

Utilisation de l'analyse palynologique pour la reconstitution paléoenvironnementale et paléoclimatique des dépôts de l'Albien des puits Offshore du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, marge d'Abidjan

Mamery Doukoure¹, Bruno Zeli Digbehi², Bakary Fofana¹, Kader Bamba¹, Kalou Bi Kié Hervé Dobo¹, Raphael Yao Konan¹, Kangah Kouadio David¹, Ignace Tahi¹, and Yaya Coulibaly¹

¹Société Nationale des Opérations Pétrolières de Côte d'Ivoire (Petroci), BPV 194 Abidjan, Côte d'Ivoire

²Université Félix Houphouët-Boigny, UFR STRM, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This work presents the results of palynological analysis of the Albo-Cenomanian interval of two wells located on the Abidjan margin in the offshore sedimentary basin of Côte d'Ivoire.

It aims to reconstruct deposition environments during this interval coinciding with the oceanic anoxic event (EAO1) recorded in the Atlantic. After classical chemical attacks with strong acids, the palynomorphs extracted from 114 cuttings samples were identified and counted. The results show that out of 9786 registered palynomorphs 5108 belong to the Y-3M well and 4678 to the Y-4M well.

Quantitative analysis of spore groups, pollen grains (*Classopollis*, *Ephedripites*, *Araucariacites*), elateres and dinocysts revealed a predominantly continental (littoro-deltaic) depositional environment with marine incursions. This sedimentation occurred under a predominantly arid to semi-arid palaeoclimate under relatively humid conditions in some places.

These palynological quantitative approaches will help to refine the deposit environment of the Albian in Ivory Coast.

KEYWORDS: Palaeoenvironment, Albian, sedimentary basin, Côte d'Ivoire.

RÉSUMÉ: Ce travail présente les résultats d'analyse palynologique de l'intervalle albo-cénomaniennne de deux puits implantés sur la marge d'Abidjan dans le bassin sédimentaire offshore de Côte d'Ivoire.

Il a pour objectif de reconstituer les environnements de dépôts durant cet intervalle qui coïncide avec l'événement anoxique océanique (EAO1) enregistré dans l'Atlantique. Après des attaques chimiques classiques aux acides forts, les palynomorphes extraits de 114 échantillons de déblais ont été identifiés et comptés. Les résultats montrent que sur 9786 palynomorphes enregistrés 5108 appartiennent au puits Y-3M et 4678 au puits Y-4M.

L'analyse quantitative des groupes de spores, de grains de pollen (*Classopollis*, *Ephedripites*, *Araucariacites*), d'élatères et de dinocystes a révélé un environnement de dépôt à dominance continentale (littoro-deltaïque) ayant subi des incursions marines. Cette sédimentation s'est effectuée sous un paléoclimat à prédominance aride à semi-aride sous des conditions relativement humides par endroits.

Cette approche quantitative palynologique a contribué significativement à affiner particulièrement notre connaissance sur les milieux de dépôt de l'Albien en Côte d'Ivoire.

MOTS-CLEFS: Paléoenvironnement, Albien, bassin sédimentaire, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire les sédiments les plus anciens sont attribués au Crétacé moyen (au moins). En revanche, certains auteurs ([1] Spengler et Delteil, 1963 ; [2] Blarez, 1986 ; [3] Mascle et Blarez, 1986 [4] Digbéhi, 1987 , [5] Chierici , 1996 ; [6] Yacé, 2002 ; [7] Digbehi et al., 2012, ..) estiment qu'à l'exemple du Ghana, du Gabon et d'Angola, l'histoire du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire se prolongerait jusqu'au Crétacé inférieur et même au Jurassique terminal ? par une épaisse série continentale dite "Continental intercalaire" d'épaisseur variable.

Cependant, une reconstitution paléoenvironnementale précise n'a pu être donnée par ces auteurs sur le Crétacé inférieur en générale et sur l'Albien en particulier du bassin de Côte d'Ivoire. Par ailleurs, des études plus récentes (palynologiques et Paléoenvironnementales) des dépôts d'âge Crétacé-Tertiaire de la ride Côte d'Ivoire-Ghana (CIG) issues du programme ODP ont été entreprises par [8] Masure et al. (1998); [9] Moullade et al. (1998); [10] Oboh-Ikuenobe et al. (1998); [11] Atta-Peters et Salami (2004b); [12] Atta-Peters et al. (2015), etc. Ces études ont été concentrées précisément sur le Crétacé supérieur. Cependant, les travaux de [13] Atta-Peters et Salami (2006) réalisés sur le bassin offshore de Tano du puits Tano 1-1 au Ghana et à proximité de la marge transformante Côte d'Ivoire-Ghana leur ont attribué un âge Aptien-Albien et un environnement de dépôt marin marginal sous un climat aride à semi-aride humide. Ceux de [14] Atta-Peters (2013) réalisés sur des sédiments du puits 1S-3AX et de [15] Annan (2016) ont révélé à partir d'un assemblage de formes à Elaterates, un âge Albien-Cénomaniens sous des conditions paléoclimatique aride à semi-aride durant ces périodes dans le bassin de Tano au Ghana.

En outre, ([16] PETROCI & BEICIP, 1990); [17] Bamba (2011) ; [18] Bamba et al., (2017), dans le but d'assurer une meilleure connaissance de la géologie et la stratigraphie du bassin de Côte d'Ivoire, ont réalisé des études sédimentologique, biostratigraphique qui ont permis de proposer des découpages stratigraphiques de l'Albien. Néanmoins, des insuffisances persistent toujours notamment sur les caractéristiques palynologique et paléoenvironnementale des dépôts de cet étage du bassin, tant sur le plan de sa répartition latérale que verticale.

Le présent travail se justifie donc par la nécessité, grâce aux études menées sur les déblais de puits pétroliers offshore Y-3M et Y-4M dans la marge d'Abidjan (figure 1) de proposer une reconstitution paléoenvironnementale détaillée basée sur de nouvelles approches palynologiques impliquant la phytogéographie et la paléocologie de l'intervalle, afin d'aider à la circonscription du potentiel pétrolier et gazier des dépôts de l'Albien du bassin de Côte d'Ivoire et singulièrement de celui de la marge d'Abidjan.

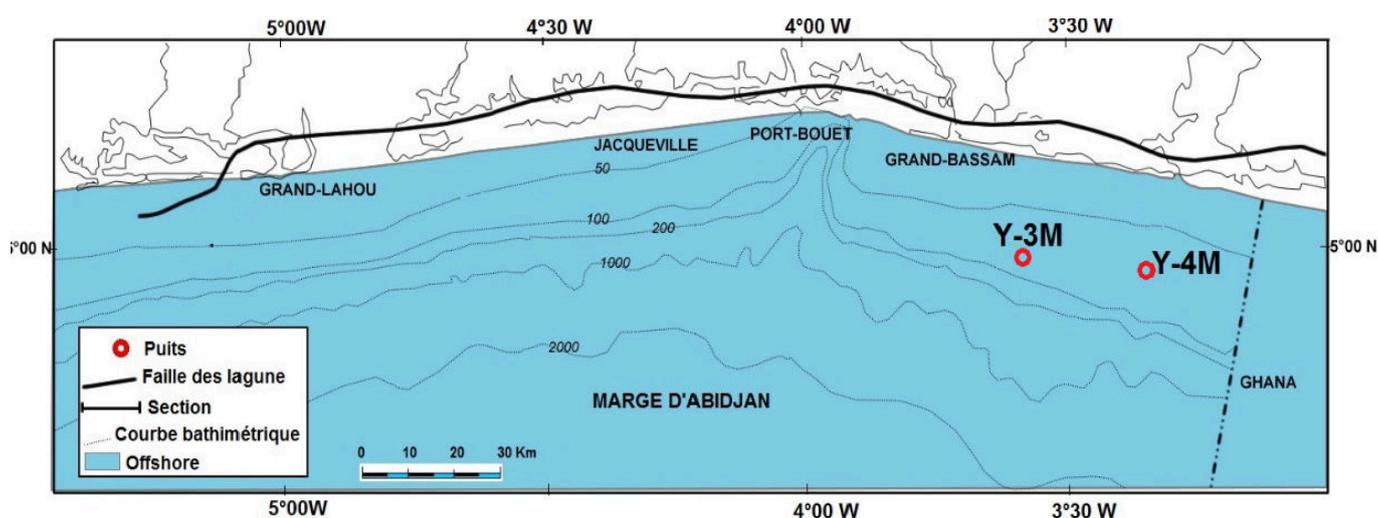


Fig. 1. Présentation du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire et localisation des puits Y-3M et Y-4M

2 APERCU DU BASSIN SEDIMENTAIRE DE CI

L'histoire géologique de ce bassin est donc liée à l'ouverture de l'Atlantique. Elle débute par l'Albo-Aptien transgressif [6] (Yacé, 2002) sur une série continentale intercalaire ? mal datée, composé de d'argiles feuilletée noires à intercalation de grès et de marnes et se termine par des dépôts lagunaires à argiles noires du Quaternaire (Figure 2).

Son histoire se résume à une phase de rift (Albo-Aptien) et de post-rift (Cénomaniens-Quaternaire).

Il occupe une superficie de 30 000 km² s'étendant de Sassandra à l'Ouest jusqu'à Axim au Ghana à l'Est ([1] Spengler et Delteil, 1963) et présente une partie émergée (onshore) et une partie immergée (offshore) où a lieu cette étude. Ce bassin offshore n'est étudié que par les forages pétroliers, et est le plus étendu (22 000 km²). Dans sa région dite « marge d'Abidjan » ou zone d'étude s'étend de Grand-Lahou jusqu'à la frontière Ghanéenne (voir Figure 1). Elle est caractérisée par un socle profond où l'épaisseur des sédiments croît d'Ouest en Est (Figure 2).

STRATIGRAPHIE		LITHOLOGIE	EPAISSEURS (m)	UNITES LITHOLOGIQUES
CENOZOIQUE	Quaternaire		50	Argiles sableuses rubéfiées, sables marins
	Mio-pliocène		600	sables argileux rougeâtres, argilites
	Oligocène		?	Argiles sombres
	Eocène		490	Argilites glauconieuses, sableuses à bancs calcaires
	paléocène		500	Argilites parfois glauconieuses à passées calcaires ou sableuses
MEZOZOIQUE	Sénonien		?	Argiles, formation détritiques à calcaires zoogènes, calcaires gréseux et sables
	Turonien		?	Argiles (brunes) légèrement calcaireuses et silteuses
	Cénomanién		700	Argiles noires, sables fins et calcaires
	Albo-Aptien		2600	Argiles feuilletées noires à intercalation de grès et de marnes
	Série continentale de base		500-5000	Sables, grès conglomératiques, argiles versicolores à intercalation d'argiles noires
SOCLE			Anté Rift	

Fig. 2. Esquisse de colonne stratigraphique du bassin de Côte d'Ivoire montrant les trois phases de son évolution géodynamique (extrait de [5] Chierici, 1996 modifiée)

3 MATERIEL ET METHODE

La présente étude est basée sur 114 échantillons de déblais de forage récupérés dans les puits Y-3M et Y-4M. Ils ont été traités selon la technique de préparation standard adoptée par le laboratoire de palynologie du Centre d'Analyses et de Recherches (CAR), PETROCI HOLDING.

Chaque échantillon de déblais a subi une préparation palynologique consistant en la destruction de la matière minérale par l'utilisation des acides forts (HCl à 37 % et HF 70 %). La matière organique obtenue après lavage est montée entre lame et lamelle pour les études au microscope en lumière naturelle transmise afin d'identifier les palynomorphes. Une datation relative des formations traversées par les deux puits est faite grâce aux espèces caractéristiques des âges indiquées dans la bibliographie en vue d'établir la palynostratigraphie de la zone d'étude. La fréquence d'un palynomorphe a été discutée relativement par rapport aux étages et / ou aux zones dans lesquels il se trouve pour la présente étude. La détermination des paléoenvironnements a consisté en la caractérisation et au comptage des palynomorphes.

La reconstitution paléoenvironnementale a été basée sur les analyses quantitatives de trois approches palynologiques :

- Paléoclimat basée sur l'étude de celle de [19 et 20] Vakhrameev (1981, 1982) relative à l'abondance de *Classopollis*. Par conséquent, une faible abondance (1-10%) des *Classopollis* a indiqué un climat tropical, 20-50% subtropical chaud, et 60-100% semi-aride à arides. En revanche, la prédominance de spores de fougère reflète des environnements proches littoraux sous des conditions humides.
- Index Marine Palynologique (IMP) basée les critères de [21] Helenes et al. (1998). IMP est calculé selon la formule : $IMP = (R_m/R_t + 1)100$, où le R_m est l'abondance des palynomorphes marins (dinokystes, acritarches et basales chitinoïdes de foraminifères) et R_t est l'abondance des palynomorphes terrestres (pollens et spores) comptés par échantillon. Dans la présente étude, R_m et R_t ont été exprimés comme nombre de genres par échantillon.
- Diagramme ternaire des palynomorphes Microplancton-Spores-Pollen copié sur le modèle de [22] Tyson (1993). Ainsi donc, l'abondance de microplancton (Dinokystes + acritarches + bases chitinoïdes foraminifères) indiqués des environnements de dépôt marins en général, spores des environnements deltaïques et grains de pollen des paléoenvironnements littoraux (proche continentaux ou marins marginaux) (figure 3).

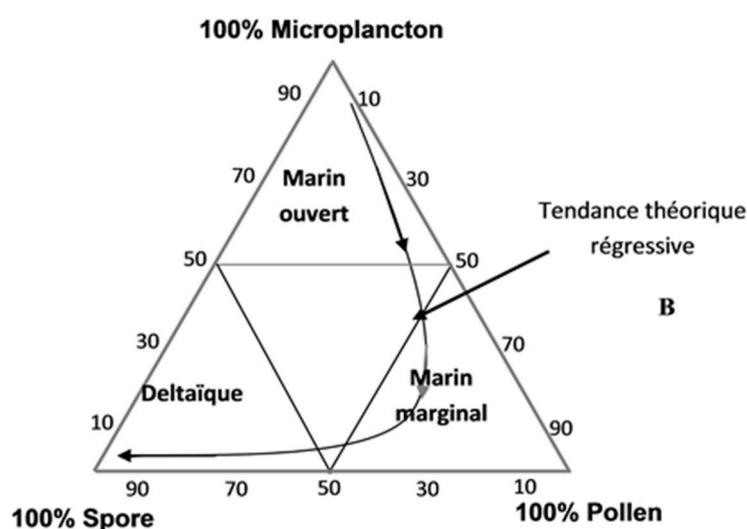


Fig. 3. Diagramme ternaire Microplancton-Spores-Pollen [22] (Federova, 1977 modifiée de Tyson, 1993)

4 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

APERÇU LITHOLOGIQUE ET PALYNOSTRATIGRAPHIQUE

La Figure 4 indique des variations latérales de faciès d'ouest en est. D'abord, la partie inférieure du puits Y-3M, présente un faciès argileux gris sombre et un faciès à calcaires et argiles dans sa partie supérieure. Dans le sondage Y-4M, à l'extrême est de la marge d'Abidjan, le même faciès argileux comporte cependant des intercalations de grès dans la partie basale, mais des calcaires et des marnes dans la partie supérieure.

Il en découle que les puits Y-3M et Y-4M, localisés à l'est de la marge d'Abidjan entre "le trou sans fond" et la frontière Ghana-Côte d'Ivoire, sont marqués par des niveaux à dominance argileuse.

Notons que les deux puits sont presque dépourvus de "glauconie". Seule la partie supérieure du puits Y-3M contient de la pyrite. Cependant, dans l'ensemble des intervalles étudiés, l'on note une fréquence relative de débris carbonés.

La répartition et l'association qualitative de quelques espèces chronostratigraphiques (bons marqueurs), avec une faible extension verticale et large extension géographique, permettent l'identification de différentes étages palynologiques informelles pour la présente étude. Parmi celles-ci : Albien inférieur-Albien moyen, Albien supérieur-Cénomaniens inférieur ; Albien moyen et Albien supérieur.

Les limites des zones et sous-zones sont établies essentiellement à partir des extensions qui montrent les variations quantitatives et qualitatives les plus constantes dans les différents sondages. Les dinoflagellés sont d'une importance mineure en raison de leur rareté.

Les étages palynostratigraphiques sont définis et caractérisés dans le sens de l'évolution de la microflore.

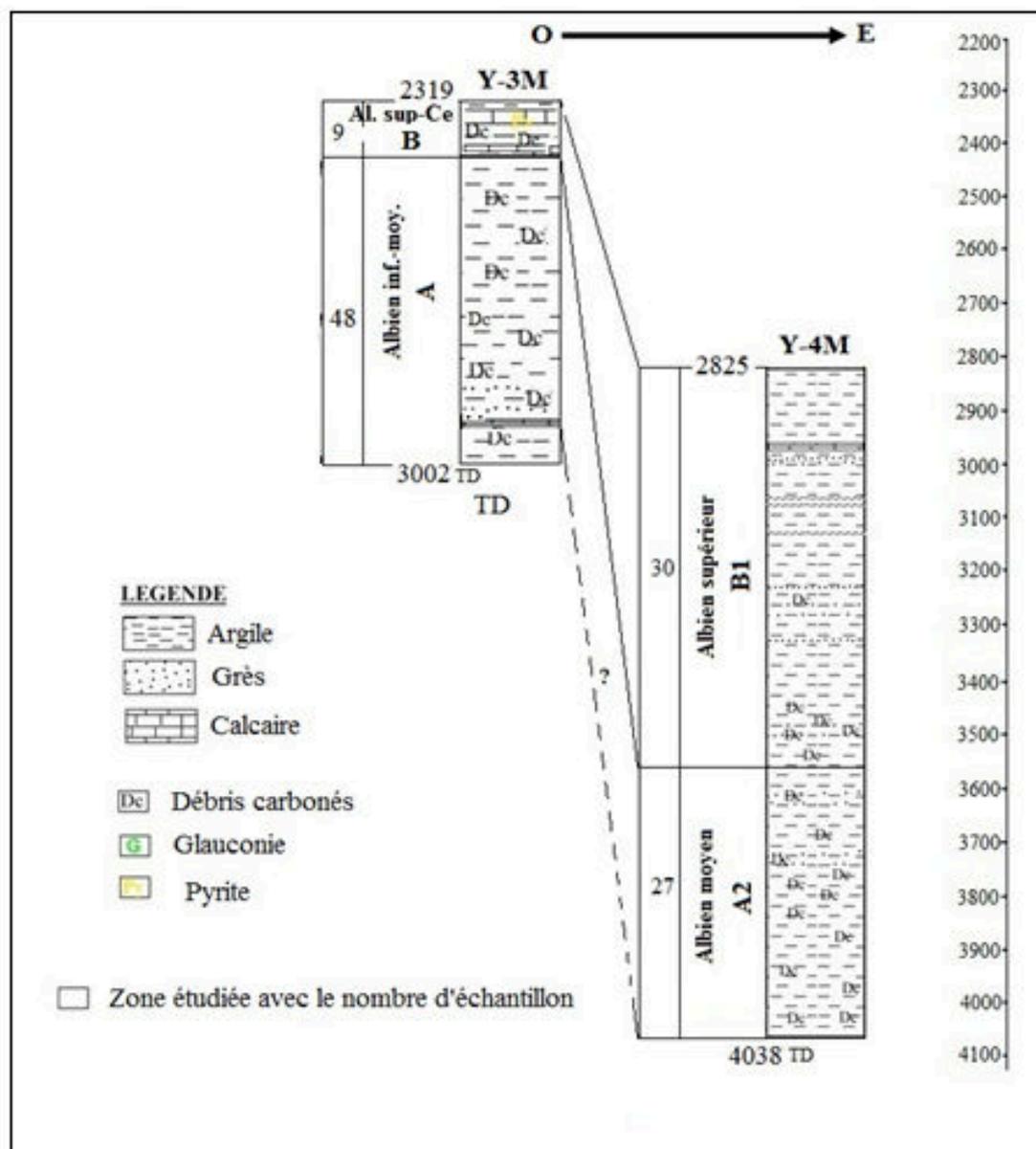


Fig. 4. Corrélation des logs lithostratigraphiques des puits Y-3M et Y-4M

PALÉOENVIRONNEMENTS

IMPLICATIONS PALÉOCLIMATIQUE

Les investigations paléoclimatiques ont été basées sur les fréquences relatives de six groupes de palynomorphes choisis qui sont des indicateurs bien connus des périodes crétacées

ASSOCIATION PALÉOCLIMATIQUE DE L'ALBIEN INFÉRIEUR-MOYEN

Elle regroupe les paléoclimats Pc1, pc2, pc3 et pc4 à prédominance subtropicale chaude à semi-aride avec des soupçons de climat de type tropicale sous des conditions humides. Les taux des *Elatertes* sont relativement en baisse soient 0 à 10% par rapport à ceux des *Afropollis* qui varient de 0 à 40% sauf dans le pc1 où la tendance est inversée (*Elatertes* de 0 à 50% et *Afropollis* de 0 à 20%). Par conséquent, la diminution des élatères semblerait être due au climat à aridité modérée voir même

relativement prononcée sans influence de climat tropical (Figure 5). Cela, se traduit nettement dans l'intervalle du paléoclimat pc4, où pour aucun soupçon de saison humide, la fréquence relative des Elatères est en deçà de 10%, alors que le taux des *Classopollis* varie de 20 à 60% environ. Contrairement à l'intervalle du pc1, où la relative abondance du taux des *Elatères* pourrait être la conséquence de la légère influence du climat tropical relative à l'humidité par endroits.

ASSOCIATION PALÉOCLIMATIQUE DE LA ALBIEN SUPÉRIEUR-CÉNOMANIEN

Elle renferme le pc 5 et traduit l'alternance de climat aride à semi-aride sous des conditions semi-humides (Tableau VII). Cette zone paléoclimatique contient des faibles proportions des genres à élatères, *Afropollis* et spores variant de 0 à 6% alors que celles des *Classopollis* sont abondantes oscillant entre environ 50 à 100%. (Figures 5 et 6.).

ASSOCIATION PALÉOCLIMATIQUE DE L'ALBIEN MOYEN

Elle regroupe uniquement le paléoclimat pc6 identifié dans le sondage Y-4M (Figure 7). Elle est sous la prédominance de climat humide reflété par la tendance tropicale humide due au taux de *Classopollis* variant de 0 à 20% environ sous des influences paléoclimatiques subtropical chaud à semi-aride par endroits. Dans cette association, le taux des élatères fluctue de 3 à 33% dans le puits Y-4M sous une prédominance paléoclimatique humide à influence subtropicale chaude. Cependant, le taux des *Afropollis* est quasiment nul dans cet intervalle (Figure 8).

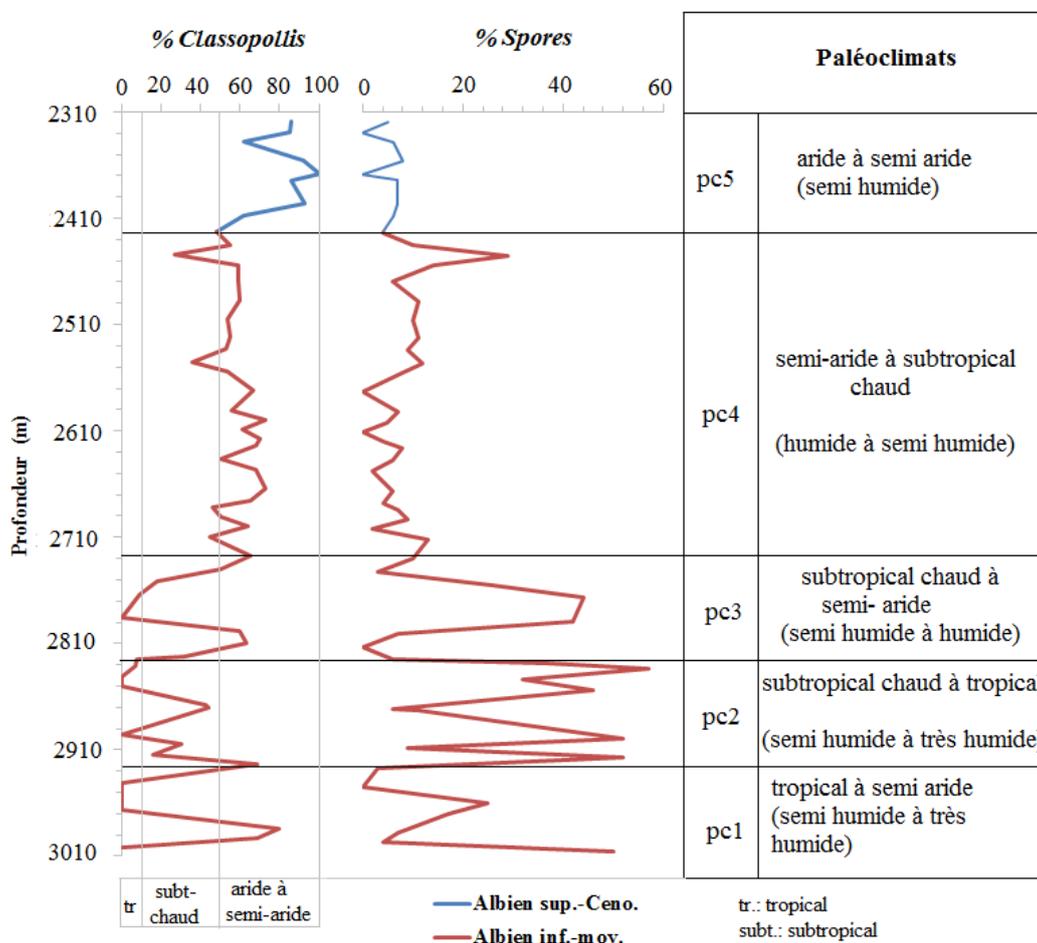


Fig. 5. Fréquence relative des *Classopollis* et spores dans le puits Y-3M et leurs implications paléoclimatiques

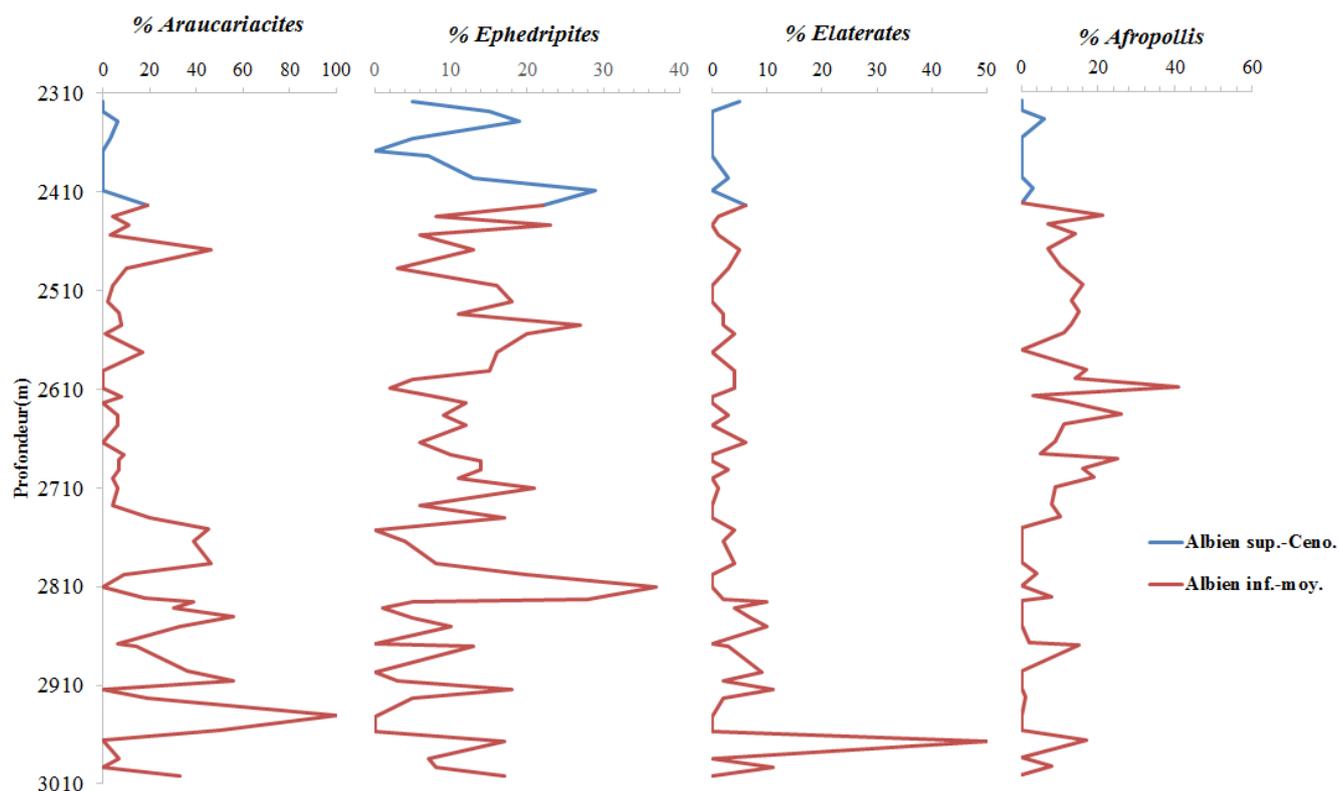


Fig. 6. Fréquence relative de quatre groupes de palynomorphes dans le puits Y-3M

ASSOCIATION PALÉOCLIMATIQUE DE L'ALBIEN SUPÉRIEUR

Cet assemblage est relativement semblable à celui de l'Albien moyen avec une prédominance de climat tropical à subtropical chaud sous conditions humide à semi humide. Cet intervalle s'observe dans le puits Y-4M et regroupe les paléoclimats pc7 et pc8 (Figure 8).

La fréquence relative des Elatères varie de 0 à 20% dans le puits Y-4M.

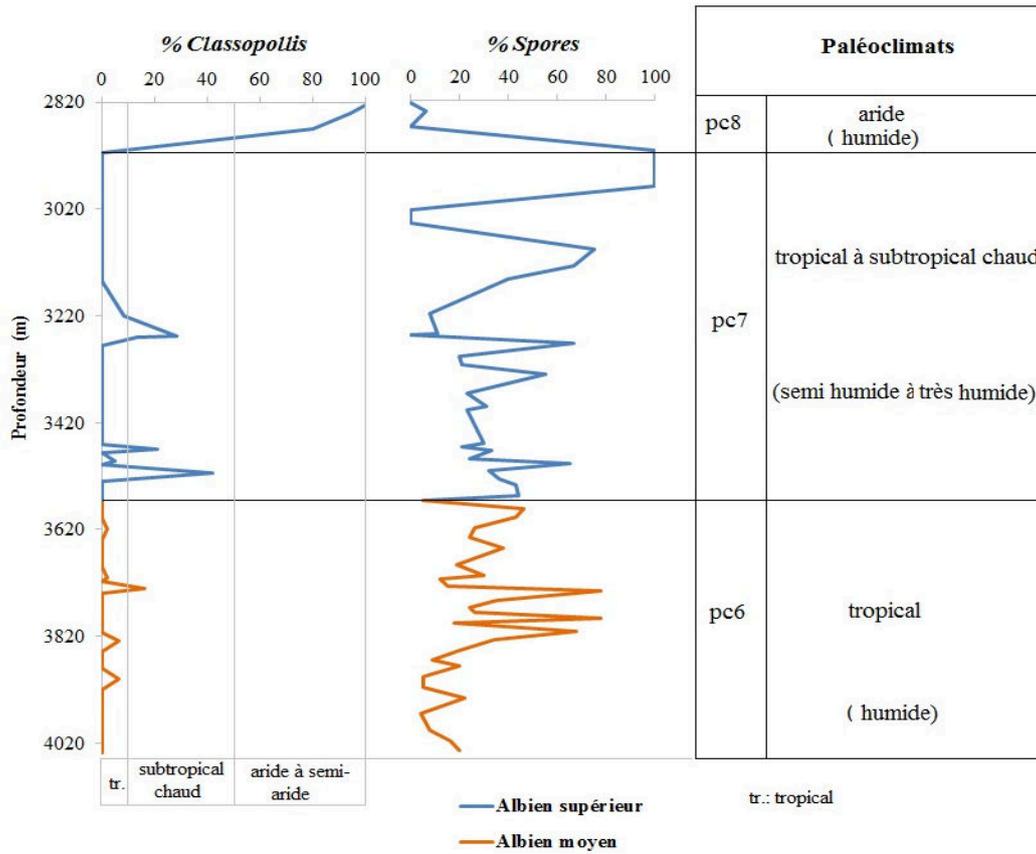


Fig. 7. Fréquence relative des *Classopollis* et spores dans le puits Y-4M et leurs implications paléoclimatiques

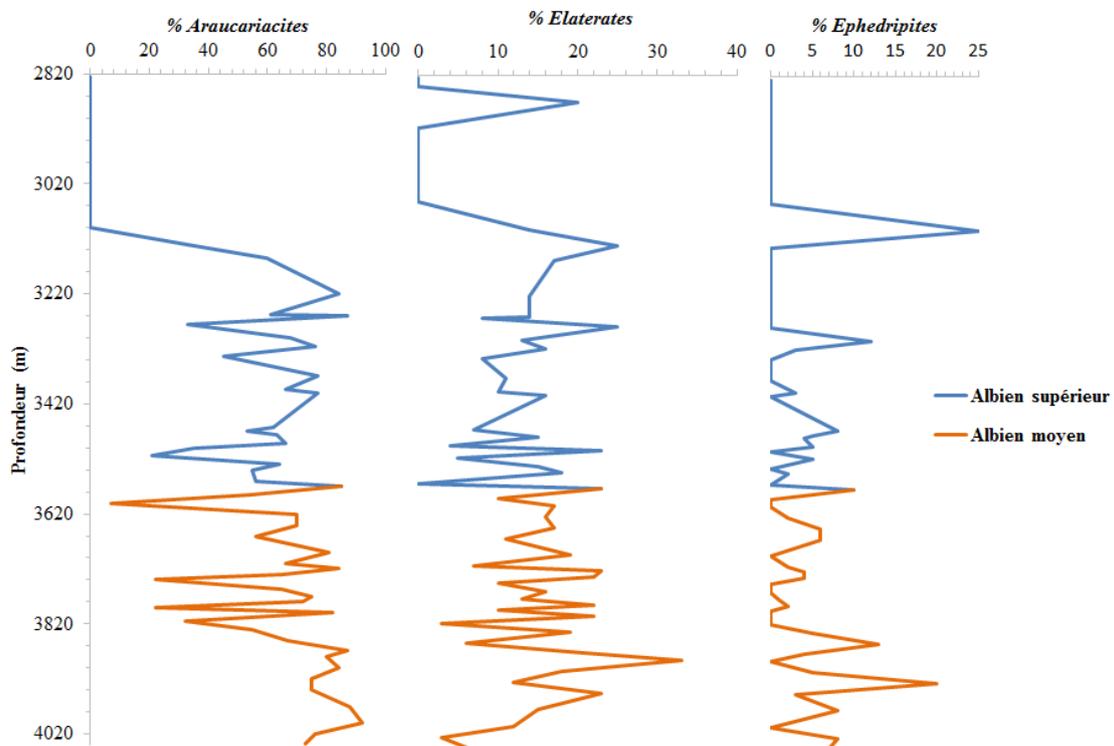


Fig. 8. Fréquence relative de trois groupes de palynomorphes dans le puits Y-4M

5 DISCUSSION

Les fréquences relatives des genres *Classopollis*, *Ephedripites*, *Araucariacites*, de spores de ptéridophytes, *Afropollis* et *Elaterates* seraient conditionnée par des types de climats spécifiques ([23] Brenner, 1976; [24] Boltenhagen et Salad-Cheveldayoff, 1980; [19-20] Vakhrameev 1981,1982 ; [25] Doyle et al., 1982 ; [26]; Parrish et al., 1982; [27] Lima, 1983 ; [28] Batten et Wenben, 1987 ; [29] Parrish, 1987 ; [30] Herngreen et Dueñas-Jimenez, 1990; [31] Herngreen et al., 1996; [32] Schrank., 2001 ; [14] Atta-Peters-Peters, 2013,...).

Par exemple, Selon les travaux de [30] Herngreen et Dueñas-Jimenez (1990); [31] Herngreen et al. (1996); [32] Schrank (2001) ; [14] Atta-Peters (2013) la présence des *Elaterates* a été interprétée comme indiquant les conditions paléoclimatiques aride à semi-aride dans la ceinture ASA.

Relativement à la présente étude, cette aridité est illustrée dans les intervalles Albien inférieur-Cénomaniens du puits Y-3M par des teneurs relatives des *Elaterates* variant de 0 à 50% et l'abondance des *Classopollis* (70 à 100%) comparable aux résultats des travaux de [20] Vakhrameev (1982), où les *Classopollis* ont un taux plus élevé, atteignant 60 à 75% et même 90% pointant vers un climat aride. En outre, les travaux de [33] Abubakar et al., (2006) selon [34] Dino et al., (1999) et [14] Atta-Peters (2013), les plantes à Elatères ont été trouvées dans les zones sèches sous des climats chauds. Tout comme, ceux de [15] Annan (2016) indique également que les sédiments albien-cénomaniens, dans le bassin de Tano au Ghana, sont caractérisés par la présence de pollen à élatères avec de rares dinokystes indiquant un dépôt dans un milieu marin marginal sous un climat chaud, aride à semi-aride.

Par ailleurs, les fréquences relatives du genre *Ephedripites* (0 à 40%) dans ces mêmes intervalles viennent corroborer les résultats des travaux de [25] Doyle et al. (1982), [28] Lima (1993) estimant l'abondance des grains de pollen gymnospermiques polyplicates (Ephedroides) comme preuve des conditions climatiques aride dans le Nord du Gondwana. De plus, les travaux de [34] Dino et al., (1999) ; [32] Schrank (2001) et [35] Mahmoud et Deaf (2007) comme ici dans le puits Y-3M démontrent que les plantes mères des grains de pollen *Afropollis* et *Elaterates* ont prospéré dans les plaines côtières humides. Par contre selon les travaux [31] Herngreen et al. (1996), [36] Ibrahim (2002), [37] Mahmoud et Moawad (2002) repris par [38] Zooba et al., (2008), la forte abondance d'*Afropollis* indique un climat chaud aride à semi-aride.

Par conséquent la présence relative des *Afropollis* dans les échantillons étudiés de ce puits suggérerait que des conditions semblables ont prévalu durant l'Aptien/Albien inférieur ? Jusqu'au Cénomaniens comme cela a été au Ghana durant l'Albien-Cénomaniens [14] (Atta-Peters, 2013).

Cependant, dans l'intervalle Albien moyen du puits Y-4M, l'on constate un climat à tendance tropicale humide relative due à de faibles taux de *Classopollis* fluctuant de 0 à 20% maximum. Par conséquent, la thèse selon laquelle les flores à Elatères apparaîtraient dans les endroits secs sous climats aride à semi-aride ne semble pas toujours être justifiée car les élatères cet intervalle fluctueraient dans un environnement humide influencé par des climats à tendance tropicale humide.

Les associations paléoclimatiques de l'Albien supérieur de la présente étude semble être consécutives à un environnement relativement humide sous condition climatique tropical à subtropical chaud humide qui serait la conséquence de la chute des taux de *Classopollis* et *Ephedripites* jusqu'à 0%. Cette interprétation s'oppose ainsi à celles de Herngreen and [30] Dueñas-Jimenez (1990), [31] Herngreen et al. (1996), [34] Dino et al. (1999), [32] Schrank, (2001) qui y voyaient des conditions arides.

Cette tendance baissière du taux de *Classopollis* est indiquée dans les travaux [20] Vakhrameev (1982) par une teneur variant de 0 à 10% et confirmée dans ceux de et de [39] Yang (2002), [40] Herzsuh et al. (2004) [41] Ji et al. (2015) ; [42] Zhang et al. (2015) en Chine, où la faible abondance relative des Ephedraceae et Cheirolepidaceae indique un climat humide et relativement frais. Dans le même intervalle, les teneurs spectrales de spores varient de 0 à 100% traduisant les conditions d'humidité remarquables comme mentionnées dans les travaux de [27] Lima (1993) où les fougères modernes, les producteurs de spores ptéridophytes, préfèrent des conditions plus humides et sont plus variées et communes dans les hautes terres tropicales fraîches que dans la forêt tropicale de plaine.

En outre, dans les travaux de [43] Schrank et Mahmoud (1998) et [38] Zooba et al. (2008), la présence de spores de fougère, principalement produites par des plantes hygrophiles, associées à des algues d'eau douce suggère la possibilité de conditions humides locales ou saisonnières.

Le genre *Araucariacites* est le plus représentatif atteignant parfois 100%. Leur groupe présente en général une corrélation inverse de celle des *Classopollis* (Figures 5-8), confirmée dans les présents travaux que dans ceux de [25] Doyle et al. (1982) qui ont mentionné qu'une augmentation de l'aridité a entraîné un déclin de l'abondance des *Araucariacites*. En outre, des auteurs tels que [44] Arai & Coelho (2001) ont également suggéré que les *Araucariacites* sont caractéristiques des climats humides et subtropicaux à tropicaux.

Par ailleurs, les travaux de [45] Olugbenga (2013) au Nigeria, ont montré que l'apparition des *Araucariacites* du Cénomanien jusqu'au Turonien et Santonien suggère que l'existence de climats secs à moins humide ont prévalu durant cette période.

INDEX MARINE PALYNOLOGIQUE (IMP)

PUITS Y-3M

La courbe d'IMP fluctue de 100 à 123 caractérisant un apport de flux terrestres importants. Dans l'Albien inférieur-Cénomanien, l'IMP reste constante à 100 traduisant un paléoenvironnement de dépôt continental influencé sous des paléoclimats à prédominance aride à semi-aride sous des conditions humide à semi-humide.

Par contre, l'IMP varie de 100 à 123 dans la partie moyenne de l'Albien inférieur-moyen couvert par les pc2 et pc3 impliquant un dépôt de flux microfloristique dans un milieu continental sous influence marine, c'est à dire un association paléoclimatique de type subtropical chaud à semi-aride sous des conditions humides (Figure 9a). Dans ce puits l'incursion marine est caractérisée par la rare présence du groupe des *Oligosphaeridium*. Aucun Peridinoïde également n'a été identifié dans ce puits.

PUITS Y-4M

Dans ce puits l'IMP fluctue de 100 à 150 de l'Albien moyen à la partie basale de l'Albien supérieur (Figure 9b). Par conséquent, La courbe IMP caractériserait un environnement continental sous influence marine par endroits sous des conditions climatique humide à subtropicale chaude. Cependant, dans la partie supérieure de l'Albien supérieur, l'IMP demeure constant à 100 suggérant une microflore de milieu continental avec une association paléoclimatique à prédominance tropicale à subtropicale chaude sous conditions humide à semi humide. L'incursion marine est matérialisée par la présence commune des *Oligosphaeridium* que par la rareté des *Odontochitina*. Tous comme le puits Y-3M, Y-4M reste pauvre en Peridinoïde.

DISCUSSIONS

Dans le secteur d'étude, la transgression marine est caractérisée par la rare et relative présence des Gonyaulacoïdes et Ceratoïdes représentés respectivement par les genres *Oligosphaeridium* et *Odontochitina* qui semblent être en conformité avec les travaux de [13] Peters et Salami (2006) au Ghana, où la rare apparition des dinokystes tels que *Oligosphaeridium*, *Spiniferites* en association avec *Cyclonephelium*, *Subtilisphaera* suggère un environnement marin marginal pour les sédiments d'âge aptien-cénomanien inférieur.

Par contre, selon les travaux de [46] Jörg et al. (2002) cité par [47] Bié (2012), le taux élevé des gonyaulacoïdes indique que la tranche d'eau est élevée et que l'environnement de dépôt est marin proche de la côte et probablement soumise à une forte évaporation. Aussi, en Egypte, les travaux [48] d'El Beialy et al. (2010) estiment que leur dominance dans un milieu donné indique un environnement continental à marin marginal.

Au vue de ce qui précède, comparativement aux travaux de ces auteurs précités, le paléoenvironnement de dépôt de la zone d'étude à une dominance continentale avec par endroits des incursions marines impliquant un environnement presque littoral et/ou "plateau continental" interne. Cet environnement de dépôt serait influencé par des paléoclimats à prédominance aride à semi-aride sous des conditions relativement humides due à l'abondance des plantes issues de Ptéridophytes (spores) et Araucariaceae (*Araucariacites*) dans l'ensemble des quatre puits étudiés.

REMARQUE :

L'absence de Péridinoïdes dans les différents puits n'a pas suscité d'intérêt pour l'étude de la proximité du rivage et de la salinité à travers le rapport P/G. Par contre, la problématique de cette absence dans le secteur d'étude alors que le milieu semble être littoral, a amené à faire des hypothèses suivantes :

- Elle serait due à l'abondance relative de *Classopollis* évoquant un climat aride à semi-aride qui a pu induire une salinité élevée ; donc favorable à la présence de Gonyaulacoïdes ;
- Elle serait due à l'hostilité du milieu de dépôt non favorable à la prolifération des péridinoïdes (exemple de subsidence tectonique pendant le *rifting* créant des *horsts et graben*)
- Elle serait liée à des facteurs contrôlant la salinité non encore déterminés, notamment une stratification partielle des eaux marines etc.

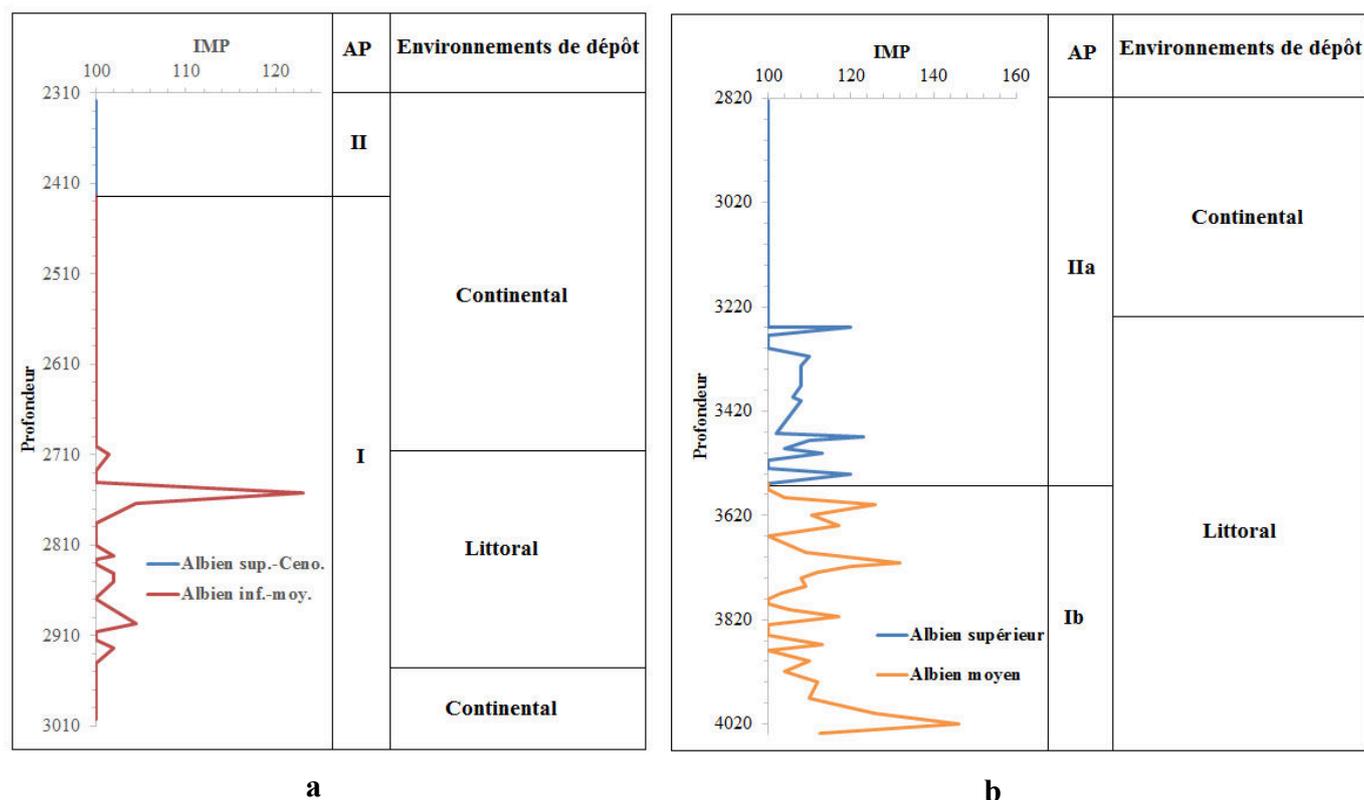


Fig. 9. Courbes d'évolution verticale de l'IMP et leurs implications paléoenvironnementales en fonction des assemblages paléoclimatiques (AP). a-Y-3M et b-Y-4M

DIAGRAMME TERNAIRE DES PALYNOMORPHES MICROPLANCTON-SPORES-POLLEN (MSP)

DIAGRAMME TERNAIRE DU PUIS Y-3M

Dans ce puits, les proportions des palynomorphes varient de rares à abondantes. En effet, l'Albien inférieur-moyen se caractérise par une dominance de grains de pollen (50 à 100%) de milieu littoral ou marin marginal et de spores (50 à 67%) suggérant un type deltaïque.

L'Albien supérieur-Cénomaniens se trouve dans un seul champ de milieu littoral [22] (Tyson, 1993) avec, au total de milieu littoro-deltaïque (voir Figures 3 et 10).

LE DIAGRAMME TERNAIRE DU PUIS Y-4M

Le paléoenvironnement du puits Y-4M est relativement semblable à celui du puits Y-3M durant l'Albien moyen-supérieur. Ainsi, l'Albien moyen est marqué par une prédominance de grains de pollen et spores fluctuant de 50 à 80% environ caractérisant des dépôts également littoro-deltaïque (voir Figures 3 et 11).

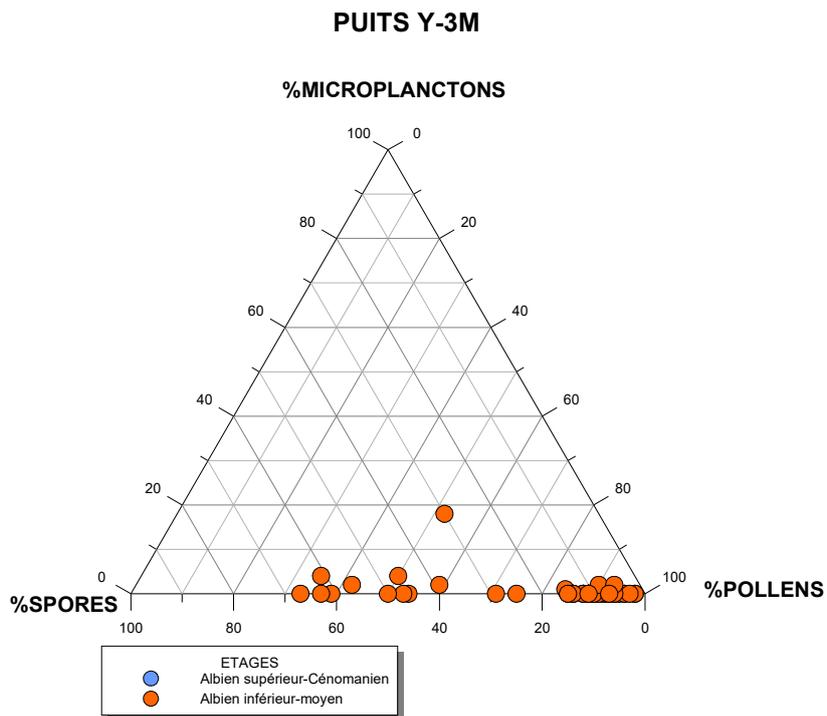


Fig. 10. Diagramme ternaire MSP du puits Y-3M

DISCUSSION PALÉOENVIRONNEMENTALE

Les paléoenvironnements de dépôts dominants sont de types littoraux et deltaïques dans l'ensemble des différents puits étudiés. Le type littoral est corroboré par la faible proportion des dinokystes d'origine marine. Par ailleurs, en Egypte, d'après, les travaux [49] d'Habib (1982), [50] Traverse (1988), [22] (Tyson, 1993), et [51] Zooba (2006) les grains de pollen sont les plus dynamiques et les plus faciles à transporter de toutes les miospores et leur contribution en pourcentage par rapport à la population totale de sporomorphes augmente en direction *offshore* indiquant la distance relative des sources fluvio-deltaïques actives.

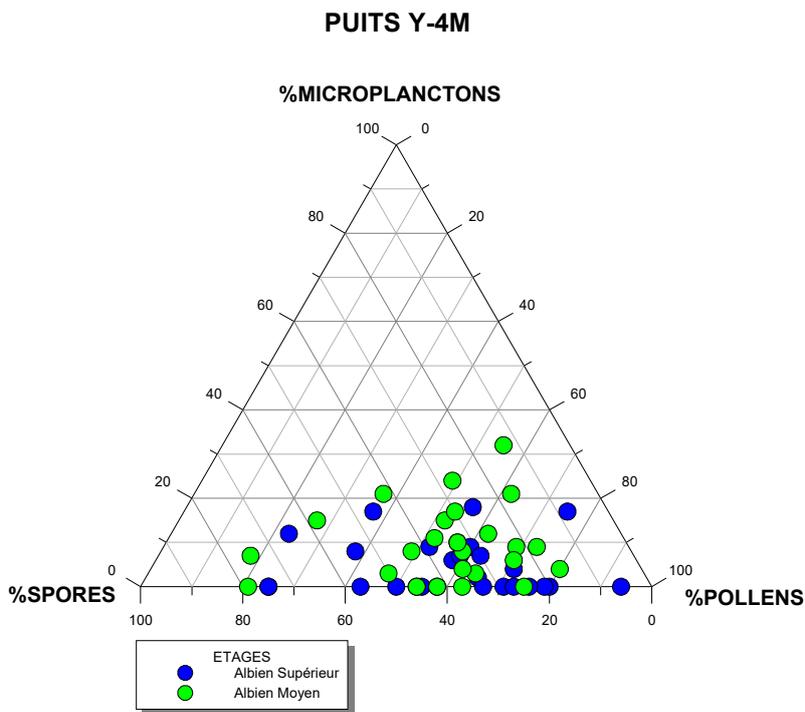


Fig. 11. Diagramme ternaire MSP du puits Y-4M

Pour ces auteurs suscités, bien que les grains de pollen soient hautement représentés, les spores ptéridophytiques se trouvent encore dans des pourcentages considérables qui reflètent que l'environnement de dépôt n'est pas si éloigné des sources fluvio-deltaïques actives (c'est-à-dire littoral ou proche des côtes). Les mêmes de [51] Zooba (2006) indiquent qu'en général, les faciès prodelta présentent des pourcentages élevés de spores et grains de pollen et les assemblages se caractérisent par des abondances absolues élevées et des diversités modérées. De plus, d'après les travaux de [22] Tyson (1993), [43] Schrank et Mahmoud (1998), [37] Mahmoud et Moawad (2002), et [51] Zobia (2006) la prédominance des spores ptéridophytiques sur les grains de pollen est un autre indicateur utile de la proximité des zones sources fluvio-deltaïques. Ceci reflète également l'apparition de conditions humides nécessaires pour soutenir la croissance significative de ptéridophytes tels que les environnements lacustres et autres d'eau fraîche à saumâtre (lacs et étangs).

Ces zones deltaïques marécageuses de basse altitude sont de bons sites pour la production de spores. C'est le cas dans la présente étude où la forte abondance des grains de pollen et spores dans les puits Y-3M et Y-4M (50% à 100% environ) implique un paléoenvironnement de source fluvio-deltaïque à littoral subissant parfois des incursions marines (présence de rares dinokystes).

Au total, le milieu de dépôt appuyé sur l'analyse de diagramme MSP de [22] Tyson (1993) serait de type deltaïque sur une plate-forme littorale (due à l'abondance des grains de pollens) relativement proche de la source terrestre.

6 CONCLUSION

Les études palynologiques des dépôts d'âge albien des déblais de forage offshore de deux puits pétroliers du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire dans la marge d'Abidjan ont révélé des résultats qui permettent de proposer une meilleure compréhension de l'évolutions des paléoenvironnements de dépôt des échantillons de la zone d'étude.

L'étude quantitative des groupes *Classopollis*, *Ephedripites*, *Elaterates*, *Araucariacites*, de spores, grains de pollen et dinokystes a montré que l'environnement de dépôt du secteur d'étude serait influencé par des paléoclimats à prédominance aride à semi-aride (due à une végétation dominée par les Cheirolepidiaceae et Ephedraceae) sous des conditions relativement humides due à l'abondance des spores de Ptéridophytes. Cette interaction entre la chaleur et l'humidité existant dans le milieu de dépôt est illustrée également par la prédominance des Araucariaceae (*Araucariacites*) dans l'ensemble des deux puits étudiés. En outre, qu'il est de source fluvio-deltaïque à littoral subissant parfois des incursions marines (présence de rares dinokystes).

REFERENCES

- [1] SPENGLER A. & DELTEIL J. Le bassin sédimentaire tertiaire de la Côte d'Ivoire. In : Les bassins sédimentaires du littoral Africain. Ann. Serv. Géol. Afr., Paris, pp. 99 -113. (1963).
- [2] BLAREZ E. La marge continentale de Côte d'Ivoire-Ghana; structure et évolution d'une marge continentale transformante. Thèse Doctorat, Univ. Paris VI (France), 188p. (1986).
- [3] MASCLE J. & BLAREZ E. Evidence for transform margin evolution from the Ivory Coast-Ghana Continental margin. *Nature*, vol 32, pp.378-381. (1986).
- [4] DIGBEHI Z. B. Etude comparée de premiers stades d'ouverture atlantique: golfe de Guinée et golfe de Gascogne (Sédimentologie-Biostratigraphie). Thèse de doctorat, Université pau, 366 p. (1987).
- [5] CHIERICI A. Stratigraphie, paléoenvironnements et évolution géologique du bassin de Côte d'Ivoire-Ghana. Géologie de l'Afrique et de l'Atlantique Sud : actes colloques Angers 1994, 117p. (1996).
- [6] YACÉ I. Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest. Edition CEDA, Abidjan, Côte d'Ivoire, 183p. (2002).
- [7] DIGBEHI Z. B, DOUKOURE M., JULIETTE T.Y., RAPHAEL K.Y., JEAN-PAUL N.Y., DAVID K.K. & IGNACE T. 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* Vol. 6(1), pp. 28-42. (2012).
- [8] MASURE E., RAUSCHER R., DEJAX J., SCHULER M., FERRE B. Cretaceous–Paleocene palynology from the Côte D'Ivoire-Ghana transform margin, Sites 959, 960, 961, and 962. In: *Masclé, J., Lohmann, G.P., Moullade, M. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 159, pp.253–276. (1998).*
- [9] MOULLADE M., WATKINS D.K., OBOH-IKUENOBE F.E., BELLIER J.-P., MASURE E., HOLBOURN A.E.L., ERBACHER J., KUHN W., PLETSCHE T., KAMINSKI M.A., RAUSCHER R., SHAFIK S., YEPES O., DEJAX J., GREGG J.M., SHIN I.C., AND SCHULER M. Mesozoic biostratigraphic, paleoenvironmental, and paleobiogeographic synthesis, equatorial atlantic. *Proc. ODP, Sci. Results*, 159. (1998).

- [10] 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*, Vol. 159. 277-318. (1998).
- [11] ATTA-PETERS, D. & SALAMI, M.B. Late Cretaceous to Early Tertiary pollen grains from offshore Tano basin, Southwestern Ghana, *Revista Espanola de Micropaleontologia*, 36(3), pp 451-465. (2004b).
- [12] ATTA-PETERS D., ACHAEGAKWO C. A., KWAYISI D. & GARREY P. Palynofacies and source rock potential of the ST-7H well, offshore Tano basin, Western Region, Ghana. *Earth Sciences*, V. 4 p 1-20. (2015).
- [13] ATTA-PETERS, D. & SALAMI, M.B. Aptian-Maastrichtian palynomorphs from the offshore Tano Basin, western Ghana: *Journal of African Earth Sciences*, v. 46, p. 379-394. (2006).
- [14] ATTA-PETERS, D. Occurrences of elaterate pollen from the Lower Cretaceous of Ghana: Implications for biostratigraphy and palaeoclimatology. Department of Earth Science, University of Ghana, P. O. Box LG 58, Legon, Accra, Ghana. *International Letters of Natural Sciences*. p 54-66. (2013).
- [15] ANNAN W. Palynological analysis of the st-5 and st -6 wells, offshore tano basin, south western ghana: implications for stratigraphy and paleoenvironment. *University of Ghana*. <http://ugspace.ug.edu.gh>. 119p. (2016).
- [16] PETROCI & BEICIP Côte d'Ivoire petroleum Evaluation, ministère des mines, Abidjan, Côte d'Ivoire, 99p. (1990).
- [17] BAMBA M. K., DIGBEHI Z. B., SOMBO B. C., GOUA T. E. et N'DA L. V. Foraminifères planctoniques, biostratigraphie et paléoenvironnement des dépôts Albo-turonien de la Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *Revue de Paléobiologie, Genève*, 30 (1) : 1-11. (2011).
- [18] BAMBA, K. M. DIGBEHI, B. Z. GOUA, E. T., BAIKORO, B. & DOUKOURE, M. Biostratigraphic Evidence of Early Cretaceous (Aptian – Albian) In Cote D'ivoire Sedimentary Basin Based on Planktic Foraminiferal Data. *International Journal of Science and Technology (STECH) Bahir Dar- Ethiopia*, Vol. 6 (2), S/No14, 2017: 1-20. (2017).
- [19] VAKHRAMEEV V. A. Pollen *Classopollis*: indicator of Jurassic and Cretaceous climates. *The Paleobotanist* 28/29, pp301-307. (1981).
- [20] VAKHRAMEEV V. A. *Classopollis* pollen as an indicator of Jurassic and Cretaceous climate. *International Geology Review* 24, 1190-6. (1982).
- [21] HELENES J., DE-GUERRA C. & VASQUEZ J. Palynology and chronostratigraphy of the Upper Cretaceous in the subsurface of the Barinas area, western Venezuela. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 82, 1308-1328. (1998).
- [22] TYSON R.V. Palynofacies analysis. In: Jenkins, D.J. (ed.): *Applied Micropalaeontology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Pp 153-191. (1993).
- [23] BRENNER G.J. Middle Cretaceous floral provinces and early migrations of angiosperms. In: C.B. Beck (Editor), Origin and Early Evolution of Angiosperms. *Columbia Univ. Press, New York*, pp.23-47. *Biirgl, H., 1957. Bioestratigrafia*. (1976).
- [24] BOLTENHAGEN E. AND SALARD-CHEBOLDAEFF M. Essai de reconstitution climatique Crétacé et Tertiaire du Gabon et du Cameroun d'après la palynologie. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat., N.S. Sér. B*, 27: 203-210. (1980).
- [25] DOYLE J. A., JARDINÉ S. & DOERENKAMP A. *Afropollis*, a new genus of early angiosperm pollen, with notes on the Cretaceous palynostratigraphy and palaeoenvironments of northern Gondwana. *Bull. Cent. Rech. Expl.-Prod. Elf-Aquitaine*, v. 6, p. 39-117. (1982).
- [26] PARRISH J.T., ZIEGLER A.M. AND SCROTESE C.R. Rainfall patterns and the distribution of coals and evaporites in the Mesozoic and Cainozoic. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 40(1-3): 67-101. (1982).
- [27] LIMA M. R. Paleoclimatic reconstruction of the Brazilian Cretaceous based on palynological data. *Revista Brasileira de Geociências* v.13, pp. 223-228. (1983).
- [28] BATTEN D.J. & LI WENBEN Aspects of palynomorph distribution, floral provinces and climate during the Cretaceous. *Geol. Jahrb.*, A96: 219-237. (1987).
- [29] PARRISH, J.T. Global palaeogeography and palaeoclimate of the Late Cretaceous and Early Tertiary. In: E.M. Friis, W.G. Chaloner and P.R. Crane (Editors), The Origins of Angiosperms and their Biological Consequences. *Cambridge Univ. Press, Cambridge*, pp.51-73. (1987).
- [30] HERNGREEN G. F. W. & DUENAS-JIMENEZ, H. Dating of the Cretaceous Une Formation, Colombia and the relationship with the Albian-Cenomanian African-South American microfloral province. *Review of Palaeobotany and Palynology* 66, 345-359. (1990).
- [31] HERNGREEN G. F. W., KEDVES, M., ROVNINA, L. V. & SMIRNOVA, S. B. Cretaceous palynofloral provinces: a review. In: *Jansonius, J. & McGregor, D. C. (ed.), Palynology: principles and applications; AASP Found.*, v. 3, p. 1157-1188. (1996).
- [32] SCHRANK E. Paleocological aspects of *Afropollis*/Elaterates peaks (Albian-Cenomanian pollen) in the Cretaceous of northern Sudan and Egypt. *Proc. IX Inter. Palynol. Congr., Huston, Texas, USA, 1996; AASP Found.*, p. 201-210. (2001).
- [33] ABUBAKAR M. B., OBAJE N. G., LUTERBACHER H. P., DIKE E. F. C. & ASHRAF A. R. A report on the occurrence of Albian–Cenomanian elater-bearing pollen in Nasara-1 well, Upper Benue Trough, Nigeria: Biostratigraphic and palaeoclimatological implications: *Journal of African Earth Sciences*, v. 45, p. 347-354. (2006).

- [34] DINO R., POCKNALL D. T. & DETTMAN M. E. Morphology and ultrastructure of elater-bearing pollen from , *Rev. Palaeobot. Palynol.* p 201-235. (1999).
- [35] MAHMOUD M. S. & DEAF AMR S. Cretaceous palynology (spores, pollen and dinoflagellate cysts) of the siqeiya 1-x borehole, northern egypt. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia.* V.113, pp. 203-221. (2007).
- [36] IBRAHIM M. I. A. New angiosperm pollen from the upper Barremian-Aptian of the Western Desert, Egypt. *Palynol.*, v. 26, p. 107-133. (2002).
- [37] MAHMOUD M.S., MOAWAD A.M.M. Cretaceous palynology of the Sanhur-1X borehole, northwestern Egypt. *Revista Española de Micropaleontología* 34 (2), pp.129–143. (2002).
- [38] ZOBAA M., SANCHEZ BOTERO C., BROWNE C., OBOH-IKUENOBE F. E., & IBRAHIM M. I. Kerogen and palynomorphe analyses of the mid-Cretaceous Bahariya Formation and Abu Roash "G" Member, North Western Desert, Egypt: Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, v. 58, p. 933-943. (2008).
- [39] YANG, Y. Systematic and Evolution of Ephedra L. (Ephedraceae) from China (PhD thesis), Institute of Botany Chinese Academy of Sciences, Beijing, pp. 1–231 (in Chinese with English abstract). (2002).
- [40] HERZSCHUH, U., TARASOV, P., WÜNNEMANN, B., HARTMANN, K. Holocene vegetation and climate of the Alashan Plateau, NW China, reconstructed from pollen data. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 211, 1–17. (2004).
- [41] JI L., ZHANG M. & SONG Z. The palynological record from Coniacian to lower Campanian continental sequences in the Songliao Basin, northeastern China and its implications for palaeoclimate. *Cretaceous Research* 56 pp.226-236. www.elsevier.com/locate/CretRes. (2015).
- [42] ZHANG M., JI L., DU B., DAI S. & HOU X. Palynology of the Early Cretaceous Hanxia Section in the Jiuquan Basin, Northwest China: The discovery of diverse early angiosperm pollen and paleoclimatic significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 440, pp. 297–306. (2015).
- [43] Schrank, E. & Mahmoud, M. S. Palynology (pollen, spores and dinoflagellates) and Cretaceous stratigraphy of the Dakhla Oasis, Central Egypt. *J. Afr. Earth Sci.*, v. 26, p. 167-193. (1998).
- [44] ARAI M & COELHO P. S. M. Statistical analysis of palynological assemblages from the Aptian-Albian of the Araripe Basin, Northeast Brazil: A case study of paleoenvironmental significance of Early Cretaceous. <https://www.researchgate.net/publication/313600259>. (2001).
- [45] OLUGBENGA A. BOBOYE. Palynostratigraphic and palaeoecological studies of the Cretaceous strata in the Bornu Basin, northeastern Nigeria. *RMZ-M&G.*, Vol. 60 . pp. 17–30. (2013).
- [46] JÖRG P. & SCHMIEDL G. Early Oligocene dinoflagellate cysts from the Upper Rhine Graben (SW Germany): Paleoenvironnement and Paleoclimatic implications. *Marine Micropaleontology*, no 45; pp.1-24. (2002).
- [47] BIE G.R, DIGHEHI Z. B., YAO K. R., TEA Y.J., KANGAH K.D. & TAHI I. Stratigraphie Palynologique du Maastrichtien Supérieur-Eocène Supérieur du Bassin Sédimentaire Offshore de Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *International Journal of African Studies* ISSN 1451-213X Issue 6 (2012), pp.40-57. (2012).
- [48] EL BEIALY, S.Y., EL ATFY, H.S., ZAVADA, M.S., EL KHORIBY, E.M. & ABU-ZIED, R.H. Palynological, palynofacies, paleoenvironmental and organic geochemical studies on the Upper Cretaceous succession of the GPTSW-7 well, North Western Desert, Egypt. *Mar. Pet. Geol.* 27, 370–385. (2010).
- [49] Habib, D. Sedimentary supply origin of Cretaceous black shales. *Nature and Origin of Cretaceous Carbon-Rich Facies, Academic Press, London*, p. 113-127. (1982).
- [50] TRAVERSE A. Paleopalynology. *Unwin Hyman, Boston*, 600 p. (1988).
- [51] ZOBAA M.K. Subsurface Jurassic-Cretaceous applied palynology of the Sharib-1X and Ghoroud-1X wells, North Western Desert, Egypt. *B.Sc. Geol. Thesis, University of Benha Univ. Fac. of Sce. Geol. Dep.* 138p. (2006).