

Caractérisation pétro-structurale des dépôts oligocènes du Continental terminal 3 (Ct³) des secteurs de Tondibia, «Rhodésie» et Kongou (région de Niamey, Niger occidental)

[Petro-structural characterisation of the Oligocene deposits of Continental Terminal 3 (Ct³) in the Tondibia, «Rhodesia» and Kongou sectors (Niamey region, western Niger)]

Karimou Laouali Idi¹, Hassan Ibrahim Maharou², Daouda Illia Allo³, Karimou Dia Hantchi⁴, Aminou Maâzou Abdoulaye², and Moussa Konate²

¹Université Abdou Moumouni, Ecole Normale Supérieure, Département de SVT, Laboratoire de géologie: Equipe Bassin et Géoressources, Niamey, Niger

²Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, Département de géologie, Laboratoire de géologie: Equipe Bassin et Géoressources, Niamey, Niger

³Université André Salifou, Faculté des Sciences et Techniques, Département de géologie, Laboratoire de Géoressources et Géosciences de l'environnement (LGGE), Zinder, Niger

⁴Université Dan Dicko Dankoulodo, Faculté des Sciences et Techniques, UMR-SERMUG, Département de Géologie, Laboratoire de géologie, Maradi, Niger

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study was carried out in the south-western part of Niger. The study area corresponds to the Niamey region, which straddles the south-eastern edge of the West African Craton and the south-western terminus of the lullemeden Basin. The general objective of this work is to determine the context in which the Ct³ deposits were emplaced in the Tondibia, «Rhodesia» and Kongou sectors. Specifically, the aim is to provide a petrographic description of the Ct³ deposits and to characterise the deformation that affected these deposits. The methodology used is based on the macroscopic and microscopic petrographic description of the samples taken and on structural measurements. Three sedimentological sections were taken from the three outcrops selected (Tondibia, Rhodesia and Kongou). The petrographic study of the Continental Terminal 3 (Ct³) deposits identified several facies whose sedimentological characteristics and number varied according to the sectors studied. The facies identified include: kaolinitic sandstones; ferruginous oolitic sandstones; sandstone clays; conglomeratic sandstones; clays intercalated with ferruginous oolitic sandstones; and iron oxide nodule conglomerates. Microscopic observations made it possible to identify several forms of oolitic concretions, namely: type α oolites ($O\alpha$), type γ oolites ($O\gamma$), proto-oolites (PO), oolites of type γ ($O\gamma$), oolites of type γ ($O\gamma$), oolites of type γ ($O\gamma$) and oolites of type γ ($O\gamma$). proto-ooliths (PO) and composite ooliths (OC). Tectonic analysis has revealed a NW-SE and NE-SW compressive phase of Oligo-Miocene age that affected the deposits of Terminal Continental 3 (Ct³).

KEYWORDS: lullemeden Basin, Terminal Continental 3, Oligo-Miocene ferruginous oolites, termite tubules.

RESUME: La présente étude a été réalisée dans la partie sud-ouest du Niger. La zone d'étude correspond à la région de Niamey, qui est située à cheval entre la bordure Sud-Est du Craton Ouest Africain et la terminaison sud-ouest du bassin des lullemeden. L'objectif général de ce travail est de déterminer le contexte de mise en place des dépôts du Ct³ dans les secteurs de Tondibia, «Rhodésie» et Kongou. Spécifiquement, il s'agit: de faire une description pétrographique des dépôts du Ct³ et de caractériser la déformation ayant affecté ces dépôts. La méthodologie mise en œuvre est basée sur la description pétrographique macroscopique et microscopique d'échantillons prélevés ainsi qu'une exploitation de mesures structurales. Trois coupes sédimentologiques ont été levées sur les trois affleurements retenus (Tondibia, «Rhodésie» et Kongou). L'étude pétrographique des dépôts du Continental terminal 3 (Ct³) a permis de distinguer plusieurs faciès dont les caractéristiques sédimentologique et le nombre varient selon les secteurs étudiés. Parmi les faciès identifiés on peut citer entre autres: Grès kaolineux; Grès à oolithes ferrugineuses; Argiles gréseuses; Grès conglomératiques, Argiles présentant des intercalations des grès oolithiques ferrugineux, Conglomérats à nodules d'oxyde fer. Les observations microscopiques

ont permis d'identifier plusieurs formes de concrétions oolithiques à savoir: les oolithes de type α (O α), les oolithes de type γ (O γ), les proto-oolithes (PO), les oolithes composites (OC). L'analyse tectonique a permis de mettre en évidence une phase compressive NW-SE et NE-SW d'âge l'oligo-miocène qui a affecté les dépôts du Continental terminal 3 (Ct³).

MOTS-CLEFS: Bassin des lullemeden, Continental terminal 3, Oolithes ferrugineuses Oligo-miocène, tubulures termitiques.

1 INTRODUCTION

Le Continental terminal (Ct), qui clôture l'histoire des épandages continentaux méso-cénozoïques, est un terme créé par [23] pour désigner le troisième ensemble Continental détritique qu'il a distingué dans les formations géologiques du Sahara. Cet auteur a distingué trois séries continentales en Afrique de l'Ouest: (1) la série continentale de base, située à la base du Paléozoïque inférieur, d'âge cambro-orodocvien; (2) la série dite du "Continental intercalaire", qui est l'équivalent des Grès de Nubie, se trouvant entre les séries marines du Carbonifère et les séries marines du Cénomanién supérieur et (3) la série du Continental terminal, correspondant aux dépôts tertiaires qui se sont mis en place au-dessus des formations marines du Paléocène-Yprésien. Le Continental terminal a une grande extension géographique en Afrique de l'Ouest et du Nord. Selon les régions, son épaisseur varie de 60 m au Bénin (secteur de Madékali) [4], [22] à 450 m au Niger (secteur de Dogondoutchi) [16], [1]. Au Niger, la série détritique postérieure au Tertiaire marin a successivement été désignée sous le nom de "Grès du Niger" par [20], puis de "Grès du Moyen-Niger" par [32] et [30] et enfin de Continental terminal par [14]. Le Continental terminal du bassin des lullemeden affleure sur plus de 90 000 km² [16]. Plusieurs travaux ont porté sur la lithostratigraphie du Continental terminal. Les plus importants sont ceux de [40], [14], [12], [43] et [16]. [10] et [24] ont apporté d'importantes précisions qui ont permis de redéfinir le Continental terminal. Dans la partie occidentale du Niger, la formation du Continental terminal représente la dernière série des dépôts de comblement du bassin des lullemeden [14]. En effet, [14] a défini trois ensembles au sein de cette formation, qui sont de la base au sommet: (1) la série sidérolithique de l'Ader Douchi (Ct¹); (2) la série argilo-sableuse à lignites (Ct²) et (3) la série des grès argileux du Moyen Niger (Ct³). Dans la région de Niamey, seule la formation du Continental terminal 3 est observable. Ces dépôts, constitués d'une alternance de grès argileux et de grès oolithiques ferrugineux à niveaux indurés, reposent soit en discordance de ravinement sur les dépôts néoprotérozoïques soit en discordance majeure sur le socle paléoprotérozoïque (birimien) [18], [21], [29]. L'âge des dépôts du Ct³ a été considéré comme étant post-Éocène moyen et anté-Quaternaire [24], [25]. [9], [22] ont attribué à la série du Continental terminal un âge oligo-miocène. La majorité des travaux antérieurs concernant la formation du Ct³ réalisés dans la partie occidentale du bassin des lullemeden, se sont limités à la description des coupes sédimentologiques et à l'analyse des déformations, en termes de déformations cassante et ductile [15], [16], [29]. Toutefois, il ressort de cette revue bibliographique que plusieurs aspects restent à compléter dans la région de Niamey, concernant notamment la pétrographie et la déformation des dépôts du Ct³. L'objectif général de ce travail est de déterminer le contexte de mise en place des dépôts du Ct³ dans les secteurs de Tondibia, "Rhodésie" et Kongou. Spécifiquement, il s'agit: de faire une description pétrographique des dépôts du Ct³, d'identifier leurs paléoenvironnements de dépôts et de caractériser la déformation ayant affecté ces dépôts.

2 LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Les sites concernés par la présente étude se trouvent sur la rive gauche du *Fleuve Niger* dans la région de Niamey, qui est localisée au Sud-Ouest du Niger entre 13°28' et 13°35' de latitude-Nord et 02°03' et 02°12' de longitude-Est. Il s'agit du site de Tondibia (N: 13°35'10" et E: 2°00'31"), de "Rhodésie" (N: 13°28'17" et E: 2°09'33") et de Kongou (N: 13°37'19" et E: 2°11'18") (**Fig 1**).

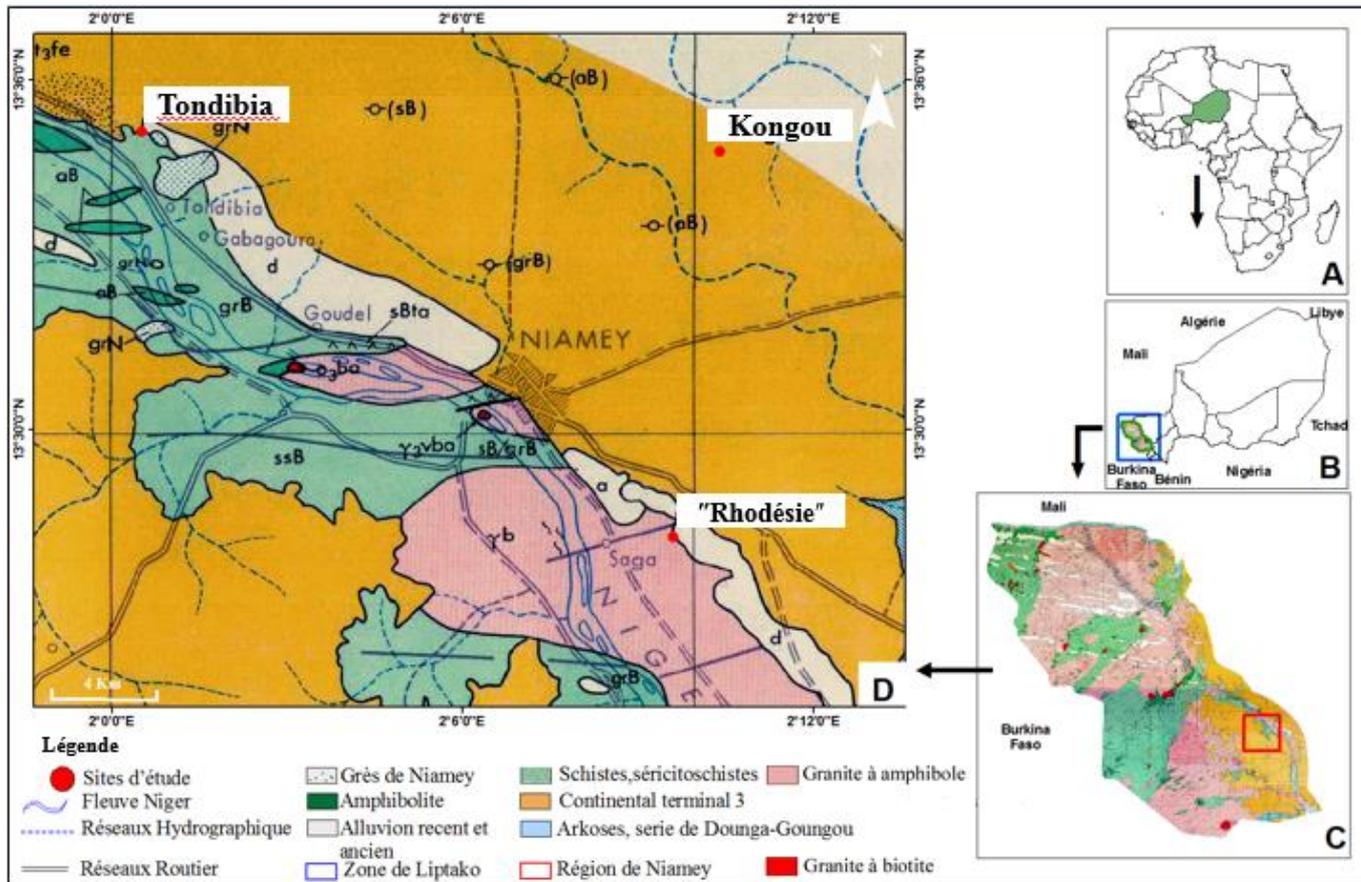


Fig. 1. Présentation de la zone d'étude.

A: Localisation du Niger sur la carte d'Afrique B: Localisation de la Province géologique du Liptako sur la carte du Niger; C: Carte géologique de Liptako Nigérien [27]; D: Carte géologique de la région de Niamey (extrait de la Carte de [27]).

3 CADRE GEOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

Du point de vue géologique, la région de Niamey fait partie du Liptako nigérien qui correspond à la bordure Nord-Est de la dorsale de Man (domaine birimien de la dorsale de Man) [8], [35], [36], [37], [34], [38]. La limite Est du Liptako correspond au bassin des lullemmenden (Fig 2). Au Nord, il est limité par le bassin du Gourma et au Sud-Est par celui des Volta (Fig 2).

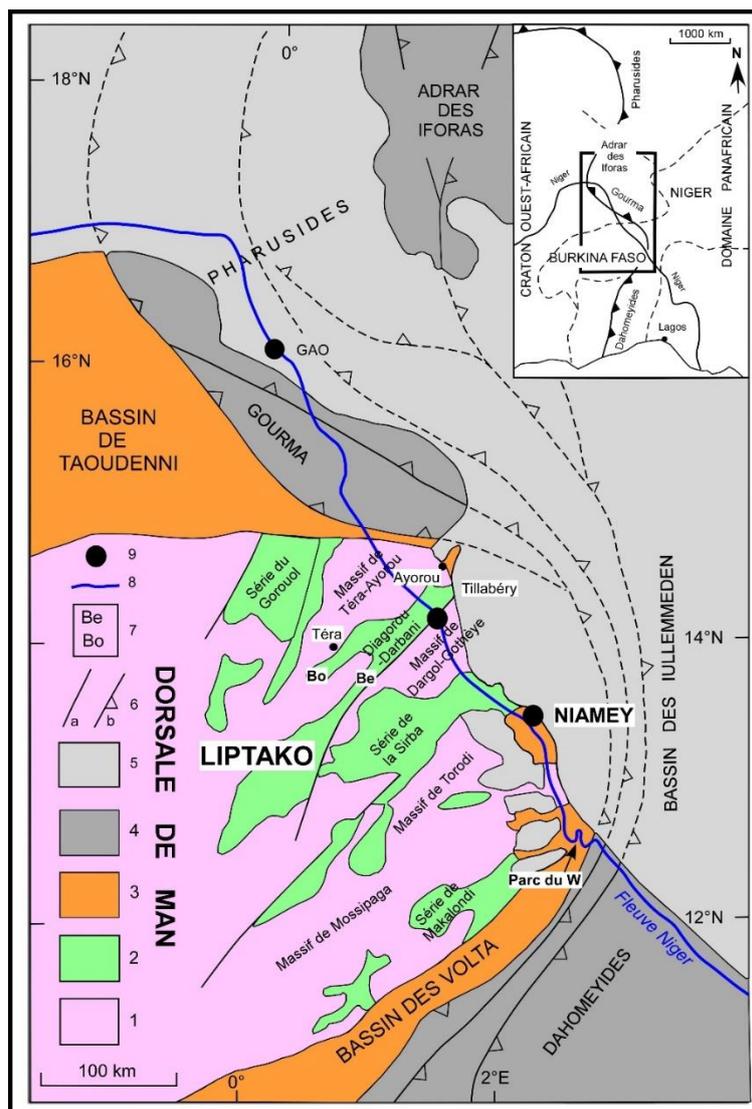


Fig. 2. Localisation de la région de Niamey dans le cadre structural du Liptako ([3] modifié)

(1) Massifs granito-gneissiques paléoprotérozoïques, (2) Ceintures schisteuses paléoprotérozoïques, (3) Formations néoprotérozoïques et paléozoïques des bassins de Taoudenni et de Volta, (4) Formations impliquées dans l'orogène panafricain (600 Ma), (5) Formations méso-cénozoïques à quaternaires du bassin des Iullemeden, (6) Failles (a) et plans de charriage des nappes panafricaines (b), (7) Branches est et ouest de la ceinture verte, (8) Fleuve Niger, (9) Villes.

Deux grands ensembles géologiques ont été distingués dans le Liptako nigérien ([26], [3], [18], [13], [29], [17]):

- (1) Le socle d'âge paléoprotérozoïque (2300 à 2000 Ma [35], affleurant sur les 2/3 de la région;
- (2) Une couverture sédimentaire qui regroupe des terrains infracambriens (néoprotérozoïques), oligocènes et quaternaires.

3.1 FORMATIONS PALEOPROTEROZOÏQUES

Les formations paléoprotérozoïques (birimiennes) du Liptako nigérien sont constituées par une alternance de roches vertes et de plutons granitoïdiques [26], [5], [2], [35], [13], [17]. Les ceintures de roches vertes sont constituées de metabasaltes, d'amphibolites, de roches grenues ultramafiques à mafiques souvent transformées en talcschistes et chloritoschistes, de sédiments et de volcano-sédiments métamorphisés dans le faciès schistes verts à amphibolites [26], [39], [5], [2], [35]. Les plutons granitoïdiques sont composés principalement de granites, de TTG (Tonalite, Trondhjémite, Granodiorite), de diorites et de diorites quartziques, de la monzonite et localement de la syénite [26], [2], [35], [39], [37]. Deux (02) phases de déformation D1 et D2 ont été mises en évidence par [37] dans les formations paléoprotérozoïques du Liptako nigérien.

(1) La phase D1, paléoprotérozoïque, comporte 3 étapes: D1a, D1b et D1c.

- L'étape D1a, ductile à semi-ductile, à raccourcissement NW-SE, est responsable du développement de la schistosité/foliation d'orientation moyenne NE-SW. Cette étape D1a se termine par la mise en place de granitoïdes tardi-cinématiques, dont la remontée est facilitée par la réactivation normale dextre de grands couloirs cisailants d'orientation N45° [37].
- L'étape D1b, semi-ductile, à raccourcissement N60° à E-W, est caractérisée par la réactivation dextre des grands couloirs cisailants et par le fonctionnement senestre des failles N125° à N145° [37]. Dans ces couloirs, la schistosité/foliation ainsi que les filons de quartz présentent une géométrie sigmoïde en accord avec une mylonitisation [37].
- Quant à l'étape D1c, relativement cassante, à raccourcissement globalement N-S, est marquée par la réactivation senestre des grands couloirs cisailants ([37].

(2) La phase D2, franchement cassante (vraisemblablement post-paléoprotérozoïque), est caractérisée par des extensions d'orientation NW-SE et NE-SW.

3.2 COUVERTURE SÉDIMENTAIRE

La couverture sédimentaire du Liptako nigérien comprend des formations: infracambriennes, oligocènes du Continental terminal et superficielles du Quaternaire [37], [29], [21]. Les formations infracambriennes marquent la bordure orientale du Craton Ouest Africain. Elles affleurent du Nord au Sud, respectivement dans les régions de: Firgoun (grès de Firgoun), de Gassa (grès de Gassa), de Niamey (grès de Niamey, objet de la présente étude) et de Kirtachi-Tamou (grès de Kirtachi) ([37], [21]). Les dépôts du Continental terminal représentent les termes supérieurs du bassin des lullemeden [14]. En effet, [14] a défini 3 ensembles au sein de cette formation. Il s'agit, de la base au sommet, de la série: (1) sidérolithique de l'Ader Douchi (Ct1), (2) argilo-sableuse à lignites (Ct2) et (3) grès argileux du Moyen Niger (Ct3). Seul ce dernier ensemble (Ct3) affleure dans le Liptako nigérien [18], [29]. Il s'agit d'une formation d'âge oligocène [7], essentiellement constituée d'une alternance de grès argileux et de grès oolithiques ferrugineux à niveaux indurés, plus ou moins associés à des tubulures termitiques [29]. Le Ct3 repose en discordance de ravinement sur les dépôts infracambriens et/ou en discordance majeure sur le socle paléoprotérozoïque [18], [29], [21]. Les formations superficielles sont constituées d'alluvions, de dépôts latéritiques ferrugineux plus ou moins remaniés et des dunes, d'âge quaternaire à actuel, qui recouvrent le Continental terminal 3 ou le socle paléoprotérozoïque [14], [37], [11], [18], [29].

4 METHODOLOGIE

L'approche méthodologique adoptée dans cette étude comprend deux grandes étapes:

- (1) L'extraction des structures linéaires identifiables à partir de l'image SRTM par la technique de télédétection (avec les logiciels Envi 5.1 et ArcGIS 10.3). Cette extraction des réseaux de fractures, s'appuyant sur les observations de terrain, a abouti à la validation de la carte linéaire.
- (2) Les analyses pétrographiques structurales. L'analyse pétrographique a consisté en une description macroscopique des roches (au moyen d'une loupe de poche). Cette analyse a permis de distinguer les différents lithofaciés de chaque affleurement. Les différentes structures sédimentaires ont aussi été identifiées et des échantillons ont été prélevés pour chaque type de lithofaciés (au moyen d'un marteau de géologue). Trois coupes sédimentologiques ont été levées soit une coupe par secteur (**Fig 3**). L'analyse tectonique de la formation du Continental terminal 3 (Ct3) réalisée dans la zone d'étude a consisté à mesurer les différentes structures de déformations. Les plans de fractures mesurés ont été ensuite traités à l'aide du programme Stéréonet 10 mis au point par [6].

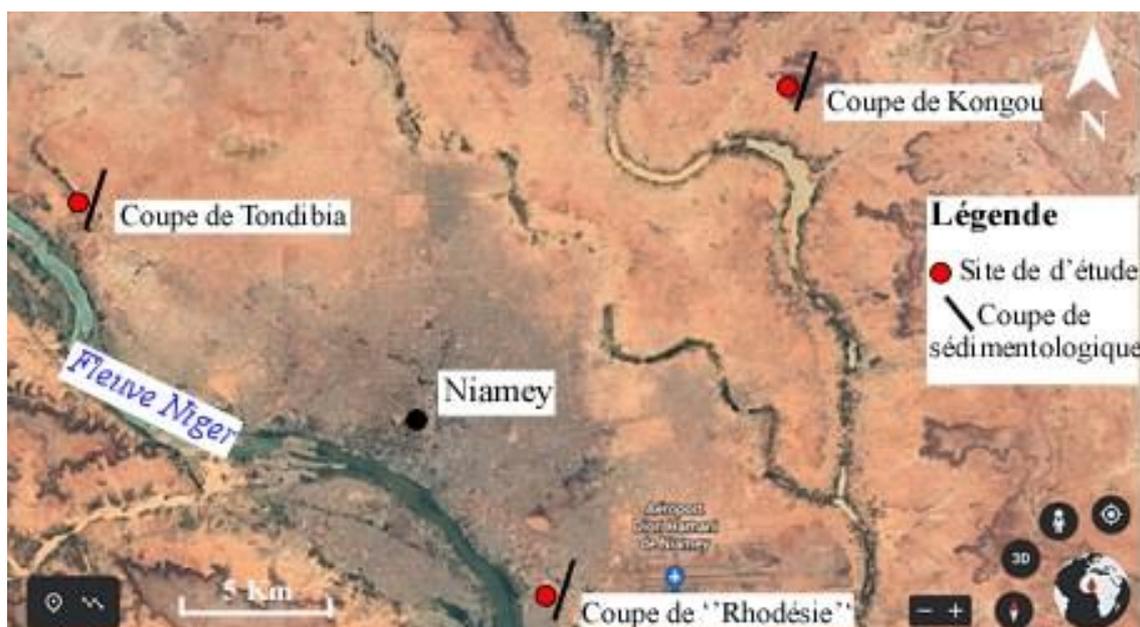


Fig. 3. Disposition des coupes sédimentologiques réalisées dans les secteurs de Tondibia, Kongou et Rhodésie sur une image Google Earth de 2023 de la région de Niamey.

5 RESULTATS ET DISCUSSIONS

5.1 ANALYSE SEDIMENTOLOGIQUE

5.1.1 COUPE DE TONDIBIA

D'une épaisseur de 5,5 m, la coupe de Tondibia a été levée au Nord-Ouest de la ville Niamey sur la rive gauche du *Fleuve Niger*. Les coordonnées géographiques du point de lever de coupe sont: N13°35'10", E2°00'31". L'analyse sédimentologique a permis de distinguer un seul (1) faciès, représenté par des grès oolithiques ferrugineux. Trois niveaux ont été distingués dans ces grès (Fig 5).

- Le niveau 1 a une puissance d'environ 3,5 m. Il est constitué de grès moyen à grossier oolithiques ferrugineux à matrice argileuse, de couleur bariolée (jaunâtre, rougeâtre, blanchâtre). Les grains de quartz ont des formes anguleuses à subanguleuses. Ce niveau présente des tubulures termitiques de taille centimétrique (Fig 4.A). Le niveau 2, a une épaisseur d'environ 1 m, correspond à des grès fins à moyens oolithiques, à ciment ferrugineux, induré de couleur sombre (Fig 4.A). Les oolithes sont isogranulaires (taille mm). Les grains de quartz ont des formes anguleuses à subanguleuses.
- Le niveau 3, d'environ 50 cm de puissance, il est représenté par des grès conglomératiques, à graviers de quartz, les formes subanguleuses sont prédominantes. (Fig 4.B). Ce niveau présente des tubulures termitiques de taille centimétrique.



Fig. 4. Différents faciès observés de la base au sommet de la coupe Tondibia. A: a) Grès argileux oolithiques ferrugineux, b) Grès oolithiques ferrugineux; B: Grès conglomératiques.

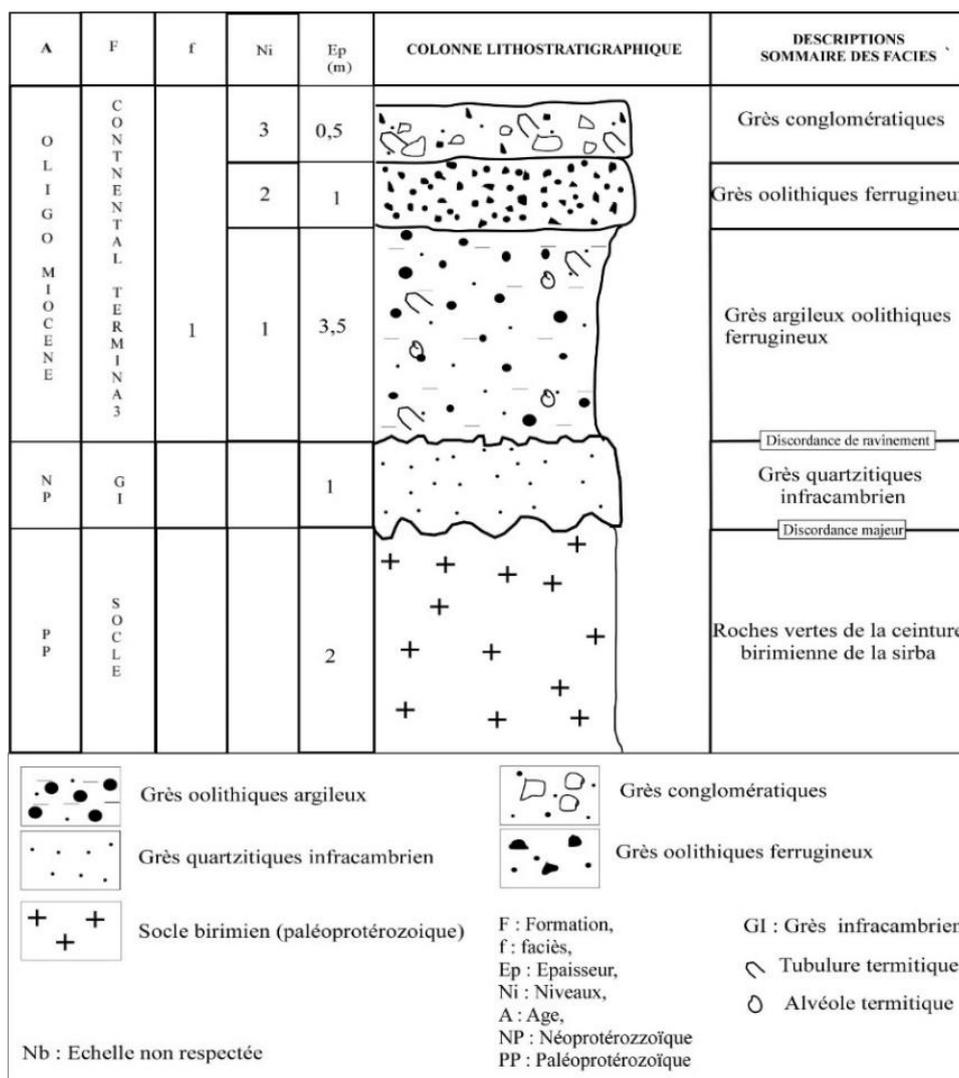


Fig. 5. Coupe sédimentologique du secteur de Tondibia.

5.1.2 COUPE DE "RHODESIE"

D'une épaisseur d'environ 12 m, la coupe sédimentologique de "Rhodésie" a été levée sur la rive gauche du *Fleuve Niger*. Les coordonnées géographiques du point de lever de coupe sont: N13°28'17", E2°09'33". L'analyse sédimentologique a permis de distinguer quatre (4) faciès (Fig 9), comprenant de la base au sommet: (1) Grès kaolineux; (2) Grès à oolithes ferrugineuses; (3) Argiles gréseuses; (4) Grès conglomératiques. Ces quatre (4) faciès ont été subdivisés en 8 niveaux.

(1) Grès kaolineux.

Ce type de faciès est représenté par le niveau 1:

- Le niveau 1, dont la puissance est estimée d'environ 2 m, est constitué de grès moyens à matrice argileuse. Les grains de quartz ont des formes anguleuses à subanguleuses. Ce niveau présente des tubulures termitiques de taille millimétrique (Fig 6).

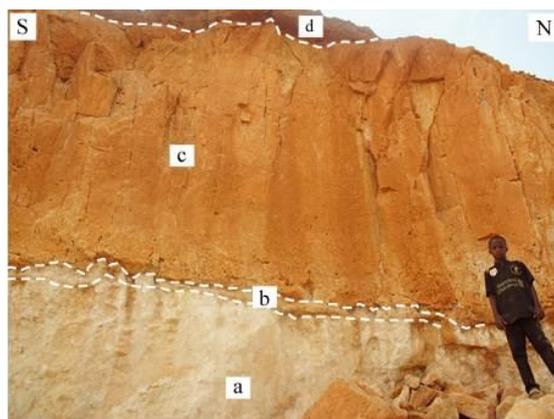


Fig. 6. Différents faciès observés à la base de la coupe de "Rhodésie". a) Socle, b) Discordance c) Grès kaoliniteux (niveau 1), d) Grès argileux oolithiques ferrugineux correspond à la base du niveau 2.

(2) Grès à oolithes ferrugineuses

Dans ces grès oolithiques ferrugineux, cinq (05) niveaux ont été distingués numérotés de 2 à 6:

- Le niveau 2, a une puissance d'environ 2 m. Il est constitué de grès moyens à grossiers oolithiques ferrugineux à matrice argileuse, de couleur bariolée (Fig 7a). Il présente de nombreuses alvéoles. Les grains de quartz ont des formes anguleuses à subanguleuses.
- Le niveau 3, d'une épaisseur de 20 cm, est constitué des graviers de taille supérieure à 2 mm, à matrice argileuse (Fig 7b).
- Le niveau 4, a une épaisseur d'environ 50 cm, correspond à des grès fins à moyens, oolithiques, à ciment ferrugineux, induré de couleur sombre (Fig 7c).
- Le niveau 5, a une puissance de 20 cm (Fig 7C). Il est constitué de grès fins, oolithiques ferrugineux à matrice argileuse, de couleur rougeâtre. Ce niveau présente de nombreuses alvéoles termitiques.
- Le niveau 6, d'une épaisseur de 70 cm, correspond à des grès fins à moyens oolithiques, à ciment ferrugineux, à nombreuses alvéoles (Fig 7B).

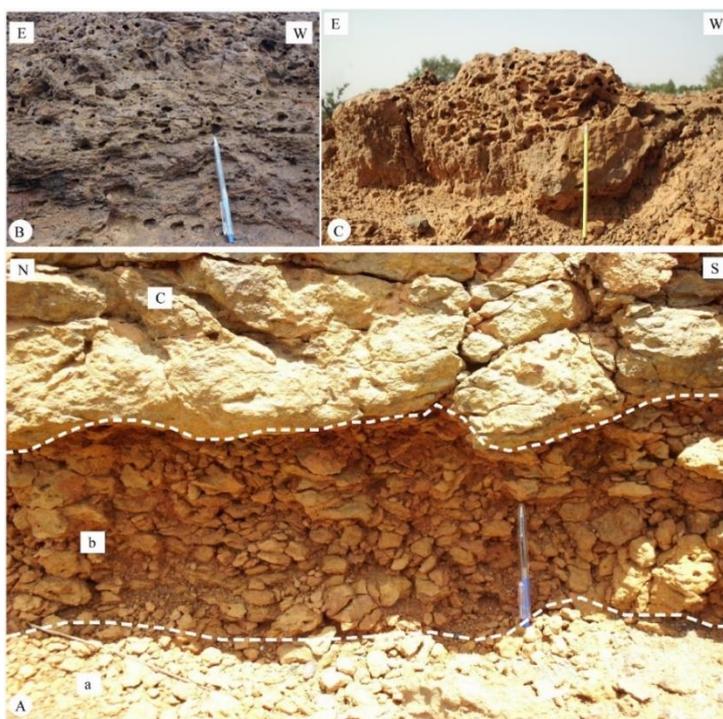


Fig. 7. Différents faciès observés dans la partie médiane de la coupe de "Rhodésie".

A: a) Grès argileux oolithiques ferrugineux (niveau 2), b) Argiles remaniées à graviers (niveau 3), c) Grès oolithiques ferrugineux (niveau 4); B: Grès oolithique ferrugineux (niveau 6); C: Grès argileux oolithiques ferrugineux (niveau 5).

(3) Grès Argileux

Ce type de faciès est représenté par le niveau 7:

- Le niveau 7, a une puissance de 3 m environ (**Fig 8A**). Il est constitué de grès fins argileux, tendres, de couleur bigarré (blanchâtre et jaunâtre). Ce niveau présent aussi des tubulures termitiques de taille centimétrique ainsi que de nombreuses alvéoles termitiques.

(4) Grès conglomératiques

Ce type de faciès est représenté par le niveau 8.

- Le niveau 8, d'une puissance de 20 cm environ, est représenté par des grès conglomératiques, à graviers de quartz, les formes subanguleuses sont prédominantes (**Fig 8B**).

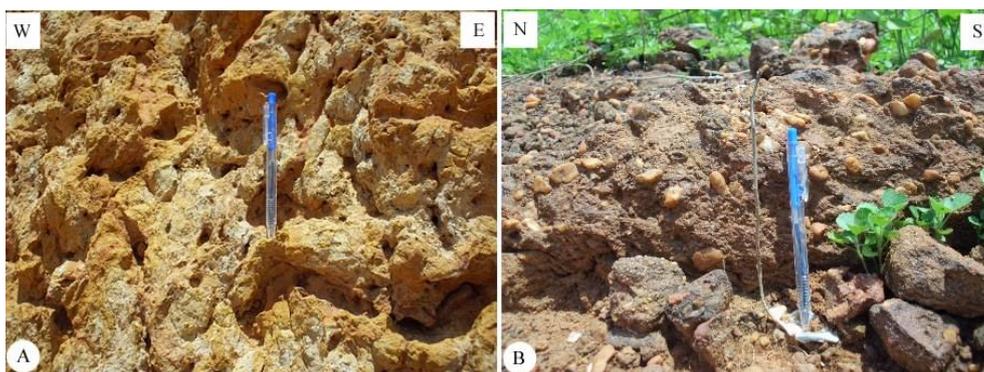


Fig. 8. Différents faciès observés au sommet de la coupe de "Rhodésie".

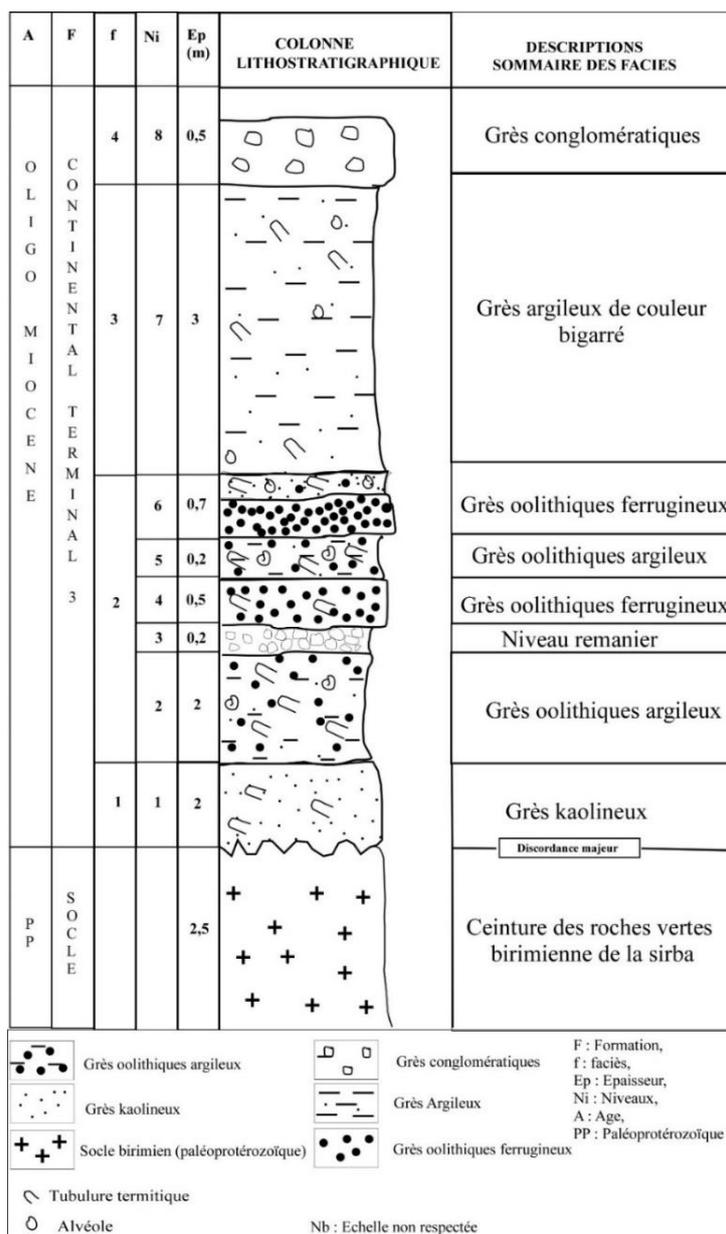


Fig. 9. Coupe sédimentologique du secteur de "Rhodésie".

5.1.3 COUPE DE KONGOU

D'une épaisseur d'environ 12,1 m, la coupe sédimentologique de Kongou a été levée au Nord-Est du village de Kongou sur la rive gauche du *Fleuve Niger*, non loin de la mare de Kongou a pour coordonnées GPS: N13°37'19"; E2°11'18". L'analyse sédimentologique a permis de distinguer deux (2) faciès, comprenant de la base au sommet: (1) Argiles présentant des intercalations des grès oolithiques ferrugineux et (2) Conglomérats à nodules d'oxyde fer. Ces deux (2) faciès ont été subdivisés en 5 niveaux (Fig 12).

(1) Argiles avec des intercalations des grès oolithiques ferrugineux, quatre niveaux ont été distingué dans ces argiles.

- Le niveau 1, a une épaisseur de 8 m environ. Il est constitué d'argiles gréseuses, tendres, de couleur bariolée (blanchâtre, jaunâtre et rougeâtre), présentant une alternance des niveaux argileux et des niveaux ferrugineux (Figure 10A). Ce niveau renferme aussi des alvéoles termitiques.
- Le niveau 2, d'une puissance de 80 cm, correspond à des grès fins à moyens, oolithiques à ciment ferrugineux, plus ou moins induré de couleur sombre (Fig 10B).

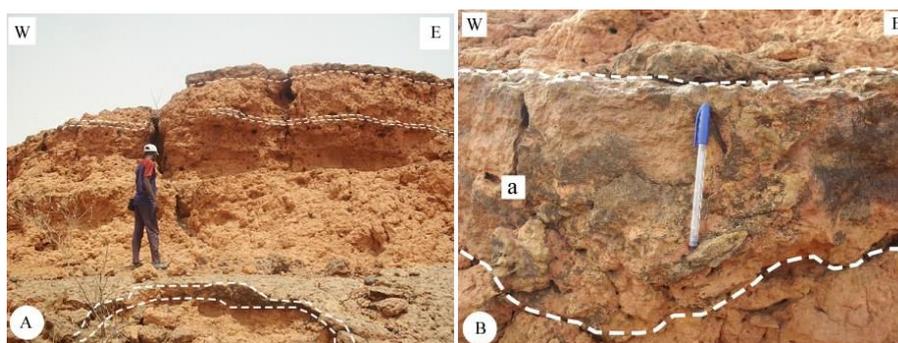


Fig. 10. Différents faciès observés à la base de la coupe de Kongou. A: Grès argileux bariolés présentant des intercalations des grès ferrugineux (niveau 1); B: a) Grès oolithiques ferrugineux (niveau 2).

- Le niveau 3, a une épaisseur de 2 m environ (Fig 11c). Il est constitué d'argiles gréseuses de couleur rougeâtre. Les grains de quartz qu'il renferme sont de taille inframillimétrique, des formes arrondies à subarrondies.
- Le niveau 4, dont la puissance est de 70 cm, correspond à des cuirasses gréseuses, oolithiques, à ciment ferrugineux. (Fig 11d).

(2) Conglomérats à nodules.

Ce type de faciès est représenté par le niveau 5:

- Le niveau 5, a une puissance d'environ 1 m. Il est constitué des nodules d'oxyde de fer. (Fig 11e). Les nodules sont liés par une matrice argileuse.

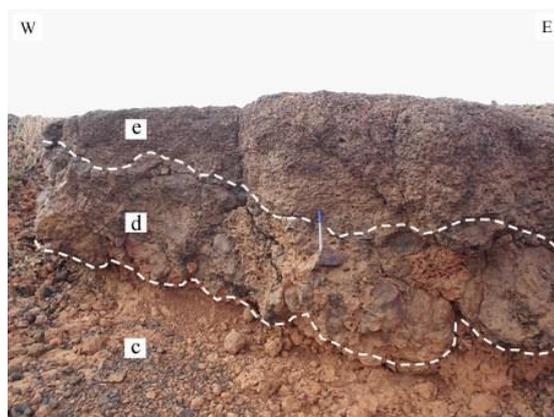


Fig. 11. Différents faciès observés au sommet de la coupe de Kongou. c) Argiles gréseuses (niveau 3), d) Grès oolithiques ferrugineux (niveau 4), e) Conglomérat à nodules d'oxyde de fer (niveau 5).

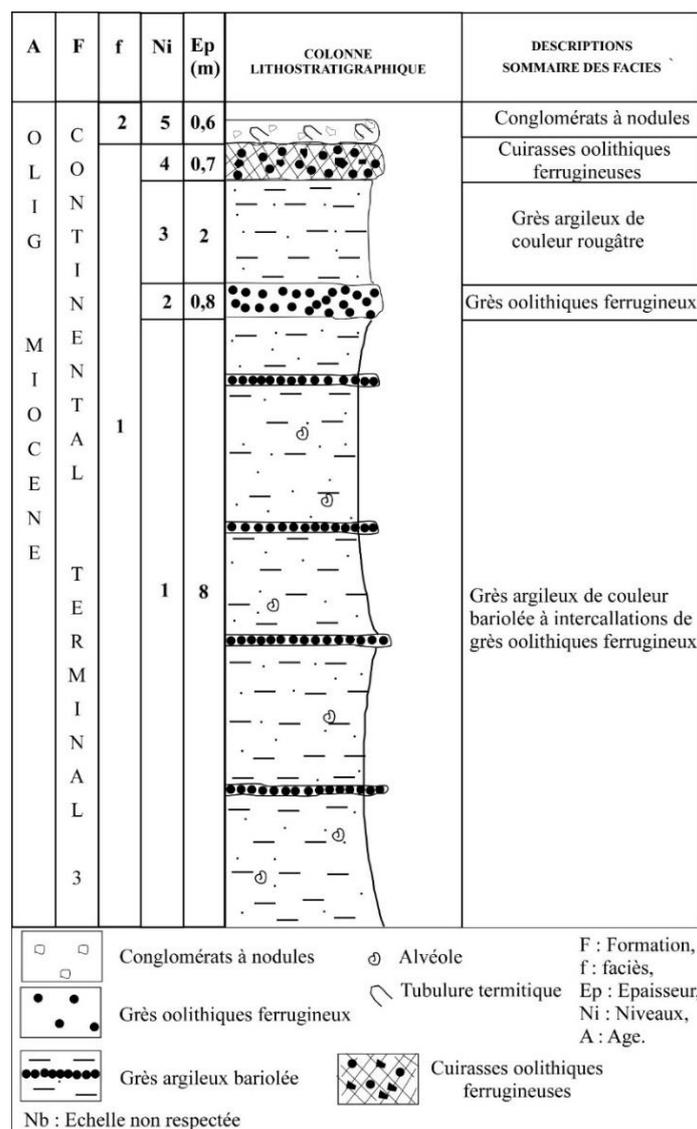


Fig. 12. Coupe sédimentologique du secteur de Kongou

5.1.4 SYNTHÈSE

Le Continental terminal 3 de la région de Niamey est constitué d'une alternance des grès argileux et des grès oolithiques ferrugineux. Il renferme aussi des tubulures et alvéoles termitiques de taille centimétrique à décimétrique et occasionnellement des moulages des gastéropodes, des lamellibranches et d'échinodermes. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par [40], [7], [9], [29].

5.2 CARACTÉRISTIQUES MICROSCOPIQUES DES GRÈS ARGILEUX DU CT3

Au microscope, les grès argileux du Ct3 présente des oolithes ferrugineux de forme arrondie, de couleur orangée (couleur liée au ciment ferrugineux) (Fig 13C). Leurs tailles varient de Le pourcentage des grains de quartz ainsi que des oolithes varient d'une lame à une autre. Le nucléus des oolithes est soit des grains de quartz soit des fragments de sédiment ferrugineux (Fig 13D). Deux (2) types d'oolithes ont été distingués dans les grès ferrugineux du Continental terminal de la zone d'étude. Les oolithes de type α sont caractérisées par une lamination corticale atténuant la morphologie anguleuse du nucléus (Fig 13F). Ce type d'oolithe caractérise les milieux très agités [31]. Les oolithes de type γ ou oolithes asymétriques ou oolithes excentriques présentent une lamination corticale développée sur un côté du nucléus (Fig 13C). Ce type d'oolithe caractérise les milieux calmes ou abrités [37]. La présence de ces deux types d'oolithes témoigne d'au moins deux phases de mise en suspension. (Secondairement, on rencontre des oolithes composites dont le nucléus renferme une ou plusieurs oolithes de première génération (Fig 13A); ceci témoigne d'au moins deux phases de mise en suspension). Les oolithes ont subi des fissurations dues à l'effet de la diagenèse mécanique ou des contraintes tectoniques. Certains oolithes présentent des craquelures dues aux chocs entre les grains ou à la compaction modérée pendant la diagenèse (Fig 13D). Selon [41] une forte agitation des eaux

pourrait être une condition indispensable à la formation des oolithes. 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 entre 10-15 m [33].

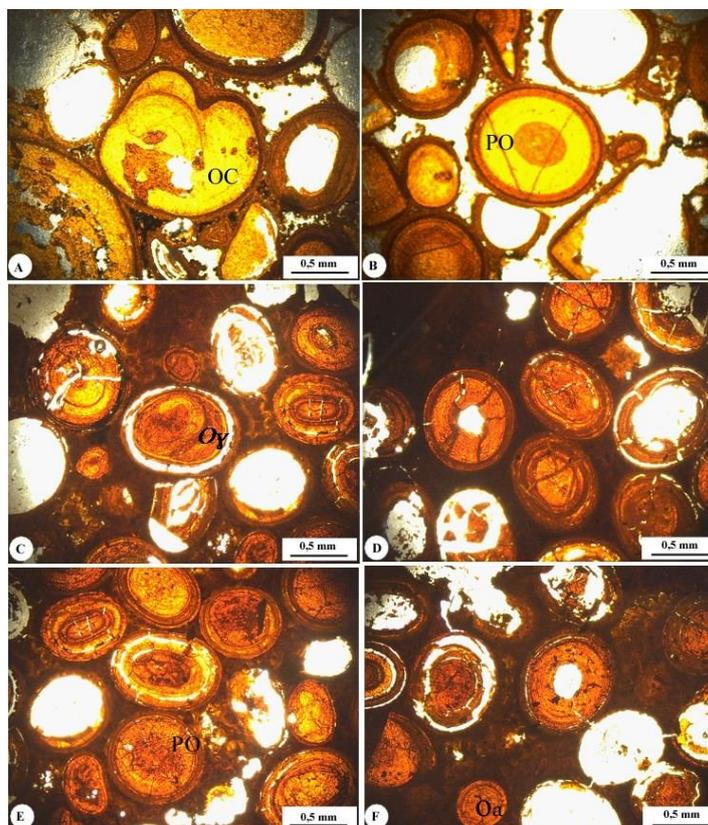


Fig. 13. Microphotographies en lumière polarisée, montrant les types d'oolithes ferrugineuses de la formation du Continental terminal 3 observée sur la rive gauche du Fleuve Niger.

A, B, C, E et F: Microphotographies montrant les types d'oolithes observés dans les grès ferrugineux de la zone d'étude (Oα: oolithes de type α, Oγ: oolithes de type γ, PO: proto-oolithes, Oc: oolithes composite). E: Microphotographie d'oolithes ferrugineuses jointives. F Microphotographie montrant les oolithes non jointives.

5.3 ANALYSE DE LA FRACTURATION PAR LES TECHNIQUES DE LA TELEDETECTION

5.3.1 CARTOGRAPHIE DES STRUCTURES LINEAMENTAIRES

La cartographie structurale nécessite l'usage des filtres directionnels tel que le filtre de Sobel. L'application de ce filtre a permis d'obtenir les quatre directions linéamentaires suivantes: N-S, E-W, NE-SW et NW-SE (Fig 14).

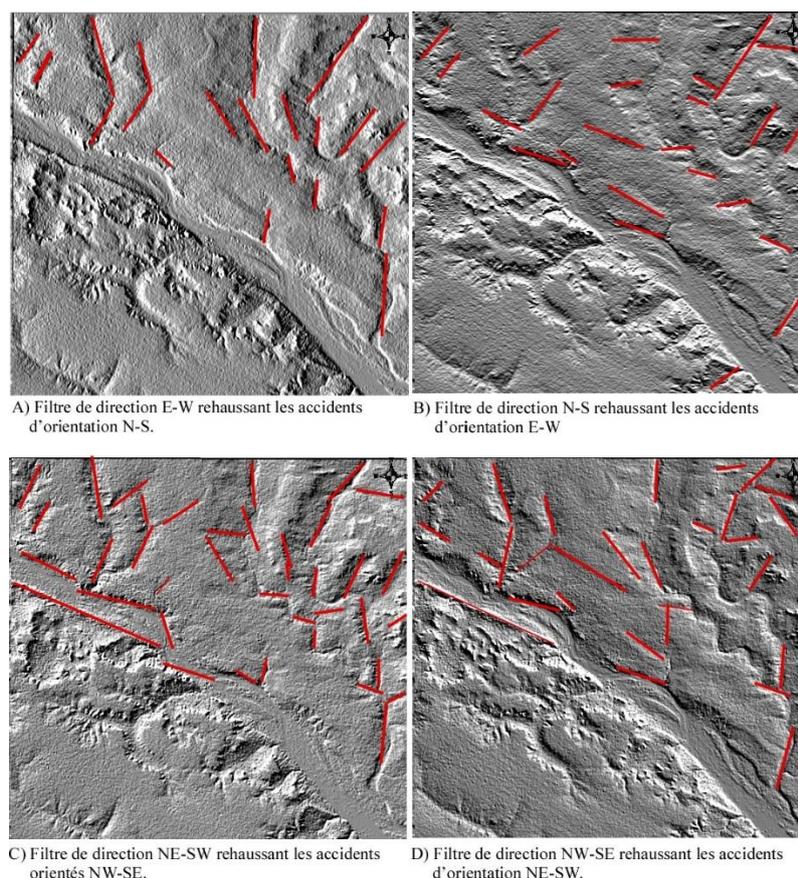


Fig. 14. Images rehaussées après application du filtre de Sobel suivant les directions E-W (A), N-S (B), NE-SW (C) et NW-SE (D).

La cartographie des structures linéamentaires a été réalisée manuellement. Les linéaments de différentes directions ont été identifiés. Ils représentent plusieurs types d'objets de la surface terrestre: le réseau hydrographique, les lignes de crête et diverses structures géologiques telles que les fractures et les failles (Figure 15).

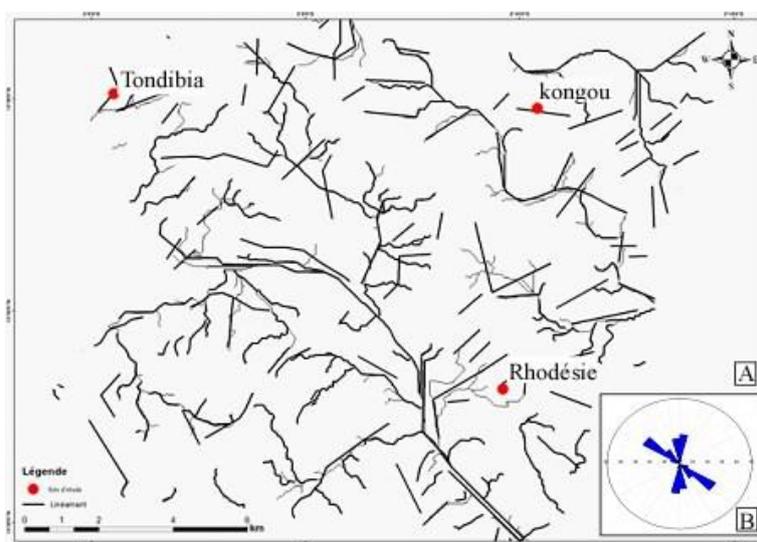


Fig. 15. Carte de répartition des linéaments dans la zone d'étude, obtenue à partir des images SRTM.

L'analyse des résultats a permis de classer les linéaments en deux (02) catégories:

- (1) En fonction des fréquences en nombre de linéaments (Figure 15B), deux pics directionnels ont été mis en évidence. Les plus remarquables ont été observés pour les deux groupes directionnels suivants: N0° à N20° et N120° à N140°.

(2) D'autres directions de moindre importance ou secondaires apparaissent également. Ce sont les directions N100° à N110°, N140° à N150°, N170° à N180°.

5.3.2 CARTOGRAPHIE DES RESEAUX DE FRACTURES

L'extraction des réseaux de fractures à partir des données bibliographiques (cartes géologiques et structurales) et des données de terrain a permis de réaliser la carte synthétique de fractures (Fig. 16).

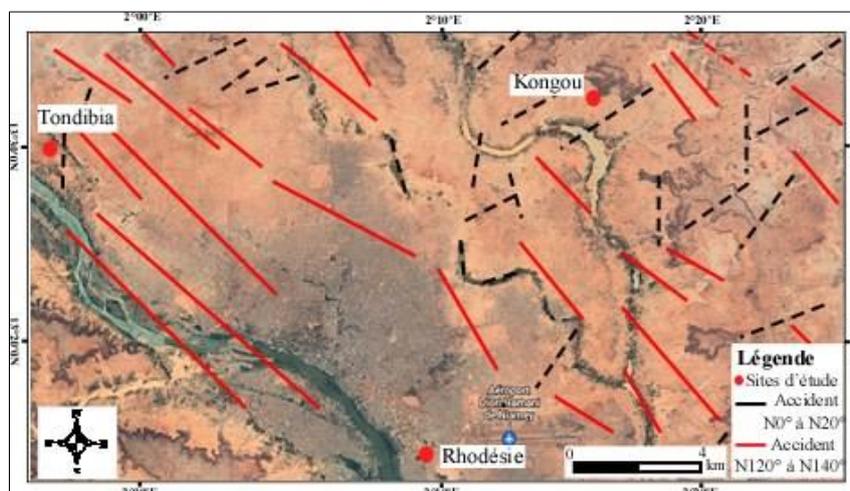


Fig. 16. Carte synthétique des fractures obtenues à partir de la carte linéaire.

Cette carte des réseaux de fractures montre que la fracturation s'organise selon trois directions principales: E-W, NW-SE et NE-SW. La direction NNE-SSW correspond globalement à celle des fractures d'orientation N0° à N20° identifiées par [29], [43] sur l'image Google Earth de la région de Niamey. Les fractures dominantes sont représentées par les directions N120° à N170° et les fractures secondaires sont représentées par les directions N0° à N20° et NE-SW. Dans la région de Niamey, les fractures N120° à N170° influencent le tracé du *Fleuve Niger* et marquent la zone bordière entre le Craton Ouest Africain et le Bassin des lullemeden. La première phase de déformation extensive (D1) a été mise en évidence par [29] dans les dépôts oligo-miocène de la région de Niamey. Les structures de déformation liées à cette phase D1 sont représentées par des microfailles dont les miroirs portent de nombreuses stries courbes et des micro-fractures de taille décimétrique à pluri-décimétrique d'orientation N120° à N160°. La direction d'extension N50° oligocène, mise en évidence dans les dépôts du continental terminal 3 de la région de Niamey, est comparable à celle mise en évidence dans le fossé de Téfidet (N60°), dans le Niger oriental. Une observation similaire a été réalisée en Tunisie par [19], qui a mis en évidence pendant l'Oligocène une extension de direction NE-SW. [28] ont également mis en évidence en Tunisie, pendant l'Oligocène terminal et le Miocène basal, des indices de distension de direction NE-SW. En Algérie aussi, la tectonique distensive oligocène (NE-SW) est marquée par le jeu d'accidents N115° à N140° [42].

5.4 ANALYSE TECTONO-SEDIMENTAIRE

L'analyse tectonique de la formation du Continental terminal 3 (Ct³) réalisée dans la zone d'étude a consisté à mesurer les différentes structures de déformations (direction et pendage pour les plans, azimut et pitch pour les structures linéaires). Les plans de fractures mesurés ont été ensuite traités à l'aide du programme Stéréonet 10 mis au point par [6]. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent l'existence de trois systèmes de fractures conjuguées (F1, F2 et F3): F1 d'orientation N10° à N30°, F2 de direction N40° à N80° et F3 d'orientation N140° à N170°.

5.4.1 SECTEUR DE TONDIBIA

Les plans de fractures de direction N145° à N170° (Fig 17) ont été traités avec le programme Stéréonet [6]. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction moyenne de raccourcissement Z N160° (Fig 18).



Fig. 17. Grès argileux ferrugineux de la formation du Ct³ du secteur de Tondibia, affecté par des fractures N165° (F3), N170° (F3). a: couche gréseuse argileuse ferrugineuse oolithique. b: Grès oolithiques ferrugineux.

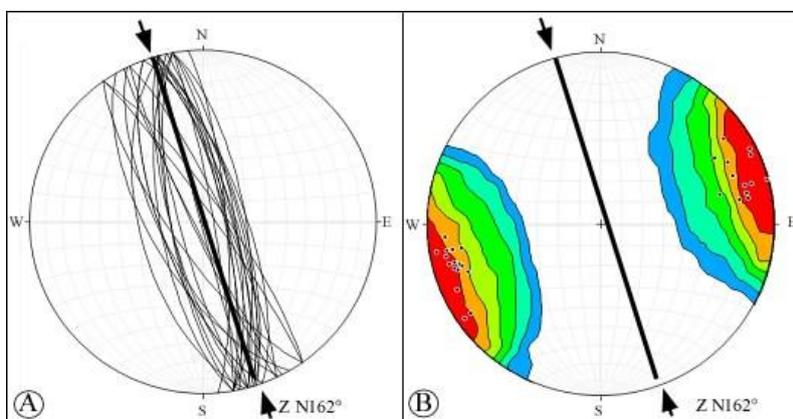


Fig. 18. Projections stéréographiques des fractures mesurées dans les Grès argileux du Ct³ du secteur de Tondibia (région de Niamey). Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction moyenne de compression N160°.

5.4.2 SECTEUR DE RHODESIE

Les plans de fractures de direction N40° - N70° (Figure 19) et de direction N140° - N170° (Figure 19) ont été traités avec le programme Stéréonet [6]. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent respectivement une direction moyenne de raccourcissement Z N55° (Fig 20) et une direction moyenne de raccourcissement Z N155° (Fig 21).

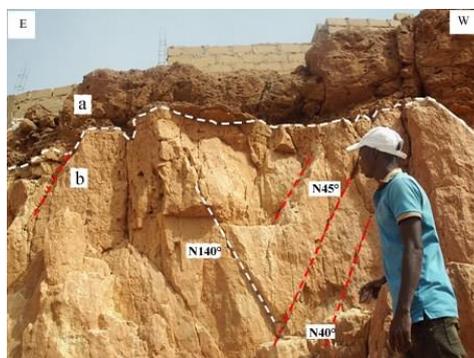


Fig. 19. Grès kaoliniteux de la formation du Ct³ du secteur de "Rhodésie", affectés par des fractures N40° (F2), N140° (F3) a: couche gréseuse argileuse ferrugineuse oolithique. b: Grès kaoliniteux.

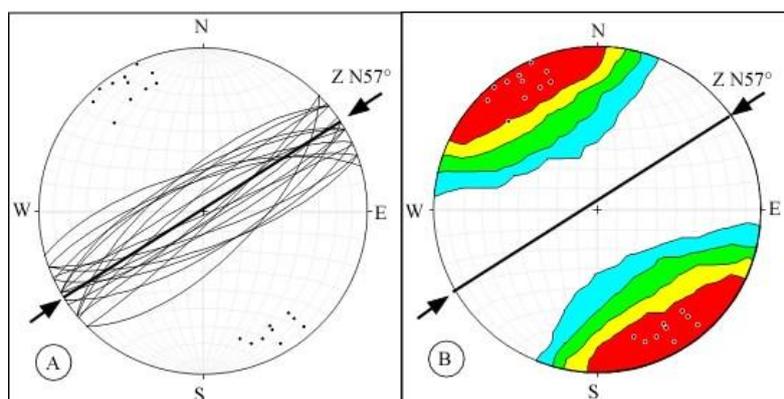


Fig. 20. Projections stéréographiques des fractures mesurées dans les grès kaolineux du Ct3 du secteur de "Rhodésie" (région de Niamey). Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction moyenne de compression N55°.

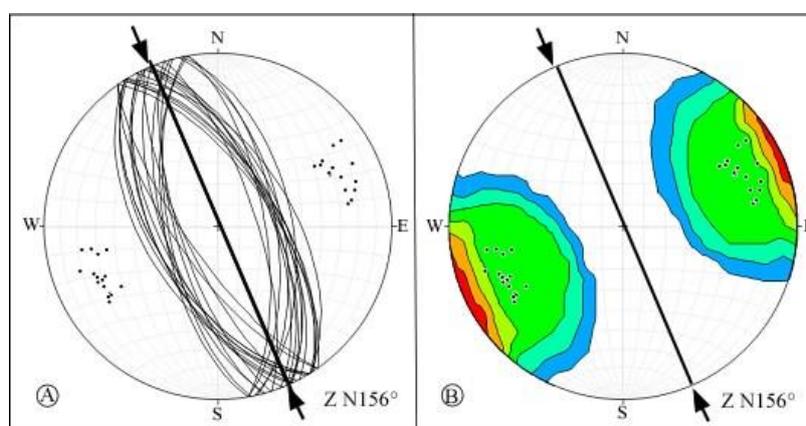


Fig. 21. Projections stéréographiques des fractures mesurées dans les grès kaolineux du Ct3 du secteur de "Rhodésie" (région de Niamey). Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction moyenne de compression N155°.

5.4.3 SECTEUR DE KONGOU

Les plans de fractures de direction N10°- N30° (Fig 22 et 23) et de direction N140°- N170° (Fig 22 et 24) ont été traités avec le programme Stéréonet [6]. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent respectivement une direction moyenne de raccourcissement Z N20° (Fig 25) et une direction moyenne de raccourcissement Z N157° (Fig 26).

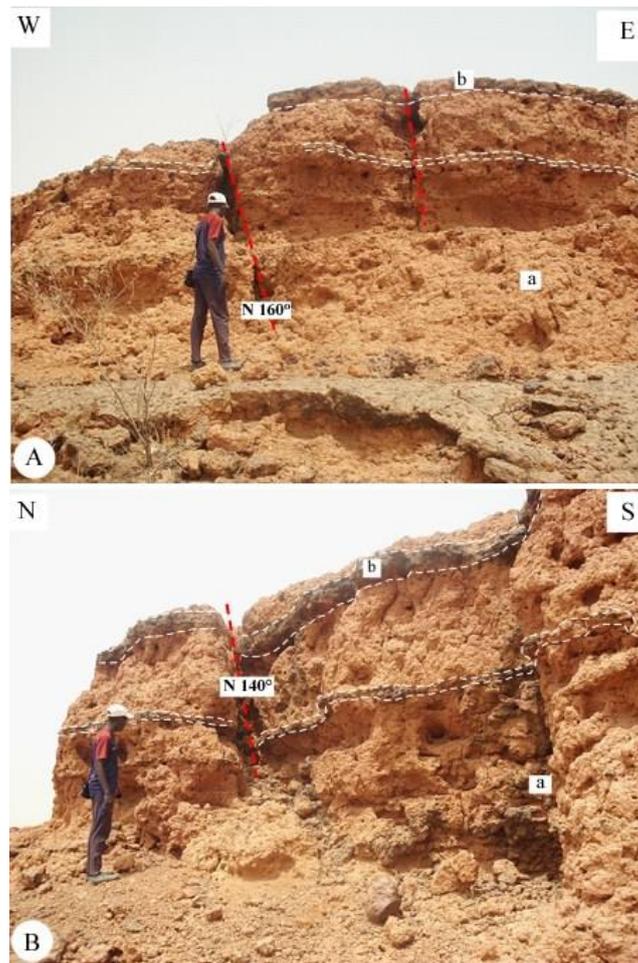


Fig. 22. Grès argileux ferrugineux de la formation du Ct3 du secteur de Kongou, affectés par des fractures N20° (F1), N160° (F3), N140° (F3). a: couche gréseuse argileuse, b: grès oolithiques ferrugineux.



Fig. 23. Grès argileux ferrugineux de la formation du Ct3 du secteur de Kongou, affectés par des fractures N 30° (F1), N10° (F1).
a: couche gréseuse argileuse, b: grès oolithiques ferrugineux



Fig. 24. Grès argileux ferrugineux de la formation du Ct3 du secteur de Kongou, affectés par des fractures N 150° (F3).
a: couche gréseuse argileuse, b: grès oolithiques ferrugineux.

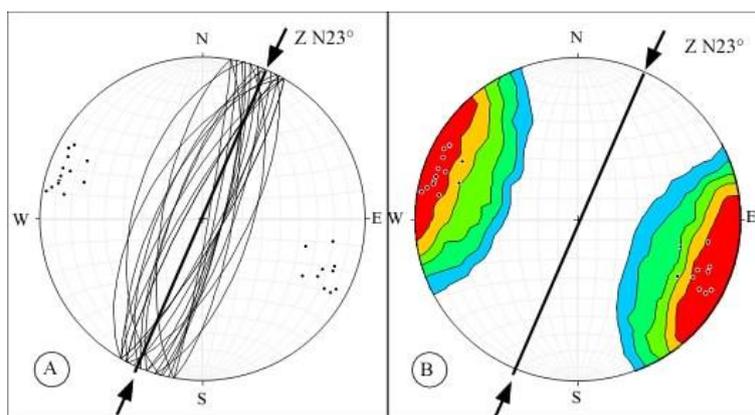


Fig. 25. Projections stéréographiques des fractures mesurées dans les grès argileux du Ct³ du secteur de Kongou (région de Niamey). Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction moyenne de compression N20°.

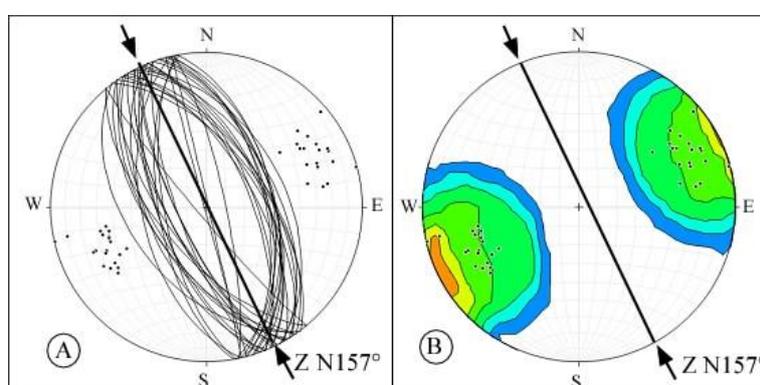


Fig. 26. Projections stéréographiques des fractures mesurées dans les grès argileux du Ct³ du secteur de Kongou (région de Niamey). Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction moyenne de compression N156°.

6 CONCLUSION

L'étude pétrographique a permis d'identifier la succession des différents faciès du continental terminal 3 dans les différents secteurs d'étude (Tondibia, "Rhodésie" et Kongou). Le choix de ces sites a permis de distinguer plusieurs faciès dont on peut citer entre autres: Il s'agit de grès kaoliniteux, de grès à oolithes ferrugineuses, d'argiles gréseuses, de grès conglomératiques, d'argiles présentant des intercalations des grès oolithiques ferrugineux et de conglomérats à nodules d'oxyde fer. L'analyse tectonique a permis de distinguer trois systèmes des fractures conjuguées réparties en trois familles F1 d'orientation N10° à N30°, F2 de direction N40° à N80° et F3 d'orientation N140° à N170° affectant la formation du Continental terminal 3.

REFERENCES

- [1] ABDOU ALI, I. Caractérisation des réservoirs aquifères multicouches du bassin des Iullemmeden dans la région de Dosso (Sud-Ouest Niger): Apports de la télédétection, du SIG, de la géophysique et de l'hydrochimie. Thèse de Doctorat unique, Université Abdou Moumouni de Niamey, 318p, 2018.
- [2] ABDOU A., BONNOT H., BORY KADEY D., CHALAMET D., SAINT MARTIN M. ET YOUNFA I. Notice explicative des cartes géologiques du Liptako à 1/100 000 et 1/200 000, Ministère des Mines et de la géologie, Rép. Niger, 64 p, 1998.
- [3] AFFATON P, GAVIGLIO P, PHARISAT A. Réactivation du craton ouest-africain au Panafricain: paléocontraintes déduites de la fracturation des grès néoprotozoïques de Karey Gorou (Niger, Afrique de l'Ouest). Sciences de la Terre et des planètes / Earth and Planetary Sciences 331 (2000). Académie des sciences/Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés pp. 609–614, 2000.
- [4] ALIDOU, S. Etude géologique du bassin Paléo-Mésozoïque de Kandi. Thèse de doctorat ès-sciences. Université de Dijon. 328p, 1983.
- [5] AMA SALAH I., LIEGEOIS J. P. and POUCLLET A. Évolution d'un arc insulaire océanique birimien précoce au Liptako nigérien (Sirba): géologie, géochronologie et géochimie. Journal of African Sciences, Vol. 22, N° 3, p. 235 – 254, 1996.

- [6] ALLMENDINGER R., 2017. Stereonet10, version10.0.
<http://www.geo.cornell.edu/geology/faculty/RWA/programs/stereonet.html>.
- [7] BEAUVAIS A., RUFFET G., HENOCQUE O. and COLIN F. Chemical and physical erosion rhythms of the West African Cenozoic morphogenesis: The ³⁹Ar-⁴⁰Ar dating of supergene K-Mn oxides. *Journal of Géophysical Research*, Vol. 113, F04007, 15 p, 2008.
- [8] BESSOLES B. Géologie de l'Afrique: Le Craton Ouest Africain. - Mém. BRGM, 88, 402 p, 1977.
- [9] CHARDON D., JEAN-LOUIS G., ANICET B. and OUSMANE B. West African lateritic sediments: Landform-regolith evolution processes and mineral exploration pitfalls. Elsevier, *Earth-Science Reviews*, p. 124–146, 2018.
- [10] DUBOIS, D. ET LANG, J. Etude lithostratigraphique et sédimentologique du Continental terminal et du Cénozoïque inférieur dans le bassin des lullemeden (Niger). *Bull. I.F.A.N.43. Ser. A, n°1-2, 1-42p*, 1981.
- [11] DUBOIS D. Etude des formations ferrugineuses du bassin des lullemeden (Niger). Thèse de spécialité Univ. Orléans-Niamey, 123 p, 1979.
- [12] FAURE.H. Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post-paléozoïques du Niger Oriental. Mém. BRGM47, Paris, 630 p, 1966.
- [13] GARBA SALEY H., KONATE M., AHMED Y. ET SOUMAÏLA A.). «Les minéralisations de manganèse du Nord Téra (Liptako, Ouest Niger): origine et conditions de mise en place,» *REV. CAMES - vol. 5 no. 2, 15 p*, 2017.
- [14] GREIGERT J: Description des formations crétacées et tertiaires du bassin des lullemeden (Afrique occidentale). Ministère des Travaux publics, des Transports, des Mines et de l'Urbanisme de la république du Niger. Direction des mines et de la géologie, 2. BRGM éd., 229 p, 1966 Paris, France.
- [15] GUÉRO A. Etude des relations hydrauliques entre les différentes nappes du complexe sédimentaire de la bordure sud-ouest du bassin des lullemeden (Niger). Approche géochimique et hydrodynamique. Thèse de doctorat en science Université de Paris XI ORSAY, 265 p, 2003.
- [16] GREIGERT, J. et POUGNET R: Essai de description des formations géologiques de la République du Niger. Editions du Brgm, Paris, 273 p, 1967.
- [17] HALLAROU M.M., KONATÉ M., OLATUNJI A.S., AHMED Y., AJAYI F.F. AND ABDUL R.M. Re-Os Ages for the Kourki Porphyry Cu-Mo Deposits, North West Niger (West Africa): Geodynamic Implications. *European Journal of Environment and Earth Sciences*, 13 p, 2020.
- [18] HAMZA MAYAKI I., SOULEY H. ET KONATE M. Caractéristiques géologiques et géotechniques de deux géomatériaux exploités en carrière dans la région de Niamey: les grès oolithiques ferrugineux et les granitoïdes birimiens. *Journal des Sciences I.S.S.N 0851 – 4631*, 2017.
- [19] HEZZI I. Caractérisation géophysique de la plateforme de Sahel, Tunisie nord-orientale et ses conséquences géodynamiques. Thèse / Université de Rennes 1, 197 p, 2014.
- [20] HUBERT, H. Mission scientifique au Dahomey, iris, lilliad, Université Lille1, 628p, 1908.
- [21] IBRAHIM MAHAROU HASSAN. Dynamique sédimentaire des grès de Niamey (Niger occidental): indices de glaciation et déformations associées, thèse, 188p, 2020.
- [22] ISSIFOU FATIOU ADISS KAMAL. Caractérisations géologique et géochimique des sédiments ferrugineux du continental terminal du bassin de kandi (nord-est benin), these, 237p, 2020.
- [23] LANG J., KOGBE C.A., ALIDOU S., ALZOUMA. K., DUBOIS D., HOUESSO A., TRICHET J. Le sidérolitique du Tertiaire ouest-africain et le concept de Continental terminal. *Bull. Soc. Géol. France*, 8, t 2, n°1/2 pp. 605-662,1986.
- [24] LANG J., KOGBE C.A., ALIDOU S., ALZOUMA. K., BELLION Y., DUBOIS D., DURAND A., GUIRAUD R., HOUESSO A., DE439KLASZ I., ROMANN E., SALARD-CHEBOLDAEFF M., TRICHETJ. The Continental terminal in West Africa. *Journal of Africa Earth Sciences*, vol. 10, n°1/2, pp.79-99, 1990.
- [25] KILIAN, C. Des principaux complexes continentaux du Sahara. *Société géologique de France*, pp 109-111, 1931.
- [26] MACHENS, E. Contribution à l'étude des formations du socle cristallin et de la couverture sédimentaire de l'Ouest de la République du Niger. *Mémoire du Bureau des Recherches Géologiques et Minières, France*, n°82, 167 p, 1973.
- [27] MACHENS, E. Notice explicative sur la carte géologique du Niger occidental, *Carte géol. 1/200000ème. Dir. Mines Géol., Niger*, p 45, 1967.
- [28] MARTINEZ C., ANDRIEUX J., TRUILLET R. & BEN JEMIAA M. Les structures synsédimentaires miocènes en compression associées au décrochement dextre Mhrila-Chérichira (Tunisie centrale). *Bull. Soc. Géol. France*, 1990, (8), t. VI, no 1, pp. 167-176, 1990.
- [29] OUSMANE et al. Caractérisation de la déformation des dépôts oligocènes du Continental terminal 3 (Ct³) dans la région de Niamey (Bordure Orientale du Craton Ouest Africain, bassin des lullemeden), 24p, 2020.
- [30] POUGNET, R. Stratigraphie et identification des formations continentales du Moyen Niger et du Haut Dahomey. *Bulletin Société Géologique de France*, vol 19, n°4,5,6, pp 493-498, 1949.
- [31] PURSER, B.H. Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. Tome 1, Editions Technip, 340p, 1980.
- [32] URVOY Y. Structure et modelé du Soudan français (Colonie du Niger). In: *Annales de Géographie*, t. 45, n°253, 1936. pp.19-49, 1936.
- [33] ROBERT, C. ET BOUSQUET, R. Géosciences, la dynamique du système Terre. Edition Berlin, ISBN 978-2-7011-3816-9, 1159p, 2013.

- [34] SOUMAILA A. ET GARBA Z. Le métamorphisme des formations de la ceinture de roches vertes birimienne (paléoprotérozoïque) de Diagorou-Darbani (Liptako, Niger, Afrique de l'Ouest). *Africa Geoscience Review*, Vol.13, No.1, p.107-128, 2006.
- [35] SOUMAILA, A. Etude structurale, Pétrographique et Géochimique de la ceinture birimienne de Diagorou-Darbani, Liptako, Niger Occidental (Afrique de l'Ouest). Thèse, 253 p. Université de Franche-Comté, France, 2000.
- [36] SOUMAILA A., HENRY P. ET ROSSY M. Contexte de mise en place des roches basiques de la ceinture de roches vertes birimienne de Diagorou-Darbani (Liptako, Niger, Afrique de l'Ouest): plateau océanique ou environnement d'arc/bassin arrière-arc océanique. *C. R. Geoscience*, n° 336, p 1137–1147, 2004.
- [37] SOUMAILA A. ET KONATE M. Caractérisation de la déformation dans la ceinture birimienne (paléoprotérozoïque) de Diagorou-Darbani (Liptako nigérien, Afrique de l'Ouest). *Afr. Geo. Review.*, vol. 13, n° 3, p 161-178, 2005.
- [38] SOUMAILA A., HENRY P., GARBA Z. AND ROSSI M. REE Patterns, Nd-Sm and U-Pb ages of the metamorphic rocks of the Diagorou-Darbani greenstone belt (Liptako, SW Niger): implication for Birimian (Paleoproterozoic) crustal genesis, Geological Society, London, Special Publications, v. 297; p. 19-32, 2008.
- [39] ST-JULIEN P. Étude structurale préliminaire des indices de Kourki, de Dounga, de Kossa et Borobon de la ceinture de Gorouol (Liptako), 1992.
- [40] TESSIER, F. 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, 26p, 1954.
- [41] VANDERYST, R.P. 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, 85p, 1932.
- [42] YAICH C., BEN ISMAIL K., ZAGHBIB-TURKI D., MONCEFTURKI M. Interprétation séquentielle de l'Oligo-Miocène (Tunisie central & Nord-Orientale). / New sequential interpretation of Oligocene and Miocene (Central and Northeast of Tunisia). In: *Sciences Géologiques. Bulletin*, tome 47, n°1-4, pp. 27-49, 1994.
- [43] K. Laouali Idi and M. Konaté, «Extraction de réseaux de fractures en milieu sédimentaire par les techniques de la télédétection intégrant une analyse statistique et structurale: cas des Formations méso-cénozoïques du bassin des Lullemeden, Niger Central, » *Afrique Science* 15 (5) (2019) 39 – 53.15p, 2019.