

Sédimentation et conditions de mise en place des oolithes ferrugineuses de la formation du Continental terminal du Bassin de Kandi, Nord-Est Bénin

**Adiss Kamal ISSIFOU FATIOU^{1,2*}, Moussa KONATE¹, Luc ADISSIN GLODJI²,
Soulémana YESSOUFOU² et Christophe KAKI²**

¹ *Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, Laboratoire Eaux Souterraines et Géoressources, BP 10662, Niamey, Niger*

² *Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Département des Sciences de la Terre, Laboratoire de Géologie, Mines et Environnement, BP 526, Abomey-Calavi, Benin*

* Correspondance, courriel : kamdisse@gmail.com

Résumé

Dans le Bassin sédimentaire de Kandi (Nord-Est Bénin), plusieurs types de milieux de dépôt se sont succédés depuis le Paléozoïque jusqu'au Quaternaire. Chacun de ces milieux est caractérisé par une dynamique sédimentaire ayant favorisé la mise en place des différentes formations du Bassin. La formation du Continental terminal d'âge oligo-miocène présente une architecture sédimentaire typique d'un milieu lacustre peu profond. Le présent article vise à décrire les conditions de dépôt des oolithes ferrugineuses de cette formation. L'analyse microscopique (lames minces et surfaces polies) des échantillons de roche a permis de mettre en évidence deux types d'oolithes ferrugineuses à savoir le type α et le type γ , qui témoignent tantôt d'un milieu agité, tantôt d'un milieu abrité. Par ailleurs, la présence des oolithes composites témoigne d'au moins deux phases de mise en suspension. Les observations de terrain ont révélé une diminution de la taille des oolithes du Nord vers le Sud du Bassin traduisant ainsi une augmentation de l'énergie de dépôt du Sud vers le Nord du Bassin.

Mots-clés : *Bassin de Kandi, Continental terminal, paléolac, Bénin.*

Abstract

Sedimentation and depositional conditions of the ferruginous oolites of the Continental terminal formation of the Kandi Basin, North-East Benin

In the Kandi sedimentary basin (North-East Benin), several types of depositional environments have followed one another since Paleozoic to Quaternary. Each of these environments is characterized by a sedimentary dynamic that has favored the setting up of the different formations of the Basin. The Continental terminal formation, Oligo-Miocene in age, presents a sedimentary architecture typical of a shallow lacustrine environment. The purpose of this article is to describe the depositional conditions of ferruginous oolites in this formation. The microscopic analysis (thin sections and polished surfaces) of the rock samples allowed to highlight two types of ferruginous oolites, namely α type and the γ type, which testify sometimes to a turbulent environment, sometimes to a sheltered environment. Moreover, the presence of composite oolites attests to at least two phases of oolitic suspension. Field observations revealed a decrease in the size of oolites from the North to the South of the Basin, thus reflecting an increase in deposit energy from the South to the North Basin.

Keywords : *Kandi Basin, Continental terminal, paleolake, Benin.*

1. Introduction

Les observations faites sur les terrains anciens, transposées aux paysages actuels permettent de reconstituer les paysages anciens. Les roches sédimentaires représentent donc des archives des paysages anciens. L'étude lithologique des formations peut ainsi conduire à la reconstitution des conditions de leur mise en place et, par-là, aboutir à une reconstitution paléogéographique du milieu de dépôt [1]. La formation du Continental terminal, bien que pauvre en structures sédimentaires différenciées, permet de reconstituer la dynamique sédimentaire pendant les périodes allant de l'Oligocène au Miocène. Dans la partie est de l'Afrique de l'Ouest, les falaises du Continental terminal montrent fréquemment à leur sommet un niveau ferrugineux à structure parfaitement oolithique. Ce niveau ferrugineux tabulaire a été considéré généralement comme un aspect particulier de la latérite [2]. Diverses observations et études, notamment microscopiques, montrent qu'il s'agirait de dépôts d'oolithes ferrugineuses syngénétiques, probablement d'origine lacustre, qu'il faut dissocier nettement des vraies latérites proprement dites. L'évolution du profil géomorphologique particulier de ces régions à couches tabulaires conduit les bancs d'oolithes à occuper localement les sommets et à simuler une latérite par leur position et leur teneur élevée en fer. Dans le Bassin de Kandi, au Nord-Est du Bénin, la teneur moyenne en fer total est de 56.72 % [3]. Paradoxalement, depuis les travaux de [4] aucune étude n'a abordé la dynamique sédimentaire de mise en place des oolithes ferrugineuses du Continental terminal du Bassin de Kandi. La présente contribution vise à déterminer les conditions de mise en place des oolithes ferrugineuses du Bassin de Kandi. Pour ce faire, elle se base sur une analyse pétrographique (macroscopique et microscopique) des niveaux supérieurs oolithiques de la formation du Continental terminal du Bassin de Kandi. De façon spécifique, il s'agit de reconstituer la dynamique de la mise en place des grès ferrugineux oolithiques du Continental terminal.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel

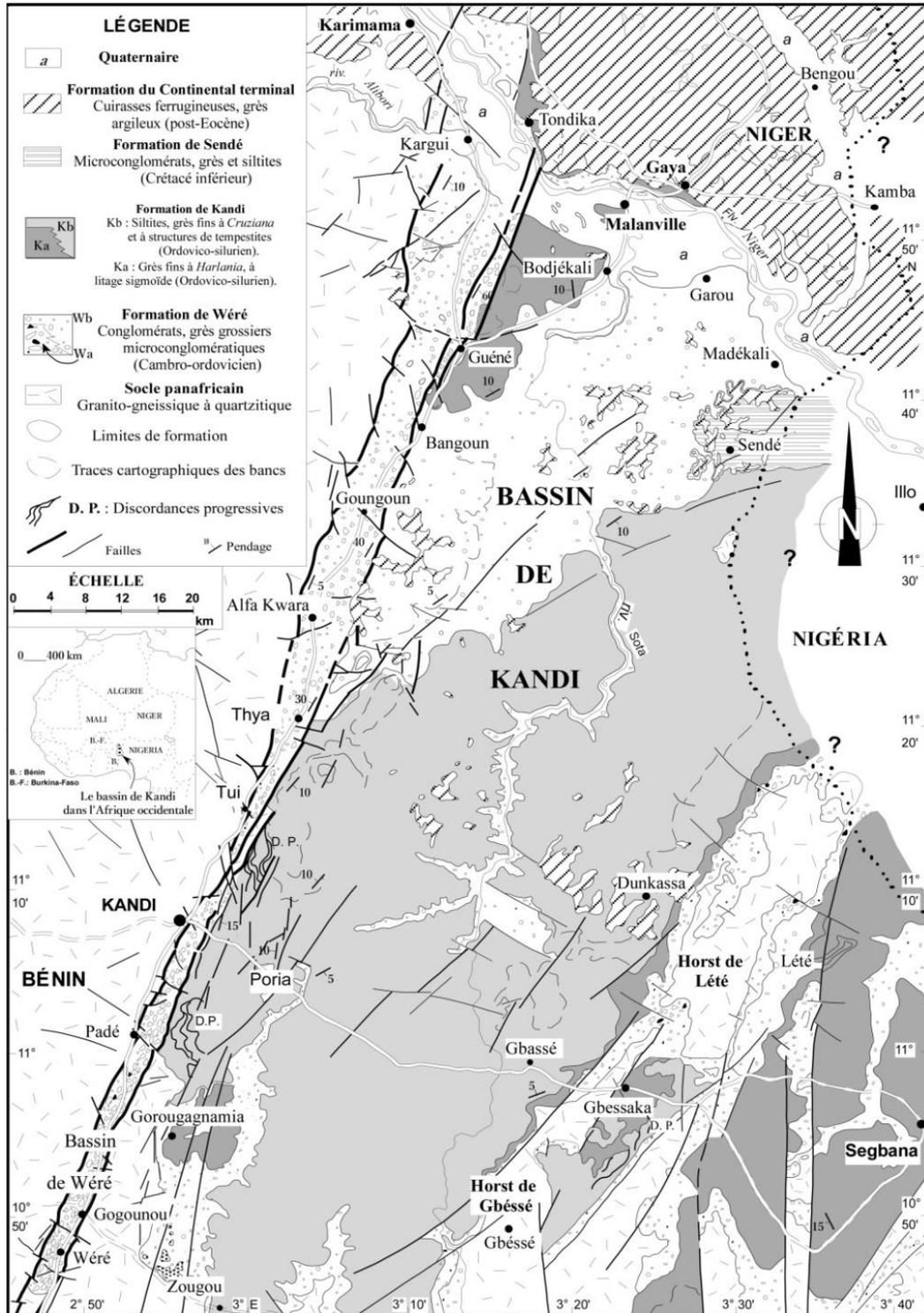
Les activités de terrain ont nécessité l'utilisation des cartes topographiques et géologiques à l'échelle 1/200 000 (Feuilles de Malanville et de Karimama), une boussole pour mesurer les directions et les pentes et d'un GPS (Global Positioning System) pour déterminer les coordonnées géographiques des formations et celles des points échantillonnés. Pour les sondages, une sondeuse munie d'un carottier à câble a fait objet d'usage. Le matériel de laboratoire utilisé est composé de microscope polarisant et métallographique muni d'un dispositif de microphotographie intégrée pour l'observation des lames minces de roches et la prise des microphotographies.

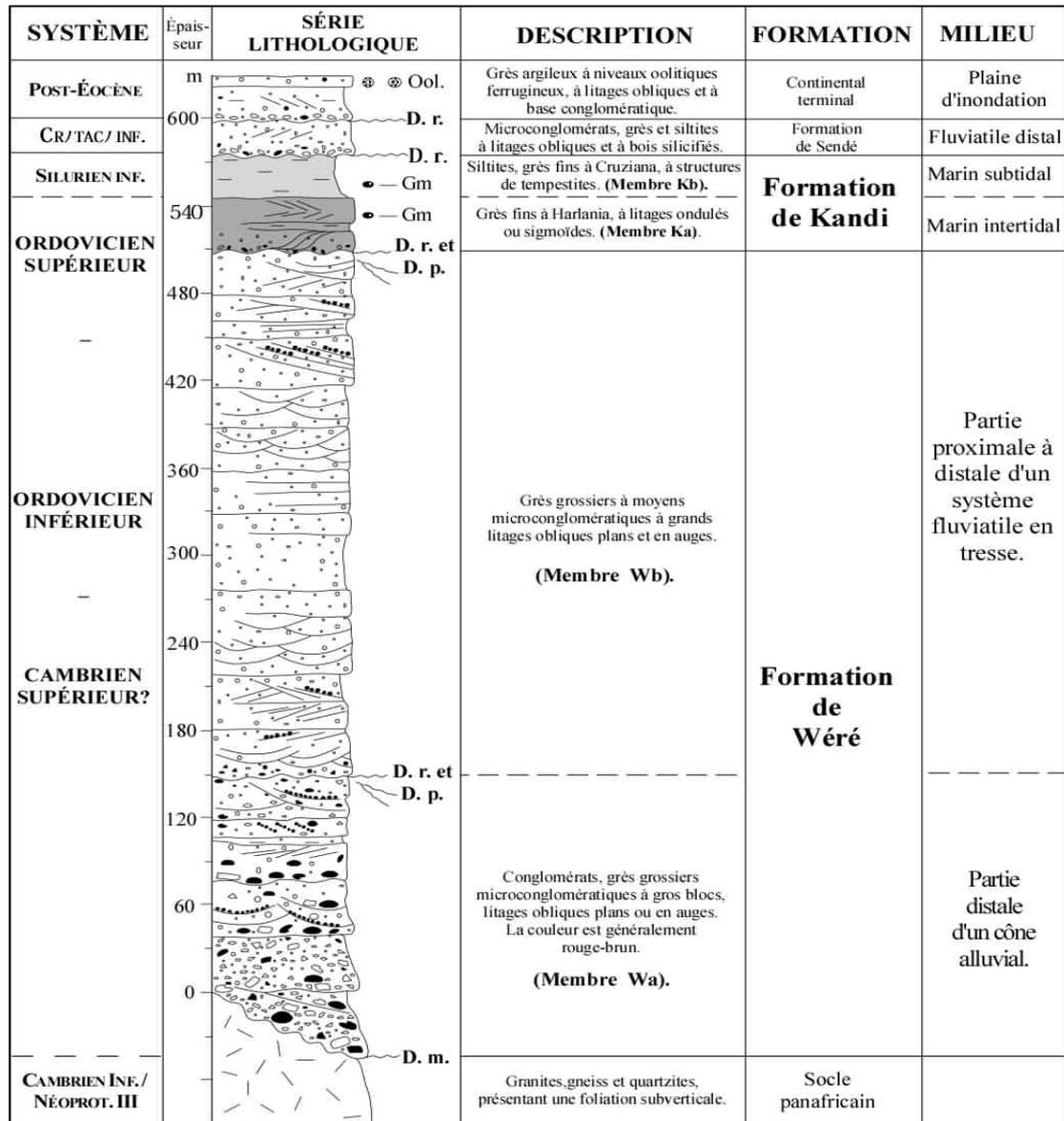
2-2. Approche méthodologique

La méthodologie adoptée se décline en deux phases dont la phase de terrain et celle de laboratoire. Sur le terrain, il a été question de décrire les affleurements de roches, de lever des coupes géologiques et de prélever des échantillons. Compte tenu du caractère sporadique des affleurements, 120 échantillons ont été prélevés suivant une maille irrégulière. Seuls les échantillons cohérents et les plus représentatifs (30) ont fait objet de confection de lames minces. Par ailleurs, des sondages carottés de reconnaissance ont été exécutés afin d'apprécier l'extension des niveaux oolithiques. Au laboratoire, trente lames minces (30) et dix sections polies (10) de roche ont été confectionnées en vue d'apprécier les différents types d'oolithes constituant le minerai de fer du Bassin de Kandi.

3. Présentation de la zone d'étude

Les séries sédimentaires du Bassin de Kandi, Nord-Est Bénin et Sud-Ouest Niger, reposent en discordance majeure sur le socle panafricain par l'intermédiaire d'un niveau conglomératique de base [4]. La stratification d'ensemble est régulière, plane et subhorizontale. Elle est marquée par certains bancs-repères que l'on peut suivre dans diverses régions. Les formations de la zone d'étude sont constituées de roches terrigènes à dominante gréseuse comprenant de la base au sommet des dépôts du Paléozoïque inférieur, surmontés dans le secteur de Sendé par des dépôts crétacés sur lesquels reposent en discordance de ravinement les sédiments du Continental terminal. Ces sédiments sont datés de l'Oligocène [5]. La série détritique du Paléozoïque inférieur débute par la formation fluvio-glaciaire de Wéré (*Figure 1*). Cette dernière est spatialement restreinte au sillon de Wéré, marquant la bordure occidentale du Bassin de Kandi. D'une épaisseur de 500 mètres environ [6], ledit sillon est constitué de poudingues et de brèches polygéniques à gros blocs baignant dans une matrice grés-argileuse. Ces dépôts conglomératiques passent vers le Nord-Est (secteurs de Gougoun et de Guéné) à des brèches polygéniques de type clast-supported à matrix-supported [7]. Les dépôts gréseux supérieurs de Wéré sont relayés verticalement et latéralement par les dépôts tidaux à subtidaux de la formation de Kandi d'âge Ordovicien supérieur - Silurien inférieur [8]. La formation de Kandi, d'une épaisseur de 80 m environ, est constituée par une alternance de grès et d'argilo-siltites [6]. Elle est surmontée par des dépôts de grès grossiers, de silts et d'argiles subordonnées de la formation continentale de Sendé d'âge Crétacé inférieur. La série se poursuit avec la formation d'âge "Oligo-Miocène" du Continental terminal [9]. Cette dernière est dominée par des argiles kaoliniques à la base, des grès parfois microconglomératiques et des grès ferrugineux oolithiques au sommet. Cette formation représente presque toujours le sommet de la série sédimentaire du Bassin de Kandi (*Figure 2*). Contrairement au Bassin des Lullemeden, dans le Bassin de Kandi la formation du Continental terminal est indifférenciée. Les formations du Quaternaire sont faiblement représentées dans le Bassin de Kandi. On les rencontre dans les vallées du fleuve Niger, de la Sota et de l'Alibori. Elles sont constituées de sables quartzeux et d'argiles [4].





⊗ ⊗ Ool. : Oolites ferrugineuses
 ● — Gm : Galets mous
 D. r. et D. p. : Discordance de ravinement et discordances progressives
 D. m. : Discordance majeure

Figure 2 : Colonne lithostratigraphique synthétique du Bassin de Kandi [6]. Les prélèvements ont été faits dans le Continental terminal représentant la formation sommitale de la colonne lithostratigraphique

4. Résultats et discussion

4-1. Résultats

4-1-1. Levés de coupes et description pétrographique des grès ferrugineux oolithiques

Des coupes géologiques ont été levées dans les secteurs de Sendé, Madékali, Guéné, Goungou et Fouè où des échantillons ont été prélevés. Ces coupes sont marquées par la présence de trois types d'éléments faciologiques à savoir: une couche kaolinique à la base, des tubulures termitiques disséminées et des niveaux

sommitaux à oolithes et pisolithes ferrugineuses. Dans le secteur de Sendé, le Continental terminal comprend deux couches sédimentaires (**Figure 3**). La première d'environ douze mètres d'épaisseur est constituée de grès argileux kaolinique à rares stratifications obliques entrecroisées frustes et à galets émoussés. Cette couche de base est relayée verticalement par une deuxième couche d'environ quatre mètres d'épaisseur, constituée de grès argilo-ferrugineux oolithiques faiblement cuirassés à tubulures termitiques disséminées (**Figure 3**). Dans ce secteur, la formation indifférenciée du Continental terminal repose en discordance de ravinement sur la formation crétacée de Sendé (**Figure 3**). Dans le Continental terminal du Bassin de Kandi, le minerai de fer présente macroscopiquement une abondance de structures concentriques : les oolithes et les pisolithes ferrugineuses (**Figure 4a, 4b, 4c, 4d, 4e**). Ces oolithes et pisolithes présentent dans leur partie centrale une substance de nature limonitique, parfois goethitique (**Figure 4c, 4d**). La taille des concrétions oolithiques et pisolithiques ferrugineuses diminue du Nord (**Figure 4a, 4b, 4c, 4d, 4e**) vers le Sud du Bassin (**Figure 4f**). Ces concrétions présentent des tailles impressionnantes dans la partie septentrionale du Bassin (**Figure 4c**). Elles atteignent par endroit 1 cm de diamètre. Ceci dénote une mise en place dans des conditions de forte énergie préservées sur une longue période. La succession verticale des lithofaciès varie légèrement d'un secteur à un autre.

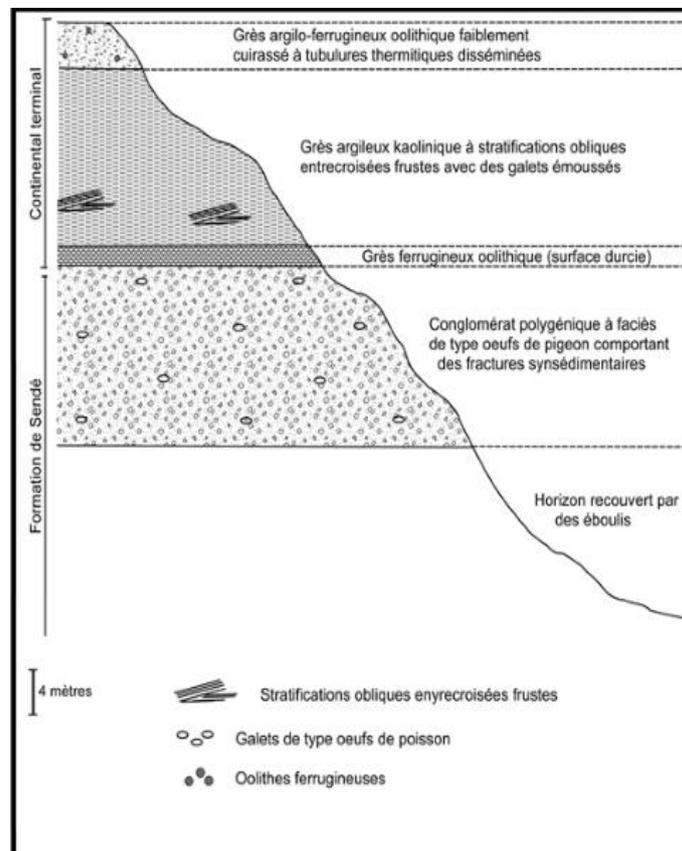


Figure 3 : Coupe schématique montrant la succession verticale des lithofaciès du Continental terminal et de la formation de Sendé. Coupe de la colline de Sendé Peulh (Secteur de Madékali, Bassin de Kandi)

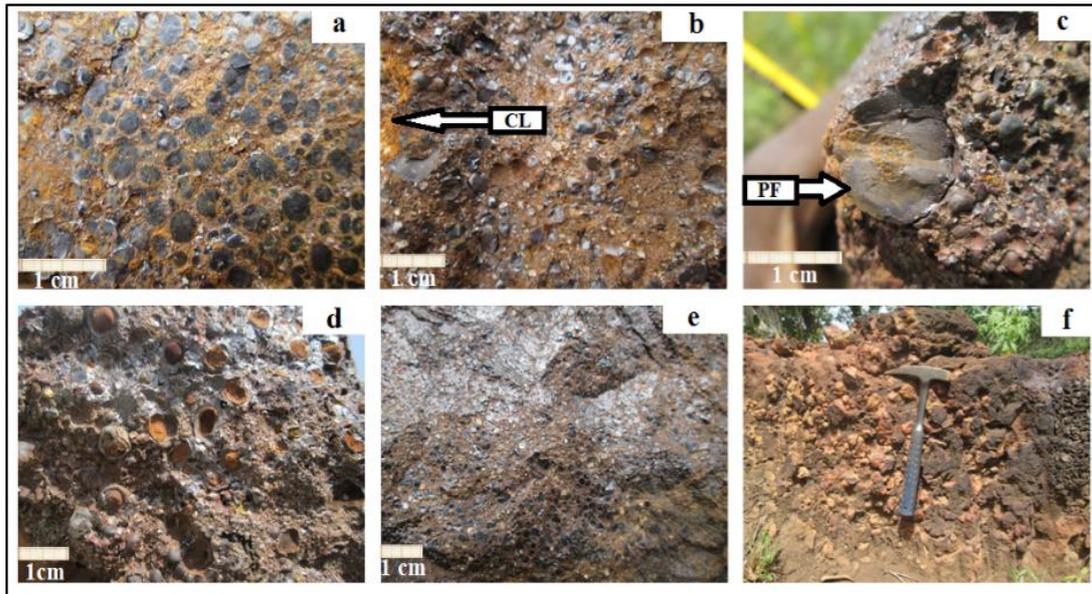


Figure 4 : Photographies montrant les différents types de faciès des grès ferrugineux oolithiques du Continental terminal. *a* : grès ferrugineux oolithiques du secteur de Guéné (Tolozougou, partie nord du Bassin de Kandi), *b* : grès ferrugineux oolithiques du secteur de Guéné (Sidi fari, partie nord du Bassin de Kandi), *c* : grès ferrugineux oolithiques montrant une pisolithe ferrugineuse dans le secteur de Tolozougou, *d* : grès ferrugineux oolithiques du secteur de Touloua-Guéné (partie nord du Bassin de Kandi), *e* : grès ferrugineux oolithiques du secteur de Loumbou-Loumbou (partie nord du Bassin de Kandi), *f* : grès ferrugineux à rares oolithiques ferrugineuses minuscules (secteur de Fouè-Angaradébou, partie sud du Bassin de Kandi). CL : ciment limonotique ; PF : pisolithes ferrugineuses.

Les textures concentriques des oolithes sont visibles sur certains spécimens cassés et dans certains cas, elles offrent superficiellement des irisations d'interférences dues à la texture oolithique (**Figure 5**).

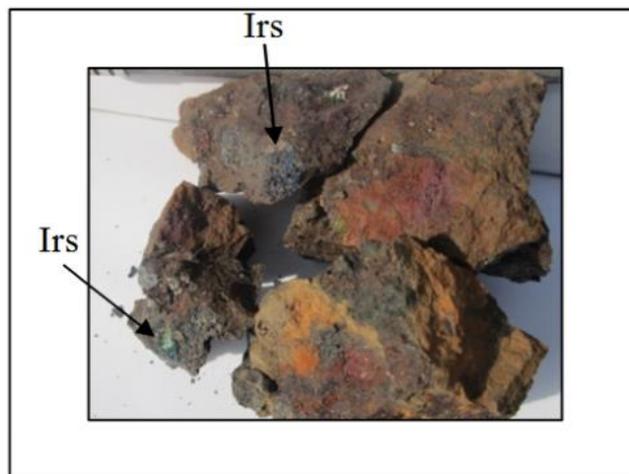


Figure 5 : Photographie des grès ferrugineux oolithiques montrant les irisations dues à la structure oolithique. Irs : Irisations d'interférence

La description des carottes montre que les niveaux de grès ferrugineux oolithiques surmontent une épaisse couche d'argile kaolinique et que les oolithes ne se rencontrent qu'au sommet de la formation (**Figure 6, 7, 8**).

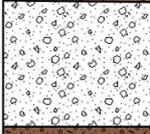
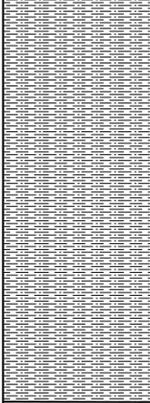
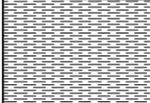
BASSIN DE KANDI / SECTEUR DE MADEKALI												
Sondage carotté pour l'appréciation de la continuité du minerai de fer Sondage: AK 344 Coordonnées (WGS84 UTM 31N) X: 554544 Y: 1288687 Z: 266					Titre de la recherche: Caractérisation géologique et géochimique du minerai de fer oolithique du Bassin de Kandi (Nord-Est Bénin)							
Cote d'altitude	Profondeur (m)	Epaisseur (m)	Description lithologique	Mode de sondage	Sondage N° AK 344	Récupération (%)				Observation		
						25	50	75	100			
264.35	1.65	1.65	Grès ferrugineux oolithique, fissuré, surmonté par une mince couche de gravions de grès ferrugineux	Diamètre du tube-carotte 110 mm						- Les oolithes ferrugineuses apparaissent dans la partie supérieure des carottes. - La partie supérieure est constituée non seulement de grès ferrugineux oolithique mais aussi de galets et de gravions de grès ferrugineux dans un ensemble sablo-argileux		
262.2	3.8	2.15	Grès ferrugineux très induré, fissuré, à tâches jaunâtre et bien oolithique									
261.5	4.5	0.7	Galets et gravions de grès ferrugineux dans un ensemble sablo-argileux minéralisé									
261	4.8	0.3	Grès ferrugineux très induré									
258.5	7.5	2.7	Argile bariolée (marron, rougeâtre et grisâtre)									
257.85	8.15	0.65	Argile grisâtre									

Figure 6 : Log montrant la succession lithologique (Sondage AK 344, secteur de Madékali)

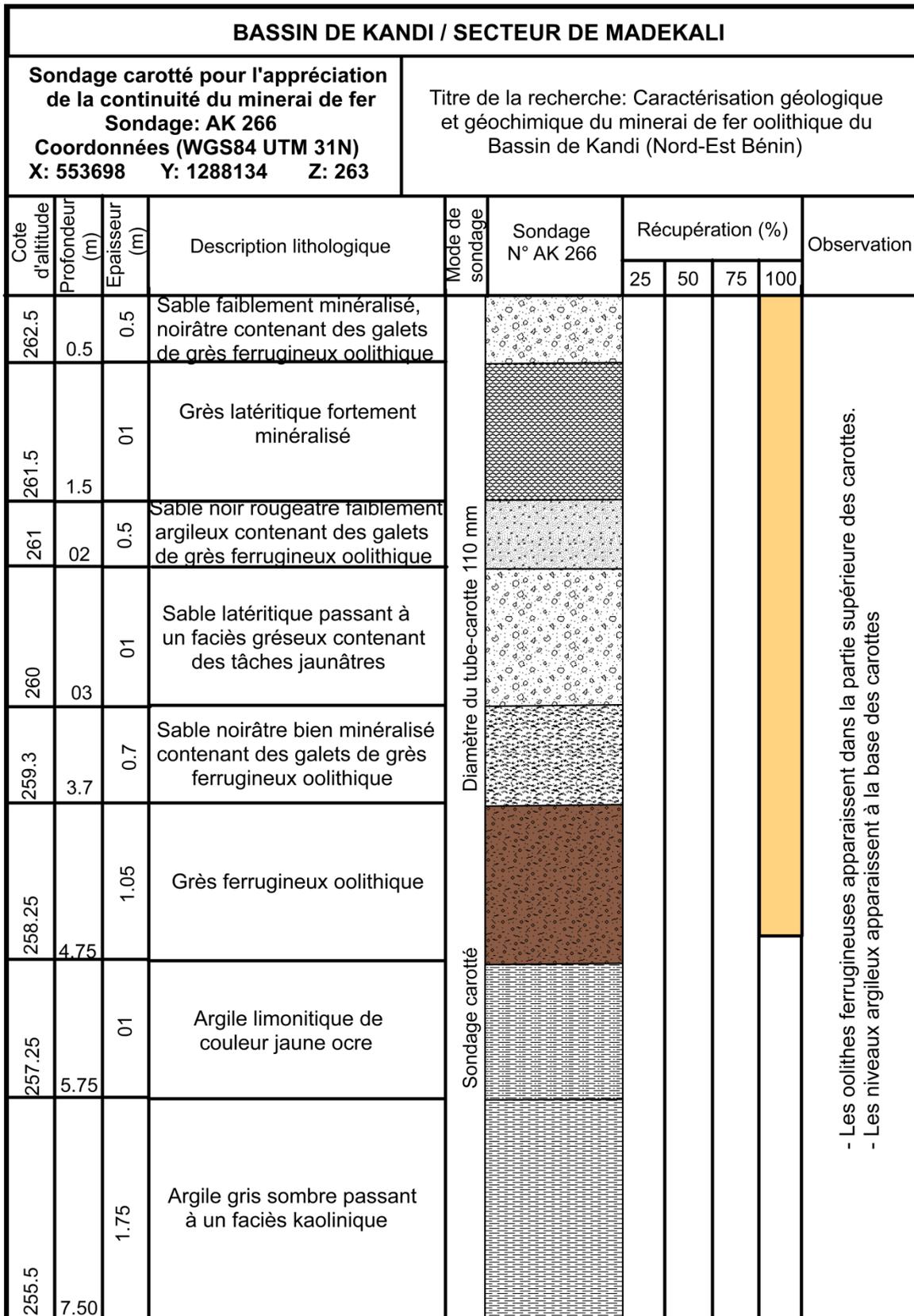


Figure 7 : Log montrant la succession lithologique (Sondage AK 266, secteur de Madékali)

BASSIN DE KANDI / SECTEUR DE MADEKALI										
Sondage carotté pour l'appréciation de la continuité du minerai de fer Sondage: AK 335 Coordonnées (WGS84 UTM 31N) X: 555745 Y: 1291886 Z: 266					Titre de la recherche: Caractérisation géologique et géochimique du minerai de fer oolithique du Bassin de Kandi (Nord-Est Bénin)					
Cote d'altitude	Profondeur (m)	Epaisseur (m)	Description lithologique	Mode de sondage	Sondage N° AK 335	Récupération (%)				Observation
						25	50	75	100	
265	01	01	Latérite	Diamètre du tube-carotte 110 mm Sondage carotté						- Les oolithes ferrugineuses apparaissent dans la partie supérieure des carottes. - Les niveaux argileux apparaissent à la base des carottes
264.5	1.5	0.5	Grès ferrugineux très induré							
263.5	2.5	01	Sable argileux jaune ocre (limonitique) contenant des galets et gravions de grès ferrugineux							
262.2	3.8	1.3	Argile sableuse jaunâtre à intercalation latéritique							
262	04	0.2	Argile sableuse							
261.5	4.5	0.5	Sable noirâtre faiblement argileux et bien minéralisé							
260.7	5.3	0.8	Sable minéralisé contenant des galets de grès ferrugineux							
260.2	5.8	0.5	Argile sableuse							
259.6	6.36	0.56	Sable noirâtre passant à un faciès latéritique							
258.75	7.25	0.89	Argile latéritique							
257.65	8.35	1.1	Argile grise à tâches blanchâtres							

Figure 8 : Log montrant la succession lithologique (Sondage AK 335, secteur de Madékali)

Cette disposition argile kaolinique surmontée par le grès ferrugineux oolithique suggère qu'au cours de la sédimentation, une période de calme a précédé la phase d'oolithisation.

4-1-2. Caractéristique microscopique des grès ferrugineux oolithiques

En lame mince, les échantillons présentent des concrétions oolithiques de forme arrondie à subarrondie parfois anguleuse liées par un ciment ferrugineux surtout de nature goethitique (**Figure 9a, 9b**). Par endroit, le liant est une matrice détritique terrigène constituée majoritairement de grains de quartz anguleux à subanguleux (**Figure 9c**). Le pourcentage des oolithes varie d'une lame à une autre, ce, entre 80 % contre 20 % de liant (**Figure 9a**) et 30 % contre 70 % de liant (**Figure 9c**). La taille des oolithes varie de 0.1 à 2 mm parfois plus (**Figure 9a**). Certaines oolithes sont déformées donnant des contours ovoïdes en raison d'une compaction précoce du sédiment (**Figure 9a**). La présence de quelques oolithes dans une matrice gréseuse (**Figure 9c**) traduit une oolithisation anté-sédimentaire et le pourcentage élevé des oolithes (**Figure 9a, 9b**) traduit une oolithisation syn-sédimentaire. Ces observations témoignent d'une intense agitation du milieu. Deux types d'oolithes ont été distingués dans les grès ferrugineux du Continental terminal du Bassin de Kandi. L'oolithe de type α est caractérisée par une lamination corticale atténuant la morphologie anguleuse du nucléus (**Figure 9d, 9e**). Ce type d'oolithe caractérise les milieux très agités [10]. L'oolithe de type γ ou oolithe asymétrique ou oolithe excentrique présente une lamination corticale développée sur un côté du nucléus. La précipitation a été irrégulière provoquant un accroissement du cortex excentré (**Figure 9f**). Ce type d'oolithe caractérise les milieux calmes ou abrités [10]. Il existe également des proto-oolithes dont le cortex est réduit à quelques couches (**Figure 9e**). Le nombre d'enveloppes corticales varie d'une oolithe à une autre et ce, entre 1 et 7 en moyenne (**Figure 9e**). Secondairement, l'on rencontre des oolithes composites dont le nucléus renferme une ou plusieurs oolithes de première génération (**Figure 10a**). Ceci témoigne d'au moins deux phases de mise en suspension. Des silicifications amorphes liées probablement aux pseudomorphoses ayant affectés les oolithes ferrugineuses (**Figure 10b, 10c**) sont observées par endroits. Les oolithes ont subi des fissurations dues à l'effet de la diagenèse mécanique ou des contraintes tectoniques. Pendant la compaction modérée, la silice dissoute circule encore dans la roche occupant ainsi les espaces créés par les fissures. Elle précipite favorisant ainsi le remplissage des fissures (**Figure 10b, 10c**). Certaines oolithes présentent des craquelures dues aux entrechoquements liés à l'agitation du milieu ou à la compaction modérée pendant la diagenèse (**Figure 10d**). L'ensemble de ces caractéristiques témoigne d'une alternance de périodes fortement agitée et de période relativement calme, associées à la mise en place des oolithes et des pisolithes ferrugineuses. Ceci atteste que l'oolithisation a eu lieu avant et pendant la sédimentation.

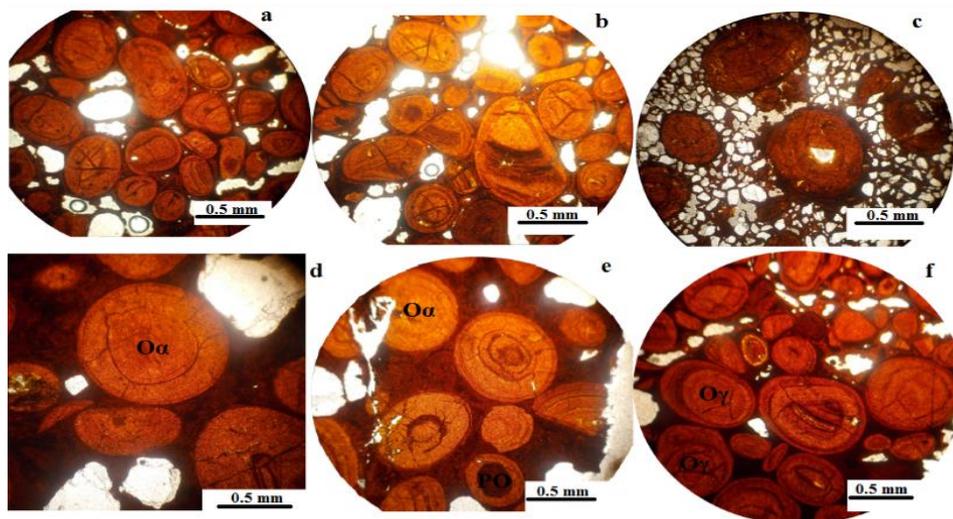


Figure 9 : Microphotographies montrant les types d'oolithes ferrugineuses de la formation du Continental terminal du Bassin de Kandi. a, b : Microphotographies montrant la taille et la forme des oolithes ferrugineuses. c : Microphotographie montrant la nature de la matrice. d, e, f : Microphotographies montrant les types d'oolithes observées dans les grès ferrugineux du Bassin de Kandi (O α : oolithes de type α , O γ : oolithes de type γ , PO : proto-oolithes)

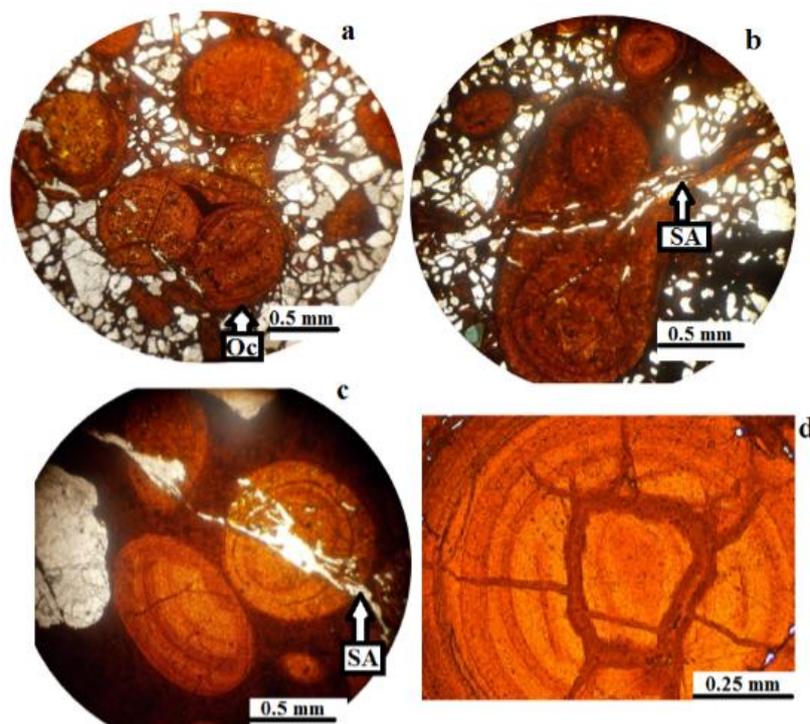


Figure 10 : *Microphotographies montrant les déformations au sein des oolithes ferrugineuses*

a : Microphotographie montrant la forme des oolithes composites. b, c : Microphotographie montrant la forme de la silicification amorphe. d : Microphotographie montrant les craquelures au sein des oolithes. OC : oolithes composites, SA : silicification amorphe

4-2. Discussion

Le but visé à travers cette étude est de déterminer la dynamique de mise en place des oolithes ferrugineuses de la formation du Continental terminal du Bassin de Kandi. Les travaux de [1], ont montré qu'il existe plusieurs conditions nécessaires à la genèse des oolithes. Le milieu de formation doit correspondre à des zones de mélange entre des eaux océaniques relativement fraîches et sous saturées en ions dissous et des eaux de plateformes peu profondes, surchauffées et saturées en ions dissous. Cette zone se situerait sur la bordure externe des plateformes tropicales, le long de la rupture de pente. Il faut dans ce cas admettre l'existence de courants de marée bidirectionnels qui maintiendraient périodiquement les oolithes en suspension dans la tranche d'eau. L'épaisseur de la tranche d'eau est supposée être faible (entre 2 et 10 mètres). La baisse de la tranche d'eau peut aller jusqu'à l'émersion temporaire. Ce sont là des conditions très strictes, que l'on ne trouve que sur les plateformes tropicales peu profondes. Les caractéristiques structurales (structures sédimentaires) et texturales (paramètres granulométriques) seront du même type et auront les mêmes significations. Ces caractéristiques donnent des indications sur la turbulence du milieu, la force et la direction des courants, les zones de transit et de sédimentation. En opposition partielle avec les conditions suscitées par [1], dans la formation du Continental terminal du Bassin de Kandi, aucune influence marine n'a cependant été mise en évidence. Les rares structures sédimentaires frustes sont d'origine purement continentale. Une forte agitation des eaux paraît être une condition indispensable à la précipitation des oolithes [12]. Les oolithes se rencontrent typiquement dans les zones agitées de forts courants de marée, dans les zones de littoral marin ou lacustre et dans les dépôts de plages sublittorales de faible profondeur, souvent à moins de 5 m, parfois à 10-15 m [13]. Les oolithes de type α mises en évidence dans le Continental

terminal du Bassin de Kandi traduisent une forte agitation du milieu, confirmant ainsi cette condition énoncée par [12]. [14] va plus loin en précisant les caractéristiques des milieux favorables au processus d'oolithisation. Pour ce dernier, la présence d'un nucléus semble être primordiale (toujours présent). Ce sont donc les caractères du milieu lui-même qui permettent la genèse des oolithes, caractères parmi lesquels on retiendra la présence d'alternances de dépressions et de rides parallèles espacées de 50-250 mètres, entraînant une alternance de zones d'énergie relativement plus faibles et plus fortes. La présence de système de vagues et de courants bidirectionnels tendant à faire passer les oolithes d'une ride à une dépression et ainsi de suite, et les retenant en même temps dans ce milieu. En accord avec cette affirmation de [14], le nucléus des oolithes ferrugineuses du Bassin de Kandi est soit un grain de quartz, soit un fragment d'oolithe ou une ancienne oolithe. Alors que certains travaux montrent que les processus de sédimentation sont moins actifs sur les petits lacs [15, 16], la taille plurimillimétrique à centimétrique et la forme parfaitement arrondie des oolithes et pisolithes ferrugineuses du Bassin de Kandi témoignent d'un processus sédimentaire très actif. La sédimentation est plus régulière à l'aval d'un lac qu'à l'amont [17]. Dans le Continental terminal du Bassin de Kandi, aucune discordance n'a été identifiée. Ce qui témoigne d'une régulière sédimentation et de la localisation vers l'aval du lac dans le secteur du Bassin de Kandi. Les oolithes du Continental terminal sont couramment mêlées aux grains de quartz. Il existe tous les intermédiaires latéraux entre l'oolithe pure et le grès argileux à oolithes sporadiques [2]. En accord avec cette affirmation de [2], les grains de quartz de la formation du Continental terminal du Bassin de Kandi constituent non seulement la majeure partie de la matrice mais parfois le nucléus des oolithes.

5. Conclusion

La forme, la taille et le type des oolithes ferrugineuses de la formation du Continental terminal du Bassin de Kandi témoignent d'un milieu agité, relativement abrité. La présence d'oolithes composites témoigne d'au moins deux phases d'oolithisation (phase de mise en suspension). De plus, la faible proportion des oolithes par endroit contre une forte proportion de la matrice quartzreuse confirme les deux phases d'oolithisation dont la phase anté-sédimentaire et la phase syn-sédimentaire. L'affleurement des oolithes seulement dans la partie sommitale du Continental terminal et l'importante épaisseur d'argile kaolinique sur laquelle repose le minerai de fer oolithique traduisent une longue période de calme suivie de la période agitée qui correspond à la période d'oolithisation. L'absence de discordance traduit une régulière sédimentation pendant la mise en place de la formation du Continental terminal du Bassin de Kandi.

Références

- [1] - L. CHAMPAGNAC, Dynamique des formations superficielles et analyse morphologique du Val de Ruz. Mémoire de fin d'études, Université de Neuchâtel, Institut de géographie et de géologie, (2005) 149 p.
- [2] - F. TESSIER, Oolithes ferrugineuses et fausses latérites dans l'est de l'Afrique occidentale française. Extrait des annales de l'école supérieure des sciences, Institut des hautes études de Dakar, Tome 1, (1954) 26 p.
- [3] - A. K. I. FATIOU, M. KONATE, S. YESSOUFOU, C. L. G. ADISSIN, M. HECKMANN et H. SALEY GARBA, Geology, Mineralogy and Geochemistry of the Oligocene oolitic iron ore of the Kandi Basin Continental Terminal Formation (North-East Benin, South-West Niger). *Scientific Research Publishing, International Journal of Geosciences*, 10 (2019a) 491 - 512 p. <http://www.scirp.org/journal/ijg>
- [4] - S. ALIDOU, Etude géologique du bassin Paléo-Mésozoïque de Kandi. Thèse de doctorat ès-science. Université de Dijon, (1983) 328 p.

- [5] - A. BEAUVAIS, G. RUFFET, O. HENOCQUE and F. COLIN, Chemical and physical erosion rhythms of the West African Cenozoic morphogenesis: The ³⁹Ar-⁴⁰Ar dating of supergene K-Mn oxides. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 113, (2008) 15 p.
- [6] - M. KONATE, Evolution tectono-sédimentaire du bassin Paléozoïque de Kandi (Nord Bénin-Sud Niger) - un témoin de l'extension post-orogénique de la chaîne panafricaine. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, Vol. 1, (1996) 290 p.
- [7] - M. KONATE, J. LANG, M. GUIRAUD, M. YAHAYA, M. DENIS et S. ALIDOU, Un bassin extensif formé pendant la fonte de la calotte glaciaire hirnantienne: le bassin ordovico-silurien de Kandi (Nord Bénin, Sud Niger). *Africa Geoscience Review*, Vol. 13, N° 2 (2006) 157 - 183 p.
- [8] - M. KONATÉ, M. GUIRAUD, J. LANG, M. YAHAYA, Sedimentation in the Kandi extensional basin (Benin and Niger): fluvial and marine deposits related to the Late Ordovician deglaciation in West Africa. *Journal African Earth Sciences*, 36 (2003) 185 - 206 p.
- [9] - A. K. I. FATIOU, M. KONATÉ, C. L. G. ADISSIN, S. YESSOUFOU, M. TOSSOU, M. HECKMANN et H. SALEY GARBA, Etude préliminaire du contenu sporo-pollinique et caractérisation des grès ferrugineux de la formation du Continental terminal, Bassin de Kandi (Nord-Est Bénin). *European Scientific Journal*, Vol. 15, N°24, (2019b) ISSN : 1857 - 7881 (Print) e - ISSN 1857 - 7431
- [10] - B. H. PURSER, Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. Tome 1, Editions Technip., (1980) 340 p.
- [11] - A. BONTE, Origine et genèse du minerai de fer oxfordien de Neuvizy (Ardennes). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 208 (1939) 452 p.
- [12] - R. P. VANDERYST, Les roches oolithiques du système schisto-calcaireux dans le Congo occidental, Institut Royal Colonial Beige section des sciences naturelles et médicales Mémoires, collection 4°, tome 1, fascicule 2, (1932) 85 p.
- [13] - C. ROBERT et R. BOUSQUET, Géosciences, la dynamique du système Terre. Edition Berlin, ISBN 978-2-7011-3816-9, (2013) 1159 p.
- [14] - J. P. LOREAU, Relation entre structure, ultrastructure et milieu des oolithes de la tracial coast (golfe persique). Mécanismes de l'oolithisation. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T. 95, (1972) 395 - 398 p.
- [15] - B. BROSSIER, Caractéristiques morpho-sédimentologiques des rivages lacustres du bassin versant de la rivière Nécopastic, Jamésie, Québec nordique. Mémoire de maîtrise. Université Joseph Fourier, Institut de Géographie Alpine, Grenoble, (2004) 80 p.
<http://eujournal.org/index.php/esj/issue/view/370>
- [16] - L. HAKANSON, The importance of lake morphometry for the structure and function of lakes. *International Review of Hydrobiology*, 90 (4) (2005) 433 - 461
- [17] - V. MALEVAL, Nature, origine et taux de sédimentation dans un lac oligotrophe : le lac de Saint-Pardoux, France. INSA de Rennes, GRGCR - Géologie, Rennes, France, (2017) 8 p.