

Pétrographie et environnements de dépôt des calcaires paléocènes du bassin sédimentaire côtier du Bénin

Karim B. BIO OUMAROU*, Christophe KAKI, Gérard A. Franck d'ALMEIDA,
Germain Coffi TCHOKPON et Bienvenu M. SOKEGBE G

*Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Géologie,
Mines et Environnement (LaboGME), 01 BP4256 Cotonou, Bénin*

* Correspondance, courriel : sarrekarim@yahoo.fr

Résumé

La présente étude porte sur la reconstitution de l'environnement de dépôt des calcaires paléocènes du bassin sédimentaire côtier du Bénin et tente de corréliser les différentes couches. La méthodologie utilisée est basée sur une étude pétrographique et paléoenvironnementale. Les calcaires paléocènes du bassin côtier béninois sont zoogènes et montrent de rapides variations de faciès. L'étude révèle qu'à Onigbolo, Djaglahoué, Gbakpodji et Fongba les calcaires sont à textures grainstone et packstone. A Onigbolo, ils sont formés dans un milieu à forte énergie (plate-forme peu profonde proche d'une barrière). Ce milieu est caractérisé par l'abondance des oolithes de type α (sphérique et allongé). Du côté de Lokossa (Djaglahoué, Gbakpodji et Fongba), l'environnement est de type deltaïque, dominé par une sédimentation sableuse. Par contre à Massè, la texture wackstone est dominante. Ici, l'environnement est une plate-forme peu profonde, moins agitée qu'à Onigbolo. Par corrélation lithofaciale, le calcaire inférieur de la carrière d'Onigbolo correspond aux niveaux sableux carbonatés de base des carrières de Massè, Djaglahoué, Gbakpodji et Fongba.

Mots-clés : *calcaires, pétrographie, environnements, paléocène, Bénin.*

Abstract

The paleocene limestones of the benin coastal basin : petrography and depositional environment

This study aims to recreate the depositional environment of Benin coastal basin limestones and to correlate the various limestones layers. Methodology used is based on the petrographic and paléoenvironnement studies. The study yield that these limestones are zoogene. At Onigbolo, Fongba, Djaglahou and Gbakpodji the limestones are grainstone and packstone texture dominate. At Onigbolo, the depositional environment is a platform not very deep or back barrier characterized by the abundance of the oolites type α (spherical and lengthened), strong energy. Whereas side of Lokossa (Djaglahoué, Gbakpodji and Fongba), the environment is deltaic, dominated by sandy sedimentation. In the sector of Massè, the limestones are wackstone texture. The environment is a platform also not very deep and less agitated than Onigbolo area. The lower limestone of Onigbolo area would correspond at the basic sandy levels present at Massè, Djaglahoué, Fongba and Gbakpodji.

Keywords : *limestones, petrography, depositional environment, paleocene, Benin.*

1. Introduction

Les carbonates marins sont essentiellement biogéniques. Leur mécanisme de formation est contrôlé non seulement par les apports de sédiments, mais aussi par les conditions physico-chimiques de l'océan (température, salinité, profondeur, turbidité, agitation de l'eau et apport de nutriments) et les organismes marins producteurs de sédiments biologiques [1]. Les variations dépendantes ou interdépendantes de ces conditions modifient non seulement l'écologie des organismes mais déterminent aussi la succession des faciès dans un bassin [2]. La nature et l'agencement géométrique dans l'espace et dans le temps des faciès carbonatés permettent de reconstituer la paléogéographie et les paléoenvironnements de dépôt. L'apport des carbonates biogènes dans la détermination des environnements de dépôt est prépondérant [3]. Les récentes études entreprises par [4 - 13], consacrées au Paléogène dans l'onshore de la baie du Bénin, ont tenté de mieux établir le contexte lithostratigraphique de ces formations. Dans le bassin sédimentaire côtier du Bénin, plus précisément dans la dépression de la Lama, de nombreux gisements de calcaire découverts sont actuellement exploités. Les travaux de [13 - 15] ont relevé la diversité physique, chimique et biologique de ces calcaires. Mais la dynamique sédimentaire à l'origine de la formation de ces calcaires n'a pas encore été étudiée. Dans le bassin sédimentaire côtier du Bénin, les dépôts paléogènes sont caractérisés par de rapides changements de faciès [16], une rupture des conditions de sédimentation entre l'Est et l'Ouest [10] et une tectonique en blocs [17]. Cette complexe sédimentation fait des dépôts paléogènes du bassin sédimentaire côtier du Bénin un sujet d'étude intéressant. Limitée aux secteurs de Massè-Onigbolo (Sud-Est) et Fongba-Gbapodji (Sud-Ouest), la présente étude a pour but de comprendre la dynamique sédimentaire paléocène dans le bassin sédimentaire côtier du Bénin, notamment en ce qui concerne la formation des calcaires. Elle vise à reconstituer l'environnement de dépôt de ces calcaires. Spécifiquement, elle permettra de déterminer les différents faciès indicateurs des paléoenvironnements et les caractéristiques sédimentologiques, pétrographiques des dépôts calcaires dans les différents milieux.

1-1. Cadre géographique et géomorphologique de la zone d'étude

La zone d'étude est située dans la dépression de la Lama qui s'étend d'Est en Ouest du Nigéria au Togo à travers la "Baie du Bénin". Au Bénin, la limite sud de la dépression de la Lama est toujours marquée par une forte pente sur la bordure des plateaux méridionaux limitrophes. La limite nord est beaucoup plus difficile à fixer car elle se confond en pente très douce avec les plateaux septentrionaux limitrophes. Les secteurs de Massè-Onigbolo et Gbakpodji-Djaglahoué- Fongba appartiennent à la dépression de la Lama. Le premier est situé au Sud-Est entre 2°10' et 2°30' de longitude Est et 7°00' et 7°20' alors que le second se trouve au Sud-Ouest entre 1°40' et 1°50' de longitude Est, 6°40' et 6°50' de latitude Nord (*Figure 1*).

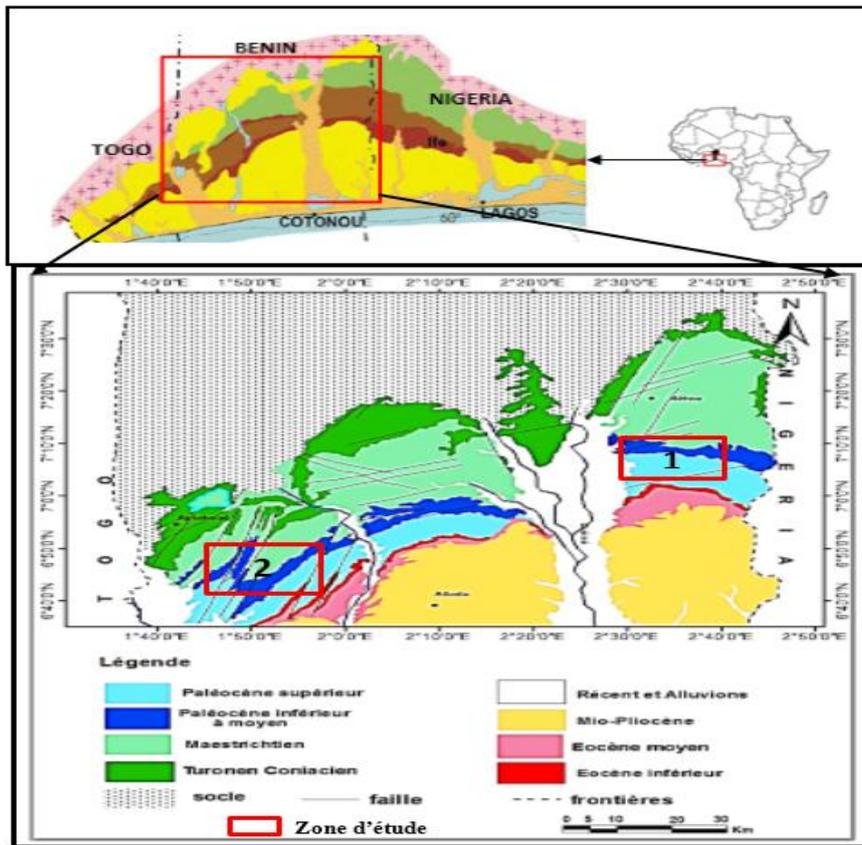


Figure 1 : Carte du bassin sédimentaire côtier du Bénin montrant la dépression de la Lama (1 : Secteur de Massè-Onigbolo 2 : Secteur de Gbakpodji-Djaglahoué-Fongba) Source : Institut de Recherche BREDA ; 1986

1-2. Contexte géologique

La partie émergée du bassin sédimentaire côtier béninois est compartimentée en blocs délimités par des failles normales, conséquence d'une activité tectonique intense ayant favorisé un mouvement d'approfondissement croissant du substratum panafricain du nord vers le sud. Les failles mises en évidence peuvent être regroupées suivant trois directions principales: NNE-SSW, NNW-SSE et N-S. Les failles de Séhoué, Lokossa et Zagnanado correspondent aux directions NNW-SSE et N-S et appartiennent à une famille d'accidents majeurs dans le bassin [17]. Les formations géologiques du bassin présentent une structure faiblement inclinée marquée par un léger pendage de 1 à 2° vers le Sud-Est (**Figure 2**).

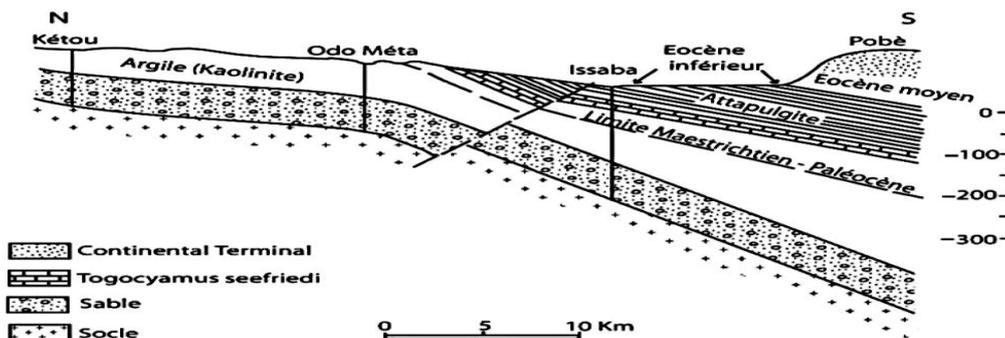


Figure 2 : Coupe structurale Kétou - Pobè située à l'Est du bassin sédimentaire côtier du Bénin (Slansky, 1962 modifié)

De la lithologie de l'onshore du BSC, une synthèse détaillée, réalisée par IR-BREDA, (1987) a permis de regrouper les formations rencontrées en huit (08) unités lithostratigraphiques. Seules les unités III et IV qui englobent les formations rencontrées dans notre zone d'étude feront ici l'objet d'un développement. D'une manière générale, la lithostratigraphie des deux unités ci-dessus citées peut se résumer comme suit.

- La partie inférieure de l'unité III est constituée essentiellement de calcaires grainstones oolithiques bioclastiques. Elle est datée du Paléocène supérieur. Un niveau glauconieux-phosphaté daté radiométriquement de 53 ± 2 Ma la sépare de l'Yprésien et marque le passage Paléocène-Eocène [18]. Ce niveau témoigne de l'apogée transgressif du cycle de variation du niveau marin au Paléocène supérieur. La lithologie dominante du Paléocène supérieur est constituée par d'argiles gris-sombres, feuilletées, d'argiles calcareuses et de calcaire. Des horizons carbonatés (micrites dolomitiques ou calcaires de type packstone-wackestone) interrompent la séquence argileuse.
- L'Yprésien est constitué en prédominance par une argile verdâtre feuilletée à attapulгите et, en sous-ordre, kaolinite. Quelques niveaux dolomitiques et calcaires glauconieux-phosphatés sont présents le long de la succession argileuse. Le toit de cette subséquence est constitué par un packstone-wackestone bioclastique (à faune essentiellement benthique) bioturbé, phosphaté et légèrement glauconieux ; il entre en contact franc avec les argiles. Le Lutétien et le Bartonien débutent par des argiles gris-vert à attapulгите, tout à fait pareilles à celles de l'Yprésien, passant rapidement à des micrites fossilifères poreuses et friables avec des niveaux d'argiles gypseuses. Des niveaux calcaires décimétriques (wackestones bioclastiques, bioturbés, phosphatés) interrompent cette séquence à attapulгите.

Dans la zone d'étude, les calcaires se présentent en deux ou trois bancs en fonction des secteurs. Du point de vue micropaléontologique, ces formations ont livré les genres *Planorotalites*, *Morozovella*, *Globoconusa*, *Globigerina*, *Lenticulina*, *Gavelinella*, *Acarinina*, *Turborotalia* et *Eponides* caractéristiques du Paléocène et de l'Eocène [10, 19, 20]. Quant à la série Eocène, l'Yprésien, le Lutétien et le Bartonien ont été identifiées.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel

Le matériel utilisé dans le cadre de la présente étude comprend le matériel de terrain (extraits de carte géologique à l'échelle 1 / 200.000^{ème}, notamment les feuilles Abomey-Zagnanado et Lokossa-Porto-Novo; un GPS de marque GARMIN; un appareil photo numérique de résolution 12Mpxl; du matériel de mesure et d'échantillonnage) et le matériel de laboratoire (notamment une rôdeuse pour la préparation des lames minces ; lames et lamelles ; un microscope polarisant à grossissement x 40). Les échantillons utilisés proviennent des prélèvements effectués dans les carrières de Fongba, Gbakpodji, Djaglahoué, Massè et Onigbolo (**Tableau 2**).

Tableau 1 : Récapitulatif des échantillons prélevés

	Echantillons prélevés		
	Niveau supérieur	Niveau moyen	Niveau inférieur
Carrière d'Onigbolo	A 0101; A 0102; A 0103; A 0104; A 0206; A 0207; A 0310; A 0311; A 0415; A 0416; A 0623	B 0105; B 0208; B 0313; B 0418; B 0419; B 0624; B 0728; B 0729	C 0521
Carrière de Massè	CaS ; CaC ₂ ; CaOC ₁	CaOC ₂	CaC ₃
Carrière de Fongba	F8-53		
Carrière de Gbakpodji	GB 1-11		
Carrière de Djaglahoué	D5-2		

2-2. Méthodes

La méthodologie utilisée est organisée en trois phases successives :

- d'abord la synthèse bibliographique qui a permis de préparer les travaux de terrain ;
- ensuite les travaux de terrain proprement dits (description lithologique des fronts de taille, échantillonnage et analyse pétrographique en macroscopie) ;
- enfin les travaux de laboratoire (confection des lames minces et observation en microscopie) et le traitement numérique des données (logs et coupes géologiques) à l'aide du logiciel Arc Gis 10.

Au total, vingt et un (21) des vingt-huit (28) échantillons prélevés ont été utilisés pour confectionner des lames minces pour conduire l'étude microscopique.

3. Résultats

Cette étude a permis de définir plusieurs faciès ainsi que leur milieu de dépôt. Elle a caractérisé la lithologie en lame mince et macroscopie, le contenu faunistique, les structures hydrodynamiques et biologiques des calcaires paléocènes. Trois types de milieux ont été identifiés sur la base des observations microscopiques faites.

3-1. Étude des coupes lithologiques

3-1-1. Secteur d'Onigbolo-Massè

Dans ce secteur, seules les observations des fronts de taille dans les carrières des sociétés SCB-Lafarge et NOCIBE (distantes de 15 kilomètres) ont permis de recueillir les données et de prélever des échantillons, car les dépôts calcaires n'affleurent pas.

3-1-1-1. Carrière d'Onigbolo

Les calcaires d'Onigbolo se présentent en trois bancs séparés par des fins lits argileux. Le banc calcaire supérieur de couleur beige est stratifié, oolitique. Il repose sur un calcaire bréchoïde jaune clair. Ces deux bancs calcaires sont riches en faunes. En-dessous, se trouve un calcaire gréseux pauvre en restes biologiques. La succession des différents faciès calcaires dans la carrière d'Onigbolo révèlent la présence des phénomènes d'oxydation et de dissolution dans les niveaux calcaires. L'abondance des grains quartz diminue du bas vers le haut de la série carbonatée. Ces critères qui sont ceux d'un milieu côtier agité et témoignent d'une exposition des couches après dépôt. La présence des oolithes et les stratifications du calcaire supérieur prouvent que le milieu est fortement agité et peu protégé, alors que le calcaire bréchoïde indique un remaniement (milieu agité). Le niveau glauconieux situé au-dessus des calcaires indique non seulement une régression, mais aussi une probable lacune (étant donné le contact franc entre les deux formations).

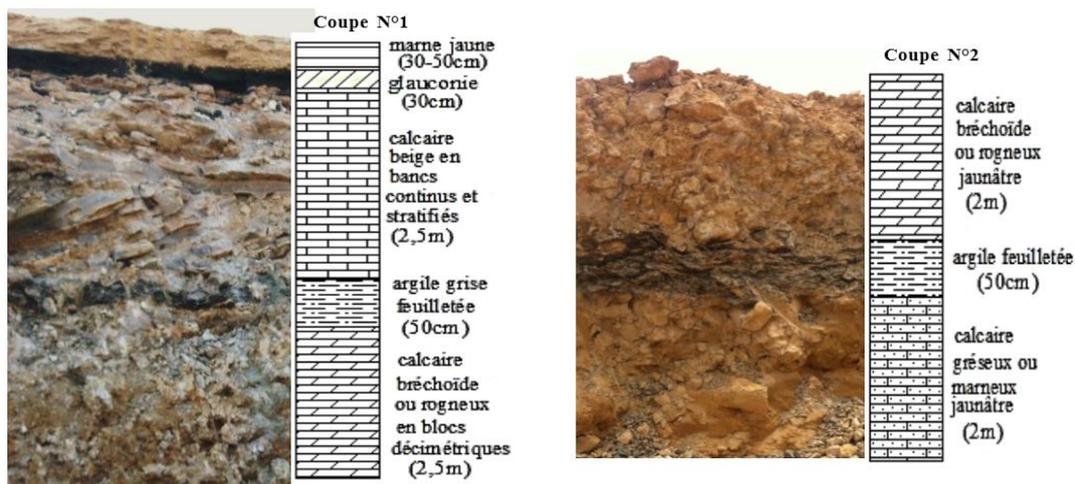


Figure 3 : Coupes lithologiques réalisées dans la carrière d'Onigbolo

La coupe lithologique synthétique suivante a été réalisée à partir des différentes observations :

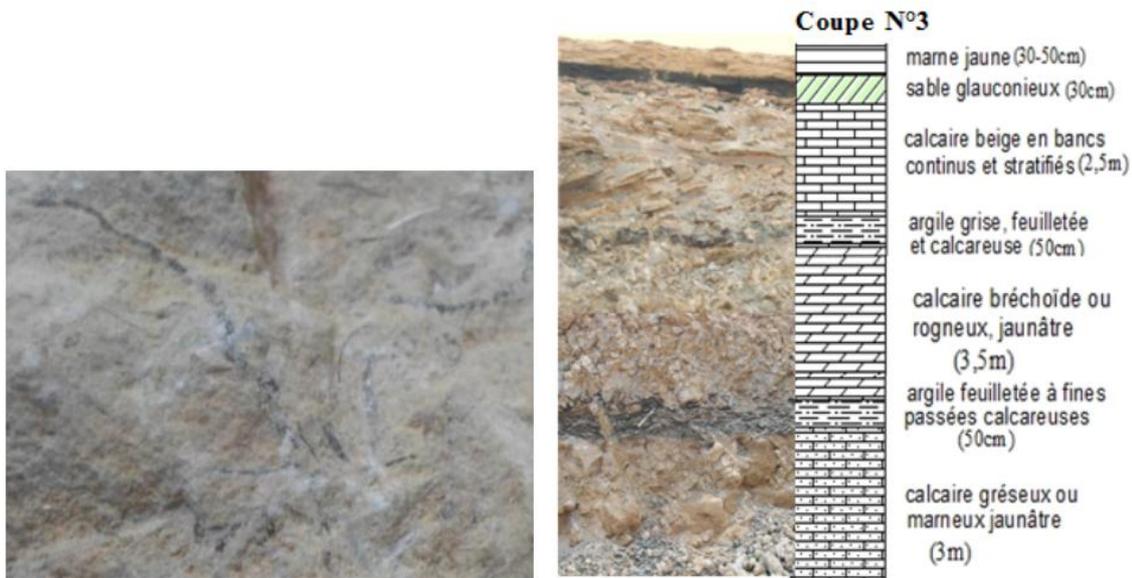


Photo 1 : Calcaire fossilifère

Figure 4 : Coupes lithologiques synthétique de la carrière d'Onigbolo

Au moment du dépôt des calcaires d'Onigbolo, la mer a connu une instabilité témoignée par les rapides variations de faciès. Le caractère massif du calcaire inférieur serait un indicateur d'un milieu plus calme (absence de courant).

3-1-1-2. Carrière de Massè

A Massè, seules les observations faites dans la carrière I de NOCIBE sont présentées ici à cause de la grande similarité lithologique de la carrière II avec celle d'Onigbolo. Le calcaire du niveau supérieur de Massè est coquillier à grains fins, à passées altérées marneuse et parfois cristallisés. Dans le niveau inférieur, il est ocre et friable au sommet, de couleur grisâtre et compact à la base. Il se présente parfois en blocs centimétriques à décimétriques bioclastiques, à taches d'oxyde de fer. Ces caractères suggèrent un milieu relativement peu agité et une exposition après dépôt.

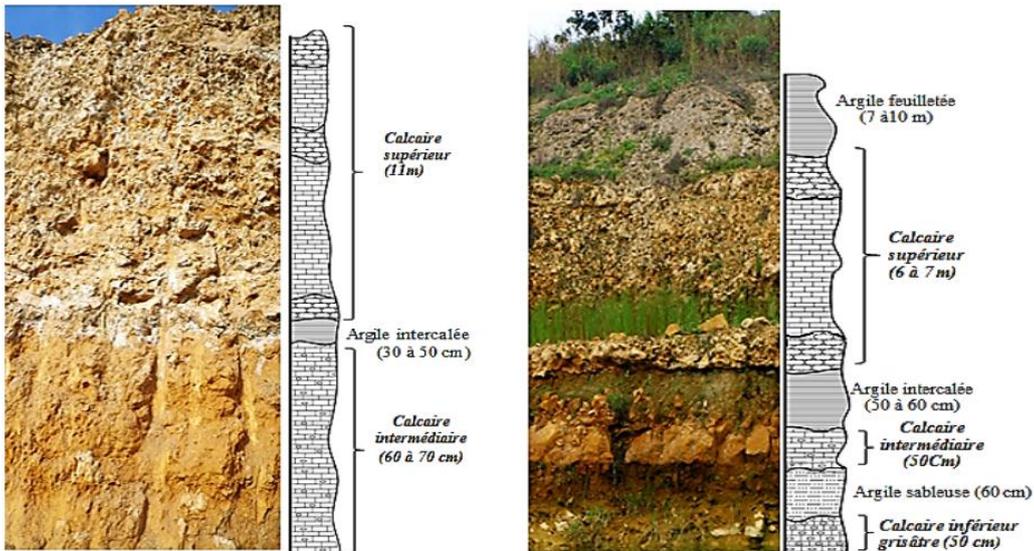


Figure 5 : Photographies et logs de quelques fronts de taille de la carrière I de Massè

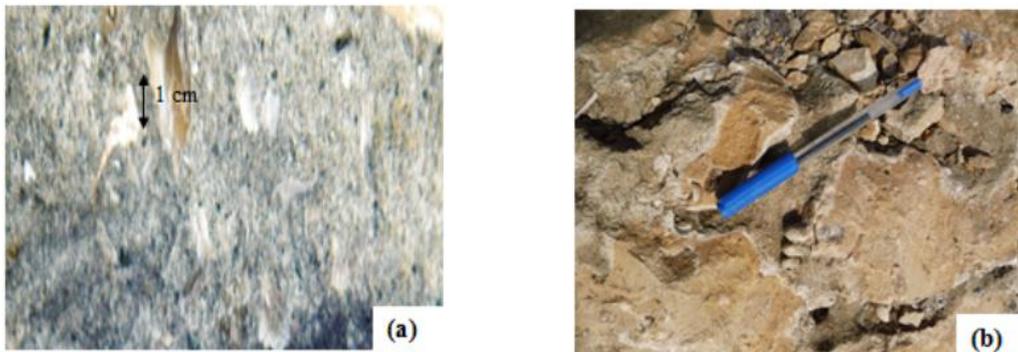


Planche 1 : Échantillons du calcaire de Massè (a) : calcaire inférieur (b) : calcaire supérieur

3-1-2. Secteur de Fongba-Gbakpodji

L'examen des carottes de sondage et des affleurements de roches, notamment dans les carrières de Fongba, Gbakpodji et de Djaglahoué a permis d'établir plusieurs coupes (**Figure 6**). De l'analyse de ces sondages et des fronts de taille des carrières, nous notons l'abondance de sable et des dépôts de courants à la base des sondages et des carrières. Ceci suppose un apport détritique très important lors de la formation de ces calcaires et par conséquent la proximité du rivage. La présence des fragments de grès émoussés à la base des calcaires indique l'existence d'un courant fort lors du dépôt. Ces paramètres confèrent donc une origine allochtone à ces dépôts.

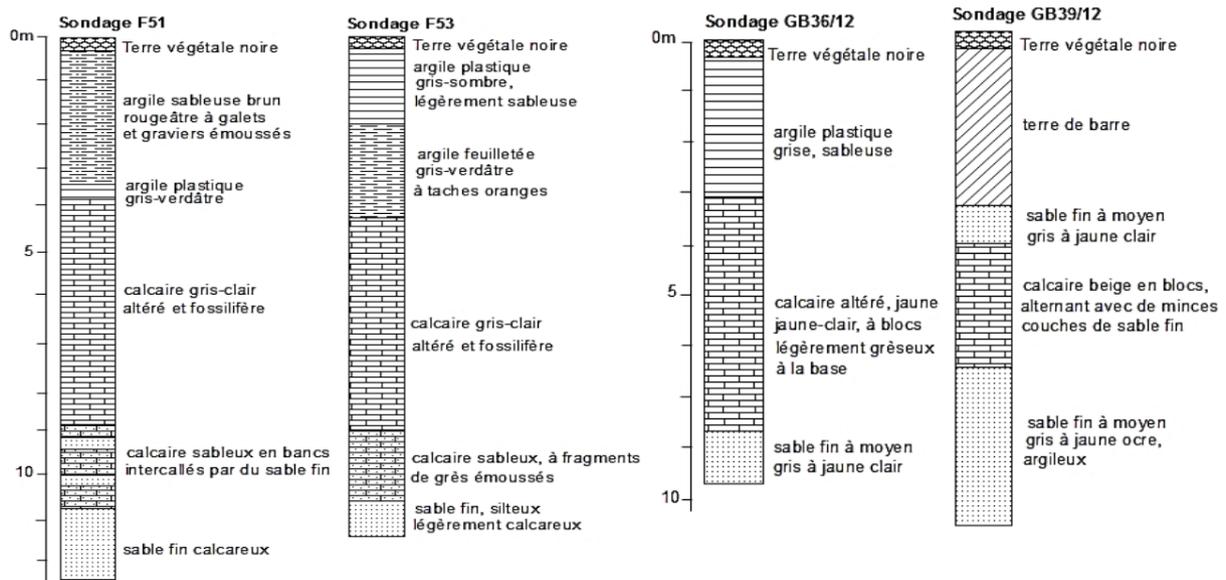


Figure 6 : Sondages F51 et F53 de Fongba et GB36 / 12 ; GB39 / 12 de Gbakpodji

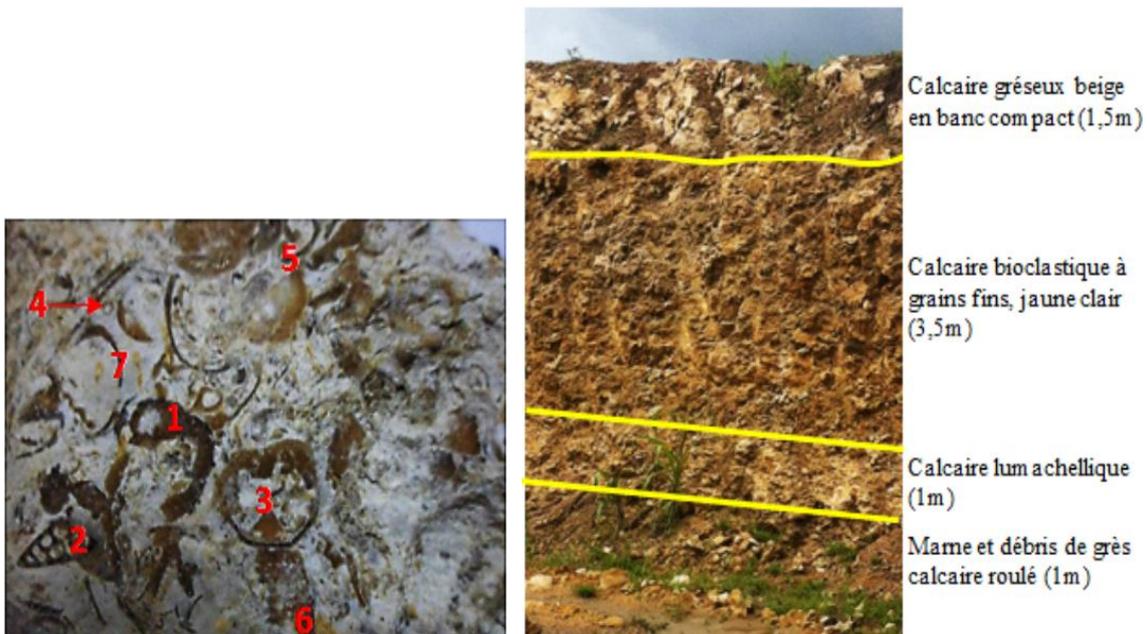


Photo 2 : Calcaire fossilifère de Gbakpodji (1- fragment de valve déformée ; 2- Empreintes de gastéropode; 3- Valve de lamelibranche déformée ; 4- Article de crinoïde; 5- Columelle de gastéropode ; 6- Squelette calcaire, probablement fragment d'algue ; 7- Valve de brachiopode ou de lamelibranche). G : x40

Photo 3 : Photographie d'un front de taille de la carrière de Fongba

Dans l'ensemble, les observations macroscopiques indiquent deux types d'environnements. L'un à forte énergie, exposé aux courants (Onigbolo, Fongba, Djaglahoué et Gbakpodji), l'autre, plus calme (Massè). Les apports détritiques sont très importants à l'Ouest du bassin (Djaglahoué, Fongba et Gbakpodji). A Massè par contre, les dépôts ont présenté les caractères des milieux calmes, situés sous la zone d'action des vagues.

3-2. Caractéristiques pétrographiques des calcaires

3-2-1. Secteur d'Onigbolo-Massè

3-2-1-1. Carrière d'Onigbolo

A Onigbolo, l'étude microscopique menée sur treize (13) lames minces a permis de dénombrer cinq textures grainstones, quatre textures packstone et deux textures wackstone qui ont été interprétés en un paléoenvironnement de dépôt. Les résultats des observations microscopiques des lames minces des calcaires de la carrière d'Onigbolo sont présentés comme suit :

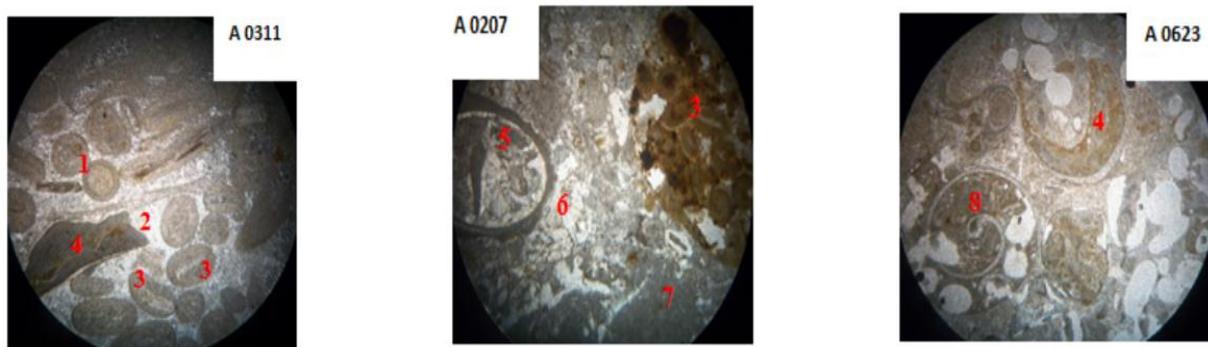


Planche 2 : Microphotographies de quelques lames minces observées en lumière naturelle au microscope optique (1 : oolithe α ; 2 : sparite ; 3 : oolithe à nucléus allongé ; 4 : algue ; 5 : ostracode ; 6 : calcite ; 7 : micrite ; 8 : coquille de gastéropode). G : x40

Le **Tableau 2** récapitule les différents critères (texture, structures sédimentaires ou diagénétiques, constituants) des calcaires d'Onigbolo et l'interprétation qui en découle.

Tableau 2 : Récapitulatif des observations microscopiques des lames minces de la carrière d'Onigbolo

N°	Nom de l'éch.	Texture et liant	Structures sédimentaires et diagénétiques	Constituants biologiques et non biologiques	Interprétation paléoenvironnementale
1	A. 0206	Calcaire grainstone biosparitique Liant : sparite.	-	bioclastes (fragments de lamellibranches, foraminifères, algues, bryozoaires, arthropodes)	milieu marin à forte énergie, agité, exposé aux vagues et aux courants
2	A. 0207	Calcaire wackstone microbrèche oobiomicrocritique Liant : micrite.	-	oolithes et bioclastes (fragments de bryozoaires, algues, foraminifères, arthropodes)	milieu à forte énergie, exposé aux vagues et aux courants marins. Le calcaire issu d'un remaniement
3	A. 0320	Calcaire grainstone oobiosparitique Liant : sparite	porosité de forme régulière (oolithes écrasés)	algues, oolithes (oolithes α et β) et bioclastes (fragments de lamellibranches, gastéropodes, foraminifères, brachiopodes)	Le milieu de dépôt est agité, à proximité d'une barrière (corps sableux ou cordons oolithiques)
4	A. 0623	Calcaire grainstone oobimicrosparitique Liant : microsparite.	Porosité abondante, (oolithes écrasés), laminations	bioclastes (fragments de lamellibranches, algues, gastéropodes, foraminifères et brachiopodes), oolithes α , minéraux opaques (oxydes)	milieu à forte énergie, agité, exposé aux vagues, proche d'une barrière, à circulation restreinte. Il est par moments dénoyé

5	A. 0311	Calcaire grainstone oobiosparitique Liant : sparite	-	oolithes α à laminations concentriques, bioclastes (fragments de lamellibranches, gastéropodes, algues, foraminifères, brachiopodes) et crinoïdes	milieu marin agité, à forte énergie, exposé aux vagues et aux courants marins
6	A. 0415	Calcaire packstone biomicritique Liant : micrite	-	bioclastes (fragments de lamellibranches, gastéropodes, foraminifères, brachiopodes), algues et arthropodes.	milieu relativement calme probablement en bordure de plate-forme
7	A. 0208	Calcaire packstone biomicritique Liant : micrite	présence de veines de silicification	bioclastes (fragments de lamellibranches recristallisés, ostracodes, foraminifères, brachiopodes), algues et arthropodes.	milieu relativement calme probablement en bordure de plate-forme
8	B. 0313	Calcaire packstone biomicrosparitique Liant : microsparite	présence de quartz	bioclastes (fragments de lamellibranches, ostracodes, gastéropodes, algues)	milieu relativement calme probablement en bordure de plate-forme
9	B. 0419	Calcaire grainstone biosparitique Liant : sparite	-	bioclastes (fragments de lamellibranches, ostracodes, gastéropodes, algues), lithoclastes, présence de quartz, de glauconie et des oxydes	accumulation lente de matériaux grossiers dans des zones agitées
10	B. 0624	Calcaire wackstone biomicritique Liant : micrite	-	bioclastes (fragments de lamellibranches, foraminifères, ostracodes, gastéropodes, péloïdes)	plate-forme ouverte peu profonde ou lagon ouvert, près de la zone d'action des vagues
11	B. 0418	Calcaire grainstone biosparitique Liant : microsparite	fragments recristallisés	bioclastes (fragments de lamellibranches, algues, foraminifères, des ostracodes), quartz abondant	environnement très peu profond à circulation modérée
12	B. 0416	Calcaire packstone oobiomicritique Liant : micrite		bioclastes (fragments de bryozoaires, algues, foraminifères, des arthropodes) et de oolithes (α et β), présence de glauconie	plate-forme à circulation restreinte, "tidal flats" ou flanc récifal
13	C. 0521	Calcaire wackstone Liant : micrite	formes non reconnaissables	lithoclastes recristallisés et péloïdes	Dépôts de fond de chenaux tidaux et bordure de plate-forme

L'ensemble des critères sédimentologiques et pétrographiques se résument à ceux d'un environnement à forte énergie, agité, exposé aux vagues et de très faible profondeur ; probablement à proximité de corps sableux ou de cordons oolithiques (barrière). La présence des oolithes α en est une preuve. De plus, elle permet d'affirmer qu'au moment du dépôt, la mer était relativement plus chaude et le milieu par moments dénoyé. De tout ce qui précède, le secteur d'Onigbolo présente les caractéristiques d'un environnement de plate-forme interne à celui d'une barrière à bancs sableux.

3-2-1-2. Carrière de Massè

A Massè, les caractéristiques microscopiques de cinq lames minces des calcaires présentées par la planche et le **Tableau** suivants ont permis de dénombrer une texture grainstone, une texture mudstone et trois textures wackstone qui ont été interprétées en un environnement de dépôt calme.

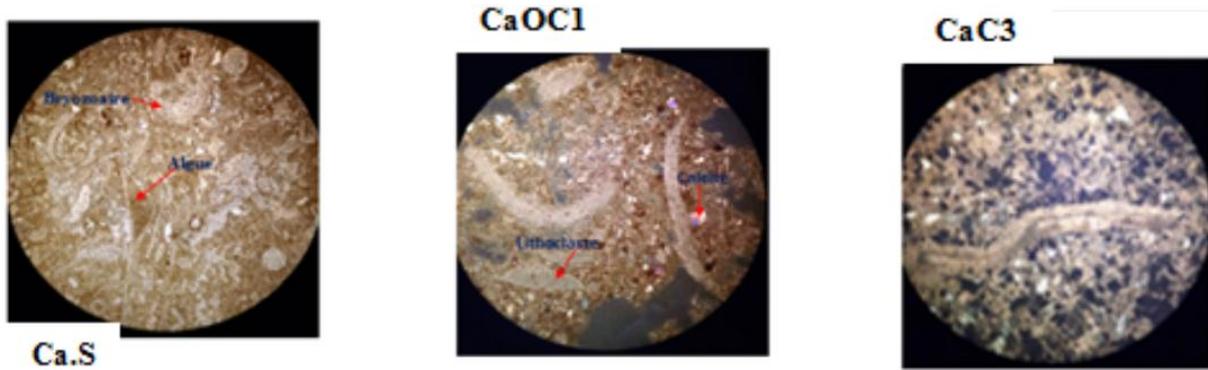


Planche 3 : *Microphotographies de quelques lames minces de calcaire de Massè en lumière polarisée (microscope optique). G : x40*

Les différents critères (texture, structures sédimentaires ou diagénétiques, constituants) des calcaires de Massè et leur interprétation sont récapitulés par le **Tableau** suivant (**Tableau 3**):

Tableau 3 : *Récapitulatif des observations microscopiques des lames minces de la carrière 1 de Massè*

N°	Nom de l'éch.	Texture et liant	Structures sédimentaires et diagénétique	Constituants biologiques et non biologiques	Interprétation paléoenvironnementale
1	Lame Ca.S	calcaire grainstone bioclastique Liant : sparite	-	madréporaires, brachiopodes, échinodermes, algues, bryozoaires, gastéropodes, rares grains de quartz et cristaux de calcite	Plate-forme interne peu profonde
2	Lame CaC2	calcaire wackstone Liant : sparite	-	foraminifères, gastéropodes, lamellibranches, rares grains de quartz et cristaux de calcite	Plate-forme interne peu profonde
3	Lame Ca.OC ₁	calcaire wackstone bioclastique Liant : micrite	-	fragments de lamellibranche, présence de grains de quartz et cristaux de calcite	plate-forme peu profonde, près de la zone d'action des vagues
4	Lame Ca.OC ₂	Calcaire wackstone recristallisé Liant : micrite	veine de silicification	fragments biologiques micritisées et non identifiables, abondants cristaux de calcite recristallisés et minéraux détritiques,	plate-forme ou lagon ouvert, sous la zone d'action des vagues.
5	Lame CaC ₃	calcaire gréseux, mudstone Liant : micrite	veine de silicification	pas de restes biologiques, abondants cristaux de calcite recristallisés et minéraux détritiques	milieu calme

Les échantillons étudiés dans la carrière de Massè sont caractérisés par l'abondance des minéraux détritiques hérités du socle et leur pauvreté en restes biologiques. Ces calcaires sont généralement à texture wackstone dominante dans une matrice micritique. Les organismes présents sont franchement marins. Tous ces critères indiquent un milieu de plate-forme peu profonde et calme, dans laquelle le dépôt de sédiments a lieu près de la zone d'action des vagues. L'abondance de la boue micritique indique un milieu situé à l'abri des vagues.

3-2-2. Secteur de Fongba-Gbakpodji

Trois lames minces de calcaire ont été confectionnées à partir d'échantillons issus des sondages F53 de Fongba et des carrières de Gbakpodji et Djaglahoué. Les résultats des observations microscopiques se présentent comme suit :

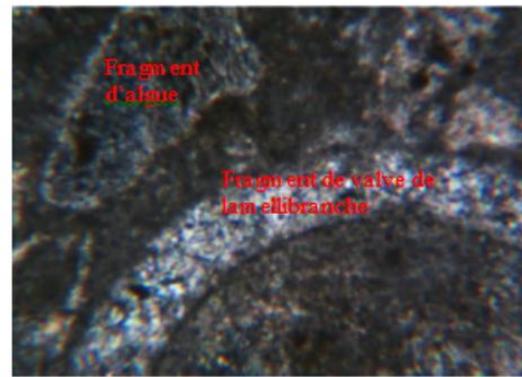
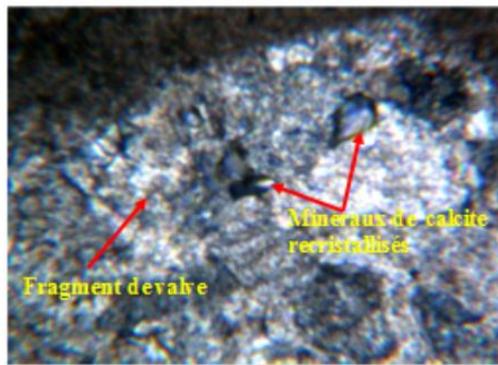


Planche 4 : Microphotographies de quelques lames minces des calcaires du secteur Fongba et Djaglahoué (lame D5-2 à gauche et F8-53 à droite). G : x 40

Le **Tableau 4** récapitule les différents critères (texture, structures sédimentaires ou diagénétiques, constituants) des calcaires de Gbakpodji, Fongba et Djaglahoué.

Tableau 4 : Résumé des observations microscopiques des lames minces de Gbakpodji, Fongba et Djaglahoué

N°	Nom de l'éch.	Texture et liant	Structures sédimentaires et diagénétique	Constituants biologiques et non biologiques	Interprétation paléoenvironnementale
1	GB1-11 (Gbakpodji)	calcaire grainstone microbrèche à bioclastiques Liant : sparite.	organismes recristallisés,	gastéropodes, lamellibranches, brachiopodes et foraminifères, minéraux opaques (oxydes)	milieu marin à forte énergie, agité, exposé aux vagues et aux courants
2	D5-2 (Djaglahoué)	calcaire grainstone zoogène Liant : calcite finement cristallisée	fragments non reconnaissables	gastéropode, lamellibranche, brachiopode, bryozoaires, foraminifères, minéraux opaques	milieu à forte énergie, exposé aux vagues et aux courants marins. Le calcaire issu d'un remaniement
3	F8-53 (Fongba)	calcaire grainstone microbrèche Liant : sparite	porosité de forme régulière (oolithes écrasés)	Lamellibranche, brachiopode, arrêtes de poisson, cnidaire, échinidé, gastéropodes, algues. oxydes de fer	Le milieu de dépôt est agité

Malgré la rareté des minéraux détritiques observables au niveau des lames minces examinées, on peut supposer, avec la dominance presque exclusive de sable à la base des niveaux calcareux, tant dans les sondages que dans les carrières, des conditions de sédimentation plus proximales, probablement de type deltaïque. Les caractères pétrographiques indiquent clairement dans l'ensemble un milieu marin agité et peu profond riche en faune et flore probablement du Paléocène supérieur (Thanétien) et de l'Eocène inférieur à moyen (Yprésien et Lutétien). Les restes biologiques sont constituées de fragments de gastéropodes, valves de lamellibranche et de brachiopode, squelettes de cnidaire ou d'échinidé, d'algues vertes de type dasycladacées. Pour cette étude, les caractéristiques pétrographiques relevées en lames minces ont permis d'identifier trois types de milieux :

- Onigbolo : milieu de plate-forme peu profonde, agitée et exposée à l'action des vagues. La présence des oolithes suggère la proximité d'une barrière ou d'un corps sableux ;
- Massè : milieu de plate-forme peu profonde mais plus calme qu'à Onigbolo, situé en-dessous de la zone d'action des vagues. Sur un profil paléogéographique, ce milieu se situe en aval de ce celui d'Onigbolo ;

- Du côté de Djaglahoué, Fongba et Gbapodji, il s'agit d'un milieu proche du rivage (delta) dans lequel la sédimentation détritique est prépondérante, avec une accumulation des sédiments grossiers. Il est situé en amont de celui d'Onigbolo.

3-3. Corrélation lithofaciale

Sur la base des observations lithologiques appuyées par l'étude pétrographique, les faciès calcaires identifiés ont permis de proposer une corrélation entre les différents niveaux calcaires d'Ouest en Est. Dans la carrière d'Onigbolo, trois niveaux calcaires séparés par des niveaux argileux de 30 à 50 cm ont été dénombrés, alors que dans les autres secteurs (Massè, Gbakpodji, Djalahoué et Fongba), seuls deux niveaux calcaires sont remarquables. Les argiles de séparation sont très souvent absentes. A la base des calcaires, s'observe un banc sableux.

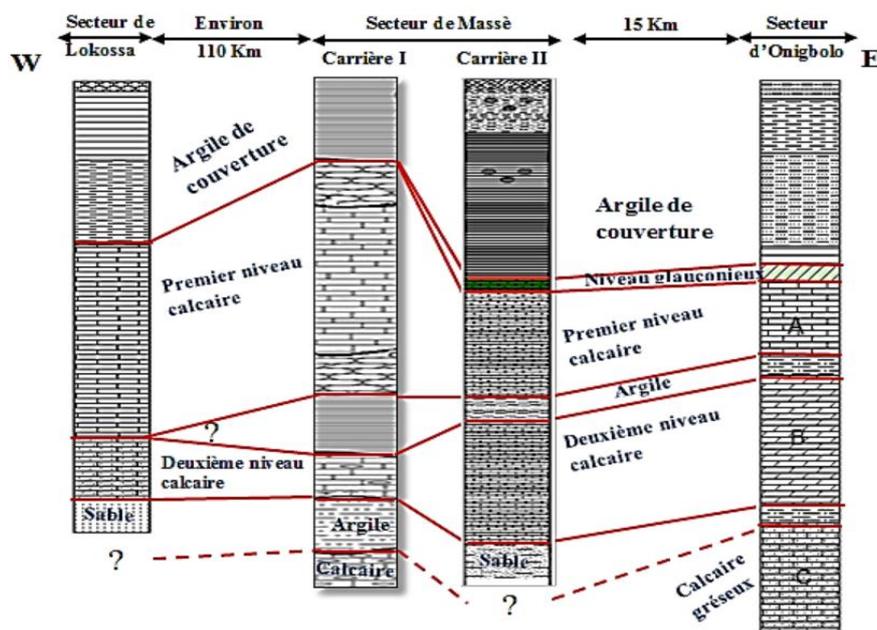


Figure 7 : Corrélation lithologique entre les secteurs Lokossa et Massè-Onigbolo

4. Discussion

Les résultats de cette étude se fondent essentiellement sur l'interprétation des coupes lithologiques, la pétrographie et les déductions paléoenvironnementales. L'analyse des coupes lithologiques révèle de grandes similitudes lithologiques entre l'Est et l'Ouest du bassin. Toutefois, on note une sédimentation calcaire plus importante à l'Est (Onigbolo et Massè), alors qu'à l'Ouest (Lokossa), c'est la sédimentation sableuse qui est prépondérante. Le sable présent à la base des calcaires dans les sondages et les carrières de Djaglahoué-Fongba-Gbakpodji et Massè occupe la même position lithostratigraphique que le calcaire gréseux de base présent à Onigbolo. Le niveau sableux à la base des sondages et carrières du secteur de Djaglahoué-Fongba-Gbakpodji et Massè serait donc l'équivalent du niveau à calcaire gréseux dans la carrière d'Onigbolo. La présence de ces dépôts de courant indique un milieu situé à proximité du rivage. De plus, au niveau de la carrière de Fongba, la contiguïté du niveau à fragments émoussés de grès calcaires et des calcaires lumachelliques suggère un dépôt dans un milieu côtier et un courant de dépôt violent vue la taille pluricentimétrique des galets. Ces résultats s'inscrivent bien dans l'évolution du paléoenvironnement global

paléocène des bassins de la baie du Bénin où la nature des paléoenvironnements est variable selon les sites [11]. Dans la partie occidentale, le milieu présente donc les caractères d'un environnement continental à margino-littoral. Un tel résultat a été aussi indiqué pour les formations paléocènes rencontrées à l'Est du bassin togolais par [11] et bien au-delà de la baie du Bénin, dans le bassin de Douala caractérisé où des milieux estuarien-côtier ouvert sur la mer, laguno-deltaïque périodiquement inondée et fluvio-lagunaire saumâtre ont été reconnus [22]. Les calcaires supérieurs des carrières de Fongba et Massè, présentent des surfaces durcies qui témoignent d'une exposition aérienne après dépôt et de probables incursions d'eau douce dans le milieu marin [3]. Dans le secteur de Gbakpodji-Djaglahoué, les calcaires sont très altérés et friables, ce qui est à l'antipode de ceux d'Onigbolo (très indurés), ceci indique une différence du degré du phénomène diagénétique qui semble être plus poussé à l'Est qu'à l'Ouest. Ce phénomène est l'une des conséquences de la tectonique ayant provoquée une subsidence différentielle plus prononcée à l'Est. La présence des veinules de quartz dans les calcaires d'Onigbolo et Massè est sans doute une preuve de cette diagenèse. Cette interprétation s'accorde d'ailleurs avec la configuration tectonique du bassin qui s'approfondit progressivement vers le Sud-Est. Cette subsidence différentielle est aussi due à la famille des failles I mise en évidence par les travaux de [14]. Une remontée du socle notée dans la localité de Sèhouè et un graben aux environs d'Allada [17] sont les conséquences de cette tectonique qui a découpé le bassin en panneaux.

Cette géomorphologie a eu une influence sur la formation des calcaires en remontant ou basculant des blocs, bref en modifiant les profondeurs [16]. En effet, en modifiant la géomorphologie, la tectonique influence la répartition latérale des faciès, influant sans doute sur les apports détritiques et les lieux de dépôts [23]. Les données pétrographiques ont montré que les textures de ces calcaires sont de type grainstone et packstone dominant à Onigbolo, Fongba, Gbakpodji et Djaglahoué. Le liant est essentiellement de la microsparite ou de la sparite, rarement de la micrite. Par contre à Massè, domine la texture wackstone dans un liant micritique. La micrite étant indicateur de milieu peu agité [24], il en ressort que les couches concernées se sont déposées dans un environnement plus calme à Massè alors que dans les autres secteurs, le milieu est à forte énergie et ne permettait pas le dépôt de la boue (micrite) même si elle a pu s'infiltrer entre les dépôts plus grossiers lors des périodes d'accalmie. L'existence de courants forts vers la fin de la série carbonatée paléocène ne fait aucun doute au regard des structures sédimentaires observées dans les calcaires à Onigbolo. Un tel résultat a été d'ailleurs indiqué par les études de [13]. Ceci est aussi prouvé par l'abondance des oolithes de type α qui sont des indicateurs d'une sédimentation carbonatée en mer peu profonde, agitée et peu protégée. Toutefois, ce résultat contraste avec la quasi absence de sédiments détritiques dans les calcaires d'Onigbolo. En ce qui concerne l'histoire géologique paléocène du BSC, les calcaires étudiés ont été daté du Paléocène supérieur (Thanétien) à Eocène inférieur à moyen (Yprésien et Lutétien), grâce aux restes biologiques constituées de fragments de gastéropodes, valves de lamellibranche et de brachiopode, squelettes de cnidaire ou d'échinidé, d'algues vertes de type dasycladacées [14, 20, 25].

5. Conclusion

Les principaux résultats obtenus dans le cadre de cette étude apportent des éléments nouveaux sur les paléoenvironnements des calcaires du bassin sédimentaire côtier du Bénin dans sa partie onshore. Ces résultats peuvent être résumés aux trois points suivants : 1) Les textures des calcaires d'Onigbolo et de Lokossa (Fongba- Gbakpodji-Djaglahoué) sont majoritairement grainstone et packstone, rarement wackstone alors qu'à Massè, la texture wackstone est dominante. Ceci prouve que le milieu de dépôt des calcaires de Massè est plus calme que les autres secteurs étudiés. 2) A l'Ouest du bassin côtier du Bénin, les calcaires se sont déposés dans un milieu margino-littoral à deltaïque dans la région de Lokossa. A l'Est, existait un environnement de plate-forme peu profonde et relativement agité. La sédimentation chimique ou biochimique a diminué d'Est en Ouest en faveur des dépôts deltaïques ou de la sédimentation détritique sableuse. Au toit de la séquence calcaire du bassin béninois, s'est formée une surface durcie sur laquelle repose le niveau

glaucouneux. Cette surface témoigne d'une exposition aérienne après dépôt et des incursions d'eau douce dans le milieu marin. Ceci a conduit à affirmer le caractère régressif des dépôts calcaires datés du Paléocène supérieur dans le bassin côtier béninois. 3) La succession lithologique des dépôts relève les similarités lithostratigraphiques entre l'Est et l'Ouest du bassin. Ceci a permis de corréliser le calcaire inférieur d'Onigbolo aux niveaux sableux présents à la base des calcaires à l'Ouest du bassin. Cette lithologie suggère aussi l'existence d'une lacune au-dessus des calcaires, juste avant le dépôt du niveau glauconieux. Cette lacune couvre au moins en partie le Paléocène supérieur et la base de l'Eocène.

Remerciements

Les Auteurs remercient très sincèrement les DG de CALCIM SA, de NOCCIBE et de SCB-Lafarge pour avoir autorisé les travaux de terrain dans leurs carrières respectives.

Références

- [1] - F. BOULVAIN, Identification microscopique des principaux constituants des roches sédimentaires. Notes de travaux pratiques, (2011)
- [2] - C. COLOMBIE, Sédimentologie, stratigraphie séquentielle et cyclostratigraphie du Kimméridgien du Jura suisse et du Bassin vocontien (France) : relations plate-forme - bassin et facteurs déterminants. Thèse N° 1380, Multiprint SA, Fribourg, *Géofocus*, Vol. 4, (2002) 161 p.
- [3] - V. BENOIT, Sédimentologie et Géochimie de la diagenèse des carbonates : application au Malm de la Bordure Est du Bassin de Paris, UMR CNRS 5561 - Dijon, Thèse de doctorat, (2001) 293 p.
- [4] - Z. B. DIGBEHI, K. E. GUÉDÉ, J. P. YAO N'GORAN, K. AFFIAN, K. K. TOÉBI KAHOU, K. R. YAO & I. TAH, 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 (2011) 644 - 655
- [5] - Z. B. DIGBEHI, M. DOUKOURE, J. TEA-YASSI, R. K. YAO, P. YAO N'GORAN, K. D. KANGAH & I. TAHI, Palynostratigraphy and palaeoenvironmental characterization and evidence of Oligocene in the terrestrial sedimentary basin, Bingerville area, Southern Côte d'Ivoire, Northern Gulf of Guinea. *African journal of Environmental Science and Technology*, 6, 1 (2012) 28 - 42
- [6] - A. K. ADEGOKE, Biostratigraphy and depositional environment of the sediments in Borno Basin, North Eastern Nigeria. *Indian Journal of Science and Technology*, 5-6 (2012) 2800 - 2809
- [7] - P. A. ADEONIPEKUM, O. A. EHINOLA, I. A. YUSSUPH, TOLUHI & A. OYELAMI, Bio-Sequence Stratigraphy of Shagamu Quarry Outcrop, Benin Basin, Southwestern Nigeria. *World Applied Sciences Journal* 18, 1 (2012) 91 - 106
- [8] - O. I. CHIAGHANAM, O. N. IKEGWUONU, K. C. CHIADIKOBI, K. K. NWOZOR, A. E. OFOMA & A. O. OMOBORIOWO, Sequence stratigraphy and Palynological analysis of late Campanian to Maastrichtian sediments in the Upper-Cretaceous, Anambra Basin. A case study of Okigwe and its environs, South-Eastern Nigeria. *Advances in Applied Science Research*, 3, 2 (2012) 962 - 979
- [9] - J. FRIELING, G. J. REICHAERT, S. SCHOUTEN, P. K. BIJL, S. I. BANKOLE, E. SCHRANK & J. SLUIJS, Tropical climate, ecology and hydrology during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. *Berichte Geol. B.-A.*, (2011) 85 - 75

- [10] - C. ZEVOUNOU, C. KAKI, R. A. LAIBI & L. M. OYEDE, Caractéristiques pétro-stratigraphiques et conditions de genèse des phosphates du Paléogène dans le bassin sédimentaire côtier du Bénin (Golfe du Bénin), *Africa Geoscience Review*, Vol. 19, N° 1 (2012) 35 - 48, Printed in France
- [11] - DA COSTA D. Y. PAULINE, JACQUES MEDUS, RENE FLICOTEAUX, JACQUES SALAJ, BOHUMIL HARMSMID, PASCAL AFFATON, KOMLAVI SEDDOH, Biostratigraphie de la bordure septentrionale du bassin côtier togolais. Apport des données palynologiques et structurales. Sciences de la vie, de la terre et agronomie, *Rev. CAMES*, Vol. 1, (2013) 6 - 20
- [12] - JOHNSON C. AMPAH KODJO et DA COSTA D. YAWOA, Le passage Paléocène-Eocène dans les bassins sédimentaires côtiers du Golfe du Bénin : Togo, Bénin et Nigéria, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 11 (2008) 193 - 205
- [13] - KAKI CHRISTOPHE, D'ALMEIDA GERARD ALFRED FRANCK et BIO OUMAROU B. KARIM, Particularités Sédimentologiques et Géochimiques des Calcaires d'Onigbolo (Sud-est du Benin), *European Journal of Scientific Research*, Vol. 137, N° 2, January (2016) 182 - 196
- [14] - Institut de Recherche BRENDA. Etude de la cartographie géologique et prospection minière de reconnaissance au Sud du 9^{ème} parallèle, projet V^è FED N° 5100.11.13.015. Annexe I et II sur la stratigraphie des sondages carottés dans le Bassin Sédimentaire Côtier, (1987)
- [15] - GERARD A. F. D'ALMEIDA, SOULEMANA YESSOUFOU, DOMINIQUE CHALA et LIDWINE OBOSSOU, Caractéristiques pétrographiques et structurales des calcaires du département du Zou, sud du Bénin. *Afrique SCIENCE*, 11 (6) (2015) 139 - 157
- [16] - G. CARBONNEL & L. M. OYEDE, Les ostracodes paléocènes d'Onigbolo (Bénin), leur place dans le bassin du Togo-Nigéria. *Annales de Paléontologie*, Vol. 77, fasc. 2, (1991) 65 - 106 p.
- [17] - N. Yalo, A. E. Lawin, G. A. F. d'Almeida, T. P. Gonçalves et G. F. Dagba, Contribution de la gravimétrie à l'étude de la partie sud du bassin sédimentaire côtier onshore du Bénin. *Africa Geoscience Review*, Vol. 20, N° 3 & 4 (2013) 67 - 81
- [18] - S. AKPITI, N. CLAUER, A. HOUSSOU, J. LANG et D. TISSERAND, Datation isotopique K-Ar d'un niveau de sable glauconieux à la limite Paléocène-Eocène dans le bassin côtier béninois (Afrique de l'Ouest). *Journ. Afric. Earth Sci.*, 3, 4 (1985) 487 - 490
- [19] - A. HOUSSOU et J. LANG Contribution à l'étude du Continental Terminal dans le Bénin Méridional. Science Géologique. *Bull. 31- 4 Strasbourg*, (1978) 137 - 149
- [20] - A. BIO LOKOTO, G. CARBONNEL, I. DE KLASZ, S. DE KLASZ, J. LANG and M. SALARD-CHEBOLDIAEFF, Données nouvelles biochronologiques et paleoecologiques sur le bassin sédimentaire côtier du Benin entre le Crétacé supérieur et l'Eocène basal (Afrique de l'Ouest). *Revue de Micropaléontologie*, 41 (1998) 29 - 57
- [21] - F. BOULVAIN, Identification microscopique des principaux constituants des roches sédimentaires (notes de travaux pratiques), (2014)
- [22] - CECILE-OLIVE MBESSE, EMILE ROCHE & SIMON NGOS III ; La limite Paléocène-Eocène dans le Bassin de Douala (Cameroun) : Biostratigraphie et essai de reconstitution des paléoenvironnements par l'étude des Dinoflagellés. *Geo-Eco-Trop.*, 36 (2012) 83 - 119
- [23] - ANNE-CHRISTINE DA SILVA, Sédimentologie de la plate-forme carbonatée frasnienne belge. Mineralogy. Université de Liège, French, Thèse de doctorat, (2004) 253 p.
- [24] - BOUTHAINA LAJNEF, LAURENCE LE CALLONNEC, CHOKRI YAICH, MAURICE RENARD & RAKIA BENZARTI, L'intervalle Paléocène supérieur - Eocène inférieur sur un profil de la Tunisie centro-septentrionale : approches sédimentologique et chimiostratigraphique ; *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre, N°27 (2005) 17 - 27
- [25] - H. GEBHARDT, A. OLABISSI & S. A. OLUSEGUN, Late Paleocene to initial Eocene Thermal Maximum (IETM) Foraminiferal, Biostratigraphie and Paleoecology of the Dahomey Basin, Southwestern Nigeria, *Jahrbuch Der Geologischen Bundesanstalt, Jb. Geol. B.-A., Band 150, ISSN 0016-7800, Heft 3+4, S.* (2010) 407 - 419

ANNEXES

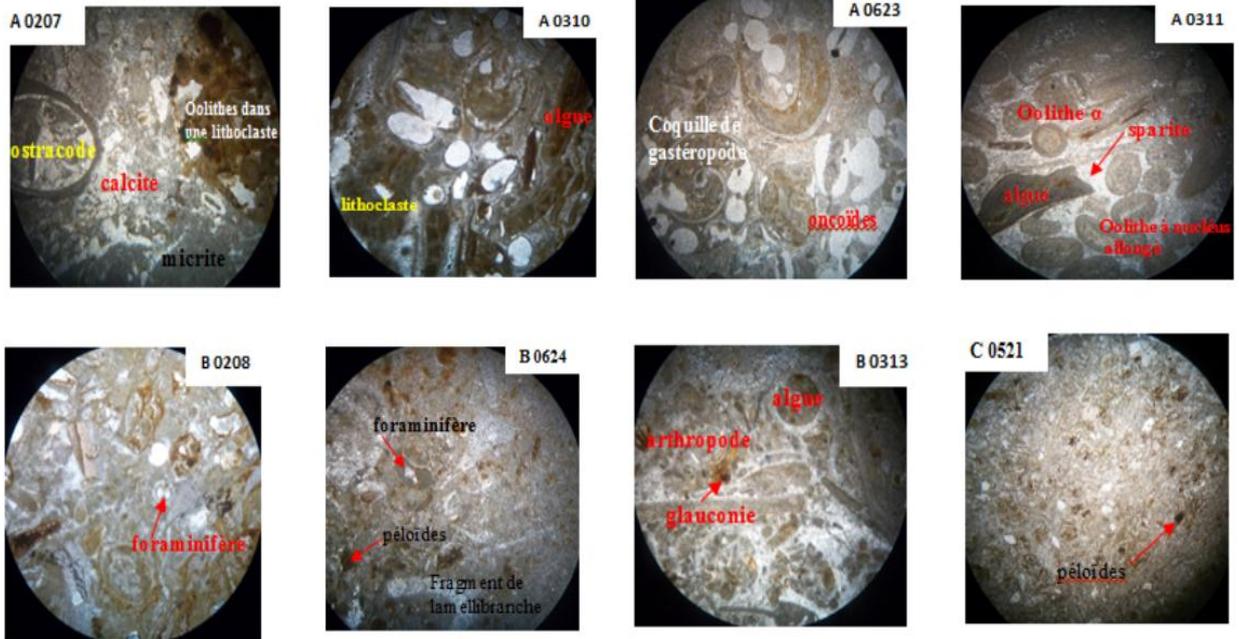


Planche 5 : Microphotographies des lames de calcaires d'Onigbolo (LN) G : x40

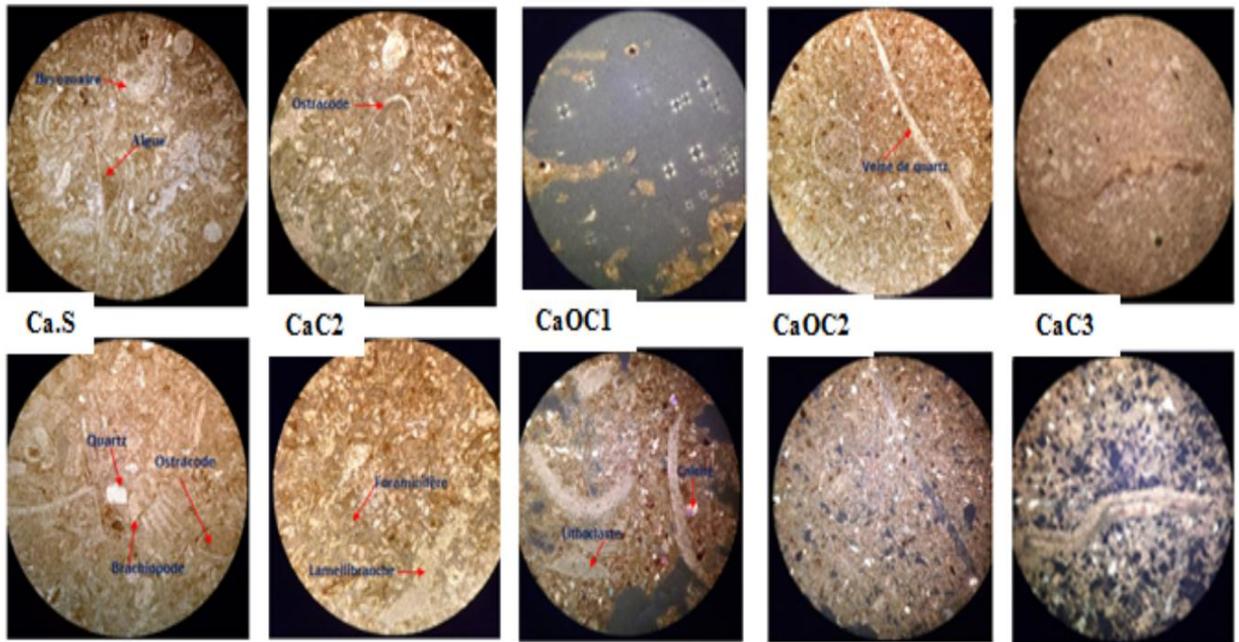


Planche 6 : Microphotographies des lames de calcaires de Massè (LN en haut et LP en bas) G : x40