

Etude préliminaire du contenu sporo-pollinique et caractérisation des grès ferrugineux de la formation du Continental Terminal, Bassin de Kandi (Nord-Est Bénin)

Adiss Kamal Issifou Fatiou, PhD student

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, Laboratoire Eaux Souterraines et Géoressources, Niamey, Niger. Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Département des Sciences de la Terre, Laboratoire de Géologie, Mines et Environnement, Abomey-Calavi, Benin

Prof. Moussa Konaté,

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

Dr. Luc Cossi Adissin Glodji,

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

Dr. Soulémama Yessoufou,

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

Prof. Monique Tossou,

Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale, Abomey-Calavi, Bénin

Dr. Matthias Heckmann,

Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hannover, Germany

Hamidou Saley Garba, PhD student,

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

Doi:10.19044/esj.2019.v15n24p222 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n24p222](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n24p222)

Résumé

L'étude sporo-pollinique des grès de la formation du Continental Terminal du Bassin de Kandi, au Nord-Est du Bénin, a permis de faire une

ébauche de reconstitution paléoenvironnementale pour la période allant de l'Oligocène au Miocène. La diversité taxonomique est représentée par des graminées notamment par l'espèce *Graminidites neogenicus* et des arecaceae représentés par l'espèce *Hyphaene Thebaica*, caractéristiques des "milieux tropicaux chauds et sec". Ces espèces caractérisent également une savane herbeuse. Le *Graminidites neogenicus* est une espèce phare du Miocène et les grès ferrugineux du Continental Terminal ont été datés de l'Oligocène. Nous attribuons ainsi un âge Oligo-Miocène à la formation du Continental Terminal du Bassin de Kandi. Alors que le milieu est longtemps considéré comme azoïque, l'analyse microscopique a révélé des fossiles végétaux constitués majoritairement de fruits. Le minerai de fer oolithique du Bassin de Kandi s'est donc mis en place dans un milieu lacustre de type réducteur, dans lequel vivaient des végétaux tels que les gramineae (*Graminidites neogenicus*) et les arecaceae (*Hyphaene Thebaica*).

Mots clés: Palynologie, Paléoenvironnement, Bassin de Kandi, Continental Terminal

Preliminary Sporo-Pollenic Content Survey and Characterization of the Continental Terminal Formation Ironstones, Kandi Basin (North-East Benin)

Adiss Kamal Issifou Fatiou, PhD student

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, Laboratoire Eaux Souterraines et Géoressources, Niamey, Niger. Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Département des Sciences de la Terre, Laboratoire de Géologie, Mines et Environnement, Abomey-Calavi, Benin

Prof. Moussa Konaté,

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

Dr. Luc Cossi Adissin Glodji,

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

Dr. Soulémana Yessoufou,

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

Prof. Monique Tossou,

Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale, Abomey-Calavi, Bénin

Dr. Matthias Heckmann,

Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hannover, Germany

Hamidou Saley Garba, PhD student,

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

Abstract

The sporo-pollenic study of the oolitic ironstone of the Kandi Basin in the northeastern part of Benin allowed a paleoenvironmental reconstitution

during the Oligocene and Miocene periods. The Taxonomic diversity is characterized by grasses including "*graminidites neogenicus*" and arecaceae represented by "*Hyphaene Thebaica*", characteristic of "hot and dry tropical environments". These species also characterize a grassy savannah. The *graminidites neogenicus* is a Miocene flagship and the ferruginous sandstone of the Continental Terminal has been dated of Oligocene in age. We thus attribute an Oligo-Miocene age to the Formation of the Continental Terminal of the Kandi Basin. While the medium has long been considered azo, microscopic analysis has revealed plant fossils made up mostly of fruits. The oolitic iron ore of the Kandi Basin took place in a reducing lacustrine environment in which plants such as gramineae (*Graminidites neogenicus*) and arecaceae (*Hyphaene Thebaica*) lived.

Keywords: Palynology, Paleoenvironment, Kandi Basin, Continental Terminal

Introduction

De toutes les provinces sédimentaires du Bénin ayant fait l'objet d'études palynologiques dans le cadre d'une reconstitution paléoenvironnementale, le Bassin de Kandi (Figure 1) reste le moins bien connu malgré certaines tentatives d'études faites, plus au Nord, dans le Bassin des Iullemeden au Niger par Miko (1999) et dans celui de Sokoto au Nigéria par Kogbe et Sowunmi (1975). L'âge de la formation du Continental Terminal est demeuré pendant longtemps imprécis du fait de l'absence de données paléontologiques. La plupart des anciens auteurs ont tenté de situer la mise en place de cette formation après l'Eocène inférieur et avant le Quaternaire (Alidou, 1983 ; Lang *et al.*, 1986 ; Kogbé, 1971, 1989). Alidou (1983) avait proposé un intervalle post-Eocène et anté-Quaternaire pour le Continental Terminal. En se basant sur les pollens de la série sablo-argileuse à lignite (CT2) du Bassin des Iullemeden, Miko (1999) propose un âge Mio-Pliocène au Continental Terminal. Cependant, les datations radiométriques récentes (méthode K-Ar) réalisées par Chardon *et al.* (2018) confèrent un âge oligocène à la formation du Continental Terminal.

Compte tenu de la forte dominance minérale, deux échantillons, provenant l'un du secteur de Guéné-Goungoun et l'autre de celui de Bodjékali ont été étudiés. Le présent article apporte d'une part, des éléments de précision en relation avec la période de dépôt des sédiments ferrugineux du Continental Terminal et, d'autre part, il met en évidence les conditions paléoclimatique et environnementale qui ont prévalu pendant la mise en place de cette formation.

Cette étude est basée d'une part, sur une analyse micropaléontologique au microscope et d'autre part, sur l'extraction et l'analyse du matériel spore-pollinique.

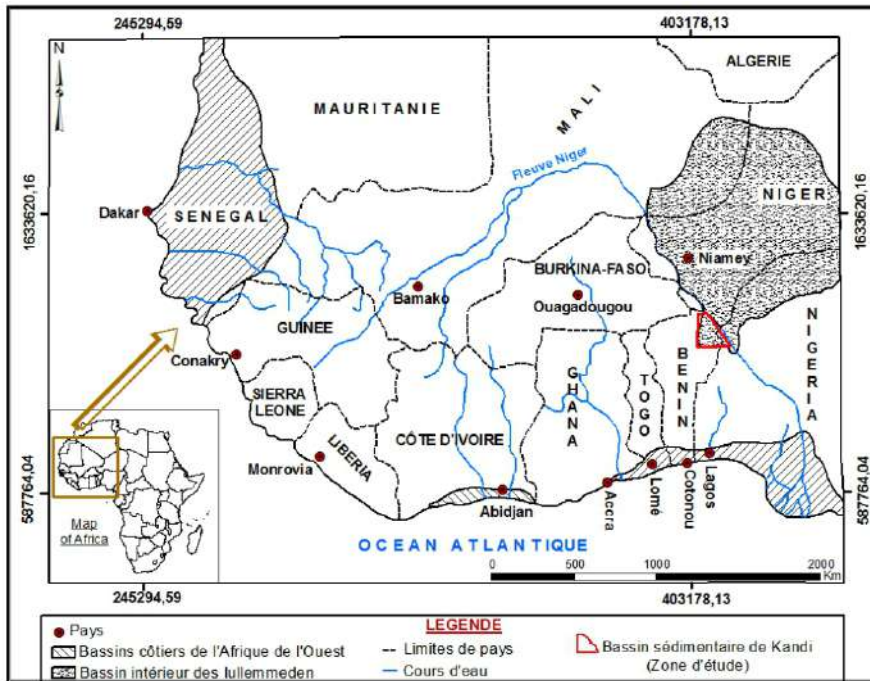


Figure 1: Situation géographique de la zone d'étude

Contexte géologique

Les séries sédimentaires du Bassin de Kandi, Nord-Est Bénin Sud-Ouest Niger, reposent en discordance majeure sur le socle cristallin panafricain (ou précambrien rajeuni) par l'intermédiaire d'un niveau conglomératique de base ou de dépôts de grès grossiers conglomératiques (Alidou, 1983). 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 oligocènes du Continental Terminal (Chardon *et al.*, 2018). La série détritique du Paléozoïque inférieur débute par la formation fluvio-glaciaire de Wéré. Cette dernière est spatialement restreinte au sillon de Wéré, marquant la bordure occidentale du Bassin de Kandi. D'une épaisseur de 500 mètres environ (Konaté, 1996), le remplissage sédimentaire dudit sillon est constitué de poudingues et de brèches polygéniques à gros blocs baignant dans une matrice gréso-argilo-ferrugineuse. Ces dépôts conglomératiques passent vers le nord-est (secteurs de Goungoun et de Guéné) à des brèches polygéniques de type clast-supported à matrix-supported (Konaté *et al.*, 2006). 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 (Konaté *et al.*, 2003). La formation de Kandi, d'une épaisseur de 80 m environ, est constituée par une alternance de grès et d'argilo-siltites (Konaté, 1996). Elle est surmontée par des dépôts de grès grossiers, de silts et d'argiles subordonnées de la formation continentale de Sédé d'âge Crétacé inférieur. La série se poursuit avec la formation d'âge "Oligocène" du Continental Terminal (Chardon *et al.*, 2018). 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 Iullemmeden, dans le Bassin de Kandi la formation du Continental Terminal est indifférenciée.

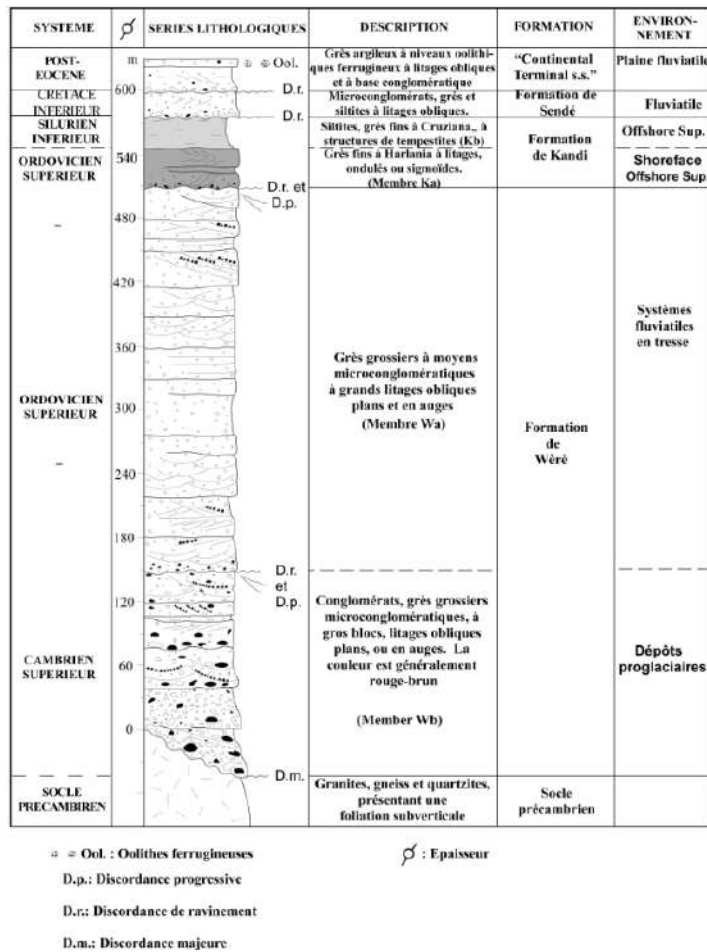


Figure 2 : Colonne lithostratigraphique synthétique du Bassin de Kandi (Konaté, 1996). Les prélèvements ont été faits dans le Continental Terminal représentant la formation sommitale du log lithostratigraphique.

Les formations du Quaternaire sont peu développées dans le Bassin de Kandi. On les rencontre dans les vallées du Niger, de la Sota et de l'Alibori (Figure 3). Elles sont constituées par des sables quartzeux et des argiles (Alidou, 1983).

L'accident majeur N20° E de Kandi contrôle la distribution spatiale d'Ouest vers l'Est des faciès détritiques de cône alluvial, fluviales et marins ainsi que la géométrie du remplissage sédimentaire structuré en demi-graben synclinal (Konaté, 1996).

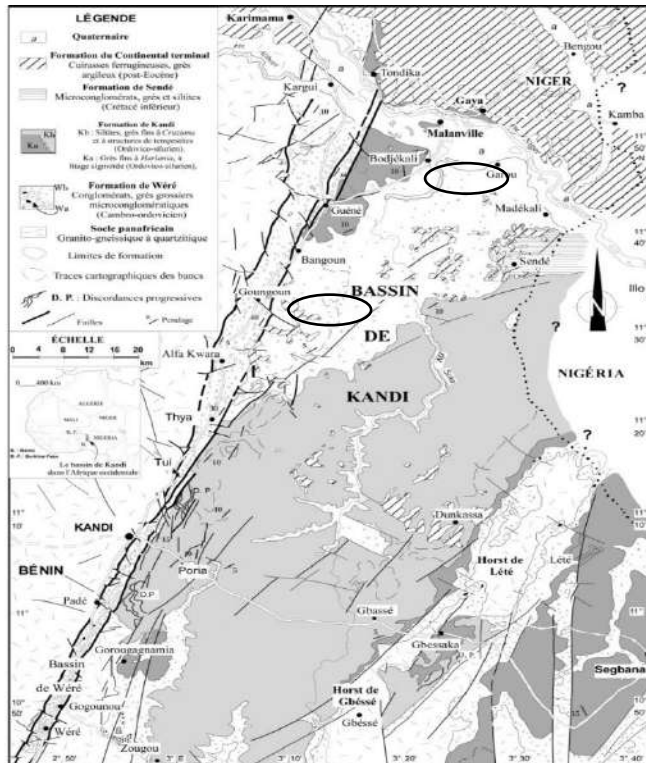


Figure 3: Carte géologique synthétique du Bassin de Kandi (Konaté, 1996).

Matériel et méthodes

La méthodologie mise en œuvre comprend principalement trois étapes:

- 1) La première étape a consisté à décrire sur le terrain les affleurements de roches, à lever des coupes géologiques et à prélever des échantillons.
- 2) La seconde étape est celle de la confection des lames minces de roche. Au total 30 lames minces de grès ferrugineux ont été confectionnées à l'Ecole des Mines de Niamey.
- 3) Au cours de la troisième étape, le matériel sporo-pollinique a été extrait et monté entre lames et lamelles au laboratoire EPOC

(Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux) à l'université de Bordeaux (France).

- Traitement chimique et observation des échantillons

Cette étape a permis d'estimer le contenu pollinique des prélèvements dans l'optique de faire des analyses plus approfondies. Compte tenu de la forte dominance minérale des échantillons (minerai de fer), deux échantillons (A8 et D3) présentent des caractéristiques favorables pour le traitement et l'extraction du matériel sporo-pollinique. L'extraction pollinique a été réalisée au sein du laboratoire de l'UMR CNRS 5805 EPOC (Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux) à l'université de Bordeaux (France). Après préparation, 5 grammes de chaque échantillon ont été retenus pour faire objet du traitement chimique.

Après extraction, les grains de pollen sont montés à la glycérine bidistillée phénolée (quelques gouttes du culot). Les pollens ont été observés au sein du laboratoire ARKEOMAP (Liffré, France). L'observation du culot a été réalisée sous microscope optique à immersion au grossissement x1000 (microscope OLYMPUS CX21).

Les outils utilisés pour les déterminations sont de plusieurs sortes:

- des lames de référence du Laboratoire de l'UMR 6566 « CReAAH », de pollens actuels portant principalement sur la flore hygrophile des marais ;
- des clichés photographiques pris au microscope optique et électronique ;
- de l'atlas photographique « pollens et spores d'Europe et d'Afrique du Nord » (Reille, 1992).

L'objectif de cette pré-étude étant avant tout d'estimer le potentiel pollinique, nous nous sommes basé sur le nombre de pollens préconisé par Reille (1990). Enfin, il a été calculé les fréquences polliniques absolues afin d'estimer le nombre de grains par volume (mL) de sédiment. Pour ce faire, la méthode utilisée est basée sur l'introduction de pastilles de Lycopodes au nombre connu dans les préparations (Stokmarr, 1972). Trente-et-un (31) lycopodes ont été introduits dans chaque préparation.

Nous nous sommes attachés à quelques règles et indices pour estimer le contenu palynologique:

- le balayage d'une vingtaine « d'allers-retours » de la lamelle,
- un minimum d'une à deux heures a été consacré au balayage de chaque lamelle.

Nous avons aussi calculé des fréquences polliniques absolues afin d'estimer le nombre de grains par volume (mL) de sédiment.

Résultats

3.1. Coupes géologiques et pétrographie des grès ferrugineux du Continental Terminal

Des coupes géologiques ont été levées dans les secteurs où des échantillons ont été prélevés. Elles sont caractérisées 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. La formation indifférenciée du Continental Terminal est constituée de quatre niveaux. Le premier niveau basal d'épaisseur métrique est constitué de grès grossiers ferrugineux microconglomératiques à litages obliques entrecroisés. Il est surmonté par un deuxième niveau gréseux blanchâtre à ciment kaolinique passant progressivement à du kaolin bariolé (Figures 4, 5). Le troisième niveau correspond à des grès argileux rougeâtres ayant une épaisseur d'environ 8 mètres. Il est relayé verticalement par des grès ferrugineux oolithiques stratiformes renfermant le minerai de fer. Les niveaux à minéralisations ferrugineuses atteignent trois mètres d'épaisseur par endroit. Ils sont souvent coiffés par une concrétion ferrugineuse pisolithique d'épaisseur métrique. Le minerai de fer présente trois types de sous-faciès : le premier de type gréseux, ferrugineux, oolithique et stratiforme, le second présente des concrétions ferrugineuses à caractère pisolithique et enfin le troisième caractérisé par un dépôt mal trié dû à une remobilisation postérieure de galets et de blocs de grès ferrugineux oolithiques (Fatiou *et al.*, 2019).

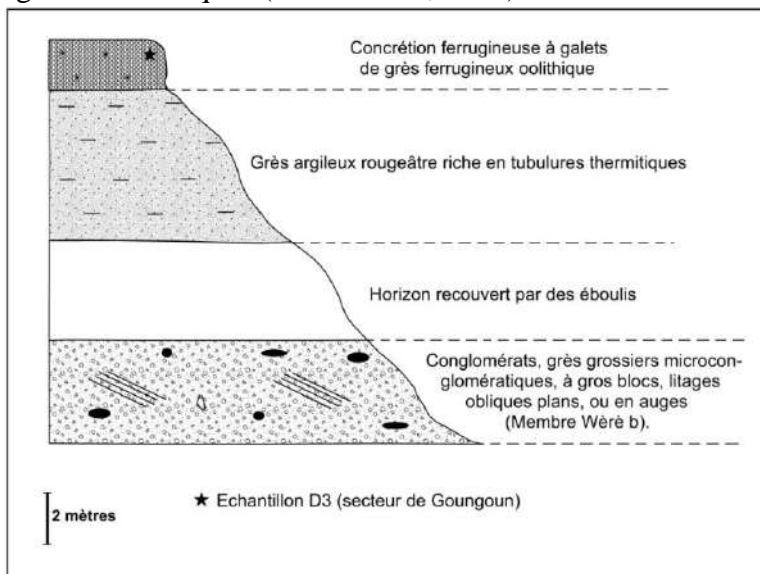


Figure 4: Coupe montrant la localisation de l'échantillon D3 dans le Continental Terminal d'âge Oligo-Miocène, secteur de Goungoun (Bassin de Kandi, Nord-Est Bénin).

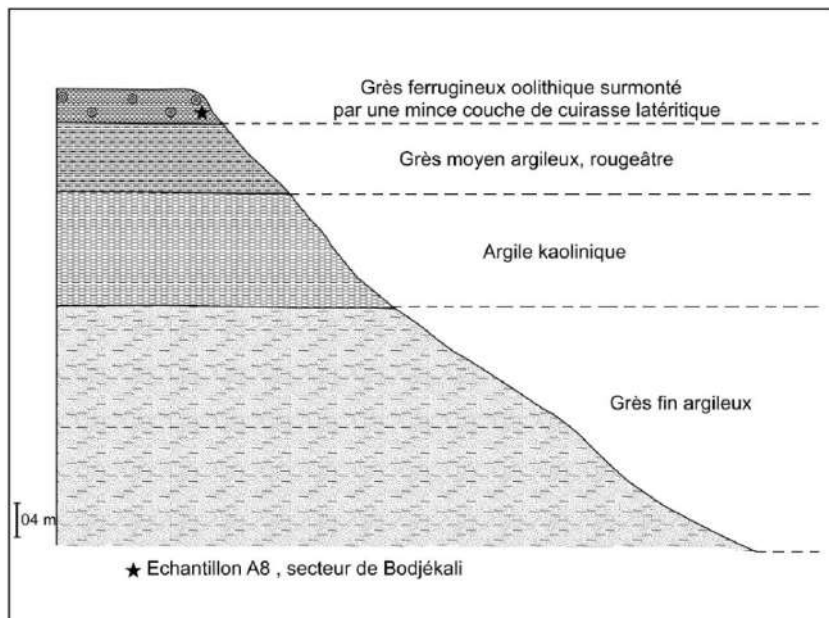


Figure 5: Coupe montrant la localisation de l'échantillon A8 dans le Continental Terminal d'âge Oligo-Miocène, secteur de Bodjékali (Bassin de Kandi, Nord-Est Bénin).

Les échantillons présentent une prédominance de la granulométrie grossière, ce qui est peu favorable à la préservation des restes organiques (figure 6).



Figure 6: Échantillon A8, secteur Bodjékali, Bassin de Kandi (l'échantillon D3 présente un aspect semblable, confère tableau 1).

Etude sporo-pollinique

L'extraction pollinique a livré des résultats inégaux. Le traitement réalisé sur l'échantillon A8 n'a pas permis d'obtenir des microfossiles (pollens ou spores). En revanche, des restes de microfossiles ont été extraits de l'échantillon D3. L'observation de cet échantillon a permis de détecter des pollens et spores en plus de quelques fragments restés indéterminés.

De plus, la détection systématique des spores de lycopodes introduits dans les volumes extraits, témoigne de la réussite du traitement physico-chimique d'extraction du matériel sporo-pollinique, même si leur nombre reste faible (31 spores de Lycopodes comptés). Les références spatiales, description et localisation des échantillons sont données dans le tableau 1.

Les résultats observés sont typiques des sédiments détritiques terrigènes avec des échantillons montrant des concentrations faibles et des conservations différentielles importantes (les spores, plus résistants, sont davantage détectées). La diversité taxonomique est faible (deux taxons polliniques identifiés).

Tableau 1: Liste, coordonnées et description des lots étudiés

Sites	Numéro d'US	Coordonnées géographiques	Masse totale (g)	Description	Remarque
Bassin de Kandi, secteur Bodjékali	A8	X: 540279 Y: 1306453	232	Grès ferrugineux oolithique	Forte dominance minérale
Bassin de Kandi, secteur Guéné-Goungoun	D3	X: 519946 Y: 1303848	216	Grès ferrugineux oolithique	Forte dominance minérale

Tableau 2: Comptages correspondant aux pollens, spores et microfossiles non polliniques déterminés dans le prélèvement testé. Prélèvement D3, secteur de Guéné-Goungoun,

	Taxons \ Code Prélèvements	PLV D3
Pollens	GRAMINEAE + ARECACEAE	7
Spores	Spores	7
Non pollinique	Indéterminés	16
	SOM. pollen (somme de base)	7
	SOM. Sporo-pollinique	14
	CONC. ABS Pollen (nb / g)	643
	CONC. ABS Pollen et Spores (nb / g)	1286

Malanville, Bassin de Kandi (Bénin).

En ce qui concerne les pollens, deux taxons ont été identifiés, il s'agit des pollens de graminées (Poaceae) et d'arecaceae. Alors que les pollens de graminées caractérisent des plantes herbacées peuplant surtout les savanes, les arecaceae caractérisent des environnements plus arides. De nombreux fossiles d'arecaceae ont été découverts en Europe sur des terrains datant de l'Oligocène (38 millions d'années) au Miocène (6 millions d'années). Ils témoignent d'une ancienne période à climat de type tropical. Ces plantes supportent des conditions plus arides propres au domaine soudanien. Elles traduisent généralement l'ouverture du paysage et s'opposent ainsi aux

formations forestières. Plusieurs spores ont aussi été observés sans qu'il ne soit possible de les déterminer. Il est possible que nous ayons à faire à des spores de Ptéridophytes et/ou de champignons.

Les résultats des tests sont donnés sous la forme d'un tableau de comptages représentant les effectifs des différents pollens, spores et quelques microfossiles non polliniques (MNP) identifiés (Tableau 2). Les valeurs grisées correspondent à des sommes polliniques, sommes sporo-polliniques et pour les deux dernières lignes à des concentrations absolues de pollens et de spores + pollen. Les concentrations absolues sont exprimées en nombre de grains par masse (g) de sédiment.

La synthèse relative aux sommes, aux concentrations absolues en spores et pollens ainsi que les diversités taxonomiques des prélèvements sont résumées dans le tableau 3. Quelques faits remarquables sont aussi indiqués. Un ordre de priorité d'analyses des échantillons est proposé en tenant compte de ces résultats.

Tableau 3 : Tableau synthétisant les sommes, les concentrations absolues en spores et pollens (en nb/g de sédiment) ainsi que la diversité taxonomique de chaque prélèvement.

Prélèvement D3, secteur Guéné-Goungoun, Malanville, Bassin de Kandi (Bénin).

Code des prélèvements	Nombre de pollens comptés	Nombre de pollens et spores comptés	Lycopodes introduits comptés	Concentration absolue en pollen et Spores	Concentration absolue pollen uniquement	Etat de conservation	Diversité taxonomique	Remarque	Ordre de priorité
Échantillon D3	7	14	3 1	1286	643	Très mauvais	2	Forte dégradation des pollens	4

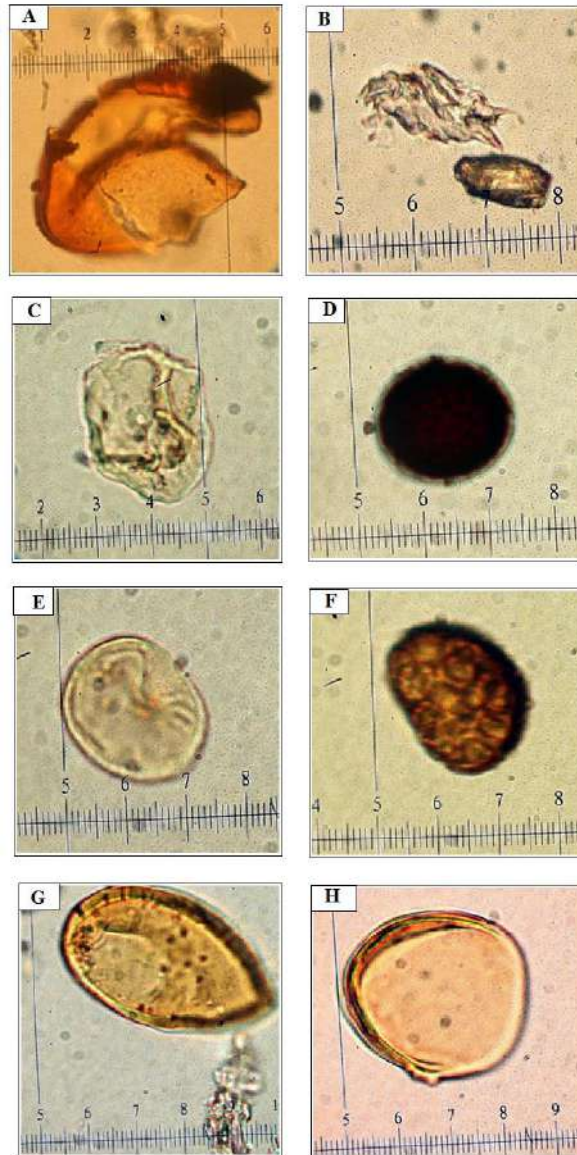


Figure 7: Différents pollens et spores observés dans le prélèvement D3, Malanville (Bénin).

A : Pollen monosulqué, grossissement x500. L'échelle représente des micromètres (une unité = 2 μ m).

B : Reste d'enveloppe (?), grossissement x500. L'échelle représente des micromètres (une unité = 2 μ m).

C : Pollen de Poaceae (Graminée) grossissement x1000. L'échelle représente des micromètres (une unité = 1 μ m).

D : Spore opaque avec ornementation, grossissement x1000. L'échelle représente des micromètres (une unité = 1 μ m).

E : Poaceae, grossissement x1000. L'échelle représente des micromètres (une unité = 1 μ m).

F : Spore monolète de Bryophytes ou Ptéridophytes, grossissement x500. L'échelle représente des micromètres (une unité = 2 μ m).

G : *Hyphaene thebaica* (Arecaceae), grossissement x500. L'échelle représente des micromètres (une unité = 2 μ m).

H : Pollen de graminée (les caractéristiques morphologiques correspondent aux *graminidites neogenicus*, grossissement x500. L'échelle représente des micromètres (une unité = 2 μ m).

Analyse micropaléontologique

Les différents fossiles végétaux mis en évidence sont des fruits représentés en coupes transversales ci-dessous (Figures 8A, 8B, 8C et 8D). Ces différents fossiles permettent de qualifier la formation du Continental Terminal de non azoïque.

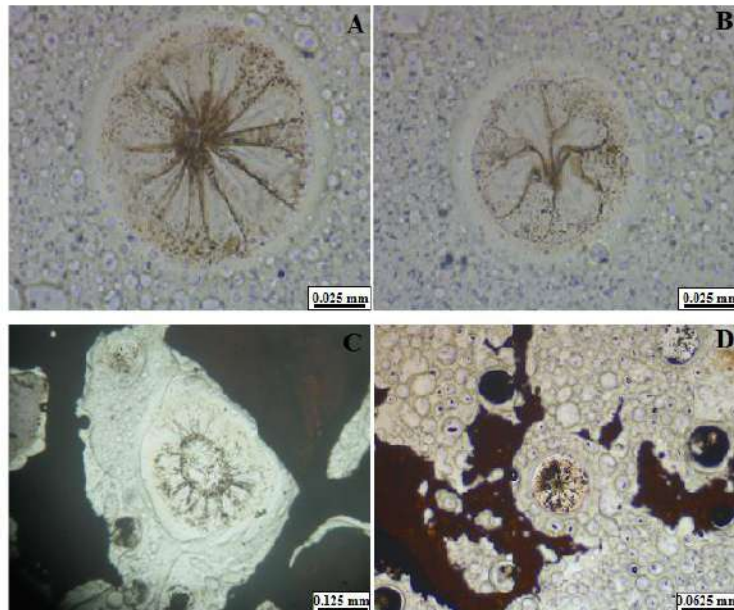


Figure 8: Différents fossiles végétaux (fruits en coupe transversale) mis en évidence dans les grès ferrugineux du Continental Terminal, secteurs Guéné-Goungoun, Bassin de Kandi (Bénin).

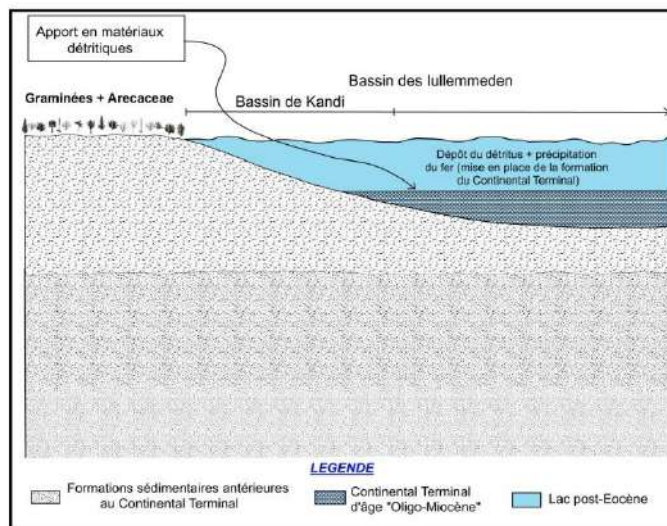


Figure 9: Esquisse d'une coupe paléo-environnementale d'une portion du lac oligocène

Discussion

Le pollen de graminées fossiles est commun aux sédiments du Tertiaire tardif et sa présence rare dans le Tertiaire précoce a conduit à admettre que sa présence est limitée aux sédiments tertiaires. Les indices de la fin du Crétacé ont été considérés comme étant des contaminations modernes (Srivastava, 2011).

Le pollen de *Graminidites* est commun au Miocène et aux strates plus jeunes, mais est plus rare dans les sédiments plus anciens. Il est caractéristique des climats chauds (Srivastava, 2011).

Les graminidites neogenicus découverts dans le Continental Terminal du Bassin de Kandi ont été également mis en évidence dans les sédiments pré-quaternaires d'Égypte (Kedves, 1981). De tels pollens ont été aussi mis en évidence dans la région de Besso en Côte d'Ivoire (Guers *et al.*, 1971). Alors que ces pollens rappellent le Miocène, certains auteurs notamment Chardon *et al.* (2018) ont attribué un âge Oligocène au Continental Terminal. Sur la base des âges des formations sous-jacentes et sus-jacentes, un âge post-Eocène et anté-Quaternaire avait été attribué au Continental Terminal par Alidou (1983), Lang *et al.* (1986) et Kogbé (1989). Suite à l'étude palynologique faite dans le CT2 du Bassin des Iullemeden et celui de Sokoto, le Mio-Pliocène est l'intervalle proposé pour le Continental terminal (Miko, 1999 ; Kogbé et Sowunmi, 1975). Pour Grimaud (2014), seuls les sédiments continentaux lutétiens à fini Oligocène (50-25 Ma) seront considérés comme du Continental Terminal vrai. Récemment, de nouvelles méthodes ont permis d'attribuer un

âge Oligocène au glaciaire intermédiaire des régolithes à l'échelle ouest Africaine (Chardon *et al.*, 2018).

Le Continental Terminal longtemps considéré comme azoïque (Alidou, 1983) contient en réalité des restes végétaux fossilisés. Il s'agit des fruits fossiles provenant probablement des *arecaceae*.

Le fait que les affleurements présentent d'importantes variations latérales de faciès témoigne d'un milieu purement continental. Alors que le manque de fossiles animaux et l'abondance de tubulures thermitiques plaident en faveur d'un milieu continental, les dépôts de type "structureless" rappellent un environnement lacustre. L'abondance d'argile kaolinique et des oolithes ferrugineuses traduisent un environnement calme relativement agité et la mise en évidence des pollens de graminée (*poaceae*) et d'*arecaceae* (*Hyphaene Thebaica*) évoque un climat de type tropical chaud et sec.

Les milieux les plus favorables à la conservation des pollens et des spores sont les milieux acides et réducteurs, notamment les milieux lacustres. Ces milieux doivent avoir un pH inférieur ou égal à 5.5 (Fellag, 2000). Les sédiments du Continental Terminal se seraient donc mis en place dans un environnement de type lacustre voire palustre (Alidou, 1983). Par ailleurs, certains auteurs notamment Van Houten (1981) suppose une mise en place dans des environnements divers (marin, lacustre, palustre, fluviale) alors que Greigert et Pougnet (1967) affirment que la sédimentation du Continental Terminal s'est faite dans des milieux très divers mais non océaniques. Pour Fredoux (1994), les pollens de graminée rappellent un environnement de type savane.

Conclusion

L'étude sporo-pollinique du Continental Terminal du Bassin de Kandi, réalisée à partir des échantillons prélevés sur des affleurements a abouti à des résultats concluants.

Malgré la prédominance d'une granulométrie grossière, des spores et des pollens ont été identifiés. Il s'agit des pollens et des spores des espèces *graminidites neogenicus* (*gramineae*) et des *Hyphaene Thebaica* (*arecaceae*). Ces deux espèces végétales évoquent un milieu ouvert sous un climat tropical chaud et sec.

Les caractères lithologiques, sédimentologiques et environnementaux plaident en faveur d'un milieu lacustre. Aucun indicateur d'influence marine n'a été observé, ce qui témoigne d'une séparation totale du milieu marin.

Eu égard aux spores et aux pollens mis en évidence notamment ceux de l'espèce *graminidites neogenicus*, caractéristiques des terrains miocènes et compte tenu des nouvelles données radiométriques obtenues, un âge oligomiocène peut être attribué à la formation du Continental Terminal du Bassin de Kandi.

References:

1. Alidou, S. (1983). Etude géologique du bassin Paléo-Mésozoïque de Kandi. Thèse de doctorat ès-science. Université de Dijon. 328p.
2. Chardon Dominique, Jean-Louis Grimaud, Anicet Beauvais and Ousmane Bamba (2018). West African lateritic pediments: Landform-regolith evolution processes and mineral exploration pitfalls. Elsevier, Earth-Science Reviews, 124–146p.
3. Fatiou, A.K.I., Konaté, M., Yessoufou, S., Adissin, C.L.G., Heckmann, M. et Saley Garba, H. (2019). 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, 491-512p. <http://www.scirp.org/journal/ijg>
4. Fellag, H. (2000). Observations sur la conservation pollinique dans le remplissage de quelques grottes et abris paléolithiques du Sud-Ouest français et d'Algérie. Revue d'archéométrie, 24, 110p.
5. Fredoux, A. (1994). Paléoenvironnements enregistrés dans une carotte marine du golfe de Guinée depuis 225 000 ans : analyse polynique. Centre d'étude de Géographie Tropicale, CNRS, Laboratoire de Palynologie, Talence (Fr), 85-102p.
6. Greigert et Pougnet, R. (1967). Essai de description des formations géologiques de la République du Niger. Pub. Direct. Min. et Géol. Niger, n°3, 273p.
7. Grimaud, J. L. (2014). Dynamique long-terme de l'érosion en contexte cratonique:
8. l'Afrique de l'Ouest depuis l'Eocène. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse. 302p.
9. Guers, J., Callen-Lobreau, D., Dimon, M., Maley, J., et Cambon-Bou, G. (1971). Palynologie africaine, Bulletin de l'I. F. A. N., sér. A, n°2, 49p.
10. Kedves, M. (1981). Etudes palynologiques sur les sediments prequaternaires de l'Egypte, Neogene I, Grana 20: 119-130p. <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=sgra20>
11. Kogbé, C. (1989). Geology of Nigeria, Rock view (Nigeria) Limited, plot 1234, Zaramaganda, 538p.
12. Kogbé, C. (1971). Petrographic study of Maestrichtian and Post-Paleocene Formations of North-Western Nigeria (Iullemmeden Basin), 216-229p.
13. Kogbé, C. et Sowunmi, B. (1975). The age of the Continental terminal as suggested by sporopollinic analysis. Savana, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria, 4, 47-55p.

14. Konaté, M. (1996). 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, 290p.
15. Konaté, M., Guiraud, M., Lang, J.Q. , Yahaya, M. (2003). 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, 185-206p.
16. Konaté, M., Lang, J., Guiraud, M., Yahaya, M., Denis, M. et Alidou, S. (2006). Un bassin extensif formé pendant la fonte de la calotte glaciaire hirnantiennne: le bassin ordovico-silurien de Kandi (Nord Bénin, Sud Niger). *Africa Geoscience Review*, Vol. 13, No. 2, 157-183p.
17. Lang, J., Kogbé, C., Alidou, S., Alzouma, K., Dubois, D., Houessou, A. et Trichet, J. (1986). Le sidérolithique du Tertiaire Ouest-africain et le concept du Continental terminal. *Bulletin de la Société Géologique de France*, t II, n°4, 605-622p.
18. Miko, I. (1999). Dynamique sédimentaire des formations détritiques et ligniteuses du Continental terminal dans le bassin des Iullemeden (Niger). Thèse de Doctorat, université de Niamey / Université de Dijon, 324p.
19. Reille, M. (1990). Leçon de palynologie et d'analyse pollinique. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 206p.
20. Reille, M. (1992). Pollen et spores d’Europe et d’Afrique du Nord., Editions Louis- Jean, Gap, 520p.
21. Srivastava, S. (2011). The occurrence of the fossil genus Graminidites in the Maastrichtian Scollard Formation, Alberta, Canada, and its palaeoecological and palaeogeographical significance. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 167, 235–248p.
22. Stockmarr, J. (1972). Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollens et spores*, 13, 615-621p.
23. Van, H. (1981). Sedimentologic framework of late devonian oolitic iron formation, shatti valley, west-central libya, *journal of sedimentary petrology*, vol. 51, n° 2, june, 0415-0427p.