

Caractérisation de la déformation du socle de la zone mobile panafricaine du Sud Maradi, Sud Niger

Idi Souley BARAOU¹, Moussa KONATE^{1*}, Yacouba AHMED¹ et Abdoul Wahab DJIBO MAÏGA²

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

² *Ministère des Mines, Direction de la Recherche Géologique et Minière, BP 11700, Niamey, Niger*

* Correspondance, courriel : konate.moussa@gmail.com

Résumé

Cette étude porte sur la corrélation des formations de socle du Sud Maradi (Sud Niger) avec celles du Nord Nigeria, la détermination des principales phases de déformations et la caractérisation des grandes lignes de l'évolution structurale de cette région. Les résultats de l'analyse pétrostructurale et radiométrique montrent que les phases de déformation panafricaines ont affecté aussi bien les formations paléoprotérozoïques que néoprotérozoïques. L'analyse combinée des données pétrostructurales, géophysiques et cartographiques, soutenue par des datations radiométriques réalisées au cours de cette étude, a abouti à l'élaboration d'une carte inédite de corrélation géologique de cette portion du Bouclier Bénino-Nigérian. Il ressort de cette étude que l'évolution structurale du socle du Sud Maradi est marquée par deux phases de déformation ductiles majeures, l'une éburnéenne à raccourcissement NW-SE et l'autre panafricaine à raccourcissement E-W à NW-SE. Chacune de ces phases est caractérisée par plusieurs épisodes de déformation. Les datations radiométriques réalisées dans le cadre de cette étude indiquent un âge de $(508 \text{ à } 475) \pm 10$ Ma pour le dernier épisode de déformation ductile panafricain. Postérieurement, une phase de déformation cassante, vraisemblablement tardi-panafricaine, a affecté les formations antérieures paléo-néoprotérozoïques.

Mots-clés : *couloir de cisaillement, paléoprotérozoïque, zone mobile panafricaine, Sud Maradi.*

Abstract

Characterization of the deformation of the Pan-African mobile belt basement in Southern Maradi, South Niger

This study focuses on the correlation between the southern Maradi (South Niger) basement formations and those of northern Nigeria, the determination of the main deformation phases and the characterization of the structural evolution of this region. Structural and radiometric analysis results show that Pan-African deformation phases have affected both Paleoproterozoic and Neoproterozoic formations. An integrated approach including petrostructural analysis, geophysical and cartographic correlations, supported by radiometric dating carried out during this study, has made it possible to establish an inedited geological correlation map of the of this part of the Benino-Nigerian Shield. This study shows that the structural evolution of the southern Maradi basement is marked by two major ductile deformation phases, the first one is Eburnian in age with a NW-SE trending shortening and the second Pan-African in age related to an E-W to NW-SE trending

shortening. Each major structuring phase is characterized by several episodes of deformation. The radiometric dating performed in this study have yielded a Pan African age (508 to 475) \pm 10 Ma for the last ductile deformation episode. Afterwards, a late Pan-African brittle deformation phase affected the southern Maradi Paléo-Néoprotérozoïque formations.

Keywords : *shear zone, paleoproterozoic, Pan-African mobile belt, Southern Maradi.*

1. Introduction

Le socle du Sud Maradi représente l'extrémité septentrionale du Bouclier Bénino-Nigérian, appartenant à la zone mobile panafricaine à l'Est du Craton Ouest-Africain [1]. Il est constitué de blocs accrés pendant l'évènement thermo-tectonique panafricain [2 - 4]. Des travaux de recherche [1, 5] sur la documentation géologique concernant le socle du Sud Maradi révèlent qu'il est constitué par un ensemble de gneiss migmatitiques, de schistes et de micaschistes, disposé en bandes d'orientation NE-SW, intrudé par des granitoïdes plus ou moins déformés [6 - 8]. Comparativement au domaine contigu du Nord Nigéria, peu de travaux de recherches géologiques ont été entrepris dans le Sud Maradi. A l'issue des premières investigations, [1] a réalisé la carte géologique du Sud Maradi. Ces premières investigations ont été relayées par des travaux de géophysique aéroportée [5] qui ont abouti à l'élaboration d'une carte pseudo-géologique. Les cartes réalisées présentent des insuffisances relatives au manque de données géochronologiques et à l'absence de corrélation avec les formations géologiques contigües du Nord Nigéria. La présente étude est basée sur une approche multidisciplinaire intégrant des observations de terrain, des données géophysiques aéroportées, soutenues par des datations radiométriques inédites. Elle vise à replacer les principaux ensembles géologiques du Sud Maradi dans leur contexte régional, en établissant leur continuité pétrostructurale avec leurs équivalents du Nord Nigéria. De façon spécifique, il s'agit de :

- déterminer la nature des structures magnétiques révélées par les cartes géophysiques ;
- corréler les formations géologiques du Sud Maradi avec celles du Nord Nigéria ;
- classer les principales phases de déformation en s'appuyant sur les données de datation radiométrique disponibles.

1-1. Contexte géologique

Le socle du Sud-Maradi est en continuité avec celui du Nord Nigéria [5]. Il est caractérisé par la présence de ceintures de roches vertes sur un protolite paléoprotérozoïque [9], constituée de roches gneissiques et granitoïdiques, représentant la première croûte continentale. Vers la fin du Néoprotérozoïque (700 - 500 Ma), le Craton Ouest Africain, le Craton de São Francisco, le Craton du Congo et le Métacraton Saharien [3] convergent et provoquent l'accrétion de blocs crustaux situés entre ces quatre cratons (**Figure 1**), pour former la Chaîne Trans-Saharienne [10 - 15]. Selon [16], cette chaîne Trans-Saharienne est constituée d'un socle pré-néoprotérozoïque, profondément remobilisé pendant l'évènement tectonique panafricain. Le Bouclier Bénino-Nigérian représente la portion sud de cette chaîne néoprotérozoïque Trans-Saharienne [17]. Il est caractérisé par :

- un métamorphisme de haut grade [17 - 19];
- le développement de nappes précoces, reprises par une tectonique transpressive [17];
- la mise en place de plutons de granites syn à post cinématiques, associée à des déformations tangentiellles et transcurrentes [20].

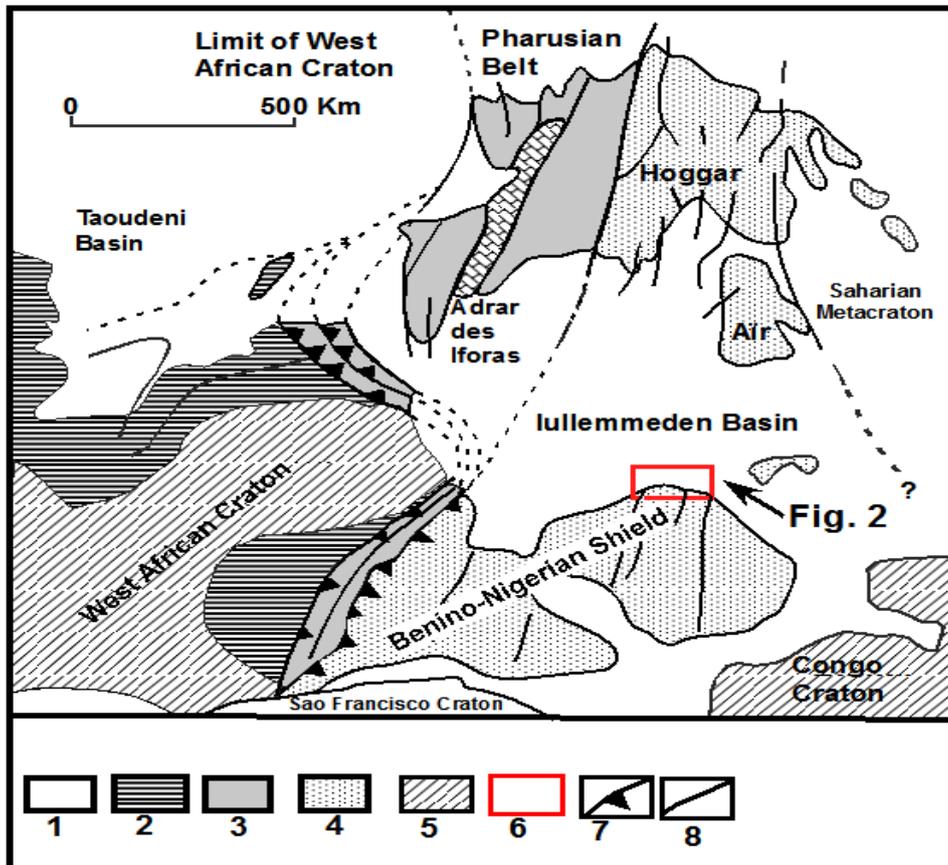


Figure 1 : Localisation du secteur d'étude dans la province panafricaine du Bouclier Bénino-Nigérien [18]
 (1) Formations mésozoïques et cénozoïques, (2) Dépôts de plateforme, (3) Métasédiments et métavolcanites panafricains, (4) Bouclier Nigérien-Air-Hoggar, (5) Craton Ouest Africain et Congolais, (6) Zone d'étude, (7) Zone de Suture, (8) Couloir de cisaillement

2. Méthodologie

La méthodologie mise en œuvre comprend cinq étapes principales :

- (1) La première étape a consisté à extraire les linéaments à partir de la carte magnétique (**Figure 2A**) [5]. Il apparaît ainsi que l'intensité du champ magnétique total montre que les fortes valeurs (couleur rose) correspondent aux granites panafricains alors que les plus faibles (couleur bleue) représentent les schistes [21]. Il apparaît aussi que les couloirs de cisaillement ductiles majeurs forment un faisceau d'orientation NE-SW, décalé en sénestre par un cisaillement subméridien (**Figure 2A et 2B**). L'observation de la carte géomagnétique montre également qu'un système de fracturation postérieur d'orientation NW-SE affecte la région.

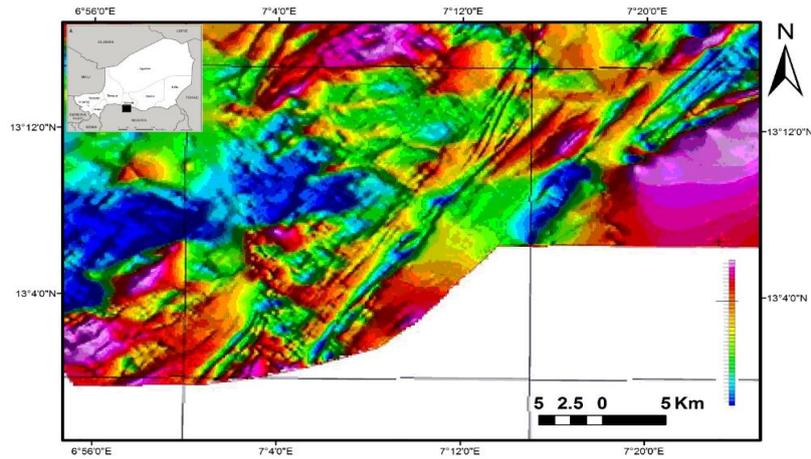


Figure 2A : Carte du champ magnétique total du Sud Maradi au 1/200 000^{ème} [9]. La palette des couleurs montre la variation de l'intensité du champ magnétique de la plus faible (bleu) à la plus forte (rose).

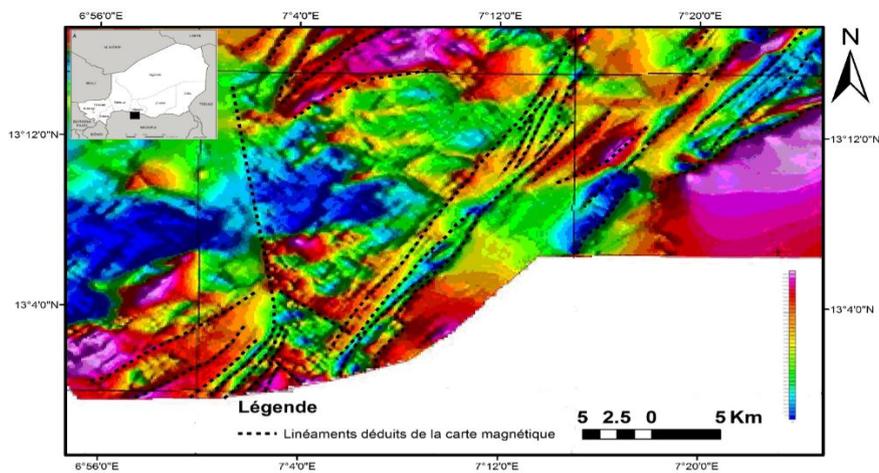


Figure 2B : Interprétation structurale de la carte du champ magnétique total du sud Maradi au 1/200 000^{ème}

- (2) Les unités géologiques cartographiées dans le Sud Maradi [1] (**Figure 3**) ont été corrélées ensuite avec les grands ensembles géologiques du Nord Nigéria.

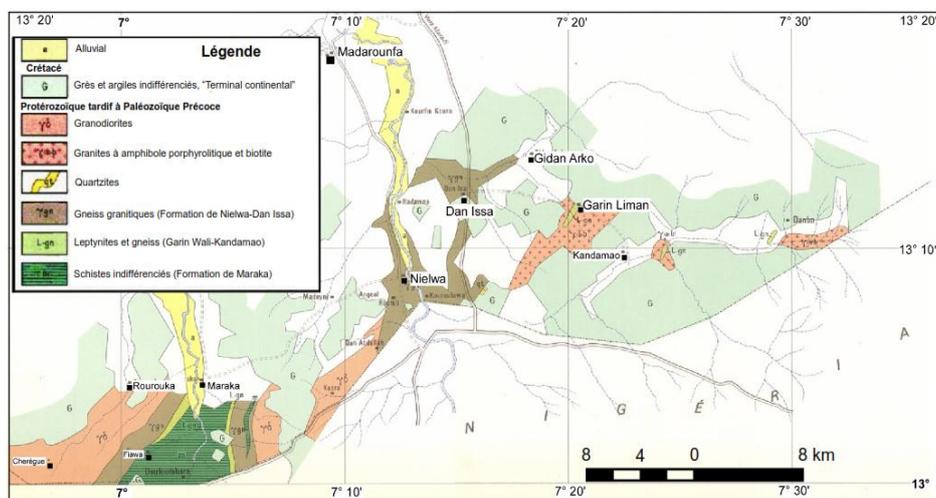


Figure 3 : Carte géologique du Sud Maradi [1]

- (3) Des travaux de lever géologique, couplés à la carte géophysique des structures majeures (**Figure 2B**), ont permis de modifier puis de compléter la carte de la figure 3 [1]. Cette démarche a permis de réaliser la carte de la figure 4, puis de faire une coupe géologique (**Figure 5**).
- (4) La quatrième étape a consisté en une analyse microtectonique, sur le terrain et au laboratoire ce qui a permis de déterminer les différentes phases de déformation.
- (5) Les échantillons de roches prélevés ont fait l'objet de datations radiométriques au laboratoire Aclabs du Canada.

3. Résultats et discussion

Les déformations du socle du Sud Maradi avaient été classiquement interprétés dans un contexte de tectonique cassante [1]. L'existence de structures de déformations ductiles a été révélée pour la première fois lors des travaux de géophysique aéroportée [5]. Une telle démarche ne permet pas de caractériser les structures de déformation aussi bien ductiles que cassantes ni de préciser la succession des événements tectoniques dans le temps. Pour pallier ces insuffisances, une approche de géologie de terrain a permis de soutenir des corrélations.

3-1. Corrélations géologiques

Les cartes géomagnétiques sont bien connues pour leur importance dans l'interprétation des structures linéaires générées par des contacts tectoniques [22]. La figure 6 représente la carte pseudo-géologique obtenue à partir de l'interprétation des résultats des levés géophysiques aéroportés Mag/Spectro et Mag/EM [5]. Cette carte pseudo-géologique met en évidence des structures de déformation ductiles (schistosité/foliation, couloir de cisaillement ductile) et cassantes (plans de fractures). Les principales structures et les unités lithostratigraphiques du Sud Maradi ont été corrélées avec celles du Nord Nigéria. A l'issue de ces corrélations, des corrections ont été apportées à la carte de la figure 3 [1]. Toutes les formations géologiques du Sud Maradi, classiquement cartographiées comme étant d'âge néoproterozoïque à paléozoïque (**Figure 3**, [1]), sont en réalité en continuité avec celles du Nord Nigéria d'âge paléo-néoproterozoïque à cambrien. En accord avec [5], les observations de terrain montrent que certaines structures tectoniques répertoriées comme étant cassantes [1] se sont révélées être plutôt ductiles.

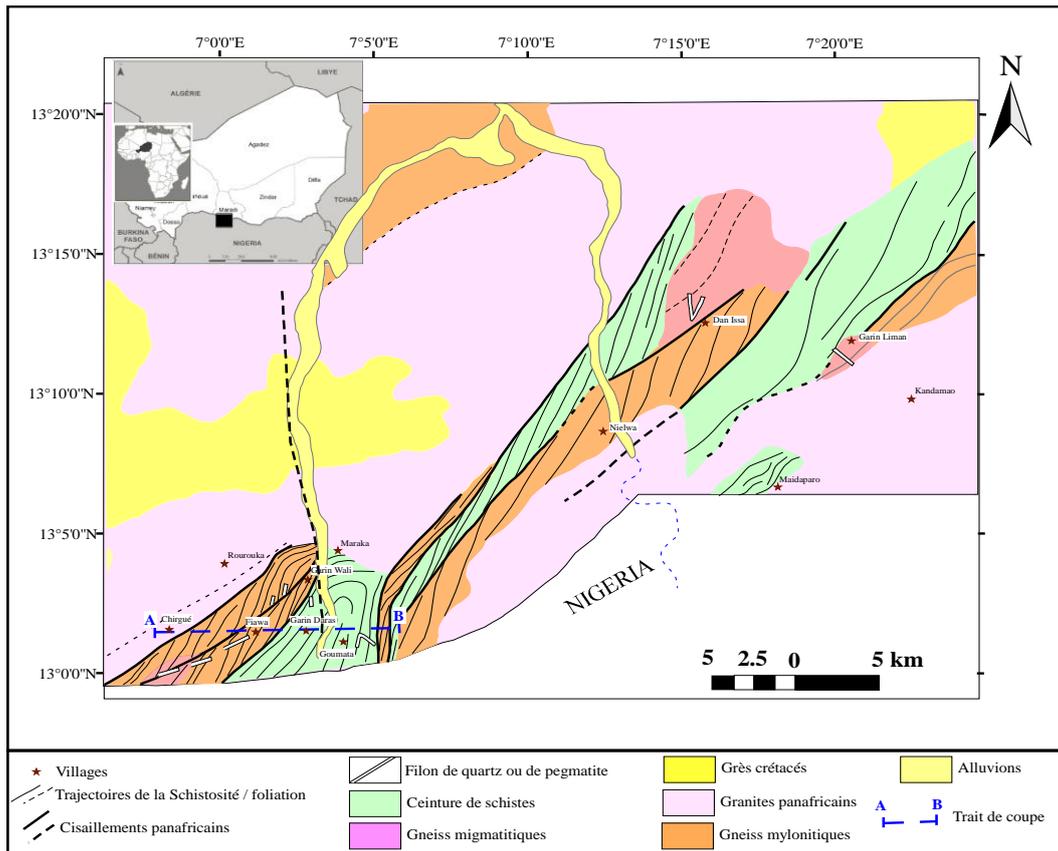


Figure 4 : Carte géologique du sud Maradi compilée à partir des données géophysiques [5], cartographiques [1], de forage et de terrain

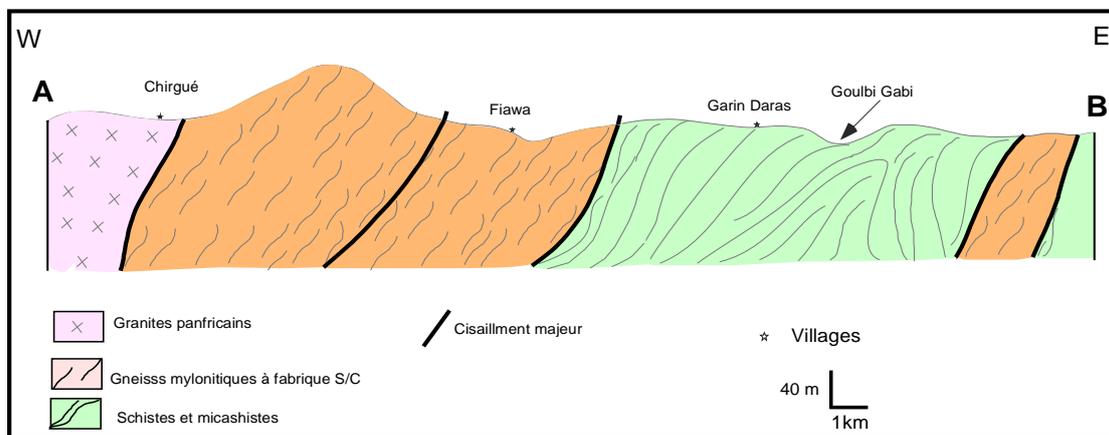


Figure 5 : Coupe géologique A-B (W-E) réalisée dans la partie Sud du secteur d'étude (voir la localisation du trait de coupe sur la figure 4)

Malgré la mauvaise qualité des affleurements dans le Sud Maradi, la continuité structurale des formations géologiques peut être déduite des cartes du champ magnétique total [9] (Figures. 2A et 2B). L'exploitation des données magnétiques permet une meilleure interprétation des structures tectoniques (Figures 4 et 5). Ainsi, les zones de cisaillement d'orientation NE-SW et N-S, peu perceptibles sur la carte géologique du Sud Maradi (Figure 3 [1]), ont été mises en évidence par les observations de terrain et par l'exploitation des cartes d'interprétation magnétique (Figure 6).

L'analyse des **Figures 4 et 5** montre que les zones de cisaillement affectent de larges bandes associées à un épisode tardi-panafricain, lié à la mise en place de granites néoprotérozoïques [13].

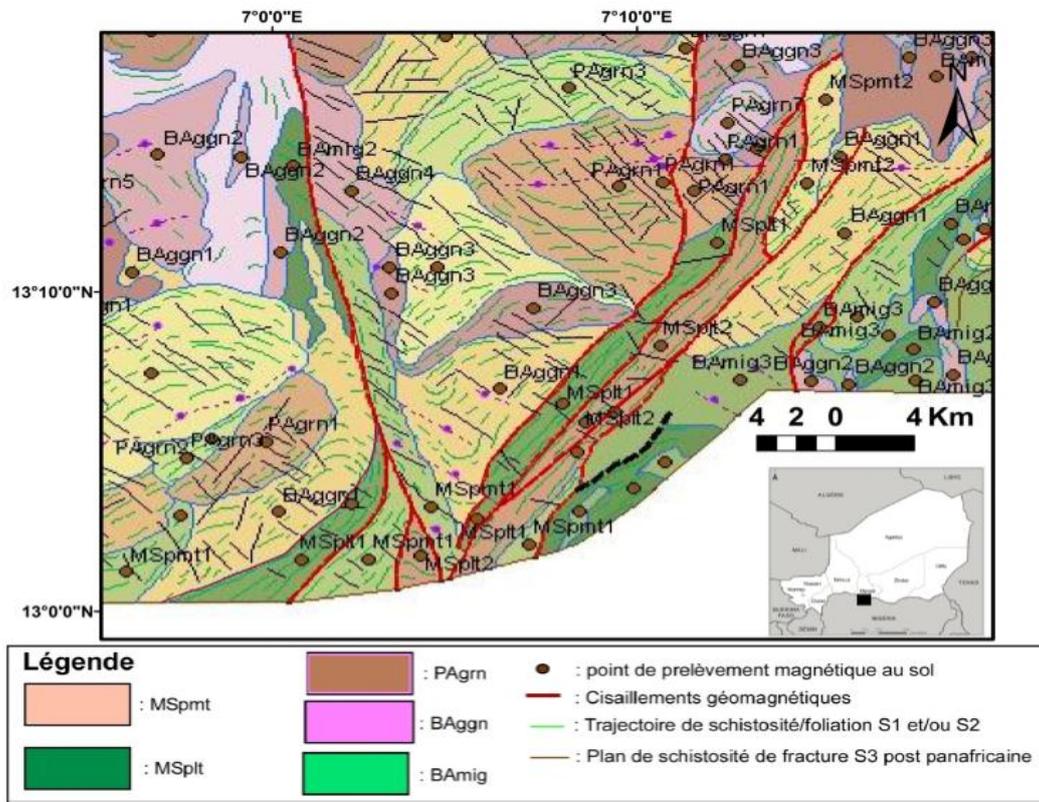


Figure 6 : Carte d'interprétation magnétique (pseudo-géologique) montrant les linéaments magnétiques extraits et les différentes unités géologiques majeures [5]. *BAmig* : gneiss migmatitiques ; *BAGgn* : gneiss granitiques ; *PAgrn* : granites panafricains ; *MSplt* : schistes pélitiques ; *MSpmt* : gneiss psammitiques à quartzites

L'exploitation des données géophysiques aéroportées [5], en accord avec les travaux réalisés au Nord Nigéria [13], permet de proposer une carte de corrélations géologiques entre les formations de socle du Sud Maradi avec celles du Nord Nigéria (**Figure 7**). Il ressort de cette corrélation que dans le Sud Maradi, tout comme dans la partie Nord-Ouest du Nigéria, trois grandes unités lithostratigraphiques peuvent être distinguées. Il s'agit (**Figure 7**):

- (1) Du complexe gneissique et migmatitique (*BAGgn* et *BAmig*, **Figure 6**) de Garin Wali [5] correspondant au "*Migmatite-Gneiss Complex*" du Nord Nigéria [23]. Un âge de 2700 Ma à 2000 Ma est attribué à ce complexe migmatitique et gneissique correspondant à un substratum plus ancien, formant des blocs de croûte continentale paléoprotérozoïques. A l'instar de leurs équivalents du Nord Nigéria, la datation des roches du complexe gneissique migmatitique permettra de préciser leur âge.
- (2) Des chaînes de schistes du Sud Maradi. La chaîne de schistes de Maraka (*MSpmt*, **Figure 6**) est en continuité avec les "*Schist Belt*" de Wonaka (Nord Nigéria). Ces derniers représenteraient un ancien bassin Pan-Africain [14].
- (3) Des granitoïdes panafricains (*PAgrn*, **Figure 6**) de Chirgué ainsi que des gneiss mylonitiques de Nielwa-Dan Issa (**Figures 4 et 7**), qui sont en continuité avec les "*Older granites*" du Nigéria [1, 5, 24].

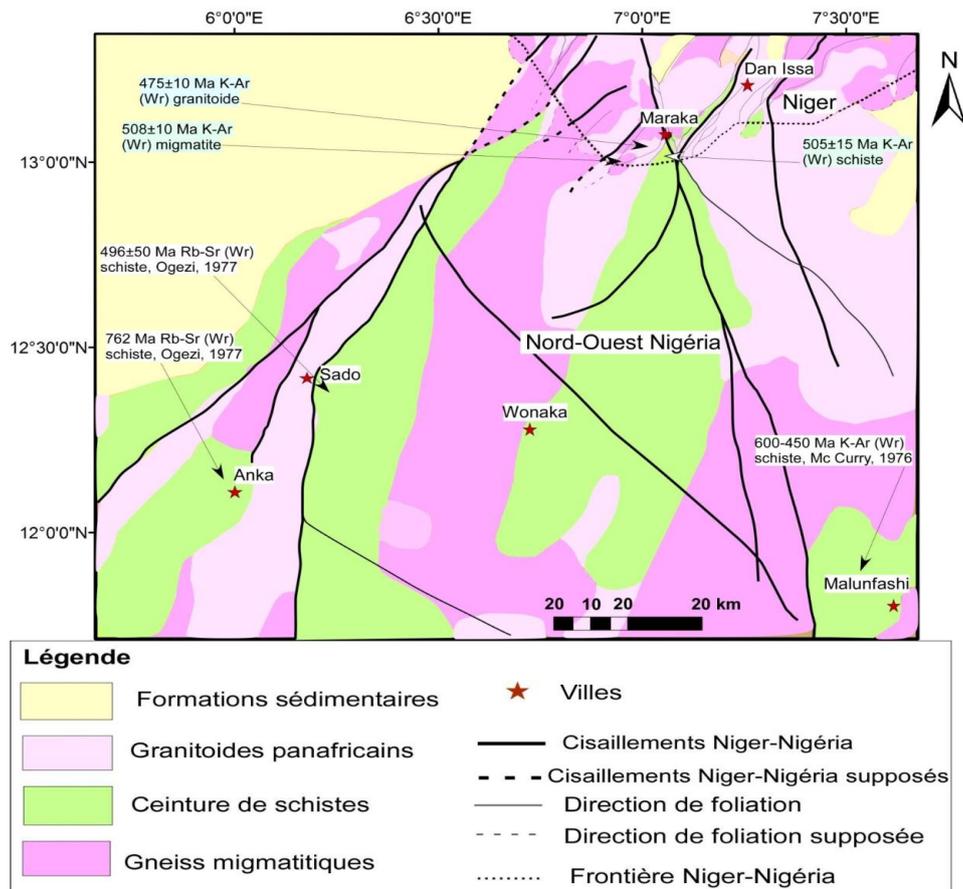


Figure 7 : Carte de corrélation géologique synthétique du bouclier Nigérien montrant la continuité entre les formations de socle du Sud Maradi et celles du Nord-ouest du Nigéria (D'après les cartes modifiées et complétées : [1, 5, 10, 24])

3-1-1. Complexe gneissique et migmatique (BAGN et BAmig)

Le Complexe gneissique migmatitique est caractérisé par une texture magnétique onduleuse à sub-linéaire [5] soulignant un contact irrégulier (**Figure 2**) avec les granitoïdes panafricains (**Figure 7**). La forte intensité magnétique ainsi que la texture onduleuse permettent d'interpréter la profondeur d'enracinement de ces migmatites. Les roches du Complexe gneissique migmatitique correspondent à un protolite quartzo-felspathique paléoprotérozoïque qui a été remanié au cours de l'événement panafricain, comme l'atteste les âges radiométriques obtenues sur roche totale par la méthode K/Ar. En effet les âges des dernières déformations ductiles ayant affecté les roches de ce complexe sont de 475 ± 10 Ma pour le gneiss de Garin Wali et de 508 ± 10 Ma pour le gneiss de Chirgué. Le Complexe gneissique migmatitique est intercalé de schistes méta-volcano-sédimentaires. Il est intrudé par des granitoïdes panafricains. Les roches affleurantes du complexe gneissique migmatitique présentent de nombreuses enclaves de type restites (ou biotitites) et des plis anisopaques montrant des indices de début de fusion partielle (**Figure 8A et 8B**). Ces observations sont en accord avec celles réalisées dans le secteur d'Iworoko et Afao [25], où des structures de déformation du niveau structural inférieur notamment des cisaillements ductiles affectant des foliations et des plis disharmoniques ont été mises en évidence [25]. Le métamorphisme serait de type "amphibolite facies" [24]. Toutefois, la présence de gneiss migmatitiques dans ces deux régions (Sud Maradi et Nord Nigéria) implique un métamorphisme de plus haut grade pouvant atteindre le faciès granulite.

3-1-2. Chaînes de schistes métasédimentaires (MSpmt et MSplt)

Les chaînes de schistes méta-sédimentaires (MSpmt, **Figure 6**) montrent une texture linéaire associée à de larges zones de cisaillement avec une forte intensité magnétique proche de celle des schistes pélitiques (MSplt, **Figure 6**) et des quartzoschistes. Il faut noter que dans le Sud Maradi, les formations de types quartzites rubanés ferrugineux (BIF), décrites au Nord Nigéria, n'ont pas été observées. A l'affleurement, les schistes, de couleur grisâtre, renferment des paillettes de séricite, biotite, muscovite. La schistosité/foliation subverticale a une orientation moyenne N20° à N50°. Localement, ces schistes à exsudats de quartz sont replissés avec les granites intrusifs (**Figure 4**). Dans le Nord-ouest Nigéria, la ceinture de schistes, "Schist belt", d'orientation NNE, serait une couverture néoproterozoïque, déformée et métamorphisée dans le "green schist facies" [24].

3-1-3. Granites panafricains (PAgrn)

Les granites panafricains "Older Granites" ont été différenciés sur la base de leurs textures magnétiques sub-linéaire (plus ou moins déformé) et l'intensité du champ magnétique qu'ils créent, ce qui dénote leur caractère syn à post tectonique [5]. A l'affleurement, ils sont représentés par des orthogneiss, à injection d'aplite et/ou de pegmatite, présentant une foliation mylonitique globalement orientée N25° (**Figure 9**). Les granitoïdes panafricains du Nord Nigéria, d'âge 750 à 450 Ma [14], sont représentés par des plutons de tonalite, granodiorite, diorite, syénite et de charnokite généralement syn à post tectoniques [24].

3-2. Principales phases de déformation

L'étude structurale des formations de socle du Sud Maradi montre que les déformations s'intègrent dans un champ de contraintes régional, associé au fonctionnement de grands couloirs cisailants d'orientation moyenne NE-SW et N-S. L'analyse de la déformation met en évidence l'existence d'au moins deux phases majeures de déformations ductiles notées D1, D2 et d'une troisième phase de déformation cassante D3.

3-2-1. Phase D1 de déformation paléoproterozoïque

Les corrélations cartographiques et pétrostructurales des gneiss migmatitiques paléoproterozoïques du Nord Nigéria avec les gneiss migmatitiques du Sud Maradi permettent d'attribuer un âge paléoproterozoïque à ces terrains équivalents du Sud Maradi. Dans le domaine nigérian, l'une des caractéristiques des formations archéennes est la présence de TTG (tonalite-trondjemite-granodiorite) gneissifié et d'amphibolites [13]. L'absence de telles occurrences dans le Sud Maradi ne permet pas d'attribuer un âge archéen aux formations gneissiques migmatitiques. La première phase de déformation essentiellement ductile, notée D1 est marquée par trois épisodes D1a, D1b et D1c. L'épisode D1a est associé à la mise en place des gneiss migmatitiques. Il est caractérisé par des plis anisopaques d'écoulement affectés par des cisaillements ductiles (**Figure 8A**). La forte dispersion des axes de plis dénote la ductilité élevée du matériel. Dans les terrains paléoproterozoïques du Nigéria des foliations S1 déformées en plis asymétriques et anisopaques d'écoulement ont été mises en évidence [25]. Dans la région de Bode Saadu au Sud-Ouest du Nigéria, [26] a mis en évidence dans les gneiss migmatitiques une foliation S1 défini par l'orientation des minéraux et par l'alternance de bandes sombres mafiques et de bandes claires de type felsique. Dans les gneiss migmatitiques du Sud Maradi, le plissement semble être contemporain du phénomène d'anatexie, comme en témoigne la présence de paléosome (gneiss) et de néosome (granite) déformés (**Figure 8A**). Dans les gneiss où les parties gneissiques des migmatites, les lits quartzo-feldspathiques sont repris par des cisaillements ductiles. Localement, la présence de mélanosome (biotites) dans ces gneiss migmatiques implique que les conditions de fusion partielle sont atteintes (**Figure 8B**). Selon [19], l'abondance de leucosomes et de leptynites dans les formations du Nord Nigeria suggère que l'anatexie résulte d'une fusion par déshydratation.

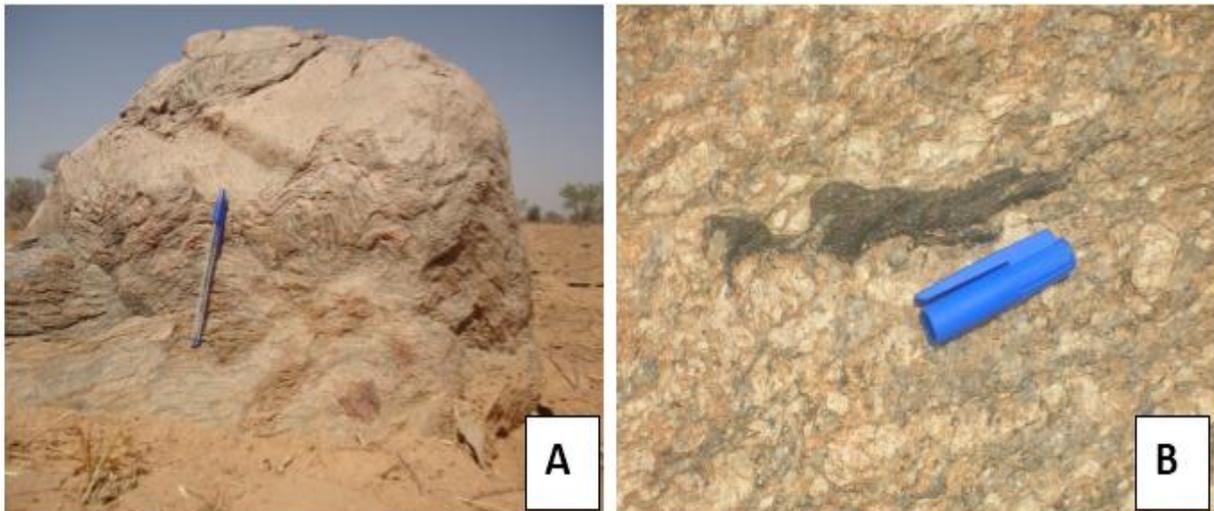


Figure 8 : *Gneiss migmatitiques affectés par la phase D1a. En (A)- plis anisopaques d'écoulement, en (B)- mélanosome (biotites)*

L'épisode D1b est caractérisé par une foliation régulière S1 d'orientation $N20^{\circ}$ à $N50^{\circ}$, fortement redressée, en relation avec une déformation ductile coaxiale par aplatissement pur. Cette déformation, associée à la formation de gneiss rubanés, a été reliée à une direction moyenne de raccourcissement $N110^{\circ}$ (**Figure 9**).

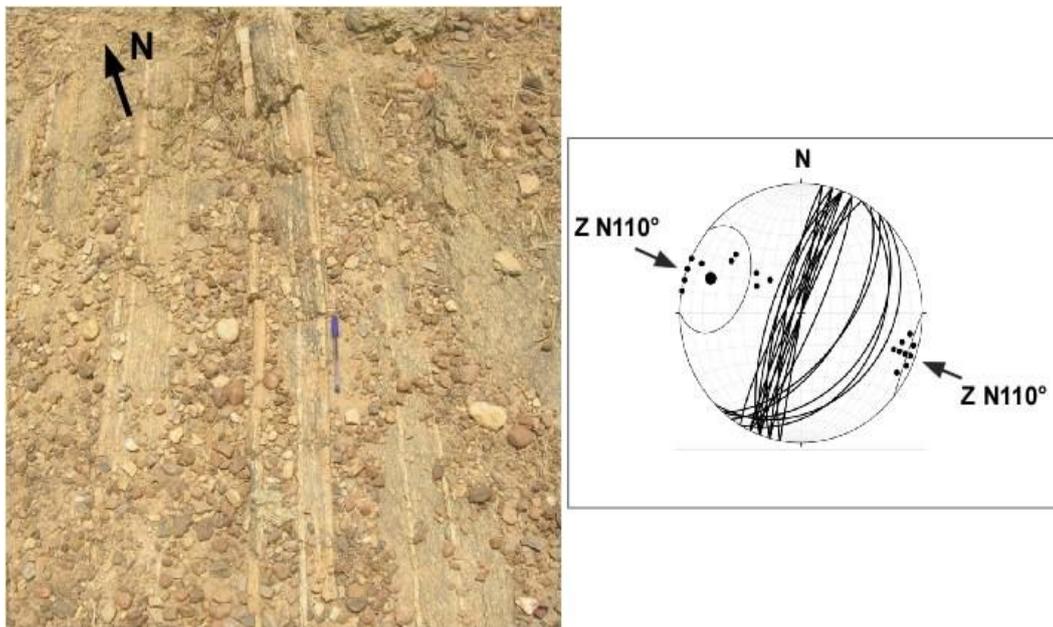


Figure 9 : *Foliation S1 par aplatissement pur d'orientation $N20^{\circ}$ à $N45^{\circ}$ dans un gneiss panafricain. La direction moyenne de raccourcissement est $N110^{\circ}$ (D1b)*

L'épisode D1c correspond à une période de mylonitisation à fabrique S/C. Il est caractérisé par une déformation semi-ductile par cisaillement simple (**Figure 10**). La plupart des terrains (granitoides, filons de quartz et schistes) sont à des degrés divers affectés par cet épisode de mylonitisation. Cette déformation mylonitique semi-ductile est liée à une direction moyenne de raccourcissement globalement E-W. Elle a été également décrite dans les gneiss pegmatitiques du Nord Nigéria [24, 27].

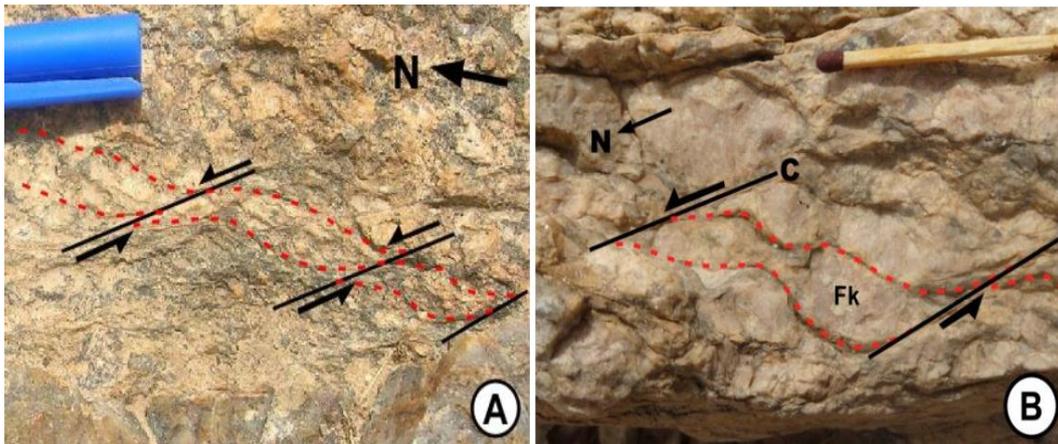


Figure 10 : Période de déformation reliée à l'épisode D1c. A et B : deux exemples de gneiss mylonitique à fabrique sigmoïde senestre

3-2-2. Phase D2 de déformation panafricaine (Néoprotérozoïque à Cambrien)

La phase D2 a été identifiée dans les schistes et dans les granitoïdes en continuité avec les terrains panafricains du Nord Nigeria (Schistes de Wonaka et Granite de Kastina). Pour expliquer ces déformations suivies de métamorphisme, une orogénèse de type collision a été suggérée [28, 29], impliquant la formation d'une zone de subduction [24]. L'épaississement crustal résultant de cette collision a été daté au Nigéria à $(600 \pm 150 \text{ Ma})$ [30]. Le modèle de tectonique transpressive et d'accrétion de terranes proposé par [12] pour le Hoggar peut être appliqué au Bouclier Bénino-nigérian. L'analyse microtectonique met en évidence deux épisodes de déformation compressive panafricaine : D2a et D2b. La même observation a été faite par [15] dans la ceinture des "Schistes d'Igarra", plus au Sud. L'épisode D2a ductile, est caractérisé par une schistosité/foliation S2 d'orientation variable N30° à N50°, associée à une déformation coaxiale par aplatissement pur (**Figure 11**), dans les conditions du faciès schistes verts. Toutefois, le faciès du métamorphisme varie selon les régions du faciès schiste vert au faciès amphibolite [15]. Les niveaux à quartz ou à feldspath dominants sont boudinés et étirés de façon symétrique. La foliation, associée à des plis isoclinaux, est compatible avec un raccourcissement Est-Ouest.

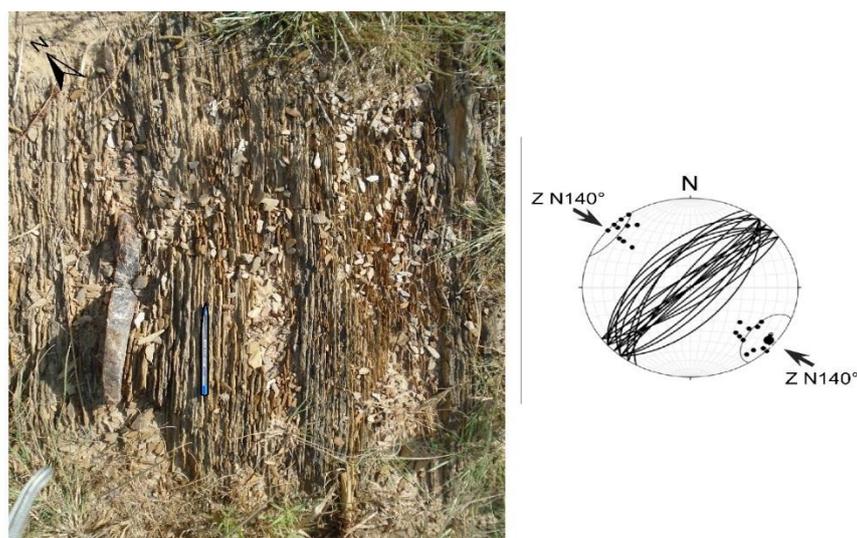


Figure 11 : Schistosité S2 par aplatissement pur d'orientation N50°. La direction de raccourcissement est N140° dans les schistes observés à Garin Darass

Un tel épisode de déformation (D2a), marqué par une schistosité/foliation d'orientation NE-SW, a été décrit dans la ceinture de schistes d'Anka et Wonaka du Nord Nigéria [24]. Des âges variant de 516 ± 20 Ma à 496 ± 50 Ma lui ont été attribués [31]. L'épisode D2b est responsable d'une foliation mylonitique montrant une fabrique S/C le plus souvent dextre. Il est associé à une fabrique sigmoïde dextre des cristaux du quartz autour des yeux quartzo-feldspathiques (**Figure 10A**). Cette géométrie sigmoïde est compatible avec un raccourcissement E-W à NW-SE (**Figure 10B**). Les datations réalisées par la méthode K-Ar (par Aclabs Canada) sur la roche totale ont permis de dater ce dernier épisode de déformation panafricaine. Ainsi les âges radiométriques suivants ont été obtenus : 505 ± 15 Ma pour les schistes de Maraka, 475 ± 10 Ma pour les gneiss de Garin Wali et 508 ± 10 Ma pour le gneiss de Chirgué.

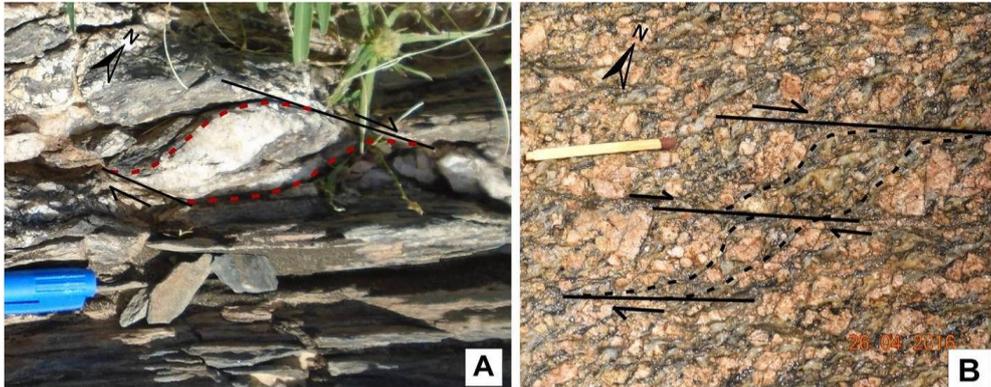


Figure 12 : Schistosité/foliation mylonitique associée à l'épisode D2b montrant une fabrique S/C. Aussi bien en A qu'en B la fabrique S/C met en évidence un jeu dextre. En B les plans S sont soulignés par des recristallisations synchronématiques de quartz

3-2-3. Phase de déformation cassante tardi-panafricaine

La phase D3 essentiellement cassante, est caractérisée par deux épisodes de schistosité de fracture (D3a et D3b). L'épisode D3a est caractérisé par une schistosité S3 de type "fracture cleavage" sub-verticale, d'orientation $N80^\circ$ à $N120^\circ$. Cette schistosité S3 est bien marquée dans les schistes de Maraka (**Figures 11 et 13**). Elle est décalée en dextre par la schistosité S4 de "strain-slip" (**Figure 13**), faiblement inclinée, de direction $N40^\circ$, reliée à l'épisode D3b. Ce dernier épisode D3b affecte toutes les structures antérieures.

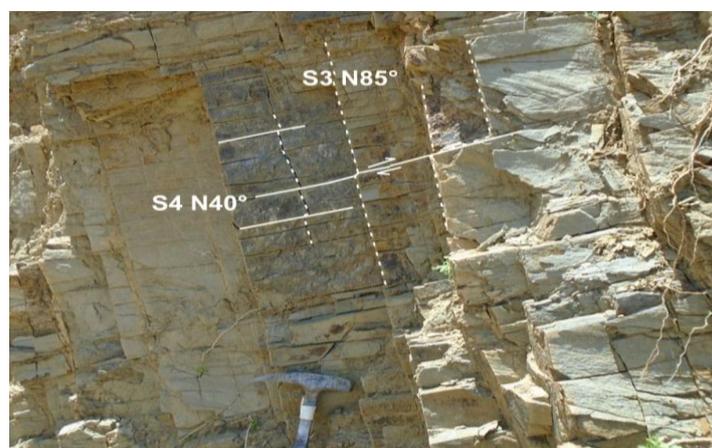


Figure 13 : Schistosité de fracture S3 de type "fracture cleavage", subverticale, d'orientation $N80^\circ$ à $N100^\circ$, décalée en dextre par une autre schistosité S4 de type "strain-slip" faiblement inclinée, d'orientation $N40^\circ$

L'âge de cette dernière phase de déformation cassante n'est pas encore établi. En effet, la période 650-500 Ma serait caractérisée par la mise en place d'un volcanisme alcalin à calco-alcalin post-tectonique, associé à une déformation cassante, représentant l'ultime manifestation de l'orogénèse panafricaine [32]. Cette déformation cassante est marquée aussi bien au Hoggar qu'au Nigeria par un système conjugué de décrochements NE-SW dextre et NW-SE sénestre, correspondant à un raccourcissement globalement d'orientation E-W. Elle correspondrait au dernier épisode tectonique de l'orogénèse panafricaine à l'échelle continentale [32].

4. Conclusion

Les corrélations géologiques effectuées au cours de cette étude montrent la continuité entre les principales formations et les structures géologiques du Sud Maradi avec celles du Nord Nigéria. A l'instar des études réalisées dans le du Nord Nigéria, l'analyse structurale des formations de socle du Sud Maradi met en évidence l'existence de deux phases majeures de déformations ductiles : l'une éburnéenne et l'autre panafricaine. La phase éburnéenne D1 ductile, liée au raccourcissement général NW-SE, est responsable du développement d'une schistosité/foliation d'orientation moyenne N30° à N50°. Cette dernière est affectée par un épisode de mylonitisation lié au fonctionnement de grands couloirs cisailants d'orientation N50°, qui serait associé à la mise en place des granitoïdes. La phase panafricaine D2, ductile à semi-ductile est marquée par une schistosité/foliation par aplatissement pur d'orientation N20° à N50°, fortement redressée. Cette schistosité/foliation a été reliée à une direction moyenne de raccourcissement E-W à NW-SE, reprise par un dernier épisode de mylonitisation dextre. Les datations radiométriques réalisées au cours de cette étude confirme l'âge tardi panafricain de ce dernier épisode de déformation semi ductile (506 à 475 Ma). En outre, une phase D3, essentiellement cassante, vraisemblablement tardi-panafricaine, postérieure aux précédentes, a affecté toutes les formations paléoprotérozoïques et néoprotérozoïques. Elle est marquée par deux épisodes de schistosité de fracture N85° à N120° et N40°.

Références

- [1] - R. MIGNON, Etude géologique et prospection du Damagaram Mounio et du Sud Maradi, (1970) 46 - 51 p. et 54
- [2] - W. Q. KENNEDY, The structural differentiation of Africa in The Pan-African (500 m.y.) *Tectonic Episode*. - Res. Inst. Afr. Geol., 8th Ann. rep., Univ. LeEds, (1964) 48 - 49 p.
- [3] - M. G. ABDEL SALAM, J. P. LIÉGEOIS and R. J. STERN, Review: *The Saharian Métacraton*. *Journal of African Earth Science*, (2002) 119 - 135 p.
- [4] - O. NOUAR, B. HENRY, J.P. LIEGEOIS, M.E.M. DERDER, B. BAYOU, O. BRUGUIER, A. OUBADI, M. AMENNA, A. HEMMI and M. AYACHE, Eburnean and Pan-African granitoids and the Raghane mega-shear zone evolution: Image analysis, U-Pb zircon age and AMS study in the Arokam Tenere (Tuareg shield, Algeria). *Journal of African Earth Sciences*, 60 (2011) 133 - 152 p.
- [5] - PRDSM, Projet de géophysique aéroportée dans le secteur Sud Maradi, (2005) 55 p.
- [6] - J. K. OGUNMOLA, E. N. GAJERE, E. A. AYOLABI, S. B. OLOBANIYI, D. N. JEB and I. J. AGENE, Structural study of Wamba and Environs, north-central Nigeria using aeromagnetic data and Nigeria Sat-X image. *Journal of African Earth Sciences*, 111 (2015) 307 - 321 p.
- [7] - A. ADETUNJI, V. O. OLAREWAJU, O. O. OCAN, V. Y. GANEY and L. MACHEVA, Geochemistry and U-Pb zircon geochronology of the pegmatites in Ede area, southwestern Nigeria: A newly discovered oldest Pan African rock in southwestern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, 115 (2016) 177 - 190 p.

- [8] - B. ADEOTI and C. T. OKONKWO, Structural evolution of Iwaraja shear zone, southwestern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, 131 (2017) 117 - 127 p.
- [9] - N. K. GRANT, Geochronology of Precambrian basement rocks from Ibadan, southwestern Nigeria. *Earth planetary science letters*, 10 (1970) 29 - 38 p.
- [10] - R. CABY, Precambrian terranes of Benin- Nigeria and Northeast Brazil and the late Proterozoic south Atlantic fit. *Geol. Soc. Am. Special Pap.*, 230 (1989) 145 - 158 p.
- [11] - R. CABY, Terrane assembly and géodynamic evolution of central-western Hoggar, a 730 Macratonic block in the panafrican belt of the northern African Continent. *Precambrien research*, Vol. 36, (2003) 335 - 344 p.
- [12] - R. BLACK, L. LATOUCHE, J-P. LIEGEOIS and R. CABY, J. M. BERTRAND, Pan-African displaced terranes in the Tuareg shield (central Sahara). *Geology* 22, (1994) 641 - 644 p.
- [13] - E. FERRÉ, G. GLEIZES and R. CABY, Obliquely convergent tectonics and granite emplacement in the Trans-Saharan belt of Eastern Nigeria : a synthesis. *Precambrian research*, 114 (2002) 199 - 219 p.
- [14] - C.T. OKONKWO and V. Y. GANEY, Geochemistry and geochronology of orthogneisses in Bode Saadu area, southwestern Nigeria and their implications for the Palaeoproterozoic evolution of the area. *Journal of African Earth Sciences*, 109 (2015) 131 - 142 p.
- [15] - E. UDINMWEN and M. I. ODEN, Strain analysis and tectonite classification using polymictic metaconglomerates in the Igarra schist belt, southwestern Nigeria. *Arab J Geosci*, 9, 534 (2016) 1 - 11 p.
- [16] - A. KONER and R.J. STERN, *Pan African orogeny*. In : Selley, R.C., Cocks, L.R.M., Plimer, R.I. (Eds.), *Encycl. Geol.* 1, (2005) 1 - 12 p.
- [17] - C. CASTAING, C. TRIBOULET, J. L. FEYBESSE and P. CHEVREMONT, Tectonometamorphic evolution of Ghana, Togo and Benin in the light of the Pan-African/Brasiliano orogeny. *Tectonophysics*, 218 (1993) 323 - 342
- [18] - R. BLACK and J-P. LIEGEOIS, Cratons, mobile belts, alkaline rocks and continental lithospheric mantle: the Pan-African testimony. *J. Geol. Soc. Lond.*, 150 (1993) 89 - 98 p.
- [19] - E. FERRE and R. CABY, Granulite facies metamorphism and charnockite plutonism: examples from the Neoproterozoic Belt of northern Nigeria. *Proc. Geol. Assoc.*, 118 (2006) 1 - 8 p.
- [20] - S. P. NEVES, J. M. R. DA SILVA and O. BRUGUIER, Geometry, kinematics and geochronology of the Sertania Complex (central Borborema Province, NE Brazil) : Assessing the role of accretionary versus intraplate processes during West Gondwana assembly. *Precambrian research*, 298 (2017) 552 - 571
- [21] - S. ZERROUK, A. BENDAOU, M. HAMOUDI, J.-P. LIEGEOIS, H. BOUBEKRI and R. B. EL HAZNADJI, Mapping and discriminating the Pan-African granitoids in the Hoggar (southern Algeria) using Landsat 7 ETM+ data and airborne geophysics. *Journal of African Earth Sciences*, 127 (2017) 146 - 158 p.
- [22] - V. J. S. GRAUCH, D. A. SAWYER, S. A. MINOR, M. R. HUDSON and R. A. THOMPSON, Gravity and Aeromagnetic Studies of the Santo Domingo Basin Area, New Mexico. Chapter D of The Cerrillos Uplift, the La Bajada Constriction and Hydrogeologic Framework of the Santo Domingo Basin, Rio Grande Rift, New Mexico. *Edited by Scott A. Minor. U. S. Geological Survey*, Denver, (2006) 63 - 86 p.
- [23] - O. BRUGUIER, S. DADA and J. R. LANCELOT, Early Archean component (3.5 Ga) within a 3.05 Ga orthogneiss from northern Nigeria : U-Pb zircon evidence. *Earth and Planetary Science Letters*, 125 (1994) 89 - 103 p.
- [24] - Y. I. ABUBAKAR, An integrated technique in delineating structures : a case study of the kushaka schist belt northwestern Nigeria. *International Journal of Applied Science and Technology*, Vol. 2, N° 5 (2012) 164 - 173 p.
- [25] - S. A. OLUSIJI, Geology and structure of the Precambrian rocks in Iworoko, area and Afao area, southwestern Nigeria. *International Research Journal of Natural Sciences*, Vol. 1, N° 1 (2013) 14 - 29 p.
- [26] - C. T. OKONKWO, Structural evolution of Bode Saadu area, southwestern Nigeria. *African Journal of Science and Technology (AJST) Science and Engineering Series*, Vol. 2, N° 2 (2001) 17 - 24 p.
- [27] - O. VAN BREEMAN, R. T. PIDGEON and P. BOWDEN, Age and Isotopic studies of some Pan-African granite from north central Nigeria. *Precambrian research*, 4 (1977) 307 - 319 p.

- [28] - J. B. WRIGHT, D. A. HASTINGS, W. B. JONES and H. R. WILLIAMS, *Geology and mineral resources of West Africa. Allen and Urwin*, London (1985) 187 p.
- [29] - D. C. TURNER, Upper Proterozoic belts in the Nigeria sector of the panafrikan province of west Africa. *Precambrian research*, 21 (1983) 55 - 79 p.
- [30] - P. MC CURRY, A General Review of the Geology of The Precambrian To Lower Paleozoic Rocks of Northern Nigeria, A Review. In Kogbe C.A.(ed). *Geology of Nigeria. Elizabeth Pub. Co. Ibadan*, (1976) 15 - 38 p.
- [31] - P. MCCURRY and J. B. WRIGHT, Geochemistry of calc-alkaline volcanic in northwestern Nigeria, and a possible Pan-African suture zone. *Earth planet. sci. Lett.*, 37 (1977) 90 - 96 p.
- [32] - E. BALL, An example of very consistent brittle deformation over a wide intracontinental area: the late Pan-African fracture system of the Tuareg and Nigerian shield. *Tectonophysic*, 16, (1980) 363 - 379 p.