1994 ; BANKOLE et al. 2007 ; LUCAS & ISHIEKWENE, 2010a ; ADEONPEKUM et al., 2012) mais on dispose aussi de renseignements en provenance de la Côte d'Ivoire (DIGBEHI et al., 2011), de la marge Côte d'Ivoire-Ghana (MASURE et al., 1998 ; OBOH-IKUENOBE et al., 1998), du Ghana (ATTA-PEETERS & SALAMI, 2004, 2006) et du Gabon (BOLTENHAGEN, 1977).

La Figure 7 représente une synthèse des informations recueillies concernant la distribution chronostratigraphique des taxons dans les différents bassins sus-mentionnés. Dans cet ensemble, quatre espèces issues du Crétacé supérieur ne dépassent pas le Paléocène inférieur : *Andalusiella gabonensis*, *Cerodinium diebelii*, *Lejeunecysta hyalina*, *Palaeocystodinium australinum* et deux le Paléocène supérieur : *Areoligera coronata* et *Cordosphaeridium inodes*. Quatre autres enfin atteignent la base de l'Eocène : *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Cordosphaeridium minimum*, *Hafniasphaera septata* et *Paleocystodinium golzowense*. A noter que la présence au Crétacé supérieur de *Adnatosphaeridium multispinosum* et de *Hafniasphaera septata* n'a été signalée qu'au Ghana (ATTA-PEETERS & SALAMI, 2004, 2006) et celle de *Cordosphaeridium cf minimum* en Côte d'Ivoire (DIGBEHI et al., 2011) alors que dans les autres bassins leur apparition est plus tardive, au début du Paléocène. Par ailleurs, la présence de *Palaeocystodinium golzowense* à l'Eocène inférieur n'a été mentionnée qu'en Côte d'Ivoire (DIGBEHI et al., 2011). Cinq taxons apparaissent au Paléocène inférieur dont seul *Lejeunecysta beninensis* est limité à cette période ; les quatre autres, *Fibrocysta*

vectensis, *Glaphyrocysta ordinata*, *Kallosphaeridium yorubaense* et *Phelodinium magnificum* se retrouvent à l'Eocène inférieur. Jusqu'à présent, *Deflandrea denticulata* n'a été signalé qu'au Paléocène supérieur. Parmi les onze espèces présentes au Paléocène supérieur et à l'Eocène inférieur on dénombre un groupe d'*Apectodinium* (*A. homomorphum*, *A. hyperacanthum*, *A. paniculatum*, *A. quinquelatum* et *Apectodinium*.sp.) auquel sont associés *Cerodinium wardenense*, *Cordosphaeridium multispinosum*, *Eocladopyxis peniculata*, *Homotryblium tenuispinosum*, *Senegalinium orei* et *Wilsonidium nigeriaense*. Enfin, trois taxons apparaissent à l'Eocène : *Polysphaeridium subtile*, *Hystrichosphaeridium tubiferum* et *Wetzeliella* sp.

Rapportée aux trois séquences étudiées, l'analyse met en évidence la présence, dans les Zones 1, d'un ensemble de marqueurs représentant un héritage du Crétacé supérieur (Fig.7 : taxons 1 à 7) dont quatre (1 à 4) ne dépassent pas le Paléocène inférieur et trois (5, 6, 7) le Paléocène supérieur. A cet ensemble sont associés trois taxons (Fig.7 : 10,13,15) faisant leur apparition au Paléocène inférieur ainsi qu'une première espèce (Fig.7 : 22) dont les débuts sont mentionnés au Paléocène supérieur ; cette dernière espèce étant plutôt sporadique au niveau des Zones 1.

Dans leur étude sur des affleurements d'argiles litées de la Formation de Nkapa de la région de Souza (v. Fig. 1), dans la partie nord du sous-bassin de Douala, KENFACK et al. (2012) ont identifié seize taxons de Dinoflagellés parmi lesquels on retrouve des genres et espèces également présents dans les séquences de Moulongo, Mamiwater et Nord Matanda, avec, entre-autres : *Adnasphaeridium* sp., *Andalusiella gabonensis*, *Areoligera* sp., *Palaeosystodinium golzowense* issus du Crétacé ainsi que des taxons propres au Paléocène, tels *Fibrocysta*, *Glaphyrocysta* sp., *Hafniasphaera septata*, *Kallosphaeridium*, *Phelodinium*. Sur base de leurs observations limitées à seize taxons, les auteurs attribuent prudemment à leur gisement un âge situé dans une fourchette Maastrichtien-Paléocène.

En ce qui concerne les Zones 1 de Moulongo, Mamiwater et Nord Matanda, compte tenu des apparitions et des disparitions d'espèces, de l'évolution de la distribution de celles-ci dans les différentes séquences, de la composition générale des assemblages de dinoflagellés (Tableau 1) et des comparaisons avec les bassins voisins, on peut raisonnablement admettre qu'elles sont d'âge Paléocène inférieur, d'autant plus que, pour la plupart, les espèces issues de la microflore crétacée sont en fin de période, ce qu'attestent leurs faibles pourcentages dans les graphiques.

Pour les Zones 2 des trois puits, on observe une raréfaction des taxons issus du Crétacé supérieur. Pour certains (Fig. 7 : 1, 2, 4) il s'agit d'une quasi-disparition ; pour d'autres (Fig.7 : 3, 6, 7) d'un taux de représentativité qui s'amenuise. Fait important, on enregistre à ce niveau les acmés de trois espèces : *Areoligera coronata*, déjà présente vers la fin du Crétacé, ainsi que *Adnatosphaeridium multispinosum* et *Glaphyrocysta ordinata* citées généralement comme apparaissant au Paléocène inférieur. A côté de ces espèces dominantes on remarque une présence modérée d'autres taxons du Paléocène inférieur (Fig. 7 : 10, 14, 15). Enfin, on recense un lot de taxons (Figure 7 : 17, 23, 24, 26, 27) habituellement identifiés dans des assemblages caractéristiques du Paléocène supérieur et de l'Eocène basal. Ainsi, de par leur composition hétérogène, les zones 2 des trois séquences se présentent comme le reflet d'une période de transition assimilable à un âge Paléocène moyen.

Les Zones 3 se distinguent par différents faits marquants ; tout d'abord, par la disparition ou la régression sensible d'espèces héritées de la microflore du Crétacé supérieur (Fig. 7 : 2, 3, 6, 7), la stabilité de taxons du Paléocène inférieur (Fig. 7 : 10, 12, 14, 15) et le recul des trois espèces dont l'acmé se situe dans les Zones 2 (Fig. 7 : 5, 8, 13). Mais la spécificité des Zones 3 réside principalement dans la progression d'un assemblage d'espèces identifiant le Paléocène supérieur et l'Eocène basal dans les bassins d'Afrique de l'ouest (Fig. 7 : 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26). Parmi la progression la plus significative au sein de cet ensemble, on note celle des espèces du genre *Apectodinium* mais celle-ci ne se remarque de façon tangible que dans les sites de Moulongo et de Mamiwater. A signaler aussi la présence discrète de taxons à affinités éocènes (Fig. 7 : 28, 29, 30). Par rapport à l'assemblage de dinoflagellés qu'elles renferment et en raison de la coupure Paléocène/Eocène prédéfinie (SNH, 2005) dans la séquence de Moulongo, il est indéniable qu'un âge Paléocène supérieur doit être attribué aux zones 3 des différentes séquences étudiées.

Dans les zones 4, on remarque la disparition des dernières espèces crétacées et une raréfaction des taxons du Paléocène inférieur. En majorité, les espèces apparues au Paléocène supérieur se maintiennent et certaines même progressent (Fig. 7 : 23, 25) alors qu'apparaissent des taxons (Fig. 7 : 28, 29, 30), dont le genre *Wetzeliella*, qui permettent de considérer les couches terminales de la Formation de Nkapa dans les trois puits comme étant d'âge éocène.

Il faut remarquer aussi la faible épaisseur des couches éocènes à Mamiwater et à Nord Matanda par rapport à celles de Moulongo qui occupe une position plus externe dans le sous-bassin de Douala. Lorsqu'on se déplace vers l'intérieur de ce dernier, il arrive que l'Eocène soit absent des séquences, résultat de la phase marine régressive ayant marqué l'amorce de cette période géologique ; c'est le cas notamment des affleurements étudiés par KENFACK et *al* (2012) dans sa partie nord. A plus large échelle, si l'Eocène est habituellement reconnu dans le sous-bassin de Douala (LAWRENCE et *al.*, 2002), il semble par contre absent du sous-bassin de Kribi-Campo, situé plus au sud (NTAMAK-NIDA et *al.*, 2010).

CIE, PETM et limite Paléocène-Eocène

L'excursion isotopique du Carbone (CIE), mise en évidence par l'analyse de carbonates biogéniques marins et du carbone inorganique dissous se caractérise par de hautes valeurs du ratio ^{12}C - ^{13}C à la fin du Paléocène et par de faibles valeurs au début de l'Eocène. Le phénomène, reconnu globalement, qui survient à la base de la moitié supérieure de la biozone NP9 (NP9b) de l'échelle du nonnoplanton est considéré comme la meilleure façon de corréliser les séries marines et les séries continentales, même si ces dernières renferment des réservoirs à carbone non fossilifères (STOTT et *al.*, 1996). En effet, le CO_2 transformé via la photosynthèse par la flore terrestre transfère en milieu continental l'anomalie isotopique enregistrée en milieu marin. Cette anomalie isotopique reconnue sur les sites ODP (Ocean Drilling Program) 690 dans l'Océan antarctique et les sites DSDP (Deep Sea Drilling Program) 549 et 550 dans l'Atlantique nord atteint sa valeur la plus négative vers la base de la de la nannozone NP9b ; celle-ci coïncide avec une extinction massive des Foraminifères benthiques (+/- 50%) et d'importants changements de la faune terrestre (AUBRY et *al.*, 1996 ; STOTT et *al.*, 1996). Parallèlement à la CIE, l'IETM (Initial Eocene Thermal Maximum), plus récemment appelé le PETM (Paleocene-Eocene Thermal Maximum) traduit une augmentation généralisée de la température des eaux marines avec, comme corollaire, un réchauffement climatique global.

L'excursion isotopique du Carbone a donc retenu particulièrement l'attention au moment où une définition précise de la limite Paléocène-Eocène à l'échelle planétaire s'imposait, dès lors que la suppression de l'étage Sparnacien ait créé la confusion en fixant arbitrairement cette limite entre le Thanétien et l'Yprésien (AUBRY, 2000).

Bassins ouest-africains

D'après nos observations, dans le Bassin de Douala, l'acmé d'*Apectodinium* se situe sous la limite Paléocène-Eocène établie au sondage de Moulongo (SNH, 2005). Au Nigeria, cet acmé est considéré comme caractéristique du Paléocène supérieur (BANKOLE et *al.*, 2007 ; ADEONIPEKUM et *al.*, 2012) ce qui confirme nos résultats. Sur ce point cependant, une information plus précise nous est fournie par des travaux effectués sur des dépôts paléocènes-éocènes de la région de Lagos par FRIELING et *al.* (2011). Sur base de résultats préliminaires relatifs à la position de la CIE (Carbon Isotope Excursion) repéré dans ses dépôts et du phytoplancton y recensé, l'auteur situe l'acmé d'*Apectodinium* avant l'excursion isotopique du Carbone (CIE) qui, à l'origine du PETM (Paleocene-Eocene Thermal Maximum), est reconnu comme marquant la limite Paléocène-Eocène à l'échelle mondiale. Ceci constitue un élément majeur précisant la position biostratigraphique de l'acmé du genre *Apectodinium* dans les bassins d'Afrique occidentale.

Dans le Bassin de Douala, l'acmé d'*Apectodinium* enregistré au Paléocène supérieur est précédé par des phases d'extension d'autres taxons biostratigraphiquement significatifs qui se succèdent dans le temps ; ainsi, *Cerodinium diebelii* et *Palaeocystodinium australinum* progressent dans le Paléocène inférieur tandis que *Adnatosphaeridium multispinosum*, *Areoligera coronata* et *Glaphyrocysta ordinata* connaissent un acmé au Paléocène moyen. Au Paléocène supérieur, *Cerodinium wardenense* accompagne *Apectodinium* dans sa phase d'expansion. Enfin, le début de l'Eocène voit s'affirmer la présence de *Deflandrea cf oebisfeldensis*, *Hystrichosphaeridium tubiferum* et *Wetzeliella* sp.

Comparaison avec les bassins nordiques de la Mer du Nord

Au stade actuel des recherches, il est apparu intéressant d'établir une comparaison entre la biostratigraphie du phytoplancton de la formation de Nkapa et celle de dépôts sédimentaires de bassins septentrionaux, particulièrement ceux de la Mer du Nord, qui ont fait l'objet d'études très fouillées dans ce domaine ainsi qu'en sédimentologie et en chémostratigraphie. On notera spécialement, sans être exhaustifs, les travaux sur le SE de l'Angleterre (COSTA & DOWNIE, 1976 ; COSTA *et al.*, 1978 ; POWELL, 1992, POWELL *et al.*, 1996 ; MUDGE & BUJAK, 1996b), sur la Mer du Nord centrale (COSTA & MÜLLER, 1978 ; POWELL, 1988 ; THOMAS, 1996) et septentrionale (BUJAK & MUDGE, 1994 ; MUDGE & BUJAK, 1996a), sur le Bassin belge (DE CONINCK, 1968, 1975, 1988, 1990, 1996 ; DUPUIS *et al.*, 1990, STEURBAUT, 1998 ; STEURBAUT *et al.*, 2000 ; MOORKENS *et al.*, 2000 ; MAGIONCALDA *et al.*, 2001a, 2001b ; STEURBAUT *et al.*, 2003), le Bassin de Paris (FEUGUEUR, 1963 ; POMEROL, 1969, 1977 ; GRUAS-CAVAGNETTO, 1968, 1976 ; CHATEAUNEUF, 1971 ; CARO, 1975 ; CARO *et al.*, 1975 ; CHATEAUNEUF & GRUAS-CAVAGNETTO, 1978 ; AUBRY, 1986) et le Bassin de la Manche orientale (AUFFRET & GRUAS-CAVAGNETTO, 1975 ; GRUAS-CAVAGNETTO, 1976 ; DUPUIS *et al.*, 1998, 2006).

Avant le choix effectué au Congrès Géologique International de Rio en 2000 de fixer la limite Paléocène-Eocène au début de l'anomalie isotopique du Carbone (CIE), la stratigraphie traditionnelle adoptait le plus souvent le point de vue des stratigraphes du domaine marin en la situant à la base de l'Yprésien plutôt qu'à la base du Sparnacien, option préférée des paléontologues spécialisés des milieux continentaux. La suppression du Sparnacien entraîna de facto le placement de la limite P/E entre le Thanétien et l'Yprésien. Avant 2000, la biozonation du Paléocène et de l'Eocène basée sur l'étude des Dinokystes était comparée principalement à celle du nannoplancton calcaire et des foraminifères planctoniques ; les corrélations entre bassins étant établies sur base de ces échelles biostratigraphiques respectives.

En comparant la biozonation des Dinoflagellés à l'échelle du nannoplancton, l'acmé d'*Apectodinium*, toutes espèces confondues, se situe entre la base de la zone NP9b (moitié supérieure de NP9) et celle de NP10. De la sorte, la limite inférieure de l'acmé d'*Apectodinium* correspondrait à la base des Woolwich et Reading Series du SE de l'Angleterre, de celle des faciès sparnaciens du Bassin de Paris et de celle du Landénien fluvio-lagunaire (L2) du Bassin belge et des Sables et Argiles à Ostracodes et Mollusques de la Manche orientale. Le sommet de l'acmé, à la base de NP10, est suivi d'une progression de *Deflandrea oebisfeldensis* et de *Cerodinium wardenense*, ce qui mettrait en parallèle les dépôts de la Harwich Formation et les Oldhaven Beds du SE de l'Angleterre, les « Fausses Glaises » du Bassin de Paris, l'unité des Craquelins en Manche orientale et le Zoute Silt Member du Bassin belge, soit des formations de l'Yprésien sensu-lato. L'apparition de *Wetzeliella astra* à la base du London Clay (mais pas de NP10) en Angleterre se retrouve à la base des Sables inférieurs du Cuisien dans le Bassin de Paris, à la base des Sables Fauves du Cap d'Ailly (Formation de Varangeville) et à la base de l'Argile d'Ypres en Belgique, ces différentes formations constituant la base de l'Yprésien sensu-stricto.

Dans les bassins nordiques, divers auteurs ont mis en évidence une succession de dinokystes biostratigraphiquement significatifs en parallèle avec l'échelle du nannoplancton. POWELL (1988, 1992) a ainsi relevé pour la Mer du Nord centrale la série suivante : *Cerodinium diebelii* (NP1 à NP7), *Palaeocystodinium australinum* (NP4 à NP7), *Areoligera* sp. (NP7-NP8), *Apectodinium* div. sp. (NP9) avec acmé dans la partie supérieure de la nannozone (NP9b), *Deflandrea oebisfeldensis* et *Wetzeliella* sp. (NP10 inférieure). Une suite semblable a été proposée par BUJAK et MUDGE (1994) pour la Mer du Nord septentrionale, à savoir : *Palaeocystodinium ordinata* (NP5-NP6), *Glaphyrocysta ordinata* (NP8-Base NP9), *Apectodinium* div.sp. (NP9 avec acmé dans NP9b), *Deflandrea oebisfeldensis* et *Cerodinium wardenense* (Base NP10), *Hystrichosphaeridium tubiferum* (fin NP10). Dans le Bassin de Paris, la situation est moins précise ; on note cependant (CARO, 1975 ; CHATEAUNEUF & GRUAS CAVAGNETTO, 1978) une expansion d'*Areoligera* sp (NP7/NP8), un acmé d'*Apectodinium* (NP9) et une progression de *Wetzeliella* (NP10). En Belgique, STEURBAUT (1998) relève également une succession de taxons représentatifs pour la période NP8-NP10 : une importante distribution d'*Areoligera* sp. (NP8) est suivie de l'apparition de diverses espèces d'*Apectodinium* (NP9) et de leur acmé (NP9b) ; ensuite, à la progression de *Deflandrea oebisfeldensis* à la base de NP10 succède, dans cette biozone, celle de *Cerodinium wardenense* et de *Wetzeliella astra*.

Les successions précitées présentent une analogie avec celle dégagée dans le Bassin de Douala. En se référant à la biostratigraphie classique, l'acmé d'*Apectodinium* corrélé avec la biozone NP9b se situerait donc à la fin du Thanétien, c'est-à-dire du Paléocène et on aurait ainsi une situation de concordance biostratigraphique entre le Bassin de Douala et les bassins nordiques. Cependant, lorsqu'on situe les événements par rapport à la CIE qui, aux hautes latitudes, est concomitante de l'acmé d'*Apectodinium*, un diachronisme apparaît avec les bassins salifères de l'ouest africain où l'acmé d'*Apectodinium* se situerait avant la CIE comme constaté au Nigeria par FRIELING et *al.* (2011). Le réchauffement du PETM, lié à la CIE, lui-même correspondant à la nannozone NP9b aurait permis la propagation vers le nord, et son expansion, du genre *Apectodinium* durant la CIE. C'est pourquoi, la réintroduction d'un étage intermédiaire entre le Thanétien et l'Yprésien aurait l'avantage de clarifier la portée stratigraphique de l'événement. La proposition de AUBRY et *al.* (2003) de réintroduire l'ancien étage Sparnacien sous son appellation d'origine, ou d'une nouvelle à convenir, situerait ce dernier entre la base des faciès sparnaciens ou leurs équivalents (55,8 MA) et la base du London Clay (54,5 MA), entre un Thanétien sensu-limito et un Yprésien sensu-stricto. La suggestion de STEURBAUT (1998) de limiter le nouvel étage entre le sommet d'un Thanétien sensu-stricto (55,8 MA) et un Yprésien sensu-lato (55,0 MA – base du NP10) semblerait cependant mieux appropriée car cela limiterait la nouvelle entité stratigraphique à la moitié supérieure de NP9, contemporaine du PETM et de l'acmé d'*Apectodinium*. A défaut de la création d'un nouvel étage dont l'extension serait de trop peu d'importance, grief généralement formulé à l'égard du Sparnacien, un Yprésien élargi pourrait englober ce dernier comme proposé déjà antérieurement par FEUGUEUR (1964) et POMEROL (1969, 1977). Quoi qu'il en soit, vu l'option actuelle de situer la limite Paléocène/Eocène au début de la CIE, on a un acmé d'*Apectodinium* se situant à la base de l'Eocène dans les bassins sédimentaires septentrionaux alors que cet acmé se situe au Paléocène supérieur dans les bassins du Niger et de Douala. Ce diachronisme apparaît cohérent si on s'en réfère à celui déjà esquissé dans une analyse comparative de BUJAK & BRINKHUIS (1998) sur la progression d'*Apectodinium* des moyennes latitudes d'Afrique du Nord vers les hautes latitudes septentrionales par suite d'un réchauffement sud-nord. Par ailleurs, le gradient de température joue également un rôle dans le taux de représentativité du genre *Apectodinium* dans les assemblages de dynokystes. Si, avant le PETM, le genre *Apectodinium* peut être localement prédominant aux basses latitudes, pendant le PETM il devient globalement abondant avec plus de 40 % de représentativité (POWELL et *al.*, 1996, BUJAK & BRINKHUIS, 1998, CROUCH et *al.*, 2001) dans des eaux à température de 20° C minimum. Par contre, aux très hautes latitudes, dans l'Océan arctique, l'acmé d'*Apectodinium* se manifeste en proportions nettement moindres, 20 % environ des assemblages, ce phénomène étant lié à la fraîcheur des eaux de l'extrême-nord (SLUIJS et *al.*, 2008).

Paléoenvironnements

L'évolution de l'environnement de dépôt de la Formation de Nkapa a pu être reconstituée sur base des caractères écologiques spécifiques de différents assemblages de dinokystes se succédant dans les séquences de Moulongo, Mamiwater et Nord Matanda. Ces assemblages (Groupements) ont été définis en tenant compte de critères d'évaluation particuliers (Hydrographie, température, salinité, degré d'eutrophisation des eaux, positionnement des espèces sur la marge continentale) discutés dans de nombreux travaux sur la question, particulièrement ceux de : DOWNIE et *al.*, 1971 ; JAN DU CHENE & ADEDIRAN, 1984 ; BRINKHUIS & ZACHARIASSE, 1988 ; OLOTO, 1992 ; BRINKHUIS, 1994 ; BUJAK & MUDGE, 1994 ; THOMAS, 1996 ; POWELL et *al.*, 1996 ; STOVER et *al.*, 1996 ; IAKOVLEVA, 2001 ; STEURBAUT et *al.*, 2003 ; CROUCH & BRINKHUIS, 2005 ; PROSS & BRINKHUIS, 2005 ; SLUIJS et *al.*, 2008 ; SLUIJS & BRINKHUIS, 2009 ; ALEKSANDROVA et *al.*, 2012.

Aux différentes zones définies biostratigraphiquement dans les trois séquences considérées correspondent des particularités paléoenvironnementales soulignant l'évolution du bassin sédimentaire au cours du temps. Ainsi, la première biozone (Zd1) présente un ensemble de dinocystes composé principalement d'espèces des genres *Andalusiella*, *Areoligera*, *Cerodinium*, *Glaphyrocysta*, *Hafniasphaera*, *Lejeunecysta*, *Palaeocystodinium* et *Phelodinium*. Cette association dans laquelle prédominent, dans l'ordre, *Areoligera*, *Glaphyrocysta*, *Lejeunecysta* (surtout à Mamiwater) et *Hafniasphaera* (plutôt à Moulongo) atteste un environnement marin ouvert d'eaux peu profondes de

milieux estuariens ou littoraux propices à une concentration en nutriments et présentant une certaine fraîcheur entretenue au large par des upwellings.

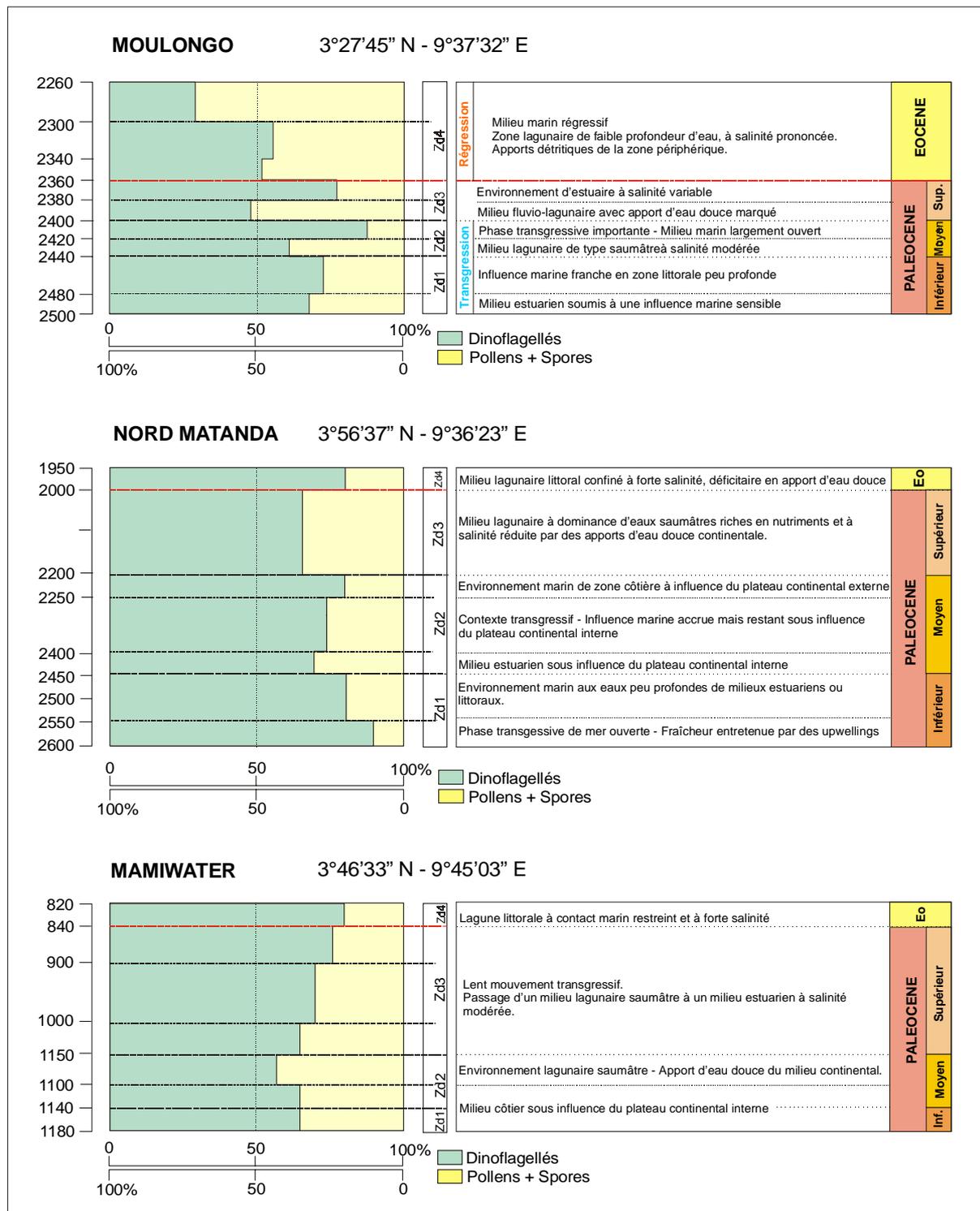


Figure 8 : Evolution environnementale déduite des ratios Dinoflagellés/Pollen et Spores calculés ainsi que de données de la littérature relatives à l'écologie des principales espèces de Dinocystes recensés (références dans le texte).

Dans la deuxième phase évolutive (Zd2) du bassin, trois espèces enregistrent leur acmé : *Areoligera coronata*, *Adnatosphaeridium multispinosum* et *Glaphyrocysta ordinata*. Cette association reconnue comme Groupement (ou Complexe) à *Areoligera* est représentatif d'un environnement littoral de mer ouverte peu profonde mais qui serait sous l'influence du milieu néritique interne du

Plateau continental responsable de l'apport de matériaux clastiques grossiers. Comme compagnes de moindre importance mais témoignant aussi d'un environnement littoral, on note la présence de *Achomosphaera* sp., *Cordosphaeridium* cf *inodes*, *Hafniasphaera septata* et *Phelodinium magnificum*. Avec l'accroissement de la composante principale du Groupe « *Areoligera* », on reste inscrit à ce niveau dans un contexte transgressif où la progression de *Glaphyrocysta* serait le témoin d'un réchauffement des eaux.

A la troisième biozone (Zd3) correspond une importante avancée d'*Apectodinium* à Moulongo et à Mamiwater où les différentes espèces du genre connaissent un acmé. A Nord Matanda, *Apectodinium* affirme sa présence sans toutefois être prépondérant dans la séquence. Globalement, la progression d'*Apectodinium* traduit l'existence d'un milieu marin marginal côtier à faible salinité, voire d'un milieu lagunaire à dominance d'eaux saumâtres. Ces types d'environnements se développent sous un climat chaud, 20° C en moyenne ou davantage, dans des conditions plutôt anoxiques entraînant une eutrophisation des eaux de surface. Les progressions concomitantes d'*Eocladopyxis peniculata*, *Fibrocysta vectensis* et *Senegalinium orei* confirment l'existence d'un milieu d'eaux saumâtres, riches en nutriments et à salinité variable mais faible de façon générale. Le recul d'espèces telles *Areoligera coronata*, *Adnatosphaeridium multispinosum* et *Glaphyrocysta ordinata* soulignent par ailleurs que s'amorce à ce niveau une phase marine régressive.

Il semblerait que l'environnement qui serait plus estuarien à Mamiwater et plus lagunaire à Nord Matanda, connaîtrait à Moulongo une sorte de « balancement » allant d'un type lagunaire dans un premier temps (Zd3a) à un type estuarien par la suite (Zd3b).

A Moulongo, la partie supérieure de la séquence (Zd4) reconnue comme base de l'Eocène présente une association de dinokystes à dominance d'*Achomosphaera* et de *Cordosphaeridium* évoquant un paysage lagunaire ouvert sur la mer, aux eaux peu profondes mais à salinité prononcée, comme en atteste la progression de genres tels *Homotryblium* et *Polysphaeridium* et le retrait d'*Eocladopyxis* et *Senegalinium* habituellement rencontrés dans des milieux saumâtres. Un schéma similaire se dégage de l'examen des dépôts de faible épaisseur terminant les séquences de Mamiwater et Nord Matanda. On y retrouve des taxons représentatifs d'environnements littoraux comme *Achomosphaera*, *Cerodinium*, *Cordosphaeridium* et *Hystrichosphaeridium* ainsi que *Homotryblium* et *Polysphaeridium*, ces derniers indiquant une augmentation de salinité. L'apparition de *Wetzeliella* suggère un environnement d'estuaire soumis aux marées et à salinité de surface ; la présence du genre *Deflandrea* serait plutôt liée à des eaux de surface eutrophes de faciès deltaïques.

Il est communément admis que, complémentirement à l'analyse des Dinokystes, le ratio Dinoflagellés/Pollen et Spores peut être indicatif des variations d'influence qu'exercent milieu marin et milieu continental dans l'évolution d'un environnement de dépôt déterminé. Ainsi, en procédant au comptage de l'ensemble des palynomorphes aux différents niveaux analysés dans les trois séquences considérées, on a pu établir des ratios moyens pour les quatre biozones définies par l'étude des Dinoflagellés (Figure 8).

A Moulongo, la période initiale (Zd1), avec un ratio d'environ 70/30, traduit une influence marine franche avec apport modéré du milieu continental. La période suivante (Zd2) connaît, dans un premier temps, une pulsation plutôt régressive (ratio : 60/40), à influence marine moins marquée ; celle-ci est suivie d'une phase à allure transgressive (ratio : 85/15). Cette situation suggère l'existence d'une lagune étendue, alimentée un temps en eau douce en provenance de l'arrière-pays, puis largement ouverte sur la mer. La troisième période (Zd3) présente également une sorte de « balancement » entre deux tendances : la première où le ratio 45/55, favorable aux assemblages sporopolliniques et où le « complexe » Dinoflagellés s'est révélé de type saumâtre, évoque un milieu fluvio-lagunaire avec apport d'eau douce continentale alors que la seconde, avec un ratio 70/30, suggère la présence d'un environnement d'estuaire à salinité variable. Enfin, les dépôts de fin de séquence (Zd4) où la représentation de l'ensemble palynologique évolue vers des taux en Pollen et Spores de plus en plus élevés alors que le milieu augmente en salinité, impliqueraient l'existence d'une lagune à faible profondeur d'eau en contact avec la mer mais dans un stade régressif plus confiné, avec un impact sporopollinique plus marqué, vraisemblablement lié à un apport détritique en provenance de sa zone périphérique.

A Nord Matanda, on enregistre l'évolution environnementale suivante : dans un premier temps (Zd1), l'influence marine semble particulièrement importante avec un ratio Dinoflagellés/Pollen et Spores de 90-80/10-20 ce qui traduirait une phase transgressive de mer ouverte. La période suivante

(Zd2) est moins marquée par cette influence marine bien que celle-ci soit encore très franche avec des ratios de 70/30 au début et 80/20 en fin de période ; dans ce cas, on se trouverait dans un environnement de zone côtière sous l’empreinte du plateau continental externe. Avec un ratio de 65/35, on passerait dans la troisième période (Zd3) à un milieu plus saumâtre à la salinité réduite par des apports d’eau douce continentale dans un paysage littoral ou lagunaire de mer peu profonde. Enfin, dans la dernière phase (Zd4), le ratio 80/20 marque le retour à une influence marine plus importante dans un milieu côtier enregistrant une augmentation de salinité des eaux de surface ainsi que le suggère la présence de certains dinoflagellés. A l’inverse du stade initial, cette situation serait le reflet de l’amorce d’une régression avec un taux sporopollinique représentatif d’un apport éloigné en provenance de la périphérie d’une lagune déficitaire en apport d’eau douce.

A Mamiwater, la phase initiale, à forte influence marine, de la première période (Zd1) telle que repérée à Nord Matanda est vraisemblablement occultée par le fait que le sondage n’a pas atteint ici la base de la Formation de Nkapa. Si les périodes Zd1 et Zd2 pour sa partie inférieure se signalent par un processus transgressif souligné par les Dinoflagellés identifiés à ces niveaux, un ratio Dinokystes/Pollen et Spores de +/- 65/35 serait le signe d’une influence du Plateau continental interne. Cette dernière s’intensifie même dans la partie supérieure de Zd2 où un ratio moyen de 60/40 attesterait d’apports en eau douce véhiculant un important matériel sporopollinique en provenance du milieu continental. Au cours de la période suivante (Zd3), le passage d’un ratio de 65/35 à son début à un ratio de 75/25 à sa fin serait révélateur du passage d’un environnement de type lagunaire saumâtre vers un stade estuarien à salinité modérée. La partie supérieure de la séquence (Zd4) présentant un ratio de 80/20 dans des conditions de salinité croissante attestée par certains taxons de Dinoflagellés, s’apparente à la période terminale de Nord Matanda suggérant un aspect environnemental similaire de lagune côtière avec apport d’eau douce limité.

Dans l’ensemble, l’évolution paléoenvironnementale déduite des associations de Dinoflagellés reconnues aux différents niveaux des séquences étudiées et les ratios moyens Dinokystes/Pollen et Spores correspondant aux différentes périodes y associées est celle d’une transgression marine pour le Paléocène inférieur et moyen (Biozones Zd1 et Zd2), d’une stabilisation pour le Paléocène supérieur (Biozones Zd3) et d’une régression au début de l’Eocène (Biozones Zd4). Ces constatations s’accordent avec la proposition formulée par les géologues pétroliers d’un Paléocène globalement transgressif et d’un Eocène régressif dans le sous-bassin de Douala (SNH, 2005). C’est à Nord Matanda que la phase marine du Paléocène inférieur et moyen a été archivée de façon la plus marquante. Celle-ci souligne l’importante transgression dont on retrouve des traces en affleurement plus à l’est dans la région de Souza (Nkapa), objet d’une étude de KENFACK *et al.* (2012). D’autre part, la régression de l’Eocène basal, bien visible à Moulongo, apparaît masquée à Nord Matanda et Mamiwater du fait, vraisemblablement, de la persistance d’espaces lagunaires étendus et à salinité prononcée, restant en communication avec la mer. L’arrêt assez brusque de la sédimentation des dépôts éocènes dans ces deux derniers sites serait à mettre en relation avec les prémices de l’effet tectonique reconnu pour avoir provoqué la phase régressive éocène dans le Bassin de Douala (LAWRENCE *et al.*, 2002). Celle-ci aurait eu des effets plus tardifs à Moulongo, site plus éloigné à l’ouest, vers l’extérieur du bassin où la sédimentation se serait poursuivie un certain temps avec apports détritiques en fin de période.

CONCLUSIONS

L’examen des dépôts de la formation de Nkapa traversés dans six sondages exécutés selon un transect Nord-Sud (Pungo, Nord Matanda, Mamiwater, Yatou, Moulongo, Ngata) dans le Bassin de Douala au Cameroun a permis d’identifier globalement quelque 75 espèces de Dinoflagellés parmi lesquels une trentaine a été considérée comme biostratigraphiquement significative. Dans trois des sondages (Moulongo, Nord Matanda, Mamiwater) où l’épaisseur des dépôts et leur contenu en dinokystes se sont révélés favorables à l’étude, quatre zones biostratigraphiques ont été définies en fonction de l’évolution des trente taxons sélectionnés au sein des séquences analysées et sur base de leur répartition chronologique dans différents bassins ouest-africains avoisinants.

La biozone 1 dont on peut admettre l’appartenance au Paléocène inférieur se signale par la persistance de taxons issus du Crétacé dont les plus marquants sont *Cerodinium diebelii*, *Lejeunecysta hyalina*, *Palaeocystodinium australinum* et *Palaeocystodinium golzowense*.

La biozone 2, considérée comme Paléocène moyen, voit se développer l'acmé de 3 espèces qui la caractérisent : *Areoligera coronata*, *Adnatosphaeridium multispinosum* et *Glaphyrocysta ordinata*. Dans cette zone commence à régresser l'héritage du Crétacé.

La biozone 3, identifiée au Paléocène supérieur a comme caractéristique essentielle un acmé important du genre *Apectodinium* surtout évident à Moulongo et Mamiwater, moins perceptible à Nord Matanda dont la zone 3, surtout reconnue par les assemblages associés, peut être corrélée avec celles des deux autres sites.

La biozone 4 enfin, qui couvre les couches terminales des trois séquences peut être considérée comme d'âge Eocène. Déjà fixée par les géologues pétroliers du SNH Cameroun à Moulongo, la base de l'Eocène peut se situer par comparaison à Nord Matanda et à Mamiwater. La biozone 4 se caractérise par l'absence d'espèces héritées du Crétacé et la raréfaction des espèces du Paléocène inférieur et moyen alors que s'affirment les présences de *Deflandrea cf. oebisfeldensis*, *d'Hystrichosphaeridium tubiferum* et de *Wetzeliella* sp.

Dans le Bassin de Douala, l'acmé d'*Apectodinium* se situe au Paléocène supérieur comme dans le Delta du Niger voisin. Si on se réfère à la coupure Paléocène/Eocène déterminée par la CIE (Carbon Isotopic Excursion) et le Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM) qui en découle, un diachronisme apparaît entre les bassins de l'Ouest Africain où l'acmé précède la CIE et est donc paléocène et les bassins septentrionaux où cet acmé, contemporain du PETM, est reconnu comme éocène. On devrait donc considérer l'acmé d'*Apectodinium* enregistré dans les bassins du Niger et de Douala comme un événement régional pré-CIE précédant l'événement considéré comme global que représente l'acmé contemporain du PETM aux moyennes et hautes latitudes.

En ce qui concerne l'évolution environnementale du Bassin de Douala, on remarque, sur base des assemblages de dinokystes recensés et des ratios Dinoflagellés/Pollen-Spores enregistrés qu'une importante phase marine transgressive se développe au Paléocène inférieur et au Paléocène moyen alors que le Paléocène supérieur apparaît comme une période de stabilité, voire de légère régression. La régression de l'Eocène basal se remarque nettement à Moulongo tandis qu'à Nord Matanda et à Mamiwater celle-ci semble masquée par la persistance de zones lagunaires à salinité importante restant en contact avec la mer. Cependant, dans ces deux derniers sites, l'arrêt brusque de la sédimentation soulignerait les prémices de l'effet tectonique ayant provoqué la régression éocène dans l'ensemble du Bassin.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEGOKE, A.K., 2012. Biostratigraphy and depositional environment of the sediments in Borno Basin, North Eastern Nigeria. *Indian Journal of Science and Technology*, 5-6: 2800-2809.
- ADEONIPEKUM, P.A., EHINOLA, O.A., YUSSUPH, I.A., TOLUHI & OYELAMI, A., 2012. Bio-Sequence Stratigraphy of Shagamu Quarry Outcrop, Benin Basin, Southwestern Nigeria. *World Applied Sciences Journal* 18, 1: 91-106.
- AJAEGWU, N.E., ONWUEMESI, A.G., ASIEGBU, E.N., OBIADI, I.I., ANAKWUBA, E.K. & AKPUNONU, E.O. 2008. Palynological assemblages as proxies for late Miocene - Early Pliocene palaeoenvironmental interpretation of strata penetrated by Ane -1 well, Niger delta. *Natural and Applied Sciences Journal*, 9, 1, 10 p.
- ALEKSANDROVA, G.N., ORESHKINA, T.V., IAKOVLEVA, A.I. & RADIONOVA, E.P., 2012. Late Paleocene-Early Eocene Diatoms and Dinocysts from Biosiliceous Facies of the Middle Trans-Urals Region. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 20, 4: 380-404.
- ANTOLINEZ-DELGADO, H. & OBOH-IKUENOBE, F.E., 2007. New species of Dinoflagellate cysts from the Paleocene of the Anambra basin, Southeast Nigeria. *Palynology*, 31: 53-62.
- ATTA-PETERS, D. & SALAMI M.B., 2004a. Campanian to Paleocene Dinoflagellate cyst biostratigraphy from offshore sediments in the Tano Basin, Southwestern Ghana. *Revista Espanola de Micropaleontologia* 36, 2: 305-321.
- ATTA-PETERS, D. & SALAMI, M.B., 2004b. Late Cretaceous to Early Tertiary pollen grains from offshore Tano Basin, Southwestern Ghana. *Revista Española de Micropaleontologia*, 36, 3: 451-465.
- ATTA-PETERS, D. & SALAMI, M.B., 2006. Aptian-Maastrichtian palynomorphs from the offshore Tano Basin, Western Ghana. *Journal of African Earth Sciences*, 46: 379-394.
- AUBRY, M.P., 1986. Northwestern European Paleogene magnetostratigraphy, biostratigraphy and Paleogeography : calcareous nannofossil evidence. *Geology*, 13 : 198-202.
- AUBRY, M.P., 2000. Where should the Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the Paleocene/Eocene boundary be located ? *Bull. Soc. Géol. France*, 171, 4 : 461-476.

- AUBRY, M.P., BERGGREN, W.A., STOTT, L. & SINHA, A. 1996. The upper Paleocene-lower Eocene stratigraphic record and the Paleocene-Eocene boundary carbon isotope excursion: implications for geochronology. In : Knox, Corfield & Dunay (Eds): Correlation of the Early Paleogene in Northwest Europe. *Geological Society, Special Publication*, 101 : 353-380.
- AUBRY, M.P., BERGGREN, W.A., VAN COUVERING, J.A., ALI, J., BRINKHUIS, H., CRAMER, B., KENT, D.V., SWISHER III, C.C., DUPUIS, C., GINGERICH, P.D., HEILMAN-CLAUSEN, C., KING, C., WARD, D.J., KNOX, R.W.O'B., OUDA, K., STOTT, L.D. & THIRY, M. 2003. Chronostratigraphic terminology at the Paleocene / Eocene boundary. *Geological Society of America, Special paper*, 269 : 551-566.
- AUBRY, M.P., OUDA, K., DUPUIS, C., BERGGREN, W.A., VAN COUVERING, J.A., ALI, J., BRINKHUIS, H., GINGERICH, P.R., HEILMANN-CLAUSEN, C., HOOKER, J., KENT, D.V., KING, C., KNOX, R.W.O.B., LAGA, P., MOLINA, E., SCHMITZ, B., STEURBAUT, E. & WARD, D.R. 2007. The Global Standard Stratotype-section and Point (GSSP) for the base of the Eocene Series in the Dababiya section (Egypt). *Episodes*, 30 : 271-286.
- AUFFRET, J.P. & GRUAS-CAVAGNETTO, C. 1975. Les formations paléogènes sous-marines de la Manche orientale. Données palynologiques. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), 17, 5 : 641-655.
- BANKOLE, S.I., SCHRANK, E. & ERDTMANN, B-D., 2007. Palynology of the Paleogene Oshosun Formation in the Dahomey Basin, southwestern Nigeria. *Revista Espanola de Micropaleontologia*, 39, 1-2: 29-44.
- BATUPE, M., 1996. Les aspects de l'évolution stratigraphique du bassin de Douala, Cameroun. Abstract in : Géologie Africaine. Editions Elf-Aquitaine.
- BELSKY, C.Y., BOLTENHAGEN, E. & POTONIÉ, R., 1965. Sporae dispersae der Oberen Kreide von Gabun, Äquatoriales Afrika. *Paläontologische Zeitschrift*, 39: 72-85.
- BIO-LOKOTO, A., CARBONNEL, G., DE KLASZ, I., DE KLASZ, S., LANG, J. & SALARD-CHEBOLDAEFF, M., 1998. Données nouvelles biochronologiques et paléoécologiques sur le Bassin sédimentaire côtier du Bénin entre le Crétacé supérieur et l'Eocène basal (Afrique de l'Ouest). *Revue de Micropaléontologie*, 41, 1: 29-57.
- BOLTENHAGEN, E., 1965. Introduction à la palynologie stratigraphique du Bassin sédimentaire de l'Afrique Equatoriale. Coll. Intern. Micropal. (Dakar, 1963)-*Mém. BRGM*, 32: 305-326.
- BOLTENHAGEN, E., 1976. Pollens et spores sénoniens du Gabon. *Cahiers de Micropaléontologie*, 3, 21 p.
- BOLTENHAGEN, E., 1977. Microplancton du Crétacé supérieur du Gabon. *Cahiers de Paléontologie - C.N.R.S.*, 1, 150 p.
- BOLTENHAGEN, E. & SALARD-CHEBOLDAEFF, M., 1980. Essai de reconstitution climatique Crétacé et Tertiaire du Gabon et du Cameroun d'après la palynologie. *Mémoire Museum Histoire naturelle*, 27: 203-210.
- BOWEN, G.J., BEERLING, D.J., KOCH, P.L., ZACHOS, J.C. & QUATTLEBAUM, T., 2004. A humid climate state during the Paleocene/Eocene Thermal Maximum. *Nature*, 432 : 495-498.
- BRINKHUIS, H., 1994. Late Eocene to Early Oligocene dinoflagellate cysts from the Priabonian type-area (Northeast Italy): biostratigraphy and paleoenvironmental interpretation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 107: 121-163.
- BRINKHUIS, H. & ZACHARIASSE, W.J., 1988. Dinoflagellate cysts, sea level changes and planktonic foraminifers across the Cretaceous-Tertiary Boundary at El Haria, Northwest Tunisia. *Marine Micropaleontology*, 13: 153-191.
- BROWNFIELD, M.E. & CHARPENTIER, R.R., 2006. Geology and Total Petroleum Systems of the West-Central Coastal Province (7203), West Africa. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 2207-B: 52 p.
- BUJAK, J.P. & MUDGE, D., 1994. A high-resolution North Sea Eocene dinocyst zonation. *J. Geol. Soc.*, London, 151: 449-462.
- BUJAK, J.P. & BRINKHUIS, H., 1998. Global warming and dinocyst changes across the Paleocene/Eocene epoch boundary, In : Late Paleocene-Early Eocene Climatic and Biotic Events in the Marine and Terrestrial Records. Edited by M.-P. Aubry et al., 277 – 295, Columbia Univ. Press, New York.
- CARO, Y., 1975. Zonations à l'aide de microfossiles du Paléocène supérieur et de l'Eocène inférieur. Dinoflagellés. *Bull. Soc. Géol. France*, 17, 2 : 138-143.
- CARO, Y., LUTERBACHER, H., PERCH-NIELSEN, K., PREMOLI-SILVA, I., RIEDEL, W.R. & SANFILIPPO, A., 1975. Zonations à l'aide de microfossiles pélagiques du Paléocène supérieur et de l'Eocène inférieur. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), 17, 2 : 126-147.
- CHATEAUNEUF, J.J., 1971. Etude palynologique de l'Eocène inférieur du sondage des Hogues. *Bull. B.R.G.M.*, 2è. série, 1 : 16-19.
- CHATEAUNEUF, J.J. & GRUAS-CAVAGNETTO, C., 1978. Les zones de Wetzeliellaceae (Dinophyceae) du Bassin de Paris. Comparaison et corrélations avec les zones du Paléogène des bassins du Nord-Ouest de l'Europe. *Bulletin du BRGM*, 2è sér., 2 : 59-93.

- CHIAGHANAM O.I., IKEGWUONU, O.N., CHIADIKOBI K.C., NWOZOR K.K., OFOMA A.E. & OMOBORIOWO, A.O. 2012. Sequence stratigraphy and Palynological analysis of late Campanian to Maastrichtian sediments in the Upper-Cretaceous, Anambra Basin. A case study of Okigwe and its environs, South-Eastern Nigeria. *Advances in Applied Science Research*, 3, 2: 962-979.
- COSTA, L.I. & DOWNIE, C., 1976. The distribution of the dinoflagellate *Wetzeliella* in the Paleogene in North-Western Europe. *Palaeontology*, 19, 4: 591-614.
- COSTA, L. & MÜLLER, C., 1978. Correlation of Cenozoic dinoflagellate and nannoplankton zones from the NE Atlantic and NW Europe. *Newsl. Stratigr.*, 7, 2 : 65-72.
- COSTA, L., DENISON, C. & DOWNIE, C. 1978. The Paleocene/Eocene boundary in the Anglo-Paris Basin. *Journal of the Geological Society*, London : 135 : 261-264.
- CROUCH, E.M., HEILMANN-CLAUSEN, C., BRINKHUIS, H., MORGANS, H. E.G., ROGERS, K.M., EGGER, H., & SCHMITZ, B., 2001. Global dinoflagellate event associated with the late Paleocene thermal maximum. *Geology*, 29: 315-318.
- CROUCH, E.M., DICKENS, G.R., BRINKHUIS, H., AUBRY, M.P., HOLLIS, C.J., ROGERS, K.M. & VISSCHER, H., 2003. The *Apectodinium* acme and terrestrial discharge during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum : new palynological, geochemical and calcareous nannoplankton observations at Tawanui, New Zealand. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194: 387-403.
- CROUCH, E.M. & BRINKHUIS, H., 2005. Environmental change across the Paleocene–Eocene transition from eastern New Zealand: A marine palynological approach. *Marine Micropaleontology*, 56: 138–160.
- DE CONINCK, J., 1968. Dinophyceae et Acritarcha de l'Yprésien du sondage de Kallo. Mémoires Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, 161 : 3-67. 17 Pl.
- DE CONINCK, J., 1975. Microfossiles à paroi organique de l'Yprésien du bassin belge. *Ministère des Affaires économiques. Service Géologique de Belgique. Professional Papers*, 12 : 151p.
- DE CONINCK, J., 1988. Ypresian organic-walled phytoplankton in the Belgian Basin and adjacent areas. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 97, 3-4 : 287-319.
- DE CONINCK, J., 1996. Phytoplankton à paroi organique et phases transgressives vers la transition Paléocène-Eocène dans la partie méridionale du bassin de la Mer du Nord. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 105, 3-4 : 139-169.
- DIGBEHI, Z.B. GUÉDÉ K.E., YAO N'GORAN J.P., AFFIAN K., TOÉ BI KAHOU, K.K., YAO, K.R. & TAH, I., 2011. Palynostratigraphy and depositional palaeoenvironment of Cretaceous-Palaeogene (K-Pg) boundary deposits on Abidjan margin (Côte d'Ivoire). *Journal of Geography and Regional Planning*, 4, 11: 644-655.
- DIGBEHI, Z.B., DOUKOURE, M., TEA-YASSI, J., YAO, R.K., YAO N'GORAN, P., KANGAH, K.D. & TAHI, I., 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 Environmental Science and Technology*, 6, 1: 28-42.
- DOWNIE, C., HUSAIN, M. & WILLIAMS, G.L. 1971. Dinoflagellate cysts and Acritarch associations in the Paleogene of South-Eastern England. *Geoscience and Man*, 3 : 29-35.
- DUMORT, J.D., 1968. Notice Explicative sur la feuille Douala-Ouest. Carte Géologique de reconnaissance (1 /500000). Publ.Dir.Mines.Geol.Cameroun : 69 p.
- DUPUIS, C., 2005. La limite Paléocène-Eocène, un événement majeur de l'ère tertiaire. Sa coupe de référence à Louxor. *Acad. Roy. Belgique. – Bull. Classe des Sciences*, XVI, 6è sér., 7-12 : 205-215.
- DUPUIS, C., DE CONINCK, J., GUERNET, C. & ROCHE, E. 1990. Biostratigraphic data – Ostracods and organic walled microfossils – of the Landen formation and the base of the Ieper formation in the Knokke borehole. In: The Knokke well with a description of the Den Haan and Oostduinkerke wells. P. LAGA & N. VANDENBERGHE, Edit. *Mém. Expl. Cartes Géologiques et Minières de Belgique*, 29 : 33-43.
- DUPUIS, C., STEURBAUT, E., DE CONINCK, J. & RIVELINE, J. 1998. The Western Argiles à lignites facies. Cap-d'Ailly sections. In : Thiry, M. & Dupuis, C. (Eds): The Paleocene/Eocene boundary in Paris Basin: The Sparnacian deposits. *Ecole des Mines de Paris, Mémoires des Sciences de la Terre*, 34 : 60-71.
- DUPUIS, C., AUBRY, M.P., STEURBAUT, E., BERGGREN, W.A., OUDA, K., MAGIONCALDA, R., CRAMER, B.S., KENT, D.V., SPEIJER, R.P. & HEIMANN-CLAUSEN, C. 2003. The Dababiya Quarry section. Lithostratigraphy, clay mineralogy, geochemistry and paleontology. In: OUDA, K. & AUBRY, M.P. eds.: The Upper Paleocene – Lower Eocene of the Nile Valley: Part1, Stratigraphy. *Micropaleontology*, 49 (Suppl.1) : 41-59.
- DUPUIS, C., STEURBAUT, E., DE CONINCK, J., MAGIONCALDA, R., PERREAU, M., RIVELINE, J., ROCHE, E., VAN EETVELDE, Y. & YANS, J. 2006. Paleocene-Eocene reference section at Cap d'Ailly (Haute-Normandie, France). New data on litho-, bio-stratigraphy, clay mineralogy, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$,

- Chemostratigraphy, K-Ar radiometric dating, sequence stratigraphy and correlation. Climate and Biota of the Early Paleogene, Bilbao, 12-20 June 2006, abstract volume: 39
- ECL, 2001. An Integrated Study of Structural Development, Source Rock Maturity and Hydrocarbon Generation in the Douala/Kribi-Campo Basin, Republic of Cameroon. Rapport interne SNH.
- EDET, J.J., 1992. Palynostratigraphy of Late Cretaceous (Late Campanian–Early Maastrichtian) sections in the Anambra Basin, Nigeria. *Revista Española de Micropaleontología*, 24, 2: 3–18.
- EDET, J.J. & NYONG, E.E., 1994. Palynostratigraphy of Nkporo shale exposures (Late Campanian–Maastrichtian) on the Calabar Flank, SE Nigeria. *Review of Paleobotany and Palynology*, 80: 131-147.
- FENSOME, R.A., RIDING, J.B. & TAYLOR, F.J.R. 1996b. Dinoflagellates, in Jansonius, J. & McGregor, D.C., palynology: principles and applications; *American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation*, 1: 107-169.
- FEUGUEUR, L., 1963. L'Yprésien du Bassin de Paris. Mémoire explicatif de la Carte géologique détaillée de la France. Orléans ; Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 568 p.
- FRIELING, J., REICHART, G.J., SCHOUTEN, S., BIJL, P.K., BANKOLE, S.I., SCHRANK, E. & SLUIJS, J. , 2011. Tropical climate, ecology and hydrology during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. *Berichte Geol. B.-A.*, 85 : 75. (CBEP 2011, Salzburg)
- GERMERAAD, J.H., HOPPING, C.A. & MULLER, J., 1968. Palynology of Tertiary sediments from tropical area. *Review of Palaeobotany and palynology*, 6: 189-348.
- GIRESE, P., 1990. Esquisse géologique de l'Afrique centrale occidentale. In : Paysages quaternaires de l'Afrique centrale occidentale. *ORSTOM, n.s.* : 15-19.
- GREGG, J.M., 1998. Palynostratigraphy, palynofacies, and thermal maturation of Cretaceous-Paleocene sediments from the Côte d'Ivoire-Ghana transform margin. *Proceed. of the Ocean Drilling Programm, scientific results*, 159: 277-318.
- GREGORY, W.A. & HART, G.F., 1995. Distribution of Dinoflagellates in a subsurface marine Wilcox (Paleocene-Eocene) section in Southwest Louisiana. *Palynology*, 29, 1: 45-75.
- GRUAS-CAVAGNETTO, C., 1968. Etude palynologique de divers gisements du Sparnacien du Bassin de Paris. *Mém. Soc. Géol. France*, 47, 110 : 1-150.
- GRUAS-CAVAGNETTO, C., 1976. Les marqueurs stratigraphiques (Dinoflagellés) de l'Eocène du Bassin de Paris et de la Manche orientale. *Revue de Micropaléontologie*, 18, 4 : 221-228.
- HANDLEY, L., O'HALLORAN, A., PEARSON, P.N., HAWKINS, E., NICHOLAS, C.J., SCHOUTEN, S., Mc MILLAN, I. & PANCOST, R.D., 2012. Changes in the hydrological cycle in tropical East Africa during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 329-330: 10-21.
- IAKOVLEVA, A.I., OERSHKINA, T.V., ALEKSEEV, A.S. & ROUSSEAU, D.D., 2000. A new Paleogene Micropaleontological and Palaeogeographical data in the Petchora Depression, North-eastern European Russia. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes/Earth and Planetary Sciences*, 330: 485-491.
- IAKOVLEVA, A.I., BRINKHUIS, H. & CAVAGNETTO, C. 2001. Late Paleocene-Early Eocene dinoflagellates cysts from the Turgay Strait, Kazakhstan; correlations across ancient seaways. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 172: 243-268.
- JAN DU CHENE, R.E. & SALAMI, M.B., 1978. Palynology and micropaleontology of the Upper Eocene of the well Nsukwa1 (Niger Delta, Nigeria). *C.R. des Séances, SPHN Genève, N.S.*, 13: 5-9.
- JAN DU CHENE, R.E. ONYIKE, M.S. & SOWUNMI, M.A., 1978a. Some New Eocene pollen of the Ogwashi-Asaba formation, south-eastern Nigeria. *Revista Española De Micropaleontología*, X, 2: 285-322.
- JAN DU CHENE, R.E., DE KLASZ, I., & ARCHIBONG, E.E. 1978b. Biostratigraphic study of the borehole Ojo-1, SW Nigeria, with special emphasis on the Cretaceous microflora. *Revue de Micropaléontologie*, 21: 123-139.
- JAN DU CHENE, R.E., PERCH-NIELSEN, K., & PETERS, S.W., 1978c. New stratigraphic data on the paleogene Ewekoro and Akinbo Formations (southwestern Nigeria). *Archives des sciences*, 31: 205-212.
- JAN DU CHENE, R. & ADEDIRAN, S. A., 1984. Late Paleocene to Early Eocene Dinoflagellates from Nigeria. *Cahiers de Micropaleontologie*, 3, 39 p.
- JAN DU CHENE, R.E. & ADIDERAN, S.A., 1985. Late Paleocene to early Eocene dinoflagellates from Nigeria. *Cahiers de Micropaleontologie*, 3: 1-38.
- JARDINE, S. & MAGLOIRE, L. 1965. Palynologie et stratigraphie du Crétacé des bassins du Sénégal et de Côte d'Ivoire. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, 32: 187-245.
- KENFACK, P.L., NJIKE NGAHA, P.R., EKODECK, G.E. & NGUEUTCHOUA, G. 2012. Fossils Dinoflagellates from the Northern border of the Douala sedimentary sub-basin (South-West Cameroon): age assessment and palaeological interpretations. *Geosciences*, 2, 5 : 117-124.

- KENNETT, J.P. & STOTT, L.D. 1991. Abrupt deep-sea warming, palaeoceanographic changes and benthic extinctions at the end of the Palaeocene. *Nature*, 353: 225-229
- KIESER, G. & JAN DU CHÊNE, R., 1979. Periretiscyncolpites n. gen. and Terscissus Tschudy 1970. Grands pollens syncolpés du Maëstrichtien du Sénégal et du Nigeria. *Revista Española de Micropaleontologia*, 11 : 321-334.
- LAWRENCE, S.R., MUNDAY, S. & BRAY, R., 2002. Regional geology and geophysics of the eastern Gulf of Guinea (Niger Delta to Rio Muni). *The Leading Edge*, 1112- 1117.
- LUCAS, F.A. & ISHIEKWENE, E., 2010a: Dinoflagellate cyst biozonation for late Cretaceous-Tertiary succession of Gbekebo-1 well, Benin flank, Anambra basin, Nigeria. *World Journal of Applied Science and Technology*, 2, 2: 289-295.
- LUCAS, F. & ISHIEKWENE, E., 2010b. Miospore (pollen and spore) Biozonation Model for Late Cretaceous-Tertiary Succession of Gbekebo-1 well, Benin flank, Anambra Basin Nigeria. *World Journal of Applied Science and Technology*, 2, 2: 303-308.
- MAGIONCALDA, R., DUPUIS, C., STEURBAUT, E., VAN SIMAEYS, S. & DE CONINCK, J. 2001. The Paleocene-Eocene CIE in continental organic carbon in the Paris Basin (Haute-Normandie). Climate and Biota of the Early Paleogene. International Meeting, Powell, Wyoming, USA. Abstracts volume: 61
- MAGIONCALDA, R., DUPUIS, C. & STEURBAUT, E. 2001. Organic carbon isotopic changes ($d^{13}C_{org}$) in lagoonal Paleocene/Eocene boundary settings in Northern Belgium. Climate and Biota of the Early Paleogene. International Meeting, Powell, Wyoming, USA., July 3-8, 2001. Abstracts volume: 60.
- MANUM, S.B., BOULTER, M.C., GUNNARSDOTTIR, H., RANGNES, K & SCHOLZE, A., 1989. Eocene to Miocene Palynology of the Norwegian Sea (ODP LEG 104). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 104 : 611-662.
- MASURE, E., RAUSCHER, J., JEJAX, M., SCHULER, M. & FERRE, B., 1998. Cretaceous-Paleocene Palynology from the Côte d'Ivoire-Ghana Transform margin, sites 956, 960, 961 and 962. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 159: 253-276.
- M'BORO, R., 1980. Le bassin de Pointe-Noire (Congo) du Sémonien supérieur au Néogène (Stratigraphie, Paléogéographie, Micropaléontologie). Thèse doctorale Université de Provence, Marseille, 355 p.
- MOORKENS, T., STEURBAUT, E., JUSTON, D. & DUPUIS, C. 2000. The Knokke borehole of Northwestern Belgium re-analysed : New data on the Paleocene – Eocene transitional strata in the Southern North Sea Basin. *GFF*, 122 : 111-114.
- MUDGE, D.C. & BUJAK, J.P. 1996a. An integrated stratigraphy for Paleocene and Eocene of the North Sea. From Knox, R.W.O'B., Corfiel, R.M. & Dunay, R.E.(eds), 1996, correlation of Early Paleogene in Northwest Europe, *Geological Society, Special Publication*, 101: 91-113.
- MUDGE, D.C. & BUJAK, J.P. 1996b. Palaeocene biostratigraphy and sequence stratigraphy of the UK central North Sea. *Marine and Petroleum Geology*, 13, 3: 295-312.
- NGUENE, F.R., TAMFU, S. LOULE, J.P. & NGASSA, C., 1992. Palaeoenvironments of the Douala and Kribi-Campo Sub-Basins in Cameroon, West Africa. In : Curnelle, R. (ed) ; Géologie Africaine. *Bull Centre Rech.Explor.Prod Elf-Aquitaine* ; Mem.13 :129-139.
- NJIKE NGAHA, P.R., 2004. Palynostratigraphie et Reconstitution des Paléoenvironnements du Crétacé de l'Est du bassin Sédimentaire de Douala (Cameroun). Thèse de doctorat d'Etat, Université de Yaoundé I, 258 p.
- NTAMAK-NIDA, M.J., BOURQUIN, S., MAKONG, J-C., BAUDIN, F, MPESSE, J.E., NGOUEM, C.I., KOMHUEM, P.B. & ABOLO, G.M., 2010. Sedimentology and sequence stratigraphy from outcrops of the Kribi-Campo sub-basin: Lower Mundeck Formation (Lower Cretaceous, southern Cameroon). *Journal of African Earth Sciences*, 58: 1-18.
- OBOH-IKUENOBE, F.E., YEPES, O. & GREGG, J.M., 1998. Palynostratigraphy, Palynofacies, and Thermal maturation of Cretaceous-Paleocene sediments from the Côte d'Ivoire-Ghana transform margin. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific results*. 159: 277-318.
- OGALA, J.E., OLA-BURAIMO, A.O., & AKAEGBOBI, I.M., 2009. Palynological and Palaeoenvironmental study of the Middle-Upper Maastrichtian Mamu Coal Facies in Anambra Basin, Nigeria. *World Applied Sciences Journal*, 7, 12: 1566-1575.
- OLOTO, I. N., 1989. Maastrichtian dinoflagellate cyst assemblage from the Nkporo Shale on the Benin flank of the Niger Delta. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 57: 173-186.
- OLOTO, I. N., 1990. Palynological assemblage from the Danian of southwest Nigeria. *Acta Palaeobotanica*, 30: 23-30.
- OLOTO, I. N., 1992. Succession of palynomorphs from the Early Eocene of Gbekebo-1 well in SW Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, 15: 441-452.
- POMEROL, C., 1969. Limite Paléocène-Eocène : Mémoires du B.R.G.M., 69 : 447-449.

- POMEROL, C., 1977. La limite Paléocène-Eocène en Europe occidentale. *C.R. sommaires de la Société géologique de France*, 4 : 199-202.
- POWELL, A. J., 1988. A modified dinoflagellate cyst biozonation for latest Paleocene and earliest Eocene sediments from the central North Sea. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 56, 3/4: 322-344.
- POWELL, A. J., 1992. Dinoflagellate cysts of the tertiary system. In: A.J.A. Powell (ed.), stratigraphic index of dinoflagellate cysts. British Micropaleontological Society Publication Series, Chapman and Hall, London, 155-252.
- POWELL, A.J., BRINKHUIS, H. & BUJAK, J.P. 1996. Upper Paleocene-Lower Eocene dinoflagellate cyst sequence biostratigraphy of southeast England. *Geological Society, Special Publication*, 101: 145-183.
- PROSS, J. & BRINKHUIS, H., 2005. Organic-walled dinoflagellate cysts as paleoenvironmental indicators in the Paleogene; a synopsis of concepts. *Paläontologisches Zeitschrift*, 79/1: 53-59.
- REGNOULT, J.M., 1986. Synthèse Géologique du Cameroun. Ministère des Mines et de l'Énergie, Yaoundé, 119 p.
- RÖHL, U., BRALOWER, T.J., NORRIS, R.D. & WEFER, G. 2000. New chronology for the late Paleocene thermal maximum and its environmental applications. *Geology*, 28 : 927-930.
- SALARD-CHEBODAEFF, M., 1976. Mise en évidence de l'Oligocène dans le bassin Sédimentaire côtier du Cameroun, d'après les données palynologiques. *C.R. Acad. Sci.*, 282, D : 41-43.
- SALARD-CHEBODAEFF, M., 1977. Palynologie du bassin sédimentaire Littoral du Cameroun dans ses rapports avec la stratigraphie et la paléoécologie. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences naturelles. 262p.
- SALARD-CHEBODAEFF, M., 1978. Palynoflore Maestrichtienne et Tertiaire du bassin sédimentaire littoral du Cameroun, Pollen et spores. *Musée National d'Histoire Naturelle*, 215-260.
- SALARD-CHEBODAEFF, M., 1979. Palynologie Maestrichtienne et Tertiaire du Cameroun. Etude Qualitative et répartition verticale des principales espèces *Review of Palaeobotany and Palynology*, 365-388.
- SALARD-CHEBODAEFF, M., 1981. Palynologie Maestrichtienne et Tertiaire du Cameroun. Résultats Botaniques. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 32: 401-439.
- SALARD-CHEBODAEFF, M., 1990. Intertropical African palynostratigraphy from Cretaceous to Late Quaternary times. *Journal of African Earth Sciences*. 11, 1-2 : 1-24.
- SCHIMPER, W.P., 1874. Paléontologie végétale ou La flore du monde primitif dans ses rapports avec les formations géologiques. VII : Epoque tertiaire, 1 : Période paléocène : 680-684. Ed. : J.B. Baillièrre et Fils, Paris.
- SINHA, A. 1997. Systematics of carbon isotopic exchange among the ocean, atmosphere and terrestrial biosphere : implications for global stratigraphic correlation. PhD Thesis. University of Southern California, Los Angeles : 211p.
- SINHA, A., AUBRY, M.P., STOTT, L., THIRY, M. & BERGGREN, W.A., 1996. Chemostratigraphy of the « Lower » Sparnacian deposits (Argiles plastiques bariolées) of the Paris Basin. In: AUBRY, M.P. & BENJAMINI, C. (eds): Paleocene/Eocene boundary events in space and time. *Israel Journal of Earth Sciences*, 44 : 223-237.
- SLUIJS, A., RÖHL, U., SCHOUTEN, S., BRUMSACK, H.J., SANGIORGI, F., SINNINGHE DAMSTE, J.S. & BRINKHUIS, H., 2008. Arctic Late Paleocene-Early Eocene paleoenvironments with special emphasis on the Paleocene-Eocene Thermal Maximum (Lomonosov Ridge, Integrated Ocean Drilling Program Expedition 302). *Paleoceanography*, 23: PA1S11, 17 p.
- SLUIJS, A. & BRINKHUIS, H. 2009. A dynamic climate and ecosystem state during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum inferences from Dinoflagellate cyst assemblage at the New Jersey Shelf. *Biogeosciences Discuss.*, 6 : 5163-5215.
- SNH, 2005. Synthèse sur le Bassin du Rio Del Rey et sur le bassin de Douala/Kribi-Campo. Rapport interne: 14 p.
- STEURBAUT, E. 1998. High resolution holostratigraphy of Middle Paleocene to Early Eocene strata in Belgium and adjacent areas. *Palaeontographica*, A, 247, 5-6 : 91-156.
- STEURBAUT, E., DE CONINCK, J., DUPUIS, C. & KING, C. 2000. Dinoflagellate cyst events and depositional history of the Paleocene/Eocene boundary in the Southern North Sea Basin. *GFF*, 122 : 154-155.
- STEURBAUT, E., MAGIONCALDA, R., DUPUIS, C., VAN SIMAEYS, S., ROCHE, E. & ROCHE, M. 2003. Palynology, palaeoenvironments and organic carbon isotope evolution in lagoonal-Eocene boundary settings in North Belgium. *Geological Society of America, Special Paper*, 369 : 291-317.
- STOTT, L.D., SINHA, A., THIRY, M., AUBRY, M.P. & BERGGREN, W.A. 1996. Global d¹³C changes across the Paleocene-Eocene boundary: criteria for terrestrial-marine correlations. In : Knox, Corfield & Dunay (Eds): Correlation of the Early Paleogene in Northwest Europe. *Geological Society, Special Publication*, 101 : 381-399.

- STOVER L.E., BRINKHUIS H., DAMASSA S.P., DE VERTEUIL, L., HELBY, R.J., MONTEIL E., PARTRIDGE A.D., POWELL A.J., RIDING J.B., SMELROR, M. & WILLIAMS, G.L., 1996. Mesozoic-Tertiary dinoflagellates, acritarchs and prasinophytes. *In: Jansonius J. and McGregor D.C. (eds), Palynology: principles and applications. Am. Assoc. Stratigr. Palynol. Found., Dallas, Texas, 2: 641-750.*
- TAMFU, S.F., BATUPE, M., PAUKEN, R.J & BOATWRIGHT, D.C., 1995. Geological setting, stratigraphy and hydrocarbon habitat of the Douala Basin, Cameroon. *Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.* 79, 13: 95.
- THOMAS, J.E., 1996. The occurrence of the dinoflagellate cyst *Apectodinium* (Costa & Downie 1976) Lentin & Williams 1977 in the Moray and Montrose Groups (Danien to Thanetien) of UK central North sea. The Geological Society, London, Special Publications, 101: 115-120.
- VAN HOEKEN-KLINKENBERG, P.M.J., 1966. Maastrichtian Paleocene and Eocene pollen and spores from Nigeria. *Leidse Geologische Mededelingen*, 38: 37-48.
- WING, S.L., HARRINGTON, G.J., SMITH, F.A., BLOCH, J.I., BOYER, D.M. & FREEMAN, K.H., 2005. Transient floral change and rapid global warming at the Paleocene-Eocene boundary. *Science*, 310: 993-996.
- YEPES, O., 2001. Maastrichtian-Danian Dinoflagellate cyst Biostratigraphy and Biogeography from two equatorial sections in Colombia and Venezuela. *Palynology*, 25: 217-249.
- ZACHOS, J.C., WARA, M.W., BOHATY, S., DELANEY, M.L., PETRIZZO, M.R., BRILL, A., BRALOWER, T.J. & PREMOLI-SILVA, I. 2003. Paleoclimate : a transient rise in tropical sea surface temperature during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. *Science*, 302: 1551-1553.

REMERCIEMENTS

Le premier auteur remercie le Service de Paléobiogéologie-Paléobotanique-Paléopalynologie de l'Université de Liège pour l'aide matérielle et l'encadrement scientifique apportés pour mener à son terme le travail de thèse dont est issu cet article.

Par ailleurs, ce travail n'aurait pu être réalisé sans l'appui financier de la CUD (Coopération Universitaire au Développement de Belgique) et le soutien de la SNH (Société Nationale des Hydrocarbures du Cameroun) qui a fourni l'échantillonnage nécessaire à l'étude.

Les remerciements s'adressent également aux Dr. Alina IAKOVLEVA (Geological Institute – Russian Academy of Sciences), Jan DE CONINCK (Universiteit Gent – Belgium) et Zéli Bruno DIGBEHI (UFR-STR, Université de Coudy, Côte d'Ivoire) pour la vérification des déterminations.

PLANCHE

Planche

1. *Palaeocystodinium australinum* (COOKSON 1965) LENTIN & WILLIAMS 1976
2. *Palaeocystodinium golzowense* ALBERTI 1961
3. *Millioudodinium* sp
4. *Andalusiella gabonensis* (STOVER & EVITT 1978) WRENN & HART 1988
- 5.6. *Deflandrea cf oebisfeldensis* ALBERTI 1959
7. *Deflandrea denticulata* ALBERTI 1959
- 8.9. *Phelodinium cf magnificum* (STANLEY 1965) STOVER & EVITT 1978
- 10.11. *Cerodinium wardenense* (WILLIAMS & DOWNIE 1966) LENTIN & WILLIAMS 1987
12. *Cerodinium boloniense* (RIEGEL 1974) LENTIN & WILLIAMS 1987
13. *Cerodinium diebelii* (ALBERTI 1959) LENTIN & WILLIAMS 1987
- 14.15. *Senegalinium orei* (JAN DU CHENE & ADEDIRAN 1985) STOVER & WILLIAMS 1987
16. *Senegalinium laevigatum* (MALLOY 1972) BUJAK & DAVIES 1983
17. *Lejeunecysta cf lata* BIFFI & GRIGNANI 1983
18. *Lejeunecysta cf beninensis* BIFFI & GRIGNANI 1983
19. *Lejeunecysta hyalina* (GERLACH 1961) ARTZNER & DÖRHÖFER 1978 emend SARJEANT 1984
- 20.21. *Apectodinium paniculatum* (COSTA & DOWNIE, 1976) LENTIN & WILLIAM 1977
- 22.23. *Apectodinium quinquelatum* (WILLIAMS & DOWNIE 1966) COSTA & DOWNIE 1979
- 24.25. *Apectodinium homomorphum* (DEFLANDRE & COOKSON 1955) LENTIN & WILLIAMS 1977
26. *Apectodinium hyperacanthum* (COOKSON & EISENACK 1965) LENTIN & WILLIAMS 1977
27. *Wetziella* sp.
28. *Apectodinium* sp.
29. *Wilsonidium nigeriaense* JAN DU CHENE & ADEDIRAN 1985
30. *Kenleyia* sp.
31. *Lingulodinium machaerophorum* (DEFLANDRE & COOKSON 1955) WALL 1967
32. *Spiniferites cf ramosus* (EHRENBERG 1838) LOEBLICH 1966
33. *Spiniferites* sp.
34. *Achomosphaera* sp.
35. *Hafniasphaera delicata* FENSOME, WILLIAMS & MACRAE 2009
- 36.37. *Polysphaeridium zoharyi* (ROSSIGNOL 1962) BUJACK, DOWNIE, EATON & WILLIAMS 1980
38. *Polysphaeridium subtile* DAVEY & WILLIAMS 1966
- 39.40. *Hystrichosphaeridium tubiferum* (EHRENBERG 1838) DEFLANDRE 1937
41. *Cordosphaeridium inodes* (KLUMP 1953) EISENACK 1963
42. *Cordosphaeridium cf minimum* (MORGENROTH 1966) BENEDEK 1972
43. *Diphyes spinulum* (DRUGG 1970) STOVER & EVITT 1978
44. *Hystrichokolpoma rigaudiae* DEFLANDRE & COOKSON 1955
- 45.46. *Adnatosphaeridium multispinosum* WILLIAMS & DOWNIE 1966
47. *Areoligera coronata* (O.WETZEL 1933) LEJEUNE-CARPENTIER 1938
48. *Homotryblium abbreviatum* EATON 1976
49. *Homotryblium tenuispinosum* DAVEY & WILLIAMS 1966
- 50.51. *Dapsilidinium* sp.
52. *Thalassiphora patula* (WILLIAMS & DOWNIE 1966) STOVER & EVITT 1978
- 53.54. *Glaphyrocysta ordinata* (WILLIAMS & DOWNIE 1966) STOVER & EVITT 1978
55. *Glaphyrocysta* sp.
56. *Fibrocyta vectensis* (EATON 1976) STOVER & EVITT 1978
57. *Kallosphaeridium yorubaense* JAN DU CHENE & ADEDIRAN 1985
58. *Eocladopyxis peniculata* MORGENROTH 1966
59. *Operculodinium* sp.

Planche

