

Investigation palynologique de la transition Crétacé/Paléogène (K/Pg) dans une séquence d'argiles grises de la région d'Eboinda (sud-est de la Côte d'Ivoire)

Kahou Katel Kizito TOE-BI^{1*}, Koré Elysée GUEDE², Zoh Derrick BEHI³, Goha René BIE⁴
& Zéli Bruno DIGBEHI⁴

¹ Université Péléforo Gon Coulibaly, UFR des Sciences Biologiques, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire.
Auteur correspondant. E-mail: katelkizito@gmail.com, toebi@upgc.edu.ci

² Université de Man, UFR des Sciences Géologiques et Minières, BP 20 Man, Côte d'Ivoire.
E-mail: elyseegk@hotmail.com, elysee.guede@univ-man.edu.ci

³ Université Jean-Lorougnon Guédé, UFR Environnement, 12 BP V 25 DALOA 12 Côte d'Ivoire.
E-mail: biegharene@gmail.com

⁴ Université Félix Houphouët-Boigny, UFR-STRM, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.
E-mail: brunodigbehi@gmail.com, aurelienzoh@gmail.com

Résumé

L'objectif de cette étude est de préciser les âges et les environnements de dépôts d'une séquence d'argiles grises rencontrée dans un puits situé dans la région d'Eboinda (sud-est de la Côte d'Ivoire). Une analyse palynologique menée sur 10 échantillons marneux de déblais a permis de dater cette série du Maastrichtien supérieur au Danien. Le Maastrichtien supérieur est identifié sur la base des LADs (dernière apparition) de *Dinogymnium muticum* et de *Cerodinium granulostriatum*, alors que le Danien est déterminé grâce à la disparition de *Cerodinium diebelii*, ainsi que la présence de l'espèce *Danea californica*. La transition K/Pg est aussi marquée par le passage d'un milieu de dépôt néritique interne (Maastrichtien supérieur) à celui d'un environnement de dépôt néritique interne à externe (Danien). L'association de kystes de dinoflagellés observée (Suite de Malloy) suggère que ces argiles grises se soient déposées en province tropicale à subtropicale.

Mots-clés

Palynologie, Kystes de dinoflagellés, Crétacé/Paléogène, K/Pg, Maastrichtien supérieur, Danien, Eboinda, Côte d'Ivoire.

Abstract

Palynological investigation of the transition Cretaceous / Paleogene (K/Pg) in a sequence from grey clay of the region of Eboinda (South-East of the Côte d'Ivoire).- The objective of this study is to specify the ages and deposit environments of a sequence of gray clays encountered in a well located in the region of Eboinda (south-eastern Côte d'Ivoire). A palynological analysis carried out on 10 marly samples of cuttings made it possible to date this series from the Upper Maastrichtian to the Danian. The Upper Maastrichtian is identified on the basis of the LADs (last appearance) of *Dinogymnium muticum* and *Cerodinium granulostriatum*, while the Danian is determined by the disappearance of *Cerodinium diebelii*, as well as the presence of the species *Danea californica*. The K/Pg transition is also marked by the passage from an internal neritic deposition environment (Upper Maastrichtian) to that of an internal to external neritic deposition environment (Danian). The association of dinoflagellate cysts observed (Suite de Malloy) suggests that these gray clays were deposited in tropical to subtropical provinces.

Keywords

Palynology, dinoflagellate cysts, Cretaceous/Paleogene, K/Pg, Upper Maastrichtian, Danian, Eboinda, Côte d'Ivoire.

1. INTRODUCTION

Les études géologiques effectuées dans le bassin sédimentaire ivoirien ont débuté à grande échelle depuis la découverte de sables bitumineux et d'indices de phosphate dans la région d'Eboinda, dans le sud-est du

pays. Cette région a alors suscité l'intérêt de beaucoup de pétroliers, miniers et académiques et les études s'y sont multipliées. De nombreux rapports internes montrent que des études lithologiques et biostratigraphiques qui ont été menées ont eu pour cible la découverte de gisements pétroliers (PETROCI, 1990; PETROCI & BEICIP,

1990). Toutefois, les études géochimiques relatives dans un rapport interne de PETROCI (2006), ainsi que celles de Spengler & Delteil (1966) et d'Assalé (2013), indiquent que le bitume venait probablement d'une ancienne migration d'huile vers la surface.

Dès les années 1970, au cours d'une campagne de recherche menée sur les sables asphaltiques, PETROCI avait commencé à évaluer les indices de phosphates dans ce secteur, forant 38 puits dans la région d'Adiaké (Dian, 1977). Ces travaux avaient ensuite été repris par Dioulo (2009) et SODEMI (2011) avec l'objectif de confirmer ou d'infirmer la présence d'horizons phosphatés.

Cependant ces données, encore inédites à ce jour, se limitaient à la recherche d'une meilleure connaissance du potentiel phosphaté et pétrolier de ces couches dans le secteur d'étude, laissant en suspend beaucoup de questions sur l'âge, l'environnement et le climat qui régnaient lors de la déposition de ces argiles grises. C'est pour répondre à ces questions qu'une étude palynologique détaillée a été entreprise avec les objectifs 1) de décrire l'assemblage des dinokystes recensés, 2) d'établir une palynostratigraphie locale, 3) d'apporter une meilleure compréhension du paléoenvironnement et de la paléobiogéographie des dépôts sur l'intervalle d'étude.

2. APERÇU GÉOLOGIQUE DU BASSIN SÉDIMENTAIRE IVOIRIEN

Le puits étudié, désigné ici comme P1 pour des raisons de confidentialité, est situé dans le bassin de la Côte d'Ivoire. Ce bassin fait partie d'un vaste ensemble de bassins côtiers bordant la côte ouest de l'Atlantique et s'étendant depuis le sud du Maroc jusqu'au-delà de l'Angola (Jardiné & Magloire, 1965; Aka, 1991). C'est un bassin de «type ouvert», dont la plus grande partie immergée est vaste d'environ 22'000 km² et la partie émergée couvre environ 8000 km² (Fig. 1). L'ouverture de l'Atlantique dans cette zone du golfe de Guinée a permis la mise en place du bassin sédimentaire ivoirien au Crétacé inférieur (Blarez, 1986; Marinho & Mascle, 1987; Chierici, 1996; Digbehi, 1987; Bamba *et al.*, 2011). Des essais de synthèse stratigraphique ont été proposés par Digbehi (1987) puis par Chierici (1996):

- 1) une phase rift (Barrémien-Albien) à sédiments margino-fluviatiles;
- 2) une phase de début d'expansion océanique marquée par une transgression marine franche (Cénomanién-Sénonien inférieur) qui a permis le dépôt de calcaires à calcisphères et qui va s'éroder au Sénonien inférieur;
- 3) une phase d'expansion active et de subsidence (Campanien-Maastrichtien) qui dépose en transgression des argiles marines franches sur des surfaces d'érosion affectant par endroits le Cénomanién;
- 4) une phase d'expansion maximale au cours du Tertiaire, durant laquelle survient une importante

phase régressive qui dure de l'Eocène supérieur à l'Oligocène.

3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

La datation et la reconstitution du paléoenvironnement ont été effectuées sur 10 échantillons de déblais provenant d'une séquence d'argiles grises friables (P1). Le puits (P1) a été foré dans la partie onshore du bassin sédimentaire ivoirien (Fig. 1). Ses échantillons ont été traités selon des procédures palynologiques standard telles que généralement adoptées dans les travaux récents (Sliwinska *et al.*, 2010; Toé-Bi, 2016). Environ 20 g de matériel ont été attaqués successivement aux acides forts (HCl, 30 % puis HF, 70 %) pour leur déminéralisation. Puis l'ajout de la base forte (NaOH) a permis d'éclaircir le matériel palynologique.

Les lames sont stockées au laboratoire de biostratigraphie, de l'Université Félix Houphouët-Boigny à Abidjan. Pour les études qualitative et quantitative (Tabl. 1), au moins deux lames permanentes de chaque échantillon ont été préparées. Les palynomorphes ont été examinés à l'aide

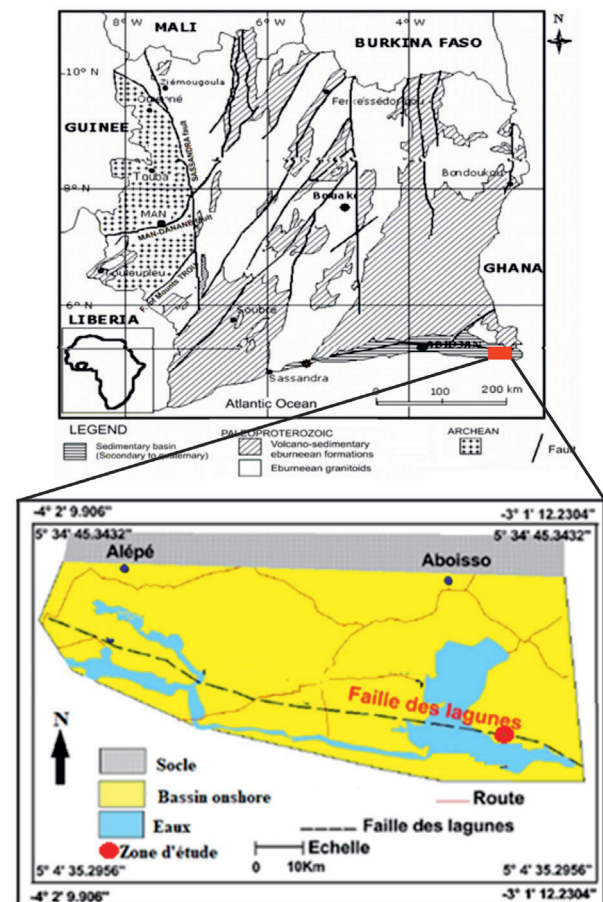


Fig. 1: Localisation géographique approximative du puits P1 (Assalé, 2013 modifiée).

d'un microscope optique de marque *BestScops*, équipé d'une caméra numérique. Lorsque cela était possible, 300 spécimens de palynomorphes ont été comptés (Tabl. 1). L'identification des kystes de dinoflagellés suit en général Lentin & Williams (2019), et Dinoflaj3 (Williams *et al.*, 2017).

La reconstitution des environnements de dépôts se fonde notamment sur les modèles déjà publiés de Châteauneuf & Reyre (1974) et celui de Brinkhuis (1994) modifié par Sluijs *et al.* (2005). Ainsi, le rapport S/D indique l'influence continentale sur l'environnement de dépôt. Il est aussi calculé avec la formule de Versteegh (1994): rapport sporomorphes (spores et pollens)/dinokystes (dinokystes et acritarches) (S/D); $S/D = nS / (nD + nS)$ avec $n =$ nombre. Le rapport Péridinioïdes/Gonyaulacoïdes (P/G) est utilisé en tant qu'indicateur de la productivité à la surface de la mer tel qu'adopté dans les travaux de Powell *et al.* (1992); Versteegh (1994); Jaminski (1995); Carvalho (2001); Prauss (2002); Taoufik & de Vernal (2004) et Guédé (2016). Le rapport entre les populations de dinokystes caractérisant les milieux néritiques internes (IN) et celles caractérisant les milieux néritiques externes (ON) ou rapport IN/ON se calcule suivant la formule: $IN/ON = nIN / (nIN + nON)$, ainsi que décrit par Versteegh (1994), Guasti *et al.* (2005) et Guédé (2016). Il fournit des informations sur la paléo-profondeur. L'interprétation paléobiogéographique est déduite par la suite de Lentin & Williams (1980), qui ont défini trois provinces paléobiogéographiques du Crétacé supérieur, basées sur des assemblages de dinocystes péridinoïdes.

D'autres modèles ont été établis en se basant sur certains groupes de dinokystes qui caractérisent un environnement de dépôt particulier, notamment :

- 1) Le Groupe de *Spiniferites* est constitué de kystes gonyaulacoïdes proximochorates et cosmopolites dont *Spiniferites* spp. et *Achomosphaera* spp. Il caractérise un environnement néritique externe (Schrank, 1984; Brinkhuis & Zachariasse, 1988; Eshet *et al.*, 1992; Brinkhuis & Schiøler, 1996; Brinkhuis *et al.*, 1994, 1998; Brinkhuis, 1994; Pross, 2001b; Sluijs *et al.*, 2003; Guasti *et al.*, 2005; Peyrot *et al.*, 2011; Slimani *et al.*, 2010; Guédé, 2016);
- 2) Le Groupe de *Senegalinium* comprend les kystes péridinoïdes cornucavates, tels que *Cerodinium* spp., *Palaeocystodinium* spp., *Spinidinium* spp., *Senegalinium* spp., *Isabelidinium* spp. et *Deflandrea* spp. Il marque un environnement de dépôt néritique à océanique. Il est associé aux nutriments et des niveaux de forte productivité (Brinkhuis & Zachariasse, 1988; Eshet *et al.*, 1992; Firth, 1993; Nohr Hansen & Dam, 1997; Guasti *et al.*, 2005; Guédé, 2016);
- 3) Le Groupe de *Fibrocysta* est composé de kystes gonyaulacoïdes fibreux, proximate, à chorate tels que *Fibrocysta* spp., *Kenleyia* spp., *Cordosphaeridium* spp., *Operculodinium* spp., *Carpatella* spp., *Damassadinium californicum* et *Cribroperidinium*

spp. Ce groupe caractérise généralement un environnement de dépôt néritique interne (Brinkhuis, 1994; Brinkhuis *et al.*, 1994; Powell *et al.*, 1996; Sluijs *et al.*, 2005; Pross & Brinkhuis, 2005; Guasti *et al.*, 2005; Sluijs *et al.*, 2005; Guédé, 2016);

- 4) Le Groupe de *Lejeunecysta* est composé de kystes proto-péridinoïdes cornucavates à acavate proximate et indique des zones de forte productivité (Brinkhuis *et al.*, 1998; Pross, 2001a, b; Sangiorgi *et al.*, 2002; Roncaglia, 2004; Guasti *et al.*, 2005; Guédé, 2016).

Les utilisations du rapport (IN/ON) et de certains groupes de dinokystes utilisés dans le présent travail contribuent ainsi à une meilleure définition des paléoenvironnements par l'utilisation de ces indicateurs complémentaires.

4. RÉSULTATS

L'étude systématique des palynomorphes rencontrés dans la présente étude n'a pas été envisagée parce qu'ils ont déjà fait l'objet de description dans plusieurs publications antérieures. Les kystes de dinoflagellés dans le puits P1 (marnes) sont très peu abondants et faiblement diversifiés (Tabl. 1). Cette faible proportion de dinoflagellés serait due à une mauvaise conservation de la matière organique, ou à l'utilisation de HF à 70 % qui détruirait les palynomorphes. Ainsi, nous avons rencontré 1613 palynomorphes comprenant 56,48 % (911) de dinoflagellés, 41,17 % (656) de spores et grains de pollen, 1,80 % (29) de basales chitinoïdes de foraminifères et enfin 0,56 % (9) d'acritarches (Fig. 2). Un total de 54 espèces a été observé dans les marnes. Le microplancton est principalement représenté par les péridiniens qui expriment 22 à 69 % (Figs 3, 4), les gonyaulacoïdes 28 à 72 % (Figs 3, 4), les acritarches 1% (Figs 3, 4) et les basales chitinoïdes de foraminifères 2 à 5 % (Figs 3, 4).

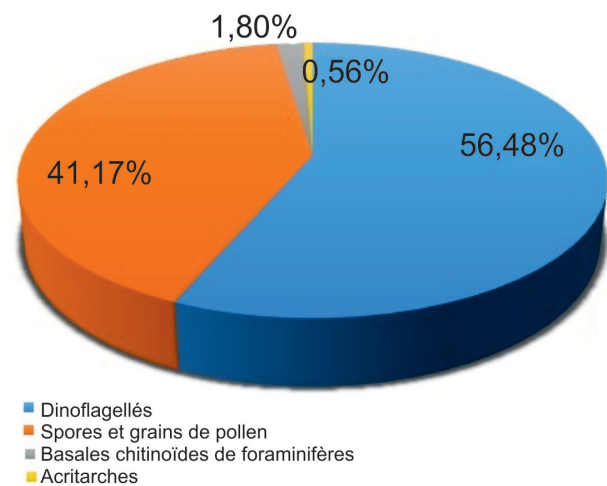


Fig. 2: Proportion relatives des différents groupes de palynomorphes identifiés dans le Puits P1.

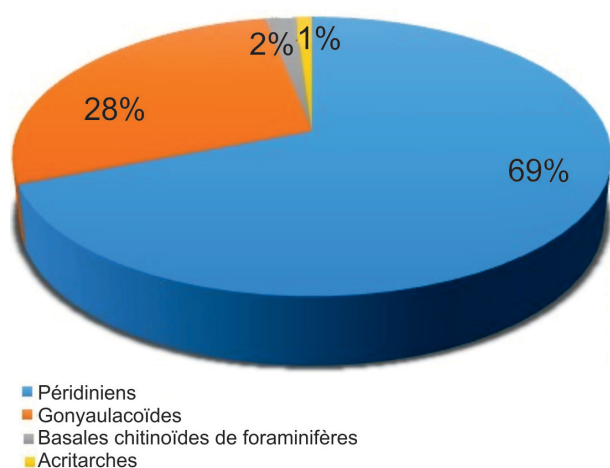


Fig. 3: Proportion relative des différents groupes de palynomorphes identifiés dans le Maastrichtien supérieur.

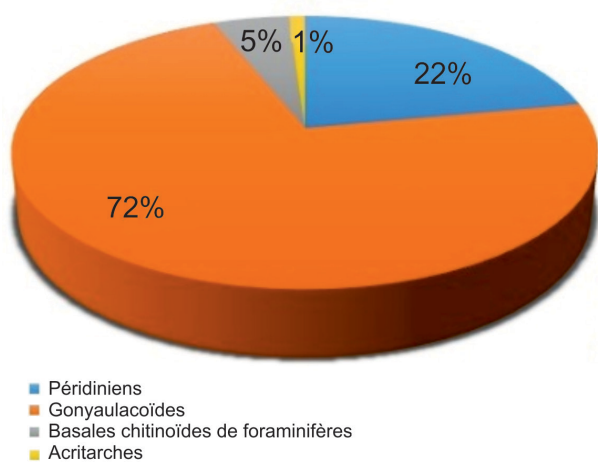


Fig. 4: Proportions relatives des différents groupes de palynomorphes identifiés dans le Danien.

4.1. Analyse qualitative et palynostratigraphie

L'association de dinokystes livrée par les argiles grises est relativement variée et inclut les genres *Andalusiella*, *Cerodinium*, *Senegalinium*, *Phelodinium*, *Lejeunecysta*, *Cordosphaeridium*, *Operculodinium*, *Fibrocyta*, *Adnatosphaeridium*, *Hafniasphaera*, *Danea*, *Spiniferites*, *Batiacasphaera*, *Dinogymnium*, *Palaeocystodinium* et *Homotryblium* (Pls I, II). La présence d'espèces index, bien connues dans la littérature, permet de caractériser deux associations d'âges différents: le Maastrichtien supérieur et le Danien (Paléocène inférieur). Le Maastrichtien supérieur est identifié sur la base des dernières apparitions (LADs) de *Dinogymnium muticum* et de *Cerodinium granulostriatum* (Fig. 5) et le Danien sur le LAD de *Cerodinium diebelii* et la présence de l'espèce *Danea californica* (Fig. 5).

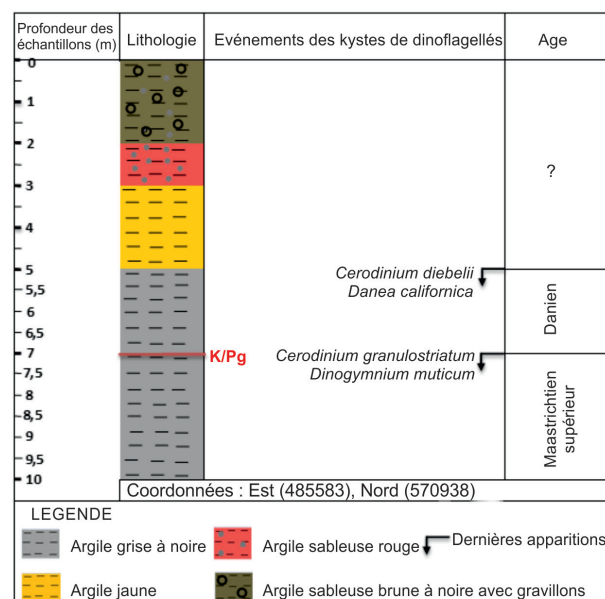


Fig. 5: Lithostratigraphie et palynostratigraphie du puits P1.

4.2. La limite Crétacé - Paléogène (K/Pg) dans la région d'Eboinda

Les événements les plus significatifs qui ont permis de reconnaître la limite K/Pg incluent la disparition définitive des Protéacées (*Proteacidites*) et des Ephédracées, ainsi que celle du genre *Dinogymnium* et de l'espèce *Cerodinium granulostriatum*. C'est la première fois que la limite K/Pg (Crétacé-Paléogène) est mise en évidence à l'aide de la microflore dans le périmètre d'étude. Les palynomorphes ne sont pas connus pour avoir subi une extinction en masse à la fin du Maastrichtien. En revanche, des fluctuations de leur abondance (Tableau 1), probablement liées aux changements paléoenvironnementaux survenus au cours de la transition K-Pg, sont observées.

4.3. Provincialisme observé dans la zone d'étude (Maastrichtien-Danien)

Les assemblages de kystes de dinoflagellés observés dans l'intervalle allant du Maastrichtien supérieur au Paléocène (Danien) dans le puits P1 montrent une abondance des espèces de certains groupes caractérisant l'association de type « suite de Malloy » comme celles des genres *Andalusiella* [*A. gabonensis* (Stover & Evitt, 1978), *A. mauthei* (Riegel, 1974), *A. rhomboides* (Boltenhagen, 1977)] *Cerodinium* (*C. diebelii* et *C. granulostriatum*), *Lejeunecysta* [*L. lata* (Biffi & Grignani, 1983)] et *Senegalinium* [*S. microspinosum* (Boltenhagen, 1977) et *S. bicavatum* (Jain & Millepied, 1973)] (Tableau 2). L'absence des espèces caractérisant les associations

de type «Suite de McIntyre» et «Suite de Williams» suggère une province tropicale à subtropicale dans la zone.

4.4. Environnement de dépôt

L'étude des dinokystes du Maastrichtien supérieur montre la prédominance des péridinioïdes sur les gonyaulacoïdes, lesquels sont dominés par le groupe des *Senegalinium*. L'abondance du groupe péridinioïde (hétérotrophe) entraîne un rapport P/G supérieur à 0,5 (Tableau 4), traduisant un environnement à paléo-productivité élevée qui pourrait être liée à une augmentation d'apports en nutriments (upwelling) dans une zone peu profonde (rapport IN/ON élevé). Le rapport S/D qui est de 0,49 suggère un rapprochement du rivage (Tableau 3). La prépondérance du groupe des *Fibrocysta* sur celui des *Spiniferites* dans le puits P1 suggère un milieu néritique interne (Tableau 5), mais côtier, non loin du rivage.

La situation change au Danien où les dinokystes de type gonyaulacoïde prédominent sur ceux du type péridinioïde. Le taux élevé des gonyaulacoïdes et particulièrement celui du groupe des *Fibrocysta* conduit à un rapport IN/ON élevé (Tableau 5). Il indique un environnement néritique interne. La rareté des dinoflagellés péridinioïdes conduit à un rapport P/G peu élevé (Tableau 4). Ce rapport traduit un environnement à paléo-productivité faible. Aussi, la faible proportion des sporomorphes dans cet intervalle engendre un rapport S/D faible de l'ordre de 0,19 (Tableau 3). Par rapport au Maastrichtien supérieur cette zone était plus loin du rivage. De tout ce qui précède, l'environnement de dépôt des séquences d'argiles grises est de type milieu interne à externe, avec une faible productivité.

5. DISCUSSION

5.1. Echelle palynostratigraphique

Le groupe microfossile des kystes de dinoflagellés a servi de base aux datations proposées dans le cadre de cette étude. Les âges attribués l'ont été par comparaison avec la littérature existante et sont discutés en détails ci-dessous :

5.1.1. Maastrichtien supérieur (10-7 m)

L'observation d'événements marqueurs de dinoflagellés, notamment les LADs de *Dinogymnium muticum* et de *Cerodinium granulostriatum* confèrent à certains des échantillons un âge Maastrichtien supérieur. Le LAD de *Dinogymnium* spp. est un événement mondial marquant la fin du Maastrichtien, utile pour identifier la limite Crétacé-Paléogène (K/Pg) (Williams *et al.*, 1993, 2004 ;

Slimani *et al.*, 2010, 2011 ; M'Hamdi *et al.*, 2013 ; Guédé *et al.*, 2014, 2019 ; Guédé, 2016).

Dinogymnium spp. disparaît stratigraphiquement à la fin du Maastrichtien dans les basses et moyennes latitudes de l'hémisphère Nord (Slimani *et al.*, 2010, 2011, 2016 ; M'Hamdi *et al.*, 2013, 2014, 2015 ; Guédé *et al.*, 2014, 2019 ; Guédé, 2016 ; Sánchez-Pellicer *et al.*, 2017). Dans le Puits P1, la dernière apparition de *Dinogymnium muticum* est enregistrée dans l'échantillon 8-7 m.

Le LAD de *Cerodinium granulostriatum* marque le toit du Maastrichtien supérieur en Amérique du Sud (Mahmoud & Schrank, 2007), en Côte d'Ivoire et au Ghana (Obloh-Ikuenobe *et al.*, 1998 ; Masure *et al.*, 1998 ; Guédé, 2009, 2016 ; Guédé *et al.*, 2019 ; Digbéhi *et al.*, 2011a ; Bié *et al.*, 2012). Cette espèce a été utilisée au Nigeria (Lawal, 1982), au Gabon (Boltenhagen 1977, 1980) et dans le bassin du Niger (Boudouresque, 1980) pour marquer la fin du Maastrichtien. Dans le Puits P1, la dernière occurrence de cette espèce est observée dans l'échantillon situé à la cote 10-7 m.

La présence dans cet intervalle des espèces *Andalusiella mauthei*, *Andalusiella gabonensis* et *Andalusiella rhomboïdes* confirme bien un âge Maastrichtien supérieur (Masure *et al.*, 1998). Au Nigeria dans le bassin de Badi (Sud-Est), Ojo-olusola (2009) a identifié le Maastrichtien à travers une zone d'association à *Dinogymnium muticum*, *Palaeocystodinium australinum*, *Senegalinium bicavatum*.

Cependant certains auteurs tels que Yepes (2001) en Colombie et Vénézuëla, Slimani *et al.* (2010, 2016), Guédé (2016) au Maroc, Guédé *et al.* (2019), Obloh-Ikuenobe *et al.* (1998) en Côte d'Ivoire et au Ghana et Williams *et al.*, 1993 dans tout l'hémisphère Nord, ont montré que les espèces du genre *Andalusiella* subsistent au-delà de la limite Maastrichtien/Danien. Elles persistent dans le Danien puis disparaissent à la fin de ce dernier. Cette absence de *Andalusiella* au Danien serait probablement due à l'érosion du Maastrichtien terminal et la base du Danien au cours de la régression de la fin du Maastrichtien et du début du Danien (Bié, 2012).

5.1.2. Danien (7-5 m)

Le Danien est marqué par la dernière apparition de l'espèce *Cerodinium diebelii* et la présence de l'espèce *Danea californica*. La première apparition de l'espèce *Danea californica* apparaît donc comme un événement fiable marquant la base du Danien et la limite K-Pg dans l'hémisphère Nord (Slimani, 2001 ; Slimani *et al.*, 2010, 2011, 2016 ; Williams *et al.*, 2004 ; Habib & Saedi, 2007 ; M'Hamdi *et al.*, 2013 ; Bie, 2012 ; Guédé *et al.*, 2014 ; Guédé, 2016). Au Nigéria, dans le bassin d'Anambra, le Paléocène a été reconnu dans la partie supérieure de la Formation Nsukka (Agharanya, 2010) sur la base de la première apparition de *Danea californica*. En effet, Tea *et al.*, 1993 (in Bié, 2012 non publié), l'ont utilisée pour

Tableau 2 : Assemblage des kystes de dinoflagellés péridinioïdes observés dans l'intervalle Maastrichtien-Danien du puits P1 suivant les associations des paléo-provinces définies par Lentin & Williams (1980).

Suite de Williams	Suite de Malloy				Suite de McIntyre
	<i>Andalusiella</i> (3 espèces)	<i>Cerodinium</i> (2 espèces)	<i>Lejeunecysta</i> (une espèce)	<i>Senegalinium</i> (2 espèces)	
	<i>A. gabonensis</i> <i>A. mauthei</i> <i>A. rhomboides</i>	<i>C. diebelii</i> <i>C. granulostriatum</i>	<i>L. lata</i>	<i>S. microspinosum</i> <i>S. bicavatum</i>	

Tableau 3 : L'influence continentale dans le Puits 1.

Age (études antérieures)	Puits	S/D (miospores/ dinoflagellés)	influence continentale
Danien	P1	0,19	faible
Maastrichtien supérieur		0,49	importante

Tableau 4 : Productivité de la surface de la mer dans le puits P1 étudié.

Age (études antérieures)	Puits	P/G (péridinioïdes/ gonyaulacoïdes)	Productivité à la surface de la mer
Danien	P1	0,31	faible
Maastrichtien supérieur		0,72	élevée

Tableau 5 : Proportions relatives des kystes péridinioïdes et gonyaulacoïdes dans le puits P1.

Ages	puits	Groupe des <i>Spiniferites</i>	Groupe des <i>Senegalinium</i>	Groupe des <i>Fibrocysta</i>	Groupe des <i>Lejeunecysta</i>	IN/ON
Danien	P1	4,35	10,87	69,57	15,22	0,95
Maastrichtien supérieur		8,11	64,86	24,32	2,7	0,86

dater le Danien dans le puits D1–1X. L'espèce *Danea californica* a été observée à 7-5 m

L'espèce *Cerodinium diebelii* est un bon marqueur de la fin du Danien (Guédé, 2016; Chekar *et al.*, 2018). Elle a aussi été utilisée pour identifier le Danien dans les sédiments du forage provenant des « 12 Frères » à Fresco (Guédé *et al.*, 2019) et les travaux de William *et al.* (1993) dans l'hémisphère Nord. Aussi, Williams *et al.* (1993 et 2004) ont montré que la dernière apparition de l'espèce *Cerodinium diebelii* se situe généralement au toit du Danien (Paléocène inférieur). L'espèce *Cerodinium diebelii* a été identifiée à la cote 7-5 m.

5.2. Provincialisme et Environnement de dépôt

La suite de Malloy mise en évidence dans notre puits est conforme aux travaux de Guédé 2016 qui l'a observé dans le puits « Fresco 2 » en Côte d'Ivoire. Ceci implique l'attribution de sa paléogéographie à une province tropicale à subtropicale. Elle a été précédemment reconnue dans les sédiments du Campanian au Danien des régions téthysiennes (Riegel, 1974; De Coninck & Smith, 1982; Rauscher & Doubringer, 1982; Schrank, 1987; Brinkhuis & Zachariasse, 1988; Soncini, 1990; Eshet *et al.*, 1992; Slimani *et al.*, 2010, Guédé, 2016), en Côte d'Ivoire et au Ghana (Oboh-Ikuenobe *et al.*, 1998;

Masure *et al.*, 1998; Digbehi *et al.*, 2011a, b; Guédé, 2016; Sánchez-Pellicer *et al.*, 2017), Sénégal (Jan Du Chêne, 1988), Nigéria (Atta-Peters & Salami, 2004; Willumsen *et al.*, 2004), près de l'Equateur (Oloto, 1989; Yepes, 2001; Willumsen *et al.*, 2004), dans le sud-est des Etats-Unis d'Amérique (Firth, 1987, 1993; Moshkovitz & Habib, 1993; Srivastava, 1995) et en Inde (Jain *et al.*, 1975).

La prédominance des péridinoïdes sur les gonyaulacoïdes observée au Maastrichtien supérieur, a été aussi identifiée comme due au phénomène upwelling (Dam *et al.*, 1998, Liengjarern *et al.*, 1980; Brinkhuis & Zachariasse, 1988; Powell *et al.*, 1996; Gedl, 2007; Sluijs *et al.*, 2003, 2005). En outre les travaux de Powell *et al.*, 1990 (in Bié, 2012) indiquent que ce phénomène d'upwelling est très fréquent dans les environnements marginaux des bassins nord-ouest africain.

6. CONCLUSION

L'étude palynologique des échantillons de déblais issus du puits P1 a permis l'identification de plusieurs espèces de kystes dinoflagellés. Au plan palynostratigraphique, le Maastrichtien supérieur (10-7 m) est obtenu à partir des LAD de *Dinogymnium muticum* et de *Cerodinium granulostriatum*. Quant au Danien (7-5 m), il a été identifié grâce à la dernière apparition de l'espèce *Cerodinium diebelii* et la présence de l'espèce *Danea californica*.

Sur le plan paléoenvironnemental, la prépondérance du groupe des péridiniens, le rapport S/D (0,49) et du groupe des *Fibrocysta* révèle que les dépôts du Maastrichtien supérieur se sont réalisés dans un milieu néritique interne, non loin du rivage avec une forte productivité. Par contre au Danien, la dominance du groupe des gonyaulacoïdes, le rapport S/D faible (0,19) et du groupe des *Fibrocysta* induit un environnement de type néritique interne à externe avec une faible productivité.

La sédimentation de ces deux étages s'est effectuée dans une zone peu profonde (rapport IN/ON élevé). Les assemblages de kystes de dinoflagellés péridinoïdes rencontrés au Maastrichtien supérieur et au Danien sont

dominés par des espèces caractéristiques de la « suite de Malloy » suivant Lentin & Williams (1980), d'où l'attribution de sa paléobiogéographie à une province tropicale à subtropicale.

REMERCIEMENTS

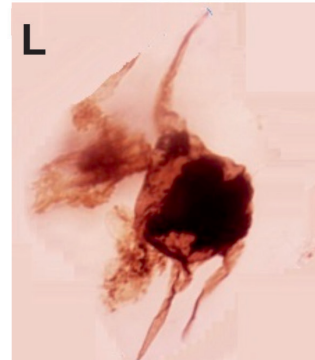
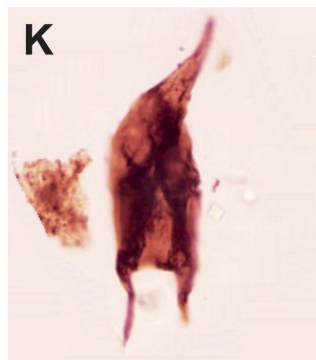
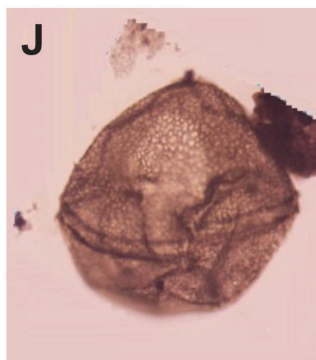
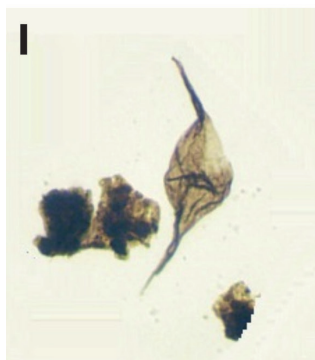
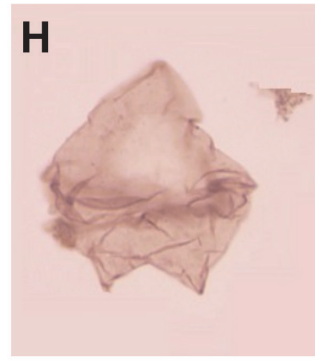
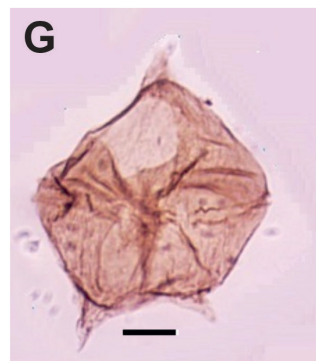
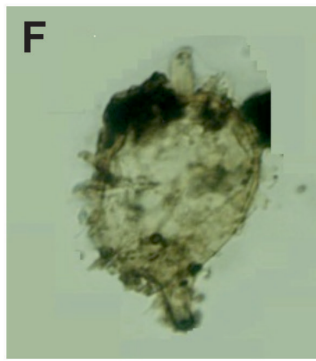
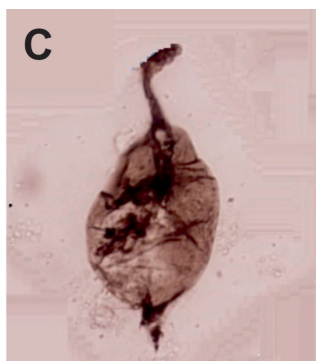
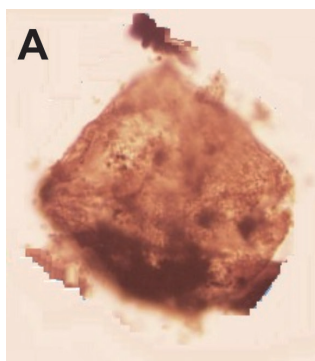
Les auteurs tiennent à adresser leur infinie reconnaissance à la Direction générale de la PETROCI qui leurs a permis de mener cette étude. Ils remercient également E. Monteil pour son aide à l'amélioration du manuscrit.

RÉFÉRENCES

- Agharanya U. P. 2010. Sequence Stratigraphy and Paleoenvironmental Reconstruction of the Cretaceous-Tertiary Successions of the Western Rim of the Anambra Basin, S-E Nigeria. In: *AAPG Annual Convention and Exhibition: Unmasking the Potential of Exploration & Production, April 11-14, 2010. New Orleans, Louisiana, U.S.A, Abstract.*
- Aka K. 1991. La sédimentation quaternaire sur la marge de Côte d'Ivoire: Essai de modélisation. *Thèse Doctorat Etat ès Sciences Naturelles. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire)*, 146: 320 pp.
- Assalé F. Y. P. 2013. Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations de l'est du bassin onshore de Côte d'Ivoire. *Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire*, 361 pp.
- Atta-Peters D. & Salami M.B. 2004. Late Cretaceous to Early Tertiary pollen grains from offshore Tano basin, Southwestern Ghana. *Revista Española de Micropaleontología*, 36 (3): 451-465.
- Bamba K. M., Digbehi Z.B., Sombo C. B., Goua T.E & N'da L. V. 2011. Foraminifères planctoniques, biostratigraphie et paléoenvironnement des dépôts albo-turonien de la Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *Revue de Paléobiologie*, 30(1): 1-11.
- Bie G.R. 2012. Evolution des microflores du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire (marge d'Abidjan) au cours du Cénozoïque: Palynostratigraphie, Paléobotanique, Evolution des environnements de dépôt et Maturation de la matière organique. *Thèse de Doctorat., UFR STRM, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire)*, 236 pp.

Planche I

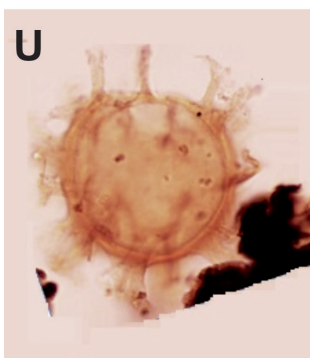
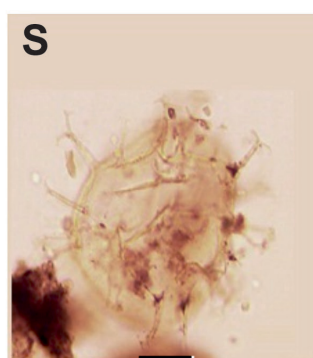
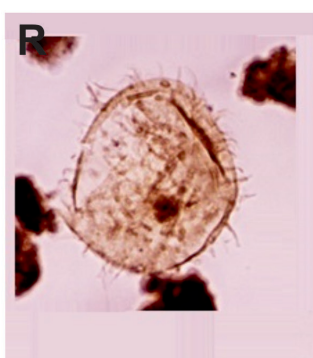
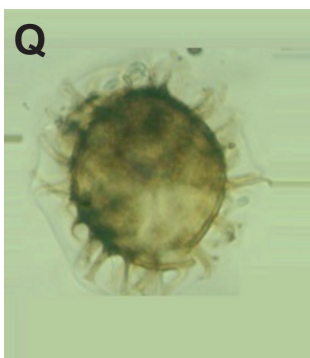
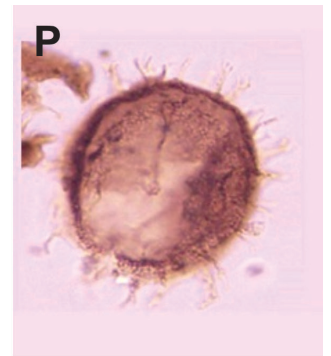
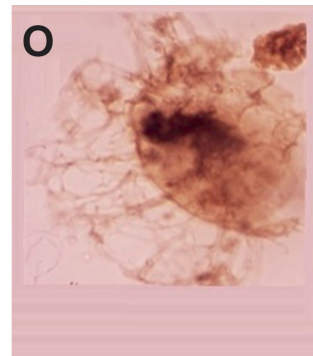
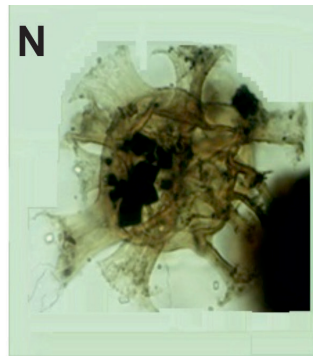
Prises photographiques en lumière transmise. La barre d'échelle sur la figure G représente 20 µm et s'applique à tous les spécimens. **A-** *Andalusiella rhomboides* [(Boltenhagen, 1977) Lentin & Williams, 1980; England Finder (EF) E37/4; 7-8 m]; **B-** *Dinogymnium muticum* (Vozzhennikova, 1967, EF H14/2; 7-8 m); **C-** *Andalusiella mauthei* (Riegel, 1974, EF D18/3; 7-8 m); **D-** *Phelodinium* sp. (EF K35; 5-6 m); **E-** *Cerodinium granulostriatum* [(Jain & Millepied, 1973) Lentin & Williams, 1987, EF C35/1; 7-8 m]; **F-** *Fibrocysta axialis* [(Eisenack, 1965) Stover & Evitt, 1978, EF U36; 8-9 m]; **G-** *Senegalinium bicavatatum* (Jain & Millepied, 1973, EF X36/2; 7-8 m); **H-** *Lejeunecysta lata* (Biffi & Grignani, 1983, EF W37/3; 8-9 m); **I-** *Andalusiella gabonensis* [(Stover & Evitt, 1978) Wrenn & Hart, 1988, EF R31; 7-8 m]; **J-** *Senegalinium microspinatum* [(Boltenhagen, 1977) Lentin & Williams, 1980, EF Y28/1; 7-8 m]; **K-** *Cerodinium diebelii* [(Alberti 1959) Lentin & Williams, 1987, EF C33/2; 8-9 m; P10]; **L-** *Cerodinium diebelii* [(Alberti 1959) Lentin & Williams, 1987 EF, L14/1; 7-8 m].



- Bie G.R., Digbehi Z.B., Yao K.R., Tea-Yassi J., Kangah K.D. & Tahi I. 2012. Stratigraphie Palynologique du Maastrichtien Supérieur-Eocène Supérieur du Bassin Sédimentaire Offshore de Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *International Journal of African Studies*, 6: 40-57.
- Biffi U. & Grignani D. 1983. Peridinoid dinoflagellate cysts from the Oligocene of Niger Delta, Nigeria. *Micropaleontology*, 29(2): 126-145.
- Blarez E. 1986. La marge continentale de Côte d'Ivoire-Ghana; structure et évolution d'une marge continentale transformante. *Thèse Doctorat, Université Paris VI (France)*, 188 pp.
- Boltenhagen E. 1977. Microplancton du crétacé supérieur du Gabon: Pollens et spores. *Revue de Micropaléontologie*, 9(2): 335-355.
- Boltenhagen E. 1980. Palynology of the Upper Cretaceous of Gabon. Comité des Travaux Historiques et Scientifiques. *Mémoires de la Section des Sciences*, 7: 1-191.
- Boudouresque L. 1980. Contribution de la paléopalynologie à la reconstitution floristique, stratigraphique et paléogéographique de la bordure occidentale du bassin des Iullemeden au crétacé supérieur et au paléogène (Niger et Mali - Afrique de l'Ouest). *Thèse doctorat de spécialité, Université de Niamey*, 245 pp.
- Brinkhuis H. & Schiøler P. 1996. Palynology of the Geulhemmerberg Cretaceous-Tertiary boundary section (Limburg, SE Netherlands). In: Brinkhuis H., Smit J. (Eds), The Geulhemmerberg Cretaceous-Tertiary Boundary Section (Maastrichtian Type Area, SE Netherlands). *Geologie en Mijnbouw*, 75: 193-213.
- 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.
- 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(1): 121-163.
- Brinkhuis H., Bujak J.P., Smit J., Versteegh G.J.M. & Visscher H. 1998. Dinoflagellate-based sea surface temperature reconstructions across the Cretaceous-Tertiary boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 141: 67-83.
- Brinkhuis H., Romein A.J.T., Smit J. & Zachariasse W.J. 1994. Danian-Selandian dinoflagellate cysts from lower latitudes with special reference to El Kef section, NW Tunisia. *GFF*, 116(1): 46-48.
- Carvalho M. 2001. Paleoenvironmental reconstruction based on palynological and palynofacies analyses of the Aptian-Albian succession in the Sergipe Basin, north eastern Brazil. *Inaugural dissertation der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg*.
- Châteauneuf J. J. & Reyre Y. 1974. Eléments de palynologie. Applications géologiques. *Cours de 3^e cycle en Science de la Terre*, 345 pp.
- Chekar M., Slimani H., Jbari H., Guédé K.E., Mahboub I., Asebriy L. & Aassoumi H. 2018. Eocene to Oligocene dinoflagellate cyts from the Tattofe section, western External Rif, northwestern Morocco: Biostratigraphy, paleoenvironments and paleoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 507: 97-114.
- Chierici M. A. 1996. Stratigraphy, paleoenvironnement and geological evolution of the Ivory Coast-Ghana basin. In: Géologie de l'Afrique et de l'Atlantique sud. *Actes des colloques d'Angers, 16-20 juillet 1994, Elf Aquitaine*, Mem. 16: 293-303.
- Dam G., Nohr-Hansen H. & Kennedy W. J. 1998. The Northernmost marine Cretaceous-Tertiary boundary section: Nuussuaq, West Greenland. *Geology of Greenland Survey Bulletin*, 180: 138-144.
- De Coninck J.D. & Smit J. 1982. Marine organic-walled microfossils at the Cretaceous-Tertiary boundary in the Barranco del Gredero (S.E. Spain). *Geologie en Mijnbouw*, 61: 173-178.
- Dian N. 1977. Observation dans la région d'Eboinda-Ebocco et dans la région de Bonoa-Samo, *Rapport de la SODEMI-Abidjan*, 10.
- Digbehi Z. B. 1987. Etudes comparées de la sédimentation des premiers stades d'ouvertures de l'Atlantique - Golfe de Guinée - Golfe de Gascogne. Sédimentologie, Biostratigraphie. *Thèse de doctorat, Université Pau*, 366 pp.
- Digbehi Z. B., Guede K. E., Yao N. J. P., Affian K., Toe Bi K. K., Yao K. R. & Tahi I. 2011a. 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., Toé Bi, K.K.K., Adopo K.L., Guédé K.E., Tahi I. & Yao K.R. 2011b. Palynologie et environnements de dépôt des sédiments d'âge céno-manien supérieur maastrichtien inférieur dans le bassin offshore de Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *Sciences & Nature*, 8 (1): 95-105.
- Dioulo L.Y.R. 2009. Etudes des indices de phosphates d'Eboinda (région d'Aboisso, Sud-Est de la Côte d'Ivoire), DEA, *Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire)*, 48 pp.
- Eshet Y., Moshkovitz S., Habib D., Benjamini C. & Margaretz M. 1992. Calcareous nannofossil and dinoflagellate

Planche II

Prises photographiques en lumière transmise. La barre d'échelle sur la figure S représente 20 µm et s'applique à tous les spécimens. **M-** *Palaeocystodinium golzowense* (Alberti, 1961, EF Y28/1; 7-8 m); **N-** *Danea californica* [(Drugg, 1967) Fensome *et al.*, 1993, EF M34/4; 5-6 m]; **O-** *Adnatosphaeridium vittatum* [(Williams & Downie, 1966c) Fensome *et al.*, 2009, EF E34/2; 8-9 m]; **P-** *Hafniasphaera septata* [(Cookson & Eisenack, 1967) Hansen, 1977, EF S30/4; 8-9 m]; **Q-** *Cordosphaeridium inodes* [(Klumpp, 1953) Eisenack, 1963, EF Q43/4; 6-7 m]; **R-** *Operculodinium centrocarpum* [(Deflandre & Cookson, 1955) Wall, 1967, EF S44/2; 6-7 m]; **S-** *Spiniferites ramosus* [(Ehrenberb, 1938) Loeblich & Loeblich, 1966, EF G31/1; 7-8 m]; **T-** *Homotryblium tenuispinosum* (Davey & Williams, 1966, EF Q15/1; 5-6 m); **U-** *Cordosphaeridium fibrospinosum* (Davey & Williams, 1966, EF N14/4; 6-7 m).



- stratigraphy across the Cretaceous/Tertiary boundary at HorHahar, Israel. *Marine Micropaleontology*, 18: 199-228.
- Firth J.V. 1987. Dinoflagellate biostratigraphy of the Maastrichtian to Danian interval in the U.S. *Geological Survey Albany core, Georgia, U.S.A. Palynology*, 11: 199-216.
- Firth J.V. 1993. Dinoflagellate assemblages and sea level fluctuations in the Maastrichtian of southwest Georgia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 79: 179-204.
- Gedl P. 2007. Dinocysts from Upper Cretaceous deep-water marine variegated facies (Malinowa Shale Formation), Pieniny Klippen Belt, Poland: example from the Potok Trawne creek. *Studia Geologica Polonica*, 127: 139-152.
- Guasti E.T., Kouwenhoven T.J., Brinkhuis H. & Speijer R.P. 2005. Paleocene sea-level and productivity changes at the southern Tethyan margin (El Kef, Tunisia). *Marine Micropaleontology*, 55: 1-17.
- Guédé K.E. 2009. Caractérisation palynostratigraphique et paléoenvironnementale des formations du passage Crétacé-Tertiaire et Eocène dans l'étude du puits offshore DINO-1X. DEA des sciences de la terre option Géologie Marine et Sédimentologie. *UFR STRM, Université de Cocody, Abidjan*, 78 pp.
- Guédé K.E. 2016. Etude comparée de la palynoflore (kystes de dinoflagellés) aux passages Crétacé-Paléogène (K-Pg) et Paléocène-Eocène (P-E) du Nord-Ouest du Maroc et du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire: Systématique, Biostratigraphie, Paléoenvironnements et Paléobiogéographie. *Thèse de doctorat, Université Mohammed V, Faculté des Sciences, Rabat*, 351 pp.
- Guédé K.E., Slimani H., Louwey S., Asebriy L., Toufiq A., Ahmamou M.F., El Amrani El Hassani I.E. & Digbehi Z.B. 2014. Organic-walled dinoflagellate cysts from the Upper Cretaceous-lower Paleocene succession in the western External Rif, Morocco: New species and new biostratigraphic results. *Geobios*, 47: 291-304.
- Guédé K.E., Slimani H., Yao N. J.-P., Chekar M., Kof N. J.-Cl., Amel M'Hamdi A., Mouah R. & Digbehi Z.B. 2019. Late Cretaceous to Early Eocene dinoflagellate cysts from the "12 frères" borehole, Fresco, southwestern Côte d'Ivoire: Biostratigraphy and paleobiogeographic implication. *Journal of African Earth Sciences*, 150: 744-756.
- Habib D. & Saeedi F. 2007. The Manumiella seelandica global spike: cooling during regression at the close of the Maastrichtian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 255: 87-97.
- Jain K.P. & Millepiep P. 1973. Cretaceous microplankton from Senegal Basin, NW Africa. 1. Some new genera, species and combinations of dinoflagellates. *The Palaeobotanist*, 20: 22-32.
- Jain K.P., Sah S.C.D. & Singh R.Y. 1975. Fossil dinoflagellates across Maastrichtian / Danian boundary in lower Assam, India. *The Palaeobotanist*, 22: 1-18.
- Jaminski J. 1995. The mid-Cretaceous palaeoenvironmental conditions in the Polish Carpathians: a palynological approach. *Review of Palaeobotany and Palynology*; 87 (1): 43-50.
- Jan du Chêne R.E. 1988. Etude systématique des kystes de dinoflagellés de la Formation des Madeleines (Danian du Sénégal). *Cahiers de Micropaléontologie*, 2 (3-4): 147-174.
- Jardiné S. & Magloire L. 1965. Palynologie et stratigraphie du crétacé des bassins du Sénégal et de Côte d'Ivoire. *Mémoires du Bureau de Recherches géologiques et minières*, 32: 187-245.
- Lawal O. 1982. Biostratigraphie palynologique et paléoenvironnement des formations Crétacées de la Haute-Bénoué, Nigeria Nord-Oriental. *Thèse doctorat de spécialité, Université de Nice*, 614: 199 pp.
- Lentin J.K. & Williams G.L. 1980. Dinoflagellate Provincialism. *American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Contribution Series*, 17: 1-47.
- Lentin J.K. & Williams G.L. 2019. Fossil dinoflagellates: index to genera and species, 2019 Edition. *American Association of Stratigraphic Palynologists Contributions*, 50: 1173 pp.
- Liengjareern M., Costa L. & Downie C. 1980. Dinoflagellate cysts from the Upper Eocene-Lower Oligocene of the Isle of Wight. *Palaeontology*, 23: 475-499.
- Mahmoud M. S. & Schrank E. 2007. Late Cretaceous spores, pollen and dinoflagellates from two boreholes (Nuqra-1. and 3) in the Aswan area, Southeast Egypt. *Revue de Paléobiologie*, 26(2): 593-613.
- Marinho M. & Mascle I. 1987. Evolução estrutural do platô marginal da Guiné e sua relação com a formação do oceano atlântico Centro-equatorial. *Revista Brasileira de Geociências*, 17: 111-117.
- Masure E., Rauscher R., Dejax J., Schuler M. & Ferre B. 1998. Cretaceous-Paleocene Palynology from the Côte d'Ivoire-Ghana transform margin, sites 959, 960, 961 and 962. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 159: 253-276.
- M'Hamdi A., Slimani H., Ismail-Latrache K.B. & Soussi M. 2013. Biostratigraphie des kystes de dinoflagellés de la limite Crétacé-Paléogène à Ellès, Tunisie. *Revue de Micropaléontologie*, 56: 27-42.
- M'Hamdi A., Slimani H., Ismail-Latrache K.B. & Ali W.B. 2014. Dinoflagellate cysts, palynofacies and organic geochemistry of the Cretaceous-Palaeogene (K-Pg) boundary transition at the Ellès section, North Eastern Tunisia. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 84: 235-247.
- M'Hamdi A., Slimani H., Louwey S., Soussi M., Ismail-Latrache K.B. & Ali W.B. 2015. Les kystes de dinoflagelles et palynofacies de la transition Maastrichtien-Danien du stratotype El kef (Tunisie). *Comptes Rendus Palevol*, 14(3): 167-180.
- Moshkovitz S. & Habib D. 1993. Calcareous nannofossil and dinoflagellate stratigraphy of the Cretaceous-Tertiary boundary, Alabama and Georgia. *Micropaleontology*, 39: 167-191.
- Nøhr-Hansen H. & Dam G. 1997. Palynology and sedimentology across a new marine Cretaceous/Tertiary boundary coupe on Nuussuaq, West Greenland. *Geology*, 25: 851-854.
- Oboh-Ikuenobe F.E., Yepes O. & Gregg J.M. 1998. Palynostratigraphy, palynofacies, and thermal maturation of Cretaceous-Paleocene sediments from Côte d'Ivoire-Ghana transform margin. In: Mascle J., Lohmann G.P. & Moullade M. (Eds), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 159: 277-318.
- Ojo-olusola J. 2009. Occurrence of some Maastrichtian dinoflagellate cysts from the upper Cretaceous sediments in Southeastern Bida basin, Nigeria: Implication for age and paleoenvironments. *Journal of applied Sciences*, 2(3): 291-295.
- Olotto I. N. 1989. Maastrichtian dinoflagellate cyst assemblage

- from the Npkoro shale on the Benin Flank of the Niger Delta. *Review of Paleobotany and Palynology*, 57: 173-186.
- PETROCI. 1990. Côte d'Ivoire, Evaluation pétrolière. *Rapport interne*, 68 pp.
- PETROCI. 2006. Sédimentologie et géochimie des formations dans la région d'Eboinda. *Rapport interne*, 10 pp.
- PETROCI & BEICIP. 1990. Côte d'Ivoire, Evaluation pétrolière, *Rapport interne*, 68 pp.
- Peyrot D., Fernando Barroso-Barcenill A.F., Barron E. & Comas-Rengifo M. J. 2011. Palaeoenvironment analysis of Cenomanian-Turonian dinocyst assemblages from the Castilian Platform (Northern-Central Spain). *Cretaceous Research*, 32: 504-526.
- Powell A. J., Lewis J. & Dodge J. D. 1992. The palynological expressions of post Palaeogene upwelling: a review. *Geological Society, London, Special Publications*, 64: 215-226.
- 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.
- Prauss L.M. 2002. Recent global warming and its influence on marine palynology within the Central Santa Barbara Basin, Offshore Southern California. *Palynology*, 26: 217-238.
- Pross J. 2001a. Dinoflagellate cyst biogeography and biostratigraphy as a tool for palaeoceanographic reconstructions an example from the Oligocene of western and northwestern Europe. In: Luterbacher H., Pross J. & Wille W. (Eds), *Studies in dinoflagellate cysts in honour of Hans Gocht. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 207-219
- Pross J. 2001b. Paleo-oxygenation in Tertiary epeiric seas: evidence from dinoflagellate cysts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 166: 369-381.
- Pross J. & Brinkhuis H. 2005. Organic-walled dinoflagellate cysts as paleoenvironmental indicators in the Paleogene; a synopsis of concepts. *Paläontologische Zeitschrift*, 79: 53-59.
- Rauscher R. & Doubinger J. 1982. Les dinokystes du Maastrichtien phosphaté au Maroc. *Sciences Géologiques, Bulletin*, 35: 97-116.
- Riegel W. 1974. New forms of organic-walled microplankton from an Upper Cretaceous assemblage in southern Spain. *Revista Española de Micropaleontología*, 6: 347-366.
- Roncaglia L. 2004. Palynofacies analysis and organic-walled dinoflagellate cysts as indicators of paleo-hydrographic changes: an example from Holocene sediments in Skálafjörð, Faroe Islands. *Marine Micropaleontology*, 50: 21-42.
- Sangiorgi F., Capotondi L. & Brinkhuis H. 2002. A centennial scale organic-walled dinoflagellate cyst record of the last deglaciation in the South Adriatic Sea (Central Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 186: 199-216.
- Sanchez-Pellicer R., Masure E. & Villier L. 2017. A new biostratigraphic correlation for Late Cretaceous–Paleocene strata of the Gulf of Guinea: evidence from dinoflagellate cysts. *Comptes Rendus Geoscience*, 349: 32-41.
- Schrank E. 1984. Organic-geochemical and palynological studies of a Dakhla Shale profile (Late Cretaceous) in southeast Egypt. Part A: succession of microfloras and depositional environment. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen (A)*, 50: 189-207.
- Schrank E. 1987. Palaeozoic and Mesozoic palynomorphs from northeast Africa (Egypt and Sudan) with special reference to Late Cretaceous pollen and dinoflagellates. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen (A)*, 75(1): 249-310.
- Slimani H. 2001. Les kystes de dinoflagellés du Campanien au Danien dans la région de Maastricht (Belgique et Pays-Bas) et de Turnhout (Belgique): biozation et corrélation avec d'autres régions en Europe occidentale. *Geologica et Palaeontologica*, 35: 161-201.
- Slimani H., Louwye S. & Toufiq A. 2010. Dinoflagellate cysts from the Cretaceous-Paleogene boundary at Ouled Haddou, Southeastern Rif, Morocco: biostratigraphy, paleoenvironments and paleobiogeography. *Palynology*, 34(1): 90-124.
- Slimani H., Louwye S., Dusar M. & Lagrou D. 2011. Connecting the Chalk Group of the Campine Basin to the dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Campanian to Danian in borehole Meer (northern Belgium). In: Jagt J.W.M., Jagt-Yazykova E.A., Schins W.J.H. (Eds.), *A tribute of the late Felder brothers - pioneers of Limburg geology and prehistoric archaeology. Netherlands Journal of Geosciences*, 90: 129-164.
- Slimani H., Guédé K.E., Williams G.L., Asebriy L. & Ahmamou M.F. 2016. Campanian to Eocene dinoflagellate cyst biostratigraphy of the marly succession from the tahar and sekada sections, arba ayacha, western external rif, northwestern Morocco. *Review of Paleobotany and Palynology* 228: 26-46.
- Sluijs A., Brinkhuis H., Stickley C.E., Warnaar J., Williams G.L. & Fuller M. 2003. Dinoflagellate cysts from Eocene-Oligocene transition in the southern ocean: results from ODP Leg 189. *Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results*, 189: 1-42.
- Sluijs A., Pross J. & Brinkhuis H. 2005. From greenhouse to icehouse; organic-walled dinoflagellate cysts as paleoenvironmental indicators in the Paleogene. *Earth-Science Reviews*, 68: 281-315.
- Sliwiska K.K., Clausen O.R. & Heilmann-Clausen C. 2010. A mid-Oligocene cooling (Oi-2b) reflected in the dinoflagellate record and in depositional sequence architecture. An integrated study from the eastern North Sea Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 27(7): 1424-1430.
- SODEMI. 2011. Côte d'Ivoire, Contrôle du potentiel en phosphate de la région d'Eboinda. *Rapport interne*, 20 pp.
- Soncini M.J. 1990. Palynologie des phosphates des Oulad Abdoun (Maroc). Biostratigraphie et environnements de la phosphatogenèse dans le cadre de la crise Crétacé-Tertiaire. *PhD thesis, Institut of Geology, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France*, 243 pp.
- Spengler A. & Delteil J. 1966. Le bassin sédimentaire tertiaire de la Côte d'Ivoire. In: *Les bassins sédimentaires du littoral Africain. Association des Services géologiques africains, Paris*, 99-113.
- Srivastava S.K. 1995. Dinocyst biostratigraphy of Santonian-Maastrichtian of the western Gulf Coastal Plain, southern United States. *The Palaeobotanist*, 42: 249-262.
- Stover L. E. & Evitt W. R. 1978. *Analyses of pre-Pleistocene organic-walled dinoflagellates*. Stanford University Publications, Geological Sciences, vol. 15, 300 pp.
- Taoufik R. & A. De Vernal. 2004. Dinocysts distribution in surface sediments from the Northeastern Pacific (40-60°N) in relation to hydrographic conditions, productivity and upwelling. *Review of Paleobotany and Palynology*, 128 (1-2): 169-193.

- Toe-Bi K. K. K. 2016. Evolution et caractérisation des sédiments de subsurface et de la microflore dans la région d'Eboïnda (zone Sud de la faille des lagunes): sédimentologie, géochimie, biostratigraphie, paléoenvironnement et paléobiogéographie. *Thèse Doctorat, Université Félix-Houphouët Boigny*, 227 pp.
- Versteegh G.J.M. 1994. Recognition of cyclic and non-cyclic environmental changes in the Mediterranean Pliocene: a palynological approach. *Marine Micropaleontology*, 23: 147-183.
- Williams G.L., Stover L.E. & Kidson E.J. 1993. Morphology and stratigraphic ranges of selected Mesozoic-Cenozoic dinoflagellate taxa in the Northern Hemisphere. *Geological Survey of Canada*, 92(10): 137.
- Williams G.L., Brinkhuis H., Pearce M.A., Fensome R.A. & Weegink J.W. 2004. Southern Ocean and global dinoflagellate cyst events compared: index events for the late Cretaceous-Neogene. In: Exon N.F., Kennett J.P., Malone M.J (Eds), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 189: 1-98.
- Williams G.L., Fensome R.A. & MacRae R.A. 2017. *DINOFLAJ3*. *American Association of Stratigraphic Palynologists*, Data Series no. 2. <http://dinoflaj.smu.ca/dinoflaj3>.
- Willumsen P.S., Antolinez H., Jaramillo C. & Oboh-Ikuenobe F. 2004. Maastrichtian to early Eocene dinoflagellate cysts of Nigeria, West Africa (abstract). *Polen*, 14: 414-415.
- Yepes O. 2001. Maastrichtian / Danian dinoflagellate cyst biostratigraphy and biogeography from two equatorial sections in Colombia and Venezuela. *Palynology*, 25: 217-249.