

# ESSAI DE MODÉLISATION DE LA RÉPARTITION DES OSTRACODES DU PALEOGENE DE LA REGION DE KAOLACK (SENEGAL)

Cheikh Ahmed Tidiane FALL<sup>1</sup>, Malick THIAM<sup>2\*</sup>, Raphaël SARR<sup>1</sup>

## Résumé

Le Paléogène du Sénégal occidental a fait l'objet de nombreux travaux sédimentologiques et micropaléontologiques dont les plus récents ont porté sur les foraminifères planctoniques, les foraminifères benthiques et les ostracodes. Les résultats obtenus ont permis de faire un inventaire d'un grand nombre de taxons, de proposer une échelle biostratigraphique locale et une reconstitution des paléoenvironnements à partir des ostracodes. Ces études ont utilisé jusque-là un mode de présentation analogique, ponctuelle et empirique. L'étude systématique des ostracodes a permis d'inventorier 160 taxa répartis en 62 genres dont 32 sont cités pour la première fois dans le bassin sénégal-mauritanien. Cependant, il était impossible de présenter la répartition spatiale des taxa et de les corrélés avec le lithofaciès. L'objectif visé dans le présent travail est de déterminer les relations qui existent entre la distribution de l'ostracofaune et la répartition des faciès durant le Paléogène dans la partie occidentale du bassin sénégal-mauritanien. Les analyses multivariées et les cartes de répartition spatiale des ostracodes montrent que les faciès lumachelliques du Danien sont fortement corrélés aux genres *Buntonia*, *Cytherura*, *Reticulina*, *Hermanites* et *Paijueborchellina* qui évoluent dans un milieu peu profond de type littoral ou lagunaire. La diversité spécifique augmente dans le calcaire argileux du Sélendo-Thanétién avec une prédominance des genres *Buntonia*, *Leguminocythereis*, *Hermanites* et *Loxoconchella*. L'ouverture sur l'océan qui débute à la base de l'Yprésien est suivie d'un isolement du milieu au Lutétien. La diversité diminue dans le faciès marneux corrélé positivement aux genres *Xestoleberis* et *Cytherella*

**Mots clés :** Biostratigraphie, Paléogène, Ostracodes, répartition spatiale, Kaolack.

## Abstract

The Paleogene of western Senegal has been the subject of numerous sedimentological and micropalaeontological studies, the most recent of which have focused on planktonic foraminifera, benthic foraminifera and ostracods. The results obtained have made it possible to make an inventory of a large number of taxa, to propose a local biostratigraphic scale and a reconstruction of the palaeoenvironments based on ostracods. Until now, these studies used analogical, ad hoc and empirical mode of presentation. The systematic study of ostracods has made it possible to inventory 160 taxa divided into 62 genera, 32 of which cited for the first time in the senegalo-mauritania basin. Multivariate analysis and spatial distribution of ostracods show a Danian with shelly limestone strongly correlated to the genera *Buntonia*, *Cytherura*, *Reticulina*, *Hermanites* and *Paijueborchellina*, which evolve in shallow coastal or lagoon-type environment. The specific diversity increases in the clayey limestone of the Selendo-Thanetian with a predominance of the genera *Buntonia*, *Leguminocythereis*, *Hermanites* and *Loxoconchella*. The opening to the ocean that begins at the base of the Ypresian is followed by an isolated environment in the Lutetian. Diversity decreases in the marly facies, which is positively correlated with the genera *Xestoleberis* and *Cytherella*.

**Keys Words:** Biostratigraphy, Paleogene, Ostracods, Spatial distribution, Kaolack.

<sup>1</sup> Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop,

Dakar-Fann, Sénégal. Email : cheikhahmedtidiane.fall92@gmail.com

<sup>2</sup> Département des Sciences de la Vie et de la Terre, Faculté des Sciences et Technologies de l'Éducation et de la Formation, Université Cheikh Anta Diop, Dakar-Fann, Sénégal. Email : malick22.thiam@ucad.edu.sn

<sup>3</sup> Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université

Cheikh Anta Diop,

Dakar-Fann, Sénégal. Email : rsarr@ucad.edu.sn

\*Auteur correspondant :

Malick THIAM, Email : [malick22.thiam@ucad.edu.sn](mailto:malick22.thiam@ucad.edu.sn) Adresse Postale : 5005 Dakar-Fann

Téléphone : 00221 77 107 48 14

## 1. Introduction

La distribution des ostracodes dans les bassins ouest africains est fortement liée aux conditions physico-chimiques des environnements sédimentaires et aux relations paléogéographiques entre les bassins (Bellion, 1989; Bellion & Guiraud 1984; Jansa & Wiedemann, 1982; Latil-Brun & Flicoteaux, 1986). Les études biostratigraphiques menées dans la région sud du bassin sénégal-mauritanien ont permis de définir des biozones de foraminifères planctoniques (Ly, 1985; Ly & Anglada, 1991; Thiam, 2014, 2021; Thiam & Sarr, 2014, 2018) et des écozones d'ostracodes (Carbonnel, 1986; Sarr, 1995; Thiam & Sarr, 2018). Les espèces inventoriées dans le golfe de Guinée (Apostolescu, 1961; Carbonnel, 1986;

Reyment, 1965; Sarr, 1986) sont aussi répertoriées dans le bassin trans-saharien et les bassins nord africains (Babinot, 1981; Bassiouni & Morsi, 2000; Sarr, 2015). Cette répartition des faunes (Esna type et Afro-Tethyan type) indique une connexion marine entre la province du golfe de Guinée et la province du Sud-Téthys grâce à la mer trans-saharienne (Sarr, 2015). La paléobiogéographie des provinces a été mise en évidence par l'analyse multivariée des populations d'ostracodes d'Afrique du Nord et d'Afrique de l'Ouest (Elewa, 2002). Dans la région occidentale du bassin sénégal-mauritanien, les résultats obtenus avec les ostracodes ont permis de faire l'inventaire d'un grand nombre de taxons (Sarr, 1986, 1995, 2012), de proposer une échelle biostratigraphique locale (Sarr, 2012) et d'établir les implications paléogéographiques

avec les bassins téthysiens d'Afrique du Nord et de l'Ouest (Sarr, 2015). Les connaissances ont permis de préciser la biostratigraphie de différentes formations géologiques de la partie occidentale du bassin en élargissant notamment au Sine-Saloum. Seulement, la répartition spatio-temporelle de l'ostracofaune n'a été réalisée qu'à partir de modèle analogique, ponctuel et empirique (Sarr, 1995). L'exploitation des résultats était limitée à une approche uniquement qualitative de la répartition des microfaunes. Les difficultés de l'époque (absence de programmes informatiques adaptés) n'avaient pas permis à l'auteur d'utiliser des approches quantitatives pour mieux valoriser les résultats et proposer un modèle de répartition spatiale des ostracodes pour les différentes périodes géologiques. L'analyse factorielle des correspondances (AFC) permet de représenter simultanément sur un graphique des variables et des unités statistiques (Benzecri, 1973). On maximalise la correspondance entre les espèces et les échantillons suivant leur score. Avec l'analyse factorielle redressée (AFRCR), les mêmes algorithmes permettent le « redressement » de l'effet d'arc et le « redimensionnement » de la position des échantillons et des espèces le long des axes de corrélation (Hill & Gauch, 1980). En micropaléontologie, le clustering permet de regrouper les échantillons sur la base des similitudes de leur contenu paléontologique en utilisant les genres (ou les espèces). Suivant les indices de similitude Obtenus grâce aux distances euclidiennes, on obtient un regroupement hiérarchique appelé dendrogramme (Legendre et al., 2005; Legendre, & Legendre, 1998). Dans la présente étude, nous avons appliqué d'une part un clustering et une analyse factorielle des correspondances redressées (AFRCR) et d'autre part une modélisation de la répartition spatiale des faciès et des ostracodes au cours du Paléocène. L'objectif visé est de comparer la répartition des ostracodes dans les différents faciès lithologiques qui se sont déposés du Danien jusqu'au Lutétien.

## 2. Cadre géographique et géologique

La région de Kaolack se situe au centre-ouest du Sénégal dans la partie occidentale du bassin sénégalo-mauritanien qui est le plus étendu des bassins méso-cénozoïque de la marge atlantique africaine avec une superficie d'environ 340 000 km<sup>2</sup> (Figure 1). Au Sénégal, le bassin est constitué de bas plateaux, de plaines et de vallées alluviales qui dépassent rarement 50 m d'altitude, à l'exception du horst de Diass culminant à plus 128 m (Tessier, 1952; Tessier et al., 1975). Ces bassins sont caractérisés par des dépôts sédimentaires méso-cénozoïques avec des caractères lithologiques et faunistiques qui confirment l'hypothèse d'une expansion océanique progressive (Ly, 1985). Au Sénégal, le bassin sédimentaire couvre les trois quarts de la superficie avec de rares affleurements connus dans les régions de Thiès, du Cap-Vert et de Matam. Il comprend un domaine occidental subsident à l'ouest du méridien 16°30'W séparé du domaine oriental stable (Est du méridien 15°30'W) par une zone de flexure (Spengler *et al.*, 1966 ; Flicoteaux et al., 1988). Seule la partie occidentale (Dakar et Thiès) a été affectée par des mouvements tectoniques et des épisodes volcaniques localisées le long des failles généralement orientées E-W ou NE-SW. La géologie de la partie occidentale du bassin est établie à partir des coupes de sondages complétées par celles des forages (Figure 2). Les faciès de cette région occidentale du bassin sont datés

du Maastrichtien au Quaternaire (Sarr, 1995).

## 3. Lithologie

La stratigraphie de cette région du bassin sénégalo-mauritanien montre une série sédimentaire allant du Maastrichtien au Quaternaire (Ly, 1985; Sarr, 1995). L'analyse lithologique des déblais de forages a permis de distinguer neuf (09) unités lithologiques d'épaisseur variable avec des variations latérales de faciès (Figure 3). La corrélation des différentes coupes permet d'établir la succession des différents ensembles stratigraphiques de la région. De la base vers le sommet on distingue : la Formation de Cap de Naze, Formation de Ndayane, Formation de Poponguine, Formation de Thiès, Formation de Lam-Lam, Formation de Taïba, Formation de Saloum, la cuirasse latéritique et les sables dunaires.

### 3.1. La Formation de Cap de Naze

Le passage du Maastrichtien au Paléocène de Sine-Saloum est difficile à fixer par la lithologie. Il existe une continuité lithologique entre le toit du Maastrichtien et la base du Danien correspondant à des sables argileux coquilliers riches en débris de lignite. Les palynoflores d'un niveau argilo-sableux à débris ligneux du sondage de Walalane ont permis de fixer le toit du Maastrichtien à 269 m de profondeur (Caratini *et al.*, 1991 ; Sarr, 1995). Il correspond à la disparition des palynoflores *Pteriretisyncolpites magnosagenatus* (Tschudy) Kieser & Jan Du Chene, 1979 et *Ariadnaesporites* spp. et à l'apparition de *Proxapertites cursus* Hoeken Kinkenber, 1966 et *Saturnia enigmaticus* Salard, 1977. Cette limite coïncide avec celle établie par les auteurs (Audibert, 1967; Elouard, 1967).

### 3.2. La Formation de Ndayane

La Formation de Ndayane correspond soit à une biocalcarénite lumachellique argilo-sableuse à Ostréidés (Keur Yoro, Mbowène Soulève et Ngolothie) ou à des marnes, calcarénites et sables argileux à débris de lignite (Mbassis et Walalane). Les foraminifères planctoniques trouvés à Mbassis *Subbotina triloculinoïdes* (Plummer, 1926), *Parasubbotina pseudobulloïdes* (Plummer, 1927), *Praemurica inconstans* (Subbotina, 1953), sont caractéristiques du Danien. Sur les 33 espèces de l'écozone d'ostracodes H1a de Sarr (2012), les plus caractéristiques sont *Buntonia issabaensis* Apostolescu, 1961, *Hermanites angulocostata* Sarr, 1998, *Leguminocythereis roogseeni* Sarr, 1999 et *Xestoleberis senegalensis* Sarr, 1998. Les marnes peuvent passer latéralement à des argiles et-marnes sableuses à débris ligneux (Walalane) datés du Danien (biozones P1 à P2).

### 3.3. La Formation de Poponguine

Elle est formée de biocalcarénites, de marnes et d'argiles au sommet. Les foraminifères planctoniques sont riches au toit (55 à 71 %). Les espèces *Subbotina velascoensis* (Cushman, 1925), *Morozovella acuta* (Toulmin, 1941), *M. aequa* (Cushman & Renz, 1942), *M. velascoensis* (Cushman, 1925) et *Globanomalina chapmani* (Parr, 1938) caractérisent les biozones P3 à P5 du Sélandien et du Thanétien. L'ostracofaune est très diversifiée (107 espèces) et la présence de taxons index *Buntonia sererina* SARR, 1999 et *Leguminocythereis lokossaensis* (Apostolescu, 1961) indique l'écozone H1b de Sarr (2012).

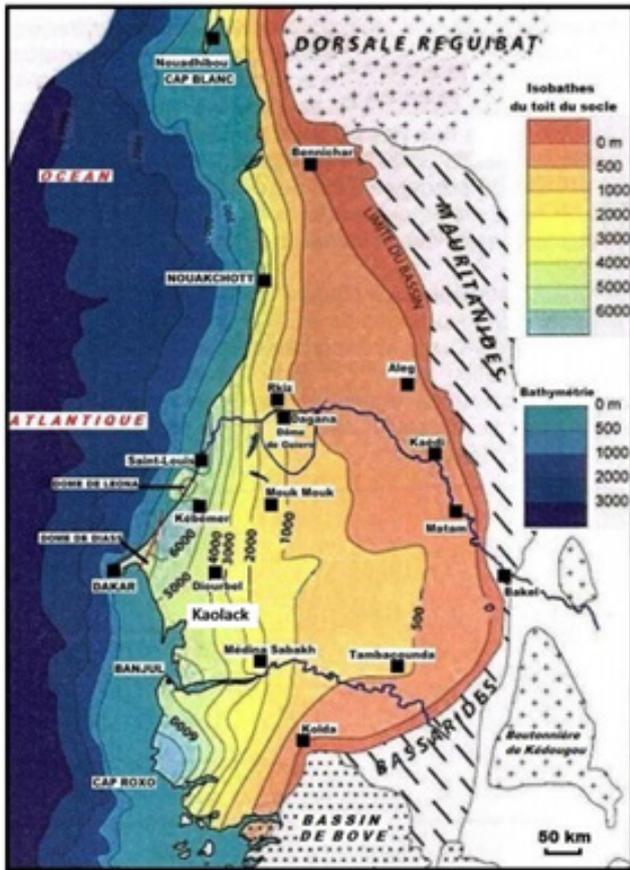
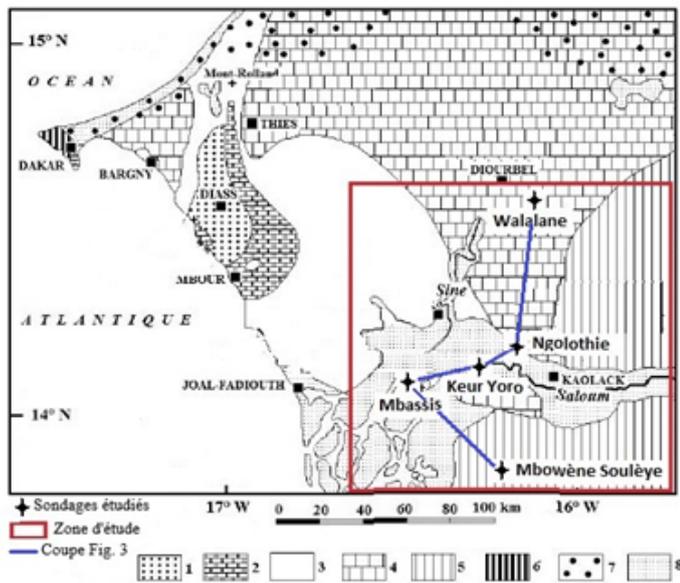


Figure 1. Le bassin sénégal-mauritanien dans son cadre régional (Roger et al., 2009).



1. Groupe de Diass: sable, grès, argile (Campanien terminal-Maastrichtien)
2. Formation de Ndayane et de Poponguine : calcaire gréseux, marnes, calcaires argileux (Paléocène)
3. Formation de Thiès : argiles, marnes et calcaires (Yprésien)
4. Formation de Lam-Lam et Taïba : marnes, calcaires, calcaires à Nummulites (Lutétien-Barthonien)
5. Formation du Saloum : sable, grès, argile (Miocène moyen à supérieur) Quaternaire
6. Basaltes et dolérites
7. Dunes rouges
8. Alluvions récents et dépôts littoraux

Figure 2. Carte géologique du Sénégal occidental (Sarr, 2013).

### 3. 4. La Formation de Thiès

La Formation de Thiès est formée de calcaires gris à

silex, phosphate et glauconie surmontés par des marnes et argiles feuilletées grises ou blanches à silex. Elle est entièrement argileuse à Keur Yoro avec des passages calcaires fréquents. Le toit comprend des calcaires argileux coquilliers à passages de marnes, de silex et phosphate. La base est riche en foraminifères planctoniques (55-80 %) : *Acarinina soldadoensis* (Brönnimann, 1952), *Morozovella gracilis* (Bolli, 1957), *M. subbotinae* (Morozova, 1939) et *Pseudohastigerina wilcoxensis* (Cushman & Ponton, 1932) caractérisent les zones E1 à E4 de l'Yprésien inférieur. L'ostracofaune comprend de rares espèces remaniées de l'association H1b. Ce niveau est surmonté d'argiles et de marnes feuilletées souvent azoïques. Le toit de la formation contient de rares formes planctoniques (5 à 10 %) : *Acarinina pentacamerata* (Subottina, 1947), *A. wilcoxensis* Cushman & Ponton, 1932, *Subbotina inaequispira* (Subbotina, 1953), *Morozovella aragonensis* (Nuttal, 1930), *Turborotalia cerroazulensis frontosa* (Subbotina, 1953) qui caractérisent les biozones E5-E7 de l'Yprésien supérieur. Les ostracodes moins diversifiés avec 42 espèces caractérisent l'écozone H2 (E5 et base de E7) et la base de l'écozone H3 (sommet de E7).

### 3. 5. La Formation de Lam-Lam

Elle comprend des marnes grises ou jaunes à passages calcaires fréquents et des calcaires argileux coquilliers. Cette formation est partiellement érodée au nord-ouest de Kaolack. Les foraminifères planctoniques sont très rares (1 à 5 %) : *Globigerinatheka gr. index* (Finlay, 1939), *Cassigerinelloita amekiensis* (Stolk, 1965) et *Pseudohastigerina micra* (Cole, 1927) qui sont caractéristiques des biozones E8-E11 du Lutétien. Les ostracodes de l'écozone H3 sont rares au sommet.

### 3. 6. La Formation de Taïba

Elle comprend des calcaires jaunâtres ou blancs à nummulites. A Mbowène Soulye, le toit est un calcaire bréchi que silicifié et phosphaté à débris de nummulites, d'ostréidés et de dents de poissons. Les nummulites sont très diversifiées : *Nummulites curvispira* (Douville, 1920) *N. vasseur* (Jacquet, 1936), *N. distans* (Deshayes, 1838), *N. heeri* (De La Harpe, 1883), *N. irregularis* (Deshayes, 1838) et *N. tchiatcheffi* (d'Archiac & Haime, 1853). Les ostracodes sont très rares avec les espèces *Asymmetricythere cinqua* (Carbonnel, 1989) et *Cushmanidea tessieri* (Sarr, 2012). La présence d'*Orbulinoides beckmanni* (Saito, 1962) à 53 m caractérise la biozone E12 du Bartonien.

### 3. 7. La Formation de Saloum

Elle repose en discordance sur les calcaires de Taïba. Elle est constituée de dépôts sablo-argileux rubéfiés. Ce sont des dépôts marins fortement altérés renfermant une faune marine très pauvre constituée parfois de lumachelles, de lamellibranches, de gastropodes et d'échinodermes marins (*Rotuloidea vieirai*). Cette formation correspond au Continental terminal (*sensulato*) et les niveaux supérieurs seraient l'équivalent du Miocène marin de Basse Casamance.

### 3. 8. Cuirasse latéritique

Elle est composée de gravillons ferrugineux enrobés dans une matrice argilo-sableuse d'épaisseur variable. Les gravillons latéritiques résultent du démantèlement d'anciennes cuirasses ferrugineuses formées au cours d'épisodes d'altération continentale en climat tropical humide entre la fin du Pliocène et le début du Pléistocène. Elle constitue dans cette zone la

partie supérieure du Continental terminal. Les sables et la cuirasse reposent en discordance sur les terrains sous-jacents.

### 3. 9. Sables dunaires

Ce sont des terrains superficiels composés de sables plus ou moins argileux qui couvrent la presque totalité de la région avec une épaisseur moyenne de 10 m. Ces sables argileux sont déposés au cours d'une période aride du Quaternaire récent, l'Ogolien (Elouard, 1967).

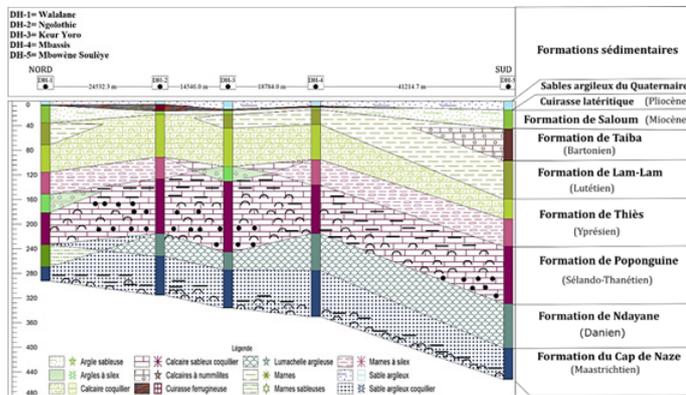


Figure 3 : Stratigraphie de la région d'étude.

## 4. Matériel et méthode

### 4.1. Analyses micropaléontologiques

Elles ont été effectuées par Sarr (1995) sur 144 échantillons (cuttings) provenant de cinq sondages de la région de Kaolack (Figure 2 et Tableau 1). Après séchage, un poids de 50 g de sédiments a été lavé entre les tamis de 350 et 63  $\mu\text{m}$  par l'auteur. Les ostracodes triés puis déterminés au stéréomicroscope sont conservés dans sa collection. Les niveaux échantillonnés vont du Maastrichtien au Quaternaire, avec un Paléogène quasi complet. De nombreuses espèces d'ostracodes appartenant aux genres *Buntonia*, *Leguminocythereis*, *Hermanites*, *Cytherella*, *Xestoleberis*, *Bythocypris*, *Eocytheropteron*, *Paracypris*, *Cytherelloidea* ont été identifiés (Sarr, 1995). La liste des 55 espèces répertoriées dans les sondages de la zone étudiée est présentée dans le Tableau 2.

### 4.2. Analyse multivariée et réalisation de cartes vectorielles

La compilation quantitative a été effectuée à partir des données du Paléogène de l'auteur avec la permission de ce dernier. Une analyse multivariée a été réalisée pour les différents sondages. Le clustering et l'analyse factorielle des correspondances redressée (AFCR) réalisés dans les différents sondages ont permis de déterminer le degré de liaison entre le faciès lithologique et les associations d'ostracodes. A chaque espèce, nous avons affecté un numéro (Tableau 2) qui la représente dans le plan factoriel (Figures 4). A partir des données de répartition verticale de l'ostracofaune et dans chaque forage, nous avons établi les valeurs quantitatives des espèces pour chaque échantillon. Une grille x, y, z dynamique a été créée par la suite à partir des valeurs quantitatives obtenues dans les différents niveaux échantillonnés. Ladite grille a permis de réaliser les cartes (contours, vecteurs, images) de faciès et de répartition spatiale des ostracodes durant les différents étages du Paléogène notamment le Danien, le Thanétien, l'Yprésien et le Lutétien.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des sondages étudiés

Sondage	Latitude [°N]	Longitude [°W]	Altitude (m)	Profondeur (m)
Keur Yoro	14° 07' 30"	16° 18' 00"	+4	452
Mbassis	14° 05' 00"	16° 25' 40"	+3,50	350
Mbowène Soulèye	13° 54' 00"	16° 18' 00"	+15	336
Ngolothie	14° 12' 40"	16° 09' 00"	+3	315
Walalane	14° 35' 00"	16° 07' 00"	+21	292

Tableau 2. Liste des ostracodes étudiés dans le Paléogène de Kaolack (Sénégal).

1	<i>Aysegulina papillata</i> n.sp	28	<i>Leguminocythereis triangulata</i> Apostolescu, 1961
2	<i>Buntonia carbonneli</i> Sarr, 1999	29	<i>Leguminocythereis roogseeni</i> Sarr, 1999
3	<i>Buntonia compressa</i> Carbonnel, 1986	30	<i>Loxoconcha saharensis</i> Bassiouni & Lüger, 1990
4	<i>Buntonia fortunata</i> Apostolescu, 1961	31	<i>Loxoconchella thiandoumi</i> Sarr, 1998
5	<i>Buntonia glomerosa</i> Apostolescu, 1961	32	<i>Nucleolina tatteuliensis</i> Apostolescu, 1961
6	<i>Buntonia issabaensis</i> Apostolescu, 1961	33	<i>Orthonotacythere gorodiski</i> Sarr, 1999
7	<i>Buntonia livida</i> Apostolescu, 1961	34	<i>Orthonotacythere lebouvi</i> Sarr, 1998
8	<i>Buntonia pulvinata</i> Apostolescu, 1961	35	<i>Paijenborchellina pangoli</i> Sarr, 1998
9	<i>Buntonia punctata</i> Apostolescu, 1961	36	<i>Paijuenborchellina lyi</i> Sarr, 1999
10	<i>Buntonia sererina</i> Sarr, 1999	37	<i>Paracosta culcitosa</i> Apostolescu, 1961
11	<i>Buntonia</i> sp. 1 sensu Carbonnel, 1986	38	<i>Paracypris africana</i> Sarr, 1999
12	<i>Buntonia</i> sp. 10 sensu Carbonnel, 1986	39	<i>Paracypris</i> cf. <i>jonesi</i> Bonnema, 1941
13	<i>Buntonia</i> sp. CP 28 sensu Carbonnel, 1986	40	<i>Paracypris</i> n. sp. 2 sensu Salahi, 1966
14	<i>Buntonia</i> sp. 1 sensu Salahi, 1966	41	<i>Pataviella mbeganendouri</i> Sarr, 1999
15	<i>Bythocypris alejo</i> Reyment, 1963	42	<i>Protobuntonia warorei</i> Sarr, 2012
16	<i>Bythocypris senghori</i> Sarr, 1999	43	<i>Reticulina sp 2</i> Sarr, 1999
17	<i>Cushmanidea tessieri</i> Sarr, 2012	44	<i>Reticulina proteros</i> Bassiouni, 1969
18	<i>Cytherella bargnyensis</i> Sarr, 1999	45	<i>Reticulina reymenti</i> Sarr, 1999
19	<i>Cytherella ducassalii</i> Sarr, 1999	46	<i>Reticulina sangalkamerensis</i> Apostolescu, 1961
20	<i>Cytherelloidea saloumensis</i> n.sp Sarr, 1999	47	<i>Soudanella laciniosa laciniosa</i> Apostolescu, 1961
21	<i>Cytherura lougaensis</i> Sarr, 1998	48	<i>Soudanella laciniosa triangulata</i> Apostolescu, 1961
22	<i>Dahomeya alata</i> Apostolescu, 1961	49	<i>Uromuellerina guiraudi</i> n.sp Sarr, 1999
23	<i>Evisceratocythere glabella</i> Apostolescu, 1961	50	<i>Uromuellerina ouseynoudiai</i> Sarr, 1999
24	<i>Hermanites angulocostata</i> Sarr, 1998	51	<i>Xestoleberis uberatus</i> Sarr, 1999
25	<i>Huantraiconella africana</i> Sarr, 1999	52	<i>Xestoleberis</i> n. sp. 2 Salahi,
26	<i>Kingmaina forbenina</i> Carbonnel & Oyede, 1991	53	<i>Xestoleberis senegalensis</i> Sarr, 1999
27	<i>Leguminocythereis senegalensis senegalensis</i> Apostolescu, 1961	54	<i>Xestoleberis</i> n. sp. 2 sensu Salahi, 1966
		55	<i>Xestoleberis</i> sp. sensu Sarr, 1995

## 5. Résultats et discussions

### 5.1. Analyse factorielle des associations

#### • Au Danien

L'ostracofaune du Danien est globalement peu diversifiée (22 espèces). Les faciès sont dominés par les lumachelles

à Ngolothie, Keur Yoro et Mbowène Soulye. Les marnes et les lumachelles argilo-sableuses de Walalane sont plus caractérisées par *Buntonia issabaensis* et *Bythocypris alejo*. A Ngolothie et Mbowène Soulye, on a une forte liaison des lumachelles avec les espèces *Cytherura lougaensis*, *Reticulina sangalkamensis*, *Buntonia glomerosa*, *Xestoleberis senegalensis*, *Hermanites angulocostata*, *Buntonia issabaensis*, *Paijueborchellina lyi* et *Kingmaina fortentina* (Figure 4.2. et Figure 4.5). On en déduit que les faciès lumachelliques sont fortement corrélés aux genres *Buntonia*, *Cytherura*, *Reticulina*, *Hermanites* et *Paijueborchellina* qui semblent bien adaptés à cet environnement de dépôt. En effet, les proportions élevées de *Buntonia* traduisent l'existence d'une mer chaude et peu profonde (Thiam & Sarr, 2018; Van Morkhoven et al., 1986; Whatley et al., 1990).

• **Au Thanétien**

Le Thanétien caractérisé par des calcaires argileux, coquilliers ou gréseux, présente une grande diversité de l'ostracofaune avec 96 espèces dénombrées. Le cluster B situé dans les calcaires coquilliers de Walalane (Tableau 3) est caractérisé par *Nucleolina tatteuliensis*, *Huantraiconella africana*, *Kingmaina forbenina*, *Orthonotacythere gorodiski*, *Hermanites angulocostata*, *Pataviella mbeganendouri* et *Paracypris africana* (Figure 4.1.). A Keur Yoro, le calcaire du Sélando-Thanétien a une forte liaison avec les espèces *Buntonia fortunata*, *Buntonia livida*, *B. glomerosa*, *Hermanites sp.*, *Leguminocythereis senegalensis triangulata* et *Hermanites angulocostata* (Figure 4.3.). Les cluster B et C du Thanétien de Mbassis sont corrélés positivement aux espèces *Buntonia sererina*, *Soudanella laciniosa laciniosa*, *Leguminocythereis senegalensis triangulata*, *Buntonia livida*, *Uromuellerina ousseynoudiai* et *Loxoconchella thiandoumi* (Figure 4.4.).

• **A l'Yprésien**

Les ostracodes de l'Yprésien globalement marneux sont moins diversifiés (45 espèces). Le cluster E de l'unité lithologique de l'Yprésien de Walalane renferme *Buntonia pulvinata*, *Loxoconcha saharaensis*, *Xestoleberis n. sp. 2* Salahi, *Reticulina reymenti*, *Cytherella ducassalii*, *Cushmanidea tessieri*, *Paijueborchellina pangoli*, *Evisceratocythere glabella*, *Uromuellerina guiraudi*, *Paracosta culcitosa*, *Leguminocythereis senegalensis senegalensis* et *Aysegulina papillata* (Figure 4.1.). Cependant les argiles à silex et le calcaire argileux de Keur Yoro restent marqués par *Cytherelloidea saloumensis*, *Dahomeya alata*, *Buntonia punctata*, *Protobuntonia warorei*, *Buntonia sp. 10* Carbonnel, *Leguminocythereis roogseeni*, *Bythocypris senghori* et *Xestoleberis uberatus* (Figure 4.3.). L'Yprésien n'est pas bien caractérisé à Mbowène Soulye.

• **Au Lutétien**

Les marnes restent dominantes à Mbassis, Keur Yoro, Mbowène Soulye et Walalane. La plupart des espèces du Lutétien sont déjà connues à l'Yprésien. Dans l'ensemble, le Lutétien est marqué par une réduction de la diversité des ostracodes. A Mbowène Soulye, les clusters (Tableau 3) ont des liaisons positives fortes avec *Orthonotacythere lebouii*, *Cytherella ducassalii*, *Leguminocythereis senegalensis senegalensis*, *Loxoconcha saharaensis*, *Buntonia compressa*, *Xestoleberis n. sp. 2* Salahi, *Cytherella bargnyensis*, *Buntonia pulvinata* et *Buntonia carbonneli* (Figure 4.5.).

Tableau 3: Répartition des clusters dans les faciès des sondages étudiés.

Sondage	Faciès	Cluster (s)	Age
Mbowène Soulye	Marne grise	D2	Lutétien
	Marne, calcaires, calcaires argileux	C+D1	Yprésien
	Calcaires, calcaires argileux, argile	A2+B	Thanétien
	Lumachelle argilo-sableuse	A1	Danien
Mbassis	Marne, argile sableuse	D	Lutétien
	Marne, calcaires marneux		Yprésien
	Calcaires coquilliers	B+C	Thanétien
	Lumachelle argilo-sableuse, grès, marne	A	Danien
Keur Yoro	Marne	C	Lutétien
	Calcaires argileux		Yprésien
	Calcaires, grès	B	Thanétien
	Lumachelle argileuse	A	Danien
Ngolothie	Calcaires, argile	C	Lutétien
	Marne		Yprésien
	Calcaires gréseux, calcaires argileux	B	Thanétien
	Lumachelle argileuses	A	Danien
Walalane	Marne, calcaire marneux	E	Yprésien
	Calcaires coquilliers, argile	B+C+D	Thanétien
	Argile sableuse	A	Danien

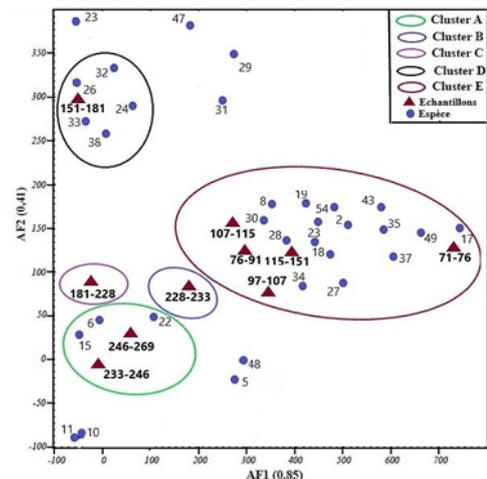


Figure 4.1. ACFR des ostracodes dans le sondage de Walalane.

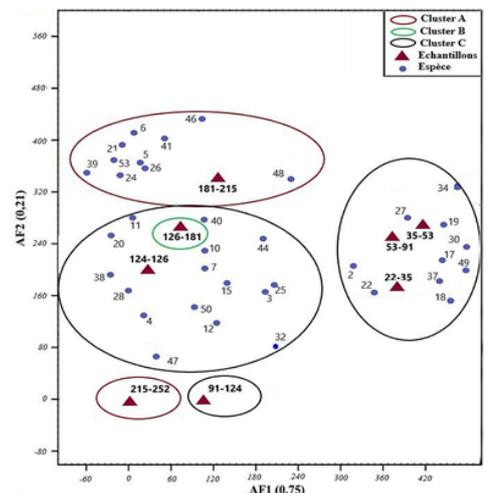


Figure 4.2. ACFR des ostracodes dans le sondage de Ngolothie

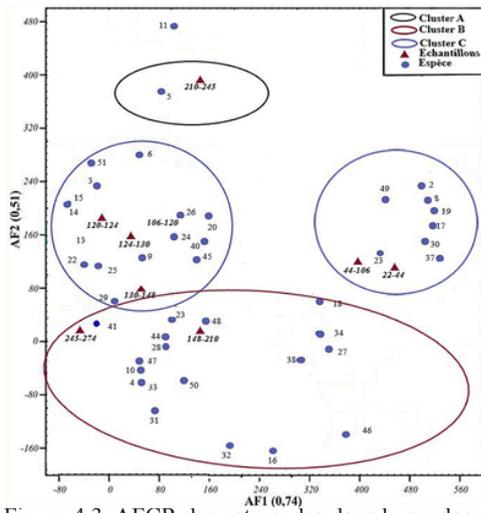


Figure 4.3. AFCR des ostracodes dans le sondage de Keur Yoro.

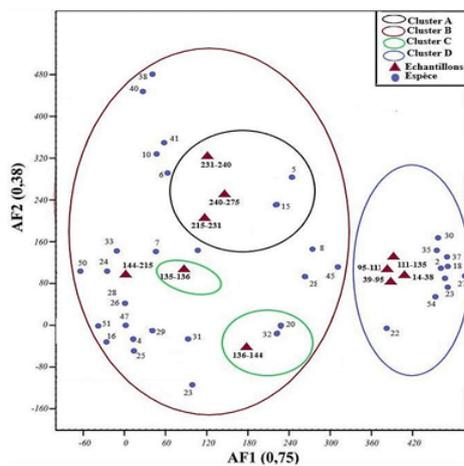


Figure 4.4. AFCR des ostracodes dans le sondage de Mbassis.

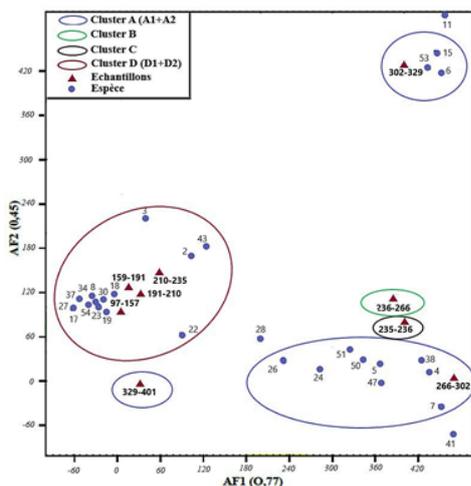


Figure 4.5. AFCR des ostracodes dans le sondage de Mbowène Soulyè.

## 5. 2. Répartition spatiale des faciès et des ostracodes

### • Au Danien

Les lumachelles argileuses présentes à Ngolothie et Keur Yoro passent latéralement à des argiles sableuses à Walalane au Nord (Figure 5.1. et Figure 5.2.). Le maximum de diversité des ostracodes (22 espèces) s'observe dans les lumachelles argileuses de Ngolothie mais elle diminue dans les marnes et les argiles sableuses vers le nord-ouest du bassin avec 6 espèces dénombrées à Walalane. En intégrant les résultats de

l'AFCR des sondages de Ngolothie et Walalane, on observe un passage d'un domaine dominé par les genres *Buntonia*, *Cytherura*, *Reticulina*, *Hermanites* et *Paijueborchellina* au centre à un domaine où ne subsiste que les genres *Buntonia* et *Bythocypris* au nord-ouest (Figure 6.1.). Le lithofaciès dominé par une lumachelle argileuse riche en ostréidés caractérise un dépôt marin littoral ou lagunaire peu profond. Les résultats obtenus avec les foraminifères indiquent un domaine littoral et une plate-forme interne isolée de l'océan (Sarr, 1995). Le paléoenvironnement littoral ou lagunaire persiste mais la disparition des *Cytherura* pourrait s'expliquer par l'installation d'une zone anoxique (Thiam & Sarr, 2018).

### • Au Sélando-thanétien

Les calcaires, les grès et les calcaires coquilliers se succèdent aux lumachelles argileuses. Ces premiers faciès se concentrent vers le centre à Keur Yoro avec une augmentation des épaisseurs (Figure 5.2.). La diversité spécifique est très élevée avec 96 espèces répertoriées dans les sondages, mais elle diminue lentement vers le nord avec 38 espèces à Walalane. A ce niveau, le faciès est resté le même mais on remarque un renouvellement faunistique dans les marnes et argiles sableuses par rapport au Danien (Figure 6.2.). Elle se confirme par les résultats de l'AFCR de Walalane où les clusters B, C et D du Thanétien contribuent fortement à l'inertie de l'axe factorielle [AF2].

### • A l'Yprésien

Le faciès marno-calcaire et les argiles subsistent et s'enrichissent en silex dans tous les sondages (Figure 5.3.). Les plus fortes diversités spécifiques sont observées dans le calcaire argileux à Keur Yoro (45 espèces) et dans le calcaire à silex de Ngolothie (36 espèces). Seules 11 espèces sont connues dans les marnes blanches de Walalane (Figure 6.3.). Les carapaces des ostracodes présentent des marques de dissolution et une silicification.

### • Au Lutétien

Les marnes jaunâtres s'étendent en direction du sud-est même si l'épaisseur devient faible. Le bassin reste dominé par les marnes, mais le calcaire argileux coquillier subsiste encore à Ngolothie (Figure 5.4.). La diversité spécifique est réduite à Mbowène Soulyè (30 espèces), Mbassis (20 espèces) et Keur Yoro (17 espèces) (Figure 6.4.). La plupart des espèces déjà connues à l'Yprésien sont présentes au Lutétien, mais leur diversité diminue ce qui suggère des changements des paramètres physico-chimiques du milieu de dépôt. Les résultats de l'AFCR montrent que les clusters du Lutétien participent mieux à l'inertie de l'axe factoriel [AF1]. Dans l'ensemble, le Lutétien est marqué par un début de réduction de la diversité des ostracodes. Les genres les plus présents sont *Cytherella*, *Loxoconcha*, *Buntonia* et *Leguminocythereis*.

Au-delà des travaux antérieurs portant sur une simple répartition des espèces dans les unités lithologiques, la présente étude a établi une pondération qui met en évidence le degré de liaison entre lithologie et contenu micropaléontologique. Le modèle numérique qui en découle détermine l'évolution du lithofaciès et du biofaciès au cours du temps.

Ainsi, les résultats obtenus dans cette étude ont permis d'identifier les espèces les plus caractéristiques pour chaque unité lithologique et d'établir des cartes thématiques spatiales (répartition des faciès et des ostracodes) pour le Danien, le

Sélando-Thanétien, l'Yprésien et le Lutétien.

Au Danien, le lithofaciès de lumachelles et la diversité très élevée des ostracodes indiquent un paléoenvironnement littoral ou lagunaire de faible profondeur. Les dépôts de calcaires coquilliers du Thanétien caractérisent un milieu franchement plus marin. La diversité spécifique élevée des ostracodes suggère un fond marin stable peu agité situé dans la zone photique (Pokorny, 1978). La diversification des *Cytherelloidea* indique une mer chaude peu profonde. (Thiam & Sarr, 2018). Ces conditions seraient à l'origine du renouvellement observé durant le Sélando-Thanétien avec la prédominance des Trachyleberididae et d'autres ostracodes ornés peuplant préférentiellement les habitats côtiers et infralittoraux.

A l'Yprésien, le lithofaciès argileux ou marneux riche en silex caractérise une sédimentation en milieu plus calme et plus profond. L'indice de pélagisme atteint son maximum à la base de l'Yprésien ce qui indique une bonne ouverture sur l'océan. La formation du lithofaciès calcaro-marneux à l'Yprésien supérieure accompagnée d'une baisse de l'indice de pélagisme indique une réduction des influences océaniques (Sarr, 1995). Elle se poursuit au Lutétien et aboutit à une rupture de la communication avec l'océan. L'isolement du milieu pourrait expliquer la réduction spécifique des ostracodes observée au Lutétien.

Des affinités et des échanges de microfaunes à différents degrés sont reconnus au Paléogène entre le bassin sénégalo-mauritanien et les autres bassins d'Afrique occidentale en particulier le golfe de Guinée. Les genres *Buntonia* sont connus dans tous les bassins ouest africains et même d'Afrique du Nord. L'augmentation du volume d'ostracode depuis le golfe de Guinée vers la Libye prouve une migration à travers la mer trans-saharienne (Sarr, 2015).

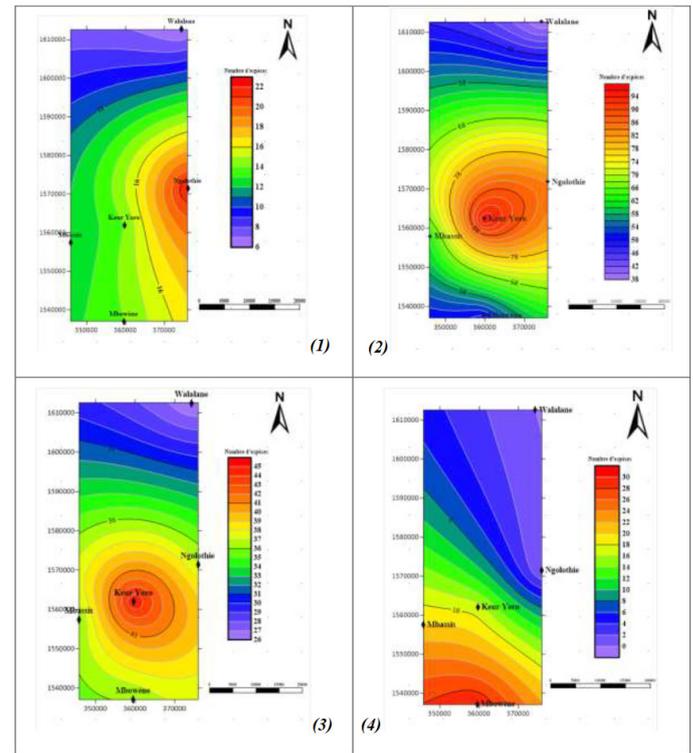


Figure 6. Répartition spatiale des ostracodes du Paléogène à Kaolack. (1) -Danien, (2) -Thanétien, (3) -Yprésien, (4) -Lutétien

6. Conclusion

L'analyse multivariée montre que la répartition des espèces d'ostracodes est étroitement liée à la nature du faciès. Les genres *Buntonia*, *Cytherura*, *Reticulina* et *Hermanites* se diversifient dans les lumachelles du Danien dans un milieu de type littoral ou lagunaire. L'ostracofaune se renouvelle au Thanétien dans un environnement côtier dominé par un faciès calcaire. L'augmentation du faciès marneux dans le bassin à l'Yprésien influence positivement la diversité spécifique des ostracodes. A la base de l'Yprésien, le milieu est ouvert aux influences du large mais s'en suit une baisse à la fin de l'Yprésien. Au Lutétien, la réduction des influences marines s'accroît et entraîne une réduction significative de l'ostracofaune où subsistent les *Leguminocythereis*, *Loxoconcha* et *Buntonia*. La répartition spatiale des ostracodes dans les différents faciès semble confirmer les migrations faunistiques entre les bassins ouest africains durant la période Paléocène-Eocène inférieur. L'ostracofaune augmente depuis le golfe de Guinée jusqu'en Lybie en passant par le bassin côtier du Nigéria et le secteur nigérian des Iullemmeden (Morsi et al., 2011; Sarr, 2015). Cette répartition des faunes entre les bassins d'Afrique de l'ouest et d'Afrique du nord met en évidence l'existence d'une mer trans-saharienne (Sarr, 2015) qui pourrait expliquer la succession des faunes dans les différents faciès de Kaolack durant le Paléogène.

Références bibliographiques

Apostolescu, V. (1961). Contribution à l'étude paléontologique (ostracodes) et stratigraphique des bassins crétacés et tertiaires de l'Afrique occidentale. *Rev. Inst. Franç. Pétr.*, 16(7-8), 779-867.

Audibert, M. (1967). Hypothèses de travail pour l'étude du Quaternaire du « delta » du Sénégal. *Actes du 6è Congrès Pana. Préhist. Etud Qual.*, 10.

Babinot, J. (1981). Ostracodes du crétacé supérieur-cénozoïque de Côte d'Ivoire. *Cahier de Micropaléontologie*, 2, 53-69 tabl.2, Pl. 4.

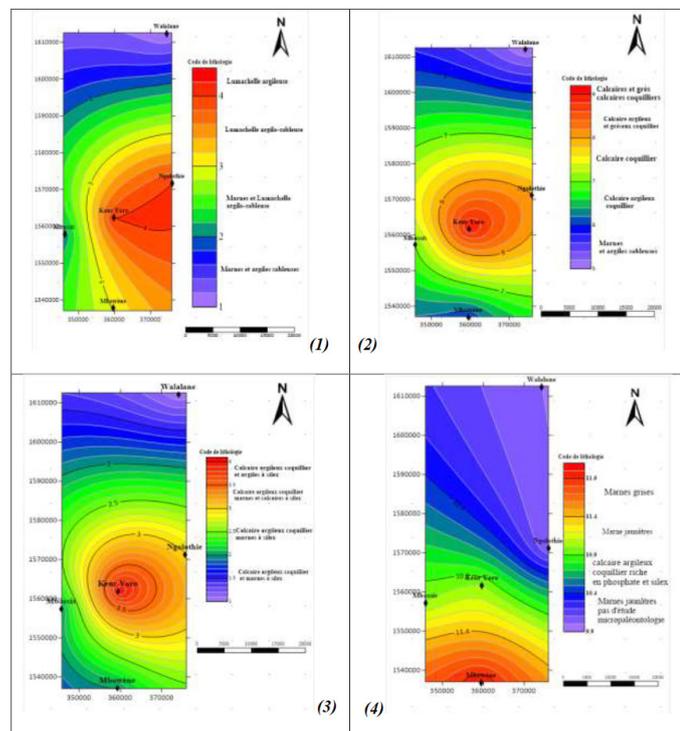


Figure 5. Répartition spatiale des faciès lithologiques au Paléogène à Kaolack. (1) -Danien, (2) -Thanétien, (3) -Yprésien, (4) -Lutétien

- Bassiouni, M. A. A., & Morsi, A.-M. M. (2000). Paleocene-Lower Eocene ostracodes from El Quss Abu Said Plateau (Farafra Oasis), Western Desert, Egypt. *Palaeontographica Abteilung A*, 27-84. <https://doi.org/10.1127/pala/257/2000/27>
- Bellion, Y. (1989). Histoire géodynamique post-paléozoïque de l'Afrique de l'Ouest d'après l'étude de quelques bassins sédimentaires (Sénégal, Taoudéni, Iullemeden, Tchad) [Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences]. Université d'Avignon.
- Bellion, Y., & Guiraud, R. (1984). Le bassin sédimentaire du Sénégal. Synthèse des connaissances actuelles. Volume 1, 1-63.
- Benzecri, J. P. (1973). L'analyse des données. Tome 1. In *La Taxonomie*, Dunod, p. 624.
- Carbonnel, G. (1986). Ostracodes tertiaires (Paléogène à Néogène) du bassin sénégal-guinéen. Rapport 101, BRGM, p 33-202
- Elewa, A. M. T. (2002). Paleobiogeography of Maastrichtian to Early Eocene Ostracoda of North and West Africa and the Middle East. *Micropaleontology*, 48 (4), 391-398.
- Elouard, P. (1967). Eléments pour une définition des principaux niveaux du Quaternaire. *Bulletin de l'IFAN*, 29 (Série A), 822-836.
- Flicoteaux, R., Latil-Brun, M. V., & Michaud, L. (1988). Histoire de la subsidence post-rift du bassin côtier mauritano sénégal-guinéen. Relation avec l'amincissement crustal pendant la période Jurassique à Crétacé inférieur. Comparaison avec l'évolution des marges péri-atlantiques au niveau de l'Atlantique central et équatorial (côte Est des U.S.A., Sud-Sahara, Côte d'Ivoire et plateau du Demerara). *Journal of African Earth Sciences*, 7-2D: 345-359.
- Hill, M. O., & Gauch Jr, H. G. (1980). Detrended Correspondence analysis : An improved ordination technique. *Vegetation*, 42, 47-58.
- Jansa, L. F., & Wiedemann, J. (1982). Mesozoic-Cenozoic development of Eastern North American and Northwest African continental margins : A comparison. *Geology of the Northwest African continental margin*. Springer Verlag, 2154-2263.
- Latil-Brun, M. V., & Flicoteaux, R. (1986). Subsidence de la marge sénégalaise, ses relations avec la structure de la croûte. Comparaison avec la marge conjuguée américaine au niveau du Blake Plateau. *Bulletin des Centres de Recherche Exploration-Production d'Elf-Aquitaine*, 10, 69-82.
- Legendre, P., Borcard, D., & Peres-Neto, P. R. (2005). Analyzing beta diversity : Partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs* (75), 435-450.
- Legendre, P., & Legendre, L. (1998). *Numerical Ecology*. second English edition. Elsevier, Amsterdam
- Ly, A. (1985). Le Tertiaire de Casamance (Sénégal) : Biostratigraphie (Foraminifères) et Sédimentologie d'après les données de subsurface. [Thèse]. Université Aix-Marseille III. 1-231.
- Ly, A., & Anglada, R. (1991). Le bassin senegal-mauritanien dans l'évolution des marges péri-atlantiques. *Cahier de Micropaléontologie*, 6 (2), 23-56.
- Morsi, A.-M. M., Speijer, R. P., Stassen, P., & Steurbaut, E. (2011). Shallow marine ostracode turnover in response to environmental change during the Paleocene-Eocene thermal maximum in northwest Tunisia. *Journal of African Earth Sciences*, 59 (2), 243-268. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2010.11.001>
- Pokorny, V. Ostracoda. *Introduction to marine micropaleontology*. Edited by Haq and Boersma, Elsevier, New York, p 109-147.
- Reyment, R. A. (1965). Quantitative morphologic variation and classification of some Nigerian Paleocene Cytherellidae. *Micropaleontology*, 11(4), 457-465.
- Sarr, R. (1986). Le Paléogène de la région de Mbour-Joal (Sénégal occidental) : Biostratigraphie, étude systématique des ostracodes, paléoenvironnement. *Revue de Paléobiologie, Geneve*, 18(1), 1-29.
- Sarr, R. (1995). Etude biostratigraphique et paléoenvironnementale des séries d'âge Crétacé terminal à Eocène moyen du Sénégal occidental. Systématique et migration des ostracodes. [Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences]. Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
- Sarr, R. (2012). Les ostracodes du Paléocène du horst de Diass (Sénégal) : Biostratigraphie, systématique et paléoenvironnement. *Revue de Micropaléontologie*, 41(2), 151-174.
- Sarr, R. (2013). Ostracodes nouveaux du Paléogène du Sine-Saloum (Sénégal, Afrique de l'Ouest) : Biostratigraphie, paléoenvironnement. *Revue de Paléobiologie, Geneve*, 32(2), 569-588.
- Sarr, R. (2015). Paleobiogeographic implications of Paleocene ostracods from Senegal and related West and North Africa basins. *Revue de Micropaléontologie*, 58(4), 333-349. <https://doi.org/10.1016/j.revmic.2015.07.003>
- Spengler, A., Castelain, J., Cauvain, J., & Leroy, M. (1966). Le bassin secondaire et tertiaire du Sénégal. Symp. New Dehli 1964, Ass. Serv. Géol. Afr. (editor), Dakar 163-191.
- Tessier, F. (1952). Contribution à la stratigraphie et à la paléontologie de la partie Ouest du Sénégal (Crétacé et Tertiaire). *Bulletin de la Direction des Mines de l'A. O. F.*, 1-57.
- Tessier, F., Flicoteaux, R., Lappartient, Nahon, J. R., & Triat, J. M. (1975). Réforme du concept de « Continental Terminal » dans les bassins côtiers de l'Ouest africain. In *9è Congrès International de Sédimentologie*, (Vol. 1, p. 207-212).
- Thiam, M. (2014). Etude biostratigraphique et paleoenvironnementale du Cénozoïque de la marge continentale ouest africaine en Casamance (Sénégal) d'après les foraminifères et les ostracodes. [Thèse de Doctorat Unique]. Cheikh Anta Diop.
- Thiam, M. (2021). Biodiversité des foraminifères planctoniques du Cénozoïque de la marge continentale ouest-africaine au Sénégal : Implication paléoenvironnementale. *Revue Sciences de la Vie de la Terre et Agronomie*, 9 (2), 13-17.
- Thiam, M., & Sarr, R. (2014). Etude des paléoenvironnements du paléocène au miocène du bassin sédimentaire sénégalais (Casamance, Afrique de l'Ouest) par analyse factorielle des populations de foraminifères benthiques. *Revue de Paléobiologie*, 33 (1), 143-157.
- Thiam, M., & Sarr, R. (2018). L'Eocène de la marge continentale Ouest Africaine en Casamance (Sénégal) : Biostratigraphie et Paléoenvironnement à partir des ostracodes. *Revue Sciences de la Vie de la Terre et Agronomie*, 6 (1), 68-72.
- Van Morkhoven, F. P. C. M., Berggren, W. A., Edwards, A. S., & Oertli, H. J. (1986). *Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic Foraminifera*. Elf Aquitaine.
- Whatley, R. C., Maybury, C., & International Symposium on Ostracoda (Eds.). (1990). *Ostracoda and global events*. Chapman and Hall.