

Caractérisation de la déformation des grès de Niamey (Bordure Nord-Est de la dorsale de Man, Liptako nigérien, Région de Niamey)

[Characterization of Niamey sandstone deformation (Northeastern edge of the Man ridge, Niger Liptako province, Niamey region)]

Hassan Ibrahim Maharou, Laouali Ibrahim Sarki, Salissou Abdoul Ganiou Amadou, and Moussa Konaté

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté de Sciences et Techniques, Département de Géologie, Laboratoire de Géologie: Equipe Bassins et Géoressources, BP 10662, Niamey, 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: The Niamey sandstones belong to a group of Neoproterozoic (Infracambrian) deposits of the Nigerian Liptako, sporadically outcropping along the eastern edge of the West African Craton and following the Niger River valley. They rest in major unconformity on the Paleoproterozoic (Birimian) basement of the Niger Liptako. Previous work on these deposits has been fragmentary, particularly as regards their structure, and the investigations carried out aim to make up for these shortcomings. The aim of this study is to determine the deformations that have affected the Niamey sandstones. To achieve these objectives, an integrative approach based essentially on analyses and measurements of deformation structures in the field and their projections in the Win-Tenseur program, in order to calculate stress tensors (σ_1 , σ_2 , σ_3), was implemented. Structural analysis has identified an extensive pre-Pan-African D1 phase, trending NNW-SSE to NNE-SSW, concomitant with the opening of the Neoproterozoic Ocean, and two Pan-African compressive episodes, NNW-SSE to NW-SE trending D2a and ENE-WSW trending D2b.

KEYWORDS: Niamey Sandstone, Neoproterozoic, Pan-African deformation, Niamey region, Niger Liptako province.

RESUME: Les grès de Niamey sont rattachés à un ensemble de dépôts néoprotérozoïques (infracambriens) du Liptako nigérien, affleurant de façon sporadique, le long de la bordure orientale du Craton Ouest Africain et suivant la vallée du *Fleuve Niger*. Ils reposent en discordance majeure sur le socle paléoprotérozoïque (birimien) du Liptako nigérien. Les travaux antérieurs relatifs à ces dépôts étant fragmentaires, notamment en ce qui concerne la structurale, les investigations menées visent à pallier ces insuffisances. L'objectif de cette étude est de déterminer les déformations qui ont affecté les grès de Niamey. Pour atteindre ces objectifs, une approche intégrant essentiellement basée sur des analyses et des mesures des structures de déformation sur le terrain ainsi que leurs projections dans le programme Win-Tenseur, afin de calculer les tenseurs de contraintes (σ_1 , σ_2 , σ_3), a été mise en œuvre. L'analyse structurale a permis de déterminer: une phase extensive D1 anté-panafricaine, de direction NNW-SSE à NNE-SSW, qui est concomitante de l'ouverture de l'Océan néoprotérozoïque et deux épisodes compressifs panafricains, D2a de direction NNW-SSE à NW-SE et D2b de direction ENE-WSW.

MOTS-CLEFS: Grès de Niamey, Néoprotérozoïques, Déformation panafricaine, Région de Niamey, Liptako nigérien.

1 INTRODUCTION

Les grès de Niamey, appellation de [26], représentent des vestiges de séries de couverture situés entre les grès de Fingoun et les grès de Kirtachi (Figure 1) appartenant respectivement aux bassins de Taoudenni et des Voltas [26]. Selon cet auteur, il y aurait une liaison pendant l'Infracambrien (Néoprotérozoïque) entre ces deux bassins de l'Afrique de l'Ouest. Les grès de Niamey affleurent à Tondibia et à Karey Gourou (Figure 2). Il s'agit de dépôts néoprotérozoïques, principalement des grès quartzitiques fins à moyens [23], [25]. Ce sont des dépôts gréseux plus jeunes que le socle paléoprotérozoïque (birimien), sur lequel ils reposent en discordance majeure, et plus anciens que le Continental terminal 3, qui les recouvre par une discordance de ravinement [26], [23], [25]. Les déformations affectant les dépôts néoprotérozoïques sont bien connues dans le bassin de Taoudenni (régions de Béli et de Fingoun) où les déformations ont été assimilés aux événements panafricains [27], [5]. Contrairement à ces régions, les travaux antérieurs sur les grès de Niamey n'ont pas porté un véritable accent concernant la déformation qui les a affectés. En effet, les études antérieures se sont limitées à des descriptions sédimentologiques [26], [23], [25] et à l'analyse sommaire de la fracturation [36], [3]. Ainsi, cette étude se propose de déterminer les déformations qui ont affecté les dépôts néoprotérozoïques de la région de Niamey. Pour atteindre cet objectif, une approche intégrant des mesures structurales sur le terrain et les analyses des tenseurs de contraintes (σ_1 , σ_2 , σ_3) dans le programme Win-Tenseur (version 5.8.9) de [13] a été mise en œuvre.

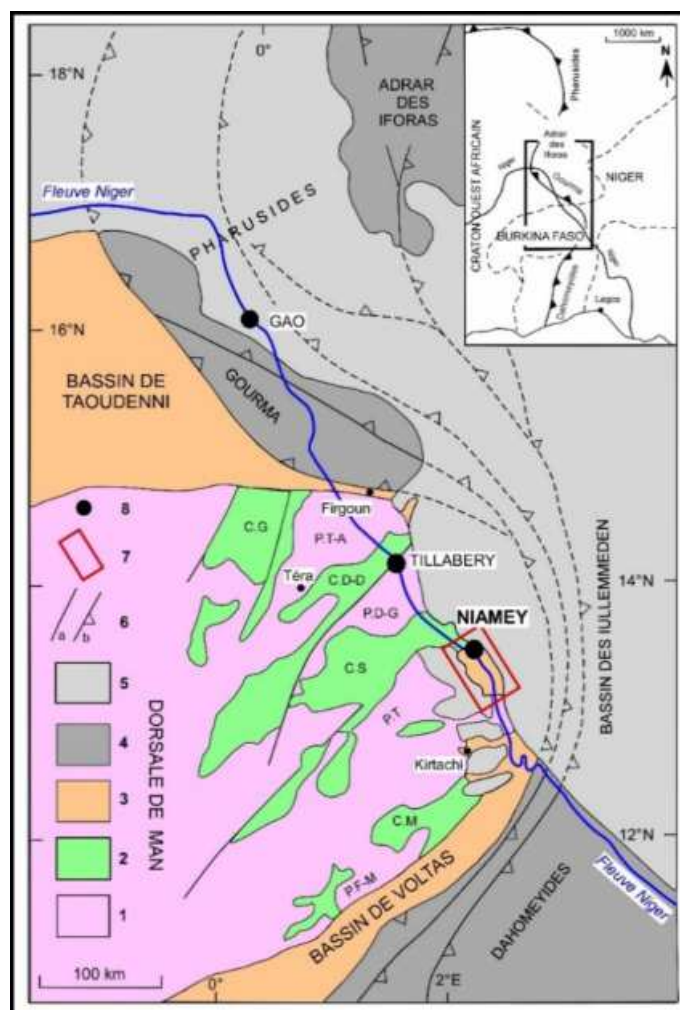


Fig. 1. Localisation de la région de Niamey dans le cadre structural du Liptako ([3] modifiée). (1) Massifs granito-gneissiques paléoprotérozoïques; (2) Ceintures schisteuses paléoprotérozoïques; (3) Formations néoprotérozoïques et paléozoïques des bassins de Taoudenni et de Voltas; (4) Formations impliquées dans l'orogénèse panafricaine (600 Ma); (5) Formations méso-cénozoïques à quaternaires du bassin des Iullemmeden; (6) Failles (a) et plans de charriage des nappes panafricaines (b); (7) Zone d'étude; (8) Villes. (C.G) Ceinture du Gorouol; (P.T-A) Pluton de Téra-Ayorou; (C.D-D) Ceinture de Diagorou-Darbani; (P.D-G) Pluton de Dargol-Gothèye; (C.S) Ceinture de la Sirba; (P.T) Pluton de Torodi; (C.M) Ceinture de Makalondi; (P.F-M) Pluton de Favra-Mossipaga

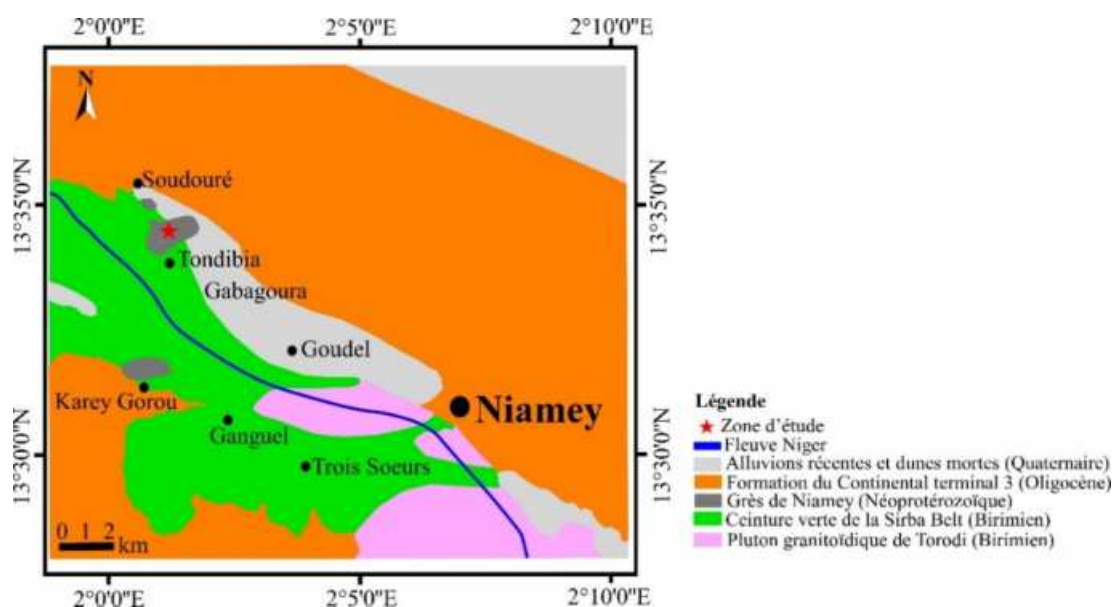


Fig. 2. Localisation des affleurements de Tondibia et de Karey Gorou dans la région de Niamey (extrait de la carte de [26])

2 CADRE GEOLOGIQUE

Du point de vue géologique, la région de Niamey appartient au Liptako nigérien qui correspond à la bordure nord-est de la dorsale de Man (domaine birimien de la dorsale de Man) [26], [11], [3], [28]. Le Liptako est limité: à l'Est par le bassin des lullemmenden, au Nord par celui du Gourma et au Sud-Est par celui des Volta (**Figure 1**). Deux grands ensembles géologiques ont été distingués dans le Liptako nigérien: (1) le socle d'âge paléoproterozoïque (birimien) (2300 à 2000 Ma [32]), affleurant sur les 2/3 de la région [26], [33], [31], [30], [34], [21], [17]; (2) une couverture sédimentaire qui regroupe des dépôts néoproterozoïques (des grès de Niamey), oligocènes (du Continental terminal 3 (Ct³)) et quaternaires [26], [3], [23], [25], [28], [5].

2.1 DEPOTS DU SOCLE PALEOPROTEROZOÏQUES

Le socle paléoproterozoïque du Liptako nigérien est constitué par une alternance de ceintures de roches vertes et de plutons granitoïdiques (massifs granitiques) [26], [15], [6], [1], [32], [16], [21], [17] (**Figure 1**). 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], [6], [1], [32], [16], [17]. Les plutons granitoïdiques sont composés principalement de granites, de TTG (Tonalite, Trondhémite, Granodiorite), de diorites et de diorites quartziques, de la monzonite et localement de la syénite [26], [1], [32], [31], [17].

2.2 DEPOTS NEOPROTEROZOÏQUES DES GRÈS DE NIAMEY

La colonne lithostratigraphique établie dans les grès de Niamey comprend trois lithofaciès qui sont, de la base au sommet: des grès quartzitiques à litages mamelonnés, des grès quartzitiques glauconieux et des diamictites présentant des galets à facettes [23], [25].

2.3 DEPOTS OLIGOCENES DU CONTINENTAL TERMINAL 3

Les dépôts du Continental terminal représentent les termes supérieurs du bassin des lullemmenden [19]. Cet auteur a défini trois ensembles au sein de cette formation. Il s'agit, de la base au sommet, de la série: (1) sidérolithique de l'Ader Douchi (Continental terminal 1 (Ct¹)); (2) argilo-sableuse à lignites (Continental terminal 2 (Ct²)); (3) des grès argileux du Moyen Niger (Continental terminal 3 (Ct³)). Le Continental terminal 3, seul ensemble du Continental terminal qui affleure dans le Liptako nigérien [22], [28] est une formation d'âge oligocène [9], essentiellement constituée d'une alternance de grès argileux et de grès oolithiques ferrugineux à niveaux indurés, plus ou moins associés à des tubulures termitiques [22], [28]. Le Ct³ repose en discordance de ravinement sur les dépôts infracambriens et/ou en discordance majeure sur le socle paléoproterozoïque [22], [28].

2.4 DEPOTS QUATERNAIRES

Les dépôts du quaternaires sont constituées d'alluvions, de dépôts latéritiques ferrugineux plus ou moins remaniés et des dunes qui recouvrent le Continental terminal 3 ou le socle paléoproterozoïque [19], [14], [22], [28].

3 METHODOLOGIE

L'approche méthodologique adoptée est essentiellement basée sur des analyses et des mesures des structures de déformation sur le terrain. Les grès de Niamey sont affectés par des déformations: syn-lithification (représentées par des failles normales), syn- à post-lithification (représentées par des couloirs de cisaillement semi-ductiles, à schistosité associée à des plis anisopaques sigmoïdes et post-lithification (représentées par des microfailles décrochantes et des microfractures). Les différents plans mesurés ont été ensuite projetés dans le programme Win-Tenseur (version 5.8.9) de [13] afin de calculer les tenseurs de contraintes (σ_1 , σ_2 , σ_3). En fonction des mesures relatives aux structures de déformation (direction, pendage, Azumit...), les tenseurs de contraintes (σ_1 , σ_2 , σ_3) sont automatiquement calculés par le programme Win-Tenseur. Au total, 200 mesures ont été effectuées. Toutes ces mesures structurales ont été réalisées au moyen d'un compas à clinomètre.

4 RESULTATS

4.1 ANALYSE DE LA DEFORMATION

L'analyse des déformations des grès de Niamey a été réalisée dans deux secteurs: Tondibia et Karey Gorou. Les grès de Niamey sont affectés par plusieurs types de déformations: syn-lithification, syn- à post-lithification, post-lithification.

4.1.1 SECTEUR DE TONDIPIA

Dans le secteur de Tondibia, trois types de structures de déformation ont été recensés. Il s'agit: (1) des structures de déformation syn-lithification représentées par des failles normales à miroirs ondulés et à striations courbes; (2) des couloirs de cisaillement semi-ductiles syn- à post-lithification,

d'épaisseur pluridécimétrique à métrique (ces couloirs de cisaillement sont associés à des plis anisopaques sigmoïdes) (3) et des microfailles décrochantes et des microfractures tardives, post-lithification.

La déformation syn-lithification, dans le secteur de Tondibia, est représentée par des failles normales (**Figure 3**). Ces failles normales, d'orientation N70° à N85°, présentent des pendages de 60° à 80° NW. Elles affectent les niveaux gréseux intermédiaires. Leurs miroirs, pluridécimétriques à métriques, relativement courbes (**Figure 3-B**) présentent plusieurs types de tectoglyphes. Il s'agit des cannelures (**Figure 3-C**), des stries (**Figure 3-C**), des traces laissées par des objets striateurs associées à des figures de déchaussement (**Figure 3-C et Figure 3-D**) et des figures d'arrachement (**Figure 3-D**). La patine de ces miroirs a la même couleur que le sédiment. Les traces laissées par des objets striateurs ainsi que les figures d'arrachement sont des bons indicateurs de sens de déplacement. Dans le secteur de Tondibia-Soudouré, ces 2 types de structures ont permis de déduire les jeux normaux des failles observées. Les fortes valeurs de pitch observées (entre 50° et 80° W ou NW) sont en accord avec les jeux normaux de ces failles. Les miroirs courbes dénotent la forte ductilité du matériel au moment de la déformation. Ces observations confirment le caractère syn-lithification de ces failles normales.

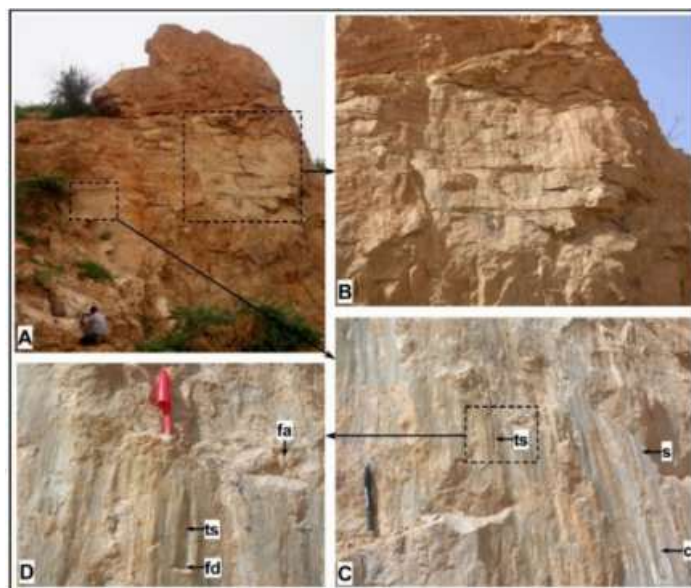


Fig. 3. Failles normales syn-lithification affectant les grès de Niamey (secteur de Tondibia). A: Zone de failles normales présentant plusieurs miroirs de direction moyenne N75° et de pendage moyen de 75° NW. B: Microfaille normale syn-lithification à miroir courbe. C: Différents types de tectoglyphes sur un miroir de microfaille normale syn-lithification. ts: trace laissée par un objet striateur, s: strie, c: cannelure. D: Détail d'une trace laissée par un objet striateur (ts) associée à une figure de déchaussement (fd), (fa) figure d'arrachement en forme de croissant

La déformation syn- à post-lithification est matérialisée par des couloirs de cisaillement ductiles à semi-ductiles, coalescents, dont la largeur peut atteindre 30 m (**Figure 4**). Dans ces couloirs de cisaillement a été observée une schistosité redressée (pendage 60° à 80° NW) d'orientation N60° à N80° (**Figure 4-C**). Cette schistosité montre un passage latéral à des plis anisopaques d'allure sigmoïde (**Figure 5-A**), à plans axiaux d'orientation moyenne N75°. Toutes ces structures sont scellées verticalement par les niveaux gréseux intermédiaires (**Figure 5-B**). Il faut noter que cette schistosité décrite dans les bancs gréseux de base affecte également les roches vertes du socle birimien sous-jacent (**Figure 4-B**).

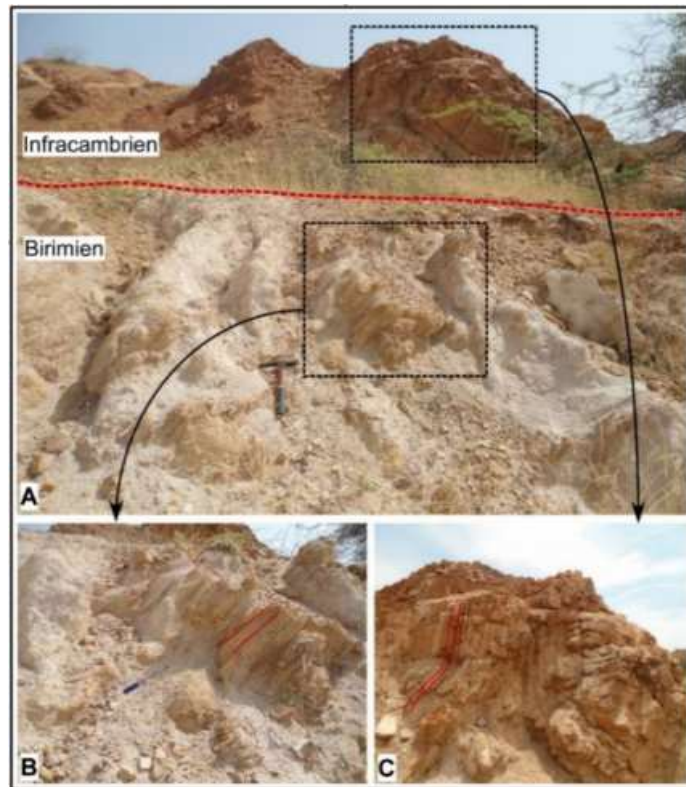


Fig. 4. Couloir de cisaillement ductile syn- à post-lithification (secteur de Tondibia). A: Discordance majeure entre les grès infracambriens et le socle birimien dans un couloir de cisaillement ductile. B: Schistosité N60° affectant une roche verte (birimienne). C: schistosité redressée d'orientation N75° affectant les grès de Niamey

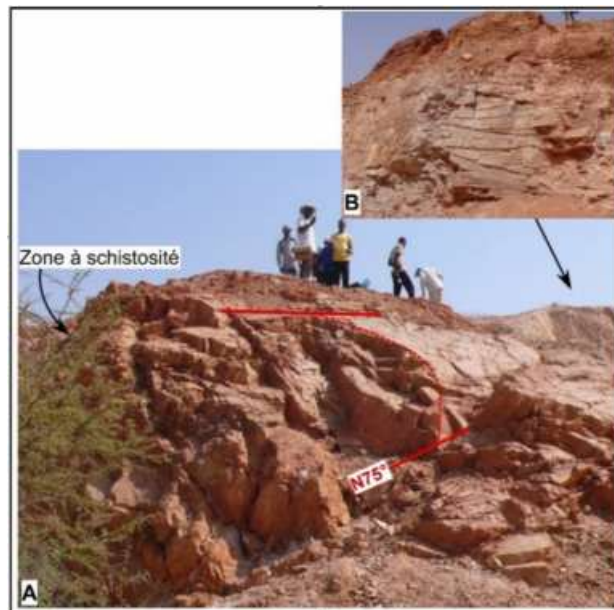


Fig. 5. Couloir de cisaillement ductile syn- à post-lithification (secteur de Tondibia-Soudouré). A: Plis anisopaques sigmoïdes, à plans axiaux orientés N75°. B: Niveaux gréseux supérieurs scellant le couloir de cisaillement ductile syn- à post-lithification

La déformation post-lithification est matérialisée par des microfailles décrochantes (Figure 6) et des microfractures (Figure 7), pluridécimétriques à métriques, d'orientation N135° à N170° et accessoirement N0° à N20°. Ces microfailles décrochantes et ces microfractures définissent des microcouloirs de cisaillement cassants, associés à des fortes cataclases du matériel gréseux. Ces observations confirment le caractère post-lithification de ces structures de déformation.

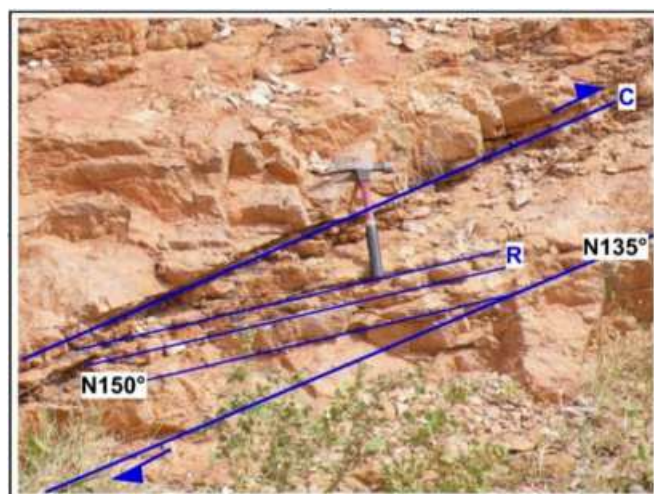


Fig. 6. Microcouloir de cisaillement dextre post-lithification affectant les grès de Niamey (secteur de Tondibia-Soudouré). Les plans C sont orientés N135° et les plans R, N150°. La fabrique R/C du couloir de cisaillement permet de déduire une direction moyenne de raccourcissement NNW-SSE

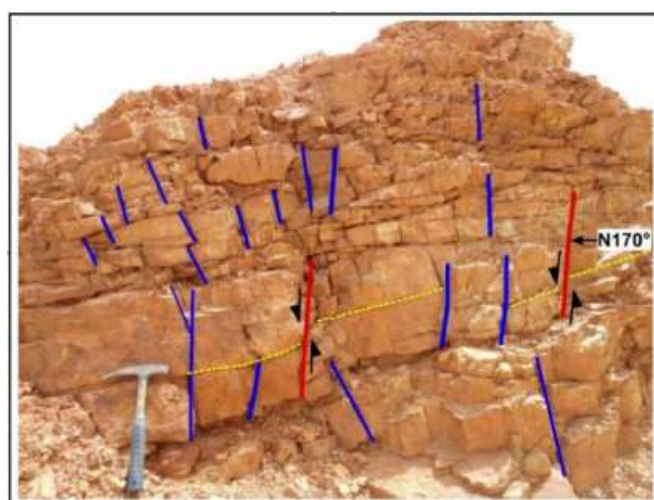


Fig. 7. Réseau de microfractures post-lithification (traits bleus) et de microfailles normales syn-sédimentaires (traits rouges), d'orientation moyenne N170°, affectant les grès de Niamey (secteur de Tondibia-Soudouré). Les tiretés jaunes montrent des niveaux déplacés par les microfailles normales syn-sédimentaires

4.1.2 SECTEUR DE KAREY GOROU

Les principales structures de déformation identifiées dans le secteur de Tondibia-Soudouré se retrouvent dans le secteur de Karey Gorou. Il s'agit: des failles normales syn-lithifications, des couloirs de cisaillement semi-ductiles syn- à post-lithifications, des microfailles décrochantes et des microfractures post-lithifications. La déformation syn-lithification est représentée par des failles normales d'orientation N90° à N110°, ayant un pendage compris entre 50° et 65° NW. Ces failles normales affectent les niveaux gréseux de bases et intermédiaires (Figure 8). Les miroirs de ces failles normales, relativement ondulés, présentent des stries courbes et des figures d'arrachement en forme de croissant (Figure 8). La patine de ces miroirs a la même couleur que le sédiment. Les miroirs ondulés dénotent la forte ductilité du matériel au moment de la déformation. Les fortes valeurs de pitch observées (entre 50° et 70° NW) sont en accord avec les jeux normaux de ces failles.

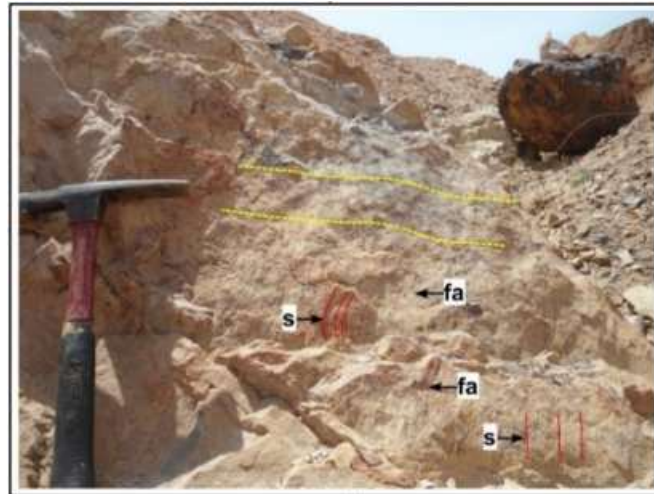


Fig. 8. Miroir ondulé de faille normale syn-lithification, de direction $N100^\circ$ et de pendage 60° NW, affectant les grès de Niamey (secteur de Karey Gorou). s: stries (traits rouges), (fa) figures d'arrachement en forme de croissant. Les tiretés jaunes indiquent l'allure ondulée du miroir

La déformation syn- à post-lithification est matérialisée par des microcouloirs de déformations ductiles à semi-ductiles, de largeur métrique à pluridécimétrique (Figure 9). Ces microcouloirs de cisaillement sont marqués par une schistosité orientée $N55^\circ$ à $N75^\circ$, fortement redressée (pendage 70° à 80° NW). Verticalement, ces microcouloirs de cisaillements, sont scellés par des niveaux gréseux intermédiaires. La figure 9 illustre des microcouloirs de cisaillement ductiles à composante inverse, de nature syn- à post-lithification. Les plans C sont orientés $N80^\circ$ avec une schistosité de direction $N65^\circ$ (Figure 9-A) à $N70^\circ$ (Figure 9-B).

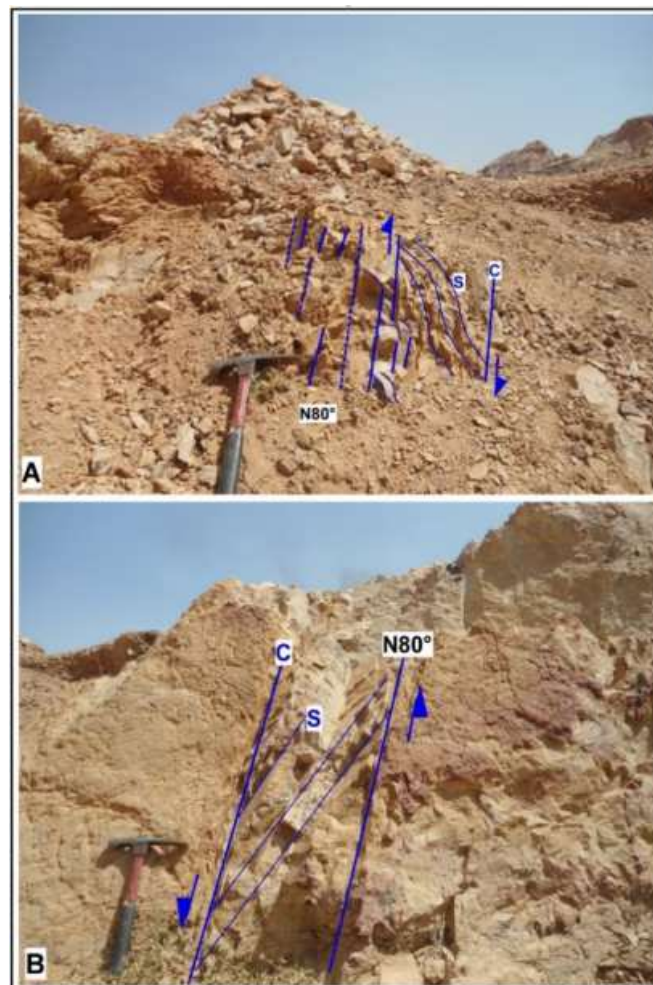


Fig. 9. Microcouloirs de cisaillement ductiles syn- à post-lithification dans le secteur de Karey Gorou, à composante dextre inverse (en A), et à composante senestre inverse (en B). Dans les deux cas, les couloirs de cisaillement ont une orientation $N80^\circ$

La déformation post-lithification est matérialisée par des microfailles décrochantes senestres, pluridécimétriques à métriques, d'orientation subméridienne (N0° à N20°) (Figure 10), ainsi que par des microfractures d'orientation N150° à N170°.



Fig. 10. Figures d'abrasion sur un miroir de faille post-lithification, d'orientation subméridienne, indiquant un jeu décrochant senestre (secteur de Karey Gorou)

4.2 CALAGE CHRONOLOGIQUE DES STRUCTURES DE DEFORMATION DES GRES DE NIAMEY

Les relations géométriques entre les différentes structures de déformation affectant les grès de Niamey ont permis d'établir une chronologie relative. Pendant la sédimentation des niveaux gréseux de base et intermédiaires se sont formées les failles normales syn-lithifications, de direction N80°, matérialisent la première phase de déformation D1 extensive des grès de Niamey. Les couloirs de cisaillement semi-ductiles, syn- à post-lithifications, de même orientation N75°, ont affecté les niveaux de base et une portion du socle birimien sous-jacent. Verticalement, ces couloirs de cisaillement sont scellés par les niveaux gréseux intermédiaires. Cela implique que la direction N80° représente une zone de faille qui aurait fonctionné en décrochement dextre (couloir de cisaillement dextre) dans les niveaux gréseux de base. Donc les failles normales syn-lithifications matérialisent la première phase de déformation D1 extensive. La deuxième phase de déformation D2, compressive, à raccourcissement NNW-SSE, a affecté les niveaux gréseux de base. Elle serait à l'origine du fonctionnement des couloirs de cisaillement ductiles syn- à post-lithifications, associés au développement de la schistosité et des plis anisopaques sigmoïdes. Les microfailles décrochantes et les microfractures tardives post-lithifications représentent quant à elles la troisième phase de déformation D3 affectant les grès de Niamey.

4.3 DETERMINATION DES DIFFERENTS ÉTATS DE PALEOCONSTRAINTES

4.3.1 ETAT DE PALEOCONSTRAINTES CARACTERISANT LA PHASE DE DEFORMATION SYN-LITHIFICATION

▪ SECTEUR DE TONDIBIA

Les plans de microfailles syn-lithification (N70° - N80°, 60° - 80° NW) ont été projetés à l'aide du programme Win-Tenseur. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction de la contrainte σ_3 d'environ N160° (Figure 11).

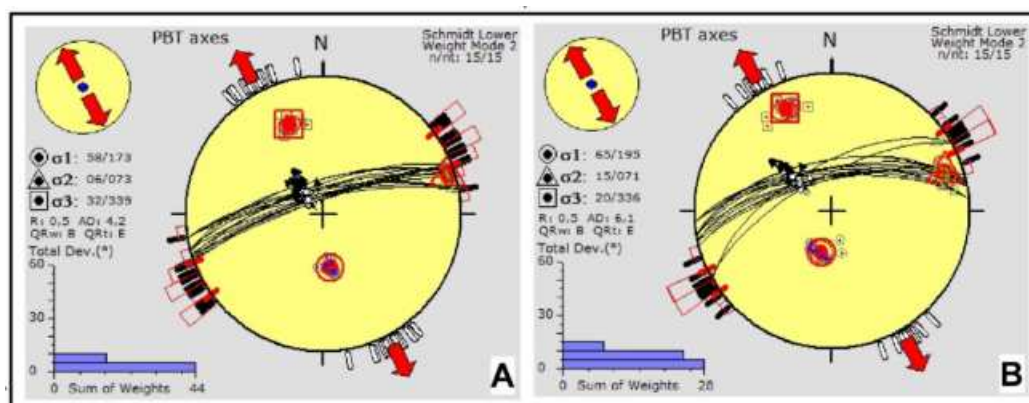


Fig. 11. Résultats du traitement de la population de microfailles syn-lithifications des grès de Niamey dans le secteur de Tondibia. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction d'extension d'environ N160° (A: N159° et B: N156°)

▪ SECTEUR DE KAREY GOROU

Les stéréodiagrammes des plans de microfailles syn-lithifications (N90° - N110°, 50° - 70° NW) indiquent des directions de la contrainte σ_3 variant entre N007° et N160° (Figure 12).

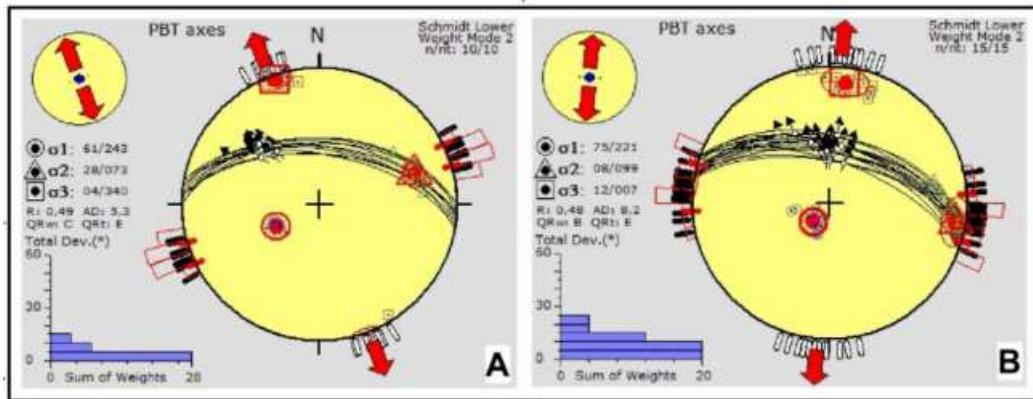


Fig. 12. Résultats du traitement de la population de microfailles syn-lithification des grès de Niamey dans le secteur de Karey Gorou. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction d'extension variant entre N160° (A) et N007° (B)

4.3.2 ETAT DE PALEOCONSTRAINTES LIEES À LA PHASE DE DEFORMATION SYN- À POST-LITHIFICATION

▪ SECTEUR DE TONDIBIA

Plusieurs plans de schistosité syn- à post-lithification ont été mesurés. Les principales directions recensées, comprises entre N70° et N80° avec des pendages de 60° à 80° NW indiquent une des directions de la contrainte σ_1 comprises entre N154° et N164° (soit N160° en moyenne) (Figure 13).

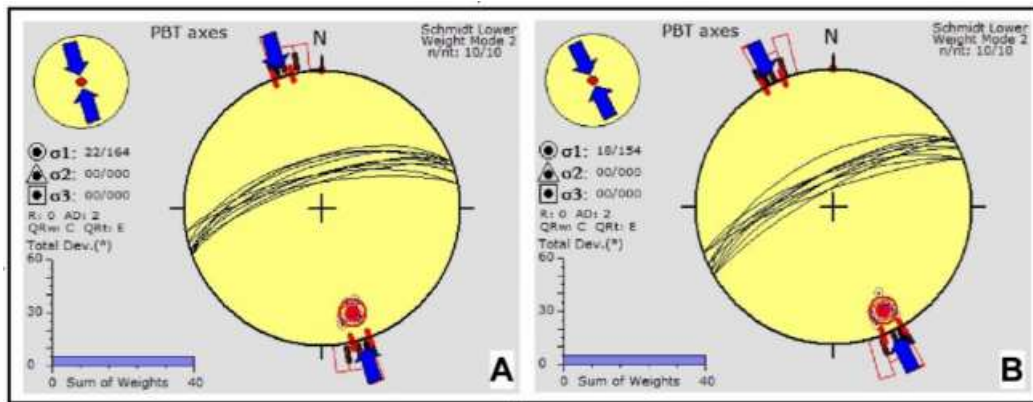


Fig. 13. Résultats du traitement de la population de plans de schistosité syn- à post-lithification des grès de Niamey dans le secteur de Tondibia. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction de compression comprise entre N154° (B) et N164° (A)

▪ SECTEUR DE KAREY GOROU

Dans ce secteur également, les plans de schistosité syn- à post-lithification, d'orientation N55° à N80° avec des pendages compris entre 70° et 80° NW, indiquent là aussi des directions de la contrainte σ_1 comprises entre comprises entre N147° et N162° (soit N155° en moyenne) (Figure 14).

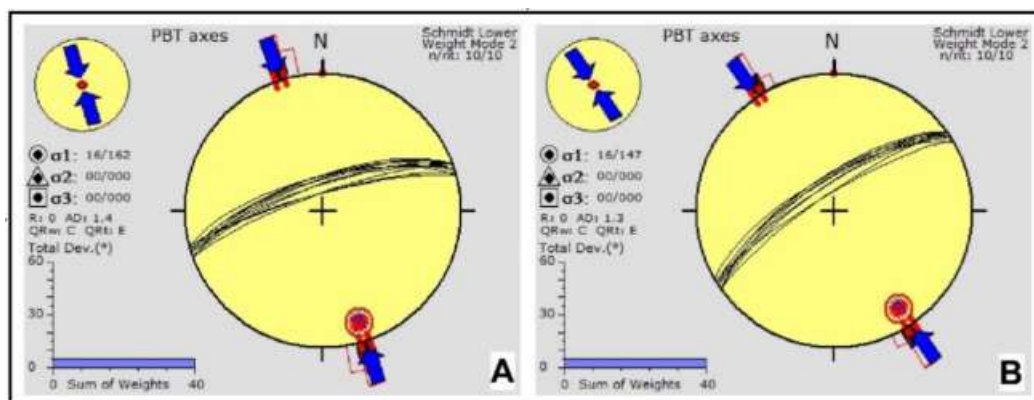


Fig. 14. Résultats du traitement de la population de plans de schistosité syn- à post-lithification des grès de Niamey dans le secteur de Karey Gorou. Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction de compression comprise entre N147° (B) et N162° (A) (soit N155° en moyenne)

4.3.3 ETAT DE PALEOCONSTRAINTES ASSOCIEES À LA PHASE DE DEFORMATION POST-LITHIFICATION

▪ TONDIBIA

Les directions de microfailles décrochantes et de microfractures tardives post-lithification (N135° à N170° et N5° à N20°) indiquent une direction moyenne de la contrainte σ_1 N080° (Figure 15-A).

▪ SECTEUR DE KAREY GOROU

Les directions de microfailles décrochantes et de microfractures post-lithification (N150° à N170° et N0° à N20°) indiquent une direction moyenne de la contrainte σ_1 N080° (Figure 15-B).

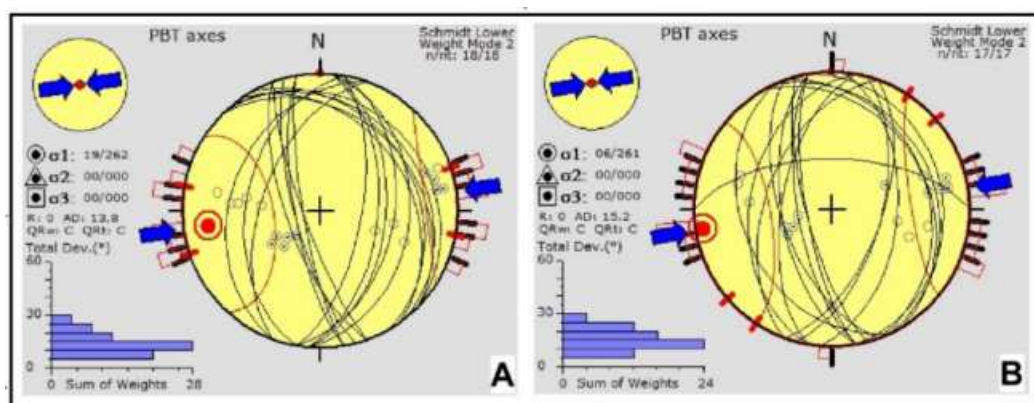


Fig. 15. Résultats du traitement de la population de microfailles et de microfractures post-lithification des grès de Niamey dans les secteurs de Tondibia (A) et de Karey Gorou (B). Les stéréodiagrammes obtenus indiquent une direction moyenne de compression N080° (A et B)

Ainsi, les grès de Niamey sont affectés par 3 types de déformations: syn-lithification, syn- à post-lithification et post-lithification. Les projections stéréographiques des directions de structures associées à ces déformations révèlent que la déformation:

- syn-lithification extensive (première phase de déformation D1) est caractérisée par une direction d'allongement NNW-SSE à N-S;
- syn- à post-lithification compressive est marquée par une direction de raccourcissement NW-SE à NNW-SSE (épisode D2a);
- post-lithification est due à un épisode compressif ENE-WSW (épisode D2b).

5 DISCUSSION SUR LES PRINCIPALES PHASES DE DEFORMATION AFFECTANT LES GRES DE NIAMEY

5.1 PHASE DE DEFORMATION EXTENSIVE ANTE-PANAFRICAIN D1

La première phase de déformation D1, mise en évidence par la présente étude, est caractérisée par une direction d'allongement variant de N160° (NNW-SSE) à N010° (NNE-SSW). L'étude de la fracturation des grès de Karey Gorou, réalisée par [3], a donné un résultat similaire, c'est-à-dire une extension subméridienne (NNW-SSE) comme première phase de déformation. Dans la région de Fergoun au Niger, [5] ont mis en évidence une

phase extensive D1 N140° (NW-SE), presque identique à la direction d'extension d'environ N160° obtenue par la présente étude. Contrairement à ces résultats, aucune phase de déformation extensive n'a été mise en évidence par [27] dans le bassin de Béli au Burkina Faso. Toutefois, le contexte géodynamique ainsi que l'âge de cet épisode extensif font l'objet de débat. Pour [3], cette extension D1 subméridienne serait due à la réactivation des fractures mésoprotérozoïques, qui auraient favorisé la genèse de bassins pendant le Néoprotérozoïque. Ainsi, la genèse des bassins de Taoudenni et des Volta daterait des premiers stades de cette réactivation [3]. Pour [3], cette extension D1 subméridienne serait liée à une étape de fragmentation du Craton Ouest Africain, pour laquelle les veines doléritiques sont datées à $1\,378 \pm 36$ Ma (âge K/Ar [6]. Cet âge évoqué par [3] semblerait peu cohérent selon [5]. Pour ces auteurs, la sédimentation dans les bassins précités aurait commencé vers 1000 Ma avec le dépôt du Supergroupe 1 [29], [35], [10], [2], [18], [27]. Selon [5], la phase extensive D1 obtenue dans la région de Firgoun serait contemporaine de l'ouverture de l'océan néoprotérozoïque, entre 870 et 800 Ma [12]. Par ailleurs, il faut noter que la succession de linéaments caractérisés par des fractures de direction N70° à N80°, qui traversent la plaque africaine de la Guinée au Soudan [20], sont similaires à ceux qui traversent le bassin du Gourma [27]. Ces fractures majeures, associées à un volcanisme profond (dykes et seuils de dolérite), auraient joué plusieurs fois impliquant des épisodes extensifs ultérieurs au Lias moyen et supérieur, au Jurassique supérieur et un épisode compressif intra-Éocène [20]. Ces épisodes extensifs post-néoprotérozoïques seraient liés à l'ouverture de l'Atlantique Sud tandis que l'épisode compressif intra-Éocène résulterait de la collision Afrique-Europe [27]. Il ressort de ces différents travaux que la première phase de déformation extensive D1, vraisemblablement anté-panafricaine serait concomitante de l'ouverture de l'océan néoprotérozoïque qui se serait produite entre 870 et 800 Ma [12].

5.2 PHASE DE DÉFORMATION COMPRESSIVE PANAFRICAINE D2, ÉPISODE D2A

Le premier épisode D2a, mis en évidence dans le secteur d'étude, correspond à une compression de direction NNW-SSE à NW-SE, soit N155° (à Karey Gorou) et N160° (à Tondibia). Antérieurement à la présente étude, [3] ont mis en évidence dans le secteur de Karey Gorou une phase compressive D2 de direction N170° (NNW-SSE) (**Tableau 1**). Ces auteurs ont relié cette phase compressive D2 à la première phase de déformation D1 panafricaine. Dans le bassin de Béli au Burkina Faso, [27] ont obtenu également un résultat similaire (direction de compression N162°) (**Tableau 1**), qu'ils ont relié à la phase de déformation D1 compressive panafricaine. Dans la région de Firgoun, [5] ont désigné par le terme "D2a" le premier épisode de raccourcissement panafricain de direction N120° à N140° (NW-SE) (**Tableau 1**). En fait, dans la région de Firgoun, l'épisode D2a peut être assimilée à la fois aux phases compressives panafricaines D1 (NNW-SSE) et D2 (WNW-ESE) obtenues par [7] et par [4] (**Tableau 1**). Il faut noter que cette direction de raccourcissement N120° à N140° (NW-SE) est aussi comparable à la première phase compressive panafricaine N95° à N125° mise en évidence dans le socle panafricain attenant au bassin de Kandi par [24] et à l'épisode compressif D1a N110° à N140° obtenu par [8] dans le socle panafricain du Sud Maradi. Cet épisode D2a, obtenu par la présente étude, est à l'origine des décrochements et des couloirs de cisaillement semi-ductiles, présentant une schistosité redressée associée à des plis anisopaques sigmoïdes. Ces couloirs de cisaillement sont scellés verticalement par les niveaux gréseux intermédiaires. Cela dénote le caractère syn- à post-lithification de cet épisode D2a, qui serait péné-contemporain d'un des épisodes de l'événement panafricain. Cette hypothèse est corroborée par les travaux de [5] qui ont montré que l'épisode D2a est à l'origine des plis anisopaques synsédimentaires et des plis isopaques post-lithification affectant les grès infracambiens de Firgoun. La schistosité observée dans les couloirs de cisaillement a aussi affecté le socle paléoprotérozoïque sous-jacent. Elle pourrait être interprétée comme une surimposition des déformations panafricaines sur celles du socle paléoprotérozoïque. Cette hypothèse a déjà été proposée par [3] qui ont remarqué que les directions de fractures étudiées dans le secteur de Karey Gorou coïncident avec la plupart des directions de fractures attribuées à l'Éburnéen par [37].

5.3 PHASE DE DÉFORMATION COMPRESSIVE PANAFRICAINE D2, ÉPISODE D2B

Un deuxième épisode D2b compressif de direction N080° en moyenne (ENE-WSW) a été mis en évidence dans le secteur d'étude (à Karey Gorou et à Tondibia). Antérieurement à la présente étude, [3] ont obtenu une phase de raccourcissement de direction N075°, similaire à celle obtenue par la présente étude. Ces auteurs ont relié ce raccourcissement N075° aux phases de déformation D3 et D4 panafricaines. [27] ont mis en évidence 4 épisodes compressifs ENE-WSW (N055°, N065°, N078° et N080°) dans le bassin de Béli qui ont été également reliés aux phases de déformation panafricaines D3 et D4. La direction, N80° en moyenne, de l'épisode D2b est presque identique à celle de la compression obtenue par [24] (N060° à N90°) dans le socle panafricain attenant au bassin de Kandi et à la direction moyenne de raccourcissement E-W mise en évidence par [8] dans le socle panafricain du Sud Maradi. Toutefois, la direction du deuxième épisode compressif D2b de direction N040° (NE-SW), enregistré par [5] dans la région de Firgoun, est bien différente. Elle pourrait être liée au fait que la direction de la compression soit perturbée par les structures chevauchantes et les nappes de charriage, d'orientation NW-SE, qui se seraient mises en place au cours du premier épisode compressif D2a.

Tableau 1. Comparaison des phases de déformations panafricaines ([7], [4]) avec celles décrites dans le secteur d'étude (Tondibia et Karey Gorou). D'après une compilation de données de [3], de [27], de [5] et de la présente étude

	Pharusides et Dahomeyides ([7], [4])	Karey Gorou ([3])	Béli ([27])	Firgoun ([5])	Cette étude
Phases compressives	D3-D4 ENE-WSW	D4 N75° (ENE-WSW)	D2 N55° à N80° (ENE-WSW)	D2b N40° (NE-SW)	D2b N80° (ENE-WSW)
	D2 WNW-ESE	D3 N115° (WNW-ESE)	–	D2a N120° à N140° (NW-SE)	–
	D1 NNW-SSE	D2 N170° (NNW-SSE)	D1 N162° (NNW-SSE)		D2a N140° à N160° (NNW-SSE à NW-SE)
Phases Extensives		D1 N170° (NNW-SSE)		D1 N140° (NW-SE)	D1 N160° à N10 (NNW-SSE à NNE-SSW)

6 CONCLUSION

Les grès de Niamey sont affectés par une tectonique polyphasée, comprenant une première phase de déformation extensive anté-panafricaine (D1) et une deuxième phase de déformation compressive panafricaine comprenant deux épisodes: D2a et D2b. La phase extensive D1, caractérisée par une direction d'allongement variant de N160° (NNW-SSE) à N010° (NNE-SSW), est concomitante de l'ouverture de l'Océan Néoprotérozoïque, datée entre 870 et 800 Ma. Les épisodes compressifs D2a (compression de direction NNW-SSE à NW-SE) et D2b (compression de direction moyenne ENE-WSW) sont d'âge panafricain. En effet, ces épisodes compressifs D2a et D2b coïncident respectivement avec les phases de déformations panafricaines D1 (NNW-SSE) et D2 (WNW-ESE) décrites dans les Pharusides et dans les Dahomeyides.

REFERENCES

- [1] Abdou A., Bonnot H., Bory Kadey D., Chalamet D., Saint Martin M. et Younfa I., 1998. Notice explicative des cartes géologiques du liptako à 1/100 000 et 1/200 000, Ministère des Mines et de la géologie, Rép. Niger 64p.
- [2] Affaton P., 1990. Le Bassin des Volta: une marge passive d'âge protérozoïque supérieur tectonisée au Panafricain (600 ±50 Ma). Éd. ORSTOM, Coll. Etudes et thèses, 2 volumes, 481 p.
- [3] Affaton P., Gaviglio P. et Pharisat A., 2000. Réactivation du Craton ouest-africain au Panafricain: paléocontraintes déduites de la fracturation des grès néoprotérozoïques de Karey Gorou (Niger, Afrique de l'Ouest). C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes / Earth and Planetary Sciences 331 (2000) 609–614.
- [4] Affaton P., Gélard J.P. et Simpara N., 1991. Paléocontraintes enregistrées par la fracturation dans l'unité structurale de l'Atacora à la latitude de Défalé (chaîne panafricaine des Dahomeyides, Togo), C. R. Acad. Sci. Paris, série II 312 (1991) 763–768.
- [5] Alzouma Amadou D., Konaté M. and Ahmed Y., 2020. Geodynamic context of the Proterozoic deposits of the Firgoun region (eastern border of the West African Craton, West Niger). Geological Society, London, Special Publications.
- [6] Ama Salah I., Liegeois J. P. and Pouquet A., 1996. Évolution d'un arc insulaire océanique birimien précoce au Liptako nigérien (Sirba): géologie, géochronologie et géochimie. Journal of African Sciences, Vol. 22, N° 3, pp 235 – 254.
- [7] Ball E., 1980. An example of very consistent brittle deformation over a wide intracontinental area: the late Pan-African fracture system of the Tuareg and Nigerian shield. Tectonophysics, 16, (1980) 363 - 379 p.
- [8] Baraou Idi S., 2018. Contribution à l'étude pétrographique, géochronologique et structurale des formations panafricaines du Sud Maradi (Sud Niger): relations avec les indices aurifères. Mém. Thèse, Univ. Abdou Moumouni Niamey, 99 pages.
- [9] Beauvais A., Ruffet G., Henocque O. and Colin F., 2008. 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.
- [10] Bertrand-Sarfati J., Moussine-Pouchkine A. et Caby R., 1987. Les corrélations du Protérozoïque au Cambrien en Afrique de l'Ouest: nouvelle interprétation géodynamique. Bull Sco Géol Fr III, 1987, 5: 855-865.
- [11] Bessoles B., 1977. Géologie de l'Afrique: Le Craton Ouest Africain. - Mém. BRGM, 88, 402 pages.
- [12] Black R., Caby R., Moussine-Pouchkine A., Bayer R., Bertrand J. M., Boullier A. M., Fabre J. and Lesquer A., 1979. Evidence for late Precambrian plate tectonics in West Africa. Nature, London, 278, 223-227, <https://doi.org/10.1038/278223a0>.
- [13] Delvaux D. and Sperner B., 2003. New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. Geological Society, London, Special Publications, 212, 75-100. 0305-8719/03/\$15.
- [14] Dubois D., 1979. Etude des formations ferrugineuses du bassin des lullemeden (Niger). Thèse de spécialité Univ. Orléans-Niamey, 123.

- [15] Dupuis D., Pons J. et Prost A.E., 1991. Mise en place de plutons et caractérisation de la déformation birimienne au Niger occidental. *Compte Rendus Acad. Sci. Paris*, n° 312 (II), pp 769-776.
- [16] Garba Saley H., Konaté M., Ahmed Y. et Soumaila A., 2017. «Les minéralisations de manganèse du Nord Téra (Liptako, Ouest Niger): origine et conditions de mise en place,» *REV. CAMES* - vol. 5 no. 2, 15p., 2017.
- [17] Garba Saley H., Konaté M., Okunlola O.A., 2024. Petrographic Study of Mn-bearing Gondite (Birimian) of Téra Area in the Leo-Man Shield (West African Craton) in Niger. *Korea Economic and Environmental Geology*, v.57, p.25-39, doi: 10.9719/EEG.2024.57.1.25.
- [18] Gärtner A., Villeneuve M., Linnemann U., Gerdes A., Youbi N., Guillou O. and Rjimati E., 2016. History of the West African Neoproterozoic Ocean: Key to the geotectonic history of circum-Atlantic Peri-Gondwana (Adrar Souttouf Massif, Moroccan Sahara). *Gondwana Res.* 29, 220–233.
- [19] Greigert J., 1966. Description des formations crétacées et tertiaires du Bassin des Iullemeden (Afrique Occidentale). *Pub. Dir. Min. Géol. Niger*, n°2.Mém. B.R.G.M., n°36, 234 p.
- [20] Guiraud R., Issawi B. and Bellion Y. 1985. Les linéaments guinéo-nubiens: un trait structural majeur à l'échelle de la plaque africaine. Note présentée par Aubouin. *J. C. R. Acad. Sci. Paris*, 300, Série II, no. 1.
- [21] Hallarou M.M., Konaté M., Olatunji A.S., Ahmed Y., Ajayi F.F. and Abdul R.M., 2020. Re-Os Ages for the Kourki Porphyry Cu-Mo Deposits, North West Niger (West Africa): Geodynamic Implications. *European Journal of Environment and Earth Sciences*.
- [22] Hamza Mayaki I., Souley H. et Konaté M., 2017. 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*.
- [23] Ibrahim Maharou H. and Konaté M., 2018. Depositional Environments of Niamey Area Proterozoic Deposits (Western Niger). *International Journal of Science and Research (IJSR)*. Volume 7 Issue 7, July 2018.
- [24] 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 de l'Universités de Bourgogne, Lyon I, Aix-Marseille I, Toulouse III. Premier Volume, 312 p.
- [25] Konaté M., Ahmed Y., Gärtner A., Alzouma Amadou D., Ibrahim Maharou H., Tourba K., Hofmann M., Zieger J. and Linnemann U., 2018. U–Pb detrital zircon ages of sediments from the Firgoun and Niamey areas (eastern border of West African Craton, West Niger) *Comptes Rendus. Géoscience* 350, 267–278.
- [26] Machens, E., 1973. Contribution à l'étude des formations du socle cristallin et de la couverture sédimentaire de l'Ouest de la République du Niger. *Editions BRGM (No. 82, 167 p.)*.
- [27] Miningou M.Y.W., Affaton P., Meunier J.D., Blot A. and Nebie A.G., 2017. Establishment of a lithostratigraphic column in the Béli area (Northeastern Burkina Faso, West Africa) based on the occurrence of a glacial triad and a molassic sequences in Neoproterozoic sedimentary Formations. Implications for the Pan-African orogeny. *J. Afr. Earth Sci.* 131, 80–97.
- [28] Ousmane H., Dia Hantchi K., Boubacar Hamidou L., Abdou Ali I. et Konaté M., 2020. 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 Iullemeden). Doi: 10.19044/esj.2020.v16n15p418.
- [29] Reichelt R., 1972. Géologie du Gourma (Afrique occidentale) un « seuil » et un bassin du Précambrien supérieur. *Mémoires Bur. Rech. Geol. Min. Paris* 53, 213 p.
- [30] Soumaila A. et Garba Z., 2006. 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, pp.107-128.
- [31] Soumaila A. et Konaté M., 2005. 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, pp 161-178.
- [32] Soumaila A., 2000. Etude structurale, pétrographique et géochimique de la ceinture de Diagorou-Darbani, Liptako, Niger Occidental (Afrique de l'Ouest). Thèse, Univ. Franche- Comté, 203p.
- [33] Soumaila A., Henry P. et Rossy M., 2004. 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, pp 1137–1147.
- [34] Soumaila A., Henry P., Garba Z. and Rossi M., 2008. 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.
- [35] Trompette R., 1973. Le Précambrien supérieur et le Paléozoïque inférieur de l'Adrar des Mauritanie (bordure occidentale du bassin de Taoudeni, Afrique de l'Ouest). Un exemple de sédimentation de craton. *Etude stratigraphique et sédimentologique*. - *Trav. Lab. Sci. Terre, Marseille (St-Jérôme)*, 1 et 2, 573 p.
- [36] Vicat J.P., Léger J.M., Ahmed Y. et Willems L., 1994. Les indices de déformations plio-quadernaires de la bordure occidentale du bassin des Iullemeden dans la région de Niamey, *Revue de Géographie Alpine (numéro hors-série) I (1994)* 15–24.
- [37] Willems L., Poucllet A., Lenoir F. e Vicat J.P., 1996. Phénomènes karstiques en milieux non carbonatés. Étude de cavités et problématique de leur développement au Niger occidental, *Z. Geomorph. N.F., Suppl. Bd. 103 (1996)* 193–214.